

Prof. Dr. Ing. DRAGOȘ PARASCHIV

**TEHNOLOGII DE RECONDIȚIONARE
ȘI PROCESĂRI ALE
SUPRAFETELOR METALICE**

Prof. Dr. Ing. DRAGOȘ PARASCHIV

**TEHNOLOGII DE
RECONDIȚIONARE
,
ȘI PROCESĂRI ALE
SUPRAFEȚELOR METALICE**

EDITURA JUNIMEA

IAȘI • 2005

Referent științific:

Conf. dr. ing. Lucian C-tin HANGANU

Coordonator serie:

Prof. dr. ing. Dragoș Paraschiv

Carte editată cu sprijinul Ministerului Educației și Cercetării

Seria: OPUS TECHNICUM

ISBN 973-37-0539-x

INTRODUCERE

Pentru ca parcul de utilaje să lucreze cu eficiență economică maximă a mecanizării și automatizării lucrărilor, pe lângă exploatarea rațională și întreținere corespunzătoare, trebuie asigurată organizarea și efectuarea la un nivel tehnic ridicat a reparațiilor curente și capitale precum și a asamblărilor. Acest lucru necesită crearea de condiții privind baza materială și cadrele tehnice de specialitate.

În acest scop s-au creat unități specializate, cu utilaje capabile să facă reparații curente și reparații capitale specializate pe tipuri de utilaje.

Este cunoscut faptul că după un anumit număr de ore de funcționare, utilajele nu mai au aceiași parametri de exploatare, starea tehnică se înrăutățește și apare necesitatea efectuării reparațiilor prin care mașina să fie repusă în stare normală de funcționare, pe o perioadă de timp determinată.

Perioada de timp după care un anumit tip de mașină are nevoie de reparație, s-a determinat pe baza statisticii pentru fiecare tip în parte. De asemenea, dacă din punct de vedere tehnic reparațiile se pot face în număr nelimitat, putându-se crede că un anumit tip de mașină poate fi utilizat un timp nedefinit, după anumite criterii tehnico-economice se poate stabili cu precizie câte reparații capitale se pot face unui utilaj, pentru ca exploatarea acestuia să fie economică.

Dacă utilajele și mașinile, ajunse la limitele funcționării normale, în loc să li se refacă parametrii inițiali prin reparare, se reformează, s-ar obține pierderi impresionante pentru economia firmelor. Pentru justificarea necesității reparațiilor, valoarea pierderilor mai sus menționate se pot calcula cu relația:

$$P = N_t \alpha (v_o - A) \quad [\text{lei/an}] \quad (1)$$

în care: N_t – numărul utilajelor de același tip, aflate în exploatare;

α – procentul de utilaje care ar trebui să intre în reparație capitală anuală;

v_o – prețul de vânzare al utilajului la data intrării în exploatare;

A – amortizarea până la data când utilajul ajunge la limita maximă de uzură.

Amortizarea se calculează cu relația:

$$A = \frac{t_{ef}}{t_n} \cdot V_o \quad [\text{lei}] \quad (2)$$

în care: t_{ef} - durata de exploatare până la prima reparație;

t_n - timpul normal de amortizare.

Prin introducerea relației (2) în relația (1) se obține:

$$P = N_t \alpha v_o \left(1 - \frac{t_{ef}}{t_n}\right) \quad [\text{lei/an}] \quad (3)$$

Dacă se consideră următoarele date:

$N = 100.000$ bucăți; $\alpha = 10\%$; $t_n = 8$ ani; $v_o = 1.000.000.000$ lei; $t_{ef} = 4$ ani, atunci:

$$P = 5 \cdot 10^{12} \text{ lei/an} = 5.000 \text{ miliarde lei/an,}$$

adică pierderile impresionante, care ilustrează necesitatea reparării utilajelor și mașinilor în mod corespunzător.

Din punct de vedere economic rezultă necesitatea reparațiilor și canalizarea eforturilor celor chemați să îndeplinească aceste cerințe, spre realizarea unor reparații de bună calitate și la prețuri de cost cât mai scăzute, pentru a permite repararea unui număr cât mai mare de utilaje.

În ultimul timp se practică tot mai mult specializarea unităților de reparații, în repararea anumitor părți ale utilajelor, cu organizarea lucrărilor în flux, aplicând procese tehnologice moderne la reconstrucții și folosind utilajele specifice de înaltă tehnicitate. Introducerea tehnologiilor avansate, asigură calitatea reparațiilor, creșterea productivității muncii și reducerea prețului de cost.

Lucrarea de față se adresează în primul rând studenților din domeniul mecanic, dar dă și posibilitatea specialiștilor să stabilească cu precizie defectele, zonele de uzură și mărimea acestora la piesele în funcționare, metodele de reconstrucție și etapele de asamblare, utilajele necesare, metode și aparatura de control.

Prin abordarea problematicii reconstrucțiilor prin prelucrări mecanice sunt studiate o serie de probleme specifice fabricării utilajelor și anume: calculul adaosurilor de prelucrare, al dimensiunilor intermediare și al regimurilor de așchiere, precum și normarea acestor lucrări.

Sunt date de asemenea, principiile generale de proiectare a proceselor tehnologice de reconstrucție și a întreprinderilor de reparație, măsurile care se iau la intrarea utilajului în reparație, și condițiile calitative necesare executării unor reparații cât mai economice în condițiile legate de securitatea muncii.

Autorul

Capitolul 1

PRINCIPII GENERALE PRIVIND ELABORAREA PROCESELOR TEHNOLOGICE DE RECONDIȚIONARE

1.1. Considerații generale

Pentru proiectarea unui anumit produs, cât și pentru fabricarea acestuia, se urmărește a se da pieselor caracteristicile necesare în ceea ce privește calitatea materialului, forma, dimensiunile, precizia și calitatea de suprafață, în așa fel încât să corespundă integral scopului pentru care a fost creat.

Toate caracteristicile care concură la obținerea unui produs de calitate, formează așa-numitele condiții tehnice ale pieselor ce se execută, care de obicei se prescriu pe desenele de execuție ale acestora.

În cazul unei analize temeinice a desenului pieselor privind forma, precizia și celelalte condiții tehnice impuse, urmată de alegerea metodelor de prelucrare care pot să le asigure, acestea, se obțin piese ce vor garanta funcționarea corectă a ansamblului.

În timpul funcționării, caracteristicile inițiale ale pieselor se modifică datorită defectelor care apar, fie de natură accidentală, fie chiar ca urmare a unei exploatări și funcționări normale. Și într-un caz și în celălalt funcționarea produsului se înrăutățește apărând necesitatea reparării lui, ca urmare mai ales a uzurii pieselor.

Ținând seama de natura, forma și mărimea uzurii, pe de o parte, iar pe de altă parte de calitatea materialului piesei, condițiile tehnice impuse acesteia și posibilitățile existente în unitatea care efectuează repararea, se precizează metodele de recondiționare, stabilindu-se traseul tehnologic de recondiționare.

Fiecare organ de mașină, component al unui utilaj, funcționează în anumite condiții, apărând un anumit tip de uzură, de o anumită mărime, care în general se poate aprecia fără demontare, pe baza datelor statistice existente.

Cunoscând precis condițiile în care funcționează (natura frecării, natura ajustajelor, calitatea materialelor în contact, felul ungerii și natura lubrifianului), se stabilesc anumite metode tehnologice de prelucrare, fie pentru restabilirea dimensiunilor inițiale, fie pentru recondiționarea la o

dimensiune de reparație (inferioară sau superioară dimensiunii nominale), metodă denumită și recondiționarea la trepte de reparație.

Datorită unei practici îndelungate institutele de cercetări din domeniu au reușit să elaboreze, pentru o anumită etapă, tehnologii tipizate de reparații pe grupuri de piese sau pentru piese separate.

Prin aceste tehnologii recondiționarea unei anumite piese se stabilește a se face într-o anumită variantă, care cuprinde anumite metode de prelucrare. Condițiile concrete ale unităților de reparat nu sunt întotdeauna corespunzătoare prescripțiilor din tehnologia tip stabilită, încât, aceste unități se văd în imposibilitatea folosirii recomandărilor. În acest caz se întocmește de unitatea în cauză o variantă tehnologică de recondiționare funcție de condițiile de care dispune, care să asigure totuși condițiile inițiale impuse la fabricarea piesei.

Datorită acestui aspect în cele ce urmează se stabilesc anumite principii generale de proiectare a tehnologiei de recondiționare, impunându-se, acolo unde este posibil, mai multe variante, pentru proiectarea recondiționării aceleiași piese.

1.2. Definirea, scopul și elementele procesului tehnologic de recondiționare

Fiind vorba despre un proces tehnologic, care trebuie să asigure o anumită precizie pieselor, în decursul procesului tehnologic de recondiționare, utilajele supuse reparației parcurg mai multe etape, într-o anumită ordine impusă de desfășurarea logică a procesului tehnologic, cum ar fi: pregătirea utilajului pentru reparare, demontarea acestuia în ansambluri, subansambluri și piese componente, spălarea și sortarea pieselor, recondiționarea pieselor reparabile și înlocuirea celor nereparabile, asamblarea și rodarea utilajului, recepția și vopsirea lui.

Prin proces tehnologic de reparație se înțelege partea din procesul de producție al unității de reparații, care cuprinde totalitatea acțiunilor ce se întreprind pentru restabilirea formelor și dimensiunilor inițiale ale pieselor ce se recondiționează sau prin realizarea unor dimensiuni noi, de reparație, pentru realizarea calității suprafețelor, precum și realizarea caracterului inițial al ajustajelor asamblărilor uzate. Astfel, în procesul de producție al unităților de reparație se întâlnește tehnologia demontării utilajului, tehnologia recondiționării pieselor reparabile, tehnologia de reparație a unor

piese de mare uzură (bucşe, axe simple, roţi dinţate etc.) şi tehnologia asamblării.

Procesele tehnologice de reparaţie se elaborează în mai multe situaţii şi anume:

- cu ocazia recondiţionării unor piese pentru care nu sunt elaborate procese tehnologice tip, sau atunci când deşi acestea există, posibilităţile unităţii de reparat nu permit aplicarea lor. În acest caz se întocmesc procese tehnologice de recondiţionare prin metode existente care însă trebuie să asigure aceleaşi condiţii tehnice;

- atunci când pentru îmbunătăţirea condiţiilor de funcţionare se face modificarea constructivă a unor ansambluri sau piese la utilaje aflate în exploatare curentă;

- în cazul când se schimbă natura materialului (mai ales în cazul înlocuirii materialelor metalice cu materiale nemetalice – de obicei materiale plastice sau compozite;

- atunci când se pune în aplicare o propunere de inovaţie sau raţionalizare privind natura materialului, forma constructivă, sau modificarea a însăşi tehnologiei de recondiţionare.

Procesele tehnologice de recondiţionare se întocmesc în scopul de a stabili metoda de reparaţie privind demontarea, recondiţionarea şi asamblarea, care să asigure condiţiile tehnice impuse, iar pe de altă parte să fie şi cea mai productivă (dintre metodele posibile de aplicare), să permită stabilirea normelor de timp pe baza cărora să se poată face calculul pentru necesarul de materiale, piese de schimb, scule şi dispozitive şi în final, să permită calcularea preţului de cost al reparaţiei.

Procesul tehnologic de recondiţionare se execută la diferite locuri de muncă.

Se numeşte *loc de muncă* acea parte din suprafaţa de producţie care se utilizează cu cele necesare lucrului ce se execută.

În general, procesul tehnologic este format din mai multe operaţii.

Operaţia este acea parte a procesului tehnologic de a cărei efectuare răspunde unul sau mai mulţi executanţi, pe un anumit loc de muncă, acţionând asupra unui obiect sau a unor grupe de obiecte ale muncii, în cadrul unei aceleiaşi tehnologii. Aşadar, prin natura ei, operaţia este legată de locul de muncă. De exemplu, rectificarea fusurilor paliere şi manetoane ale unui arbore cotit la aceeaşi maşină (pe acelaşi loc de muncă), este o operaţie cu toate că pentru rectificarea fusurilor-maneton, este necesară reglarea maşinii.

Operația se poate executa cu o singură așezare sau cu mai multe așezări ale piesei care se prelucreează la locul de muncă.

Așezarea este acea parte a operației care se execută o singură dată la instalarea piesei pe mașină în vederea prelucrării (așezarea și fixarea executându-se cu ajutorul unor dispozitive corespunzătoare). Piesa odată fixată poate ocupa diferite poziții distincte față de mașina-unealtă.

Operația este formată din mai multe faze. *Faza* este acea parte a operației care se caracterizează printr-o singură așezare și poziție a piesei care se prelucreează, cu aceleași unelte de lucru și același regim tehnologic, obiectul muncii suferind o singură transformare tehnologică.

În exemplul dat privind rectificarea unui arbore cotit, rectificarea fusurilor paliere care se efectuează dintr-o anumită așezare și fixare, cu un anumit regim de lucru formează o fază a operației de rectificare, rectificarea fusurilor-maneton făcându-se ca o altă fază a operației de rectificare a arborelui cotit.

Dacă aceste faze, în exemplul dat, se execută pe mașini de același tip însă diferite, fiecare dintre ele vor constitui o operație.

Recondiționarea unei piese se face prin îndepărtarea sau aportul unei cantități de material până se aduce piesa la forma dorită. Cantitatea de material depusă sau care se îndepărtează în cadrul unei operații, poartă denumirea de adaos pentru operația (sau faza) dată. Adaosul care trebuie îndepărtat sau depus într-o fază se poate realiza într-o singură trecere sau mai multe treceri.

Trecerea este acea parte a fazei care se repetă identic care cuprinde acțiunile de îndepărtare sau de aport a unui strat de material pe o suprafață a piesei, păstrându-se neschimbată scula și regimul de lucru. Stabilirea numărului de treceri depinde de mulți factori printre care: mărimea adaosului la o fază, caracterul recondiționării, rigiditatea sistemului tehnologic (mai ales a sculei de lucru) etc.

Fazele se compun din mânuiri care reprezintă totalitatea mișcărilor efectuate de executant în procesul de pregătire sau realizare a lucrului.

Mânuirile sunt acțiunile auxiliare pentru așezarea și fixarea piesei în dispozitiv, apropierea sculei de piesă, pornirea și oprirea mașinii, controlul piesei etc.

Mișcarea este cel mai simplu element al activității executantului, fiind cea mai mică parte din mânăuire care poate fi măsurată în timp (întinderea brațului spre maneta de pornire a avansului sculei, apăsarea pe buton sau pe manetă, retragerea brațului etc.).

La baza procesului tehnologic de recondiționare stau operațiile și în anumite situații fazele de lucru.

1.3. Documentația necesară elaborării proceselor tehnologice de recondiționare

În momentul introducerii în reparație a utilajului se întocmește foaia de constatare generală, iar după spălare și demontare foaia de constatare detaliată. Această documentație este necesară nu atât pentru întocmirea tehnologiei de recondiționare, cât mai ales pentru stabilirea pieselor uzate, distruse complet, sau lipsă, care vor fi recondiționate sau înlocuite.

1. *Foaia de constatare generală* se întocmește în momentul primirii în reparație și cuprinde date care se referă la:

- aspectul exterior al mașinii, menționându-se starea în care se găsește, dacă anumite organe sau subansamble sunt distruse sau lipsesc etc.;
- pe cât posibil precizia stării tehnice a motorului, transmisiei etc.;
- precizarea felului în care au fost executate îngrijirile tehnice și volumul de lucrări executat de la darea în exploatare sau de la ultima reparație;
- felul reparației ce urmează a se efectua;
- alte indicații.

2. *Foaia de constatare detaliată*, în baza căreia se face și antecalculația reparației, trebuie să conțină date referitoare la lucrările de efectuat, precum și date asupra necesarului de materiale și piese pentru efectuarea reparației.

Pentru înlocuirea documentației tehnologice sub formă de file tehnologice sau plane de operații, în care se precizează metodele de recondiționare și succesiunea lor, sunt necesare ca date inițiale, următoarele:

- desenele de execuție ale pieselor ce se recondiționează;
- desenele sau cotele suprafețele de uzură ale pieselor cu toleranțe și abateri (tab. 1.7.-1.8);
- desenele complete a subansamblului sau ansamblului din care fac parte piesa cu ajustajele recomandate;
- caracteristicile tehnice ale utilajului existent în unitatea de reparație care execută recondiționarea;
- normele tehnice de control și recepție;
- volumul producției (dat de tipul unității de reparat).

a. *Desenul de execuție a piesei ce se reconșionează reprezintă una din datele inițiale cele mai importante pentru întocmirea procesului tehnologic de reconșionare.*

Analizând desenul de execuție a unei supape de admisie (fig. 1.1), se pot desprinde următoarele concluzii:

- forma și dimensiunile piesei dau indicații asupra utilizării acesteia și sculelor necesare reconșionării;

- suprafețele de prelucrat, calitatea și precizia acestora, dau indicații privind metoda de reconșionare, sculele necesare, suprafețele de așezare și fixare ale piesei și a dispozitivelor ce trebuie folosite;

- prin calitatea și precizia suprafețelor se prevăd aparatele necesare verificării.

Analizând desenul următor se poate stabili pe baza dimensiunilor piesei că utilajul este de gabarit redus și specializat (prelucrarea suprafeței înclinate de contact a supapei cu scaunul ei). Precizia și calitatea de suprafață reclamă o metodă de prelucrare de precizie ridicată, cum ar fi rectificarea. Așezarea și fixarea piesei se va face în bucsă elastică, mașina având posibilitatea de înclinare pentru a rectifica suprafața conică a supapei (fig. 1.2).

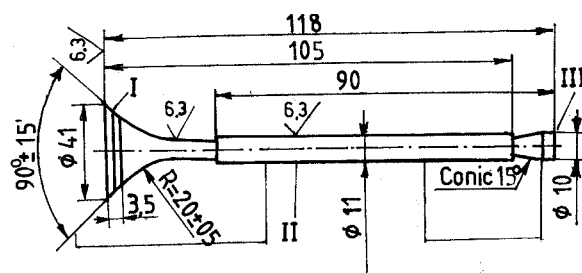


Fig. 1.1. *Supapă de admisie*

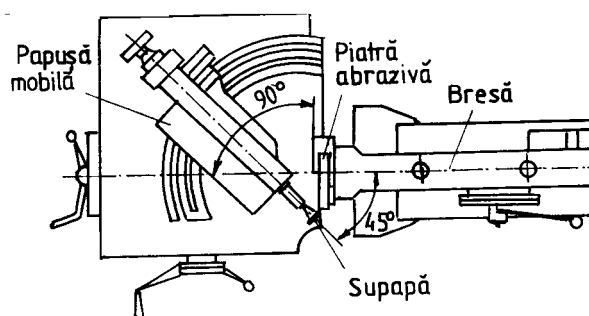


Fig. 1.2. *Rectificarea suprafeței conice a talerului supapei*

Se poate preciza de asemenea, metoda de control a dimensiunilor, care poate fi prin control direct cu ajutorul micrometrului, sau prin comparație, cu ajutorul unui etalon folosind un ceas comparator cu precizie de (0,01 – 0,001) mm.

b. *Cu ajutorul desenelor sau a cotelor suprafețelor de uzură* se stabilește metoda și traseul tehnologic de recondiționare, cu ajutorul căruia se întocmește fișa tehnologică sau planul de operații.

c. *Desenele de ansamblu și subansamblu* din care face parte piesa, sunt necesare pentru stabilirea tehnologiei de demontare și montare a acesteia. Desenele conțin date referitoare la dimensiunile de gabarit, caracterul ajustajelor și precizia elementului de închidere a lanțului de dimensiuni.

Caracterul ajustajului de multe ori este dat în desenul de execuție.

d. Pentru întocmirea unui proces tehnologic optim este necesar să se cunoască *caracteristicile tehnice ale utilajelor existente*, privind posibilitățile de prelucrare din punct de vedere al dimensiunilor pieselor, a preciziei pe care o poate asigura, a echipamentului tehnologic de care dispune etc.

În baza listei utilajului existent în unitatea de reparat și a caracteristicilor acestora, se întocmește traseul tehnologic de prelucrare, cu alte cuvinte se nominalizează metodele de prelucrare.

e. Punctul de control din unitatea de reparat trebuie să fie înzebrat *cu norme de control și recepție*. Normele de control sunt necesare pentru trierea pieselor și constatarea defectelor pe care le prezintă după demontare, stabilindu-se piesele bune, piesele pentru recondiționat și piesele rebut.

De asemenea, aceste norme stau la baza controlului interoperațional și final al produselor prelucrate. Pe lângă precizarea condițiilor tehnice pe care trebuie să le îndeplinească piesele, se stabilesc metode și aparatul sau instrumentul de control.

Normele de recepție stabilesc de asemenea condițiile tehnice privind ansamblul, subansamblul sau produsul finit, piesele ce se recondiționează, precum și aparatura indicată în așa fel încât produsul să-și recapete, pe cât posibil, parametrii de funcționare inițiali.

f. *Volumul producției* reprezintă de asemenea o dată inițială importantă pentru că, funcție de mărimea acestuia, se vor stabili tehnologia de recondiționare prin fișe tehnologice (în cazul unui volum mic de producție, în cazul producției individuale sau de serie mică la care nomenclatura producției este foarte variată), sau se întocmesc plane de

operații (în cazul unei producții de serie mijlocie sau mare, cu o nomenclatură ceva mai redusă, la un volum de producție mare).

1.4. Metode de restabilire a jocurilor

1.4.1. Metoda dimensiunilor de reparații

Metoda de restabilire a jocului din îmbinări prin folosirea pieselor la dimensiunile de reparație constă în aceea că la una din piesele îmbinării uzate se reface forma geometrică prin prelucrarea la o anumită treaptă dimensională iar piesa conjugată se înlocuiește. La baza alegerii pieselor care trebuie păstrate stau considerente economice. Astfel piesa mai scumpă se prelucrează pentru refacerea formei geometrice iar piesa mai ieftină se înlocuiește.

Dimensiunile de reparație pot fi standardizate, stabilite pe bază de norme interne sau pot avea dimensiuni libere.

La îmbinările arbore-lagăr fusurile arborelui se prelucrează prin rectificare la o dimensiune mai mică pentru a se reface forma cilindrică iar cuzineții se înlocuiesc cu alții noi care au diametrul micșorat corespunzător. Numărul dimensiunilor de reparație ale fusurilor arborelui cotit este dat de relația:

$$n = \frac{d_n - d_{\min}}{h} \quad (1.1)$$

în care: n este numărul dimensiunilor de reparație;

d_n – diametrul nominal al fusului arborelui;

d_{\min} - diametrul minim admis pentru ultima dimensiune de reparație;

h – înălțimea stratului de material măsurat pe diametrul fusului, care trebuie îndepărtat prin prelucrare mecanică pentru restabilirea formei geometrice corecte.

În principiu, intervalul dintre dimensiunile de reparație nu se schimbă, adică h rămâne constant. În acest caz dimensiunile de reparație ale fusurilor sunt date de următoarele relații:

$$d_{r1} = d_n - h; \quad d_{r2} = d_n - 2h; \quad \dots \quad (1.2)$$

La îmbinările cilindru-piston, prin uzare cilindrul își mărește diametrul, se ovalizează și devine conic. Repararea îmbinărilor constă în menținerea cilindrului care se alezează iar pistonul se înlocuiește cu altul nou, având diametrul majorat corespunzător. Numărul dimensiunilor de reparație ale alezajului este dat de relația:

$$n = \frac{D_{\max} - D_n}{h} \quad (1.3)$$

în care: D_{\max} este diametrul maxim admis pentru alezaj;

D_n – diametrul nominal al alezajului;

h – dimensiunea cu care trebuie mărit diametrul alezajului pentru a se restabili forma geometrică corectă.

Dimensiunile de reparație ale alezajelor se calculează cu relația:

$$D_{r1} = D_n - h; \quad D_{r2} = D_n - 2h; \quad z... \quad (1.4)$$

Metoda dimensiunilor de reparații este simplă și accesibilă, iar prin aplicarea ei se realizează economii însemnate.

1.4.2. Metoda restabilirii formei și dimensiunilor inițiale

Restabilirea dimensiunilor inițiale oferă o rezolvare corespunzătoare pentru repararea îmbinărilor deoarece nu se limitează interschimbabilitatea pieselor iar siguranța funcționării este menținută. În procesul de reparare a mașinilor restabilirea formei și dimensiunilor inițiale ale pieselor se realizează prin sudare, metalizare, acoperire electrolică sau deformare plastică.

Încărcarea prin sudură cu material de adaos a pieselor uzate constituie cea mai răspândită metodă folosită în procesul de reparație. La refacerea pieselor prin sudare se pot depune straturi cu grosimi apreciabile.

Metalizarea prin pulverizare este o altă metodă care se folosește la refacerea pieselor uzate. Metalul topit este pulverizat de aerul comprimat ceea ce face ca piesa să nu se încălzească prea mult iar materialul de bază nu suferă modificări.

Acoperirea electrolică a pieselor uzate se aplică la îmbinările care nu pot fi refăcute prin metoda dimensiunilor de reparație sau prin încărcarea materialului de adaos cu arc electric sau cu flacără de gaze. Prin folosirea

acestei metode materialul pieselor supuse recondiționării se încălzește la o temperatură scăzută care nu modifică proprietățile sale.

Prelucrarea prin deformare plastică constă în refacerea suprafețelor uzate prin redistribuirea materialului piesei. În practica reparațiilor acest procedeu se realizează prin întindere, comprimare sau refulare, datorită plasticității pe care o au metalele în stare încălzită, iar unele chiar la rece.

Aplicarea în procesul de reparație a metodei de restabilirea a formei și dimensiunilor inițiale ale pieselor este mai indicată deoarece dă posibilitatea să se păstreze valoarea jocului optim și a jocului maxim admis.

1.4.3. Metoda înlocuirii pieselor degradate prin fabricarea de piese noi

Metoda se aplică în următoarele situații:

- degradări în timpul exploatării și lipsa unor piese de schimb similare în dotare;

- uzuri avansate sub limita de rezistență a pieselor;

- fabricarea reperelor unor dispozitive, instalații sau utilaje unicate.

Prelucrarea mecanică implică la fel ca și la celelalte metode, respectarea condițiilor tehnice prevăzute în desenele de execuție, obținerea diferitelor tipuri de suprafețe făcându-se de regulă pe mașini-unelte universale sau specializate.

Astfel de mașini se găsesc în atelierele de reparații.

1.5. Traseul tehnologic de recondiționare

După analiza temeinică a desenului de execuție al piesei ce se recondiționează (analiză necesară în vederea cunoașterii condițiilor tehnice pe care trebuie să le îndeplinească piesa și după recondiționare) se întocmește desenul sau se precizează cotele suprafețelor de uzură, ținând seama de volumul producției și natura utilajului disponibil al unității de reparat, se întocmește traseul tehnologic de recondiționare al piesei. Prin traseul tehnologic se precizează metodele de recondiționare în succesiunea lor logică, utilajul pe care se face prelucrarea și suprafața de așezare și fixare a piesei.

Tipul operației de încărcare se stabilește în funcție de destinația suprafeței și de mărimea adaosului total, iar numărul prelucrărilor mecanice sunt în concordanță cu precizia de prelucrare (tabelul 1.1, 1.8 și 1.9) și calitatea suprafeței (tabelul 1.12).

Tabelul 1.1. *Toleranțe și ajustaje – clase de precizie*

Simbolul ajustajelor	Caracterul ajustajului	Domenii de aplicare
H9/a9, H11/a11, H8/b9, H11/b11, H12/b12	Jocuri foarte mari	Se folosesc foarte rar
H7/c8, H8/c9, H11/c1	Jocuri mari	Asigurarea unei anumite elasticități necesare a pieselor în condiții de solicitări și mediu nefavorabile. Asigurarea montării ușoare. Joc redus dacă arborele se încălzește mult mai mult decât alezajul (de exemplu ajustajul H7/c8 la tija supapei în bucușă de ghidare la motoare cu ardere internă)
H7/d8, H8/d9, H9/d10, H10/d10, H11/d11	Jocuri mijlocii	Asamblări mobile la mașini grele de exemplu roți libere pe arbore, lagăre de alunecare în turbine, mașini de îndreptat, laminoare
H6/e6, H7/e8, H8/e9	Jocuri mijlocii	Arbori în lagăre de alunecare cu lubrifiere abundentă, mult distanțate între ele sau arbori în mai mult de două lagăre (de exemplu, H6/e7 la arborele cotit și axul cu came în lagărele lor la motoarele cu ardere internă, lagărele turbogeneratoarelor, motoarelor electrice mari etc.
H8/f6, H7/f6, H7/f7, H8/f8, H9/f9	Jocuri mici	Arbori în lagăre de alunecare cu lubrifierea normală cu ulei sau unsoare, funcționând la temperaturi nu prea ridicate (de exemplu lagăre de reductoare de turație, motoare electrice mici, pompe, mecanisme mijlocii și ușoare, roți dințate libere pe axe fixe, tije de tacheți în ghidajul lor, mecanisme de cuplare)
H6/k5, H7/k6 H8/k7	Ajustaje intermediare cu strângere probabilă mică	Asamblări precise cu montaj ușor. Asigurarea lipsei de vibrații (de exemplu: bolțul pistonului în piston, bucușele cu ghidare de cuplare pe arborii cutiilor de viteză)

Simbolul ajustajelor	Caracterul ajustajului	Domenii de aplicare
H6/m5, H7/m6, H8/m8	Ajustaje intermediare cu strângere probabilă mai mare	Forța de montare redusă în cazul strângerii probabile, dar apreciabilă în cazul strângerii maxime. Asamblări foarte precise cu joc limitat la maximum (de exemplu, came pe ax, șuruburi cu tijă de centrare)
H8/n8, H7/n6, H8/n7	H6/n5, ajustaj cu strângeri foarte mici (pentru $D \leq 3$ mm)	Asamblări foarte precise fără joc, însă fără strângeri prea mari
	H7/n6, H8/n7, ajustaje intermediare cu joc: probabil extrem de reduse	Asamblări „strânse”. Dacă suprafețele în contact sunt lungi, erorile de rectilinitate sau coaxialitate contribuie la mărirea strângerii
H6/p5, H7/p6, H8/p7	H7/p6 ajustaj cu strângeri mici (pentru $D \leq 3$ mm)	Fixarea pieselor la solicitări sau în cazul unui element suplimentar de fixare (pene etc.). Montarea și demontarea fără pericole de deteriorare. Ajustaj tipic cu strângeri obișnuite la piese de oțel și fontă sau oțel și alamă (de exemplu roți împănate pe arbori și butuci, cuzineți în lagăre. La piese din aliaje ușoare strângerea e prea redusă pentru a asigura fixarea corespunzătoare)
	H6/p8, ajustaj cu strângeri mici	Ca la H7/p6, însă o execuție mai precisă (deci mai scumpă)
	H8/p7, ajustaj intermediar	Se folosește rar
H6/g5, H7/g6	Jocuri foarte mici	Asamblări mobile numai la mecanisme de precizie cu solicitări foarte reduse. Asamblări fixe de poziționare a elementelor (de exemplu știfturi de centrare, șurubul capului de bielă)
H6/h5, H7/h6, H8/h8, H8/h7, H9/h9, H10/h10, H11/h11, H12/h12	Joc minim egal cu zero, joc probabil foarte mic	Asamblări fixe cu poziționarea precisă a elementelor. Asamblări mobile cu ghidare foarte precisă, cu ajustaje de precizie 5-7 (de exemplu supape comandate cu arc, articulații în mecanisme finale). Lanțuri de dimensiuni la montarea în șir a mai multor piese (de exemplu, roți dințate pe axul cutiei de viteză)

Simbolul ajustajelor	Caracterul ajustajului	Domenii de aplicare
H6/j5, H7/j6, H8/j7	Ajustaje intermediare cu joc probabil foarte mic sau într-un număr redus de cazuri cu o slabă strângere probabilă	Asamblări fixe cu montare și demontare ușoară a pieselor și joc limitat (de exemplu, roata melcată pe arbore, capace în corpuri, coroane de roți dințate fixate cu șuruburi pe capul roții, centrarea semicuplajului)
H6/r5, H7/r6, H8/r7	H7/r6, ajustaj cu strângeri mijlocii	Fixare mijlocie la piese din metale feroase și fixare ușoară la piese din metale neferoase (de exemplu bușe presate în lagăre, ghidaje, capete de bielă, fixarea rotorilor de pompă pe arbore)
	H6/r5 ajustaj intermediar	Ca la H7/r6 dar o execuție mai precisă (deci mai scumpă)
	H8/r7, ajustaj intermediar pentru D>100 mm sau ajustaj cu strângere pentru D<100 mm	Strângere minimă extrem de redusă apropiată de zero
H6/s5, H7/s6, H8/s7	Ajustaje cu strângeri mari	Strângeri apreciabile (în special la H6/s5 și H7/s6). La dimensiuni mari, montarea se face prin încălzirea alezajului sau răcirea arborelui. Asamblări cu strângeri mari permanente sau nepermanente (de exemplu manetonul, în manivela arborelui cotit, cămașa de cilindru în cilindrul din blocul motoarelor)

Tabelul 1.2. Câmpuri de toleranță preferențiale și ajustaje preferențiale pentru dimensiuni până la 500 mm. SISTEMUL ALEZAJ UNITAR (STAS 8104-98)

	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
a			a9			a11	
b			b9			b11	b12
c		c8	c9			c11	
d		d8	d9	d10	d10	d11	
e	e7	e8	e9				
f	f6	f7/f6	f9	f9			
g	g5	g6					
h	h5	h6	h8/h7	h9	h10	h11	h12

	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
j	j5	j6	j7				
k	k5	k6	k7				
m	m5	m6	m7				
n	n5	n6	n7				
p	p5	p6	p7				
r	r5	r6	r7				
s	s5	s6	s7				
t	t5	t6					
u	u5	u6	u7				
v	v5	v6					
x	x5	x6	x7				
y		y6	y7				
z		z6	z7				

Tabelul 1.3. Câmpuri de toleranță preferențiale și ajutaje preferențiale pentru dimensiuni până la 500 mm. SISTEMUL ARBORE UNITAR (STAS 81095-98)

	h6	h7	h8	h9	h11
A					A11
B					B11
C					D11
D				D8	
E			E7		
F		f7	F8		
G	G7				
H	H7	H7	H9	H9	H11
J	J7				
K	K7				
M	M7				
N	N7				
P	P7				
R	R7				
S	S7				
U	U7				
X	X7				
Z	Z7				

Pentru exemplul dat – supapa de admisie (fig. 1.1) – ținând seama de condițiile de funcționare, se constată următoarele defecțiuni:

- uzura suprafeței de contact cu scaunul (suprafața I);
- uzura supapei (suprafața II);
- uzura suprafeței de contact cu culbutorul (suprafața III).

În baza acestor defecțiuni se întocmește traseul tehnologic de reconstrucție prezentat în tabelul 1.4.

Tabelul 1.4. *Traseul tehnologic de reconstrucție pentru supapa de admisie*

Nr. crt.	Denumirea operației	Utilajul folosit	Suprafața de așezare și fixare
1.	Rectificarea suprafeței frontale de contact cu culbutorul	Mașină de rectificat supape	Suprafața exterioară a tijei
2.	Rectificarea suprafeței tijei	Mașină de rectificat exterior	Între vârfuri
3.	Rectificarea suprafeței de contact cu scaunul supapei	Mașină de rectificat supape	Suprafața exterioară a tijei
4.	Control final	Dispozitive speciale	Între vârfuri

În situația în care există posibilitatea ca una sau mai multe suprafețe uzate, ale aceleiași piese, să se reconstrucțieze prin diferite metode, se întocmesc mai multe variante de trasee tehnologice, adoptându-se cea variantă care are indici tehnico-economici superiori (condițiile tehnice impuse, productivitate sporită, preț de cost redus).

Pentru aceleași exemple, se poate face reconstrucția uzurii tijei supapei și prin cromare, urmată de rectificarea la dimensiunea inițială. În această situație traseul tehnologic de reconstrucție a supapei este prezentat în tabelul 1.5.

Tabelul 1.5. *Traseu tehnologic de recondiționare a supapei (la dimensiuni inițiale)*

Nr. crt.	Denumirea operației	Utilajul folosit	Suprafața de așezare și fixare
1.	Rectificarea suprafeței frontale de contact cu culbutorul	Mașină de rectificat supape	Suprafața exterioară a tijei
2.	Rectificarea tijelor până la dispariția urmelor de uzură	Mașină de rectificat exterior	Între vârfuri
3.	Cromare	Baie de cromare	Dispozitive speciale
4.	Rectificarea tijei la dimensiunea inițială	Mașină de rectificat exterior	Între vârfuri
5.	Rectificarea suprafeței de contact cu scaunul	Mașină de rectificat supape	Suprafața exterioară a tijei
6.	Control final	Dispozitive speciale	Între vârfuri

Indiferent de varianta adoptată după efectuarea unor calcule tehnico-economice, piesele conjugate se vor alege în așa fel încât să fie asigurat caracterul ajustajului între ele (valoarea jocului sau a strângerii prescrise).

Este absolut necesar a se întocmi traseul tehnologic, chiar și într-o singură variantă, înainte de întocmirea fișei tehnologice a planului de operații, pentru că se precizează utilajul necesar, dispozitivele și aparatura indicată realizării condițiilor tehnice impuse.

1.6. Întocmirea și conținutul fișei tehnologice și a planului de operații

1.6.1. Întocmirea și conținutul fișei tehnologice

După stabilirea traseului tehnologic cu operațiile necesare recondiționării, calculul regimurilor de lucru și a normelor de timp, se elaborează fișa tehnologică sau planul de operații.

Se elaborează fișa tehnologică în ateliere mecanice de reparații, adică acolo unde nomenclatura producției este foarte variată iar seria de fabricare redusă.

Fișa tehnologică, pentru a fi utilă atelierelor, trebuie să cuprindă:

- desenul de execuție a piesei;
- denumirea piesei;
- materialul din care este executată și eventual tratamentul termic recomandat;
- denumirea defectului, metoda de stabilire a acestuia și aparatul sau instrumentul folosit;
- precizarea dimensiunilor inițiale, jocul sau strângerea cu piesa conjugată, dimensiuni admise până la reparație, jocul sau strângerea maximă admisă, cota de reparație;
- denumirea operației de recondiționare;
- tehnologia sumară;
- condiții tehnice;
- utilajul, dispozitivele, sculele și verificatoarele necesare, cu stabilirea metodei de control.

În tabelul 1.6 se prezintă o fișă tehnologică de recondiționare la treaptă de reparație pentru arborele din fig. 1.3.

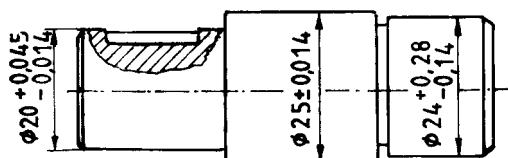


Fig. 1.3. *Arbore în trepte*

Tabelul 1.6. *Model fișă tehnologică*

FIȘA TEHNOLOGICĂ PENTRU RECONDIȚIONAREA LA TREAPTA DE REPARAȚIE									
Nr. crt.	Denumirea operației	Dimensiuni				Cota de reparație	Metoda de reparație	Utilaje și SDV	Tehnologie sumară
		Nominal		Admis până la reparație					
		Dimensiuni	Toleranțe	Dimensiuni	Toleranțe				
1.	Tratament termic						recoacere	Cuptor tratament termic	Încălzire peste punctul de transformare și răcire cu cuptorul
2.	Îndreptare						îndreptare	Presa PAI 16	Se așează pe prismă și se îndreaptă cu săgeata inversă egală cu deformarea
3.	Recondiționare filet	30	+0,28	30,3		24 ^{+0,30} _{-0,26}	filetare	Strung SNA 329 cuțit din oțel rapid	p=2 mm; t=0,33 mm; N _i =6,14 min
4.	Frezare canal pană	10	-0,14 -0,36 -0,048 -0,20	10,1		10,3 ^{+0,36} _{-0,20}	frezare prin majorare cu 0,3 mm	Mașină de frezat cilindro-frontală FU-32	t=2,4 mm; t _d =0,013 min/dinte; N _i =2,99 min

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
5	Rectificare de degroșare	25	-0,048 -0,016				rectificare de degroșare	Mașină de rectificat RU-350 disc abraziv E40KC	$t=0,014$ mm/c.d; $v=10,78$ m/min, $v_d=25$ m/s
		30	-0,014 -0,054				rectificare de finisare	Mașină de rectificat RU-350 disc abraziv E40KC	$i=0,015$ mm/c.d. $N_t = 1,69$ min
6.	Rectificare de finisare	25	-0,021 -0,54				rectificare de finisare	Mașină de rectificat rotund exterior RU350	$t=0,015$ mm/c.d. $v_p=15$ m/min; $v_d=30$ m/s
		30	-0,021 -0,010					Mașină de rectificat rotund exterior 350	$t=0,015$ mm/c.d $v_p=15$ m/min; $v_d=30$ m/s

1.6.2. Întocmirea și conținutul planului de operații

Planul de operații se întocmește acolo unde organizarea producției, volumul și nomenclatura producției, precum și dotarea unității, permite defalcarea tehnologiei de reparații pe operații și faze cu respectarea strictă a regimului de lucru, normării tehnice și a altor prescripții.

Planul de operații trebuie să cuprindă:

-denumirea piesei;

-utilajul pe care se execută operația de recondiționare;

-denumirea operației;

-schița piesei, cu indicarea dimensiunilor strict necesare executării operației, în care se precizează toleranțele, abaterile de formă maximă admisibile, abaterile de la poziția reciprocă a suprafețelor, calitatea de suprafață etc.;

-instrucțiuni suplimentare care se referă la condițiile concrete de lucru;

-dispozitivele, sculele, verificatoarele necesare;

-regimul de lucru și norma de timp.

Dacă operația se execută din mai multe faze, acestea sunt menționate pe foaia de operație, precizându-se de asemenea sculele, verificatoarele, regimul și norma de timp.

Planul de operații (care cuprinde atâtea foi câte operații sunt stabilite în traseul tehnologic), servește executantului în atelierul de prelucrare.

În tabelul 1.7 este prezentată o pagină a unui plan de operații.

Tabelul 1.7 Foaie de plan de operații

U.T.GH.ASACHI 1 AȘI		PLAN DE OPERAȚII pentru preluct. mecanice		MATRITA PERFORARE	Reper nr.						
Denumirea piesei:				Simbol:	Fabricat tip:	Operația:					
<p style="text-align: center;">Conditii tehnice Tolerante nS STAS 2300 - 88</p>				Stare:	DISC 87STAS 1700-80						
				Durrit:	Mășină de găurit G40						
				Conditii de năcire:							
				Poz.:	Denumirea:	Atelier:					
					Menghină cu prisme	Sectia:					
						Piese de schimb					
Echipa:				Norma de timp							
Deserv.											
Concept				Data	Numele	Semnat					
Normat											
Desenat											
Verificat											
Instructiuni tehnologice suplimentare											
Găurile se vor da în concordanță cu placa conjugată											
Nr. fazei	Denumirea fazei	S.cule			Rezim de aşchiere		Timp				
		Denumirea	Nr.desen	NF.desen	t	s		v	n	i	tb
1	Găurire 3 găuri 3 × 30	Burghiu elicoidal	STAS 575-80	Subler 0.1 × 100	2.50	0.5	1924	12.50	1	3.42	0.28
2	Găurire 2 găuri 4,9 × 30	Burghiu elicoidal	STAS 576-80	Subler 0.1 × 100	2.45	1.19	1924	12.50	1	3.28	0.27

Fig. 1.7. Foaie de plan de operație

1.7. Alegerea materialelor, semifabricatelor și a tratamentelor termice în vederea recondiționării

Este cunoscut faptul că restabilirea condițiilor funcționale ale ansamblurilor sau subansamblurilor diferitelor mașini, în urma uzurii sau distrugerii elementelor constructive, se face pe două căi:

a. recondiționarea elementelor constitutive uzate, prin metodele care se prezintă în capitolele următoare;

b. fabricarea din nou a elementelor constructive, uzate sau distruse, pentru care nu este rentabilă, sau posibilă recondiționarea lor.

Pentru cea de-a doua cale, privind restabilirea proprietăților funcționale ale elementelor constitutive ale mașinilor, se pune problema alegerii materialelor și a semifabricatelor în vederea fabricării lor.

Se știe însă, că la stabilirea materialelor și a metodelor de semifabricare a elementelor constitutive primează factorii funcționali, adică se aleg materiale și metode de semifabricare care asigură cea mai bună comportare funcțională în exploatarea elementelor constitutive ale mașinilor. Fără îndoială că, la stabilirea materialelor și semifabricatelor se au în vedere și posibilitățile tehnologice de fabricare a elementelor constitutive, cu cheltuieli minime de muncă vie și materializată.

Tabelul 1.8. *Toleranța T, μm, pentru dimensiuni de la 1 până la 500 mm (STAS 8100/4-88)*

Dimensiunea nominală, în mm	Treapta de precizie											
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Peste 1 până la 3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
Peste 3 până la 6	5	8	12	18	30	48	75	120	180	330	480	750
Peste 6 până la 10	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
Peste 10 până la 18	8	11	18	27	41	70	110	180	270	430	700	1100
Peste 18 până la 30	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
Peste 30 până la 50	11	16	25	39	62	100	162	250	420	620	1000	1600
Peste 50 până la 80	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
Peste 80 până la 120	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2300
Peste 120 până la 180	18	25	40	63	100	160	250	400	610	1000	1600	2500
Peste 180 până la 250	20	29	46	72	115	185	290	450	720	1160	1850	2900
Peste 250 până la 315	23	32	52	81	130	210	320	520	800	1300	2100	3200
Peste 315 la 400	25	36	57	89	140	230	360	570	840	1400	2400	3600
Peste 400 la 500	27	40	63	90	155	250	400	630	900	1550	2500	4000

Observație: Valorile toleranțelor din tabel sunt valabile atât pentru prelucrarea suprafețelor de revoluție cât și a suprafețelor plane.

Tabelul 1.9. *Toleranța T, pentru dimensiuni peste 500 până la 5000 mm*

Dimensiunea nominală, în mm	Treapta de precizie										
	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Valori, în μm										
Peste 500 la 630	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4
Peste 630 la 800	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2,0	3,2	5,0
Peste 800 la 1000	55	90	140	230	360	560	0,9	1,40	2,3	3,6	5,6
Peste 1000 la 1250	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6
Peste 1250 la 1600	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5,0	7,8
Peste 1600 la 2000	91	150	230	379	600	920	1,5	2,3	3,7	6,0	9,2
Peste 2000 la 2500	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7,0	11,0
Peste 2500 la 3150	135	210	330	450	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5
Peste 3150 la 4000	-	260	410	660	1050	1650	2,6	4,1	6,6	10,5	16,5
Peste 4000 la 5000	-	320	500	800	1300	2000	3,2	5,0	8,0	13,0	20,0

Tabelul 1.10. *Corelația informativă dintre rugozitate și precizia dimensională*

Dimensiunea nominală, în mm	Toleranța fundamentală																		
	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16			
	Rugozitatea suprafețelor Ra, în μm																		
Peste 1 până la 3	0,02-	0,05- 0,1	0,1- 0,4	0,1- 0,4	0,1-	0,2- 0,8	0,2- 0,8	0,4- 1,6	0,4- 1,6	0,8- 3,2	0,8- 3,2	1,6- 6,3	1,6-6,3	3,2- 12,5	3,2-12,5	6,3- 25			
Peste 3 până la 6	0,1				0,2-												0,4-	0,8-	
Peste 6 până la 10	0,1				0,4-												0,8-	1,6-	
Peste 10 până la 18	0,1				0,8-												1,6-	3,2-	
Peste 18 până la 30	0,1				1,6-												3,2-	6,3-	
Peste 30 până la 50	0,05-	0,1- 0,4	0,2- 0,8	0,4- 1,6	0,8- 3,2	1,6- 6,3	3,2- 12,5	6,3- 25	12,5- 50	25- 100	50- 125	125- 315	315- 630	630- 1250	1250- 2500	2500- 5000			
Peste 50 până la 80	0,2																0,4-	0,8-	1,6-
Peste 80 până la 120	0,1-																0,4-	0,8-	1,6-
Peste 120 până la 180	0,4																0,8-	1,6-	3,2-
Peste 180 până la 250	0,4																1,6-	3,2-	6,3-
Peste 250 până la 315	0,2-	0,2- 0,8	0,4- 1,6	0,8- 3,2	1,6- 6,3	3,2- 12,5	6,3- 25	12,5- 50	50- 125	125- 315	315- 630	630- 1250	1250- 2500	2500- 5000	5000- 10000	10000- 20000			
Peste 315 până la 400	0,8																1,6-	3,2-	6,3-
Peste 400 până la 500	0,8																3,2-	6,3-	12,5-

Tabelul 1.11. *Corespondența dintre treapta de precizie și metoda de prelucrare*

Metoda de prelucrare	Caracterul prelucrării	Treapta de precizie
1. Strunjire (exterioară, interioară)	-degroșare -finisare -foarte fină (cu diamant)	10,11,12, 13 7,8,9,10 6,6,7
2. Frezare (cilindrică, plană)	-degroșare -finisare -foarte fină	9...10,11,12 8,9,10 7
3. Rabotare	-degroșare -finisare	10,11,12 8,9,10,11
4. Găurire		9,10,11,12
5. Adâncire		8,9,10,11,12
6. Alezare	-degroșare -finisare -foarte fină	6,7,8 6,7 5,6
7. Rectificare	-degroșare -finisare -foarte fină	7,8,9,10 6,7,8 5,6,7
8. Honuire Lepuire Rodare	-medie -fină	6,7 5,7
9. Filetare	-cu filiere -cu cuțit pieptene, frezare -rectificare	6,7,8 6,7,8 5,6,7
10. Danturare	-prelucrarea cu scule din Rp sau CM -rectificare	6,7,8,9,10 5,6

Observații: S-a notat cu Rp – oțelul rapid și cu CM – carburi metalice.

Tabelul 1.12. *Rugozități de suprafață obținute prin diferite procedee tehnologice, în μm*

Denumirea procedeeului	Ra, în μm	Denumirea procedeeului	Ra, în μm
Turnare -în nisip -în cochilă -sub presiune	12,5-100 1,6-25 0,4-6,3	Alezare -prealabilă -finisare	0,8-3,2 0,2-1,6
Forjare -liberă -în matriță	1,6-25 1,6-3,2	Broșare -fină -foarte fină	0,8-3,2 0,4-0,8
Sablare	12,5-100	Frezare -degroșare -finisare -netezire	12,5-100 3,2-12,5 0,4-3,2
Laminare -la cald -la rece	6,3-100 0,2-3,2	Danturare -rabotare -frezare -șeveruire -rectificare	1,6-3,2 1,6-3,2 0,8-1,6 0,2-0,8
Extrudare	0,2-1,6	Rectificare -degroșare -finisare -netezire	0,8-3,2 0,4-1,6 0,05-0,2
Tăiere -cu cuțitul -cu fierăstrăul	12,5-100 1,6-12,5	Supranetezire -netedă -foarte netedă	0,05-0,2 0,012-0,1
Strunjire -degroșare -finisare -netezire cu carburi -netezire cu diamant	6,3-100 3,2-12,5 0,4-1,6 0,2-1,6	Lepuire	0,012-0,1
Rabotare -degroșare -fină -foarte fină		Honuire -prealabilă -fină	0,1-0,8 0,012-0,1

Denumirea procedurii	Ra, în μm	Denumirea procedurii	Ra, în μm
Burghiere -degroșare -finisare		Lustruire	0,12-0,1

Aceste criterii, de care se ține seama la fabricarea mașinilor în uzinele constructoare, trebui avute în vedere și la repararea curentă, sau capitală a mașinilor. Dar, aceasta presupune ca atelierele de reparații să fie dotate tehnic la nivelul uzinelor constructoare de mașini, lucru care este imposibil.

Pe baza condițiilor existente, se va alege una din variantele de compromis:

- aprovizionarea cu piese de schimb de la uzinele constructoare de mașini;
- aprovizionarea cu semifabricate de la uzinele constructoare de mașini;
- stabilirea unor materiale și metode de semifabricare cu proprietăți cât mai apropiate de materialele și semifabricatele folosite inițial la confecționarea pieselor, în uzinele constructoare de mașini.

1.7.1. Materiale folosite la reparații

Materialele folosite sunt materiale metalice feroase (oțeluri, fonte), metalice neferoase (bronzuri, alame, aliaje de Al, Mg) și nemetalice (mase plastice, lemn etc.). Alegerea unuia sau altuia dintre materiale depinde de condițiile reale în care funcționează piesele, alegându-se proprietățile fizice (conductibilitatea termică, coeficientul de dilatare termică, coeficientul de dilatare liniară, conductibilitatea electrică, rezistivitatea, coeficientul de temperatură al rezistivității), mecanice (rezistență mecanică, elasticitatea, plasticitatea, ecrusarea, tenacitatea, duritatea, rezistența la oboseală și uzură) și tehnologice (forjabilitatea, turnabilitatea, așchiabilitatea, sudabilitatea, călibilitatea), adecvate.

Oțelurile și tratamentele termice recomandate pentru organele de mașini de uz general sunt date în tabelul 1.13.

Tabelul 1.13. *Oțeluri și tratamente recomandate pentru organe de mașini de uz general*

Tipul piesei	Oțeluri și tratamente termice recomandate
ORGANE DE MAȘINI	
Arbori canelați, arbori cu profil	OLC20, 18MnCr10, 18MoCrNi15, 13CrNi30, cementate și ulterior tratate termic; OLC45; 38Mn16, 34MoCrNi15, 41MoCr11, 50VC11 Îmbunătățite la 35-45 HRC. pentru reducerea deformațiilor se recomandă călirea izotermă la martensită, în băi de săruri cu temperatura de 200°C
Știfturi	OL37, OL50-OL70 netratate; OLC25-OLC60 netratate termic sau îmbunătățite
Pene	OL50-OL70 netratate; OLC35-OLC60 netratate termic sau îmbunătățite
Piulițe	OL37-OL60, AUT12, OP25 netratate, OLC25-OLC45, 35Mn16, 35MoCr11, 40Cr10, 41MoCr11, AUT30, AUT40 îmbunătățite
Șuruburi (obișnuite, buloane. prezoane speciale etc.	Idem cu piulițele (excepție OP25), OLC25, OLC35 cianurate și călite la 56-62 HRC
Șaibe, rondel (brute, obișnuite, speciale)	OL34, OL37 netratate
ORGANE DE ASAMBLARE	
Cuplaje	OL60, OL70 netratate, OT550, OT600 tratate termic
Arbori cu flanșe dintr-o bucată pentru cuplaje rigide	OLC35, OLC45, 40Cr10, 41MoCr11 Îmbunătățite la 30-40 HRC, OL50, OL60 normalizate
Discuri de turbine cu abur sau gaze	OLC45, 40Cr10, 33MoCr11, 34MoCrNi15 îmbunătățite
Arbori, osii (bare de torsiune, axe auto, osii de vagoane, axe cardanice și planetare, fuzete, arbori melcați principali etc.)	OLC35-OLC50, 35Mn16, 40Cr10, 41MoCr11, 34MoCrNi15, 21MoMnCr12, 18MoCr10, 28TiMnCr12 îmbunătățite, cu eventuală călire superficială a fusurilor
Arbori cotiți	OL50, OL60, OLC45, OLC60, 35Mn16, 40Cr10 îmbunătățite la 20-30 HRC, fusurile călite superficial (2-5 mm)
Came, arbori cu came	OLC15, OLC20, 15Cr08, 13CrNi30, 21MoMnCr12 cementate și călite; OLC45, 40Cr10, 35Mn16 îmbunătățite și călite superficial. Se mai pot utiliza fonte aliate îmbunătățite sau normalizate și călite superficial
Roți dințate -foarte greu solicitate (viteze periferice mari >12 m/g și	13CrNi30, 18MoCrNi13, 20MoNi35, 21MoMnCr12, 21TiMnCr12 cementate (1,5 mm) și călite (58-62) HRC la suprafață și (30-40) HRC în miez

Tipul piesei	Oțeluri și tratamente termice recomandate
încercări specifice mari, combinate cu șocuri) -greu solicitate (viteze și presiuni mari; șocuri) -mediu solicitate (viteze medii, 8-12 m/s, presiuni mari, șocuri) -mediu solicitate (viteze medii mici și medii; 4-8 m/s, presiuni mari, fără șocuri) -slab solicitate (viteze medii; 6-12 m/s, presiuni mici șocuri) -slab solicitate (viteze mici <6 m/s, presiuni mici, cu sau fără șocuri) -foarte slab solicitate	18MoCrNi13, 13MnCr10, 15Cr08 cementate (1,5 mm) sau carbonitrate (0,6-0,8 mm) și călire (55-60 HRC la suprafață și 20-30 HRC în miez) OLC45, 40Cr10, 41MoCr11 îmbunătățite (30-35 HRC) și călite superficial (50-55 HRC) 40Cr10, 50VCr11, 41MoCr11 îmbunătățite (45-50 HRC); eventual cianurate (0,2-0,3 mm) călite direct și revenite jos (55 HRC la suprafață și 40-45 HRC în miez); îmbunătățite (40-45 HRC) și călite superficial (52-56 HRC) OLC15, OLC20 cementate (0,6-1 mm) și călite (55-60 HRC la suprafață); carbonitrate (0,4-0,6 mm) și călite direct OLC45, 35Mn16, 40Cr10, 35MnSi12 îmbunătățite (20-25 HRC). Oțeluri carbon sau aliaje turnate Oțeluri carbon (0,25-0,5% C) netratate; oțeluri sau fonte turnate
Melci (arbori melcați)	13CrNi30, 21MoMnCr12 călite și revenite (58-63 HRC) OLC45, 40Cr10, 41CrNi12 călite și revenite (45-55 HRC)
Eclise	OLC45, 40Cr10, 50VCr11 îmbunătățite (40-50 HRC)
Role (bucșe), bolțuri	OLC15, OLC20, 15Cr08, 18MnCr10, 21MoMnCr12
ORGANE DE TRANSFORMARE A MIȘCĂRII	
Biele (capete)	OLC25-OLC45. 35Mn16, 40Cr10, 50VCr11, 33MoCr11, 41CrNi12, îmbunătățite (210-280 HB)
Buloane de bielă	35Mn16, 33MoCr11, 40Cr10, 41CrNi12, 34MoCrNi15 îmbunătățite (20-30 HRC)
ORGANE CU MIȘCARE DE TRANSLAȚIE	
Supape de admisie, de evacuare (scaune, tije)	OLC45, 40Cr10, 41CrNi12 îmbunătățite, 38MoCrAl09
Bolțuri de capete de cruce, de pistoane	OLC10, OLC15, 15Cr08, 15CrNi15
Pistoane, capete de pistoane	OL50, OLC35 forjate, eventual îmbunătățite, OT55
Tije de legătură	OL50, OL60, OLC35, OLC45, 40Cr10, 50VCr11
Cămăși de cilindru	38MoCrAl09 nitrurat, oțel turnat, fontă cenușie
Ghidaje	Oțeluri carbon, carbon de îmbunătățire călite (total sau superficial); fontă cenușie sau călită superficial

Fontele sunt aliaje Fe-C al cărui conținut de C cel mai frecvent, cuprins între 2,2-3,8%, în prezența elementelor Si, Mn, P. Au sudabilitate mecanică și rezistență mecanică redusă dar au turnabilitate foarte bună și capacitate de amortizare a vibrațiilor.

Recomandările privind utilizarea fontelor cenușii și cu grafit nodular sunt date în tabelul 1.14 și 1.15.

Fontele maleabile sunt fonte superioare obținute prin grafitizarea celor albe turnate în piese, printr-un tratament caracteristic (recoacere de maleabilitate) STAS 569-79.

Fontele aliate sunt fonte cenușii, albe sau maleabile care datorită prezenței unor elemente de aliere ca: peste 0,3% NI, Cr, Cu sau W, peste 0,1% Mo, V sau Ti, mai mult de 2% Mn și 4% Si, posedă caracteristici mecanice îmbunătățite, inclusiv rezistență la uzare, temperaturi înalte și coroziune. Compoziția și destinația acestor fonte sunt date în tabelul 1.16.

Aluminiul, datorită proprietăților sale, mai ales a plasticității este recomandat pentru piese cărora li se cere o viteză maximă de transport a căldurii (pistoane, schimbătoare de căldură etc.).

Aluminiul primar STAS 7607-80 se prelucrează bine prin deformare plastică, ecrusare conducând la dublarea limitelor de elasticitate și duritate. În construcția de mașini se utilizează de obicei aliaje de Cu, Mg, Zn, Mn, Ni, Fe, elemente care conduc la îmbunătățirea proprietăților mecanice cât și a celor tehnologice, făcând oportună aplicarea tratamentelor termice de durificare.

Tabelul 1.14. *Utilizări ale fontelor cenușii și grafit*

Domeniul de utilizare	Exemple	Marca recomandată						
		Fc100	Fc150	Fc200	Fc250	Fc300	Fc350	Fc400
Piese turnate: -slab solicitate, fără frecare	Capace, cutii, plăci de bază, suportți, lingotiere mari, mijlocii	*	*					
-mediu solicitate la frecare sub 5 daN/mm ²	Cărucioare, suportți, lingotiere mici		*	*				
-cu pereți subțiri	Mașini agricole, textile de cusut, de calcul		*	*				
-cu compactitate ridicată, pentru p=10-30 daN/mm ²	Diferite organe de mașini, țevi, vane, ventile, fittinguri		*					
-de mare importanță	Blocuri motor, chiulase, pistoane, cilindri, compresoare, pompe, batiuri, corpuri axe, volanți			(*)	*	*	*	

		Marca recomandată					
-cu tenacitate ridicată	Segmenti (motoare cu aprindere prin scanteie, diesel), axe, roți dințate, mufe și alte organe de legătură, matrițe (arbori cotiți)			*	*	*	*
	Arbori cotiți, roți de dimensiuni mari, corpuri de pompe hidraulice						* *

Tabelul 1.15. *Utilizarea fontelor cu grafit nodular*

Marca	Caracteristici	Exemple de utilizare
Fgn370-17		Piese pentru mașini agricole, autovehicule (în locul fontei cenușii, pentru micșorarea greutatei pieselor)
Fgn400-12	Așchiabilitatea foarte bună, plasticitate bună	Piese sub presiune (corpuri de pompe și vane) piese ale construcțiilor navale (elice), piese pentru mașini agricole, piese solicate la șoc etc.
Fgn450-5	Structură ferito-perlitică	Matrițe, armături etc.
Fgn500-7		Corpuri de compresoare, piese pentru utilaje minere, de transport (arbori cotiți)
Fgn600-2	Rezistență ridicată în stare brut turnată, calitate superficială	Segmenti de platon, roți dințate, matrițe, piese în contact cu arbori tratați termic, cilindri de laminor
Fgn700-2 Fgn800-2	Structură fină (după normalizare și revenire sau aliere) plasticitatea și rezistența la uzare foarte bună	Arbori cotiți de mari dimensiuni (pentru motoare diesel), piese pentru turbine, roți dințate și pinioane, came, ghidaje, piese pentru mașini agricole, saboți de frână

Tabelul 1.16. *Utilizarea și compoziția fontelor albe*

Utilizarea	Compoziția								
	C	Si	Mn	P	Ni	Cr	Mo	V	Cu
Fonte superioare de mașini	2,8-3,3	1,8-2,5 1,4-2,5	0,75 0,8	0,35	1-2,5 0,5-2 0,5-1	- 0,4 0,6			

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Mașini unelte	3-3,4 2,8-3,2	2,2-2,6 1-1,6	0,8 0,9	0,6 0,4	1,5 1			0,25-1,2	
Matrițe	3-3,3 3-3,3	1,8-2,2 1-1	0,64 0,7	0,35 0,35	1-2,5	0,8	1-1,65 0,6	0,2	
Roți dințate	3,1-3,5	1-1,6	0,7	0,2	1,5	0,4	0,6		
Pinioane	3-3,4	1,2-2,4	0,7		0,8	0,25-0,5	0,4-0,8		
Blocuri motor și chiulase auto	3,2-3,4	2-2,2	0,7	0,35	0,2	0,3-0,5	0,5-1		
Pistoane	3,5	2	0,8		0,25				
Arbori cotiți	2,5-3	1,8-2,5	1,8-2,5	0,7	0,2	1-1,5	0,3-0,5	0,5-1	
Axe cu came	3,1-3,3	2-2,4	0,6	0,3	0,2-0,4	0,3-1	0,4-0,6	(0,8)	(2,5-3)

Observație: Pentru fontele superioare de mașini compozițiile corespund pentru categoriile de mașini ușoare, medii și respectiv grele iar pentru fontele pentru mașini-unelte, pentru categoriile ușoare și grele.

Așchiabilitatea este cu atât mai bună, cu cât rezistența materialelor este mai ridicată, iar sudarea este mai bună cu excepția aliajelor cu cupru.

Duraluminul este un aliaj pe baza sistemului Al-Cu-Mg sau Mn conținând (3,8-4,8)% Cu, (0,4-0,8)% Mg și Mn fiecare. Multe utilizări folosesc duraluminiu sub formă de bare, profile extrudate, laminate, piese forjate și prelucrate.

Cuprul are importante caracteristici tehnice: plasticitate bună la rece și cald și conductibilitate electrică foarte bună. Se folosesc sub formă de aliaje (alame, bronzuri), turnate sau deformabile.

Alamele sunt aliaje ale cuprului cu până la 45% Zn, având proprietăți mecanice ridicate și stabilitate la coroziune.

Bronzurile sunt aliajele cuprului cu Sn, Al, Si, Mn, Pb, Be. Interes tehnic prezintă bronzurile cu 25-30% Sn, bronzurile cu 5-15 % Mn și bronzurile cu 4-5% Si și adaosuri de Ni.

Aliajele Mg cu Al, Cu, Zn sunt extrudabile, având proprietăți mecanice ridicate, îndeosebi rezistență la șoc.

Aliajele de Zn sunt cu 45% Al și Cu pentru turnătorie (STAS 6925-87) având o stabilitate chimică ridicată ca urmare a peliculei de oxid, protectoare.

Materialele sinterizate sunt destinate obținerii pieselor din pulberi de Fe, oțel, bronz, Al, în locul unor semifabricate compacte. Utilizările acestor materiale sunt prezentate în tabelul 1.17.

Tabelul 1.17. *Utilizările pieselor sinterizate feroase*

Construcția de mașini și aparate	Lagăre, carcase pentru rulmenți și role, roți dințate, manivele, came, flanșe, excentrice, filtre, diuze etc.
Fabricația de autovehicule	Roțile pompelor de ulei, roți dințate, lagăre de alunecare, pistoanele amortizoarelor, came, scaunele ventilelor, flanșe, roți pentru lanțuri, discurile ambreiajelor etc.
Fabricația de aparate casnice, mașini de scris etc.	Roți dințate cilindrice și conice, manivele, lagăre, discuri, excentrice, discuri cu came, flanșe, piese de ștanțare etc.

1.7.2. Semifabricate folosite

Semifabricatele folosite la confecționarea elementelor constitutive ale mașinilor, în uzinele constructoare de mașini sunt: semifabricate turnate, semifabricate obținute prin deformare plastică la cald (forjare liberă sau în matriță), semifabricate obținute prin deformare plastică la rece, semifabricate sudate, piese din materiale plastice, piese obținute prin metalurgia pulberilor.

De obicei, atelierile de reparații sunt dotate tehnic la nivelul obținerii semifabricatelor turnate în forme de pământ și a semifabricatelor deformate plastic la cald prin forjare liberă. Și atunci, trebuie optat între aceste două forme de obținere a semifabricatelor, la care se mai adaugă posibilitatea generală de folosire a semifabricatelor laminate.

În funcție de metoda de semifabricare, rezultă și adaosurile de prelucrare mecanică, care trebuie îndepărtate prin așchiere, în vederea obținerii pieselor finite.

Mărimile adaosurilor de prelucrare mecanică prin așchiere și dimensiunile intermediare, pe baza cărora se determină dimensiunile semifabricatelor, se obțin prin calcul analitic, sau utilizând valorile tabelate

ale adaosurilor de prelucrare mecanică prin aşchiere, dimensiunile semifabricatelor și metoda de semifabricare.

Metoda analitică de calcul a adaosurilor de prelucrare creează avantajul determinării mărimilor optime ale adaosurilor de prelucrare, însă este mai laborioasă, iar metoda tabelară creează avantajul simplității și operativității de calcul, dar nu este suficient de precisă., ducând fie la prescrierea unor adaosuri de prelucrare prea mari, fie prea mici. Adaosurile de prelucrare mecanică prea mari duc la consum exagerat de metal, iar adaosurile de prelucrare prea mici duc la rebutarea pieselor.

În funcție de condițiile practice ale fabricării pieselor, mai ales de numărul pieselor din lotul de fabricație, se va opta pentru metoda analitică de calcul a adaosurilor de prelucrare, sau pentru metoda tabelară.

Dacă se optează pentru metoda tabelară de determinare a adaosurilor de prelucrare mecanică prin aşchiere, se vor folosi în primul rând, indicațiile cuprinse în diferite standarde în vigoare: STAS 1592-94. „Piese turnate din fontă și oțel. Abateri limită și adaosuri de prelucrare”; „Toleranțe și adaosuri de prelucrare pentru piesele turnate în sol sau în forme prin șablonare” STAS 6287-90: „Piese turnate din metale și aliaje neferoase. Abateri limită și adaosuri de prelucrare” STAS 2171-95: „Piese din oțel forjate liber. Adaosuri de prelucrare și abateri limită”; STAS E 7095-96 : „Adaosuri de prelucrare în vederea rectificării suprafețelor cilindrice exterioare” STAS E 7096-96 „Abateri de prelucrare în vederea rectificării suprafețelor cilindrice interioare”; STAS E 7097-96 „Adaosuri de prelucrare în vederea rectificării suprafețelor plane”.

Dacă se optează pentru metoda analitică de calcul a adaosurilor de prelucrare mecanică se vor folosi indicațiile date în capitolele următoare.

1.7.3. Tehnologia tratamentelor termice. Definiție și clasificare

Tratamentele termice reprezintă metodele practice de modificare a proprietăților materialelor metalice, prin modificări de structură, realizate prin aplicarea de încălziri și răciri controlate în stare mobilă.

Prin tratamente termice se pot modifica atât proprietățile de prelucrare (tehnologice) ale materialelor metalice, cât și proprietățile de utilizare (exploatare). Aceasta determină o primă clasificare în *tratamente termice preliminare* (primare, intermediare) și *tratamente termice finale* (secundare).

Transformările structurale se pot conduce în așa fel încât să se obțină structuri de echilibru (stabile) sau în afară de echilibru (nestabile), ceea ce determină clasificarea tratamentelor termice în *recoaceri* și *căliri*. La rândul lor, structurile în afară de echilibru (de călire) pot fi readuse către (sau la) starea de echilibru prin tratamentul termic de *revenire*. De regulă, recoacerile sunt tratamente termice preliminare, iar călirea urmată de revenire este un tratament termic final.

Schema prezentată este însă insuficientă pentru a cuprinde totalitatea și mai ales diversitatea tratamentelor termice aplicate în practica industrială.

Pentru o clarificare mai completă trebuie să se ia în considerare și alte criterii în afară de structura finală și anume: starea inițială a aliajului, modul în care se execută încălzirea (exprimată prin poziția temperaturii de încălzire în raport cu punctele critice ale aliajului și temperatura mediului de încălzire), modul în care se execută răcirea și scopul tratamentului.

Starea inițială a aliajelor este determinată de natura prelucrărilor anterioare tratamentelor termice și se exprimă prin starea fizico-chimică, mecanică și structurală. Astfel un aliaj recoapt este considerat a fi într-o stare de echilibru din toate punctele de vedere, iar un aliaj călit, în stare de neechilibru, dar anumite prelucrări pot aduce materialul, respectiv produsul în stări intermediare, în care prelevează anumite neechilibru chimice, fizice și mecanice, care determină (sau însoțesc) anumite stări de neechilibru structural.

În principiu, un aliaj este în echilibru chimic când compoziția sa este omogenă la scară microscopică. O soluție solidă dendritică constituie cazul tipic al neechilibrului chimic și structural, cu diverse grade de neechilibru, în funcție de gradul de segregare.

Echilibrul fizico-mecanic este determinat de absența tensiunilor interne microscopice, astfel că produsele cu tensiuni interne pot fi considerate într-o anumită stare (mai mult sau mai puțin avansată) de neechilibru fizico-mecanic. Într-o asemenea situație se află, de exemplu, produsele ecrusate prin deformare la rece, piesele călite (numai cu tensiuni termice sau termice și structurale), piesele deformate plastic la cald cu tensiuni termice, piesele prelucrate prin așchiere (cu tensiuni de lucru), piesele sudate etc. Neechilibrul mecanic poate fi însoțit de neechilibru structural (de exemplu, la ecrusare sau la călire) sau să fie grefat pe o structură apropiată de echilibru (cazul tensiunilor termice și de prelucrare).

Starea inițială poate fi modificată prin tratamente termice în sensul că ea poate fi apropiată sau îndepărtată de starea de echilibru într-o măsură

mai mare sau mai mică, în funcție de cerințe, care determină și modul în care trebuie să se execute încălzirea și răcirea.

Ținând cont de cele prezentate mai înainte, tratamentele termice pot fi clasificate în modul prezentat în tabelul 1.18 și ilustrate grafic prin ciclurile caracteristice reproduse în fig. 1.4.

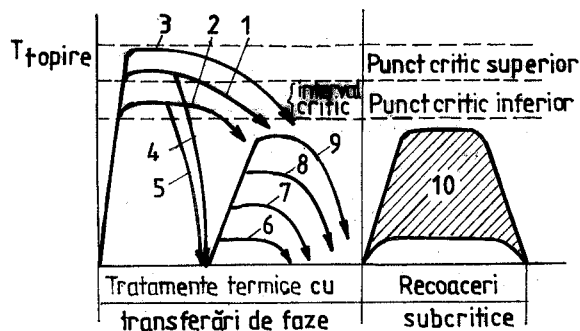


Fig. 1.4. **Ciclograme:** 1,2,3,10-recoacere completă, incompletă, omogenizare, subcritică; 4,5-călire completă, incompletă; 6,7,8- revenire joasă, medie, înaltă; 9-globulizare

Tabelul 1.18. **Clasificarea tratamentelor termice**

Denumirea tratamentului termic	Starea inițială a produsului (aliajului)	Modul de încălzire (tipul tratamentului)	Natura mediului de încălzire	Modul de răcire	Scopuri urmărite (tipuri de tratamente)
Recoacere (cu transformări de fază)	Teoretic, indiferentă Practic: turnat, deformat la cald, sudat, incorect tratat termic	a. Peste punctele critice (recoacere completă) b. Între punctele critice (recoacere incompletă)	Obișnuit sau neutru (protector)	Lentă (în cuptor, în aer)	a. Obținerea structurii de echilibru (recoacere de renegerare sau de corectare; normalizare) b. Obținerea aliajului în stare moale (recoacere de înmuiere)
Călire	Teoretic, indiferent Practic: recopt, normalizat, omogenizat	Peste punctele critice (călire completă) între	Obișnuit sau neutru (protector)	Rapidă (apă, ulei, soluții de săruri, în ceață uneori în apă)	a. Obținerea unei stări intermediare în afară (sau mult depărtată) de echilibru

Denumirea tratamentului termic	Starea inițială a produsului (aliajului)	Modul de încălzire (tipul tratamentului)	Natura mediului de încălzire	Modul de răcire	Scopuri urmărite (tipuri de tratamente)
		punctele critice (călire incompletă)			b.Înmuierea (călire de punere în soluție) c.durificare (călire martensitică, călire bainitică)
Revenire	Călit (neechilibru fizico-chimic și structural)	Sub punctele critice	Obișnuit sau neutru (protector)	Teoretic indiferent Practic: în aer sau relativ rapid (pentru evitarea fragilității la revenirea în ulei)	Revenirea către starea de echilibru structural: a.după călirea de punere în soluție: -durificare (îmbătrânire naturală) -înmuiere (supraîmbătrânire globulizare) b.după călirea martensitică sau bainitică: -detensionare (revenire joasă) -elasticitate ridicată și rezistență la uzură (revenire medie) -asociație optimă de proprietăți mecanice-înmuiere
Recoaceri subcritice (fără transformări de fază)	a.Ecruisarea (neechilibru fizico-mecanic și structural)	Sub punctele critice (respectiv sub punctul de topire, dacă aliajul nu are transformări în fază solidă)	Obișnuit sau neutru (protector)	Teoretic indiferent Practic în aer, ulei, apă, sub atmosferă protectoare	a.Detensionare (recoacere de detensionare) b.Recrystalizarea parțială sau totală (recoacere de recrystalizare)
	b. Cu tensiuni interne (neechilibru mecanic, datorat prelucrărilor tehnologice)	Sub punctele critice	Obișnuit sau neutru	Lentă	Eliminarea parțială sau totală a tensiunilor interne (recoacere de detensionare)

Denumirea tratamentului termic	Starea inițială a produsului (aliajului)	Modul de încălzire (tipul tratamentului)	Natura mediului de încălzire	Modul de răcire	Scopuri urmărite (tipuri de tratamente)
Recoaceri de omogenizare (cu sau fără transformări de fază)	Structura dendritică (necchilibru chimic, structural, după turnare)	Sub punctul de topire (aliajul are transformări în stare solidă peste punctele critice)	Obișnuit sau neutru (protector)	Teoretic indiferent Practic: lentă	Eliminarea parțială sau totală a neomogenizării chimice și structurale (recoacere de omogenizare)
Tratamente termochimice (cecemntări)	Teoretic indiferentă Practic: după prelucrări mecanice de finisare și curățire	Peste sau sub punctele critice	Special (medii solide chimic active, atmosfere controlate, topituri de săruri chimice active)	Teoretic indiferent Practic: lent sau rapid, în funcție de structura dorită în stratul cementat	Modificarea compoziției chimice și a structurii straturilor superficiale, care capătă proprietăți net diferite de ale miezului necementat

Locul tratamentelor termice în producția de semifabricate, piese și scule din materiale metalice. Tratamentele termice sunt operații tehnologice. Ele ocupă locuri bine determinat în fluxul tehnologic de fabricație al produselor metalice, de la elaborare, până la finisare, atât ca semifabricate cât și ca produse prelucrate (piese, scule). În fluxul tehnologic general, tratamentele termice se aplică fie în scop tehnologic, fie în vederea obținerii proprietăților de exploatare ale produsului. Ele se aplică atât la combinatele și uzinele producătoare de semifabricate (lamine pline, țevi, table, benzi, sârme), cât și la întreprinderile prelucrătoare și constructoare de mașini, utilaje, aparataj) și bunuri de larg consum, la piese și scule.

Tratamentele termice care se aplică în mod obișnuit în procesul de reparație sunt. călirea, revenirea și tratamentele termochimice.

Călirea se realizează prin încălzirea și menținerea pieselor la o anumită temperatură (peste punctul de transformare) urmată de o răcire rapidă.

Pentru călire, piesele se încălzesc în cuptoare, la forje sau în băi de săruri, ulei, aer etc. Încălzirea pieselor trebuie să fie uniformă, deoarece în caz contrar se produc tensiuni interne care provoacă deformarea sau fisurarea pieselor.

Controlul pieselor încălzite se face cu pirometre optice sau pirometre de contact. În lipsa acestora se poate face prin observarea culorii piesei încălzite într-un loc mai întunecat.

Metodele uzuale de călire în procesul de recondiționare a pieselor sunt date în tabelul 1.19.

Pentru reducerea pericolului de deformare și finisare trebuie acordată o importanță deosebită modului de răcire a piesei în timpul călirii.

Piesele lungi și subțiri se introduc în poziția verticală, discurile se introduc cu diametrul perpendicular pe suprafața băii.

Revenirea. În urma călirii, în piesele de oțel iau naștere tensiuni interne, li se mărește duritatea, scade tenacitatea, devenind casante. Prin revenire se urmărește îndepărtarea sau reducerea tensiunilor interne, mărirea tenacității și a fragilității. Revenirea se realizează prin încălzirea pieselor din oțel la temperaturi între 200 și 700°C urmată de o răcire lentă. În procesul de reparații se aplică revenirea înaltă și revenirea joasă (tabelul 1.20).

Tabelul 1.19. *Metode de călire în procesul de recondiționare a pieselor*

Nr. crt.	Felul călirii	Mediul de răcire	Piesele la care se aplică călirea	Tipul de menținere
1.	Călire simplă sau obișnuită	Apă	Piese cu conținut în carbon de până la 0,3-0,4% și grosimi de 3-5 mm	Se scufundă și se menține piesa în baia de călire până la răcirea ei totală
		Ulei	Piese din oțel cu conținut până la 0,8% C sau aliaje	
2.	Călire întreruptă în două medii de răcire	Apă sau soluție apoasă de săruri și apoi ulei sau aer	Piese din oțel carbon cu secțiuni mici și pentru cele din oțeluri aliate	1 s pentru fiecare 5-6 mm diametru sau grosime a piesei
3.	Călire în trepte	Băi de săruri calde cu temperatură constantă apoi se continuă răcirea în apă sau ulei	La piesele mici din oțel carbon și îndeosebi la sculele din oțel carbon	Se menține în baia caldă până se va obține o temperatură constantă apoi se răcește în apă
4.	Călire locală (zonală)	Apă, ulei	Brăzdare, scormonitori, cuțite cultivator, scule tăietoare de așchiere, ciocane etc.	See menține în mediul de răcire sau se stropește zona ce trebuie călită până la răcirea totală
5.	Călire superficială cu flacăra oxiacetilenică	Apă	La piesele supuse la solicitări: roți dințate, arbori piese pentru utilaje agricole	Prin deplasarea flăcării oxiacetilenice pe suprafața ce trebuie călită sau deplasând piesa în fața flăcării

Nr. crt.	Felul călirii	Mediul de răcire	Piesele la care se aplică călirea	Tipul de menținere
6.	Călire superficială prin curenți de înaltă frecvență	Apă	Arbori, axe, roți dințate, cămăși din cilindri, supape, bolțuri, lame tăietoare și batere, role de la șenilele tractoarelor pe șenile	Încălzirea stratului superficial durează între 2 și 10 s, apoi se deplasează inductorul pe întreaga suprafață ce trebuie călită

Tabelul 1.20. *Piese la care se aplică tratamentul termic de revenire*

Nr. crt.	Felul revenirii	Temperatura de încălzire, °C	Modul de răcire	Piesele la care se aplică
1.	Revenire înaltă	500-700	Apă sau aer	Cilindri, axe de piston, roți, arbori după ce au fost căliți CIF, chiulase, cartere, chiulase recondiționate prin sudare la cald
2.	Revenire joasă	200-450	Apă sau aer	Piese pentru utilaje agricole ca brăzdare, scormonitori, discuri, călite total sau zonal

Tratamentele termochimice. Tratamentele termochimice aplicate în procesul de reparații sunt: cementarea, nitrurarea, cianurarea și alitarea. Dintre acestea, cel mai mult este folosită cementarea.

Cementarea constă în îmbogățirea în carbon a stratului de la suprafața unei piese din aliaj feros, cu conținut redus de carbon 0,1-0,25%. Prin cementare se obține piese cu duritate mare la suprafață și cu tenacitate mare la miez.

Cementarea se realizează prin încălzirea și menținerea piesei la o temperatură superioară zonei de transformare, într-un mediu carburant solid, lichid sau gazos.

În tabelul 1.21 sunt date compozițiile unor componenți ai amestecurilor carburante solide, folosite la cementarea pieselor.

Tabelul 1.21. *Compozițiile componenților amestecurilor carburante solide la cementare*

Nr. crt.	Compoziții amestecului carburant	%
1.	Cărbune de lemn Carbonat de bariu Carbonat de sodiu Melasă	80-75 12-15 1-2 4-5

Nr. crt.	Compozenții amestecului carburant	%
2.	Cărbune de lemn	65-55
	Cocs de cărbuni	20-25
	Carbonat de bariu	6-8
	Carbonat de sodiu	3-4
	Cretă	2-3
3.	Cărbune de lemn	85-90
	Carbonat de bariu	10-15
4.	Cărbune de lemn	80-85
	Carbonat de sodiu	15-20
5.	Cărbune de lemn	80-85
	Carbonat de bariu	5-8
	Carbonat de sodiu	10-12

Pentru cementarea cu gaze se folosesc gaze naturale și gaze preparate artificial care conțin: oxid de carbon (CO), metan (CH₄), hidrocarburi saturate – etan (C₂H₆), propan (C₂H₈). Ca medii carburante gazoase se pot utiliza: gazele naturale, gazul de iluminat, gazul de cocserie, gazele de cracare etc. Dintre acestea cel mai utilizat este gazul natural, fiind bogat în carbon și mai ieftin.

După cementare piesele sunt supuse călirii și revenirii. regimul de călire și revenire este dat în tabelul 1.22.

Tabelul 1.22. *Regimuri de călire și revenire după cementare*

Nr. crt.	Marca oțelului	Temperatura de cementare, °C	Regimul de călire		Temperatura de revenire pentru detensionare	Duritatea, HRC
			Temperatura de încălzire, °C	Mediul de răcire		
1.	OLC10	880-930	880-900 750-780	Apă	150-180	30-52
2.	OLC15	880-930	880-900 750-780	Apă		
3.	OLC20	880-930	880-900 750-780	Apă		

Cementarea se aplică la arbori, axe, bolțuri (recondiționate sau noi), cruci cardanice, bușe etc.

Capitolul 2

SIGURANȚA ÎN FUNCȚIONARE

Siguranța în funcționare reprezintă un indicator cantitativ, prin care se înțelege capacitatea unei piese sau a unui produs, de a funcționa potrivit destinației pentru care au fost fabricate, cu cheltuieli minime, în perioada și în condițiile de exploatare date.

Utilajele, lucrând în condiții grele de exploatare, au siguranța în exploatare în strânsă legătură cu uniformitatea uzurii principalelor elemente componente și cu modificarea în timp a structurii și proprietăților fizico-chimice ale materialelor.

Evaluarea siguranței în funcționare se face pe cale statistică, pe baza observațiilor din timpul încercării prototipului, sau în procesul exploatării mașini și este în strânsă legătură cu destinația acesteia, condițiile ei de funcționare și o perioadă de timp determinată.

Evoluția noțiunii de calitate către cea de siguranță în funcționare și cumulara lor cu elementul timp, în noțiunea complexă de fiabilitate, pe baza calculului probabilităților și a statisticii matematice, diminuează influența factorilor aleatori în favoarea celor cerți, în construcția și exploatarea mașinilor.

2.1. Indicatorii siguranței în exploatare

Se pot enumera următorii indicatori:

- numărul căderilor în unitatea de timp;
- probabilitatea funcționării fără căderi;
- timpul mediu de funcționare fără căderi.

2.1.1. Noțiunea de cădere

Prin căderi se înțeleg acele defecțiuni ale produsului, care împiedică îndeplinirea în continuare a uneia sau a tuturor funcțiunilor de bază ale acestuia. Ele pot fi parțiale, totale, momentane sau treptate.

Căderile parțiale determină încetarea uneia sau a mai multor funcțiuni de bază, iar căderile totale a tuturor acestora. Căderile momentane apar întâmplător și sunt, de obicei, totale și evidente. Ele au o frecvență mare în perioada de funcționare a produsului.

Căderile treptate depind de durata de exploatare a mașinii, fiind rezultatul uzurii și îmbătrânirii elementelor componente. Se previn prin efectuarea la timp a reviziilor și reparațiilor planificate.

2.1.2. Frecvența căderilor

Aceasta se definește ca raportul între numărul total al căderilor a , care apar în timpul încercărilor și perioada T , destinată încercărilor.

$$r = \frac{a}{T} \quad [\text{căderi/oră}] \quad (2.1)$$

Forma tipică a curbei de frecvență a căderilor este reprezentată în fig. 2.1. Această curbă se caracterizează prin trei perioade distincte: prima corespunde rodajului, caracterizată printr-o frecvență ridicată a căderilor; a doua, cea mai lungă, numită perioada de bază, se caracterizează prin căderi momentane cu frecvență medie scăzută și stabilă; perioada a treia se caracterizează printr-o creștere bruscă a căderilor treptate.

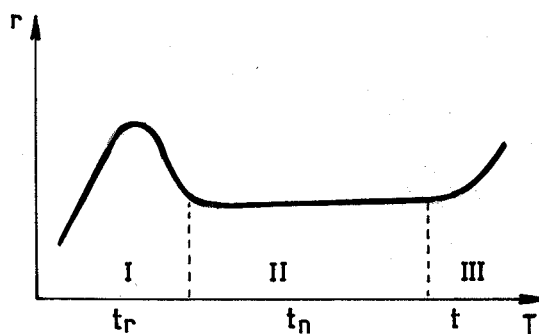


Fig. 2.1. *Curba frecvenței căderilor*

2.1.3. Legea exponențială a căderilor

Deoarece în perioada de bază a funcționării apar căderi momentane cu o frecvență redusă se poate presupune că numărul acestora urmează legea de variație a lui Poisson, adică probabilitatea ca în timpul T să apară x căderi este dată de relația:

$$P_x = \frac{a^x}{x!} e^{-a} \quad (2.2)$$

$$a = r \cdot T \quad (2.3)$$

$$\text{dacă } x = 0, \quad P_o = e^{-a} \quad (2.4)$$

în care: a este numărul mediu de căderi;

r – frecvența căderilor, în căderi/oră;

P_o – probabilitatea ca în timpul T să nu apară nici o cădere și se numește legea exponențială a căderilor.

Valorile lui P_o sunt tabelate, iar reprezentarea grafică este dată în fig. 2.2.

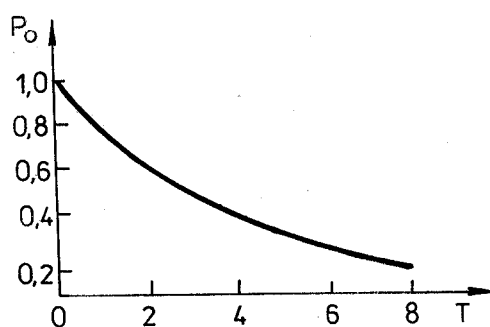


Fig. 2.2. *Curba probabilității funcționării fără căderi*

2.1.4. Timpul mediu de funcționare fără căderi

Acest indicator (t_m) se folosește pentru compararea siguranței în exploatare a mai multor produse de același tip, cu funcționare în condiții identice:

$$t_m = \frac{T}{a} \quad [h] \quad (2.5)$$

$$a = \frac{t_p}{t_m} \quad \text{dacă:} \quad T = t_m$$

Cunoscând timpul mediu de funcționare fără căderi se poate folosi relația:

$$P = e^{-\frac{t_p}{t_m}} \quad (2.5)$$

în care: t_p este timpul în care produsul trebuie să funcționeze neîntrerupt, în ore.

Dacă: $t_p = t_m$

$$P = e^{-1} = 0,37 \quad (2.7)$$

În acest caz produsul va funcționa fără căderi în 37 din 100 de cazuri analizate. Rezultă deci că, pentru o funcționare apropiată de certitudine, este necesară inegalitatea:

$$t_m > t_p \quad (2.8)$$

Din graficul de variație a lui P , dat în fig. 2.3, se constată că probabilitatea funcționării fără căderi în 90% de cazuri ($P = 0,9$) se obține când:

$$t_m = 10 \cdot t_p \quad (2.9)$$

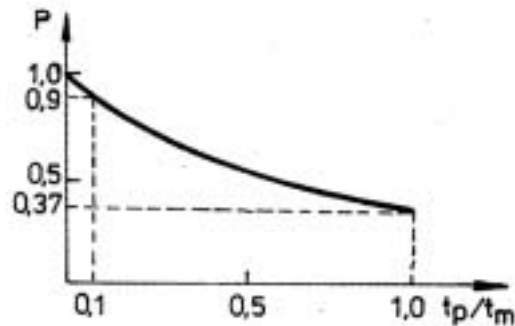


Fig. 2.3. Siguranța în exploatare dată de raportul t_p/t_m

2.1.5. Disponibilitatea produsului

Prin disponibilitatea produsului se înțelege capacitatea de restabilire rapidă a funcționării normale, după apariția căderii acestuia și se măsoară cu ajutorul coeficientului de disponibilitate K_d :

$$K_d = \frac{t_{sr}}{t_m} \quad (2.10)$$

în care: t_{sr} este timpul de staționare a produsului necesar pentru restabilirea funcționării normale, în ore.

2.1.6. Siguranța în funcționare a elementelor unui produs

Elementul este parte din produs, separat din punct de vedere constructiv și care nu poate funcționa de sine stătător. Acest lucru împiedică folosirea indicatorilor: timpul mediu t_m și frecvența căderilor r , la aprecierea siguranței în funcționare a elementului unui produs.

Intervalul de timp care începe odată cu intrarea în funcțiune a elementului și în care nu se înregistrează căderi, se numește termen de funcționare garantată a elementului. Valoarea acestui indicator se determină cu relația:

$$P_s = e^{-\frac{t_g}{t_m}} \quad (2.11)$$

în care: t_g este timpul de funcționare garantată a elementului, în ore.

2.1.7. Siguranța în funcționare a unui produs

Legătura între elemente depinde de modul în care sunt îmbinate acestea în produs. Deosebim legarea în serie și legarea în paralel.

a. **Legarea în serie.** Se consideră elementele legate în serie, atunci când căderea unuia atrage după sine căderea produsului. Produsul funcționează deci atâta cât funcționează elementul cu probabilitatea cea mai mică de funcționare fără căderi. Dacă se consideră un produs cu k elemente, ce au probabilitatea P_i de funcționare fără căderi, probabilitatea totală de funcționare fără căderi a produsului este dată de relația:

$$P_p = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_i \quad (2.12)$$

adică: $P_p < P_i \quad (12.13)$

b. **Legarea în paralel.** Se consideră acest tip de legătură la produsele la care, dacă unul dintre elemente a căzut, funcția acestuia este preluată de un alt element de același tip, iar produsul nu mai funcționează când cad toate elementele de același tip legate în paralel. Dacă se consideră două elemente, legate în paralel, probabilitatea ca cel puțin unul dintre ele să funcționeze este dată de relația:

$$P_{12} = P_1 \cdot P_2 - P_2(1 - P_1) + (1 - P_2)P_1 \quad (2.14)$$

în care P_1 este probabilitatea funcționării fără căderi a elementului 1;

P_2 - idem pentru elementul 2.

Pentru cazul concret când:

$$\begin{aligned} P_1 &= 0,9 & \text{se obține} & & P_{12} &= 0,98 \\ P_2 &= 0,8 \end{aligned} \quad (2.15)$$

adică siguranța totală este mai mare decât a oricăruia dintre elementele sale componente.

2.1.8. Procentul mediu de căderi ale elementelor

Indicatorul se definește ca raportul între numărul de elemente tip cu căderi n_c , într-un interval de timp T și numărul total de elemente de tipul dat n_t , incluse în produs.

$$K_t = \frac{n_c}{n_t} \cdot 100\% \quad (2.16)$$

2.19. Coeficientul de încărcare a elementelor

Acest coeficient depinde de regimul de lucru al elementelor și este dat de relația:

$$K_t = \frac{N_f}{N_t} \quad (2.17)$$

în care: N_f este încărcarea elementului în procesul funcționării, în %;

N_t - încărcarea nominală, în %.

Dacă $K_t > 1$, durata, respectiv siguranța în funcționare scade.

În fig. 2.4 sunt date curbele tipice ale frecvenței căderilor pentru cazul funcționării în regim de subîncărcare ($K_t < 1$) și regim de lucru încărcat ($K_t > 1$). Din grafic rezultă valori diferite pentru cele trei perioade caracteristice acestui gen de curbe.

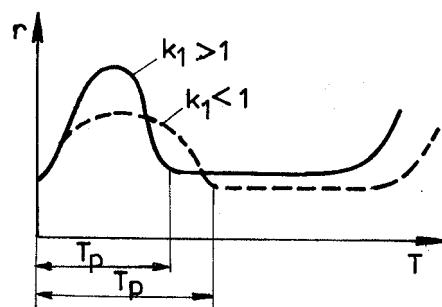


Fig. 2.4. Curbele tipice ale frecvenței căderilor

2.2. Uzura și criteriile pentru stabilirea limitelor de uzură

2.2.1. Cauzele scăderii capacității de lucru a utilajelor

La proiectarea utilajelor se urmărește a se da pieselor componente, caracteristicile necesare în privința formei, dimensiunilor, poziției reciproce a suprafețelor, calității materialului și fineții de prelucrare a suprafețelor. Acestea se prescriu în desenele de execuție ale pieselor, respectarea lor asigurând condiții favorabile pentru asamblări, din punct de vedere al ungerii, repartiției sarcinii, tipului de ajustaj etc.

În timpul exploatării, calitățile inițiale ale pieselor se modifică prin apariția unor defecte, consecințe ale uzurii sau ale deteriorării de orice grad. Indicii principali de exploatare, ce caracterizează starea tehnică a mașinilor, sunt:

- forța și puterea de tracțiune;
- puterea la prizele anexe;
- consumul de combustibil și lubrifianț;
- productivitatea mașinii;
- necesarul de putere pentru acționare;
- calitatea lucrărilor efectuate.

Abaterile de la funcționarea normală a mașinii, indică prezența defecțiunilor. Acestea sunt cauzate de reglaje necorespunzătoare sau ca urmare a uzurii pieselor componente ale ansamblurilor și subansamblurilor mașinii. Schimbările la care sunt supuse piesele pot fi:

- schimbări dimensionale (uzuri care slăbesc strângerea îmbinărilor fixe și măresc jocul îmbinărilor mobile);
- schimbări ale formei pieselor și ale poziției reciproce a suprafețelor (uzuri ce provoacă ovalitate, conicitate etc.) (fig. 2.5);
- schimbări ale calității suprafețelor pieselor;
- schimbări ale însușirilor mecano-tehnologice ale materialului (oboseală);
- schimbări în compoziția chimică (uzura chimică, termică).

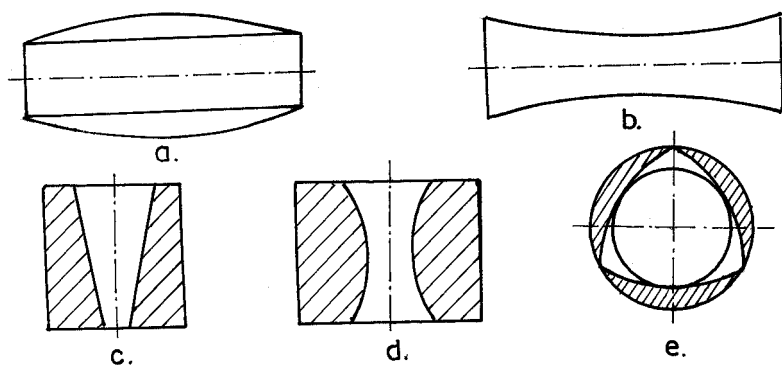


Fig. 2.5. *Erori de formă ale suprafețelor*

Dintre acestea, cele mai frecvente ce provoacă defecțiuni sunt schimbările dimensionale și de formă ale pieselor.

2.2.2. Studiul uzurii. Legile uzurii și metodele de determinare a acesteia

Frecarea, fenomen de uzură. În timpul funcționării, între piesele conjugate, aflate în mișcare relativă, ia naștere o rezistență care se opune mișcării, numită frecare. În funcție de deplasarea relativă a suprafețelor în contact întâlnim frecare de alunecare, de adeziune, de rostogolire, de pivotare și frecare în articulații.

Pentru cazurile practice se întâlnesc fenomene de frecare compuse. Folosirea ungerii, prin introducerea unui film de ulei între suprafețele de frecare are ca scop:

- reducerea forței sau a cuplului de frecare;
- micșorarea uzurii, a temperaturii pieselor și prevenirea gripajelor;
- mărirea etanșeității cilindrilor motoarelor;
- apărarea anticorozivă a pieselor;
- curățirea suprafețelor de impurități și evacuarea acestora în timpul funcționării.

Luând drept criteriu de clasificare starea filmului de ulei între suprafețe, se întâlnesc mai multe fenomene de frecare:

a. **Frecarea lichidă** se produce când suprafețele pieselor în frecare sunt complet separate printr-un film de ulei, presiunea exterioară fiind preluată și transmisă suprafețelor prin intermediul stratului de ulei în mișcare. Deși grosimea stratului de ulei este foarte mică în raport cu celelalte dimensiuni ale pieselor în frecare, mișcarea lubrifianțului se produce potrivit legilor hidrodinamicii lichidelor vâscoase, neglijându-se forțele de inerție și greutatea fluidului, deoarece efectul vâscozității este predominant. Regimul hidrodinamic este de tip laminar sau turbulent. Mișcarea laminară a uleiului între cele două suprafețe are loc în straturi paralele, cu viteze diferite, frecarea datorându-se alunecării relative a straturilor. Forța de frecare, în acest caz, este dată de legea lui Newton:

$$F = \eta \cdot A \cdot \frac{v}{h} \quad [\text{daN}] \quad (2.18)$$

în care: η este vâscozitatea dinamică, în $\text{daN} \cdot \text{s/m}^2$;

A – aria suprafețelor în frecare, în m^2 ;

v – viteza deplasării relative, în m/s ;

h – grosimea stratului de ulei, în m .

Trecerea la regimul turbulent, caracterizată de numărul critic al lui Reynolds (rel. 2.19), are loc în momentul când particulele lichidului trec dintr-un strat în altul.

$$R_e = \frac{\rho \cdot v \cdot h}{\eta} \quad (2.19)$$

în care ρ este densitatea uleiului, în kg/m^3 .

Pentru reducerea frecărilor este necesară o frecare lichidă și folosirea unor lubrifianți de calitate.

b. Frecarea uscată se produce când nu există lubrifianț între suprafețele în mișcare relativă. La deplasarea pieselor, se produce deformația elastică sau plastică a asperităților suprafețelor. În cazul deformațiilor elastice, forța de frecare se determină cu relația:

$$F = \mu \cdot N \quad [\text{daN}] \quad (2.20)$$

în care μ este coeficientul de frecare ce depinde de natura materialului și de rugozitatea suprafețelor;

N – forța normală ce acționează pe suprafață, în daN.

c. Frecarea limită se produce atunci când sarcina crește mult, viteza relativă se micșorează, iar stratul de lubrifianț între suprafețe este foarte subțire (maximum 1 μm). Stratul limită evită uzura de eroziune, împiedicând frecarea uscată.

d. Frecarea semiuscată are loc când nu există un film continuu de ulei. Este o frecare combinată între frecarea limită și uscată. Ea se produce la partea superioară a cilindrilor motoarelor în contact cu segmentii, în timpul arderii amestecului carburant și a expansiunii gazelor arse.

e. Frecarea semilichidă se produce între suprafețe cu peliculă de ulei continuă, dar de grosime variabilă. Apare frecvent în lagărele suprasolicitate sau uzate și este inevitabilă în lagăre la pornirea motorului.

În funcție de felul frecării, coeficientul μ , din relația (2.20), are valorile date în tabelul 2.1.

Tabelul 2.1. *Valorile coeficientului de frecare*

Felul frecării	Coeficientul μ
Frecare fluidă	0,001-0,02
Frecare semilichidă până la frecare limită	0,02-0,2
Frecare uscată	0,2-0,5

Uzura pieselor. Curba uzurii. Frecarea suprafețelor în contact duce la uzură, având ca rezultat modificarea dimensiunilor, a calității de suprafață și a formei geometrice, datorită eliminării continue de material. Duritatea pieselor scade pe măsura avansării uzurii, la piesele cementate și călite superficial, sau crește, ca urmare a ecruisării, provocând o creștere treptată a fragilității stratului superficial.

În timpul deplasării reciproce a suprafețelor în contact, rugozitățile determină o anumită presiune specifică, diferită de presiunea teoretică. După forța de apăsare este P , presiunea specifică este determinată de suma

suprafețelor vârfurilor proeminențelor în contact (fig. 2.6). Dacă uzura inițială, foarte intensă, are loc micșorarea vârfurilor asperităților cu valoarea δ_1 , mărindu-se suprafața de contact, cu o scădere corespunzătoare a presiunii specifice. Valorile presiunilor, pentru cele două cazuri, sunt date de relațiile următoare:

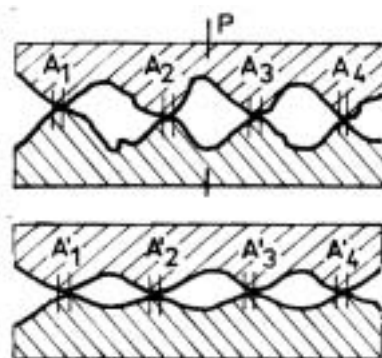


Fig. 2.6. *Uzura microasperităților suprafețelor în contact*

$$p = \frac{P}{A_l} \quad [\text{MPa}] \quad (2.21)$$

$$p' = \frac{P}{A'_l} \quad [\text{MPa}] \quad (2.22)$$

Scăderea presiunii specifice creează posibilitatea măririi vitezei relative și apăsării P , fără pericolul apariției rizurilor sau gripării pieselor.

Pentru piesele asamblate cu joc, în timpul funcționării se produce mărirea acestuia, de la valoarea inițială până la o valoare maxim admisibilă. Reprezentarea grafică a variației acestui joc în funcție de timpul de funcționare (fig. 2.7) este tocmai curba uzurii. Ea poate fi împărțită în trei zone:

- zona I, numită și perioadă de rodaj, cu uzură pronunțată a microneregularităților, până la realizarea unui grad de calitate constant al suprafețelor;
- zona II, sau perioada de uzură normală, cu durata cea mai lungă și cu creșterea constantă a uzurii în timp. Ea corespunde perioadei de funcționare normală a îmbinării;
- zona III, caracterizată printr-o creștere bruscă a uzurii, apariția bătailor și posibilitatea distrugerii îmbinării. Zona este marcată de atingerea

valorii maxime a jocului, la care condițiile normale de funcționare (ungere, viteză de uzură, suprafața de sprijin) nu se mai mențin constante, înrăutățindu-se în timp.

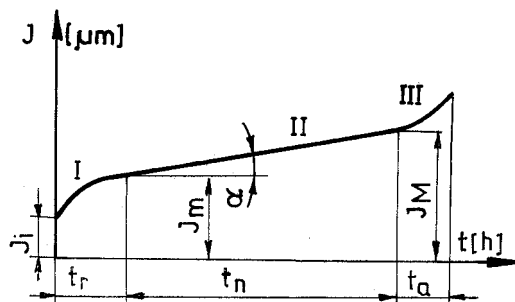


Fig. 2.7. Curba uzurii

Din fig. 2.7 se poate determina timpul normal de funcționare conform relației:

$$t_n = \frac{J_{\max} - J_{\min}}{tg\alpha} \quad [h] \quad (2.23)$$

în care: J_{\max} este jocul maxim admisibil al îmbinării, în μm ;

J_{\min} – jocul minim, în μm ;

$tg\alpha$ – intensitatea uzurii, în $\mu\text{m/h}$.

Din analiza relației, în vederea asigurării unei valori cât mai mari a lui t_n , se impune menținerea numitorului la valori minime și creșterea număratorului. Prima condiție se obține prin aplicarea măsurilor corespunzătoare de exploatare tehnică (ungerea mecanismelor, alimentarea cu combustibil de bună calitate, respectarea normelor de pornire și conducere, reglarea corespunzătoare a mecanismelor), precum și printr-o serie de măsuri din practica reparațiilor (realizarea de suprafețe mai rezistente la uzură și cu calitate mai bună, aplicarea tratamentelor termice sau acoperirilor galvanice).

Reparațiile dispun, de asemenea, de o serie de măsuri pentru menținerea sau restabilirea diferenței $J_{\max} - J_{\min}$. Prin restabilirea jocului inițial al unei îmbinări uzate, se obține o durată de funcționare suplimentară t_{n1} . Dacă se execută mai multe operații succesive, durata totală de serviciu va fi dată de suma timpurilor de funcționare normală între două reparații:

$$t_{nl} = t_{on} + t_{n1} + t_{n2} + \dots + t_{nm} \quad (2.24)$$

Graficul de succesiune al acestor perioade este dat în fig. 2.8. Se constată că timpul de funcționare normală scade odată cu creșterea numărului de reparații:

$$t_{n0} > t_{n1} > \dots > t_{nm} \quad (2.25)$$

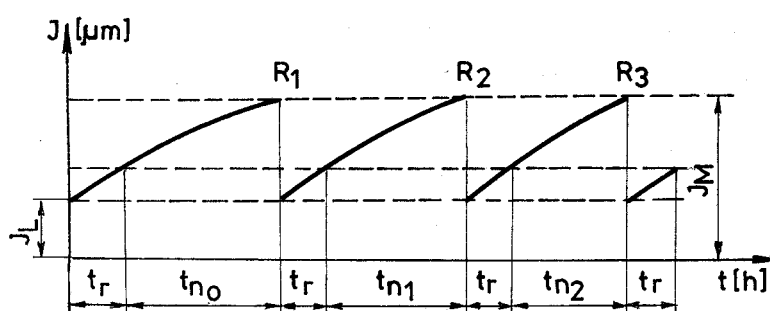


Fig. 2.8. *Periodicitatea reparațiilor*

Pentru stabilirea momentului în care îmbinarea trebuie recondiționată, este necesară cunoașterea intensității uzurii și a valorilor jocurilor maxime și minime. Intensitatea uzurii se stabilește experimental iar valorile jocurilor se stabilesc teoretic.

pentru stabilirea intensității uzurii, se lasă îmbinarea să funcționeze 500 de ore, după efectuarea rodajului și a măsurătorilor inițiale, în condiții cât mai apropiate de cele reale. Prin măsurarea jocului după rodaj, J_r și a jocului rezultat la sfârșitul perioadei de încercare J_f (fig. 2.9), rezultă că:

$$tg\alpha = \frac{J_f - J_r}{500} \quad [\mu\text{m/h}] \quad (2.26)$$

Având aceste valori și înlocuindu-se în relația (2.23) se poate determina mărimea timpului de funcționare în exploatare a îmbinării.

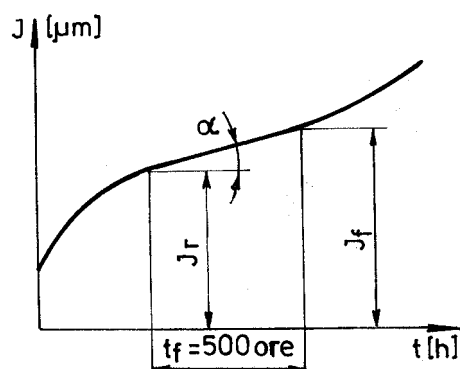


Fig. 2.9. *Determinarea experimentală a intensității uzurii*

Clasificarea uzurilor și forme de apariție

Deoarece procesul de uzură a pieselor se datorează fenomenelor fizico-chimice complexe, putem diferenția următoarele tipuri de uzură:

a. **uzura de aderență sau de contact** care produce distrugerea suprafețelor de lucru datorită frecării semiuscate. pe suprafețe se creează contacte locale, unde crește foarte mult presiunea specifică și temperatura, făcând posibilă apariția gripajului;

b. **uzura de abraziune** este de natură mecanică și constă în așchierea straturilor superficiale de către particule abrazive aflate între suprafețele de frecare. Acest tip de uzură este foarte răspândit la organele de lucru ale mașinilor de prelucrarea solului, la morile cu ciocane etc. În cazul motoarelor, acest tip de uzură se diminuează prin folosirea unor filtre eficiente pentru filtrarea uleiului;

c. **uzura de coroziune sau de oxidare** este caracterizată prin combinarea deformării plastice a metalului cu fenomenele de oxidare și exfoliere a acestor straturi de oxizi de pe suprafața de frecare: piesele supuse acestui tip de uzură sunt arborii cotiți, bolțurile, supapele de evacuare din zona gâtului și a ciupercii acestora, cilindrii motoarelor în momentul pornirii, în timpul funcționării cu temperatura apei de răcire sub 90°C și atunci când suprafețele nu sunt protejate cu pelicule de ulei;

d. **uzura de oboseală** se manifestă sub acțiunea de lungă durată a sarcinilor variabile, adeseori combinată cu schimbări de temperatură și care duc la apariția în materialul pieselor, începând de la exterior, de fisuri microscopice, care cresc treptat, până ce secțiunea rămasă nefisurată

prezintă o zonă cu cristale mari, corespunzătoare ruperii bruște și o zonă relativ netedă, rezultată din evoluția fisurii;

e. **uzura prin ciupire** este o formă specială a uzurii de oboseală superficială, numită și uzură pitting. Aceasta este caracteristică frecării de rostogolire (rulmenți cu bile și role), precum și dinților roților dințate în contact. Ea apare sub forma unei adâncituri provocată de presiunile totale mari, ce ajung la valori de 4500 – 5000 MPa. În cazul rulmenților, contracțiile maxime se găsesc sub suprafețele de lucru la o adâncime de 0,25 mm. Când rostogolirea este asociată cu frecarea, contracțiile maxime se apropie de suprafață, dar în acest caz se adaugă și uzura de contact (fig. 2.10).

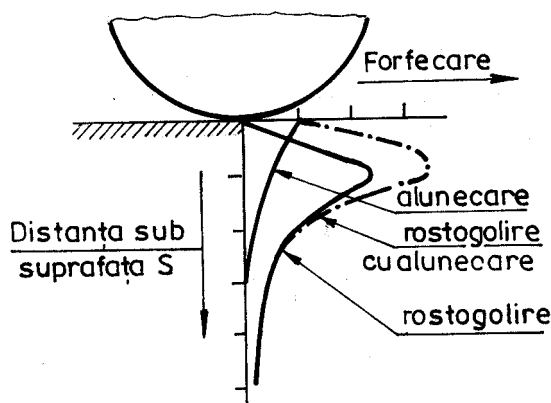


Fig. 2.10. *Variația contracțiilor în suprafețele hertziene*

Factorii care influențează procesul de uzură. Felul și intensitatea uzurii sunt determinate de următorii factori:

a. **calitatea materialului și tratamentul termic aplicat** sunt dictate de condițiile de funcționare ale pieselor (solicitări, ungere, viteză relativă, temperatură), precum și de procesul tehnologic de obținere a semifabricatului. Piesele din oțel carbon rezistă la uzură cu atât mai bine cu cât duritatea superficială și procente de carbon sunt mai mari (fig. 2.11 a și b). Din fig. 2.11 se constată că structura martensitică (curba 5) este cea mai rezistentă la uzură (1 – ferită, 2 – perlită, 3 – sorbită; 4 – troostită, 5 – martensită).

Piesele utilajelor, care lucrează sub sarcini dinamice, se execută din oțeluri carbon sau aliate de cementare, care după tratamentul termic capătă

o duritate superficială mare asigurând rezistența la uzură, în timp ce restul piesei își păstrează reziliența, suportând aceste sarcini dinamice.

Alierea cu elemente specifice (Si, Mn, Cr, Ni, Mg, V etc.) conduce la creșterea tenacității oțelurilor.

La piesele executate din fontă cenușie, intensitatea uzurii scade odată cu creșterea % de carbon legat (maximum 0,6% C). Fontele grafitate se bucură de o reziliență mare la uzură datorită incluziunilor de grafit, cu rol de lubrifiant.

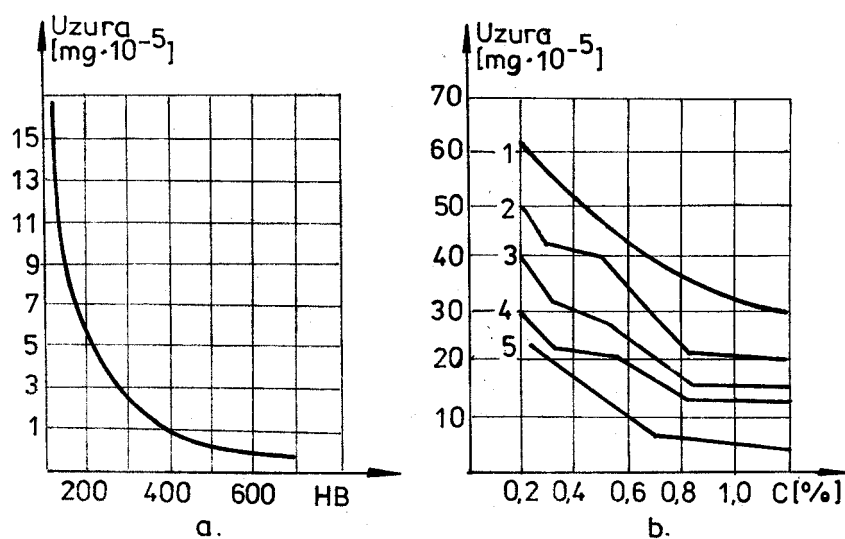


Fig. 2.11. *Viteza de uzură a oțelului carbon în funcție de:*
a-duritate; b-conținutul de carbon și structură

Creșterea rezistenței la uzură se realizează și prin conjugarea pieselor confecționate din materiale diferite ca duritate. Astfel, piesa cea mai complicată, deci cea mai scumpă, se recomandă să fie dintr-un material de calitate superioară, cu rezistență mare la uzură și invers;

b. *calitatea suprafețelor pieselor conjugate* influențează decisiv ungerea, proeminențele mari provocând întreruperea peliculei de ulei, iar suprafețele prea fin prelucrate, rețin cu greu stratul de lubrifiant, conducând la frecarea uscată (fig. 2.12). Alături de rugozitate, structura și tensiunile din stratul superficial au o mare influență asupra uzurii;

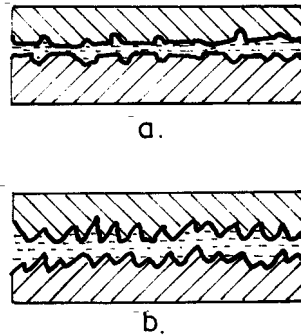


Fig. 2.12. *Influența R_a asupra continuității peliculei de lubrifianț*

c. *mărimea jocurilor inițiale* de asamblare influențează asupra uzurii în sensul că durata de serviciu a asamblării este cu atât mai mare, cu cât jocul inițial este mai aproape de jocul optim prescris (fig. 2.13). La asamblările care funcționează sub sarcină dinamică, mărimea jocului duce la eliminarea lubrifianțului și creșterea rapidă a uzurii, în timp ce asamblarea cu joc prea mic creează posibilitatea apariției gripajului;

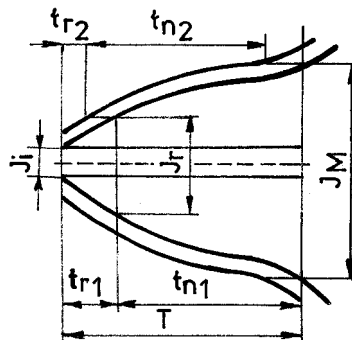


Fig. 2.13. *Creșterea jocului la o asamblare mobilă*

d. *calitatea lubrifianților folosiți* se referă la o bună stabilitate chimică, vâscozitate corespunzătoare, să nu conțină acizi și impurități mecanice. Folosirea unor uleiuri de calitate permite formarea unor pelicule rezistente, care să elimine frecarea uscată în perioada inițială de funcționare, sau în condiții de temperaturi ridicate (se recomandă aditivi ca: grafit coloidal, bisulfura de molibden, teflon etc.);

e. *condițiile de exploatare* cuprind totalitatea măsurilor necesare pentru buna funcționare a utilajelor. Folosirea la suprasarcini, utilizarea de combustibili și lubrifianți inferiori, neefectuarea în condiții optime și la timp a întreținerilor duc la scoaterea din uz înainte de termen a mașinilor.

Legile uzurii. S-a constatat că ritmul de uzură depinde de presiunea specifică dintre suprafețele de contact, de proprietățile materialului, de calitatea suprafețelor și de viteza de deplasare relativă:

$$du = C \cdot p \cdot v \cdot dt = \varepsilon \cdot dt = C \cdot p \cdot dt \quad (2.27)$$

în care: du este creșterea elementară a uzurii liniare;

C – coeficient dependent de proprietățile materialului, calitatea suprafețelor și condițiile frecării;

p – presiunea specifică, înMPa;

t – timpul de frecare, în h;

v - viteza deplasării relative, în m/s;

L – drumul frecării, în m;

ε - mărimea ponderată a ritmului de uzură;

$$\varepsilon = C \cdot p \cdot v \quad (2.28)$$

În funcție de duritatea materialului, creșterea uzurii în timp se mai poate exprima prin relațiile:

$$\frac{du}{dt} = \frac{C \cdot p}{H} = \frac{C \cdot p}{H_o - \beta(H_o - H)} \quad (2.29)$$

în care: H este duritatea inițială a materialului;

H_o – duritatea după tratamentul termic;

β - coeficient care depinde de natura materialului.

2.2.3. Stabilirea uzurilor admisibile la îmbinările mobile

Când există frecare fluidă la îmbinările mobile, jocul dintre piese este ocupat de lubrifianț, care separă total piesele în mișcare. Este deci necesar, un anumit debit de lubrifianț, limitat la anumite valori, funcție de presiunea de antrenare și de viteza relativă între suprafețele în mișcare. Cunoscând debitul lubrifianțului se poate determina jocul inițial, adică jocul la care frecarea este teoretic nulă (ungerea lichidă) și jocul maxim, la care pierderile de lubrifianț au ajuns la valoarea debitului, adică suprafețele în mișcare se ating.

Calculul debitului de lubrifiant între două suprafețe în mișcare de translație. Pentru stabilirea debitului este necesară cunoașterea variației lubrifiantului dintre suprafețe, precum și dimensiunile secțiunii de trecere. Debitul total este dat de relația:

$$q = q_1 + q_2 \quad (2.30)$$

în care: q_1 este debitul cauzat de viteza relativă a suprafețelor;

q_2 – debitul cauzat de căderea de presiunea a lubrifiantului în direcția deplasării.

În cazul curgerii laminare, într-o secțiune cu dimensiunile b și h , una din suprafețe având mișcarea de translație cu viteza v , cealaltă fiind fixă (fig. 2.14 a), variația vitezei lubrifiantului este liniară, valoarea medie a acesteia și valoarea debitului datorat deplasării suprafeței mobile sunt date de relația (2.32):

$$v_{med} = \frac{v}{2} \quad [\text{m/s}]; \quad q_1 = b \cdot h \cdot \frac{v}{2} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2.31)$$

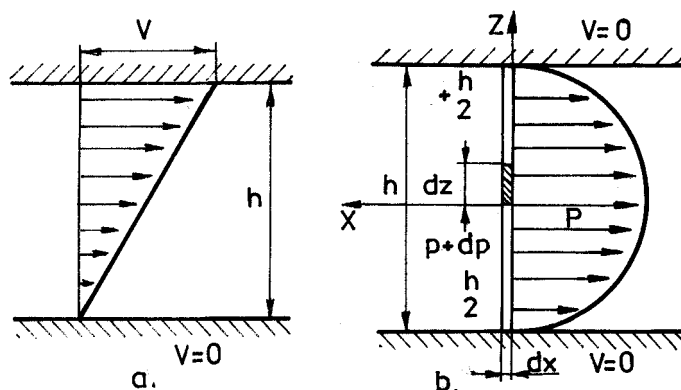


Fig. 2.14. *Variația vitezei lubrifiantului în cazul: a - unei suprafețe în mișcare; b - într-un sistem forțat*

în care: b este lățimea de scurgere, în m;

h – distanța dintre suprafețe, în m;

v – viteza de translație a suprafeței, în m/s.

Dacă se consideră două suprafețe imobile (fig. 2.14 b), lubrifianțul mișcându-se într-un sistem forțat, viteza lui va fi maximă la mijlocul distanței dintre suprafețe și nulă la nivelul acestora, cu o distribuție parabolică. Variația vitezei va fi influențată de forțele de apăsare create de presiune și de forțele de frecare provocate de vâscozitatea uleiului. Pentru determinarea debitului se consideră un volum elementar de lubrifianț (fig. 2.15), dx , dz , b , situat într-un sistem rectangular. Asupra elementului de volum acționează forțele date de presiunea lichidului P_1 și P_2 (rel. 2.33) și forțele de frecare F_1 și F_2 dintre straturile de lichid (rel. 2.34):

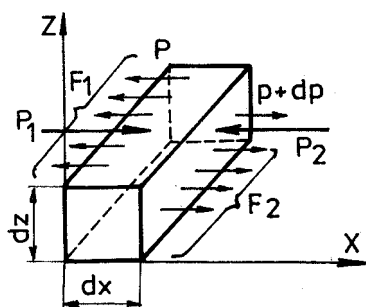


Fig. 2.15. *Forțele care acționează asupra elementului volumic de lubrifianț*

$$P_1 = p \cdot b \cdot dz \quad (2.32)$$

$$P_2 = (p + dp) \cdot b \cdot dz \quad (2.33)$$

în care: p este presiunea lichidului;
 dp – căderea de presiune pe distanța dx ;
 $b \cdot dz$ – secțiunea de acțiune, normală la direcția de deplasare a lichidului;

$$F_1 = \tau \cdot b \cdot dx \quad F_2 = (\tau + d\tau) \cdot b \cdot dx \quad (2.34)$$

în care: τ , $d\tau$ reprezintă forța de trecere pe unitate de suprafață și creșterea acesteia (rel. 2.35);

$b \cdot dx$ – secțiunea elementară.

Știind că:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad \text{\textit{și c\text{a}} \quad F = A \cdot \frac{v}{h}}$$

rezult\text{a}:

$$\tau = \eta \cdot \frac{v}{h} \quad \text{\textit{și}} \quad d = \tau \cdot \frac{dv}{dz} \quad (2.35)$$

Ecuat\text{i}a de echilibru a elementului de lubrifiant este:

$$P_2 - P_1 - F_1 - F_2 = 0 \quad (2.36)$$

\text{Înlocuind \text{i}n rela\text{ția} (2.36) rela\text{țiile} (2.33), (2.34) \text{și} (2.35) se ob\text{ține}:}

$$\frac{d^2 v}{dz^2} = \frac{1}{\eta} \frac{dp}{dx} \quad (2.37)$$

Aceast\text{a} ecua\text{ție} diferen\text{țial}ă integrat\text{ă} determin\text{ă} viteza de deplasare a lichidului:

$$v = \frac{1}{2 - \eta} \left(z^2 \cdot \frac{dp}{dx} + C_1 \cdot z + C_2 \right) \quad (2.38)$$

Constantele de integrare se determin\text{ă} din condi\text{țiile} limit\text{ă} \text{și} anume pentru $z = \pm h/2$ rezult\text{ă} $v = 0$, care \text{i}nlocuite \text{i}n rela\text{ția} (2.38) dau:

$$C_1 = 0; \quad C_2 = -\frac{h^2}{4} \cdot \frac{dp}{dx} \quad (2.39)$$

\text{Înlocuind} constantele de integrare \text{i}n rela\text{ția} vitezei, se ob\text{ține}:}

$$v = \frac{1}{2 \cdot \eta} \left(z^2 - \frac{h^2}{4} \right) \frac{dp}{dx} \quad (2.40)$$

Debitul de lubrifiant, care trece prin sec\text{ți}unea elementar\text{ă} $b \cdot dz$, se determin\text{ă} cu rela\text{ția}:}

$$dq_2 = v \cdot b \cdot dz \quad (2.41)$$

Integrând această ecuație pe întreaga înălțime h , obținem valoarea debitului q_2 :

$$q_2 = \frac{b \cdot h^3 \cdot dp}{12 \cdot \eta \cdot dx} \quad (2.42)$$

Debitul total, când lubrifianțul se mișcă sub influența simultană a deplasării suprafețelor și căderii de presiunea, se calculează cu relația:

$$q = q_1 + q_2 = b \cdot h \cdot \frac{v}{2} - \frac{b \cdot h^2}{12 \cdot \eta} \frac{dp}{dx} \quad (2.43)$$

Stabilirea jocurilor admisibile în lagăre solicitate la sarcină constantă, lucrând în condiții de frecare lichidă

Calculul sarcinii specifice p_m , suportate de presiunea lichidului.

Pentru un fus montat într-un lagăr, cu un joc J , în poziție de repaos, distanța între cele două centre este de $J/2$ (fig.2.16). După pornire, odată cu creșterea turației, fusul antrenează lubrifianțul și-l împinge în spațiul sub formă de pană, producându-se dezlipirea acestuia din lagăr și deplasarea lui în direcția rotirii. Presiunea lichidului crește până la valoarea maximă (0,06...0,12 MPa), în dreptul stratului minim de lubrifianț după care scade brusc (fig. 2.16 b). Sarcina specifică este capacitatea de susținere a fusului de către lubrifianț:

$$P_m = \frac{P}{d \cdot l} \quad (2.44)$$

în care: P este suma apăsărilor verticale pe fus;

d și l - diametrul și lungimea fusului.

Debitul corespunzător presiunii maxime

$$q = q_1 = l \cdot h_{\min} \cdot \frac{v}{2} \quad (2.45)$$

Aplicând legea continuității curgerii a lui Bernoulli, debitul din secțiunea minimă și dintr-o secțiune oarecare au valori egale:

$$l \cdot h_{\min} \cdot \frac{v}{2} = l \cdot h \cdot \frac{v}{2} - \frac{l \cdot h^3}{12 \cdot \eta} \cdot \frac{dp}{dx} \quad (2.46)$$

de unde rezultă că:

$$\frac{dp}{dx} = 6 \cdot \eta \cdot v \cdot \frac{h - h_{\min}}{h^2} \quad (2.47)$$

Pentru determinarea presiunii lubrifiantului într-o secțiune oarecare I-I (fig. 2.17), având înălțimea h și decalată cu unghiul φ față de poziția presiunii maxime, relația (2.47) se transpune în coordonate polare și se integrează. Se obține expresia presiunii specifice sub forma:

$$p_m = \frac{\eta \cdot \omega \cdot f}{\psi^2 C} \quad (2.48)$$

în care: ω este viteza unghiulară;

$$f = \frac{1,04}{1 - \lambda} \quad (2.49)$$

$$\psi = \frac{J}{d} = \frac{J}{2r} \text{ - jocul relativ} \quad (2.50)$$

$$\lambda = \frac{2e}{J} \text{ - excentricitatea relativă} \quad (2.51)$$

$$e = \frac{J}{2 - h_{\min}} \text{ - excentricitatea absolută} \quad (2.52)$$

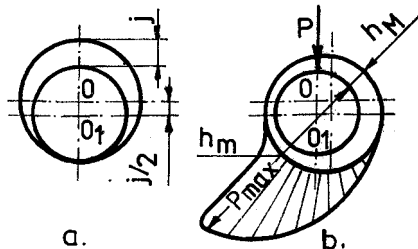


Fig. 2.16. *Funcționarea unui lagăr cu frecare lichidă*

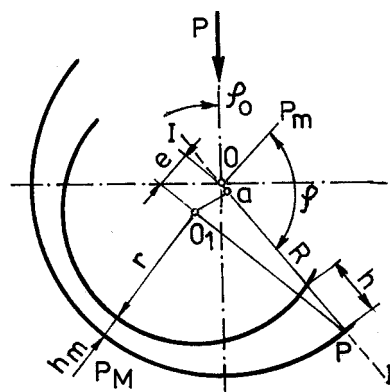


Fig. 2.17. *Schema de calcul a presiunii lubrifianului*

$$C = \frac{l+d}{l} - \text{coeficient de corecție} \quad (2.53)$$

Față de cazul ideal, în care fusul și lagărul au lungime infinită, suprafețele perfect netede și de formă cilindrică perfectă, caz în care este valabil calculul de integrare al relației (2.47), în practică există diferențe și anume:

- a. fusul și lagărul au o lungime finită, motiv pentru care se aplică în relația de calcul un coeficient de corecție C (rel. 2.53);
- b. suprafețele prezintă anumite rugozități (fig. 21.8), valorile reale ale diametrelor fusului și lagărului sunt date de relațiile:

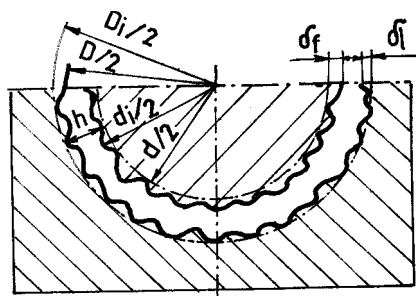


Fig. 2.18. *Influența macroneregularităților asupra dimensiunilor*

$$d = d_{ideal} - 2 \cdot \delta_f \quad (2.54)$$

$$D = d_{ideal} + 2 \cdot \delta_l$$

în care: δ_f și δ_l sunt înălțimile microneregularităților fusului și lagărului;

c. piesele prezintă abateri de formă, ce reclamă mărirea jocului, compensând influența rugozităților de suprafață, care micșorează valoarea acestuia.

Determinarea stratului minim de lubrifiant. Frecarea lichidă este caracterizată de prezența stratului minim. Egalând relațiile (2.44) și (2.48) se scoate valoarea lui h_{min} :

$$h_{min} = \frac{n \cdot \eta \cdot d^3 \cdot l}{18,36 \cdot C \cdot J \cdot P} \quad (2.55)$$

Pentru asigurarea unei frecări lichide, se impune deci condiția dată de expresia:

$$h_{min} > \delta_f + \delta_l \quad (2.56)$$

Pe baza celor expuse se pot trage următoarele concluzii:

- ungerea în condiții de frecare lichidă este influențată de rugozitatea suprafețelor;

- creșterea jocului datorită uzării micșorează stratul minim, făcând posibilă apariția frecării semiuscate;

- în timpul funcționării mărimile d și C sunt constante, dar mărimile n , η și P , având variații însemnate, trebuie luate măsuri ca aceste variații să fie astfel corelate încât stratul minim să fie asigurat.

Jocul optim de montare între fus și lagăr. Analizând variația uzurii în funcție de excentricitatea relativă se constată un minim la valoarea $\psi = 0,5$ (fig. 2.19). Pornind de la acest rezultat se obține relația de calcul a jocului inițial, optim între fus și lagăr:

$$\psi = \frac{2 \cdot e}{J_{opt}} = \frac{2 \left(\frac{J_{opt}}{2} - h_{min} \right)}{J_{opt}} = 1 - \frac{2 \cdot h_{min}}{J_{opt}} = 0,5$$

adică:

$$h_{\min} = \frac{J_{opt}}{4} = \frac{n \cdot \eta \cdot d^2}{18,36 \cdot J_{opt} \cdot C \cdot p_m} \quad (2.57)$$

de unde rezultă:

$$J_{opt} = J_{initial} = 0,467 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{n \cdot \eta}{p_m \cdot C}} \quad (2.58)$$

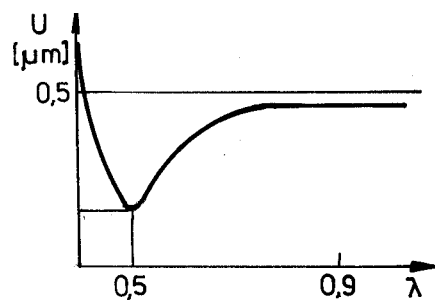


Fig. 2.19. *Variația uzurii funcție de excentricitatea relativă*

Jocul maxim admis prin uzură

a. La o îmbinare fus-lagăr se consideră ca limită maximă de funcționare, momentul în care microneregularitățile suprafețelor se ating, adică:

$$h_{\min} = \delta'_l + \delta'_f = \frac{n \cdot \eta \cdot d^2}{18,36 \cdot J_{\max} \cdot C \cdot p_m} \quad (2.59)$$

în care: δ'_l și δ'_f sunt înălțimile microneregularităților lagărului și fusului, la sfârșitul perioadei de funcționare.

Împărțind relațiile (2.57) și (2.59) se obține mărimea jocului în funcție de valoarea celui optim de montare:

$$J_{\max} = \frac{J_{opt}^2}{4 \cdot \delta'_l} \quad (2.60)$$

Se recomandă ca mărimea δ' să nu fie mai mică decât particulele de impurități care trec prin filtrul de ulei.

b. La grupul piston-ș-cilindru al pompelor de înaltă presiune (fig. 2.20), uzura limită se stabilește în funcție de variația debitului de lichid. Deoarece lungimea de etanșare se poate considera constantă, scurgerile de lichid care apar se pot calcula cu relația:

$$q = \frac{n \cdot d \cdot J^3 \cdot p}{12 \cdot \eta \cdot l} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2.61)$$

Din analiza graficului de variație a presiunii (fig. 2.20) se recomandă ca valoarea limită a jocului:

$$J_{\text{max}} = 12 \text{ } [\mu\text{m}]$$

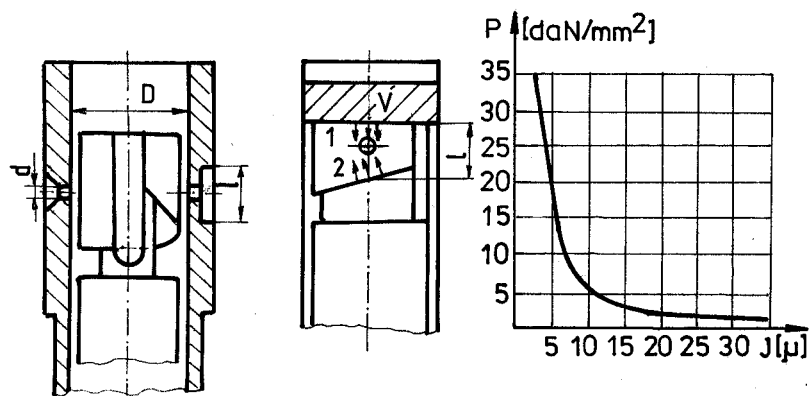


Fig. 2.20. *Variația scurgerilor în funcție de joc*

c. **Grupul piston-cilindru** al motoarelor lucrează în regim de frecare limită variabil, caracterizat printr-o viteză de alunecare de circa 10 m/s, iar temperatura din canalele segmentilor ajungând la 230°C. Uzura segmentilor generează creșterea consumului de ulei, astfel că jocul limită, se recomandă a se stabili pe baza acestui criteriu (fig. 2.21). Valorile limită ale fantei primului segment și ale uzurii cilindrilor sunt date în tabelul 2.2.

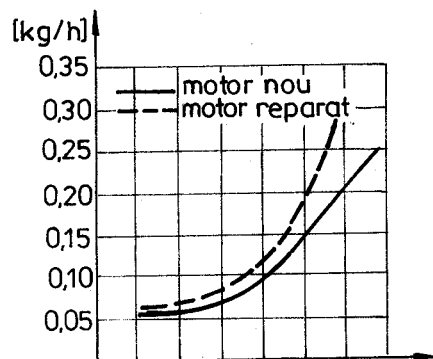


Fig. 2.21. *Variația consumului de ulei în timpul funcționării*

Tabelul 2.2. *Valorile limită ale fantei primului segment și ale uzurii cilindrilor*

	Starea de uzură a motorului	
	nou	reparat
Fanta segmentului, mm	0,6-0,7	0,7-0,8
Uzura cilindrului, mm	0,11	0,14

d. **Pinioanele** au capacitatea de exploatare influențată de uzura pitting și abrazivă. Uzura crește intens în momentul în care 30-40% din suprafața dintelui este ocupată de ciupituri (fig. 2.22), sau după distrugerea stratului de cimentare cu o grosime de 0,2-0,25 mm. Valorile uzurilor admisibile sunt date în tabelul 2.3.

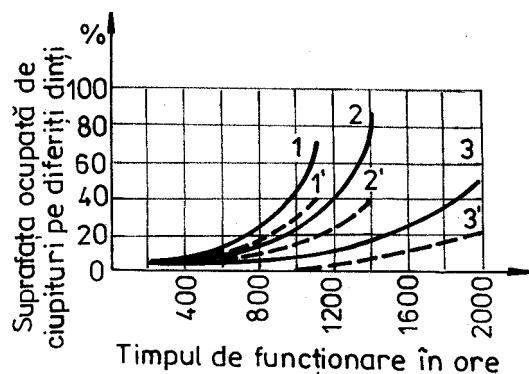


Fig. 2.22. *Variația suprafețelor cu ciupituri la roțile unei cutii de viteze roți motrice, roți antrenate: 1- viteza II; 2-viteza IV, 3-viteza III*

Tabelul 2.3. *Uzurile admisibile ale roților dinților*

Viteza periferică, în m/m in	<3	>3
Uzura, în % din grosimea dintelui	5-10	10-25

Stabilirea limitelor de uzură admise la schimbarea formei geometrice a lagărului și fusului. Prin uzură piesele își schimbă nu numai dimensiunile ci și forma geometrică, înrăutățind funcționarea mecanismelor. Valoarea maximă a ovalității se calculează teoretic pe baza principiilor teoriei hidrodinamice a ungerii.

1. La îmbinările fus-lagăr în mișcare de rotație se pot ivi două cazuri:

a. **Cazul când se rotește fusul.** În perioada tranzitorie, până la atingerea turației normale, are loc o uzură uniformă a fusului, iar a lagărului doar pe sector corespunzător unghiului la centru α_1 (fig. 2.23). Repetarea pornirilor produce reducerea valorii unghiului de uzură. În final, se ajunge la situația când fusul a săpat în lagăr un profil cilindric cu raza de curbură egală cu cea a fusului uzat (fig. 2.24), împiedicând formarea penei de lubrifianț. Unghiul la centru corespunzător uzurii de ovalizare maxime, are valori cuprinse între 10° și 120° .

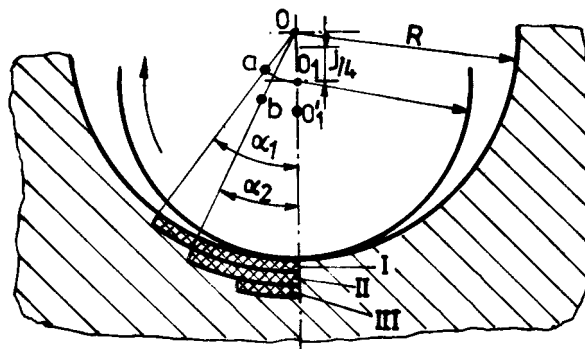


Fig. 2.23. *Evoluția ovalizării lagărului*

Considerând limita minimă a acestuia, distanța între cele două centre ale pieselor uzate se poate scrie:

$$OO_1 = \frac{J}{2} + x = y \quad (2.62)$$

în care: x este uzura fusului;

y – uzura de ovalizare a lagărului.

Din relația (2.62) se scoate valoarea lui y :

$$z = OA - OA_1 - \left(\frac{J}{2} + x \right) = R \cdot \cos \alpha - r_x \cdot \cos 45^\circ \cdot \left(\frac{J}{2} + x \right) \quad (2.63)$$

Din asemănarea triunghiurilor OAB și O_1AB se obține:

$$AB = R \cdot \sin \alpha = r_x \sin 45^\circ$$

$$\sin \alpha = \frac{r_x}{R\sqrt{2}} \quad \cos \alpha = \frac{1}{R\sqrt{2}} \sqrt{2 \cdot R^2 - r_x^2}$$

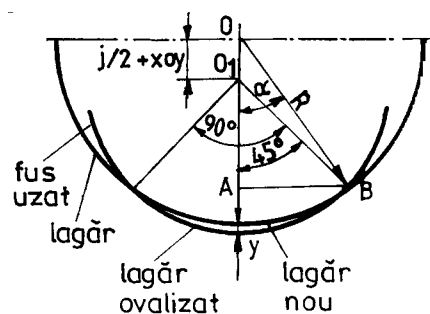


Fig. 2.24. *Limita de ovalizare a lagărului*

$$R \cdot \cos \alpha = 0,7 \sqrt{2 \cdot R^2 - r_x^2} = 0,7 \sqrt{2 \cdot R^2 - \left(R - \frac{J_x}{2} \right)^2}$$

Neglijând valoarea lui J_x^2 și dezvoltând în serie radicalul rezultă relația:

$$R \cdot \cos \alpha = 0,7 \left(R + \frac{J_x}{2} \right) \quad (2.64)$$

în care: $J_x = J + 2x = 2(R - r_x)$ – jocul după uzură;
 $r_x = r - x$ – raza fusului uzat.

Termenul al doilea din relația (2.63) se poate scrie:

$$r_x \cdot 45^\circ = 0,7 \cdot r_x = 0,7 \left(R - \frac{J_x}{2} \right) \quad (2.65)$$

iar ultimul termen:

$$\frac{J}{2} + x = \frac{J_x}{2} = 0,5 J_x \quad (2.66)$$

Dacă se notează raportul uzurilor cu $\varepsilon = x/y$ și se înlocuiesc valorile obținute pentru termenii din relația (2.63) se determină valoarea maximă a uzurii de ovalizare:

$$y = \frac{0,5 \cdot J}{2,5 - \varepsilon} \quad (2.67)$$

b. **Cazul când se rotește lagărul.** Dacă se consideră rotația lagărului de bielă, al unui motor, se obține o ovalitate a fusului maneton, cu valoarea maximă în partea suprafeței sale care privește spre axa arborelui motor (fig. 2.25) și care se calculează cu o relație de forma relației (2.67), în care se consideră însă x – uzura lagărului și y uzura de ovalizare a fusului.

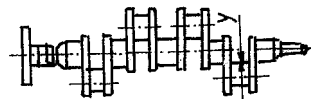


Fig. 2.25. *Apăsarea pe fusului*

2. **La îmbinările fus-lagăr cu mișcare pendulară**, se produce o uzură de ovalizare a ambelor piese, sub acțiunea sarcinilor alternative care soliciță îmbinarea.

Suma uzurilor celor două piese trebuie să fie inferioară diferenței jocurilor, maxim și inițial, ale îmbinărilor:

$$x + y = J_{max} - J_{inițial} \quad (2.68)$$

în care: x este uzura bolțului;

y – uzura bucșei bielei.

Dacă se notează raportul uzurilor de ovalizare cu $\varepsilon' = x/y$, valorile acestora se calculează cu relațiile:

$$x = \frac{J_{\max} - J_{\text{inițial}}}{1 + \varepsilon'} \quad (2.69)$$

$$y = \frac{J_{\max} - J_{\text{inițial}}}{1 + \varepsilon'} \quad (2.70)$$

Pe baza relațiilor de calcul obținute, se pot trage următoarele concluzii:

- anulând pe x în relația (2.61) rezultă $y = 0,2 \cdot J$, adică ovalitatea admisă la piesa nouă, fixă, va fi mai mică decât a cincea parte din jocul inițial. În caz contrar, se mărește jocul inițial de asamblare;

- valoarea uzurii de ovalizare fiind pozitivă sau zero, este necesar ca $\varepsilon < 2,5$;

- indiferent de valoarea lui ε' , ovalitatea fusului va satisface relația :

$$x = J_{\max} - J_{\text{inițial}} \quad (2.71)$$

- în cazuri obișnuite, fusul maneton este mult mai rezistent la uzură decât lagărul, astfel decizia asupra reparării nu va fi dată de relația (2.67), ci de atingerea valorii jocului maxim conform relației (2.60).

2.2.4. Studiul uzurii prin metode statistico-matematice. Distribuția dimensiunilor pieselor și influența uzurii asupra acestora

După frecvența apariției, a variației mărimii și sensului lor de acționare, erorile dimensionale, de formă și poziție reciprocă a suprafețelor pieselor mașinilor, se pot împărți în trei categorii și anume:

a. **erori sistematice constante**, caracterizate prin frecvență regulată, mărime și sens de acționare constant. Sunt cauzate de inexactitatea de execuție și de gradul de uzură al sistemului tehnologic de prelucrare, precum și de condițiile în care se execută operația respectivă;

b. **erori sistematice cu variații după o anumită lege**, pot acționa continuu sau periodic, iar mărimile acestor erori sunt variabile și de sensuri schimbătoare.

În general, erorile dimensionale de fabricație sunt distribuite după legea distribuției normale a lui Gauss-Laplace. Distribuția se caracterizează printr-un număr mare de factori accidentali, ce acționează asupra dispersiei dimensionale, independenți între ei și fără ca alții să aibă influență determinată. Expresia matematică a legii de distribuție normală este:

$$y = f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{[x_i - M(x_i)]^2}{2\sigma^2}} \quad (2.72)$$

în care: y este frecvența de apariție a caracteristicii x ;

$M(x_i)$ - centrul de grupare al abaterilor;

σ - abaterea medie pătratică a caracteristicii x .

Centrul de grupare al abaterilor se poate determina prin:

1. *media aritmetică*, conform relației (2.73):

$$M(x_i) = \frac{\sum_1^n x_i \cdot m_i}{n} = \sum_2^n p(x_i) \cdot x_i \quad (2.73)$$

în care: m_i sunt frecvențele absolute de apariție ale caracteristicilor x_i ;

$p(x_i)$ - frecvențele relative;

n - numărul total al pieselor a căror caracteristică se măsoară.

2. *mediانا* este caracteristica care ocupă poziția centrală în șirul valorilor așezate în ordinea mărimii lor și are valorile:

- $M(x_i) = x_{k-1}$ pentru un șir impar de forma $(2k-1)$;

$M(x_i) = (x_k + x_{k+2})/2$ pentru un șir par de forma $(2k)$.

3. *modulul* este valoarea caracteristicii cu frecvența ce mai mare.

4. *abaterea medie pătratică* reprezintă măsura de apreciere a împrăștierii în raport cu centrul de grupare al abaterilor și se determină cu relația:

$$\sigma = \sqrt{\sum_i^n [x_i - M(x_i)]^2 p(x_i)} \quad (2.74)$$

Funcție de distribuția $F(x)$ a distribuției normale, are suprafața cuprinsă între curba de distribuție normală și axa absciselor și este egală cu unitatea:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{[x_1 - M(x)]^2}{2\sigma^2}} \cdot dx = 1 \quad (2.75)$$

Dacă se face o translație a originii de coordonate în punctul $x = M(x)$ (fig. 2.26 și fig. 2.27) și se trece la o variabilă întâmplătoare y (rel. 2.76), atunci funcția de distribuție normală se transformă în funcție de distribuție normală normată $F(z)$ (rel.2.77):

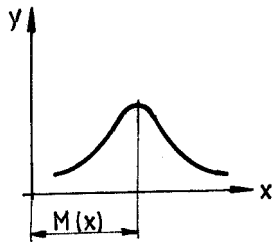


Fig. 2.26. *Distribuția normală când centrul de greutate are o valoare definită*

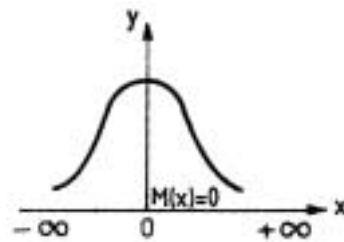


Fig. 2.27. *Distribuția normală când $M(x) = 0$*

$$z = \frac{x - M(x)}{\sigma} \quad (2.76)$$

$$F(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{z^2}{2}} dz = 0,5 \quad (2.77)$$

Funcția de distribuție reprezintă probabilitatea ca valorile unei caracteristici, pentru care s-a întocmit curba de dispersie să fie mai mici sau egale cu o valoare dată. Probabilitatea P ca o piesă din lotul analizat, să aibă dimensiunea $d < x$ (fig. 2.28) este reprezentată de porțiunea hașurată și se determină cu relația:

$$P = F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx \quad (2.78)$$

Pentru determinarea probabilității ca dimensiunea $-x < d < +x$ (fig. 2.29), se folosește relația:

$$P = F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+x} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx \quad (2.79)$$

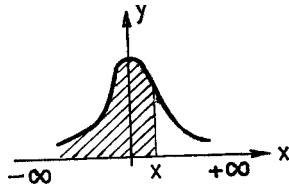


Fig.2.28. **Probabilitatea ca dimensiunea $d < x$**

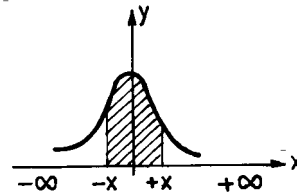


Fig. 2.29. **Probabilitatea ca dimensiunea $-x < d < +x$**

În practică, majoritatea pieselor de mașini sunt scoase din uz, după o anumită perioadă de funcționare și se măsoară uzura acestora. Condițiile teoretice de funcționare determină o distribuție a uzurilor după legea lui Gauss, în timp ce condițiile reale duc la devieri de la distribuția normală. Asimetria curbelor de distribuție este caracterizată de coeficientul α , dat de relația:

$$\alpha = \frac{M(x) - T_o}{\sigma} \quad (2.80)$$

în care T_o este modulul distribuției șirului de dimensiuni.

Funcție de valoarea coeficientului de asimetrie se deosebesc două cazuri:

- α pozitiv, cu $T_o < M(x)$, caracteristic uzurii lente (fig. 2.30);
- α negativ, cu $T_o > M(x)$, caracteristic uzurii accelerate (fig. 2.31).

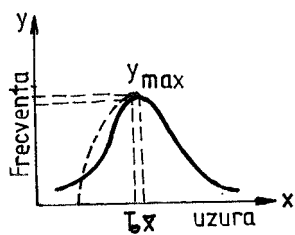


Fig. 2.30 **Uzura lentă**

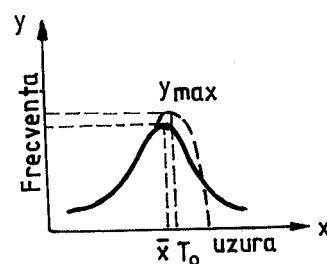


Fig. 2.31. **Uzura accelerată**

În relația (2.80), centrul de grupare al abaterilor se ia sub forma mediei aritmetice a caracteristicii.

2.2.5. Aprecierea uzării utilajelor și determinarea duratei lor optime de funcționare

În timpul exploatării, mașinile sunt supuse uzurii, ce poate fi fizică sau morală.

Uzura fizică reprezintă uzura mecanică a pieselor componente ale mașinii, făcând ca aceasta să nu-și mai mențină capacitatea de utilizare cu randamentul și siguranța în funcționare stabilite inițial. Gradul de uzură fizică se determină cu relația:

$$u_f = \frac{u_r}{u_{\max}} = \frac{t_r}{t_{\max}} \quad (2.81)$$

în care: u_r este uzura reală măsurată a piesei;

u_{\max} – uzura maximă admisibilă;

t_r, t_{\max} – durata reală și maximă de serviciu a piesei.

Deoarece uzarea organelor de mașini se face diferit, gradul de uzură fizică se poate stabili mai precis, recurgându-se la indicatori economici:

$$u_f = \frac{R_o}{V_o} = \frac{R_1}{V_o(1-R')} = \frac{R_1}{V_o(1-\alpha_R \cdot t)} \quad (2.82)$$

în care: R_o și R_1 sunt valorile reparațiilor în momentul determinării uzurii fără, respectiv ținând seama de progresul tehnic din ramura reparațiilor;

R – reducerea medie anuală a prețului de cost în ramura de reparații = $c_R \cdot t$;

V_o – valoarea inițială a mașinii;

t - timpul de exploatare a mașinii.

Gradul de uzură face posibilă aprecierea stării tehnice a organelor de mașini, pe când intensitatea uzurii apreciază durata de serviciu a acestora.

Uzura morală este un parametru economic pentru aprecierea duratei de folosință a unei mașini, funcție de progresul tehnic în domeniul respectiv. Ea poate fi de două feluri:

a. **uzură morală de genul I** și reprezintă deprecierea mașinii în funcțiune, în cazul în care mașinile de aceeași construcție încep să fie reproduse mai ieftin. Ea se poate calcula cu relația:

$$u_{ml} = \frac{V_o - V_1}{V_o} = F' = \alpha_F \cdot t \quad (2.83)$$

în care: V_t este valoarea de reproducere a utilajului în momentul analizat, calculată cu relația (2.48);

F – reducerea medie anuală a prețului de cost al fabricației.

$$V_1 = V_o(1 - F) = V_o(1 - \alpha_F \cdot t) \quad (2.84)$$

b. **uzură morală de genul II** și reprezintă deprecierea mașinii în urma apariției unor tipuri mai perfecționate. Ea se manifestă prin creșterea productivității noilor mașini și micșorarea cheltuielilor specifice pentru exploatarea acestora. Expresia de calcul este:

$$u_{mII} = 1 - \frac{V_1}{V_o} \cdot \frac{q_o}{q_1} \cdot \frac{C_1}{C_o} - \frac{R_o - R_1}{V_o} \quad (2.85)$$

în care: q_o, q_1 reprezintă productivitatea mașinilor de același fel, de tip vechi și nou;

C_o, C_1 – idem pentru cheltuielile de întreținere în exploatare pe unitatea de producție;

R_o, R_1 – idem pentru valoarea reparațiilor, ca urmare a progresului tehnic în domeniu.

Uzura totală a utilajelor se determină cu o relație de forma:

$$u_t = 1 - (1 - u_f)(1 - u_m) = 1 + \frac{R_1}{V_o} - \frac{V_1}{V_o} \cdot \frac{q_o}{q_1} \cdot \frac{C_1}{C_o} \quad (2.86)$$

Uzura totală are loc înaintea uzurii fizice, când este satisfăcută relația:

$$R_1 = V_1 \cdot \frac{q_o}{q_1} \cdot \frac{C_1}{C_o} \quad (2.87)$$

Rezultă deci, că durata tehnico-economică de serviciu trebuie analizată în primul rând din punct de vedere tehnic.

În general, repararea mașinilor se reduce la înlocuirea pieselor uzate cu piese noi sau recondiționate. Soluția este economică dacă prin aplicarea ei se reface capacitatea de lucru a mașinii.

Durata de funcționare economică se determină ca fiind minimumul curbei ce reprezintă suma amortizărilor și cheltuielilor pentru reparații (fig. 2.32). Prețul de cost al produsului rezultat depinde de următoarele cheltuieli:

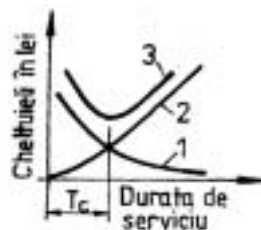


Fig. 2.32. *Variația cheltuielilor în timp*

- amortizarea mașinilor, care scade cu creșterea timpului de serviciu;
- reparațiile capitale, cu valori crescătoare odată cu prelungirea duratei de funcționare, dintre acestea, cheltuielile pentru demontare-montare rămân constante, fiind variabile numai cheltuielile pentru piesele de schimb;
- reviziile tehnice și reparațiile curente, fiind formate din operații periodice și obligatorii, au valori constante în timp;
- energia, combustibilii și lubrifianții nu variază valoric, în condițiile păstrării consumului în limite admisibile;
- salariile muncitorilor, care de asemenea nu sunt influențate de durata de funcționare.

Se constată că din totalul cheltuielilor prezentate mai sus, cheltuielile pentru piese de schimb cresc proporțional cu durata de serviciu a utilajului. Reparațiile capitale, având un anumit ciclu, este normal, ca la fiecare reparație următoare să se înlocuiască suplimentar încă un grup de piese cu durabilitate dublă față de cele înlocuite la reparația anterioară. pe baza acestor considerente, cheltuielile cu piesele de schimb, folosite în cursul întregii durate de serviciu a mașinii se pot exprima cu relația:

$$C_p = K + 2K + \dots + nK = \frac{K}{2}n(n+1) \quad (2.88)$$

în care. K este costul mediu al fiecărui grup nou de piese înlocuite la reparația respectivă;
n – numărul curent al reparației.

Dacă se consideră n , ca valoarea raportului dintre durata totală și durata de serviciu între două operații consecutive, $n = t/t_r$, atunci:

$$C_p = \frac{K \cdot t}{2t_r} \left(\frac{t}{t_r} + 1 \right) \quad (2.89)$$

Totalul cheltuielilor specifice variabile, funcție de durata de funcționare a mașinii, este dat de relația:

$$C_s = \frac{C_t}{t} + \frac{C_p}{t} = \frac{C_t}{t} + \frac{K}{2t_r} \left(\frac{t}{t_r} + 1 \right) \quad (2.90)$$

în care: C_t este costul mașinii, exclusiv valoarea de casare.

Durata optimă de serviciu este durata care asigură cheltuielile specifice minime în unitate de timp. Se obține prin anularea derivatei relației:

$$\frac{dC_s}{dt} = -\frac{C_t}{t^2} + \frac{K}{2t_r^2} = 0$$

$$t_{opt} = t_r \sqrt{\frac{2C_t}{K}} \quad (2.91)$$

2.3. Criterii de durabilitate pentru diferite organe de mașini

Durabilitatea motoarelor cu ardere internă este în funcție de solicitările complexe la care sunt supuse piesele componente ale acestora. Valorile uzurilor maxime sunt diferite la același tip de piese, dacă motoarele se deosebesc, sau sunt exploatate diferit, astfel că duratele de funcționare nu vor coincide. Folosind criteriul uzurii relative uzura radială limită se poate scrie sub forma:

$$u_{max} = u_r \cdot D \quad (2.92)$$

în care: u_r este uzura relativă;
 D - diametrul piesei supuse uzurii.

2.3.1. Durabilitatea cilindrilor

Timpul de funcționare al acestora este determinat de uzura la partea superioară, dată cu relația:

$$u_c = \varepsilon_c \cdot n \cdot t_c \quad (2.93)$$

în care: ε_c este ritmul uzurii la o mie de curse duble;
 n – turația motorului;
 t_c – timpul de funcționare al cilindrului.

Dacă se ține seama de relația (2.92) și de formula vitezei medii a pistonului v_m , se obține:

$$\varepsilon_c \cdot n \cdot t_c = u_r \cdot D \quad \text{și} \quad v_m = n \cdot \varepsilon$$

$$t_c = \frac{u_r}{\varepsilon_c} \cdot \frac{D}{n} = \frac{u_r}{\varepsilon_c} \cdot \frac{\frac{s}{v_m}}{n} \cdot D^2 \quad (2.94)$$

în care s este cursa pistonului.

Cu ajutorul acestei relații se poate determina raportul durabilității a doi cilindri de la două motoare asemănătoare. Se constată că acest raport este direct proporțional cu raportul pătratelor diametrelor cilindrilor:

$$\frac{t_c'}{t_c''} = \left(\frac{D'}{D''} \right)^2 \quad (2.95)$$

2.3.2. Durabilitatea segmentilor

Segmentii de piston, datorită condițiilor în care lucrează se uzează radial și în înălțime. Ținând cont de drumul frecării: $L = v_m \cdot t$, uzura radială medie maximă este dată de relația:

$$u_{\text{rad}} = \varepsilon_s \cdot v_m \cdot t_{\text{sr}} = u_r \cdot D \quad (2.96)$$

în care: t_s este ritmul uzurii radiale a segmentului la o mie de curse duble;
 t_{sr} – durata de serviciu a segmentului pentru uzura radială:

$$t_{sr} = \frac{u_r}{\varepsilon_s} \cdot \frac{D}{v_m} \quad (2.97)$$

Criteriul de durabilitate poate fi, în aceste condiții, factorul de comparație a doi segmenti:

$$\frac{t'_{sr}}{t''_{sr}} = \frac{D'}{D''} \cdot \frac{v''_m}{v'_m} \quad (2.98)$$

Segmentii au însă pe lângă uzura radială și o uzură în înălțime. La fiecare cursă a pistonului, datorită elasticității și presiunii laterale, segmentii se vor deplasa transversal în canal, alternativ, pe o distanță egală cu uzura maximă a cilindrului (fig. 2.33). Adică drumul de frecare este egal cu uzura radială a cilindrului:

$$dL = u_c \cdot n \cdot dt \quad (2.99)$$

Dacă se ține seama de această relație, uzura de înălțime a segmentului se poate scrie:

$$U_i = \varepsilon_i \cdot u_c \cdot n \cdot t_s = \varepsilon_i \cdot \varepsilon_c \cdot n^2 \cdot t_{si}^2 = u_{si} \cdot D \quad (2.100)$$

Din această relație rezultă durabilitatea în înălțime a segmentilor:

$$t_{sr} = \frac{1}{n} \cdot \sqrt{\frac{u_i}{\varepsilon_i \cdot \varepsilon_c} \cdot D} \quad (2.101)$$

Comparând durabilitățile de acest tip, la doi segmenti asemănători, se constată:

$$\frac{t'_{si}}{t''_{si}} = \frac{v''_m}{v'_m} \cdot \left(\frac{D'}{D''}\right)^{\frac{3}{2}} = \frac{n''}{n'} \cdot \sqrt{\frac{D'}{D''}} \quad (2.102)$$

Comparând relațiile (2.99) și (2.101), se observă că uzura radială variază după o lege liniară, iar uzura în înălțime după o lege parabolică (fig. 2.34).

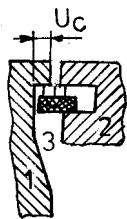


Fig. 2.33. *Schema deplasării radiale a segmentului în cilindrul uzat*

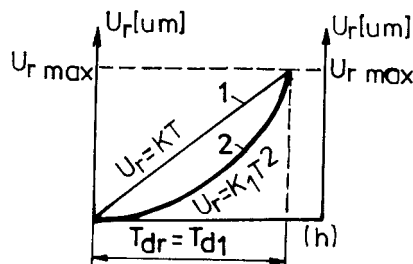


Fig. 2.34. *Curbele de uzură ale segmentelor*

2.3.3. Durabilitățile arborilor cotiți

Fusurile arborilor cotiți sunt foarte solicitate de forțele de inerție, proporționale cu masa mecanismului bielă-manivelă și pătratul vitezei unghiulare. Considerând dimensiunile mecanismului proporționale cu diametrul cilindrului, forțele de inerție se pot exprima prin relația:

$$F_i = K_i \cdot n^2 \cdot s \cdot D^3 \quad (2.103)$$

Presiunea pe lagăr, creată de aceste forțe, este invers proporțională cu suprafața lagărului ($d \cdot l = K \cdot D^2$) și este dată de relația:

$$P_1 = K \cdot \frac{n^2 \cdot s \cdot D^3}{D^2} = K \cdot n^2 \cdot s \cdot D = K \cdot \frac{v_m^2}{s \cdot D} \quad (2.104)$$

Drumul de frecare pe fusurile arborelui cotit este dat de relația:

$$L_f = \pi \cdot d \cdot n \cdot t_f = K'' \cdot n \cdot D \cdot t_f \quad (2.105)$$

în care: d este diametrul fusului, proporțional cu diametrul cilindrului D ;

l – lungimea fusului.

Ținând seama de legea generală a uzurii, uzura fusului va fi:

$$u_f = \varepsilon_f \cdot P_1 \cdot L_f = \varepsilon_f \cdot \frac{v_m^2}{s \cdot D} \cdot n \cdot D \cdot t_f = u_{vf} \cdot D \quad (2.106)$$

Durabilitatea fusurilor, rezultă din relația de mai sus și anume:

$$t_f = \frac{u_{jf}}{\varepsilon_f} \cdot \left(\frac{s}{D}\right)^2 \cdot v_m^3 \cdot D \quad (2.107)$$

Relația de comparație între durabilitățile fusurilor arborilor cotiți de la motoare asemenea este:

$$\frac{t'_f}{t''_f} = \frac{D'}{D''} \quad (2.108)$$

2.3.4. Durabilitatea rulmenților

Rulmentul, ca organ de mașină, este scos din funcțiune datorită uzurilor prin frecare, lipsei lubrifianțului, prezenței impurităților abrazive, corodării și obosirii căilor de rulare.

Între sarcina echivalentă aplicată rulmentului, capacitatea sa de încărcare și durabilitate s-a stabilit următoarea relație:

$$Q^k \cdot T = C_i^k = const. \quad (2.109)$$

în care: Q este sarcina echivalentă;

T – durabilitatea rulmentului;

C_i – capacitatea de încărcare.

Din relația (2.109) rezultă că durabilitatea se calculează astfel:

$$T = \left(\frac{C_i}{Q}\right)^k \quad (2.110)$$

Pentru compararea durabilității a doi rulmenți, ce lucrează în condiții similare, se folosește raportul:

$$\frac{T'}{T''} = \left(\frac{C'_i}{C''_i}\right) \quad (2.111)$$

Capitolul 3

DEMONTAREA MAȘINILOR. CONTROLUL ȘI SORTAREA PIESELOR, DISPOZITIVE FOLOSITE

3.1. Demontarea utilajelor

În această etapă, anterioară recondiționării pieselor, se execută operații de pregătire a utilajului în vederea demontării, care constau în prespălarea exterioară și interioară, demontarea utilajului pe subansamble, demontarea subansamblului în piese componente, curățirea și spălarea pieselor. Cum aceste operații se execută după anumite reguli, folosindu-se instalații și dispozitive speciale, ne vom referi în cele ce urmează la aceste aspecte.

Lucrările de reparații se împart în două grupe mari, și anume: lucrări pregătitoare și lucrări propriu-zis de reparație. În cazul reparațiilor capitale, unde sunt incluse toate lucrările, se întâlnesc următoarele operații:

1. lucrări pregătitoare întocmirii documentelor de introducere în reparație;
2. demontarea utilajului în ansambluri, subansambluri și piese;
3. curățirea și spălarea mașinii;
4. revizia și sortarea pieselor;
5. recondiționarea pieselor deteriorate sau fabricarea altora noi;
6. asamblarea părților componente și a mașinilor în ansamblu;
7. controlul și încercarea mașinii.

La rândul său lucrările pregătitoare includ următoarele măsuri organizatorice și tehnice:

- elaborarea documentației tehnice, inclusiv fișa defectării, desenele, comanda pieselor de rezervă pe baza datelor ultimei revizii tehnice a utilajului;

- elaborarea proiectului de organizare a lucrărilor. În proiect se includ metode de reparație, alegerea mijloacelor de mecanizare a procesului de reparație, necesarul de unelte, scule și mecanisme de ridicat, locul instalării lor, necesarul de forță de muncă, tehnologia asamblării și condițiile de încercare a utilajului. În proiect se anexează fișele tehnologice de reparație a subansamblurilor și pieselor, graficul reparației;

- pregătirea și transportul la locul reparării a subansamblurilor și pieselor de schimb, uneltelor și dispozitivelor auxiliare;
- amplasarea surselor de aer comprimat, de curent electric, instalarea stelajelor, meselor de tâmplărie;
- instructajul personalului privind organizarea, tehnologia reparării și tehnica securității muncii.

3.1.1. Pregătirea utilajului pentru demontare. Înainte de operația de demontare, mașinile și utilajele sunt supuse operației de prespălare exterioară și interioară.

Prespălarea exterioară a mașinilor se face pe platforme, cu apă sub presiune (se recomandă ca presiunea să fie de 5-10 MPa), în vederea eliminării depunerilor de murdărie provenite din timpul exploatarei.

Prespălarea interioară se face carterelor cutiilor de viteze și diferențialelor. În acest scop se scoate uleiul din cutia de viteze precum și valvolina din diferențial și se introduce o cantitate corespunzătoare de petrol sau motorină. Pentru o spălare eficientă a utilajelor mobile acestea se așează pe un stand cu role pentru acționarea transmisiei (fig. 3.1).

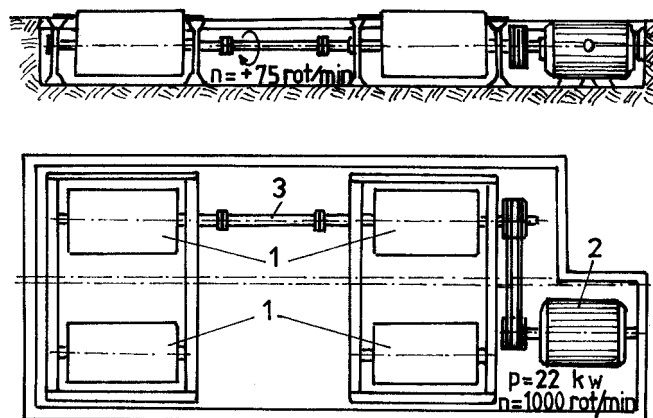


Fig. 3.1. **Stand pentru prespălarea interioară a carterelor:** 1-rolle motoare; 2-electromotor; 3-arbore de transmisie

Mișcarea primită de roțile motoare ale utilajului este transmisă la cutia de viteze prin diferențial iar de aici, prin cuplarea cu motorul, la mecanismul bielă-manivelă, care antrenează în sistemul de ungere petrolul sau motorina introdusă în baia de ulei. Se recomandă ca prespălarea interioară să dureze 10...15 minute, după care se scurge petrolul sau motorina în bazine speciale pentru a putea fi refolosite.

Este indicat la uzinele de reparat, ca prespălarea exterioară și interioară să se facă într-un compartiment special amenajat prevăzut cu o stație specială de spălat (fig. 3.2).

Spălarea cu ajutorul acestor stații se face pe o platformă cu apă caldă la presiunea de 8-10 MPa, încălzirea apei făcându-se într-un boiler cu ajutorul unei serpentine de abur de la rețeaua de încălzire centrală. Operația de spălare exterioară durează circa 60 minute, urmată de prespălarea interioară în condițiile prezentate.

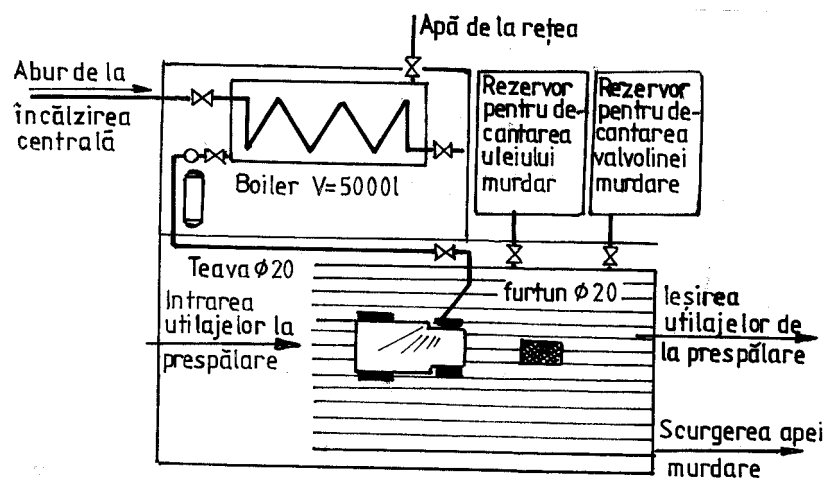


Fig. 3.2. Stație de prespălare. Schemă

3.1.2. Demontarea mașinilor în subsamblă și piese componente

Operația de demontare a mașinilor, specifică procesului tehnologic de reparație, se face în condiții de disciplină tehnologică, respectându-se riguros tehnologia de demontare (ordinea inversă a tehnologiei de montare), păstrându-se curățenia și ordinea perfectă a locului de muncă, folosindu-se numai sculele și dispozitivele indicate în tehnologie.

De procesul tehnologic de demontare depinde funcționarea corectă a mașinii, constatându-se că, în procesul tehnologic de reparație, datorită unei demontări necorespunzătoare provin circa 10% din numărul total de piese care se înlocuiesc.

Demontarea se face individual în întreprinderile proprii și în flux în cadrul uzinelor de reparații. Subsamblă și piesele care se demontează se așează pe mese sau suporturi speciali (mai ales cele grele) astfel încât să fie

ușor transportate cu un mijloc oarecare (cărucioare manuale, electrocare, poduri rulante).

Demontarea subansamblelor în piese se face pe mese și bancuri speciale de lucru, folosindu-se dispozitive corespunzătoare. Piesele montate cu strângere, prin presare, se demontează folosindu-se prese hidraulice, prese mecanice cu acționare manuală, extractoare.

În vederea stabilirii tipului de dispozitiv ce trebuie folosit, se determină forța necesară cu aceleași relații ca și în cazul presării, introducându-se eventual coeficienți de corecție care să țină seama de faptul că anumite îmbinări pot fi ruginite și natural, efortul de demontare va fi, cu siguranță, mai mare.

De cele mai multe ori se folosesc prese extractoare care pot fi simple și universale (fig. 3.3).

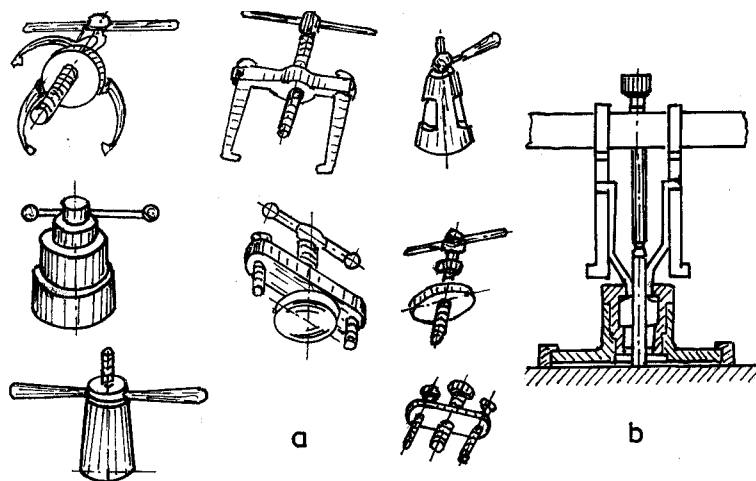


Fig. 3.3. *Prese exterioare și universale*: a-prese exterioare;
b-presă extractoare universală

Presele universale diferă doar prin posibilitatea de deplasare și prelungire a brațelor de prindere.

Mecanizarea procesului de reparație mărește productivitatea muncii, micșorează durata termenului de reparare și montare a utilajului. În funcție de condițiile executării lucrărilor de reparații și asamblare, de dimensiunile de gabarit și masa mașinilor, subansamblurilor și pieselor, lucrările de

ridicare, transport, montare și demontare sunt mecanizate folosind pârgii plane, trolii, diferite macarale.

Alegerea mijloacelor de ridicat și transportat joacă un rol considerabil în etapa pregătirii lucrărilor de montare și reparare. Se recomandă folosirea mijloacelor de transport și ridicat, destinate executării procesului tehnologic de reparare și instalare în secție. La montarea și repararea utilajului și subansamblurilor se utilizează diverse tipuri de scule și dispozitive. Numărul mare de tipodimensiuni de prese de extracție este determinat de numărul mare de operații specifice. principiul de funcționare al extractorului cu clește, cu vârf de sprijin și traversă este prezentat în fig. 3.4 (a, b).

Dacă pentru demontarea piesei sunt necesare forțe mai mari se folosește extractorul hidraulic (fig. 3.5), în care vârful de sprijin este înlocuit cu pistonul (plunjerul) 2. Deplasarea plunjerului în cilindru se efectuează cu ajutorul uleiului pompat de o pompă manuală 3 din rezervorul 5.

Organizarea corectă a lucrărilor de reparare și aprovizionare bună cu uneltele și mecanismele necesare, permite desfășurarea optimă a lucrărilor de reparație cu reducerea perioadei de reparare a utilajului.

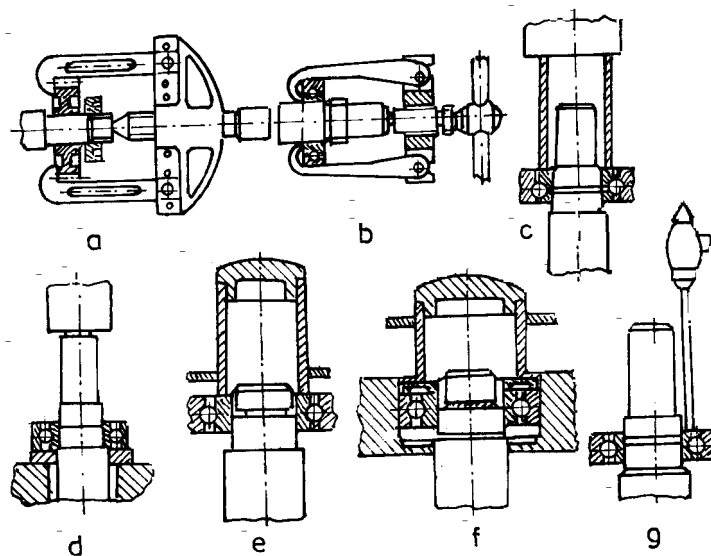


Fig. 3.4. **Demontarea și montarea rulmenților:** a,b – demontarea cu ajutorul extractorului; c- montarea cu ajutorul presei; d – demontarea cu ajutorul presei; e – montarea cu ajutorul unei țevi speciale; f – montarea cu ajutorul unei țevi cu bucsă, care transmite forța la ambele brațe ale inelului; g – montarea sau demontarea prin șoc

Înainte de demontare mașina este reîncărcată în sarcină și în gol. Starea tehnică a mașinii se apreciază ținând cont de sunetele și de șocurile exagerate, vibrațiile și temperaturile majorate ale pieselor conjugate ale mașinii. Se ia în considerație de asemenea și modificarea valorii parametrilor mașinii de la valoarea nominală (productivitate, calitatea produsului, consumul de energie etc.), și opinia personalului de exploatare a utilajului. În sfârșit, mașina se curăță de resturile de produs rămase, se elimină uleiul și agenții de răcire sau încălzire. Dacă mașina se repară fără demontarea ei de pe fundație, procesul de reparare se începe cu deconectarea ei de la rețeaua electrică, decuplarea conductelor de vapori, produs etc., demontarea grilajelor (panourilor) de protecție, curelelor și lanțurilor de transmisie, dispozitivelor electrice și apoi se pot demonta alte subansambluri. În practică mașina se împarte în agregate, ansambluri (subansambluri) și piese. În caz de reparare a mașinilor complexe, se elaborează fișe tehnologice de demontare în ansambluri și piese separate, în care se arată succesiunea operațiilor. Aceste fișe, pot fi completate cu schițe și scheme necesare.

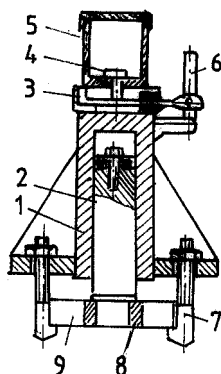


Fig. 3.5. *Extractor hidraulic*: 1-cilindru; 2-piston; 3-pompă cu plunjer (plunjer); 4-dop perforat; 5-rezervor cu ulei; 6-mâner; 7-clește; 8-bucșă; 9-piesă

Ansamblurile demontate sunt instalate pe mese speciale pentru demontarea lor ulterioară. În caz de reparare individuală, piesele în procesul demontării se marchează, ceea ce simplifică lucrările de montare.

În scopul ușurării demontării ansamblurilor filetate se recomandă următoarele metode:

1. filetul se umezește cu gaz lampant în timp de 20 – 30 min;
2. se încălzesc piulițele cu flacără oxiacetilenică;
3. în corpul bulonului sau a prezonului cu ajutorul sudurii electrice se formează o gaură de formă pătrată la o adâncime de 15—20 mm și se folosește un dorn pătrat;
4. la capătul prezonului se sudează o bară (tijă) cu secțiune transversală profilată;
5. în corpul prezonului se execută o gaură în care se prelucrează filet în sens invers față de cel al îmbinării filetate, în care se înșurubează un bulon cu capătul de secțiune pătrată;
6. corpul prezonului se găurește în trepte cu diametru crescând și așchiile se elimină, în final se folosește un dorn cu cap pătrat.

Pentru demontarea ansamblurilor cu pană se dezbate cu ajutorul ciocanului de bronz sau teflon, sau piesa se încălzește și se demontează, folosind extractorul. Piese filetate cu ajustaj presat la rece, se demontează cu ajutorul preselor și extractorului, iar cele cu ajustaj presat la cald, prin încălzirea pieselor exterioare.

Scoaterea pieselor din găuri înfundate se realizează după cum e arătat în fig. 3.6, prin strunjire sau găurire. În acest scop se toarnă ulei iar la capătul tije 1 se aplică un impact, caz în care, la capătul bușei 2 se formează un șoc hidraulic, deplasând bușea 2 în exterior. Pentru demontarea rulmenților se utilizează metodele arătate în fig. 3.4 c, f, g.

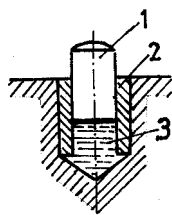


Fig. 3.6. *Extragerea bușei dintr-o gaură înfundată:*

1-tijă; 2-bușă; 3-ulei

3.1.3. Curățirea și spălarea pieselor. Pentru efectuarea controlului și sortării, după demontare, piesele sunt supuse procesului de degresare și

spălare. Degresarea și spălarea se face cu ajutorul unor solvenți pentru dizolvare și înlăturarea grăsimilor, pentru că numai în acest fel se pot constata mai bine fisurile, crăpăturile, uzurile etc. Pentru degresarea și spălarea pieselor de mare precizie, cum ar fi elementii pompei de injecție, injectoare, rulmenții etc. se folosesc produsele petroliere ca: petrol, motorină, benzină, whitespirt. Pentru celelalte piese se folosesc diferite soluții pe bază de hidroxid de sodiu (NaOH) și hidroxid de potasiu (KOH).

Cu aceste substanțe se pot forma următoarele soluții:

- hidroxid de sodiu 1...2% - sodă calcinată (CaCO₃)..... 4%
- fosfat trisodic 4% - silicat de Na sau K..... 1,5%
- azotat de sodiu 1.5...2,5% - emulsie35%
- apă 93,5% - apă 59,5%
- hidroxid de potasiu 25 gr
- carbonat de sodiu 6,3 gr.
- praf de săpun 2 gr.
- apă 1000 gr.

Pentru degresarea pieselor din aluminiu se pot folosi:

- silicat de sodiu 1,5% - carbonat de sodiu 4,5 g
- săpun 0,2% - hidroxid de sodiu 1,45 g
- apă 98,3% - praf de săpun 1,00 g
- apă 1000 gr

Înlăturarea depunerilor din corpul pistoanelor (calamina), de pe chiulase, de pe suprafețele de admisie și evacuare, se face folosindu-se anumite soluții în funcție de natura materialului:

- *pentru piese din oțel sau fontă:*

- sodă calcinată 35,0 gr
- sodă caustică 25,0 gr
- silicat de sodiu 1,5 gr
- săpun 25,0 gr
- apă 1000 gr

- *pentru piesele din aluminiu:*

- sodă calcinată 10,0 gr
- silicat de sodiu 10,0 gr
- săpun 10,0 gr
- bicromat de potasiu 1,0 gr
- apă 1000 gr

Degresarea în aceste soluții se face prin fierberea pieselor timp de cca. 6 minute, la temperatura de 95...100° C, după curățirea stratului de

calamină se face cu ajutorul unor peri de păr, sau se utilizează curățiitoare de lemn. Se interzice folosirea periiilor de sârmă.

După ce se face curățirea depunerilor, urmează spălarea pieselor prin introducerea în băi cu soluție formată din: sodă calcinată 2%, silicat de sodiu 0,2%, bicarbonat de potasiu 0,1% timp de 10-15 minute, urmată de răcire prin suflarea unui jet de aer sub presiune.

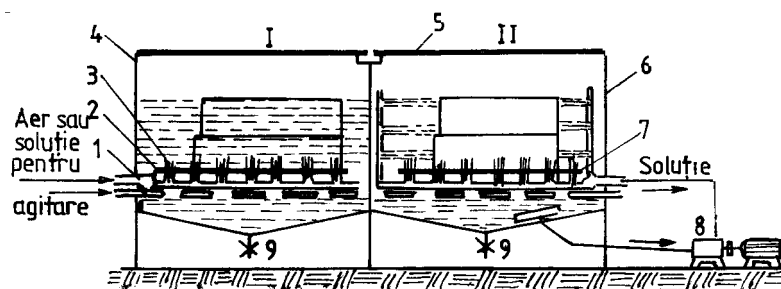


Fig. 3.7. **Instalație pentru degresare și spălare:** 1-serpentină; 2-grătar; 3 conducte; 4-compartiment de fierbere și agitare; 5-capac; 6-compartimente de degresare, spălare; 7-conducte; 8 electropompă; 9-robinet

În unitățile mai mici de reparație, pentru degresarea și spălarea pieselor se folosește o soluție pe bază de sodă caustică, piesele fiind introduse într-o instalație de forma celei din fig. 3.7.

Instalația este formată din două compartimente prevăzute în partea inferioară cu o serpentină din țevă pe care se trimite abur pentru încălzirea soluției de spălare.

Primul compartiment este folosit pentru degresarea pieselor care au un strat de ulei ars și impurități. Piesele sunt așezate pe un grătar special, introdus complet în soluția de degresare. Operația de degresare se face prin încălzirea soluției la temperatura de 90...95%, timp de 1,5...2 ore. Pentru urgentarea procesului, cât și pentru o degresare mai bună, se introduce aer sub presiune pentru agitarea soluției.

Al doilea compartiment se folosește pentru spălarea pieselor degresate în primul compartiment, sau a celor care nu au nevoie de degresare. După așezarea pieselor pe grătar, se supun unor jeturi puternice de soluție cu 3% sodă caustică, din toate părțile, încălzită la 90...95%, timp de 20...30 minute.

În cazul pieselor complicate se folosesc băi speciale (fig. 3.8). Astfel, pentru degresarea canalelor de ulei din blocul motor și a canalelor de ungere din manetoanele arborilor cotiți, se folosește petrol.

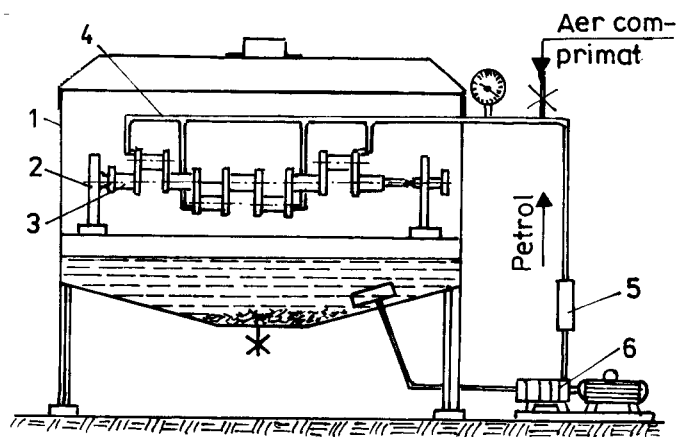


Fig. 3.8. *Instalație pentru degresarea și spălarea manetoanelor de la arborii cotiți:* 1-rezervor; 2-suport; 3-arbore; 4-conducte; 5-filtru; 6-electropompă

Degresarea și spălarea pieselor în uzinele de reparații, datorită cantității mari de piese se face în instalații de degresare tip tunel, prevăzute cu transportoare. Aceste instalații se compun de obicei din patru compartimente, degresarea și spălarea efectuându-se astfel:

- în primul compartiment piesele sunt încălzite cu abur în vederea înmuierei depunerilor;
- în al doilea compartiment se realizează înlăturarea depunerilor, deci se face degresarea și spălarea, prin stropire din toate părțile cu jeturi puternice de soluție, de regulă din 6...8% sodă caustică, la o temperatură de 90...95°C;
- în al treilea compartiment se face spălarea pieselor, la limita de limpezire, cu apă caldă la 85...90°C;
- în al patrulea compartiment se face uscarea pieselor cu ajutorul unui curent de aer cald.

În ultimul timp, pentru creșterea productivității și calității operației de degresare și spălare, se folosesc metode noi cum ar fi:

- degresarea cu ajutorul tricloretilenei (C_2HCl_3);
- degresarea cu ajutorul ultrasunetelor;

- degresarea prin folosirea combinată a metodelor de mai sus.

Degresarea cu ajutorul soluției de tricloretilenă sau a etilenei, se face prin încălzirea la temperatura de evaporare. Prin condensarea vaporilor pe suprafața piesei se face degresarea într-un timp foarte scurt (aproximativ 1 minut) la piesele de complexitate medie și ridicată.

Degresarea cu ajutorul ultrasunetelor, sau prin folosirea combinată a celor două metode, prezintă avantajul că se realizează degresarea și a suprafețelor interioare greu accesibile. Dezavantajul constă în construcția și întreținerea complicată a instalației.

3.2. Controlul și sortarea pieselor

În vederea stabilirii gradului de uzură pe baza căruia să se precizeze care piese se recondiționează, piesele sunt supuse operației de control și sortare.

Nr. crt.	Denumirea defectului	Metoda stabilirii defectului	Nr. piese conjugate	Dimensiuni, joc strângeri, în mm			
				Normale		Admise până la reparații	
				Dimensiuni	Joc strângere	Dimensiuni	Joc strângere
1.	Uzura suprafeței interioare de contact cu bucșa canelată	Măsurarea diametrului interior Micrometru de exterior 25...50 mm Comparator de interior	31.55.329 31.55.330	42 ^{+0,05}	+0,150 +0,032	42,125	+0,300
			31.55.332	42 ^{-0,100} -0,150		41,825	

2.	Uzura suprafețelor exterioare a bușelor în contact cu roata dințată	Măsurarea diametrului	31.55.329	$48^{+0,052}_{-0,035}$		48,031	0
		Micrometru de exterior de 25...50 mm	31.55.350		-0,008 -0,052 -0,008		
		Comparator de interior	31.55.311	$48^{-0,027}$		48,031	
Condiții tehnice de reformare a bușelor de bronz se produc când diametrul interior depășește ϕ 42,625 mm și când diametrul exterior este 48, 0, 31 mm							

Fig. 3.9 Fișă tehnologică de recondiționare

<p>Mașina: Transportor cu bandă Piesa: Bucșă de bronz Nr. de catalog: 31.55.329 și 31.55.330 Materialul: Bz 6 Zn T STAS 197-95 Tratament termic: Duritatea: Nr. de piese pe mașină: 1+1</p>					
Cota de reparație	Operații de recondiționare	Tehnologia sumară	Condiții tehnice	Utilaj Dispozitive Instrumente	Metoda de control și instrumente de verificare
inferioară 42,5	Alezare	Se alezează suprafața interioară a bușelor la cota de reparație de +0,05 mm <i>Observație:</i> în acest caz se folosește bușă canelată majorată prin deformare plastică	Suprafața alezată să fie curată fără urme de prelucrare	Alezor reglabil 42,5 mm	Control vizual Măsurarea diametrului de exterior 25...50 mm Comparator de interior
exterioară	Nu se recondiționează	Nu se recondiționează <i>Observație:</i> se recomandă folosirea bușelor noi majorate la exterior corespunzător pentru asigurarea strângerii normale	-	-	-

În tehnologia de reparație, sub formă de fișă tehnologică sau plan de operații, sunt indicate condițiile tehnice pe care să le îndeplinească piesa recondiționată. De asemenea, sunt precizate, pe bază de date statistice, suprafețele de uzură și metodele de determinare a uzurilor (fig. 3.9).

Uzurile limită ale pieselor și corespunzător diametrele maxime admise fără recondiționare, se stabilesc fie prin calcule, fie pe baza datelor experimentale, ridicându-se pentru fiecare ajustaj curba uzurii. Pe baza indicațiilor din tehnologia de recondiționare, se procedează la controlul tuturor pieselor utilajului introdus în reparație. Controlul se poate efectua fie centralizat, fie la posturile de lucru specializate în repararea anumitor subsansamble sau ansamble. Indiferent de forma de organizare a controlului, personalul de control trebuie să fie bine calificat pentru a putea stabili cu precizie piesele bune, recondiționările și rebut.

În procesul de control și sortare a pieselor se folosesc următoarele metode de control:

- controlul vizual pentru constatarea crăpăturilor, rupturilor și a altor defecte care pot fi depistate în acest mod;
- controlul cu aparate sau metode speciale pentru determinarea fisurilor;
- folosirea de dispozitive speciale pentru determinarea încovoierii, torsionării etc.;
- controlul cu dispozitive speciale a etanșeității îmbinărilor între diferite organe;
- controlul elasticității arcurilor etc.

Metodele enumerate mai sus reprezintă fie parțial, fie în totalitate, etape în controlul fiecărei piese, în vederea precizării gradului de concordanță între valorile măsurărilor efectuate cu condițiile tehnice (tabelul 3.1). Controlul vizual se face tuturor pieselor pentru a determina prezența unor defecțiuni grosolane cum ar fi: zgârieturi accentuate care ar face imposibilă funcționarea piesei (suprafața interioară a cilindrului), crăpături (în carter: pe rulmenți etc.), rupturi și alte defecte de acest gen.

Tabelul 3.1. **Metode pentru detectarea defectelor**

Defecte	Operații	Mijloace
<i>Arborii și axele</i>		
Încovoiere și răsuciri	Controlul bății	Masă de control, indicator
Fisuri	Verificarea siguranței, defectoscopia fisurilor interne	Lupa, defectoscop magnetic

Defecte	Operații	Mijloace
Uzura fusului pentru rulment	Evaluarea și măsurarea dimensiunilor fisurilor în diferite secțiuni	Micrometru, calibru, șablon
Uzura laterală a canelurilor	Analiză și măsurare	Calibru, șablon, șubler, micrometru
Uzura canalelor pentru pană	Analiza și măsurarea lățimii canalului	Liră de control, cu spion calibru
Uzura sau defectarea filetului	Analiza controlul filetului	Calibru filet, piulițe pentru control
<i>Rulmenți</i>		
Joc axial sau radial	Măsurări	Dispozitive, scule pentru controlul rulmenților
Culoarea bilelor	Control vizual	
Amprente, urma bilei pe calea de rulare		
<i>Bucșe</i>		
Uzura suprafeței interioare	Control vizual, măsurări în câteva zone	Calibru, micrometru, indicator pentru măsurări interne
Uzura suprafeței exterioare		Micrometru
<i>Roți dințate</i>		
Uzură laterală (a grosimii) dintelui	Controlul vizual, măsurare	Șablon special, șubler pentru roți dințate
Uzura și deteriorarea părții frontale a dintelui	Control vizual, măsurarea înălțimii celui mai uzat dinte	Șubler
Uzura canelurilor butucului	Măsurare	Calibru, șubler, liră de control
<i>Lagăre, corpuri, capace</i>		
Crăpături, fisuri	Controlul vizual, măsurare	Lupă, defectoscop
Deformare, curbare	Măsurarea coplaneității suprafețelor	Riglă de control
Abaterea de la coaxialitatea găurilor pentru arbori, axe	Controlul coaxialității	Scule speciale
Uzura locurilor de ajutoraj a bucșelor și rulmenților	Măsurarea diametrelor găurilor	Micrometru, indicator special
Uzura și deteriorarea filetului pentru prezoane	Control vizual	Calibru pentru filet
<i>Pârghii, tije, furci</i>		
Încovoiere	Revizie	Riglă de control
Uzura suprafețelor laterale	Măsurarea grosimii	Șubler
Uzura găurilor pentru bolțuri	Măsurarea diametrului găurii	Șubler

Defecte	Operații	Mijloace
<i>Role, galerii</i>		
Uzura suprafețelor de lucru	Măsurarea diametrului	Șubler, riglă
Uzura locurilor de ajustaj		Șubler, micrometru

Pentru recondiționare se admit piesele, a căror dimensiuni se află între dimensiunile optime și cele limită. În procesul trierii sunt marcate cu vopsea: piesele care nu necesită recondiționări cu vopsea albă; piesele care necesită recondiționări cu vopsea verde sau galbenă, marcând suprafața defectată; piesele nerecuperabile – cu vopsea roșie. Defectele exterioare se detectează vizual sau prin măsurare. La controlul vizual uneori se folosesc lentile. Măsurările se efectuează cu ajutorul micrometrului, șublerului și a dispozitivelor speciale de măsurare. Defectele ascunse se detectează prin încercare hidraulică, defectoscopie magnetică, luminiscentă, ultrasonoră etc. Pentru efectuarea defectoscopiei magnetice piesa magnetizată se acoperă cu pulbere specială (40 gr de zgură, 0,5 l de ulei pentru transformator sau motorină și 0,5 l de gaz lampant). pentru diferite piese se pot recomanda următoarele dispozitive pentru defectoscopii magnetice: PMD-3M – pentru piese cilindrice cu diametrul până la 90 mm, plate – cu lățimea până la 200 mm, IMDA-2500 pentru piese cu diametrul până la 370 mm, lățimea până la 900 mm și lungimea până la 1 mm.

Defectoscopia ultrasonică permite detectarea defectelor atât la suprafață cât și în corpul piesei, fabricate din materiale magnetice și nemagnetice. Parametrii de lucru ai dispozitivelor pentru defectoscopia ultrasonică pot fi găsiți în tabelul 3.2.

Pentru aprecierea locului și distanței până la defect, dispozitivele au un ansamblu special. Sensibilitatea dispozitivului depinde în mare măsură de pregătirea preliminară a suprafeței piesei, rugozitatea prelucrării trebuie să fie cel puțin de clasa 5-7.

Tabelul 3.2. **Dispozitive pentru defectoscopie ultrasonică**

Marca	Adâncimea de pătrundere		Puterea necesară, [W]	Dimensiuni de gabarit, [mm]	Masa, [kg].	Tensiunea, [V]
	Max.	Min.				
UDM-1M	2500	5	110	350x220x310	13	127
UZD-7M	2000	0,001	100	220x360	16	220
UDM-3	2500	0,5	180	220x335x423	19	127
						36

Defectosopia luminiscentă permite depistarea defectelor care au ieșire la suprafața piesei. Tehnologia procesului constă în curățirea riguroasă a suprafeței, depunerea pe suprafață a unui strat de penetrant (50-60%), gaz lampant, 10-20% benzină, 40-20% ulei pentru transformator, ștergerea suprafeței și depunerea cu pulverizatorul pe suprafața piesei a unui strat subțire de absorbant. Developarea imaginii defectului (crăpături, fisuri) se începe după iradierea suprafeței cu raze ultraviolete. Fisurile apar pe suprafață în formă de linii, iar porozitatea (locurile poroase) în formă de pete (pitinguri).

Defectoscoapele luminiscente sunt de mărcile LD-2 și LD-4.

Pe parcursul defectării pieselor pentru a aprecierea gradului de combinare a defectelor se elaborează fișa trierii. Forma ei este următoarea, dată în tabelul 3.3.

Tabelul 3.3. **Fișa trierii**

Numărul piesei	Defectele posibile				
	Uzura	Ruptura	Fisuri	Încovoieri	Retasuri (incluziuni)
.					
.					
.					
.					

Piesele cu defecte asemănătoare se grupează și pentru aceste grupe se elaborează fișe tehnologice comune. Forma acestor fișe este fixată de standarde (tabelul 3.4).

Tabelul 3.4. **Fișă tehnologică de reparare**

Numărul defectului	Codul și denumirea defectului	Numărul operațiilor	Denumirea și conținutul operațiilor	Utilajul	Sculele	Categoria	Prețul unitar
.							
.							
.							
.							

3.3. Limitele de uzură ale pieselor tipizate

Necesitatea reparației mașinii sau a unor subansambluri ale ei sunt apreciate pe parcursul exploatării sau a reviziei tehnice a utilajului. Valoarea uzurii, care nu pr□tuce modificări ale parametrilor de exploatare normală a mașinii este numită *uzură admisibilă*.

Uzura, la valoarea căreia exploatarea mașinii este cu randament scăzut sau inefficient din punct de vedere economic este numită *uzură limită*. Valorile uzurilor limită ale pieselor sunt diferite și depind de condițiile de lucru, construcție, regim de funcționare ș.a. Aceste valori se apreciază în mod teoretic sau experimental.

Unele metode de apreciere a limitelor de uzură, la anumite cuple în frecare sunt prezentate în cele ce urmează.

Arborele-cuzinet. Pierderile minime la frecare în ajustajul arbore-cuzinet au loc în cazul când grosimea stratului de ulei este de 4 ori mai mică decât valoarea jocului. Jocul maxim s_{max} este jocul la valoarea căreia suprafața arborelui intră în contact cu suprafața cuzinetului, adică are loc distrugerea frecării lichide.

Jocul optim s_{opt} se apreciază după formula:

$$s_{opt} = 0,467 \cdot d \cdot \sqrt{\frac{n \cdot \eta}{p \cdot l}} \quad [\text{mm}] \quad (3.1)$$

unde: d este diametrul fusului arborelui, m;

n – turația arborelui, rot/sec;

η – vâscozitatea absolută a uleiului, N.sec/m²;

p – sarcina specifică a arborelui, N/m²;

l – lungimea cuzinetului, m.

Jocul maxim nu poate fi mai mare $s_{max} = (2 - 5)s_{opt}$, în caz că arborele este exploatat în condiții de frecare semilichidă uscată. Pentru arborii cu turații mici valoarea jocului maxim este dată de relația:

$$s_{max} = (0,005 - 0,02)d \quad [\text{mm}] \quad (3.2)$$

Valorile încovoierii maxime a arborelui se dau în tabelul 3.5.

Tabelul 3.5.. *Încovoierile maxime ale arborilor, în mm*

Turația arborelui, rot/min	Săgeata de încovoiere	
	Peste 1 m lungime	Peste toată lungimea arborelui
≤ 500	0,15	0,3
> 500	0,1	0,2

Mărirea lățimii canalelor pentru pană este admisă până la 15% de la cea normală. Ovalitatea „m” a fusului arborelui cu turație medie se apreciază după formula:

$$m = \frac{Ka}{2(1 - K')} \quad [\text{mm}] \quad (3.3)$$

unde: Ka este jocul inițial în partea superioară între arbore și cuzinetul lagărului de alunecare;

K' = 0,5 pentru cuzineți de bronz; K' = 0,3 pentru cuzineți din babbitt.

Ovalitatea maximă admisă a fusului arborelui ca rezultat al uzurii, nu trebuie să depășească 0,1 mm, chiar dacă valoarea ei, calculată după această formulă este mai mare. Conicitatea și ovalitatea fusurilor arborilor sunt admise în limita valorilor toleranței la ovalitate, iar conicitatea zonelor de ajustaj în limitele toleranțelor ajustajului.

Valorile jocurilor maxime în cuplele cilindrice tip (lagăr de alunecare) sunt predefinite în tabelul 3.6.

Tabelul 3.6. *Valori ale jocurilor în cuplele cilindrice, în mm*

Diametrul nominal al arborelui	Numărul de turații a arborelui, rot/min	
	≤1000	>1000
18-30	0,04-0,08	0,07-0,10
31-50	0,05-0,11	0,08-0,14
51-80	0,065-0,13	0,09-0,17
81-120	0,080-0,16	0,12-0,20
121-160	0,110-0,19	0,15-0,25

Jocul din partea superioară între cuzineți și arbore pentru lagăre demontabile se admite în limita 0,15-0,12% a diametrului fusului arborelui, pentru lagăre cu ungere inelară și 0,2 – 0,3% pentru lagăre cu ungere forțată.

Jocul axial al arborelui și lagărului axial (crapodinei) (fig. 3.4) se apreciază după formula:

$$A = [1,2(1 \pm 50)/100] \quad [\text{mm}] \quad (3.4)$$

unde: A este jocul axial, mm;

t – temperatura mediului ambiant, °C ;

l – lungimea arborelui, mm.

Jocul axial B din partea opusă a lagărului axial de sprijin se admite (0,5 – 1) mm din lungimea arborelui.

Jocul axial C pentru lagărele axiale depinde și de diametrul D (tabelul 3.7).

Tabelul 3.7. *Jocul axial C în lagăre axiale, în mm*

D, mm	30-50	51-120	121-160	180
C, mm	0,1-0,15	0,15-0,2	0,2-0,25	0,25-0,3

Pentru lagăre cu încărcare locală este caracteristică uzura locală. Suprafața de contact a arborelui fix în lagăr este limitată sub un arc de 120°.

Uzura limită a rulmenților se stabilește apreciind jocurile axiale și radiale între inele și role sau bile.

Valoarea jocului maxim pentru rulmenți cu bile, este de 4 ori mai mare decât jocul inițial.

Jocul axial în ambele direcții se apreciază în funcție de diametrul exterior al rulmentului (tabelul 3.8).

Tabelul 3.8. *Jocul axial al rulmenților, în mm*

D, mm	60-100	100-120
A, mm	0,3	0,4

Valoarea jocului radial admis la rulmenții cu role este de 3 ori mai mare ca cea inițială.

Transmișile cu roți dințate. Uzura laterală (a grosimii dintelui) limită depinde de gradul de precizie al transmisiei (tabelul 3.9).

Tabelul 3.9. *Uzura dinților în grosime, în %*

Gradul de precizie	Uzura în grosime, %
2 și 3	20
4	30
7	6-10

Pentru transmisiile cu o precizie scăzută se admite o valoare a uzurii mai mare. Limita uzurii unui angrenaj deschis este de $\frac{1}{2}$ din modulul roții respective.

Roțile dințate trebuie înlocuite în cazul în care uzura grosimii, măsurată la nivelul diametrului primitiv depășește următoarele valori:

- pentru angrenaj deschis cu roți de oțel sau fontă - 30%;
- roți dințate din reductoare, cu viteze de până la 5 m/sec - 20%;
- roți dințate cu dinți drepecți la viteza 5-10 m/sec. și cu dinți curbi (cu profil) cu viteza de 5-15 m/sec. - 15%.

La controlarea danturii roților dințate se măsoară, afară de uzura grosimii și jocul lateral și cel radial (fig. 3.10, 3.11 și 3.12).

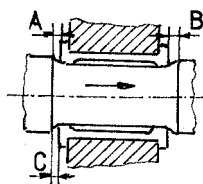


Fig. 3.10. *Jocul în sistemul arbore-cuzinet de sprijin*

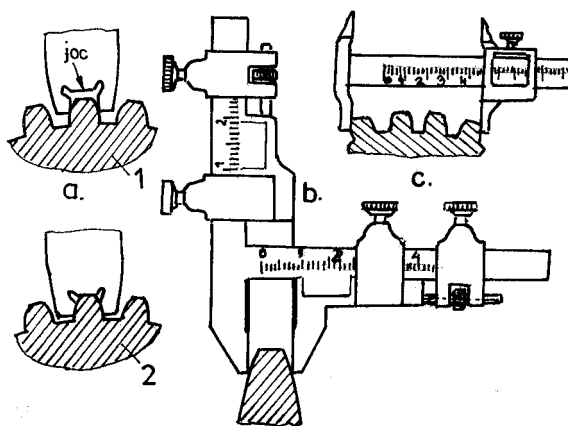


Fig. 3.11. *Controlul uzurii dinților roților dințate: a-cu șablon; b-cu șubler de dantură; c-cu șubler; 1-roată ce nu necesită reparare; 2- roată ce necesită reparare*

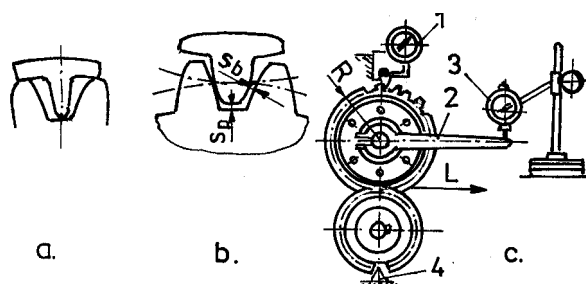


Fig. 3.12. **Controlul transmisiei cu roți dințate:** a-măsurarea dintelui cu ajutorul șablonului; b-jocul lateral și radial, c-schema măsurării jocului lateral; 1și 3 – comparator cu cadran; 2-antrenor; 4-fixator

Jocul radial se admite în limita (0,2-0,25) mm. Valoarea jocului lateral poate fi apreciată măsurând unghiul mersului în gol al unei roți în timp ce a doua roată este fixată (fig. 3.12).

Jocul lateral între suprafețele ce nu intră în contact a doi dinți este de (0,025-0,05), (t-pasul angrenajului), și depinde de calitatea și precizia fabricării roților. Valoarea minimă a jocului lateral (μm), a roților dințate este limitată de toleranța ajustajului (tabelul 3.10).

Gradul de uzură a dinților se poate aprecia după valoarea jocului radial și lateral. În ajustaje conice se admite reglarea jocului prin deplasarea roților de-a lungul axelor arborilor în limita de 0,05-0,1 mm. Valoarea bății radiale se apreciază la circumferința primitivă. Bătăile radiale limită a angrenajelor cilindrice și conice (μm) sun reprezentate în tabelul 3.11.

Tabelul 3.10. **Valoarea minimă a jocului lateral, μm**

Tipul ajustajului	Distanța între centre pentru transmisii cilindrice sau lungimea generatoarei conului de divizare, mm				
	≤ 50	50-80	80-120	120-200	200-300
x	85	105/100	130	170	210
111	170	210	260	340	420

Tabelul 3.11. **Bătăi radiale limită, în μm**

Clasa de precizie	Modulul, mm	Diametrul roții, mm				
		≤ 50	50-80	80-120	120-200	200-300
7	1-30	32	42	50	58	70
8	1-50	50	65	80	95	110
9	25-50	80	105	120	150	180

Transmisii cu melc. Uzura grosimii dinților roții melcate și a spirelor melcului este admisă în limita de 12%, iar în transmisii obișnuite se admite până la 30%.

Jocul radial al transmisiei, sau jocul între suprafața de fund a roții și suprafața cilindrică a spirelor melcului, măsurată pe direcția centrelor, se admite în limita de 0,2 mm.

Bătaia radială a angrenajului cu precizia de gradul 8 pentru spirele roților melcate cu diametrul de 120-200 mm se admite 0,095 mm, cu diametrul 25-50 mm – 0,028 mm. Deplasarea axială a roții se admite în limita de 0,02 mm.

Transmisiiile cu lanț. Valorile uzurii grosimii dinților roților stelate sunt date în tabelul 3.12.

Tabelul 3.12. *Uzura maximă a grosimii dintelui, în mm*

Modulul roții stelate	Viteza, m/sec.	Uzura admisă a grosimii dintelui, mm
2-4	10-12	0,3
4-6	10-15	0,3-0,5
>6	12-20	0,5-0,7

Pasul t al lanțului și care nu se admite mai mare ca:

$$\Delta t = \frac{a_1 - a}{a} 100 \quad [\%] \quad (3.5)$$

unde: a_1 este lungimea a 35-59 dinți ai lanțului uzat, mm;

a - lungimea aceuiași număr de dinți ai lanțului nou.

Mărirea limită a pasului lanțului (mm) se dă în tabelul 3.13.

Tabelul 3.13. *Mărirea limită maximă a pasului, în mm*

Tipul lanțului	Mărirea pasului la numărul de dinți al roții mari, %													
	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	110	120	140
Lanț dințat	7,6	6,3	5,4	4,7	4,2	3,8	3,1	2,7	2,3	2,1	1,9	1,7	1,6	1,5
Lanț cu role	6,4	5,3	4,6	4	3,5	3,2	2,6	2,3	2	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
Lanț cu bucșe	4,8	4	3,4	3	2,6	2,4	2	1,7	1,5	1,3	1,2	1,1	1	0,9

În transmisii cu lanț horizontale sau înclinate sub un unghi de maxim 45° , săgeata de încovoiere se admite până la 2% din distanța între centre. Cu creșterea unghiului înclinării până la 50%, săgeata de încovoiere se reduce de la 2 la 0,6% a distanței între centre.

Transmisia prin curea. Pentru roțile cu curea cu diametrul până la 300 mm bătaia radială a obadelor se admite până la 0,1 mm; axială până la 0,06 mm; pentru roți cu diametrul până la 600 mm bătaia radială până la 0,15 mm, iar cea axială până la 0,08 mm. Valoarea alunecării curelei depinde de diametrul D , și n numărul de rotații a roții conduse și de diametrul D a roții conducătoare.

În acest caz trebuie îndeplinită relația:

$$1 - \frac{D_2 n_2}{D_1 n_1} \leq 0,01 \quad (3.6)$$

Cuplajul ambreiaj cu fricțiune. Diferența de distanță în punctele diametral opuse se admite în limita de 0,1% din diametrul exterior al cuplajului, abaterea de la coaxialitate a arborilor cuplați - 0,1 mm la 1 m din lungimea arborelui. Uzura diametrală maxim admisă a părții elastice a bolțului și a găurii pentru bolț a semicuplajului este de 1,5 mm. Jocul maxim la inelul elastic a găurii pentru bolț se admite până la 1 – 2 mm .

3.4. Condiții pentru rebutarea pieselor

În funcție de specialitățile din tehnologia de recondiționare, pentru anumite organe de mașini, asemenea defecțiuni se pot recondiționa printr-o metodă stabilită de la caz la caz, pentru alte organe de mașini prezența unui asemenea defect conduce la rebutarea lor, așa încât personalul de control trebuie să cunoască precis, pentru fiecare piesă, aceste posibilități.

Controlul pieselor de tipul axe, arbori, biele, supape etc. după etapa de determinare a fisurilor se continuă cu determinarea încovoierii sau a torsionării, utilizându-se dispozitive speciale asupra cărora se va insista în cadrul prezentării tehnologiei de recondiționare a acestor tipuri de piese.

În funcție de forma piesei și condițiile în care lucrează, pe lângă aparatura și metodele folosite prezentate, se mai folosesc fie sub formă de dispozitive, fie sub formă de bancuri de probă, metode pentru verificarea etanșeității, a jocurilor radiale și axiale, elasticitatea arcurilor etc.

După verificarea tuturor pieselor și după stabilirea uzurilor acestora, se determină piesele care nu necesită recondiționări putându-se folosi în continuare, piesele care se recondiționează și pentru care se întocmește traseul tehnologic și piesele care nu mai corespund și se rebutează. În locul acestora din urmă fie că sunt piese de rezervă în stoc, fie se confecționează din nou.

Piesele care au o uzură mai mică decât uzura maximă admisă se pot folosi în continuare, fără recondiționare, numai în situația în care în perioada până la următoarea reparație, asigură funcționarea normală a mașinii. În funcție de intensitatea uzurii dată de curba de uzură caracteristică fiecărei asamblări, se stabilește dacă, și în aceste condiții, piesa se menține sub forma în care s-a scos de pe mașină.

Rebutarea pieselor se face ținând seama de anumiți indici tehnico-economici.

Piesele se rebutează din punct de vedere tehnic în cazul în care recondiționarea nu este posibilă, în sensul că, fie că siguranța în funcționare a organului de mașină nu permite recondiționarea, fie că nu există o metodă optimă de recondiționare. Se mai rebutează și atunci când din condiții de rezistență dimensiunile piesei au ajuns la limită (în general când s-a ajuns la dimensiunea ultimei trepte de reparație).

Rebutarea din punct de vedere economic se face atunci când, chiar dacă metodele de recondiționare asigură funcționarea normală, aplicarea acestora ar conduce la un preț de cost al piesei recondiționate care depășește prețul de cost al piesei noi. Din acest motiv întotdeauna adoptarea metodelor de recondiționare trebuie să se facă după un prealabil calcul economic.

După controlul și trierea pieselor în bune, recondiționabile și rebut, se pot stabili coeficienți care să arate, față de totalul pieselor controlate, care este procentul de piese care se recondiționează, deci piese bune (η_b), procentul de piese care se rebutează (η_r) și procentul de piese care se înlocuiesc, deci a pieselor care s-au rebutat (η_i).

bune față de totalul pieselor controlate:

$$n_b = \frac{n_b}{n_i} 100\% \quad [\text{buc}] \quad (3.7)$$

Coeficientul de piese care se recondiționează, în procente, prin raportul pieselor care se recondiționează față de numărul total de piese controlate:

$$n_r = \frac{n_r}{n_t} 100\% \quad [\text{buc}] \quad (3.8)$$

Coeficientul de piese rebut, în procente, prin raportul pieselor care se rebutează față de numărul total de piese controlate:

$$n_i = \frac{n_i}{n_t} 100\% \quad [\text{buc}] \quad (3.10)$$

în care: n_b este numărul de piese bune care se re folosesc;
 n_r – numărul de piese care se recondiționează;
 n_i – numărul de piese care se rebutează și se înlocuiesc;
 n_t – numărul total de piese care s-au controlat.

Capitolul 4

PROCESE TEHNOLOGICE DE RECONDIȚIONARE A PIESELOR UZATE

4.1. Recondiționarea prin sudare

4.1.1. Considerații generale

Datorită avantajelor pe care le prezintă, sudarea este un procedeu tehnologic de bază folosit în atelierele și uzinele de reparații.

La recondiționarea pieselor privind îmbinarea sau sudarea fusurilor și crăpăturilor, precum și pentru încărcarea cu material a părților uzate de la organele mobile se folosește sudarea oxiacetilenică sau electrică.

De obicei, sudarea oxiacetilenică se folosește pentru recondiționarea pieselor din fontă și metale neferoase, iar sudarea electrică pentru încărcarea suprafețelor uzate ale pieselor din oțel.

Ca metode mai noi pentru încărcarea cu metal a pieselor uzate se folosește încărcarea sub strat de flux și prin vibrocontact.

Pentru a aprecia posibilitățile de sudare a fiecărui material trebuie să se țină seama de următoarele însușiri ale lor:

- cu cât conductivitatea termică este mai mare, cu atât necesită un consum mai mare de căldură și o metodă mai rapidă de sudare;
- coeficientul de dilatare termică determinată (mai ales la fontă) producerea de tensiuni interne, fisuri etc.;
- dacă temperatura de topire a aliajului este apropiată de temperatura de fierbere a unuia din componentele sale, se îngreunează sudarea;
- metalele în stare topită absorb gazele;
- rezistența electrică a metalelor e mult mai mare la temperatură ridicată;
- conținutul de carbon și elemente de aliere îngreunează realizarea unei bune suduri.

Pentru prevenirea formării oxizilor și înlăturarea celor formați, se folosesc fluxuri care au compoziția funcție de materialul prelucrat.

În funcție de temperatura dezvoltată în zona de sudare, se obțin diferite structuri în metalul de bază (fig. 4.1).

Se observă o zonă de topire completă (0) și o zonă de dimensiuni mici, tranzitorie, numită zonă de topire incompletă (1). Zona de supraîncălzire (2) are structură cu granulație mare, distanță interatomică mult mărită și proprietăți plastice reduse. Zona de normalizare (2) are structură fină de perlită și ferită și proprietăți mecanice superioare. Zona de recristalizare incompletă (4), prezintă pe lângă cristalele fine de perlită și ferită și cristale mari de ferită care n-au suferit recristalizarea. Zonele de recristalizare și fragilitate la albastru (5 și 6) au structura metalului de bază.

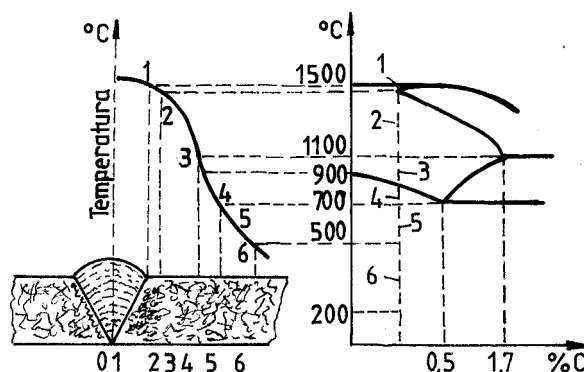


Fig. 4.1. *Zonele de influență termică a unor îmbinări sudate*

Eventualele fisuri pot apare în zonele de supraîncălzire și de fragilitate, în special în cazul sudării fontelor și oțelurilor aliate. Din acest motiv materialele mai sus menționate se sudează cu preîncălzire și răcire lentă.

4.1.2. Sudarea oxiacetilenică. Gazul cel mai utilizat pentru acest gen de sudură este acetilena, care degajă cea mai mare cantitate de căldură în comparație cu hidrogenul, gazele de țigări etc. El se obține cu ajutorul unor generatoare ce pot fi: cu carbid în apă, cu apă peste carbid și prin contact. Ultimul tip este mai des folosit (fig. 4.2) și funcționează prin cufundarea periodică a carbidului în apă.

Presiunea de lucru este de 400 mm H₂O, iar încărcarea cu carbid de 5 kg, obținându-se debitul de 3500 l/h.

Arderea acetilenei se realizează în curent de oxigen, diuza sulfatului fiind astfel construită încât temperatura flăcării diferă în funcție de zona de sudare (fig. 4.3). Sudarea se execută cu flacără secundară (zona II), deoarece aici temperatura este maximă.

În cazul flăcării neutre (raportul O₂/C₂H₂ este de 1 – 1,2) există un nucleu puternic luminos și bine conturat, alb și de formă cilindrică. La

sudarea cu exces de O_2 , flacăra devine oxidantă și capătă o nuanță albăstruiie, iar nucleul și conul acesteia se micșorează. Flacăra devine carburantă, în cazul excesului de acetilenă, nucleul alungindu-se foarte mult spre zona a doua (fig. 4.4).

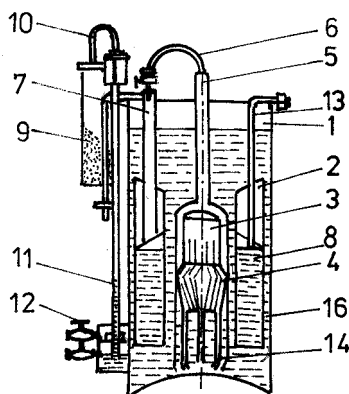


Fig. 4.2. **Generator de acetilenă CDII**: 1-rezervor; 2-plutitor, 3-clopot; 4-coș de carbid; 5,6 și 7-țevi; 8-spațiul plutitorului; 9-epurator; 10-țeavă; 11-supapă de siguranță; 12-robinet; 13-tijă; 14-vas pentru reziduri; 15-piuliță; 16-arzător

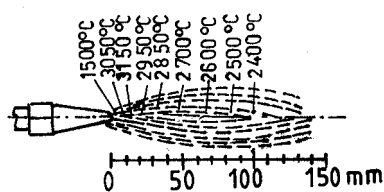


Fig. 4.3. **Flacăra oxiacetilenică**

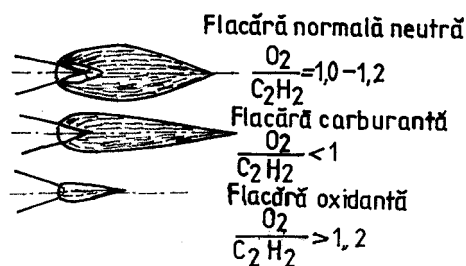


Fig. 4.4.

Ca material de adaos se folosește sârmă și vergele turnate, care vor fi lipsite de grăsimi, oxizi, zgură și vopsea.

Fluxurile de sudură, dizolvă oxizii din baie și trebuie să formeze zgure ușor fuzibile. Pentru sudarea pieselor de recondiționat se folosesc două procedee: pe stânga și pe dreapta (fig. 4.5). Primul se aplică la piesele cu pereți subțiri, sub 3 mm, cu deplasarea arzătorului în linie dreaptă; al doilea la piese cu pereți groși cu înclinarea arzătorului față de axa cusăturii cu atât mai mare cu cât grosimea piesei este mai mare (fig. 4.6).

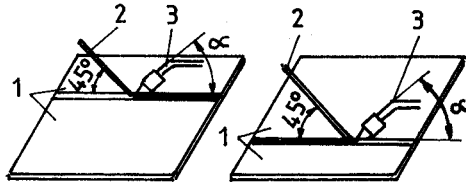


Fig. 4.5. **Tipuri de sudare cu flacără:**
 a-pe stânga; b-pe dreapta;
 1-piesele de sudat; 2-sârma de sudare;
 3-arzător

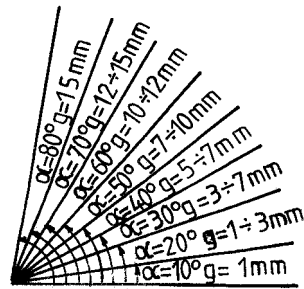


Fig. 4.6. **Unghiurile de înclinare ale arzătorului**

La începerea unei cusături, unghiul α va avea valori maxime, 80-90°, iar după formarea băii, valoarea lui va scădea treptat până la o valoare corespunzătoare grosimii pieselor de sudat.

Când se sudează piese cu grosimi diferite, debitul arzătorului se stabilește în funcție de grosimea cea mai mare. El are valorile maxime, pentru fiecare milimetru din grosimea piesei, de 150 l/h la sudarea la dreapta și de 120 l/h pe stânga.

Viteza de sudare se calculează cu relația (4.1):

$$v = \frac{K}{g} \quad [\text{mm/min}] \quad (4.1)$$

în care: g este grosimea pieselor de sudat, în mm;

K - coeficientul cu valoarea $K = 12$, la sudarea pe stânga și $K = 15$ la sudarea pe dreapta.

Diametrul sârmei de adaos se stabilește conform relației (4.2):

$$d = \frac{g}{2} + a \quad [\text{mm}] \quad (4.2)$$

în care: a este coeficient egal cu: 1 mm pentru sudarea pe stânga și cu 2 mm, pentru sudarea pe dreapta.

a. **Sudarea pieselor din fontă cenușie.** Aceste piese care nu sunt supuse în exploatare la sarcini mari și au grosime uniformă, fără treceri bruște de la o secțiune la alta se pot suda la rece. Pentru a împiedica însă producerea de tensiuni interne și fisuri în cusătură, piesele din fontă se sudează cu preîncălzire și răcire lentă.

Pregătirea locului de sudare se face curățind locul cu polizorul sau perii de oțel până apare luciul metalic, apoi se prelucrează în formă de V cu un unghi de $90-120^\circ$ (fig. 4.7).

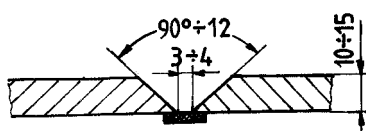


Fig. 4.7. *Pregătirea locului pentru sudare*

Preîncălzirea se face la temperatura de $600-700^\circ\text{C}$ cu cărbune de lemn, sau în cuptoare speciale așezând poziția de sudat orizontal în sus.

Pentru piesele complicate (blocuri, chiulase, carcase de mașini) sudarea se execută în termostate.

Pentru a nu se decarbura fonta, se folosește o flacără cu exces mic de acetilenă. Debitul de acetilenă este de $100-120\text{ l/h}$ pentru fiecare milimetru de grosime a piesei sudate. Ca material de adaos se folosesc vergele de fontă silico-manganoase, pentru că în timpul sudării are loc arderea carbonului, siliciului și manganului, iar ca flux se folosesc boraxul, bicarbonatul de sodiu sau carbonatul de potasiu. După sudare piesa se răcește în cuptor odată cu acesta.

b. **Sudarea pieselor din oțel.** Sudabilitatea oțelului depinde de procentul de carbon precum și de elementele de aliere. Cu cât procentul de carbon crește cu atât sudarea pieselor din oțel devine mai dificilă, datorită supraîncălzirii mai ușoare la temperaturi relativ joase, mai ales la oțelurile cu peste $0,45\%$ C.

În cazul sudării pieselor din oțel aliat, datorită tensiunilor mari de construcție și tendinței de autocălire, duritatea crește, apar tensiuni interne și se pot produce fisuri.

Piesele tratate termic, după sudare trebuie supuse unui nou tratament termic, întrucât din cauza temperaturilor înalte dezvoltate în timpul sudării își pierd calitățile.

c. **Sudarea aluminiului și aliajelor lui.** Sudarea acestora este destul de dificilă datorită conductivității termice ridicate și a unui coeficient de diluare foarte mare. Temperatura de topire a lui și a aliajelor este joasă ($575-655^\circ\text{C}$), se oxidează ușor formând oxizi cu temperatură foarte ridicată de topire (2050°C) pentru Al_2O_3 , iar densitatea zgurei obținute din

reacția substanțelor decapante cu acești oxizi este apropiată de a materialului de bază, existând pericolul apariției incluziunilor.

Cea mai bună metodă de sudare este sudarea oxiacetilenică cu sârmă de adaos din aceeași compoziție cu materialul de bază sau dintr-un aliaj de 92% Al și 8% Cu. Ca decapant (flux) se folosesc amestecuri speciale, de exemplu:

- 83% clorură de potasiu și 17% clorură de sodiu;
- 48% clorură de potasiu și 30% clorură de sodiu;
- 15% clorură de litiu și 7% clorură de potasiu.

Flacăra se realizează cu un exces mic de acetilenă, pentru a micșora oxidarea aluminiului. În prealabil se execută curățirea piesei prin degresare, frecare cu perie de sârmă, polizare sau pilire până la luciu metalic. În vederea sudării se execută o preîncălzire până la 200-250°C, iar după sudare piesa se răcește lent.

Pentru a reduce tensiunile, piesele mai importante se supun unui tratament de recoacere cu încălzire până la 300-350°C și apoi se răcesc lent.

d. **Sudarea oxiacetilenică a cuprului.** Sudarea se face cu o flacăra neutră cu un consum destul de ridicat de gaze. Sudarea se face fără întrerupere și fără pregătirea inițială a pieselor. Flacăra nu se îndepărtează de baia de metal topit pentru a se evita oxidarea puternică a cusăturii.

Vergeaua de adaos este din cupru electrolitic cu o grosime de (1/2 – 3/4) față de grosimea tablei de sudat. Mai indicat este cuprul conținând fosfor (0,15 – 0,2%) și siliciu (0,3%) pentru că este dezoxidant.

Ca amestec decapant se folosește borax și acid boric în proporție de 1 la 1 cu sticlă solubilă, aplicate pe vergeaua de adaos sau pe jocul sudurii. După sudare se reîncălzește piesa la 500 – 550°C și se răcește repede în apă pentru a da materialului plasticitate.

e. **Sudarea bronzului.** Se face după preîncălzire până la 450°C. Se lucrează cu flacăra neutră, puțin îndepărtată de baia topită (7-10 mm). Vergeaua de adaos se ia din bronz cu 95 – 96 % Cu, 3-4 % Pb și 0,25-0,4% P. Pentru evitarea supraîncălzirii materialului (o condiție esențială la sudarea bronzului), sudarea se execută repede, folosind ca amestec decapant borax și acid boric în proporție de 1 la 1 cu sticlă solubilă.

După sudare piesele din bronz se supun recoacerii la 500°C, cu răcire în aer. Nu se admite ciocănirea cusăturii la bronzul turnat.

f. **Sudarea alamei.** Sudarea alamei se face cu flacăra oxidantă pentru a forma la suprafața băii o peliculă de ZnO care împiedică evaporarea zincului. Fluxul folosit este boraxul și acidul boric în proporție de 1:1.

Ajutajul arzătorului (becul) trebuie să asigure un debit de acetilenă de 100 l/h pentru 1 mm grosime a tablei, flacăra fiind ținută la o distanță de 5-7 mm, îndreptată spre vergeaua de adaos din același material (de preferat alamă de siliciu și aluminiu ca fiind dezoxidanți). Se sudează foarte repede introducând din când în când vergeaua în flux.

După sudare se ciocănește cusătura, nivelându-se, apoi se recoace la 600-650° C și se răcește încet, pentru a obține o granulație fină.

g. *Sudarea aliajelor de magneziu.* În vederea sudării, piesele se preîncălzesc la 300°C. Pentru că sudarea este îngreunată de temperatura joasă de topire și formarea oxidului de magneziu greu fuzibil, se lucrează repede cu flacăra neutră, cu un mic exces de acetilenă. Sudarea se face spre stânga cu becul înclinat la 35-40° și flacăra la 2-3 mm de baie. Nu se admit mai multe treceri. Vergeaua de adaos se ia din același material, iar ca flux se folosesc amestecuri având fluorură de litiu, magneziu etc.

După sudarea cusăturii, se ciocănește și se îndepărtează resturile de flux (pentru a nu ataca materialul) prin spălare cu soluție de 10% acid azotic și 10% bicarbonat de potasiu după care se usucă bine.

4.1.3. Încărcarea pieselor prin sudare electrică. Recondiționarea pieselor uzate prin sudare electrică este un procedeu aplicat larg și pe scară industrială în întreprinderile, secțiile și atelierele de reparații. Acest procedeu de recondiționare are o mare productivitate, iar zona de influență termică este mult mai mică (cu grosimea de numai 2-6 mm), ceea ce face ca atât materialul de adaos, cât și piesa să aibă proprietăți mecanice superioare.

Înainte de recondiționare, piesa se curăță prin spălare-degresare, i se îndepărtează oxizii sau vopseaua de pe suprafața care urmează a fi încărcată.

Sudarea electrică se poate efectua la rece sau la cald. Dacă sudarea se face la cald atunci piesa se preîncălzește la temperaturi diferite, în funcție de materialul din care a fost fabricată (tabelul 4.1).

Tabelul 4.1. *Temperatura de preîncălzire, în °C*

Materialul de fabricație	Temperatura de preîncălzire, °C
Oțeluri nealiate (grosimi mai mari de 30 mm)	100-150
Oțeluri aliate și cu conținut mare de carbon	150-350
Fontă	600-650

Sudarea electrică cu arc continuu, permite realizarea unor straturi de acoperiri cu grosimi mari, de 1-10 mm, și chiar mai mult. Ca surse de curent continuu se întrebunțează grupurile electrogene de sudură sau redresoarele de sudură, iar ca surse de curent alternativ se folosesc transformatoarele de sudură. Caracteristicile acestora sunt prezentate în tabelele 4.2, 4.3 și 4.4.

Sudarea pieselor cu grosimi până la 3 mm se face fără teșirea prealabilă a muchiilor. În același fel se sudează și piesele cu grosimi cuprinse între 3 și 5 mm dar, dacă este posibil, pe ambele fețe. Piesele care au grosimi peste 5 mm se sudează după ce, în prealabil, s-a executat teșirea muchiilor, ca în fig. 4.8.

Straturile de sudură se aplică prin metoda în trepte inverse, pe lungimi de 60-80 mm (fig. 4.9).

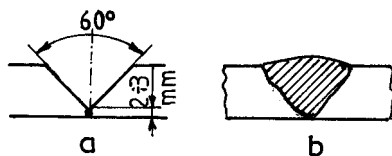


Fig. 4.8. *Teșirea muchiilor la sudare:* a-piesa pregătită înainte de sudare; b-piesa sudată

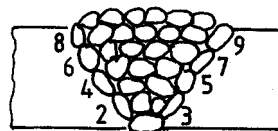


Fig. 4.9. *Ordinea aplicării straturilor de sudură la plăcile groase*

Tabelul 4.2. *Grupuri de sudură*

Tipul grupului electrogen de sudură	Tensiunea de alimentare, în V	Curentul maxim pentru durata efectivă de lucru, în % (A)			Domeniul de reglare a curentului, A	Puterea consumată, kW	Greutatea, în daN
		35	55	100			
C.S.-350	220/380/500	370	330	215	50-370	14	420
C.S.-350	220/380	430	350	280	80-430	14	620
C.S.-500	220/380	700	500	400	170-700	28	950
Triodin R-350	220/380/500	350	320	220	30-320	14	380
P.S.-500	220/380	600	500	400	120-600	28	940
P.S.-300 M	220/380	500	360	260	80-380	14	590
C.P.V.-443	220/380	-	300	-	50-300	11,8	650
P.S.G.-500	220/380	-	500	-	50-300	28	500

Tabelul .4.3. *Transformatoare de sudură*

Tipul transformatorului de sudură	Tensiunea, V		Curentul maxim pentru durata efectivă, în % (A)			Domeniul de reglare a curentului, A	Greutatea,
	în primar	în secundar	60	65	100		
STE-22	127;220;350	50	-	220	180	30-350	180
STE-32	220;380	65	670	450	360	100-700	215
STM-350	220;380	70	450	350	200	80-450	260
STM-500	220;380	60	400	500	700	150-700	270
TSD-1000-3	220;380	80	1200	1000	700	400-1200	540
TASM-150	220;380;500	72	200	150	-	45-375	175
TASM-300	220;380;500	72	300	-	-	60-300	340
TASM-500	220;380;500	67	650	450	420	80-760	495
SMS-10,3	220;380;500	75	400	300	220	40-400	230
S16	380	75	500	350	-	100-500	2000

Tabelul 4.4. *Redresoare pentru sudură*

Tipul redresorului de sudură	Tensiunea, V		Intensitatea de reglare a curentului, A	limitele de reglarre a curentului, A	Randa-mentul, în %	Greutatea, în kg
	de alimen-tare	de mers în gol				
I.C.T.-1	220/380	70	360	50-360	67	300
V.S.S. 120-3	220/380	60	120	15-120	58	140
V.S.S. 300-2	220/380	80	300	40-300	68	240

Regimul de sudare electrică depinde de grosimea stratului de material care trebuie depus. În tabelul 4.5 se arată grosimea electrodului și intensitatea curentului de sudare în funcție de grosimea stratului de încărcare.

Tabelul 4.5. *Regimuri de sudare electrică*

Elementele de bază ale regimului de sudare electrică	Grosimea piesei de sudat, mm				
	2-3	3-4	4-5	6-7	8-10
Diametrul electrodului, în mm	3	4	5	6	8
Mărimea curentului, în A	80-100	120-140	160-180	200-250	250-300

a. **Sudarea electrică a pieselor din fontă.** Materialul de adaos folosit este identic cu cel din care este fabricată piesa.

Sudarea electrică se poate executa:

- la rece, ținând seama că: adâncimea zonei topite din metalul de sudat să fie mai mică – de maximum 2/3 din grosimea cordonului de sudură; depunerea să se facă pe porțiuni scurte (astfel încât contracțiile să fie cât mai mici); electrozii folosiți să aibă diametrul de 4 mm, iar curentul să fie cât mai slab;

- la cald, când piesa de sudat se preîncălzește în cuptor până la o temperatură de 650-750°C, iar ca material de adaos se utilizează vergele de fontă cu un conținut sporit de siliciu (pe timpul sudării piesa se menține într-un cuptor special).

Electrozii întrebunțați pentru sudarea fontei sunt indicați în tabelul 4.6.

Tabelul 4.6. **Regimuri de sudare a fontei**

Tipul electrodului de fontă	EF-M				EF-B		
	2,5	3,25	4	5	3,25	4	5
Diametrul, în M	2,5	3,25	4	5	3,25	4	5
Intensitatea, A	80-90	100-120	130-150	170-190	110-150	140-170	190-250
Regimul de sudare	Curent continuu cu polul pozitiv la electrod sau curent alternativ de minimum 50V				Curent continuu cu polul pozitiv la electrod		

Electrozii de tip EF-M se folosesc pentru sudarea la rece sau la cald a pieselor din fontă cenușie, în scopul obținerii unui strat care să poată fi ușor prelucrat mecanic. Oricum, chiar atunci când se sudează la rece, se recomandă o preîncălzire la 100-200°C.

Electrozii de tip EF-B se utilizează pentru sudarea la cald a fontei cenușii; întrucât stratul depus este foarte dur, el se va prelucra numai prin rectificare. Cu aceiași electrozi se poate suda și la rece, dar se preferă totuși preîncălzirea la 300-600°C.

Pentru sudarea la rece a unor piese deosebite se utilizează electrozi care asigură proprietățile plastice necesare metalului în zona de depunere. Un astfel de electrod este cel confecționat dintr-un aliaj de metal *monel* (63% Ni și 37% Cu), dar mai scump. Cu mult succes se folosesc electrozii bimetalici cu miez din cupru înfășurat în tablă neagră (groasă de 0,3 – 0,8

mm) și acoperiți cu un înveliș de flux compus din 70-75% cretă și 25-30% sticlă solubilă.

La electrozii cu diametrul de 6-8 mm grosimea stratului de flux este de 0,2-0,3 mm. Metalul depus se compune dintr-un aliaj de fier și cupru (până la 80% Cu) care oferă bune proprietăți de plasticitate și rezistență. Prin topirea învelișului de tablă în stratul de sudură se realizează proprietățile de dezoxidare necesare.

b. **Sudarea electrică a pieselor din oțel.** La executarea acestei operații se folosesc electrozi care au un înveliș special de flux, pentru a putea proteja metalul topit împotriva acțiunii oxigenului și a azotului din aer.

Electrozii cu înveliș subțire (0,15-0,55 mm) se utilizează pentru sudarea pieselor mai puțin solicitate, supuse la sarcini statice. Cel cu înveliș gros (care reprezintă 25-30% din diametrul total al electrodului) se întrebuințează la sudarea pieselor importante din oțel carbon și oțeluri aliate care sunt supuse unor regimuri grele de lucru, la sarcini dinamice, la frecări intense etc. Învelișul conține substanțe care formează gaze (amidon, făină comestibilă, rumeguș de lemn, celuloză etc.), zgură (feldspat, nisip cuarțos, marmură etc.) cu proprietăți dezoxidante (feromangan, ferosiliciu etc.), toate legate printr-un liant (sticlă solubilă, clei organic, dextrină etc.). Substanțele din prima categorie realizează un strat gazos care protejează metalul topit contra acțiunii aerului, iar stratul de zgură încetinește răcirea și permite compactizarea sudurii. Pentru sudarea oțelurilor aliate, în stratul de flux se introduc elemente de aliere (crom, molibden, mangan etc.).

Regimul de sudare pentru diferite categorii de electrozi întrebuințați la sudarea electrică este dat în tabelul 4.7.

Principali parametri ai regimului de sudare electrică sunt:

Tabelul 4.7. **Electrozi și regimuri pentru sudarea oțelurilor**

Tipul electrodului pentru sudarea oțelurilor	Diame- trul, mm	Intensitatea curentului, A	Regimul de sudare pentru piese din oțel	Indicații de utilizare
EL-38A EL-42A	2 2,5 3,25 4 5 6	50-70 80-100 120-150 160-190 200-240 250-290	Curent continuu cu polul negativ la electrod sau curent alternativ de min. 50 V	Sudarea oțelurilor carbon necalmate

Tipul electrodului pentru sudarea oțelurilor	Diame- trul, mm	Intensitatea curentului, A	Regimul de sudare pentru piese din oțel	Indicații de utilizare
EL-38 T EL-44 T EL-46 T	2 2,5 3,25 4 5 6	50-70 80-100 110-140 150-180 200-230 240-280	Curent continuu cu polul negativ la electrod sau curent alternativ de min. 50 V	Sudarea oțelurilor carbon calmate și necalmate
EL-44 C	2,5 3,25 4 5	70-90 100-120 130-150 160-180	Curent continuu cu polul pozitiv la electrod sau curent alternativ de min. 50 V	Pentru sudare în poziții speciale
EL-42 B EL-46 B	2,5 3,25 4 5	70-90 110-130 140-170 180-210	Curent continuu cu polul pozitiv la electrod sau curent alternativ de min. 50 V.	Pentru sudarea oțelurilor calmate și slab aliate cu Mn și Mn+Si
EL-50 B EL-55 B	2,5 3,25 4 5	70-90 110-130 140-170 180-210	Curent continuu cu polul pozitiv la electrod. Nu se recomandă curent alternativ. Oțelurile călite se preîncălzesc	Pentru sudarea oțelurilor carbon calmate și slab aliate cu Mn și Mn+Si
EL-Mo B EL-Mo-Cr B	2,5 3,25 4 5	70-90 110-130 140-170 180-210	Curent continuu cu polul pozitiv la electrod . Nu se recomandă curent alternativ. Piese groase și cele din oțeluri greu sudabile se preîncălzesc la 200-300°C	Pentru sudarea oțelurilor termorezistente. Electrozi sunt aliați cu Mo și Cr-Mo

- intensitatea curentului, I;
- coeficientul de depunere, Cd;
- greutatea materialului depus, Gd;
- cantitatea de electrozi consumată, Gel;
- viteza de depunere a metalului, Vd;
- viteza de înaintare a electrodului, Vel;
- turația piesei de reconșionat, n_p;
- timpul de depunere, t_d;
- consumul de energie electrică, W.

Intensitatea curentului, I, se calculează în funcție de grosimea, g (în mm) a piesei, diametrul electrodului, d (mm), folosind următoarele relații de calcul:

- pentru piese cu grosimi $g > 3d$:

$$I = 2,3d(3d + 10) \quad [\text{A}] \quad (4.3)$$

- pentru piese cu grosimi $1,5d < g < 3d$:

$$I = 2d(3d + 10) \quad [\text{A}] \quad (4.4)$$

- pentru piese cu grosimi $g < 1,5d$:

$$I = 1,7d(3d + 10) \quad [\text{A}] \quad (4.5)$$

Coeficientul de depunere arată cantitatea de metal ce s-a depus în funcție de mărimea curentului folosit. Cu cât acest coeficient este mai mare, cu atât productivitatea procesului este mai mare. El se calculează cu relația:

$$C_d = \frac{(7 + 0,04I)}{d} \quad [\text{gr/Ah}] \quad (4.6)$$

Pentru un anumit timp de depunere, t_d (în h) și un anumit curent, greutatea metalului depus va fi:

$$G_d = C_d \cdot I \cdot t_d \quad [\text{gr}] \quad (4.7)$$

Admițându-se o pierdere de 6-20% din cantitatea de electrozi folosiți, acesta va fi:

$$G_{el} = G_d [I - (0,06 - 0,2)] \quad [\text{gr}] \quad (4.8)$$

Viteza de depunere pe o lungime l (în mm) se calculează cu relația:

$$v_d = \frac{I \cdot C_d}{G_d} \quad [\text{m/h}] \quad (4.9)$$

Viteza de înaintare a electrodului, când se cunoaște greutatea specifică g_s (cN/cm^2) și diametrul electrodului în cm este:

$$v_{el} = \frac{4C_d \cdot I}{\pi \cdot d \cdot g_s} \quad [\text{cm/h}] \quad (4.10)$$

Dacă D (în mm) este diametrul piesei de reconșionat, turașia acesteia în timpul acoperirii prin sudare electrică va fi:

$$n_p = \frac{v_p}{60 \cdot D} \quad [\text{rot/min}] \quad (4.11)$$

Timpu de depunere a stratului de sudură depinde de viteza de depunere și se calculează cu formula:

$$t_d = \frac{60l}{v_d} \quad [\text{mm}] \quad (4.12)$$

Dacă T este durata (în h) de funcșionare a sursei de curent; U – tensiunea (în V) a arcului de sudură; η - randamentul sursei; iar P_o – puterea acesteia (în kW) la mersul în gol, atunci energia consumată în procesul de sudare va fi:

$$W = \frac{U \cdot I \cdot t_d}{[1000 \cdot \eta + P_o(T - t_d)]} \quad [\text{kWh}] \quad (4.13)$$

c. **Sudarea aluminiului și aliașelor lui.** În special aliașele de turnare ale aluminiului se sudează electric în curent continuu cu electrod metalic sau de cărbune, legat la anod. Electrocul din sârmă de aluminiu se acoperă cu un înveliș compus din 5% clorură de potasiu și 5% fluorură de K. Electrocul trebuie să aibă diametrul aproximativ egal cu grosimea tablei. Intensitatea curentului se recomandă $I = (30-35)d$, pentru electrod metalic, iar tensiunea $U = (20-28)V$. După sudare se aplică același regim ca și la sudarea oxiacetilenică a aluminiului.

d. **Sudarea electrică a cuprului.** Se face în curent continuu cu electrod de cărbune. Curentul trebuie să aibă intensitate și tensiunea mare ($U = 40 - 55 V$).

Vergeaua de adaos este de cupru electrolitic sau bronz fosforos. Se lucrează repede, iar pentru înlăturarea oxizilor se folosește adaos decapant având 50-70% borax, restul fiind fosfat acid de sodiu 15%, SiO_2 , 15% și mangal 15% (fig. 4.10).

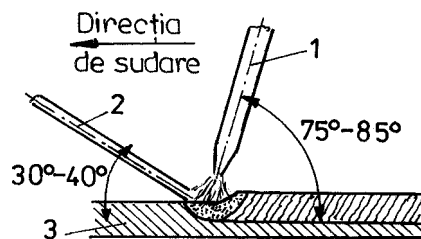


Fig. 4.10. *Sudarea cuprului cu electrod de grafit*: 1-electrod de grafit; 2-material de adaos; 3-metal de bază

e. *Sudarea electrică a bronzului*. Se poate face în curent continuu cu polaritatea inversă sau în curent alternativ cu electrozi de cărbune sau metalici (bronz cu staniu sau aluminiu). Intensitatea curentului se ia: 40 A pentru 1 mm de electrod, pentru curent continuu; 80 A pentru 1 mm ϕ electrod, pentru curent alternativ.

4.1.4. Recondiționarea prin sudură sub strat de flux. Principiul de lucru este următorul: electrodul și metalul de bază topit formează o baie de metal topit care se deplasează în sens invers direcției sudării, deplasare sub acțiunea jetului de gaze emanate de arcul electric. Fluxul topit izolează de aer zona de sudură și coloana arcului.

Electrodul se deplasează în sensul săgeții (spre stânga) timp în care se umple cavitatea creată de arcul electric (fig. 4.11).

Fluxul care acoperă partea superioară a piesei încetinește răcirea metalului supraîncălzit, influențând asupra structurii zonei sudate.

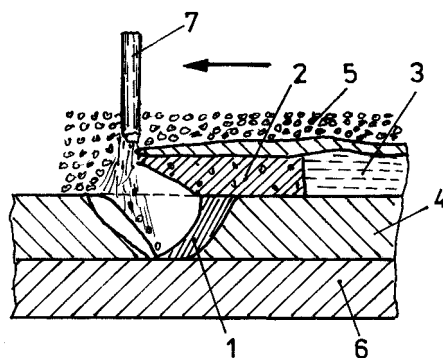


Fig. 4.11. *Schema procesului de încărcare sub strat de flux*: 1-metalul topit; 2-zgură lichidă; 3-zgură solidă; 4-metalul solidificat al cusăturii, 5-flux sub formă de pulbere; 6-metalul de bază; 7-electrod

Sudarea sub strat de flux se poate efectua semiautomat și automat, putându-se recondiționa fusurile pentru rulmenți, semiarbori planetari, arbori canelați etc. Se pot suda piese cu diametrul minim de 35 mm. Mai avantajos datorită scurgerii metalului topit – se poate aplica la piese cu diametrul mai mare de 50 mm. Instalația folosită în uzinele de reparații se compune din următoarele:

- grup de sudură electrică;
- strung paralel;
- aparatul de încărcare montat pe căruciorul strungului.

Aparatul de încărcare folosește o sârmă electrod care trece prin două role de tragere și printr-un ghidaj, de la care primește curentul electric. Fluxul se află într-un buncăr, care ajunge la piesă prin același ghidaj cu sârma (fig. 4.12).

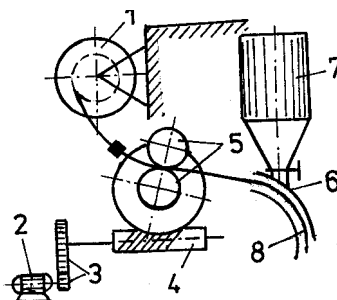


Fig. 4.12. *Aparat de încărcare cu sudură sub strat de flux*: 1-bobină pentru sârmă; 2-electromotor; 3-roți dințate; 4-angrenaje melcate; 5-role pentru avansul sârmei; 6-conductă cu ajutor; 7-buncăr pentru flux; 8- diuză

Procesul tehnologic de încărcare automată cu sudură sub strat de flux, care se folosește la recondiționarea semiaxelor de transmisie în uzinele de reparații este:

- degresarea și spălarea pieselor;
- montarea pieselor în dispozitive;
- reglarea distanței electrodului (15-20 mm);
- reglarea înălțimii dozatorului de flux (5-8 mm) față de piesă;
- pornirea grupului de sudură și reglarea curentului;
- pornirea strungului;
- punerea în funcțiune a automatului de sudură prin cuplarea căruciorului, pornirea electromotorului și deschiderea dozatorului de flux;
- oprirea procesului după efectuarea sudurii (se face după întreruperea sârmei electrod și apoi oprirea fluxului).

Sârma electrod trebuie să fie trasă și curată (să nu prezinte ulei, coroziuni).

Fluxul rezultat după folosire (zgura) se macină și se refolosește cu flux nou în proporție de 50%.

4.1.5. Sudarea electrică cu arc vibrator (acoperirea prin vibrocontact). Acest procedeu de recondiționare se caracterizează prin faptul că electrodul vibrează în timpul procesului de încărcare. Pentru răcirea piesei care se sudează, pentru călirea stratului de metal depus, cât și pentru protejarea acestuia împotriva acțiunii oxidante a mediului înconjurător se întrebuițează o emulsie de răcire. Procedeu se aplică pentru recondiționarea pieselor importante, fabricate din oțeluri aliate cu diametru mic, având în vedere următoarele avantaje:

- stratul depus cu grosimea de 1,5-3 mm are proprietăți antifricțiune superioare, o mare rezistență la uzură și o bună aderență la piesa de bază;

- piesa de recondiționat se încălzește puțin (sub 100°C) în timpul lucrului, ceea ce face să nu mai apară tensiuni interne (deformări) și nici modificări în structura metalografică (zona de influență termică este de numai 0,5 până la 1,5 mm);

- electrozii folosiți pot avea un bogat conținut în carbon sau aliaje, ceea ce permite obținerea unor straturi dure care nu mai fac necesar ulterior tratamentul termic al piesei;

- productivitatea procesului de acoperire este mare;

- procedeu nu impune o pregătire specială a piesei de recondiționat.

Instalațiile de sudare cu arc vibrator sunt alimentate de generatoare de curent continuu cu o tensiune de 15-25 V.

Nu se întrebuițează tensiuni mai mari pentru că la tensiuni mari arderea elementelor de aliere este intensă și conduce la scăderea durtății stratului depus, la creșterea pierderilor de metal, oxidarea puternică a materialului, supraîncălzirea piesei etc. Sudarea la tensiuni mai mici de 15-25 V scade substanțial productivitatea și se înrăutățesc calitățile mecanice ale stratului depus. Intensitatea curentului variază între 100 și 180 A. Se folosește polaritatea inversă: piesa de prelucrat este polul negativ, catodul, iar electrodul pentru adaos, polul pozitiv, anodul.

Sudarea electrică prin vibrocontact folosește vibratoare (electromagnetice sau mecanice) pentru electrozi care realizează o frecvență de 50-100 Hz și o amplitudine aproximativ egală cu grosimea stratului depus (1-3 mm). Dispozitivul de sudare se montează pe un strung. Regimul de sudare recomandat este următorul:

- viteza de depunere (viteza periferică a piesei) trebuie să fie de 20-60 m/h (valori mari pentru straturi de acoperire subțiri și invers);
- diametrul sârmei de acoperire de 1,5 – 2 mm;
- avansul longitudinal al capului vibrator este de 1,5-2,2 mm/rot (avansurile mari sporesc productivitatea, dar diminuează calitatea depunerii);
- lichidul de răcire constă fie dintr-o soluție 4-6% sodă calcinată în apă, fie dintr-o soluție de glicerină tehnică (15-20%) în apă.

Dacă înainte de acoperire bătaia piesei de reconșionat este mai mare de 0,5 mm, pentru a asigura arcului electric stabilitatea necesară, se recomandă strunjirea sau rectificarea ei.

Stabilitatea arcului electric, precum și grosimea și calitatea stratului depus depind direct de viteza de rotație a piesei de reconșionat. În tabelul 4.8 sunt prezentate vitezele de rotație în funcție de diametrul piesei de reconșionat.

Tabelul 4.8. *Regimuri de lucru la încărcarea prin vibrocontact*

Diametrul piesei de reconșionat, mm	Regimul turației piesei de reconșionat			
	Turația piesei, rot/min		Durata unei rotații, s	
	Grosimea depunerii, mm		Grosimea depunerii, mm	
	1,5-2,0	2,0-3,5	1,5-2,0	2,0-3,5
10	-23, 0-22,3	22,3-11,0	3	3-6
20	11,0-8,0	8,0-5,4	6-7	7-12
30	8,0-6,0	6,0-3,5	8-7	9-11
40	5,5-5,0	5,0-2,5	11-12	12-23
50	4,5-4,0	4,0-2,1	13-15	15-28
60	4,0-3,5	3,5-1,8	15-17	17-34
70	3,5-3,0	3,0-1,6	17-20	20-30
80	3,0-2,5	2,5-1,4	20-24	24-45
90	2,6-2,4	2,4-1,25	23-25	25-30
100	2,4-2,2	2,2-1,1	25-30	30-36
120	2,0-1,7	1,7-0,9	30-35	35-69
140	1,7-1,5	1,5-0,8	35-40	40-76
160	1,5-1,2	1,2-0,7	40-45	50-89
180	1,3-1,2	1,2-0,6	46-50	50-100
200	1,2-1,1	1,1-0,5	50-54	54-115

4.1.6. Încărcarea cu aliaje dure rezistente la uzură. Aliajele dure se aplică în special la organele active ale diferitelor mașini care se uzează în timpul exploatării. Ele conțin particule dure, carburi, uniform repartizate într-o materie de bază plastică. Natura aliajului și modul lui de aplicare, se aleg în funcție de solicitările la care este supusă piesa.

Depunerea aliajelor dure are ca scop creșterea durabilității organelor active ale mașinilor. Materialele de încărcare se găsesc sub formă de pulbere, granule, bare turnate, tubulare, sinterizate, sub formă de plăci etc. Aliajele sunt de tip stelit, relit, sormait și feroaliaje.

În România se fabrică feroaliajul FA – 3 (granule) format din amestecuri de 5% ferocrom, 14% feromangan, 2% ferovanadiu, 3% ferosiliciu, 70% pilitură de fontă, 6% grafit fulgi și sticlă solubilă în proporție de 120 g/kg, folosită ca liant.

1. Încărcarea cu flacără oxiacetilenică este folosită la durificarea pieselor cu sormait, stelit, relit și feroaliaje cu carburi de wolfram, sub formă de granule sau pulbere.

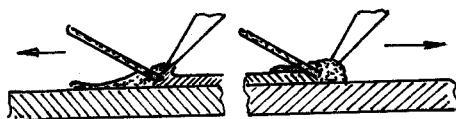


Fig. 4.13. *Scheme de încărcare cu flacără*

În fig. 4.13 este prezentată schema încărcării pe dreapta și pe stânga. Piesa de bază se încălzește mai întâi până la roșu, după care se interpune vârful vergelei de adaos între piesă și flacără. Dacă picăturile obținute din vergeaua de material dur, nu se depun uniform, înseamnă că materialul de bază nu este suficient încălzit.

2. Încărcarea cu arc electric se poate face folosind electrozi duri înveliți cu o compoziție formată din marmoră 54%, fluorură de calciu 43%, ferotitan 8% și grafit 4% iar ca liant silicat de sodiu în proporție de 30%. Curentul este continuu cu polaritatea directă, arcul cât mai scurt posibil și electrodul foarte puțin înclinat față de verticală. Cordonul obținut este prezentat în fig. 4.14.

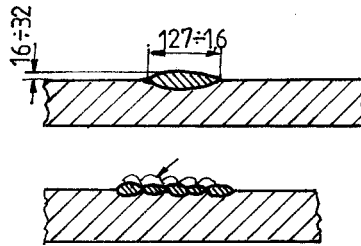


Fig. 4.14. *Secțiune prin cordonul de sudură încărcat:*
 a- încărcarea cu un strat; b-încărcarea cu straturi suprapuse

Pentru depunerea aliajului dur sub formă de granule, se utilizează electrozi de cărbune cu diametre între 8 și 25 mm. Se pot folosi de asemenea, electrozi din sârmă cu introducerea granulelor direct în baia topită (fig. 4.15).

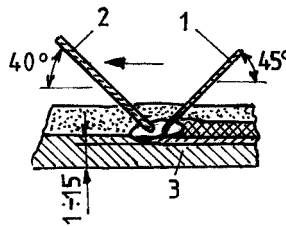


Fig. 4.15. *Încărcarea cu arc și introducerea carburilor direct în baia topită:* 1-electrod sârmă; 2-tubul cu carburi, 3-baia de sudare

În unele situații, se folosește procedeul de protejare a băii topite cu argon (argonare) sau cu hidrogen atomic (arc-atom) (fig. 4.16).

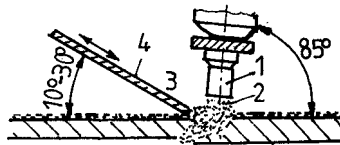


Fig. 4.16. *Încărcarea cu baia protejată:* 1-port-electrod; 2-electrod de wolfram; 3-gaz de protecție; 4-vergeaua de aliaj dur

4.1.7. Încărcarea pieselor prin sudare cu plasmă

Sub formă de plasmă, materia se caracterizează nu numai prin temperaturile înalte dar și printr-o mare densitate de energie, putând fi folosită, cu succes, în procesul de prelucrare a aliajelor metalice care, fie că se prelucrează greu, fie că nu pot fi prelucrate prin alte procedee.

Plasma rece se poate obține în practică prin următoarele procedee:

-cu ajutorul arcului electric, având temperaturi de 6000-15000°K și presiuni de ordinul celei atmosferice; arc electric se poate obține în curent continuu (pentru puteri până la 100 kW) (fig. 4.17) sau în curent alternativ (pentru puteri mai mari de 100 kW (fig. 4.18);

-cu ajutorul curentului de înaltă frecvență, la temperaturi de 6000°K și presiuni inferioare celei atmosferice; acest procedeu este mai economic, puterea maximă a generatorului fiind până la câțiva kilowați.

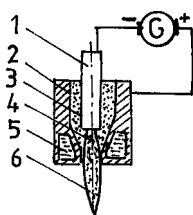


Fig. 4.17. **Generarea plasmei cu ajutorul arcului electric de curent continuu:** 1-electrod de wolfram; 2-ajutaj din cupru; 3-gaz plasmogen sub presiune; 4-arc electric; 5-apă de răcire; 6-jetul de plasmă; G - generatorul electric

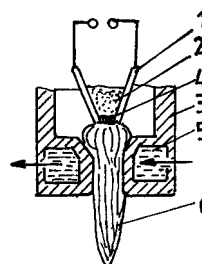


Fig. 4.18. **Generarea plasmei cu ajutorul arcului electric de curent alternativ:** 1-electrozi din wolfram; 2-gaz plasmogen sub presiune; 3-ajutaj din cupru, 4-arc electric; 5-apă de răcire; 6-jetul de plasmă

Există unele deosebiri între procedeul de recondiționare prin sudare cu arc electric și cel de recondiționare cu jet de plasmă. Astfel, la arc electric mediul ionizat îl constituie aerul, pe când plasma se dezvoltă într-un format dintr-un gaz (numit plasmogen) care se injectează din spatele electrodului. Aerul ionizat, precum și gazele dezvoltate ale arcului electric de sudură se găsesc la presiunea atmosferică, în timp ce la plasmă gazul plasmogen se introduce sub presiune, ceea ce determină viteze mari de curgere, Coloana arcului electric de sudură se dezvoltă liber, pe câtă vreme jetul de plasmă este puternic ștrangulat atât mecanic – prin existența unei

diuze la ajutoraj – cât și termic – din cauza unei mari diferențe de temperaturi între plasmă și pereții diuzei ajutorajului care sunt răciți cu apă, dar și electromagnetic, ca urmare a atracției dintre curenții electrici paraleli. Având în vedere forma coloanei, la arcul electric de sudare aceasta este tronconică iar la jetul de plasmă este cilindrică. În sfârșit, temperatura arcului electric de sudare este considerabil mai mică decât cea a plasmei.

Atât cercetările cât și practica au demonstrat că electrozii trebuie fabricați din wolfram aliat, pentru a asigura o ardere stabilă a plasmei, precum și pentru o intensificare a emisiunii termoelectrice. De asemenea, tot în practică se demonstrează că uzura electrodului pentru generarea plasmei depinde nu numai de materialul din care este confecționat ci și de: gazul plasmogen folosit, temperatura electrodului, regimul de lucru etc.

Debitul gazului plasmogen are o mare importanță în realizarea recondiționării pieselor prin sudare cu plasmă. Astfel, când acesta este prea mare atunci este îndepărtată baia de metal topit care se formează. Când, dimpotrivă, debitul gazului plasmogen se micșorează, atunci apare un fenomen nedorit, respectiv arcul electric secundar, care deteriorează atât ajutorajul cât și dispozitivul portelectrod. Arcul electric secundar, se anihilează prin aplicarea unui câmp magnetic exterior și prin folosirea unui gaz de focalizare. Din practică, s-au determinat valorile optime ale parametrilor generatorului de plasmă pentru sudare, respectiv: debitul gazului plasmogen de 600 l/oră, curentul de sudare de 80-140 A, iar pentru focalizare – folosirea hidrogenului.

Sudarea cu plasmă este un procedeu modern care oferă certe avantaje în comparație cu alte procedee. Durata efectuării sudării este mult mai mică (de circa 4-5 ori) din cauza vitezelor sporite de sudare care se pot obține. De asemenea, scade și durata ciclului de sudare de aproape două ori (timpul scurs de la prima operație pregătitoare și până la ultima operație finală).

Prin acest procedeu se realizează importante reduceri de consumuri de gaze (aproape de două ori), de material de adaos (de două ori și jumătate), precum și de personal pentru deservire (de peste trei ori).

Principalele caracteristici tehnice ale instalației I.T.S.P. – 15 sunt: tensiunea circuitelor de comandă de 24 V în curent continuu; puterea generatoarelor de plasmă de 55 kW (regim automat) și 45 kW (regim manual); tensiunea de mers în gol a generatoarelor de 260 V; diametrul electrodului de wolfram are 6 mm, tensiunea gazelor plasmogene este de 60 V pentru argon, 180 V pentru azot și 100 V pentru amestec argon + azot, curentul de lucru este de 350 A pentru regim automat și 260 A pentru regim

manual; presiunea gazelor la amorsare: 0,5 – 1,2 MPa pentru azot, 1,5-4,5 MPa pentru argon și 1,2-3,5 MPa pentru amestec de argon + azot; presiunea gazelor la sudare: 4,5 – 5,2 MPa pentru azot, 3,2 MPa pentru argon și 3,5 – 4,5 MPa pentru amestec argon + azot; focalizarea jetului se poate realiza cu aer la presiunea de 1,8 – 3 MPa sau cu amestec de azot și hidrogen la presiunea de 2 – 3,5 MPa.

Instalația este fabricată în România.

Încărcarea prin sudare cu plasmă a pieselor de recondiționat constă în acoperirea suprafețelor uzate cu metale sau aliaje de adaos, care au performanțe suplimentare metalului de bază (fig. 4.19).

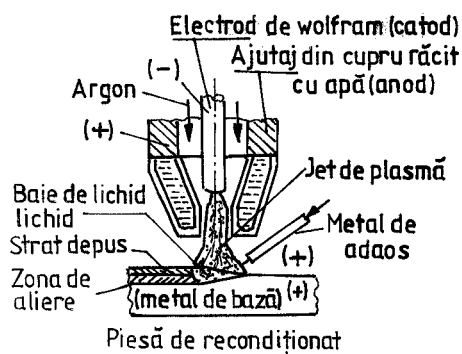


Fig. 4.19. *Schema de principiu a încărcării prin sudare cu plasmă*

Jetul de plasmă topește rapid și concomitent atât metalul de adaos cât și un strat din cel de bază, fenomenul putând fi condus, reglat și controlat cu ușurință. Zona de metal topit (baia de metal constituită din metalul de adaos și cel de bază) se numește zonă de aliere. Aceasta trebuie să fie de o grosime cât mai mică dar să asigure o bună legătură între cele două metale de adaos și de bază), astfel când piesa recondiționată va fi supusă unor solicitări mari (șocuri mecanice și termice, frecări intense etc.) stratul depus să nu se desprindă. Pentru o încărcare de calitate superioară trebuie ca stratul depus să fie compact și cât mai uniform (obținut dintr-o singură trecere), iar metalul de bază să fie cât mai puțin afectat termic în adâncime (zona de influență termică să fie minimă). presiunea jetului de plasmă va fi astfel aleasă încât să evite tendințele de împrăscare a metalului de bază, precum și pierderile de metal topit. În sfârșit, o ultimă condiție impusă unei încărcări corespunzătoare prin sudarea cu jet de plasmă este realizarea unei bune protecții cu gaze neutre a băii de metal topit pentru a

evita oxidările. Toate aceste condiții se pot realiza utilizând diferite instalații de sudare cu jet de plasmă. Temperaturile ridicate ale acestuia permit folosirea unei largi game de metal și aliaje pentru încărcare obținându-se, în final, suprafețe cu proprietăți mecanice superioare ale unor piese de recondiționat deosebit de pretențioase și care lucrează la intense solicitări mecanice și termice (arbori, supape, bolțuri, segmenti, came etc.).

4.1.8. Utilajul pentru sudarea cu arc, sub strat de zgură prin contact.

Utilajul folosit la sudare are o simbolizare standardizată. Simbolizarea utilajului constă din două, patru litere, urmate de o liniuță și de 3,4 cifre și un grup de litere și cifre.

Literele indică: primele două – arată din ce tip este piesa; a treia – modul de protecție a zonei de sudare cu arc electric (pentru sudarea manuală a treia cifră nu se indică); a patra – modul de confecționare a piesei. Cifrele au următoarele semnificații: prima și a doua – intensitatea nominală a curentului de sudare (în decaamperi pentru semiautomate și automate, transformatoare pentru sudarea sub flux, redresoare pentru tăierea cu temperaturi înalte), următoarele două cifre indică numărul tipului utilajului. Litera și cifra care urmează este codul de confecționare a utilajului și categoria de instalare a utilajului. pentru a arăta mai clar cum se folosesc toate cifrele se dă în continuare următorul exemplu:

Pentru simbolul: **TAΦC-12002Y3 (TAFS-1003U3)** avem:

TA (TA) – transformator pentru sudare cu arc;

Φ (F) – sub flux;

C (S) – cu caracteristică stabilă;

10 – intensitatea nominală de sudare 1000 A;

02 – notarea tipului transformatorului;

Y3 (U3) – confecționat climaterică.

Mai jos arătăm simbolizarea conform STAS pentru sudarea cu arc și semnificațiile ei.

Transformatoarele cu o fază și cu un post:

TA (TA) – transformator cu arc de sudare confecționat cu reglarea intensității de sudare:

M (M) – mecanică;

E (E) – electrică;

TAΦ (TAF) – transformator pentru sudarea automată sub flux cu următoarele caracteristici posibile:

C (**S**) – cu caracteristici stabile;
K (**C**) – cu caracteristici căzătoare;
Y (**U**) – cu caracteristici universale.

Redresoare: 1. PA (**RA**) – redresor cu caracteristici căzătoare pe exterior la sudarea cu arc.

2. PTK□ (**RTCI**) - redresor pentru tăierea cu curent de înaltă frecvență cu următoarele caracteristici posibile:

M (**M**) – manuală; C (**S**) – semiautomată;
A (**A**) – pentru tăierea automată.

Convertizoare și generatoare:

KA (**CA**) și □A (**GA**) - convertizoare și generatoare de sudat cu caracteristici exterioare căzătoare.

□C□ (**GSP**) – generatoare de sudat cu un post;

□CM□ (**GSMP**) – generatoare de sudat cu mai multe posturi.

Agregate de sudat cu caracteristici căzătoare exterioare: AC (**AS**) cu următoarele caracteristici:

D (**B**) – cu cablul de la motor la carburator;

Z (**D**) – cu antrenare de la diesel;

P□ (**RN**) – redresoare de balast;

□E (**PE**) – portelectrozi.

Conectorii de cablu (la intensitatea de 200-630 A) au simbolizarea KK (**CC**) cu următoarele semnificații:

H (**N**) – nedemontabili;

Z (**D**) – demontabil.

Semiautomatele pentru sudare cu electrozi au simbolizarea CA (**SA**) și sunt confecționați în următoarele variante:

Φ (**F**) – flux;

□ (**G**) – cu gaze active;

□ (**I**) – cu gaze inerte;

A (**A**) – cu gaze active și inerte;

Z (**D**) – cu arc deschis.

Conform STAS 15543-70 și STAS 15150-69 utilajele pentru sudare sunt produse pentru următoarele tipuri de variante climatice:

M (**M**) – pentru regimul de climă moderată;

MP (**MR**) – pentru regiuni cu climă moderat-rece;

T (**T**) – pentru regiuni cu climă tropicală.

Funcție de condițiile atmosferice de funcționare a utilajului se deosebesc:

1 – utilajele care funcționează în aer liber;

- 2 – utilaje care funcționează în lipsa acțiunii condițiilor atmosferice;
 3 – utilaje care funcționează în încăperi închise, fără posibilitatea reglării condițiilor de lucru ca umiditate, temperatură etc.;
 4 – utilaje care funcționează în încăperea încălzită și ventilată;
 5 – utilaje ce funcționează în încăperi cu umiditate sporită.

Tabelul 4.9. *Temperatura admisibilă a aerului la exploatarea utilajului*

Varianta de utilaj după climă	Categorია de amplasare	Temperaturile admisibile, °C	
		de lucru	limite
M (M)	1; 2; 3	-45...+45	-50...+45
MP (MR)	1; 2; 3	-60...+40	-60...+45
T (T)	4	+1...+35	+1...+40

Tabelul 4.10. *Utilaje de serie pentru sudarea cu arc și pentru sudarea electrică sub strat de zgură*

Marca transformatorului	Intensitatea (A)		Tensiunea (V)		Puterea nominală, kW	Dimensiunea de gabarit, mm	Masa, kg
	Nominală	Limita de reglare	Nominală	Limita de reglare			
Sudarea cu arc manuală							
TA-306U2	160 ^{*1}	60-175	26,4	70	11,4	570x325x530	38
TA-306U2	250 ^{*2}	100-300	30	70	17,5	630x365x390	65
TAM-502U3	500 ^{*3}	100-560	40	75	26,5	720x365x590	240
Sudarea automată sub strat de flux							
TAFCS-100ZU3	1000 ^{*4}	300-1200	56	-	125	1340x760x1220	550
TAFCS-200ZU3	1000 ^{*4}	600-2200	76	120	240	1340x760x1220	850
Sudarea manuală cu arc și tăiere cu electrod de colțar							
TAM-1601U3	1600 ^{*4}	1000-1600	49	76	160	635x1053x1450	1100

Tabelul 4.11. Redresoare pentru sudarea cu arc

Marca tansformatorului	Intensitatea (A)		Tensiunea (V)		Puterea nominală, kW	Dimensiunea de gabarit, mm	Masa, kg
	Nominală	Limita de reglare	Nominală	Limita de reglare			
RA-201U3	200 ^{*2}	30-200 ⁶	28	64-17	15	716x622x775	120
RA-50202U3	500	50-500 ⁰	40	80	42	810x550x1077	348
RAG-301U3	315	50-315	40	60	12,6	605x735x950	230
RAG-601U3	630	100-700	18-36	90	69	1250x920x1155	595
RAU-304UML3	500 ⁻²	100-500	18-50 ^{*0}	-	40	1275x816x940	385
RAM-1001U4	315 ^{*5} (1000)	-	60 ^{*0}	70 ^{*0}	58	110x700x900	420
RAM-1601U3	1000 ^{*7}	-	60 ^{*0}	100 ^{*0}	96	1150x850x1650	770
RAUM-4x201U3	400 ^{*5 +*}	100-400 [*]	75 ^{*0}	80 ^{*0}	90	1350x850x1250	900

Observații: 1. Se mai întâlnesc redresoare cu impulsuri cu caracteristicile: amplitudinea maximă a impulsurilor 100A, frecvența impulsurilor 50-100 Hz.

2. *2 PH =35%; *3 PH 100%; *4 Numărul de posturi; *5 Pentru un post; *6 Pentru 7 posturi ; *7 Pentru 9 posturi ; *8 Pentru caracteristicile la ridicare.

Tabelul 4.12. Agregate pentru sudarea cu arc

Marca tansformatorului	Intensitatea (A)		Tensiunea (V)		Puterea nominală, kW	Dimensiunea de gabarit, mm	Masa, kg
	Nominală	Limita de reglare	Nominală	Limita de reglare			
ASD-300-7U1	315	100-315	32	90	22	660x890x1685	640
ASB-300U91	315	100-315	32	85	18	1900x880x1250	900
ADD501U1	315	260-510	40	-	37	2550x1200x1270	1600
ASUM-400U1	400	100-400	70	-	42	1660x560x920	915
ASDP-5000-314	500	50-315	55	-	29	1900x900x1200	915
ADD-312U1	315	30-350	32	-	27,5	6240x2350x2360	1010
PAS-400VIU3	500	120-600	40	-	48	2950x900x1550	1990
PAS-400VIU1	500	120-600	40	-	48	1950x900x1550	1990

Tabelul 4.13. *Portelectrozi tip clește și reostat de balast*

Marca utilajului	Intensitatea nominală de sudare, A	Dimensiunile de gabarit, mm	Masa, kg
PE-3102U1	315	269x84x36	0,48
PE-5001U1	500	293x92x40	0,67
RB-301U2	315	583x380x655	35

Tabelul 4.14. *Arzătoare pentru sudarea manuală și cea arcargonică*

Marca arzătorului	Intensitatea maximă de sudare, A	Diametrul electrodului de wolfram, mm	Dimensiunile de gabarit, mm	Masa, kg
ABS-5-2	80	1; 1,5	270x120x18	0,18
ABS-3-66	160	1,5; 2; 3	250x133x30	0,8
AESM-4	500	4; 5; 6	235x140x120	0,7

Tabelul 4.15. *Convertizoare și generatoare pentru sudarea cu arc*

Marca transformatorului	Intensitatea (A)		Tensiunea (V)		Puterea nominală, kW	Dimensiunea de gabarit, mm	Masa, kg
	Nominală PM-60%	Limita de reglare	Nominală	Limita de reglare			
CA-305U2	315	40-350	32	82	10,4	1300x600x850	295
CA-502U2	500	75-500	40	80	30	1065x650x935	550
CSP-3002U2	315	115-315	32	90	96	1069x620x822	435
CSG-500-1U3	500 ⁺¹	60-500	40	80	31	1050x560x101	460
GA-304U3	315	15-350	32,6	75-80	-	5	260
GA-502U2 ⁺²	500	15-500	40	90	-	676x622x698	400
GSP-300-5U2	315	100-315	32	90	8,6	950x500x750	275
GSM-500U2	2x315	50-630	55	70	27,6	740x475x660	680
UAI-101U1	125	15-135	25	-	7,5	1017x636x585	230

*1 Pentru sudarea automată și semiautomată;

*2 Universal;

*3 Cu două posturi

*4 Pentru sudarea în curent continuu și pentru încărcarea acumulatorilor.

Tabelul 4.16. **Secțiunea totală a cablurilor pentru sudarea cu sârmă de cupru la răcire reforțată** (în paranteze sunt indicate cablurile ce se folosesc la sudarea manuală cu arc)

Intensitatea nominală de sudare , A	125	200	250	315	400	500	1000	1600
Secțiunea, mm ²	(16) (25)	(25) 35	(35) (50)	(35) 50	50 (70)	70 (95)	200	300

Tabelul 4.17. **Instalație pentru sudarea arcargon cu electrozi ce se depun**

Parametrii	Marca instalației	
	IAG-501-1UL4	IAG-301-301UHL4
Intensitatea de sudare, A	500	315
Nominală la PH-60%	40-500	15-315
Limitele de reglare		
Diametrul electrozilor, mm	2-10	0,8-6
Puterea nominală, kW	40	25
Dimensiunile panoului de reglare, mm	100x650x900	800x700x900

Materialele utilizate la sudarea electrică prin topire

În conformitate cu STAS 9466-85, electrozii pentru sudare și pentru topire a oțelurilor se prezintă sub forma unui raport:

$$\frac{E142 - UONI.13/45/50/UD3}{E412(5) - 820}$$

unde: E42A este tipul electrodului ;
 UONI – masa
 5,0 – diametrul, în mm;
 U – grosimea de învelire;
 3- grupa de calitate a electrodului;
 E – electrod;
 412(5) – grupa ce caracterizează ce metal are îmbinare sudată;
 B – ce fel de înveliș avem;

- 2 – locul ocupat de sudare;
- O – cerințele impuse arcului electric.

Indicații privind folosirea electrozilor după simbolizarea grupei

U – electrod pentru oțeluri de construcție cu $\sigma_r < 600$ mpA;

L – electrod pentru oțeluri aliate de construcție cu rezistență $\sigma_r > 600$ MPa;

T – electrozi folosiți pentru oțeluri cu rezistență termică ridicată;

V – electrozi pentru oțeluri de calitate înalt aliate;

N – electrozi pentru oțeluri cu punct de topire scăzut.

Pentru grosimea stratului se folosesc;

M – pentru strat subțire;

C – pentru strat mediu;

O – pentru strat de grosime mare;

G – pentru strat cu grosimea foarte mare.

După calitate, electrozii sunt împărțiți în trei grupe notate **1, 2, 3**, electrozii din grupa 1 având calitatea cea mai scăzută.

Tipul învelișului este dat de unul din următoarele litere:

A – caracter acid;

B – caracter de bază alcalin;

R – caracter rutilic;

C – caracter celulozic;

G – 20% praf de oțel.

Pozițiile în care se poate suda sunt date de următoarele simboluri:

1- toate pozițiile;

2- în afară de poziția pe verticală de sus în jos;

3- în afară de poziția pe verticală de sus în jos și pe podea;

4- numai în poziția de jos.

Simbolizarea cerințelor de alimentare cu curent electric al arcului

Pentru curent continuu pot fi următoarele cazuri:

Orice polaritate – simbolurile – **1 4 7**

Pentru polaritate directă – simbolurile – **2 5 8**

Pentru polaritate inversă – simbolurile – **0 3 6 9**

Pentru curent alternativ, nu sunt folosite valorile tensiunilor de 50, 70 și 90 V.

Electrozii pentru sudarea oțelurilor de construcție conform STAS 9467-75 se subîmpart după calitățile mecanice ale cusăturii la temperatura nominală dată în tabelul 4.19.

Pentru sudarea cu rezistența cusăturii $\sigma_{ccv} < 600$ MPa, simbolul se aplică prin:

Primele două cifre reprezintă rezistența la strivire, a treia reprezintă alungirea medie δ raportată la temperatura critică de fragilitate T_f . Astfel simbolul de mai sus al electrozilor se explică prin:

UONI3/14 – marca;

E42A – tipul electrozilor;

5.0 – diametrul în mm;

Y – electrod pentru sudarea oțelului cu conținut de oxid de carbon

cu rezistența $\sigma_{ccv} < 600$ MPa;

D – grosimea învelișului;

3 – a treia grupă de calitate;

41 - $\sigma_{ccv} < 410$ MPa;

2 - $\delta > 22\%$;

5 – $T_f = -40^\circ\text{C}$;

B – învelișul este de tip bază;

2 – sudarea se efectuează în toate pozițiile în afară de cea de sus în

jos;

O – se sudează în curent continuu de polaritate inversă.

Tabelul 4.18. *Tipuri de electrozi folosiți la sudarea cu arc a oțelurilor de construcție și caracteristicile mecanice ale sudurii*

Tipul electrodului	δ , %	KCU MJ/m ² *2	Tipul electrodului	δ , %	KCU MJ/m ² *2
E38	14	0,3	E55	20	1,2
E42	18	0,8	E60	18	1,0
E42H	22	1,5	E70	14	0,6
E46	18	0,8	E85	12	0,5
E46A	22	1,4	E100	10	0,5
E50	16	0,7	E125	8	0,4
E50A	20	1,3	E150	6	0,4

*1 Numărul din cadrul simbolului electrodului reprezintă rezistența echivalentă σ_{ccv} a îmbinării (după STAS 9966-85) în MPa. Caracteristicile mecanice ale îmbinărilor prin sudare folosind electrozi de tipul E38-860

sunt determinate după sudare, iar pentru electrozii de tip E20 – E150 – după prelucrarea termică în corespondență cu cerințele impuse pentru sudare cu respectiva marcă de electrod.

*2 KCU reprezintă rezistențe la șocuri conform STAS 9454-85.

Electrozii pentru sudarea oțelurilor aliate cu rezistență termică sunt fabricate și simbolizate conform STAS 9467-85, iar cele pentru sudarea oțelurilor înalt aliate de calitate, conform STAS 10052-75.

Tabelul 4.19. *Simbolizarea tipului cusăturii, confecționată cu electrozi pentru sudarea oțelurilor de construcție $\sigma_{ecv} < 600$ MPa*

Caracteristicile mecanice	Primele două cifre ale simbolului	A treia cifră a simbolului									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	
δ , %	37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	41 sau 43	20	20	22	24	24	24	24	24	24	24
	31	18	18	20	20	20	20	20	20	20	20
T , *2	teste	-	+20	0	-20	-30	-40	-50	-60	-70	

Tabelul 4.20. *Tipurile electrozilor pentru sudarea cu arc a oțelurilor aliate cu rezistență termică ridicată și caracteristicile cusăturii la temperatura atmosferică*

Tipul electrodului	σ_{ecv} , MPa	δ , %	KCU MJ/m ²
E-09M	440	18	1,0
E-09MX	450	18	0,9
E-09X1M	470	18	0,9
E-05X2M	470	18	0,9
E-09X2M1	490	16	0,8
E-09X10	490	16	0,8
E-10X10	490	16	0,8
E-10X5MO	540	14	0,6
E-10X3M180	540	14	0,6

Tabelul 4.21. *Temperaturi de lucru a cusăturilor executate cu electrozi pentru sudat oțeluri aliate și rezistente la temperaturi ridicate*

Temperatura maximă la care caracteristicile metalului topit nu se schimbă	A doua cifră a simbolului electrozului
450-465	1
470-485	2
490-505	3
510-525	4
530-555	5
570-585	7
590-600	8

Tabelul 4.22. *Tipuri de electrozi pentru sudarea oțelurilor înalt aliate și caracteristicile mecanice ale cusăturii la temperatura atmosferică*

Tipul electrozului	σ_{ccv} , MPa	δ , %	KCU MJ/m ²
E-12X13	590	16	0,5
E-06X13H	640	14	0,5
E-10X17T	640	-	0,5
E-12X11MMF	690	15	0,5
E-14X11MBMF	740	14	0,4
E-10X16M4B	740	12	0,4
	980	8	

Tabelul 4.23. *Indicele cusăturii metalului în simbolizarea electrozilor pentru oțeluri înalt aliate*

Cifra simbolului	Semnificațiile cifrelor			
	prima ^{*1}	a doua ^{*2}	a treia ^{*3}	a patra ^{*4}
1	A	<500	<600	0,5-4
2	AM	510-550	610-650	2-4
3	S	560-600	660-700	2-5,5
4	V	610-650	710-750	2-8
5	D	660-700	760-800	2-10
6	-	710-750	810-900	4-10
7	-	760-800	910-1000	5-15
8	-	810-850	1010-1100	10-20

*1 – Metalul topit și metalul cusăturii nu se corodează în cristale (STAS 6032—85).

*2 – Temperatura maximă la care sunt reglementate cusăturile pentru o durată îndelungată, °C.

*3 – Temperatura maximă a cusăturilor la care se formează, pentru oțeluri cu punct ridicat de topire, °C.

* Conținut de ferită și austenito-ferită la metalul topit, %.

$$h = a + \frac{(D_n - D)}{2} \quad (4.14)$$

Valorile adaosului de prelucrare sunt indicat în tabelul 4.29.

Tabelul 4.29. *Adaosuri de prelucrare, a, în mm*

Diametrul piesei, în mm	Adaosul de prelucrare, în mm			
	Când se execută strunjirea și rectificarea			Când se execută numai rectificarea
	Strunjire	Rectificare	Total	
Până la 25	1,0	0,3	1,3	0,5
25-50	1,2	0,4	1,6	0,7
50-75	1,4	0,5	1,9	0,9
75-100	1,6	0,5	2,1	1,1
100-125	1,8	0,5	2,3	1,3
125-150	2,0	0,5	2,5	1,5
150-200	2,5	0,5	3,0	1,6
200-250	2,8	0,5	3,3	1,8
250-300	3,0	0,5	3,5	2,0
300-400	3,5	0,5	4,0	2,5
400-500	4,0	0,5	4,5	3,0

4.2. Recondiționarea pieselor prin metalizare

4.2.1. Metalizarea cu pulberi metalice. Instalația de metalizare cu pulberi metalice este de tipul cu flacără (gaze) și se compune din:

- aparatura de metalizare, alcătuită din: pistol de metalizare, set diuze arzător, set complet de pulberi metalice (cu durități între 20 – 65 HRC), reductoare de presiune, pastă izolanță (fig. 4.21);

- sursa de combustie, formată din recipiente de acetilenă și oxigen;
- sursa de aer comprimat pentru pulverizare;
- instalațiile auxiliare (de răcire, de control etc.).

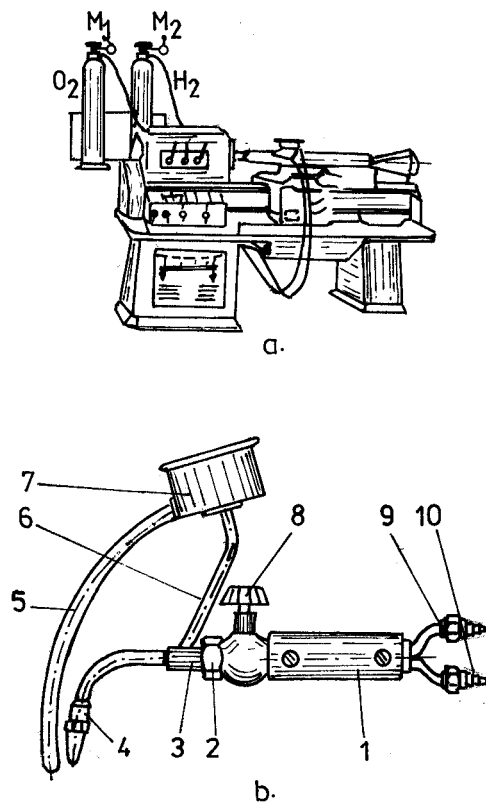


Fig. 4..21. *Instalație de metalizare cu pulberi*: a –instalația în ansamblu;
b-pistol de metalizat

Presiunea de lucru a gazelor de combustie este de 0,4 – 0,5 MPa când se folosește oxigen și de 2 MPa când se utilizează acetilenă.

Pulberile metalice folosite ca materiale de adaos sunt amestecuri de metale – nichel, cobalt, fier, crom, cupru, aluminiu, molibden etc. – cu fondanți în proporție riguros stabilită pe cale experimentală.

În tabelul 4.30 se arată compoziția chimică a unor pulberi metalice întrebuințate la Institutul de studii și cercetări în transporturi.

Tabelul 4.30. *Pulberi pentru metalizare*

Tipul pulberii metalice										
	Carburi de Wo și Co	Oțel	Ni	Cr	Ca	Si	Bo	Cu	Mo	Co
12C	-	2,5	77,5	-	15	2,5	2,5	-	-	-
14E-k4F	-	4	74	10	6	3,5	2,5	-	-	-
15E-15F	-	4	73,5	14	1	4	3,5	-	-	-
16C	-	2,5	61,5	17	5	4	4	3	3	-
18C	-	2,5	27	16	2	3,5	3	-	6	40
31C	35	2,5	34,5	18	5	2,5	2,5	-	-	-
32C	50	8	14	11	1	8	8	-	-	-
34F-34F8	50	3,5	34	3,5	5	2	2	-	-	-

4.2.2. Metalizarea cu sârmă. Acest procedeu de metalizare se poate efectua cu flacără (gaze), cu arc electric și curenți de înaltă frecvență.

Instalația cu sârmă și cu flacără se compune din: pistolul de metalizare; bobină de sârmă; butelii de acetilenă și oxigen; compresor de aer uscător și butelie; reductor de presiune; debitmetru pentru gaze.

De la pistolul de metalizare se poate modifica viteza de alimentare (avansul sârmei de adaos) printr-o turbină cu aer care lucrează combinat cu un mecanism magnetic (fig. 4.22 a).

Sârma de adaos este fabricată din diferite metale – oțel carbon, oțel aliat, crom, oțel inoxidabil, oțel special cu mangan – sau aliaje (nichel și crom, molibden, cupru etc.).

Instalația de metalizare cu arc electric se compune din: pistol de metalizare, bobine de sârmă, generator de curent (continuu sau alternativ), transformator și redresor, compresor de aer comprimat cu uscător, butelie și regulator de presiune (fig. 4.22 b).

În tabelul 4.31 se arată principalele caracteristici ale unor instalații de metalizare.

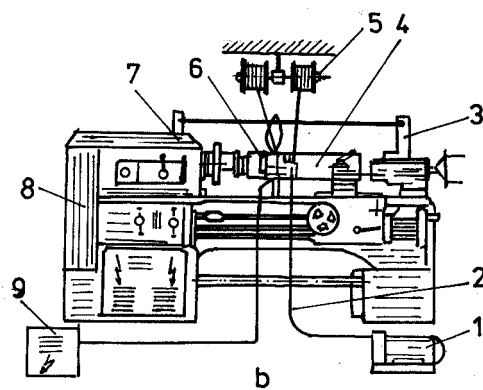
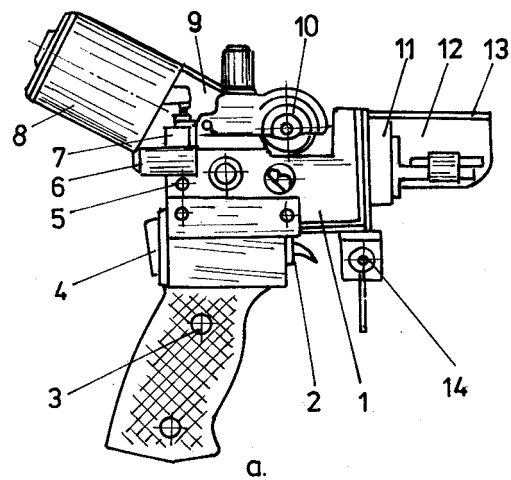


Fig. 4.22. Metalizarea cu sârmă: a-pistol de metalizare;
b- instalație de metalizare

Tabelul 4.31. *Aparate pentru metalizare*

Tipul aparatului de metalizare	Marca	Greutatea, daN	Tipul mecanismului de avans a sârmei	Viteza de avans a sârmei, m/min	Diametrul sârmei, mm	Intensitatea curentului, A
Cu gaze	AD-1	1,2	-	1,5	2,5	-
Electric	EM-6	2,1	Motor electric 75W	0,7-4,5	1,5-2,5	300
Electric	ICR	3,5	Turbină pneumatică 20000-38000 rot/min	2,5-3	1,2-1,5	90-100

4.3. Recondiționarea pieselor prin galvanizare

Galvanizarea este un proces de depunere electrolitică a unor metale pe suprafața pieselor. Ea este utilizată atât în fabricație, cât mai ales în procesul de recondiționare a pieselor, agregatelor și subansamblurilor. Avantajele acestui procedeu sunt elocvente: suprafețele acoperite prin galvanizare au duritatea mare, rezistență la uzură sporită, iar stratul depus pe cale electrolitică este uniform și precis controlat, evitându-se astfel adaosurile mari de prelucrare. În plus, la recondiționarea prin galvanizare nu se modifică proprietățile mecanice și structura materialului pieselor.

Stratul depus prin galvanizare are proprietăți diferite de cele ale acoperirilor metalice realizate prin alte procedee (sudare și metalizare); ele sunt determinate de modul specific de cristalizare, de existența unor incluziuni de oxizi de dimensiunile mult mai mici ale grăunților de cristal, toate conducând la apropierea substanțială a tenacității, rezistenței la uzură și, mai ales, a durității. În tabelul 4.32 se prezintă comparativ duritatea unor straturi galvanice cu acele obținute pe cale metalurgică (laminare, turnare etc.).

Tabelul 4.32. *Duritatea diferitelor depuneri*

Metalul din compunerea stratului	Duritatea, HB	
	Strat obținut prin galvanizare	Strat obținut metalurgic
Nichel	600	300
Radiu și platină	700	150-200
Crom	1000	350-400

După natura metalului depus pe suprafața piesei de recondiționat, galvanizarea poartă numele de: cromare, nichelare, cuprare (arămire), oțelire (fierare), cositorire, plumbuire etc.

Procesul de recondiționare prin galvanizare are doi parametri de bază: timpul (durata) de încărcare și densitatea de curent, a căror reglare permite obținerea grosimii dorite a stratului depus. Pentru o mai bună aderare cu stratul de metal depus pe cale electrică, suprafața piesei de recondiționat trebuie pregătită corespunzător.

Galvanizarea are și unele dezavantaje legate îndeosebi de durata mare a procesului de depunere, precum și de prețul de cost ridicat al utilajelor, instalațiilor și a materialelor. De aceea, procedeul este

recomandabil numai pentru recondiționarea pieselor de mare importanță, sau a celor cu uzuri mici.

După galvanizare, piesele recondiționate se prelucrează mecanic pentru a fi aduse la dimensiunile necesare.

4.3.1. Fenomenul de galvanizare. Se cunoaște că elementul galvanic este format dintr-o baie – ce conține un lichid bun conducător de electricitate, numit electrolit – și doi electrozi, bine izolați între ei și legați la o sursă de curent continuu. Catodul este electrozului legat la polul negativ, iar anodul, cel legat la polul pozitiv al sursei. În baie, diferența de potențial dintre cei doi electrozi dă naștere unui curent electric care face ca ionii pozitivi să fie atrași de catod (anioni) iar cei negativi să se depună pe anod (cationi).

La depunerile electrolitice metalul cu care urmează a se face acoperirea se prezintă fie sub formă de săruri, fie de bare metalice cu săruri. Sărurile se dizolvă în electrolit (apă, acid sulfuric etc.), iar piesa de recondiționat se leagă la catod. Anozii sunt solubili (când anionii intră în reacție cu anodul iar acesta se consumă) și insolubili.

Cantitatea de metal depusă la catod (pe piesa de recondiționat) se calculează cu relația lui Faraday:

$$m = K \cdot I \cdot t \cdot \eta \quad (4.15)$$

în care: m este cantitatea de metal depusă, în grame sau N; K – echivalentul electrochimic al metalului care se depune, g/A sau N/Ah; I – intensitatea curentului, în A; t – timpul cât se face depunerea, h; η - randamentul curentului (determinat experimental pentru fiecare electrolit reprezintă raportul dintre cantitatea de metal depus real și cea teoretică posibilă).

În tabelul 4.33 se dau câteva valori pentru echivalentul electrochimic, K și randamentul curentului η .

Tabelul 4.33. Echivalentul electrochimic și randamentul curentului

Procedeul de galvanizare	Săruri din electrolit	K (g/Ah)	η
Nichelare	Sulfat de nichel (NiSO ₄) Clorură de nichel (NiCl ₂)	1,095	0,85-0,95
Cromare	Anhidridă cromică (CrO ₂)	0,325	0,12-0,18

Procedeul de galvanizare	Săruri din electrolit	K (g/Ah)	η
Cuprare	Sulfat de cupru (CuSO_4)	1,186	0,95-0,90
	Cianură de cupru (CuCN)	2,372	0,60-0,80
Fierare	Sulfat de fier (FeSO_4)	1,042	0,90-0,95

4.3.2. Cromarea. Cromul depus pe cale electrolitică are culoare argintie-opacă și este foarte dur (600 – 1200 HB). El se poate depune pe suprafața pieselor de recondiționat fabricate din oțel, fontă, cupru, alamă, aliaje de aluminiu etc. Stratul de crom are rezistență la coroziune mare, un coeficient de frecare mic, precum și duritate și rezistență la uzură mari. Rezistența la rupere a stratului scade odată cu creșterea grosimii lui. Odată cu creșterea grosimii stratului scade și rezistența la oboseală, care poate fi restabilită dacă piesei i se aplică un tratament termic de revenire (la 150 – 250°C timp de trei ore). Umectarea cu ulei a suprafeței stratului de crom se face greu; din această cauză frecarea este semiuscată, dezavantaj eliminat la cromarea poroasă.

Electrolitul folosit la cromare este o soluție apoasă de anhidridă cromică (CrO_3) cu adaos de acid sulfuric (H_2SO_4). Anozii băii de cromare sunt insolubili și se confecționează din plumb pur sau aliaj de plumb și stibiu (fig. 4.23).

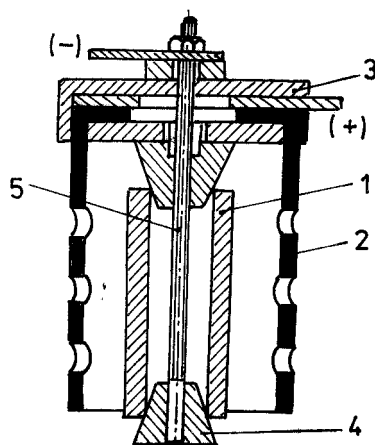


Fig. 4.23. **Cromarea bolțului de piston:** 1-bolț; 2-anod; 3-placă; 4-con filetat; 5-tijă filetată

Tensiunea aplicată la electrozii băii este de 6 – 10 V. Depunerea continuă de crom pe piesă duce la scăderea concentrației de anhidridă cromică, ceea ce face necesară completarea sistematică a băii cu electrolit. La anod se degajă o mare cantitate de oxigen, care oxidând plumbul, scade randamentul de depunere a stratului de crom. Pentru a preveni o astfel de situație, periodic, anozii trebuie curățați de peroxidul de plumb cu ajutorul unor soluții de acid sulfuric și de bioxid de sodiu.

Pentru o bună cromare este necesar ca raportul dintre anhidrida cromică și acidul sulfuric din electrolit să se mențină constant, optim fiind 90 – 120. Micșorarea acestui raport duce la scăderea capacității de difuziune a electrolitului, precum și a randamentului. Mărirea lui peste limita admisă sporește cantitatea de gaze degajată (hidrogen și oxigen) și favorizează apariția fisurilor în stratul de crom depus. Concentrația de anhidridă cromică și acid sulfuric determină trei categorii de electrolit care conduc la randamente diferite și proprietăți specifice (tabelul 4.34).

Tabelul 4.34. *Băi de cromare*

Tipul electrolitului de cromare	Concentrație		Randament	Proprietăți
	CrO ₃	H ₂ SO ₄		
slab	140-160	1,4-1,6	0,16	Duritate mare. procesul este greoi din cauza scăderii rapide a cantității de anhidridă cromică, fiind necesare frecvente completări
mediu	200-250	2,0-2,5	0,13-0,15	Cromare dură, rezistență la uzură. Cromare decorativă și protectoare
tare	300-400	3-4	0,10-0,12	Stratul de crom depus oferă o mare stabilitate în exploatare

Regimul electrolizei influențează structura, proprietățile și aspectul exterior al stratului de crom depus. Densitatea de curent variază în limite largi între 10 – 100 A/dm² și chiar până la 200 A/dm². Dacă densitatea de

curent este mare durata operațiunii se micșorează iar randamentul crește. La densități mai mici de 5 A/dm^2 cromul nu se mai depune la anod (fig. 4.24).

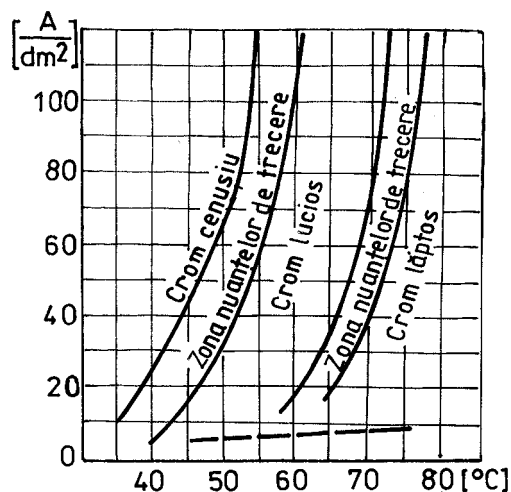


Fig. 4.24. *Dependența calității depozitului de crom de temperatură și de densitatea de curent*

Temperatura băii de cromare variază între 45° și 75°C . Micșorarea temperaturii, favorizează creșterea randamentului curentului. Dacă se lucrează la temperaturi prea mici stratul de crom devine fragil, se fisurează sau chiar exfoliază. Creșterea temperaturii electrolitului favorizează cristalizarea cromului în proporție mai mare în rețea cubică decât în rețea hexagonală; acest fapt previne apariția fisurilor din stratul depus.

Straturile de crom obținute pot fi: lucioase și lăptoase, în funcție de temperatura băii de electroliză. Cromarea mată se obține la temperaturi mici ale băii, de $35 - 40^{\circ}\text{C}$. Cromarea mată se obține la temperaturi mici ale băii, de $35 - 40^{\circ}\text{C}$, iar pelicula de metal este foarte dură (până la 1200 unități Brinell) dar fragilă; din această cauză cromarea mată nu se recomandă pentru recondiționare. Cromarea se obține la temperaturi medii de $45 - 65^{\circ}\text{C}$; stratul obținut are duritate cuprinsă între 650 și 900°HB , o bună aderență, fragilitate redusă și proprietăți anticorozive satisfăcătoare. În acest caz suprafața stratului are o rețea foarte fină și deasă de fisuri; cromarea lucioasă se recomandă la recondiționarea pieselor care lucrează la solicitări mici și mijlocii. Stratul obținut are duritatea relativ mică, de 400 până la 600 HB, are bune proprietăți de plasticitate și anticorozive, suficientă

rezistență la uzură, iar ungerea se poate face în condiții satisfăcătoare (fig. 4.24).

În raport cu proprietățile ce urmează să le aibă stratul depus, cromarea poate fi: dură (netedă), 500 – 800 HB, o bună tenacitate, iar ungerea se poate face în condiții satisfăcătoare oferind o bună rezistență la uzură. Pentru piesele care sunt intens solicitate se folosește cromarea poroasă. Ea realizează un strat cu o rețea fină de fisuri, favorizând umectarea cu ulei și mărinid astfel rezistența la uzură a pieselor care lucrează în condiții grele de frecare, la temperaturi și solicitări mari. Se obține din cromarea lucioasă prin corodarea electrolică, tot în baie de cromare, inversând polaritatea. Cromarea anodică, dizolvă particulele de crom de pe marginea fisurilor, ceea ce are ca urmare transformarea suprafeței netede într-una poroasă, cu bune proprietăți de ungere (fig. 4.25).

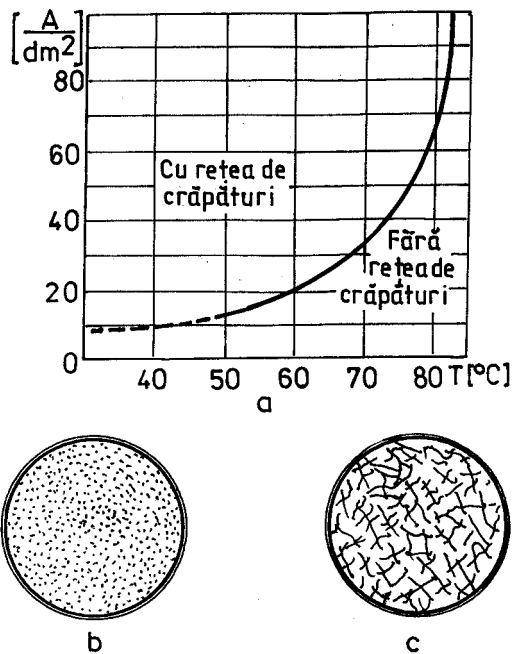


Fig. 4.25. **Influența regimului de lucru asupra formării rețelei de fisuri:**
 a-diagramă; b-porozități punctiforme; c-porozități liniare la 50°C

Cromarea decorativ-protectoare se întrebuintează pe scară largă, ca urmare a rezistenței chimice și menținerii îndelungate a luciului stratului depus. Se aplică pieselor din oțel, cupru, alamă, aluminiu, aliaje de aluminiu care lucrează în medii puternic oxidante sau care trebuie să prezinte un

aspect plăcut. Luciul se obține prin asigurarea unei temperaturi a băii și a unei densități de curent corespunzătoare. Din cauza rețelei de fisuri fine la suprafață, cromarea lucioasă nu constituie o protecție sigură împotriva corodării pieselor din oțel. De aceea, inițial ele se arămesec sau se nichelează, după care li se aplică un strat de crom lucios. În acest caz în electrolit se adaugă acid boric, 10 g/l, care favorizează depunerile în adâncime.

4.3.3. Cuprarea (arămirea). Peliculele electrolitice de cupru depuse prin galvanizare au culoare roz (arămie), dându-i un aspect frumos. În prezența compușilor de sulf, umezelii și bioxidului de carbon din atmosferă, pelicula de cupru se oxidează și se închide la culoare.

Stratul superficial de oxid de cupru joacă un rol protector întrucât oprește procesul de oxidare în adâncimea stratului de cupru depus pe piesa recondiționată.

Duritatea peliculelor de cupru electrolitic este mică, de numai 60 – 150 HB, din această cauză procedeul de cuprare se aplică la recondiționarea bușelor de bronz, alamă etc. Stratul depus are bune calități antifricțiune și de aceea este utilizat la recondiționarea suprafețelor de frecare ale pieselor.

Pentru cuprare se folosesc electroliți pe bază de acizi sau cianuri. Electroliții acizi se obțin mai simplu și au un preț de cost mai mic; ei prezintă însă dezavantajul că stratul depus este neuniform, grăunții de metal sunt mai mari, iar aderența lui la piesele din oțel este foarte slabă. Ei sunt formați dintr-o soluție apoasă de sulfat de cupru (piatră vânăță), 200 – 250 g/l și acid sulfuric, 50 – 70 g/l. Regimul de cuprare impune o temperatură de 15 – 25°C și o densitate de curent de 2 – 8 A/dm², piesa de recondiționat fiind legată la catod; anodul, din cupru electrolitic, este solubil. prin agitare electrolitului se sporește productivitatea procesului.

Pentru obținerea unor suprafețe netede și lucioase, precum și pentru mărirea productivității se întrebuințează electroliți pe bază de acid fluoboric – fluoborat de cupru 220 – 280 g/l; acid boric 15 – 16 g/l și acid fluoboric 2 – 3 g/l care se agită continuu cu aer comprimat sau cu un agitator mecanic.

Electroliții pe bază de cianuri au o mare capacitate de dispersie, iar cristalele depuse sunt fine, de asemenea ei permit depunerea directă a cuprului pe piese din oțel. Au și unele dezavantaje: astfel, sunt toxici, densitățile de curent folosite sunt mai mici și deci productivitatea este redusă necesitând corectarea continuă a compoziției pe timpul procesului.

Electrolizii cei mai des utilizați sunt cianura de cupru (CuCN) și sarea complexă de sodiu și cianură, respectiv $\text{NaCu}(\text{CN})_2$. De regulă, cuprarea cu electroliți pe bază de cianură se aplică numai pentru obținerea unui strat intermediar la piesele din oțel.

4.3.4. Nichelarea. Este un procedeu de galvanizare care se folosește mai ales pentru scopuri decorativ-protectoare. Stratul de nichel are plasticitate redusă, duritatea lui o poate atinge pe aceea a oțelului călit, se prelucrează ușor și este rezistent la acțiunea chimică a diferiților agenți. Nichelarea pieselor din oțel reclamă mai întâi aplicarea unui strat de cupru.

În tabelul 4.35 sunt prezentate date privind electroliți de electroliză pentru nichelare.

Tabelul 4.35. *Electroliză pentru nichelare*

Compoziția electrolitului pentru nichelare și regimul de electroliză	Tipul electrolitului			
	1	2	3	4
Sulfat de nichel, în g/l	70-75	140-150	280-300	400-420
Sulfat de sodiu, în g/l	40-50	40-50	-	-
Sulfat de magneziu, în g/l	-	25-30	50-60	-
Acid boric, în g/l	20-25	20-25	25-30	25-30
Clorură de sodiu, în g/l	5-7	5-10	3-5	-
Fluorură de sodiu, în g/l	-	-	2-3	2-3
Temperatura băii, în °C	15-25	30-35	30-40	50-60
Densitatea curentului, în A/dm^2	0,5-1	0,8-2	2-6	5-10
Randamentul curentului, în %	95	90-95	90	85-90

La nichelare procesul de electroliză este foarte sensibil; el reclamă un mare grad de puritate și respectarea strictă (continuă) a regimului de lucru, orice abatere de la regimul de lucru conducând la exfolierea stratului depus.

4.3.5. Fierarea (oțelirea). Procedeu conduce la obținerea unui strat cu o mare puritate chimică și în consecință, la o rezistență la coroziune mai mare decât a oțelului cu un conținut redus de carbon. Rezistența la rupere a

stratului de fier este de 0 – 400 N/mm², iar duritatea de 200 – 300 HB, ea putând fi mărită prin cementare, cianurare sau cromare.

Avantajele procedurii constau în viteza mare a depunerii (0,5 mm/oră), randament mare al curentului (80-90%), densitate de curent suficient de mare (10-20 A/dm²), preț de cost redus și o bună aderență a stratului depus. Fierarea se poate folosi ca fază intermediară la cromare (când acoperirea trebuie să fie de grosime mare) sau independentă.

Dacă suprafața pe care s-a depus un strat de fier pe cale electrolică urmează a fi solicitată la uzură, atunci piesa recondiționată se supune unui tratament termic corespunzător – cementare, cianurare etc.

Fierarea are și unele dezavantaje: astfel, ea comportă o serie de operații pregătitoare ale piesei de recondiționat – rectificarea, izolarea suprafețelor care nu trebuie acoperite, degresarea electrolică, spălarea, degresarea și iar spălarea. De asemenea, ca și la nichelare, electrolitul băii trebuie sistematic completat și filtrat.

Electrolitul folosit la fierare este o soluție apoasă cu săruri de fier. Procesul se poate desfășura la rece, fără încălzirea electrolitului. Depunerile de fier electrolic la rece, se fac cu o viteză foarte mică, productivitatea fiind necorespunzătoare. De aceea, frecvent se folosește procedeul de fierare la cald, când electrolitul se încălzește la temperaturi de 95 – 100°C; se utilizează densități mari de curent de 10 până la 20 A/dm², care asigură viteze mari de depunere (fig. 4.26).

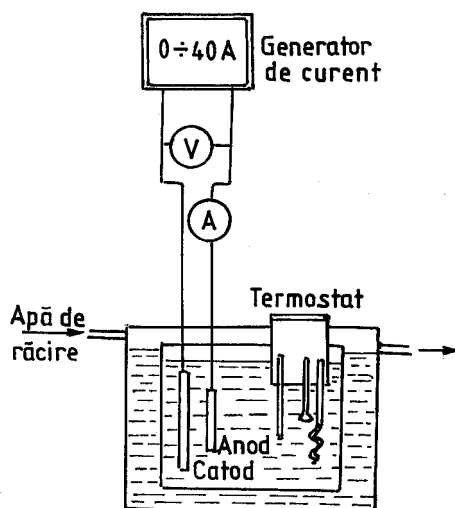


Fig. 4.26. *Depunerea prin fierare*

Electrolizii care se întrebunțează la fierare sunt sulfați de fier și de magneziu sau cloruri – clorura feroasă și clorura de sodiu. Fierarea cu electrolizi pe bază de sulfați, deși asigură depunerea unor straturi cu durități mari 200 – 300 HB – nu se întrebunțează la recondiționări, datorită grăunților mari de metal care rezultă și a tenacității scăzute a peliculei. Aceste dezavantaje se pot ameliora dacă depunerea se face la rece.

Fierarea cu electrolizi pe bază de clorură se folosește însă frecvent la recondiționarea pieselor, întrucât stratul depus are o structură cristalină ce-i conferă o bună plasticitate.

Compoziția stratului depus depinde foarte mult de cea a anodului format, de regulă, din bare de oțel care au: 0,27% carbon, 0,2% mangan, 0,04% siliciu, 0,04% sulf, iar restul fier. Stratul depus prin electroliză cu astfel de anodi, are compoziția: 0,16% carbon, 0,004% siliciu, manganul și sulful lipsesc, iar restul este fier. Conținutul de carbon poate fi sporit prin adăugarea de zahăr și glicerină în electrolit. În acest caz, conținutul de carbon crește până la 0,5 – 0,6%, iar suprafața devine lucioasă, duritatea și fragilitatea ei cresc și piesa poate fi supusă tratamentelor termice de călire.

4.3.6. Utilaje și instalații de galvanizare. Pentru recondiționarea pieselor prin galvanizare sunt necesare utilaje și instalații: surse de curent, băi de galvanizare, băi de degresare (decapare) și instalații anexe (de ridicat și manipulat, de ventilație, de protecție a muncii etc.).

Sursele de curent sunt formate din grupuri convertizoare (ansamblu motor curent alternativ – generator de curent continuu) care furnizează energie electrică de curent continuu cu joasă tensiune (6 – 12 V). Intensitatea curentului debitat de grupul convertizor poate ajunge până la 10000 A și chiar mai mult. Băile de galvanizare se racordează la sursa de curent în paralel (când este nevoie de aceeași tensiune, dar de curenți diferiți) sau în serie (când toate băile solicită aceeași cantitate de curent). Ca surse de curent continuu se pot utiliza și redresoare cu seleniu, cu cuproxid, cu vapori de mercur, electrolitice etc.

Baia de galvanizare este un recipient în care se găsește electrolitul și electrozii instalației. Ea se confecționează din tablă de oțel și se căptușește la interior cu diferite materiale rezistente la acțiunea chimică a electrolizilor (plăci de plumb, plăci de mase plastice, emailuri rezistente la acizi etc.). la băile reci, căptușeala este din plăci de faianță prinse pe ciment; băile cu electrolizi pe bază de cianuri sau compuși alcalini nu se căptușesc. Dimensiunile orientative ale băilor de galvanizare sunt date în tabelul 4.30.

Tabelul 4.36. *Dimensiuni ale băilor de galvanizare*

Dimensiuni interioare ale băii de galvanizare, în mm			Grosimea tabelei, în mm	Volumul util, dm ²
Lungimea	Lățimea	Înălțimea		
600	500	600	4	150
1000	600	600	4	300
1500	800	800	5	800
2000	800	800	6	1000

Băile de galvanizare sunt prevăzute cu fante laterale pentru aspirația gazelor toxice degajate în timpul procesului; atât baia cât și încărcătura se ventilează. Băile pentru electroliți calzi au pereți dubli; prin spațiul dintre aceștia circulă, în permanență, apă caldă sau abur. Agitarea electrolitului se face cu aer comprimat sau cu dispozitive electromecanice (mai puțin la băile cu cianuri sau compuși alcalini la care electrolitul nu se agită).

Alimentarea cu curent a băilor se face prin bare anodice și catodice. Catodul este constituit dintr-un sistem de prindere a pieselor de reconșionat care asigură realizarea unui bun contact electric. Anozii (solubili sau insolubili) se confecționează din bare; pentru o distribuție uniformă a depunerilor, ei se dispun în formă de stea (catodul la interior), de cruce (catodul la interior) sau în formă circulară (anodul la interior).

Băile pentru degresare și decape se deosebesc de cele de galvanizare prin faptul că nu sunt căptușite la interior. pot avea fante pentru aerisire, precum și pereți dubli pentru încălzire.

4.4. Reconșionarea pieselor prin prelucrări mecanice

4.4.1. Calculul adaosurilor de prelucrare și a dimensiunilor intermediare

Prelucrarea mecanică urmărește obținerea dimensiunilor, formei și calității de suprafață a piesei corespunzător cu desenul de execuție a piesei respective, în limitele unei precizii prescrise. La fiecare trecere tehnologică, de pe suprafața de prelucrare se îndepărtează prin așchiere un strat de metal care reprezintă adaosul de prelucrare pentru trecerea respectivă. Folosirea adaosurilor mari duce la creșterea consumului de material și scule la

îndepărtarea straturilor superficiale dure, rezistente la uzură. Adaosurile mici nu asigură în schimb, îndepărtarea prin aşchiere a defectelor situate în straturile superficiale. Se deosebesc adaosuri intermediare şi totale.

Adaosul intermediar este stratul de metal îndepărtat la o anumită fază de prelucrare şi reprezintă diferenţa dimensiunilor la două faze consecutive (fig. 4.27).

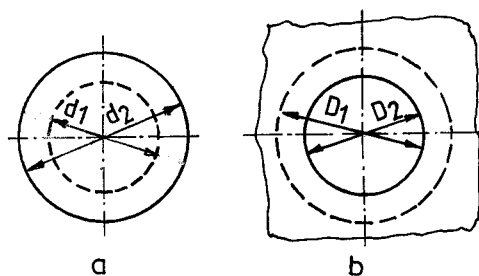


Fig. 4.27. *Adaosul intermediar*

$$2A_c = d_p - d_c - \text{pentru suprafețe exterioare;}$$

$$2A_c = D_c - D_p - \text{pentru suprafețe interioare}$$

în care: d_p și D_p – dimensiunile fazei precedente;

d_c și D_c – dimensiunile fazei considerate.

Adaosul total este stratul de metal necesar pentru realizarea tuturor operațiilor de prelucrare pentru suprafața considerată. El este egal cu suma adaosurilor intermediare.

Adaosurile de prelucrare, pentru diferite tipuri de prelucrări sunt recomandate în tabele sau se pot calcula analitic cu ajutorul relației 4.17.

$$2A_{cmax} = T_p + 2(H_p + S_p) + 2(\rho_p + \epsilon_{ac}) \quad (4.17)$$

în care: T_p – toleranța dimensiunilor la faza precedentă, mm;

H_p – înălțimea maximă a microneregularităților la faza precedentă, mm;

S_p – adâncimea stratului superficial degradat obținut la faza precedentă, mm;

ρ_p – suma vectorială a abaterilor spațiale rămase în urma prelucrărilor, mm;

ϵ_{ac} – suma vectorială a erorilor de aşezare la faza considerată, mm.

Pentru diferite operații de prelucrare mecanică, valorile H_p și S_p sunt tabelate în scopul utilizării lor.

Sumarea vectorială a abaterilor spațiale ρ_p și a erorii de așezare ε_{ac} se face ținând seama de direcția acestor vectori. La prelucrarea suprafețelor plane cei doi vectori sunt coliniari și atunci:

$$\overline{\rho_p} + \overline{\varepsilon_{ac}} = \rho_p + \varepsilon_{ac} \quad (4.18)$$

La prelucrarea suprafețelor exterioare și interioare de revoluție, vectorii ρ_p și ε_{ac} pot lua direcții diferite care nu pot fi precis stabilite. Pentru a obține o valoare cât mai precisă, se recomandă sumarea lor în felul următor:

$$\rho_p + \varepsilon_{ac} = \sqrt{\rho_p^2 + \varepsilon_{ac}^2} = 0,96\rho_p + 0,8\varepsilon_{ac} \quad (4.19)$$

când $\rho_p > \varepsilon_{ac}$

$$\text{sau:} \quad \rho_p + \varepsilon_{ac} = 0,96 \varepsilon_{ac} + 0,4 \rho_p \quad (4.20)$$

când: $\rho_p < \varepsilon_{ac}$.

Dar și abaterile spațiale sunt diferite ca mărime, direcție și sens (la prelucrarea suprafețelor exterioare și interioare de revoluție), încât este necesară sumarea acestora vectorial. Pentru că unghiul dintre vectori nu poate fi prevăzut, însumarea se va face cu regula rădăcinii pătrate, din suma pătratelor abaterilor componente. De exemplu, la matrițare, vectorul curburii semifabricatului are o direcție diferită de vectorul deplasării matrițelor și de asemenea vectorul deplasării caracterizând excentricitatea găurilor perforate va fi diferit de vectorul deplasării matriței.

În aceste exemple:

$$\rho_p = \rho_d + \rho_c = \sqrt{\rho_d^2 + \rho_c^2} \quad (4.21)$$

$$\rho_p = \rho_d + \rho_{ac} = \sqrt{\rho_d^2 + \rho_{ac}^2} \quad (4.22)$$

în care: ρ_d - deplasarea matrițelor;

ρ_c - curbura totală a semifabricatelor matrițate;

ρ_{ac} – excentricitatea găurii față de suprafața exterioară.

Eroarea de așezare ε_{ac} este în cazul general, suma vectorială a erorilor de bazare și a erorilor de fixare.

$$\varepsilon_{ac} = \varepsilon_b + \varepsilon_f \quad (4.23)$$

Dacă se prelucrează un lot de piese pe un dorn extensibil, eroarea de bazare este nulă, însă dacă dornul este prins în universal poate să apară o eroare de fixare, în urma deplasării dornului în direcție radială, datorită strângerii neuniforme a bacurilor, în care caz:

$$\varepsilon_{ac} = \varepsilon_f \quad (4.24)$$

La așezarea pe dorn cilindric neextensibil prins în universal, există atât eroarea de bazare cât și eroarea de fixare, iar mărimea erorii de așezare se determină cu relația:

$$\varepsilon_{ac} = \varepsilon_b + \varepsilon_f = \varepsilon_b^2 + \varepsilon_f^2 \pm 2\varepsilon_b\varepsilon_f \cos(\varepsilon_b, \varepsilon_f) \quad (4.25)$$

în care: $\cos(\varepsilon_b, \varepsilon_f)$ - cosinusul unghiului format de direcțiile celor doi vectori.

Cu rezultate bune, necunoscând mărimea unghiului se poate determina eroarea de așezare cu relațiile:

$$\varepsilon_{ac} = \varepsilon_b^2 + \varepsilon_f^2 = 0,96\varepsilon_b + 0,4\varepsilon_f \quad \varepsilon_b > \varepsilon_f \quad (4.26)$$

sau:
$$\varepsilon_{ac} = \varepsilon_b^2 + \varepsilon_f^2 = 0,96\varepsilon_f + 0,4\varepsilon_b \quad \varepsilon_f > \varepsilon_b \quad (4.27)$$

În anumite cazuri concrete de prelucrare, unii termeni din relația de calcul a adaosului de prelucrare pot să dispară:

- la rectificarea fără centre, eroare de așezare este nulă;
- la prelucrarea prin alezare cu alezor cu cuțite mobile și la broșarea găurilor, deplasarea și înclinarea axei găurilor nu pot fi corectate (deci dispăre ρ_p) iar eroarea de așezare este ρ_{ac} ;
- la prelucrarea de superfinașare și netezire se urmărește numai ridicarea calității suprafeței. Încât se neglijează ρ_{ac} , ρ_p , ρ_d ;
- la rectificarea după tratament termic, stratul superficial trebuie păstrat, prin urmare termenul S_p se exclude din calcule iar deformațiile

posibile în urma tratamentelor termice, care produc abateri spațiale, vor fi luate în considerare prin ρ_p .

După calcul sau alegerea adaosurilor se stabilește pentru faza de prelucrare dimensiunea de prelucrat intermediară. Calculul dimensiunilor intermediare se face funcție de felul suprafeței de prelucrat. pentru suprafețe exterioare simetrice:

$$D_{pmax} = D_{cmax} + 2A_{cmax} \quad (4.28)$$

$$D_{pmin} = D_{pmax} - T_p$$

Pentru suprafețe interioare simetrice:

$$D_{pmin} = D_{cmin} + 2A_{cmin} \quad (4.29)$$

$$D_{pmax} = D_{pmin} + T_p$$

Pentru suprafețe plane (asimetrice)

$$L_{pmax} = L_{cmax} + A_{cmax} \quad (4.30)$$

$$L_{pmin} = L_{pmax} - T_p$$

De obicei calculul dimensiunilor intermediare începe de la ultima operație necesară procesului tehnologic (respectiv de la dimensiunea înscrisă pe desenul de execuție), către operațiile de la începutul acestuia. Pentru exemplificare, considerând piesa din fig. 4.28, să se determine dimensiunile intermediare pentru suprafața de diametrul 20 mm, obținută prin strunjire de degroșare, finisare și rectificare. Din calcul s-a obținut:

- pentru strunjirea de degroșare:

$$2A_{cmax} = 3100 \mu\text{m}$$

$$T_p = 2000 \mu\text{m};$$

- pentru strunjirea de finisare:

$$2A_{cmax} = 800 \mu\text{m}$$

$$T_p = (400-800) \mu\text{m};$$

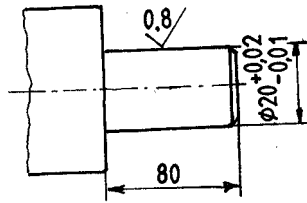


Fig. 4.28. *Fus pentru prelucrare*

- pentru rectificare:

$$2A_{cmax} = 80 \mu\text{m}$$

$$T_p = (20-30) \mu\text{m};$$

Dimensiunile intermediare au valorile:

- înainte de rectificare:

$$D_{max} = 20,02 + 0,08 = 20,1 \text{ mm}$$

$$D_{min} = 20,1 - 0,02 = 20,08 \text{ mm}$$

iar dimensiunea nominală corespunzătoare fazei de calcul va fi:

$$D_N = (D_{max} - T_p/2) \pm T_p/2 = 20,09 \pm 0,01 \text{ mm};$$

- înainte de strunjirea de finisare:

$$D_{max} = 20,1 + 0,8 = 20,9 \text{ mm}$$

$$D_{min} = 20,9 - 0,4 = 20,5 \text{ mm}$$

$$D_N = 20,7 \pm 0,2 \text{ mm}$$

- înainte de strunjirea de degroșare:

$$D_{max} = 20,9 + 3,1 = 24,0 \text{ mm}$$

$$D_{min} = 24,0 - 2,0 = 22,0 \text{ mm}$$

$$D_N = 23 \pm 1 \text{ mm}$$

Această ultimă valoare reprezintă cota de încărcare cu sudură sau prin acoperiri galvanice, sau dimensiunea de execuție a semifabricatului.

4.4.2. Procesul tehnologic de aşchiere. Prelucrarea mecanică permite îndepărtarea unui strat de metal de pe piesa de recondiționat, desprinderea metalului făcându-se sub formă de aşchii.

Scopul final al prelucrării prin aşchiere este acela de a obține o suprafață de netezime, configurație și dimensiuni prestabilite. Scula aşchietoare are una sau mai multe muchii ascuțite, denumite tășuri, iar configurația ei permite să lucreze ca o pană. Prin apăsarea sculei, tășul pătrunde în stratul de metal care trebuie îndepărtat, îl deformează local, îl despică și îl desprinde sub formă de aşchii. Se înțelege că pentru ca procesul

de desprindere a așchii să se poată realiza este necesar ca materialul din care se confecționează scula să fie mai dur decât cel al piesei de recondiționat, scula să aibă o formă corespunzătoare și o anumită poziție față de suprafața de prelucrat.

Forma așchiilor rezultate din acest proces de recondiționat diferă în funcție de proprietățile mecanice ale materialului piesei (duritate, plasticitate etc.). Astfel, există așchii de rupere, în trepte (fragmentate) și continue (de curgere).

Așchiile de rupere se formează la prelucrarea unor materiale metalice fragile – bronzuri, fonte etc. și au forma unor mici fragmente cu contur neregulat, iar dimensiunile variază de la fracțiuni de milimetru până la câțiva milimetri.

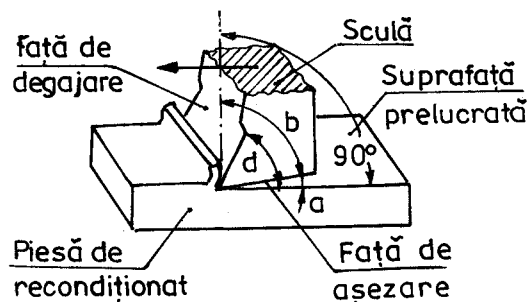


Fig. 4.29. *Schema prelucrării prin așchiere*

Așchiile în trepte rezultă din prelucrarea materialelor dure și tenace – oțeluri carbon obișnuite, oțeluri aliate etc., având formă de panglică fiind deformate în trepte pe fața opusă celei de așchiere.

Așchiile continue apar la prelucrarea materialelor moi și maleabile – oțeluri cu conținut mic de carbon, oțeluri slab aliate, alamă, cupru, aliaje de aluminiu etc. ele au forma unor panglici lungi, iar suprafața lor este netedă și lucioasă pe fața așchiată și rugoasă pe fața opusă.

Forma așchiilor este influențată atât de parametrii geometrici ai sculei, cât și de viteza de așchiere.

La prelucrarea prin așchiere au loc trei categorii de mișcări: principale, de avans și de poziționare.

Mișcarea principală are ca scop desprinderea așchiilor. Ea se execută fie de către piesă, fie de către sculă, putând fi de rotație continuă sau rectilinie.

Mișcarea de avans are ca efect aducerea de noi straturi de material în fața tăișului sculei, putând fi de rotație sau rectilinie, continuă sau discontinuă.

Mișcarea de poziționare aduce scule în apropierea suprafeței de prelucrare; ea este executată fie de sculă fie de piesă.

Suma tuturor eforturilor care apar la așchiere se numește rezistență la așchiere. Când aceasta se referă la o așchiere cu suprafața de 1 mm², se numește rezistență specifică de așchiere; ea depinde de natura materialului de prelucrat. În tabelul 4.37 se dau valorile rezistenței specifice la așchiere pentru diferite categorii de metale.

Tabelul 4.37. **Rezistența specifică la așchiere, în N/mm²**

Materialul de așchiat	Valorile caracteristicii e, sau HB, N/mm ²	Rezistența specifică la așchiere, N/mm ²
Oțeluri de construcție cu rezistența de rupere, daN/mm ²	500	130
	600	160
	700	200
	800	220
	900	270
Fonte cu duritate, HB	150	70
	170	90
	190	100
	210	110
Bronz	-	60-100

Forțele care acționează asupra materialului piesei în procesul de așchiere produc deformarea stratului superficial, a cristalelor metalului și, în consecință determină creșterea rezistenței acestuia, fenomenul numindu-se ecruisare.

Adâncimea stratului ecruisat depinde de natura materialului; el este mai mare la metalele care au plasticitate ridicată – oțel moale, aluminiul, cuprul, oțeluri inoxidabile etc.

În procesul de așchiere, forța de apăsare a sculei este variabilă; maximă la începerea desprinderii așchii și minimă după ruperea acesteia. Din această cauză apar vibrații, la care se mai adaugă și cele produse de frecări (dintre așchie și sculă, dintre sculă și material etc.). Vibrațiile influențează negativ procesul de așchiere, întrucât afectează netezimea suprafețelor, precizia dimensională și durata de viață a sculelor și utilajelor.

Pentru micșorarea vibrațiilor sau chiar eliminarea lor se iau măsuri de rigidizare.

În procesul de așchiere are loc degajarea unei mari cantități de căldură, generată de procesul de deformare a materialului de către sculă și de frecările (interne și externe) care au loc. Căldura este dispersată astfel: 75% odată cu așchiile, 4% este preluată de sculă, 20% de piesă și numai 1% de mediul înconjurător. Pentru a prelungi durata de viață a sculei este necesar ca pe timpul lucrului tăișul acesteia să fie menținut la o temperatură relativ scăzută, lucru ce se poate realiza printr-o dimensionare și poziționare corespunzătoare, precum și prin răcirea forțată a tăișului cu lichide speciale, stropite în zona așchierii.

Lichidul de răcire îndeplinește și rol de lubrifiant, ceea ce duce la micșorarea forțelor de frecare. La așchiere se utilizează următoarele tipuri de lichide speciale de răcire-ungere: tip 1- apă cu 5% sodă; tip 2 – emulsie cu ulei sulfonat; tip 3 – ulei mineral; tip 4 – petrol; tip 5 - amestec de uleiuri minerale și uleiuri grase (de rapiță, de oase etc.); tip 6 – ulei de rapiță.

În tabelul 4.38 sunt prezentate tipurile de lichide de răcire ungere utilizate la așchiere în funcție de procedeele aplicate și de natura materialelor prelucrate.

Tabelul 4.38. *Lichide de răcire-ungere recomandate*

Procedeul de așchiere	Materialul de prelucrat Faze	Tipuri de lichide de răcire-ungere							
		Oțel aliat și forjat	Oțel turnat	Fon-te	Ala-ma	Bronz	Cu-pru	Alu-miniu	Dura-lumi-niu
Strunjire	degroșare	2	2	3	2	2	2	2	u
	finisare	3	u	u	u	u	u	u;4	4
Filetare		2	2	u	u;6	u;6	u;6	2;u;4	6
Găurire		2	2	2;u;4	2;u	2;u	2;6	2	2;4
Alezare		5	6	u;6;3	u;6	6	2	3;4	6
Frezare	degroșare	2	2	1	2	2	2	2	5
	finisare	2	2	u	2	u	2	u	5
Rabotare		u	u	u	u	u	4;u	2;u	4;u
Mortezare		5	u;2	u;4	u	u;6	u;3	2;4;u	u
Rectificare		1	1	1	1	1	1	3;4	5

Lichidul de răcire-ungere se dirijează de sus în jos în zona de formare a așchiei cu un debit suficient de mare: 3-4 l/min, când se folosește ulei și 10-12 l/min, când se utilizează emulsie.

În procesul de aşchiere scula se uzează. Durabilitatea sculei depinde de: tipul ei; materialul din care este confecţionată; natura materialului piesei de aşchiat; unghiurile şi forma părţii aşchietoare; mărimea aşchiilor; modul de răcire.

Pentru fabricarea sculelor aşchietoare se folosesc oţeluri aliate, carburi metalice, materiale abrazive şi diamante sintetice.

Oţeluri pentru scule sunt oţeluri carbon, oţeluri aliate şi oţeluri speciale.

Oţelurile carbon pentru scule (STAS 1700-86) au simbolul OSC însoţit de o cifră care indică, în zecimi de procent, conţinutul de carbon (de exemplu OSC-10, OSC-12 etc.). Sculele care lucrează la şocuri se confecţionează din oţeluri cu mai puţin carbon, fiind tenace. Duritatea oţelurilor carbon pentru scule se menţine până la temperaturi cuprinse între 200 şi 250°C.

Oţelurile aliate pentru scule au în compoziţia lor elemente – wolfram, crom, molibden, mangan, nichel, vanadiu etc. – care le sporesc duritatea, precum şi rezistenţa la temperaturi ridicate. Duritatea sculelor din oţeluri aliate se menţine până la valori de 350 – 400°C, ceea ce permite o sporire cu 50% a vitezei de aşchiere faţă de aceea a sculelor realizate din oţel carbon.

Simbolul acestor oţeluri se marchează prin iniţialele elementului de aliere urmată de o cifră care indică, în zecimi de procent, proporţia principalului element de aliere, care se trece ultimul (exemplu: oţel C-120, oţel MCW-14 etc.).

Oţelurile speciale pentru scule, numite şi oţeluri rapide, sunt oţeluri aliate, care conţin mari cantităţi de wolfram, crom şi vanadiu, iar uneori cobalt şi molibden. Duritatea lor se păstrează până la temperaturi de 500-600°C. Vitezele de aşchiere la aceste scule sunt de 2-3 ori mai mari decât cele permise de oţeluri carbon. Simbolul acestor oţeluri se reprezintă prin literele Rp urmate de o cifră care indică ordinea mărcii respective în STAS 7382-81 (de exemplu: Rp3, Rp5 etc.).

Carburile metalice sunt pulberi compuse din carburi de titan, vanadiu, tantal sau crom legate între ele printr-un metal dur, de regulă cobalt. Legarea carburilor se realizează prin procedeul de sinterizare, care constă în presarea pulberilor metalice şi a metalului de legătură la presiuni şi temperaturi mari. Se formează astfel plăcuţe dure de diferite forme şi dimensiuni care se fixează pe corpul sculei aşchietoare prin lipire tare cu alamă sau prin şuruburi, pene, nituri etc.

Sculele cu plăcuțe dure din carburi se întrebuițează pentru aşchiera unor piese din metale sau aliaje dure și casante. Duritatea unor astfel de scule se păstrează până la temperatura de 900-1000°C. Plăcuțele sunt standardizate în trei grupe (P, M și K), conform tabelului 4.39.

Tabelul 4.39. *Destinația carburilor metalice*

Crește tenacitatea							Crește rezistența la uzură						
P01	P10	P20	P30	P40	P50	M10	M20	M30	M40	K10	K20	K30	K40
Pentru piese confecționate din:													
Materiale feroase cu aşchii lungi: oțel carbon, oțel turnat; fontă maleabilă							Orice fel de material: oțeluri (carbon, aliate, călite), fonte, materiale și aliaje neferoase				Materiale feroase cu aşchii scurte (oțel călit, fontă cenușie), metale și aliaje neferoase, materiale metalice		

Materialele abrazive sunt materiale dure cu ajutorul cărora se pot desprinde, prin frecare, aşchii mici dintr-un alt material. Ele se prezintă sub formă de materiale aglomerate sau pulverulente. Materialele abrazive sunt confecționate sub formă de discuri, prisme și bare, iar cele pulverulente se întrebuițează ca atare sau în suspensii. Materialele abrazive sunt utilizate pentru rectificări, ascuțiri de scule metalice, polizări, rodări, honuiri, lustruiri și lepuiri. În funcție de granulație, materialele abrazive se împart în trei grupe: granule (cu diametrul cuprins între 160 și 3130 microni), pulberi (40 – 160 microni) și micropulberi (3 – 40 microni). Acestea se notează, în ordinea fineții, printr-o cifră care, înmulțită cu 0,01, dă mărimea în mm a granulelor și pulberilor, la micropulberi simbolul M este urmat de o cifră care indică mărimea în microni. În tabelul 4.40 se prezintă notațiile standardizate ale materialelor abrazive în funcție de granulație.

Tabelul 4.40. *Starea materialelor abrazive*

Categoria de materiale abrazive	Notarea în ordinea creșterii fineții
Granule	200; 160; 125; 100; 80; 63; 40; 32; 25; 20; 16
Pulberi	12, 10; 8; 6; 5; 4
Micropulberi	M40; M25; M20, M14; M10; M7; M5

Materialele abrazive pot fi naturale sau sintetice. În tabelul 4.41 sunt prezentate câteva din materialele abrazive utilizate în România.

Mai folosite sunt materialele abrazive sintetice: electrocorindonul, cu simbolul E, electrocorindonul nobil, En; carbura verde de siliciu, Cv, carbura neagră de siliciu, Cn. Pentru aglomerarea materialelor abrazive se folosesc lianți organici: bachelita, cauciucul, rășini, șerlac, inserții textile sau din nylon – și anorganici care, la rândul lor, pot fi ceramici – argilă, feldspat, talc, cuarț – sau minerali – pe bază de siliciu, magneziu sau grafit. Pastele abrazive au ca liant substanțele organice pe bază de acid stearic sau acid oleic, care datorită caracterului lor oxidant ajută procesul de netezire.

Tabelul 4.41. *Tipuri de materiale abrazive*

Natura chimică a materialului abraziv	Materiale abrazive	
	Naturale	Sintetice
	Șmirghel; corindon (safir, rubin, granuit)	Corindon sintetic (electrocorindon, electrocorund), electrorubin, alundun, abrazit etc.
Silicoase	Cuarț, gresie, tripoli, piatră ponce	Sticlă
Carbon și carburi	Diamant	Carbură de siliciu (carborund, carbură de bor, diamant sintetic)

Pietrele abrazive se aleg în funcție de duritatea lor (rezistență opusă de liant la tendințele de smulgere a granulelor abrazive), conform tabelului 4.42.

Tabelul 4.42. *Simbolizarea durității pietrelor abrazive*

Gradul de duritate al pietrei abrazive	Simbol	Grupa de duritate			
		I	II	III	IV
		Medie	Mijlocie	Tare	Foarte tare
Crește de la <i>a</i> la <i>c</i> sau odată cu ordinea alfabetică	Nou	I a	II a	III a	IV a
		I b	II b	III b	IV b
		I c	II c	III c	IV c
	Vechi	H, I, J, K, L, M, O, N	P, Q, R, S	U, V	

Materialul abraziv se alege în funcție de metalul din care se confecționează piesa de recondiționat. De exemplu, carbura de siliciu are o bună capacitate abrazivă pentru materialele cu o rezistență mică la rupere, iar electrocorindonul, pentru cele ce au o rezistență la rupere mare.

Structura pietrei abrazive – exprimată prin raportul dintre volumele de granule, liant și pori, poate fi: foarte deasă, cu desime mijlocie, rară și foarte rară (poroasă). Pentru degroșări se aleg pietre cu o structură rară, iar pentru finisări, cele cu o structură deasă.

Pentru confecționarea unor scule speciale se folosește diamantul (sintetic sau natural), care este cel mai dur material. Sculele cu diamant (întreg sau sub formă de pulberi sinterizate) se folosesc pentru așchiera metalelor foarte dure, precum și pentru corectarea formei și dimensiunilor pietrelor abrazive. În ultima vreme s-au realizat scule așchietoare din materiale mineralo-ceramice, ca și carburile metalice, ele se folosesc sub formă de pastile obținute prin sinterizarea trioxidului de aluminiu simplu sau cu adaosuri de wolfram ori titan. Aceste scule rezistă la temperaturi de 1600-1800°C și permit cele mai mari viteze de așchiere (peste 1000 m/min).

În tabelul 4.43 sunt sintetizate performanțele și modul de întrebuințare a diferitelor materiale utilizate la confecționarea sculelor așchietoare în funcție de viteza de așchiere (m/min) și temperatura de lucru (°C).

Tabelul 4.43. **Materiale pentru scule, recomandate**

Viteza de așchiere, m/min	Materiale pentru scule la diferite temperaturi de lucru, în °C								
	0-100	200-400	400-600	600-800	800-1000	1000-1200	1200-1400	1400-1600	1600-1800
0-200	OSC	OSC OA	Rp	Rp					
200-400					Cb				D
400-600									D
600-800						Cb			
800-1000								MC	MC
1000-1200								MC	MC
1200-1400							MC		
Peste 1400					Abr	Abr			

Observații: OSC – oțel carbon pentru scule, OA – oțel aliat pentru scule; Rp – oțel rapid; Cb – carburile metalice; Abr – materiale abrazive; D – diamant; MC – materiale mineralo-ceramice.

Procesul tehnologic de recondiționare a pieselor uzate prin aşchiere se caracterizează printr-o serie de mărimi (parametri) care determină aşanumitul regim de aşchiere. Elementele principale ale acestuia sunt: adâncimea t , avansul s și viteza de aşchiere v . Dacă A este adaosul de prelucrare, pentru aşchiera lui sunt necesare mai multe treceri i :

$$i = \frac{A}{t} \quad [\text{treceri}] \quad (4.31)$$

Regimul de aşchiere se stabilește în funcție de proprietățile materialului de prelucrat; forma, dimensiunile și netezimea suprafeței sale, precum și de geometria și proprietățile materialului sculei aşchietoare.

Odată determinat, regimul de aşchiere permite reglarea mașinii-unelte, stabilirea condițiilor de lucru și durata aşchierii.

Adaosul de prelucrare trebuie astfel ales încât să permită obținerea formei și dimensiunilor necesare, îndepărtarea stratului de material degradat (ecruisat, ars, decarburat etc.), eliminarea abaterilor spațiale dintre diferite suprafețe, precum și acelea induse de fixarea piesei în dispozitivul mașinii-unelte.

Precizia de prelucrare a unei piese este exprimată prin gradul în care parametrii geometrici rezultați după prelucrare se apropie de cei proiectați. Ea depinde de precizia mașinii-unelte, a dispozitivului de fixare a piesei, a sculei aşchietoare, precum și a formelor piesei de recondiționat. De asemenea, precizia de prelucrare este influențată de deformațiile ansamblului mașină-dispozitiv de fixare-sculă aşchietoare, de deformațiile piesei de recondiționat precum și de tensiunile interne ale piesei sau stratului de aşchiat.

Netezimea suprafeței prelucrate prin aşchiere este dată de rugozitate (înălțimea medie a neregularităților de pe suprafața aşchiată), exprimată în microni. În tabelul 4.44 sunt indicate valorile rugozităților suprafețelor, în funcție de procedeele de aşchiere aplicate.

Sistemul tehnologic de prelucrare prin aşchiere (fig. 4.30) influențează asupra rugozității, care se micșorează odată cu creșterea rigidității sistemului.

Tabelul 4.44. *Rugozități rezultate în urma procedeeilor de prelucrare*

Procedeeul de prelucrare prin așchiere a piesei de recondiționat		Materiale pentru scule la diferite temperaturi de lucru, în °C														
		0,01	0,025	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50	100	
Strunjire și rabotare	de degroșare de finisare cu diamant						x	x	x	x	x	x		x	x	x
Strunjire interioară	de degroșare de finisare cu diamant						x	x	x	x	x			x	x	x
Găurire									x	x	x	x	x			
Alezare	finală foarte fină						x	x	x	x						
Frezare frontală	degroșare finisare netezire								x	x	x	x		x	x	x
Frezare cilindrică	degroșare finisare								x	x	x	x		x	x	x
Rectificare	degroșare finisare netezire					x	x	x	x	x						
Broșare	finisare netezire					x	x	x	x							
Lepuire	seminetedă netedă foarte netedă	x	x	x	x	x										
Lustruire	netedă foarte netedă	x	x													
Suprane-tezire	netedă foarte netedă	x	x													

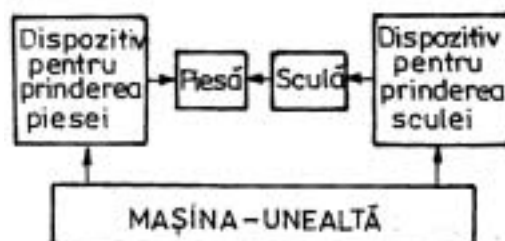


Fig. 4.30. *Elementele sistemului tehnologic de prelucrare prin așchiere*

Așchiera se execută cu mașini-unelte echipate cu sculele necesare efectuării operațiilor tehnologice în vederea obținerii unor piese din materiale metalice sau nemetalice. În general, denumirea lor corespunde operațiilor care le execută; de exemplu, pentru strunjire se utilizează strunguri; pentru frezare – mașini de frezat etc. Indiferent de operațiile pe care le execută, mașinile-unelte trebuie să îndeplinească anumite condiții de bază.

Astfel, este necesar ca acestea:

- să realizeze mișcările relative dintre piesă și sculă;
- să ofere posibilități de reglare a parametrilor regimului de așchiere;
- să fie suficient de rigide pentru a asigura precizia necesară;
- să poată fi manevrate și comandate ușor;
- să aibă o durată de viață cât mai lungă și o fiabilitate cât mai ridicată.

În principiu, mașinile-unelte se compun din: batiu, ghidaje, săni și mese. Ele sunt acționate electromecanic (motoare electrice și transmisii mecanice) sau hidraulice (mai rar, în special cele a căror mișcare principală este de translație – mașini de rabotat, de broșat etc.).

4.4.3. Procedee de recondiționare a pieselor prin așchiere. În raport cu forma și calitatea suprafețelor pieselor de recondiționat se întrebunțează diferite procedee de așchiere.

Principalele procedee de așchiere folosite la recondiționarea pieselor sunt: strunjirea, frezarea, rabotarea, rectificarea și netezirea.

Strunjirea este un procedeu de așchiere atât pentru suprafețele plane, cât mai ales pentru cele generate prin rotație (exterioară și interioară). Ca mașină-unelte se folosește strungul. Se cunosc următoarele categorii de strunguri:

- după poziția arborelui principal: orizontale și verticale (Carousel);
- după gradul de automatizare cu comandă manuală, semiautomată, automată și cu comandă după program;

- după modul de întrebuințare: universale (longitudinale, normale), specializate și speciale.

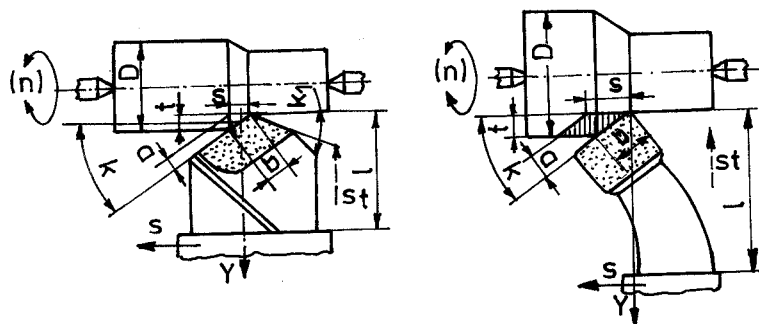


Fig. 4.31. *Strunjire longitudinală cu cuțit drept și încovoiat*

În România se fabrică următoarele tipuri de strunguri: normale (din seria SN-250-1000 și perfecționate SNA 250-500), Carusel (SC 1250-2500 cu un montant sau cu doi montanți, de tipul ASC 4000, 8000 și 16000), revolver (verticale de tipul SRV 25-40 sau orizontale de tipul SRO 25-40). Cuțitele pentru strunjire au diferite forme (fig. 4.32), pentru corp, dar mai ales pentru cap: fiind codificate după normele internaționale ISO, conform tabelului 4.45.

Tabelul 4.45. *Codificare ISO, a cuțitelor așchietoare*

Nr. crt.	Clasificarea și denumirea cuțitelor pentru strunjire	Coduri (norma ISO)	
		CM (carburi metalice)	RP (oțel rapid)
1.	Cuțit drept pentru degroșare	301	401
2.	Cuțit încovoiat pentru degroșare	302	402
3.	Cuțit pentru colț	303	403
4.	Cuțit lat	304	404
5.	Cuțit lateral	305	405
6.	Cuțit frontal	306	406
7.	Cuțit pentru canelat	307	407
8.	Cuțit pentru interior	308	408
9.	Cuțit pentru colț interior	309	409
10.	Cuțit pentru finisare cu vârf	351	451
11.	Cuțit pentru filetat	352	452
12.	Cuțit pentru interior	353	453
13.	Cuțit pentru degajat interior	354	454

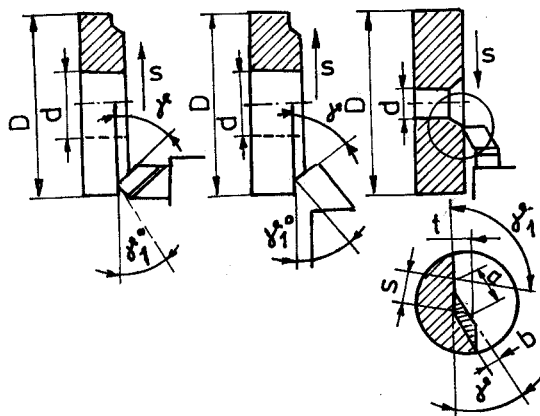


Fig. 4.32. *Cuțite pentru strunjire*

Frezarea este un procedeu de așchiere atât a suprafețelor plane, cât și a celor de rotație exterioară (fig. 4.33).

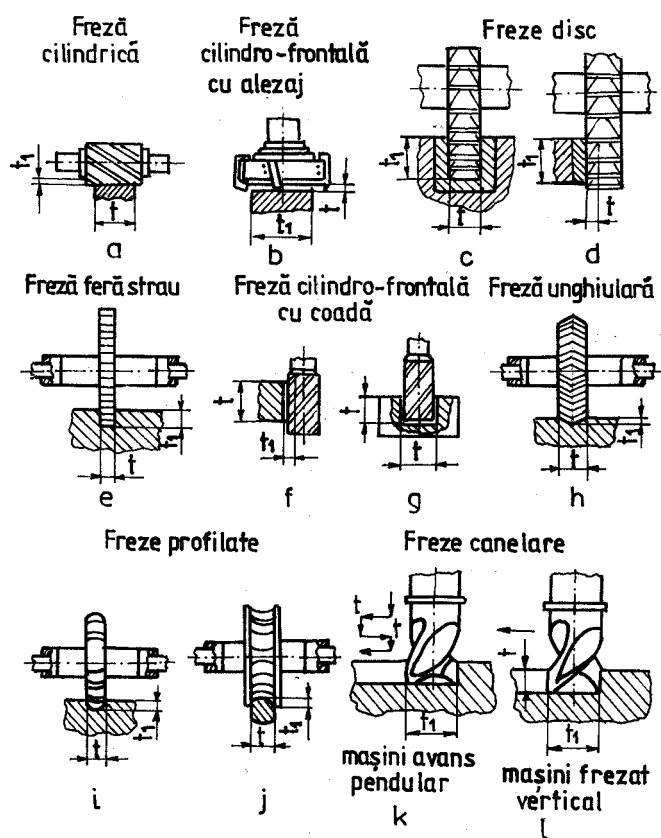


Fig. 4.33. *Scheme de frezare*

Mașina-unealtă cu care se execută acest procedeu de aşchiere se numește mașină de frezat, iar scula, freză. Mașinile de frezat pot fi: orizontale, verticale, universale, longitudinale (cu unul sau doi montanți) și Carusel. Frezele sunt scule aşchietoare prevăzute cu unul sau mai mulți dinți amplasați simetric pe suprafața (laterală, frontală, lateral-frontală) unui corp de rotație în formă de disc sau cilindru. În procesul de aşchiere prin această metodă freza are o mișcare de rotație de la arborele principal, permițând intrarea succesivă în acțiune a dinților și desprinderea aşchiilor din strat. Clasificarea frezelor se face după mai multe criterii, astfel:

- după construcție, : monobloc și cu dinți demontabili;
- după suprafața de fixare a dinților; cilindrice, disc, frontale și cilindro-frontale;
- după orientarea dinților: cu dinți drepți, cu dinți elicoidali, cu dinți înclinați.

Frezele se prind fie direct, pe alezajul conic, fie indirect, cu ajutorul unui dorn port-freză. Piesele de recondiționat se fixează pe masa mașinii de frezat, folosind elemente de fixare universale sau speciale. Suprafețele plane se frezează în poziție orizontală, iar uneori, verticală sau înclinată.

Prelucrarea prin frezare a suprafețelor de rotație este un procedeu relativ nou în care, atât piesa care se prelucrează, cât și freza au o mișcare de rotație în jurul axei lor, dar cu viteze unghiulare diferite. În comparație cu strunjirea, acest procedeu prezintă unele avantaje substanțiale:

- are o productivitate ridicată, deoarece permite viteze ridicate de aşchiere la piesele de dimensiuni mari și cu adaosuri de prelucrare neuniforme, când strunjirea nu-i posibilă sau nu-i indicată din cauza vibrațiilor mari care s-ar produce;
- prelucrarea prin frezare a suprafețelor de rotație dă posibilitatea să se folosească strungurile Carusel sau orizontale dotate cu capete simple de frezat.

Rabotarea este un procedeu de aşchiere ce se aplică numai suprafețelor plane (fig. 4.34). Mai puțin răspândită decât frezarea, se folosește, de regulă, la prelucrarea unor piese unicate, de serie mică, sau cel mult mijlocie. Productivitatea la rabotare este mai scăzută decât la frezare, deoarece scula aşchietoare execută o cursă în gol. Caracteristic acestui procedeu este că mișcarea principală de aşchiere este o mișcare relativă (între piesă și sculă) rectilinie-alternativă de translație.

Mașina-unealtă se numește mașină de rabotat care, în funcție de elementul care execută mișcarea alternativă de translație, poate fi: longitudinală (raboteză), la care scula este fixă, iar piesa execută mișcarea principală de aşchiere; transversală (șeping) la care scula execută mișcarea principală de aşchiere, piesa fiind fixă în planul orizontal; în plan vertical (mortează), la care scula execută mișcarea principală de aşchiere, dar în plan

vertical și nu orizontal ca la șeping. Avansul se execută de către sculă la rabotare și de către piesă la șepinguire sau mortezare.

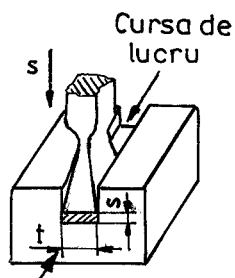


Fig. 4.34. *Rabotarea*

În funcție de forma lor, cuțitele de rabotat pot fi: drepte, încovoiate, cotite și cu cap îngust. Cuțitele pentru mortezat diferă de cele de rabotat prin modul în care execută desprinderea așchiilor, necesitând o geometrie specială.

Rectificarea este un procedeu de așchiere atât a suprafețelor plane, cât și a celor de rotație (exterioare și interioare) (fig. 4.35).

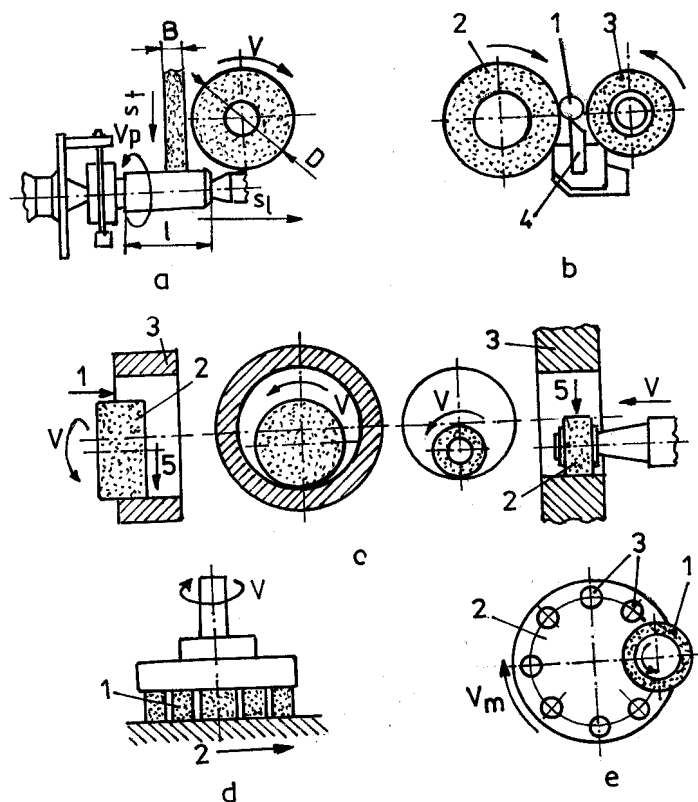


Fig. 4.35. *Scheme folosite pentru rectificarea suprafețelor*

Scula folosită la rectificare poartă denumirea de piatră abrazivă și poate fi: cilindrică (disc), cu una sau două degajări, în formă de taler înclinat sau oală, formată din segmenti, cu sau fără tijă, tronconică etc.

În general, procedeul de aşchiere prin rectificare se utilizează în scopul asigurării unei precizii sporite a dimensiunilor și a unei calități superioare a suprafețelor. Mașinile-unelte cu care se execută rectificarea se numesc mașini de rectificat, clasificare după destinația lor în trei categorii.

Pentru suprafețele plane se utilizează:

- mașini de rectificat în plan orizontal (cu masă rotundă sau dreptunghiulară, rectificarea făcându-se cu partea periferică a discului abraziv);

- mașini de rectificat în plan vertical, de mare productivitate, se întrebunțează pentru degroșare (mai rar pentru finisare). Scula se rotește în plan orizontal și poate fi piatră-oală sau piatră formată din segmenti.

Pentru suprafețele de rotație exterioare se folosesc:

- mașini de rectificat exterior cu prinderea între vârfuluri;
- mașini de rectificat universale;
- mașini de rectificat rotund între vârfuluri.

Pentru suprafețele de rotație interioare se întrebunțează:

- mașini de rectificat interior cu cap de prindere;
- mașini de rectificat rotund interior fără prindere;
- mașini de rectificat rotund interior planetare.

Pentru rectificarea pieselor metalice dure se vor folosi pietre abrazive moi sau cu duritate mijlocie; pentru degroșări se întrebunțează pietre cu duritate mijlocie sau mare; pentru rectificarea cu periferia discului abraziv se vor utiliza pietre mai dure decât în cazul rectificării frontale.

Corectarea formei și dimensiunilor unei pietre se numește îndreptare și se poate face, în condiții bune, cu creioanele de diamant (cristalul de diamant este fixat pe un suport).

Netezirea este un proces de aşchiere care conduce la o înaltă precizie dimensională și un mare grad de netezime a suprafețelor. Această operație se efectuează prin lepuire sau rodare (fig. 4.36) (cu ajutorul pulberii abrazive aplicate între piesă și sculă) și vibronetezire sau superfinisare care se efectuează cu bare abrazive ce se mișcă rectiliniu-alternativ, cu frecvență de 800-2000 curse duble pe minut și amplitudine de 2-6 mm (fig. 4.37).

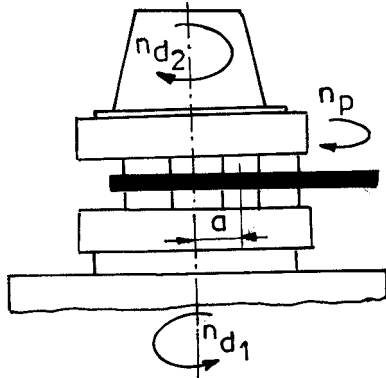


Fig. 4.36. *Lepuire*

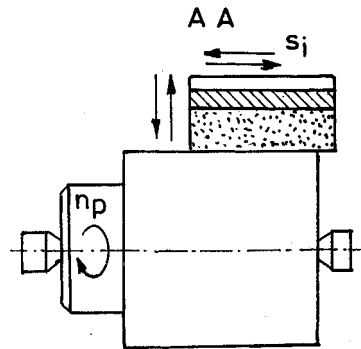


Fig. 4.37. *Vibronetezirea*

Suprafețele de rotație exterioare se netezesc prin: strunjirea rapidă (cuțite cu plăcuțe mineralo-ceramice sau cu vârf de diamant), prin șeveruire (fig. 4.38) (scula șever se rotește într-un sens, iar piesa în sens opus); prin rectificare rapidă (deosebită de cea obișnuită prin vitezele periferice ale pietrei mult mai mari, calitatea suprafețelor mai înaltă, productivitatea superioară etc.), prin honuire (fig. 4.39) (scula numită cap de honuit, având fixată pe ea mai multe pietre abrazive sub formă de bară execută o mișcare rectilinie alternativă în timp ce piesa se rotește); prin vibronetezire (supranetezire).

Suprafețele de rotație interioare se netezesc prin strunjire, honuire (honul, cu pietrele abrazive sub formă de bare execută o mișcare complexă-elicoidală, compusă dintr-o rotație și o translație, alternative) și prin vibronetezire (superfinisare), sau vibrohonuire.

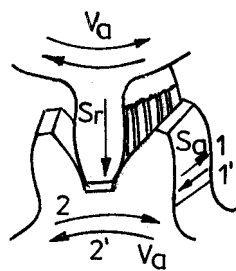


Fig. 4.38. *Șeveruire*

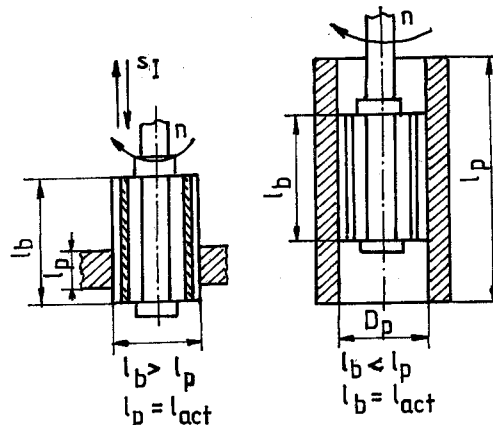


Fig. 4.39. *Honuirea*

4.5. Recondiționarea pieselor prin compensare (piese suplimentare)

4.5.1. Generalități. Acest procedeu constă în introducerea unei piese suplimentare care să compenseze uzura rezultată în urma funcționării, să acopere fisurile sau spargerile, să înlocuiască unele porțiuni ale organului de mașină uzat și să asigure materialul de adaos necesar prelucrărilor mecanice în vederea restabilirii formei geometrice a piesei și a dimensiunilor nominale.

Compensatoarele se folosesc la recondiționarea cilindrilor, scaunelor de supape, axelor, fusurilor de lagăre, arborilor, orificiilor filetate, roților dințate etc.

Montarea pieselor compensatoare pe organele de mașini se poate face prin presare (strângere), filetare, sudare, lipire etc. Procedeu de montare este determinat de configurația organelor de mașini ce trebuie recondiționate și de solicitările care apar în compensatoare pe timpul funcționării.

Bucșele de suplimentare să aibă grosimea mai mare decât suma valorii uzurii și a materialului care se elimină la prelucrarea ulterioară. Grosimea minimă impusă de fenomenul de strivire ce are loc prin presare este de 2 – 2,5 mm. Pentru asigurarea unei presări corecte este absolut necesar ca orificiul sau axul pe care se presează compensatorul să fie prelucrat prin șlefuire, asigurându-se o suprafață cât mai fină.

Dacă rizurile de prelucrare sunt mari pe suprafețele de contact, în timpul presării acestea se rup, strângerea se micșorează, iar îmbinarea este necorespunzătoare. Suprafețele uzate sau deteriorate se prelucrează prin diferite metode, în funcție de materialul și tratamentul termic aplicat piesei, precum și de destinația ansamblului. Piesele călite se supun mai întâi unui tratament termic de recoacere locală sau generală, după care se prelucrează prin strunjire sau alezare, iar apoi eventual, se rectifică.

La executarea pieselor suplimentare se ține seama de materialul din care este făcută și de dimensiunile la care trebuie recondiționată piesa de bază, de caracterul ajustajului, precum și de adaosul de material necesar finisării. De regulă, piesa compensatoare se execută din același material din care este confecționată piesa de bază. În situația în care se folosesc alte materiale este necesar să se asigure buna funcționare a asamblării. Astfel, la

cartere și la butucii roților din fontă, orificiile uzate se recondiționează cu bușe din oțel.

Procesul tehnologic de recondiționare prin compensare presupune efectuarea următoarelor operații:

- pregătirea piesei uzate;
- confecționarea compensatorului;
- montarea compensatorului;
- prelucrarea ansamblului, piesă-compensator, la dimensiunile

finale.

Avantajele procedurii de recondiționare prin compensare (suplimentare) constau în faptul că, dau posibilitatea recondiționării pieselor cu uzură mare fără a fi nevoie de utilaje de atelier speciale re folosindu-se piesele costisitoare. Desigur, procedeul nu poate fi extins la toate piesele, întrucât la unele rezistența la oboseală scade, transmiterea căldurii se înrăutățește, din cauza spațiilor de aer ce se formează între suprafața de contact, iar costul reparației crește, deoarece sunt necesare prelucrări ale suprafețelor de contact la o clasă de precizie ridicată (1-3 STAS).

În funcție de natura defecțiunii ce trebuie remediată, de forma pieselor suplimentare și de procedeul de montare a acestora există următoarele posibilități de recondiționare prin compensare: prin bușare, prin înlocuirea unei porțiuni din piesă, prin montarea unor garnituri suplimentare și prin aplicarea unor petice.

4.5.2. Recondiționarea pieselor prin bușare. Procedeul se utilizează pentru eliminarea uzurii suprafețelor cilindrice – blocuri de cilindri, alezaje pentru rulmenți, fusuri de arbori etc.

Fig. 4.40. *Bușarea fusului de cap al unui arbore:* 1-fusul de arborelui; 2-bușă suplimentară

Fig. 4.41. *Fixarea bușei pe fusul de cap al arborelui:* de cap al arborelui; 1-fusul de cap al arborelui; 2-bușă suplimentară

Fusul de capăt al unui arbore uzat (fig. 4.40) se prelucrează la un diametru mai mic pentru a fi adus la forma geometrică inițială, presând apoi pe el o bușă confecționată, de regulă, din același material ca și arborele.

După presare, bucușă este prelucrată la exterior la diametrul nominal al arborelui. Pentru a evita rotirea ei pe arbore, se punctează sau se sudează pe partea frontală (fig. 4.41).

După ultima treaptă de reparație cilindrul blocului motor mai poate fi recondiționat prin presarea unei bucușe. În acest scop cilindrul se alezează pentru corectarea formei geometrice, și se presează o bucușă din fontă sau din oțel care se prelucrează la interior la dimensiunea nominală a cilindrului.

Grosimea pereților bucușei este determinată de gradul de uzură al piesei de recondiționat, de adaosul de prelucrare necesar pentru corectarea formei geometrice și de solicitările la care este supusă bucușă.

De obicei, piesele de compensare se montează prin strângere. Forța necesară presării la rece a bucușelor se calculează cu relația:

$$F = f \cdot D \cdot L \cdot p \quad [\text{N}] \quad (4.32)$$

în care: f este coeficientul de frecare dintre cele două piese;

D – diametrul pieselor în contact, în mm;

L – lungimea de presare în mm;

p – presiunea de strivire de pe suprafețele de contact, în N/mm^2 .

în care: f este coeficientul de frecare dintre cele două piese;

D – diametrul pieselor în contact, în mm;

L – lungimea de presare în mm;

p – presiunea de strivire de pe suprafețele de contact, în N/mm^2 .

Coeficientul de frecare depinde de natura materialelor din care sunt realizate cele două piese și are valorile indicate în tabelul 4.46.

Tabelul 4.46. *Coeficientul de frecare f*

<i>Materiale</i>	<i>Valoarea lui f</i>
Oțel pe oțel	0,06-0,22
Oțel pe fonte	0,06-0,14
Oțel pe alamă	0,05-0,10

Presiunea de strivire este determinată cu relația:

$$p = \frac{10^{-3} \cdot S}{\left(\frac{K_1}{E_1} + \frac{K_2}{E_2} \right) \cdot d} \quad [\text{N}] \quad (4.33)$$

în care: S este strângerea calculată conform standardului de ajustare, în micrometri;

E_1, E_2 - modulele de elasticitate ale materialelor piesei și compensatorului, în N/mm^2 ;

K_1, K_2 - coeficienți definiți de relațiile:

$$K_1 = \frac{d_o^2 + d_1^2}{d_o^2 - d_1^2} - \mu_1 \quad K_2 = \frac{d_2^2 + d_1^2}{d_2^2 - d_1^2} + \mu_2 \quad (4.34)$$

în care: d_o este diametrul exterior al compensatorului ce se presează, în mm;

d_1 - diametrul interior al compensatorului, în mm;

μ_1, μ_2 - coeficienții lui Poisson pentru piesă și compensator (pentru oțel $\mu = 0,2$ iar pentru fontă $\mu = 0,25$);

d_2 - diametrul exterior al compensatorului, în mm.

Operația de presare a pieselor compensatoare necesită utilizarea unor piese hidraulice. pentru a facilita presarea la rece, suprafețele de contact se ung cu ulei.

Presarea cu strângere mare a pieselor compensatoare, trebuie făcută prin încălzirea piesei cuprinzătoare sau prin răcirea piesei cuprinse. Îmbinarea pieselor prin strângere, prin încălzire sau răcire este mult mai rezistentă decât prin presarea la rece, deoarece asperitățile de pe suprafețele pieselor nu se distrug și valoarea strângerii nu se micșorează. Dacă celelalte condiții nu se schimbă, rezistența ajustajelor realizate prin încălzire (răcire) este de trei ori mai mare decât rezistența ajustajelor presate la rece, iar valoarea medie a strângerilor este de două ori mai mare, datorită întrepătrunderii rugozităților suprafețelor în contact.

Piese se încălzesc la $100 - 150^\circ \text{C}$ în băi de ulei sau cu dispozitive electrice care asigură o încălzire uniformă. Când sunt necesare temperaturi mai mari se folosesc cuptoare electrice sau arzătoare cu flacără.

Temperatura de încălzire a piesei cuprinzătoare se determină cu relația:

$$t = \frac{S + J}{d} 10^{-3} \alpha + t_m \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (4.35)$$

în care: S este valoarea strângerii maxime a ajustajelor, mm;

J - jocul necesar la montaj, mm;

α - coeficient de dilatare;

d – diametrul asamblării, în mm;

t_m - temperatura mediului ambiant, în $^{\circ}\text{C}$.

Răcirea pieselor interioare în vederea presării se realizează în băi în care se găsesc substanțe cu punct de fierbere foarte scăzut. Temperaturile de fierbere la presiunea normală ale substanțelor folosite pentru răcire sunt arătate în tabelul 4.47.

Tabelul 4.47. *Temperaturi de fierbere ale substanțelor criogene*

Substanțe	Temperaturi de fierbere la presiune normală, în $^{\circ}\text{C}$
Acid carbonic solid	-78,55
Oxigen lichid	-182,5
Aer lichid	-190
Azot lichid	-195

Temperatura până la care trebuie răcită piesa cuprinsă, se determină cu formula:

$$t = \frac{S + J}{d} 10^{-3} \delta + t_m \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (4.36)$$

în care: δ este coeficientul de contracție a piesei.

Pentru a ușura centrarea bușei în timpul presării și pentru a evita formarea rizurilor, muchiile arborelui și alezajului trebuie să aibă o teșitură de $30 - 45^{\circ}$.

Uneori, pentru centrarea bușei se folosesc dispozitive ajutătoare, numite dornuri de centrare (fig. 4.42).

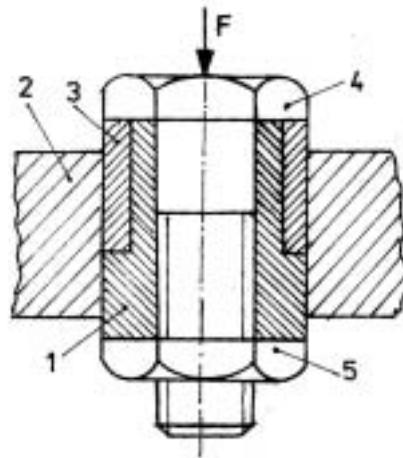


Fig. 4.42. **Dorn de centrare**: 1-ghidajul; 2-piesa de recondiționat; 3-bucșă suplimentară; 4-capul dornului; 5-piuliță de strângere; 6- forța de apăsare

Partea inferioară a ghidajului (1) servește la centrarea bucșei (3) în alezajul piesei (2). Înainte de presare, bucșa (3) se așează între ghidajul (1) și capul dornului (4), cu ajutorul piuliței (5).

Presarea trebuie executată cu atenție, încet, la început cu forță mică – dacă presarea se execută la presă – sau cu lovituri ușoare de ciocan – dacă presarea se face manual, la ambele situații trebuie evitate dezaxările.

Dacă bucșa trebuie să aibă duritatea mare, înainte de presare, ea este supusă tratamentului termic corespunzător.

Înainte de bucșare, fusurile arborilor (fig. 4.43) se prelucrează prin rectificare sau strunjire la un diametru mai mic. Apoi pe fus se montează o bucșă din două jumătăți care, de cele mai multe ori, se sudează între ele pe generatoare, iar apoi sunt prelucrate mecanic la diametrul nominal.

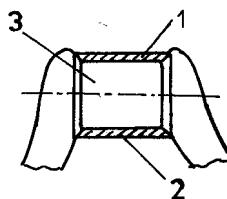


Fig.4.43. **Recondiționarea fusurilor interioare ale arborilor folosind semibucșe**: 1 și 2- semibucșe;3-fusul anterior

Călirea lor se face numai după montare, prin curenți de înaltă frecvență. În ultimul timp jumătățile de bucșă sunt lipite la rece cu pastă

epoxidică specială. După întărire, cusătura cu această pastă devine rezistentă la vibrații și căldură, stabilă la acțiunea apei, a benzinei, a uleiurilor și a altor produse petroliere.

Recondiționarea găurilor cu filete deteriorate se face de regulă, prin prelucrarea la cote de reparație, folosindu-se un șurub cu diametrul mărit. Sunt situații când piesa conjugată nu permite utilizarea unui șurub, sau a unui prezon cu diametrul mărit. În acest caz recondiționarea orificiului cu filetul deteriorat se execută prin bușare. Orificiul se alezează la un diametru mărit, se filetează, apoi se confecționează o bușă cu filet exterior și se înșurubează în orificiu cu diametrul mărit. Înșurubarea bușei trebuie să se facă fără foc, ușor forțat și, pentru a nu se deșuruba se asigură cu știfturi de siguranță sau prin sudură. Ulterior suprafața frontală a bușei se aduce la nivelul suprafeței piesei de bază filetându-se apoi la interior (fig. 4.44).

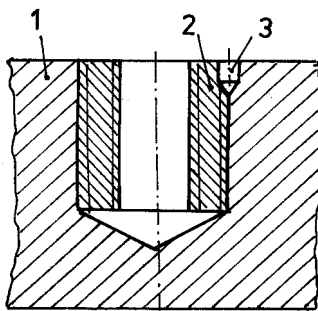


Fig. 4.44. **Bucșarea unui orificiu filetat:** 1-piesa de recondiționat;
b- bușă suplimentară; 3-știft de siguranță

Recondiționarea pieselor prin bușare este un procedeu destul de complicat, de aceea se recomandă a fi aplicat când recondiționarea piesei la cota de reparație nu mai este posibilă. Se asigură totuși calitatea pieselor recondiționate și nu necesită încălzire (care anulează caracteristicile mecanice induse prin tratamente termice).

4.5.3. Recondiționarea pieselor prin înlocuirea părților uzate

Datorită condițiilor de lucru, multe piese se uzează neuniform. Sunt întâlnite frecvent situații când o parte a piesei este atât de uzată, încât nu mai poate funcționa, iar altă parte este neuzată sau foarte puțin uzată.

Pentru a putea refolosi piesele costisitoare, partea uzată se taie și se îmbină prin presare sau sudare cu partea bună a piesei.

Vom ilustra acest procedeu de recondiționare prin câteva exemple.

La arborii cu roți dințate confecționați monobloc, se uzează foarte des dinții pinioanelor mai încărcate sau mai des folosite; celelalte pinioane fiind, de obicei, în stare bună. O astfel de piesă (fig. 4.45) poate fi recondiționată prin înlocuirea coroanei dințate uzate sau deteriorate după următorul proces tehnologic:

- se decălește coroana prin curenți de înaltă frecvență;
- se strunjește coroana dințată deteriorată;
- se confecționează o coroană dințată nouă din același material cu arborele;
- se tratează termic coroana dințată nouă;
- se presează coroana dințată prin sudură sau cu știfturi de fixare.

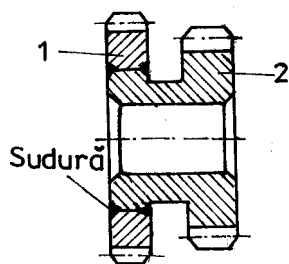


Fig. 4.45. **Reconstrucția unui grup de roți dințate confecționate dintr-o bucată**

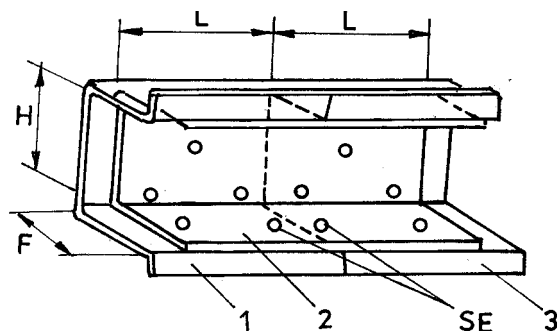


Fig. 4.46. **Reconstrucția capacului unui schimbător de viteze: a-cota la care se taie capacul uzat; d-diametrul capacului nou**

În fig. 4.46 se arată modul de reconstrucție a unui capac de schimbător de viteze care prezenta un grad de uzură avansată a suprafeței sferice a locașului în care funcționează nuca manetei de schimbare a vitezelor. Pentru acest caz reconstrucția comportă:

- tăierea la strung a capacului locașului la cota a;
- alezarea capacului la diametrul d;
- executarea, din același material cu capacul, a unui nou locaș, care se presează în capacul schimbătorului de viteze;
- rigidizarea locașului de capac, printr-un cordon de sudură.

Cotele a și d se determină în funcție de mărimea uzurii. Sudarea pentru rigidizare se face cu flacără oxiacetilenică, după ce, în prealabil capacul și locașul nou au fost încălzite la o temperatură cuprinsă între 600 și 650°C.

În fig. 4.47 este prezentat modul de recondiționare a unui lonjeron, prin înlocuirea unei porțiuni din acesta. Tehnologia se execută prin următoarele operații:

Sudură cu flacără oxiacetilenică
cu cusătură pe toată
circumferință

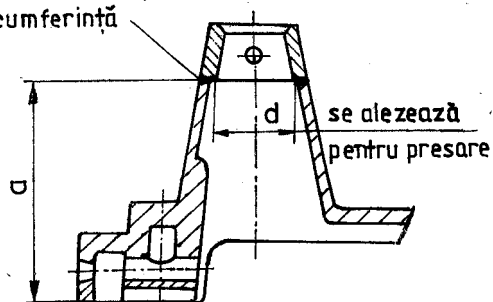


Fig. 4.47. **Recondiționarea lonjeroanelor:** 1-tronsonul de lonjeron nou; 2-elementul de îmbinare; 3-tronsonul de lonjeron bun; F-lățimea lonjeronului; H-înălțimea lonjeronului; L-jumătate din lungimea elementului de îmbinare; SE-puncte de sudură electrică

- se confecționează două dubluri (2) din tablă de grosime egală cu aceea a materialului lonjeronului, de $2L = 200$ mm lungime; înălțimea H și lățime F , a noii piesei, sunt egale cu acelea ale lonjeronului;

- se sudează electric prin punctaje jumătate din dublura (2), pe elementul nou. Operația se face la ambele capete ale elementului nou;

- se așează elementul nou în lonjeron, se sudează electric prin puncte și se racordează cele două elemente prin sudare oxiacetilenică.

4.5.4. Recondiționarea pieselor prin montarea unor garnituri suplimentare

Procedeeul se utilizează pentru remedierea defectelor de uzură ale suprafețelor plane din îmbinările fixe. Uzura suprafețelor în contact este compensată cu ajutorul unor garnituri sau șaibe prelucrate în acest scop.

Bucșele de cilindru ale motoarelor se montează în bloc (fig. 4.48) astfel încât bordura (2) să iasă cu dimensiunea „ a ” deasupra suprafeței frontale a blocurilor pentru a asigura etanșeitaea garniturii de chiulasă. Cota „ a ” diferă de la motor la motor.

În procesul de exploatare a motoarelor, gulerul bucșei de cilindru (1), precum și suprafața de reazem (3) din bloc se tasează, ceea ce duce la îngroparea bordurii (2) și la compromiterea etanșeității. Remedierea acestei

defecțiuni se execută prin montarea unei șaibe de compensare (4), sub gulerul de cilindru (1).

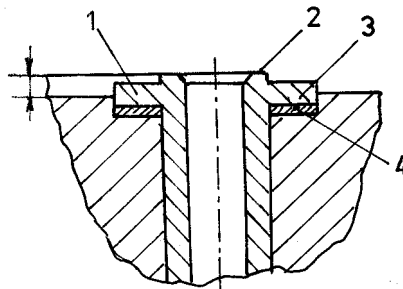


Fig. 4.48. **Recondiționarea locașului bușei de cilindru din blocul motor:**
1-gulerul bușei de cilindru; 2-bordura bușei de cilindru; 3-suprafața de reazem a bușei de cilindru; 4-șaița bordurii bușei de cilindru deasupra blocului motor

Procesul tehnologic de recondiționare cuprinde următoarele etape:

- se determină grosimea șaibe de compensare (4) având în vedere cota „a” pe care trebuie să-o aibă bordura (2) deasupra blocului de cilindri;
- se confecționează șaița de compensare (4);
- se șlefuiște gulerul (1) și suprafața de reazem (3) din blocul de cilindri, cu pastă de șlefuit;
- se șlefuiște, de asemenea, cu pastă, șaița de compensare la gulerul bușei de cilindru și la bloc;
- se presează bușea de cilindru și se verifică înălțimea deasupra blocului motor;
- se verifică etanșeitarea.

4.5.5. Recondiționarea pieselor prin aplicarea de petice și eclise

În procesul de reparații, acest procedeu este utilizat frecvent la recondiționarea pieselor cu fisuri și spărturi. Aceste defecte se întâlnesc frecvent la piesele turnate – cartere, cazane, șasiuri de autovehicule, carcase etc.

În funcție de rolul piesei și de poziția defectiunii ce trebuie remediată, aplicarea peticilor și ecliselor poate avea un rol de etanșare , întărire sau de etanșare întărită. Prinderea lor se realizează prin sudare, nituire sau prin șuruburi și depinde de natura defectului, de poziția lui și de rolul funcțional al piesei recondiționate.

Spărtura produsă în carcasa unui utilaj se recondiționează prin peticire (fig. 4.49). Procesul tehnologic va cuprinde următoarele operații:

- curățirea marginilor spărturii cu ajutorul unui polizor portabil;
- confecționarea unui petic, din același material și cu aceeași grosime ca cel de bază, astfel încât să depășească spărtura pe o porțiune de aproximativ 30 mm din fiecare parte a spărturii;
- curățirea suprafeței de acoperire cu ajutorul unei perii de sârmă, cu pila sau cu polizorul;
- aplicarea peticului și fixarea lui cu un cordon de sudură pe circumferință.

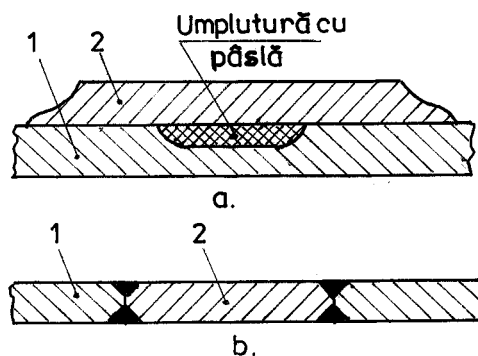


Fig. 4.49. **Recondiționarea spărturilor:** a-prin suprapunere; b-prin decupare; 1-piesă; 2-petic

Recondiționarea unui lonjeron (traversă) fisurat se realizează cu eclise de întărire (fig. 4.50), care se prind de piesa de bază printr-un cordon de sudură. Marginile exterioare ale cordonului de sudură trebuie să se afle la o distanță de cel puțin 4 – 5 mm de marginile lonjeronului (traversei), iar grosimea ecliselor nu trebuie să depășească grosimea piesei de recondiționat.

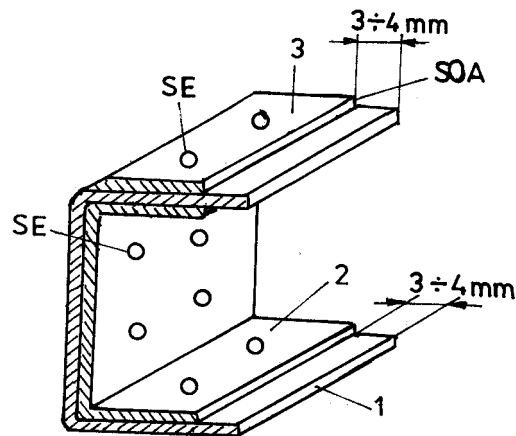


Fig. 4.50. **Întărirea cu eclise a unui lonjeron:** 1-lonjeronul; 2-eclisă interioară; 3-eclisă exterioară; SE-puncte de sudură electrică; SOA- cordon de sudură oxiacetilenică

Procesul tehnologic constă în:

- confecționarea ecliselor, 1 și 3, din tablă de oțel, nu mai groasă decât grosimea lonjeronului;
- curățirea lonjeronului pe suprafețele de contact cu eclisele;
- executarea găurilor pentru nituri (dacă prinderea se realizează prin nituire);
- prinderea ecliselor prin sudare sau nituire.

Recondiționarea carcaselor fisurate se poate executa și prin aplicarea unor petice (fig. 4.51). Fixarea peticelor se poate face cu șuruburi, nituri sau prin lipire.

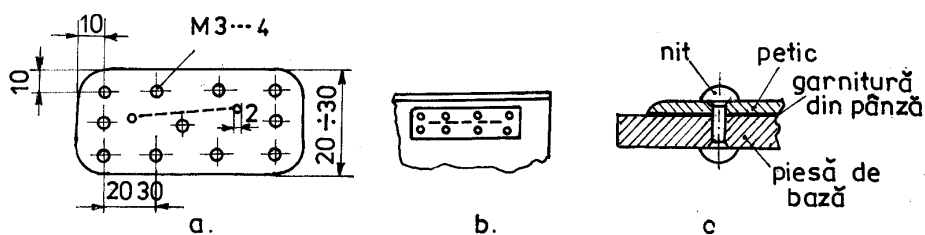


Fig. 4.51. **Recondiționarea carcaselor fisurate:** a-cu petic fixat cu șuruburi; b-cu petic fixat cu nituri

Procesul tehnologic cuprinde:

- executarea a două găuri la capetele fisurilor pentru a împiedica înaintarea acesteia;
- confecționarea peticului din tablă de alamă sau de oțel moale, cu grosimea nu mai mare de 5 mm, astfel încât să acopere fisura în fiecare parte, pe o porțiune de 25-30 mm;
- curățirea suprafeței ce se acoperă;
- mularea peticului pe suprafața ce se acoperă;
- confecționarea unei garnituri de postav după dimensiunile peticului;
- trasarea axelor găurilor pentru fixare astfel încât ele să fie situate la 20-30 mm unul de altul și la cel puțin 10 mm de marginea fisurii;
- executarea găurilor de prindere în petic, garnitură și carter, cu un diametru de cel puțin 3 mm;
- filetarea orificiilor din carter (dacă prinderea peticului se face cu șuruburi);
- îmbibarea garniturii de postav în minium de plumb sau șerlac;
- montarea garniturii și peticului pe carter;
- verificarea etanșeității cu apă caldă la 70-75°C, timp de 5 minute, la o presiune de 2,5 MPa.

În cazurile prinderii peticelor cu șuruburi, acestea se confecționează din materiale moi (cupru, aluminiu etc.). Confecționarea șuruburilor și niturilor, precum și prinderea lor necesită manoperă sporită; de aceea, în prezent, se recurge frecvent la lipirea peticelor cu adezivi.

Recondiționarea pieselor prin aplicarea peticelor și ecliselor nu necesită folosirea unor utilaje complicate, de aceea procedeul este mult utilizat în toate atelierele de reparații.

4.6. Recondiționarea pieselor prin deformare plastică

4.6.1. Generalități

Procedeul de recondiționare a pieselor prin deformare plastică se bazează pe proprietatea materialelor de a-și schimba, sub acțiunea unor forțe exterioare, forma și dimensiunile geometrice (deformații remanente și plastice) fără a le rupe. Prin utilizarea acestui procedeu, volumul piesei recondiționate rămâne constant: se schimbă însă forma, structura și proprietățile mecanice ale materialului din care este confecționată piesa. În

esență are loc redistribuirea materialului din zonele inactive în zonele active, în acest fel, piesele uzate fiind aduse la dimensiuni nominale.

Procesul tehnologic presupune efectuarea a două operații: schimbarea formei și dimensiunilor prin deformare plastică și prelucrarea piesei la dimensiunile finale. Cele mai răspândite moduri de prelucrare prin deformare plastică sunt: refularea, restrângerea, întinderea, mandrinarea, îndreptarea, moletarea.

Procedeul de recondiționare prin deformare plastică prezintă avantajul că prelucrările de finisare se fac cu adaosuri mici, iar costul este, în cele mai multe cazuri, redus. El are însă și unele dezavantaje. Astfel, în timpul procesului de deformare are loc o reșezare a unor straturi de material, prin alunecarea cristalelor după planurile de minimă rezistență, ceea ce determină deformarea rețelei cristaline. Totodată, materialul se durifică (se ecrusează) pe anumite suprafețe iar fragilitatea materialului crește. Ecrusarea și fragilitatea pot fi însă atenuate sau chiar anulate prin încălzire, dar aceasta anulează tratamentele termice anterioare ale piesei, fiind necesară refacerea lor, ceea ce, evident, ridică prețul de cost al recondiționării.

4.6.2. Recondiționarea pieselor prin refulare

Într-o accepție mai simplă refularea reprezintă modul de prelucrare prin deformare plastică, care vizează mărirea diametrului exterior al pieselor pline sau micșorarea diametrului interior al pieselor tubulare. Procedeul se caracterizează prin faptul că direcția forței F_d care acționează pe piesă nu coincide cu direcția deformației acesteia δ (fig. 4.52).

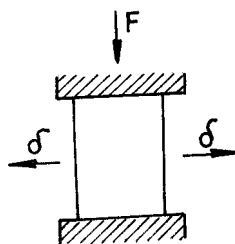


Fig. 4.52. *Recondiționarea prin refulare a unei piese plane:*

F_a -forța de apăsare; δ -deformația piesei

În procesul de reparație, refularea este folosită frecvent la recondiționarea bușelor din bronz, a buloanelor cu cap sferic, a supapelor, a tacheților etc.

Recondiționarea prin refulare a supapelor cu talerul uzat peste limita admisibilă comportă următoarele operații tehnologice:

- încălzirea talerului supapei la o temperatură de 800 – 900°C;
- refularea talerului supapei într-o matriță specială (fig. 4.53);
- răcirea supapei în nisip;
- verificarea bătăii talerului și la nevoie îndreptarea lui;
- verificarea suprafeței de lucru a talerului;
- călirea supapei, urmată de o revenire la o temperatură înaltă;
- rectificarea finală a talerului de supapă.

Prin refulare, grosimea talerului de supapă se micșorează în favoarea creșterii diametrului (4.54). Linia continuă reprezintă supapa după recondiționare, iar linia punctată reprezintă supapa înainte de recondiționare.

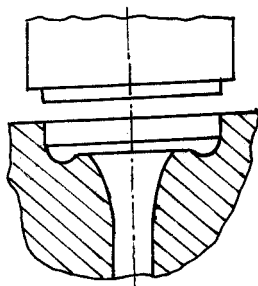


Fig. 4.53. *Matriță pentru recondiționarea prin deformare plastică*

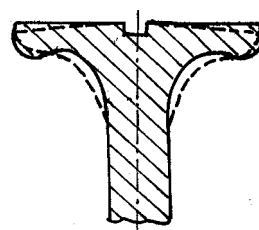


Fig. 4.54. *Modificarea prin refulare a dimensiunilor talerului supapei; continuă – suprafața după refulare; linia punctată – suprafața înainte refulare*

Recondiționarea prin refulare a bușelor de bronz se poate face chiar în locul unde sunt montate. Se știe că prin uzură, diametrul interior al bușei depășește valorile admisibile. Recondiționarea bușei prin refulare presupune executarea următoarelor operații (fig. 4.55):

- montarea dornurilor (1) și (2) în bușa de bronz;
- presarea dornurilor cu ajutorul unei prese hidraulice până când capetele lor se ating. În timpul presării înălțimea și diametrul interior al bușei scad, iar grosimea crește;

- alezarea la interior a buçei până la cota nominală.

În mod similar se pot recondiționa buçele al căror diametru exterior este sub dimensiunile nominale.

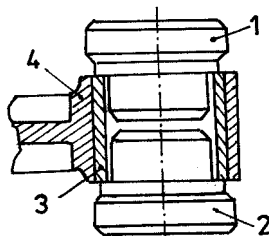


Fig. 4.55. **Refacerea prin refulare a buçelor din bronz:** 1 și 2-dornuri; 3-buçea de recondiționat; 4-piesa buçată

Studiul macro și microstructurii bronzului după aplicarea procedurii de refulare a demonstrat că prin această deformare nu se produc modificări calitative în material și că el nu se fisurează.

Înălțimea buçei se micșorează foarte puțin, ceea ce nu conduce la o creștere esențială a presiunii specifice pe timpul funcționării.

Recondiționarea prin refulare a unor piese complexe și cu regim de funcționare special impune executarea unor procese tehnologice complicate și scumpe. În general, se evită recondiționarea prin refulare, din cauza rentabilității economice scăzute.

Restrângerea și întinderea sunt cazuri particulare ale refulării.

Restrângerea este procedeul prin care diametrul interior al unei piese tubulare se micșorează prin reducerea diametrului ei exterior. De regulă, restrângerea se execută la cald; în cazul pieselor confecționate din metale moi se poate executa și la rece. Prin restrângere se recondiționează buçele uzate.

Supuse întinderii, piesele tubulare își îngustează local secțiunea și se alungesc. Operația se efectuează cu ajutorul unor dispozitive speciale și se folosește pentru recondiționarea tiranților, cozilor de supapă, împingătoarelor etc.

4.6.3. Recondiționarea pieselor prin mandrinare

Mandrinarea constă în deformarea plastică prin care dimensiunile exterioare ale pieselor tubulare se măresc. Caracteristic este faptul că direcția forței care acționează asupra piesei coincide cu direcția deformației. Din fig. 4.56 rezultă că mandrinarea provoacă micșorarea grosimii peretelui

piesei tubulare, fără a modifica înălțimea ei. Operația se poate face la rece sau la cald și se utilizează frecvent la recondiționarea bolțurilor tubulare.

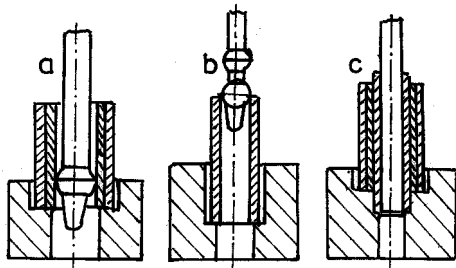


Fig. 4.56. *Mandrinarea unei piese tubulare*: F_m – forța de mandrinare;
 δ -deformația piesei

În fig. 4.57 sunt reprezentate diferite dispozitive pentru mandrinarea bolțurilor tubulare. Mandrinele sferice necesită forțe de lucru mai mici decât cele conice, dar prezintă dezavantajul că reclamă timp pentru sortarea bolțurilor după diametrul interior și necesită folosirea mandrinelor cu diametrul corespunzător pentru fiecare grup de bolțuri.

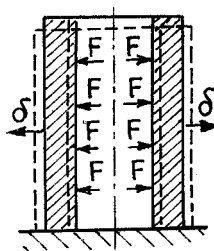


Fig. 4.57. *Dispozitive pentru mandrinare*: a și b-mandrine sferice; c și d-mandrine conice

Mandrinele conice au aceste dezavantaje: una singură putând fi folosită la toate bolțurile cu același diametru nominal interior. Ele impun utilizarea unor forțe mari de mandrinare, datorită frecărilor intense ce apar între piesă și mandrină. Pentru a lărgi gama de diametre interioare a bolțurilor, se recurge la folosirea bușelor secționare așezate între mandrină și piesa de recondiționat (fig. 4.57 c și d).

Procesul tehnologic pentru recondiționarea bolțurilor tubulare depinde de modul cum se face mandrinarea – la rece sau la cald.

În cazul mandrinării la rece procesul tehnologic cuprinde, în principal, următoarele operații:

- revenirea la temperatură înaltă. făcută în mediu neutru sau reducător, pentru a evita oxidarea;

- mandrinarea piesei cu ajutorul unei mandrine sferice, astfel aleasă, încât pentru diametrul exterior al bolțului, să rezulte un adaos de prelucrare de 0,15 – 0,20 mm;

- călirea bolțului la temperaturi de 750 – 850°C, răcirea lui în ulei și apoi revenirea la 180 – 200°C;

- rectificarea și lustruirea bolțului la dimensiunea finală.

În cazul mandrinării la cald, procesul tehnologic cuprinde următoarele operații:

- cementarea suprafeței bolțului la temperatura de 900-1000°C, timp de 2-3 ore (numai în cazul când stratul cementat al bolțului are un grad ridicat de uzură);

- mandrinarea bolțului la temperatura de 900 – 1000°C;

- călirea bolțului, apoi aplicarea unui tratament de revenire la temperatură joasă;

- rectificarea și lustruirea bolțului la dimensiunea finală.

Mandrinarea la rece este mai simplă și poate fi realizată cu un grad de precizie mai ridicat decât cea la cald. Încercările au arătat că rezistența la oboseală a bolțurilor mandrinate la rece este mai mare decât rezistența bolțurilor noi, datorită ecruisării găurii bolțului.

4.6.4. Recondiționarea pieselor prin îndreptare

În timpul funcționării agregatelor ansamblurilor și subansamblurilor, piesele suprasolicitate înregistrează deformații remanente. Cele mai frecvente sunt deformațiile de încovoiere și răsucire. Remedierea acestor defecte se realizează prin îndreptarea pieselor, operație ce se bazează pe proprietatea de deformare plastică a metalelor.

În funcție de gradul de deformare a piesei îndreptarea se poate face la rece sau la cald. Pentru a putea păstra proprietățile mecanice induse pieselor prin tratamente termice anterioare, se recomandă ca deformările mici să fie remediate prin îndreptare la rece. În unele situații, îndreptarea la rece este urmată de o încălzire de stabilizare a piesei, care se menține timp de 0,5 – 1,5 ore la temperatura maximă care nu afectează ultimul tratament termic. Dacă încovoierile și răsucirile pieselor sunt mari, îndreptarea trebuie făcută la cald. În acest caz stabilirea temperaturii de prelucrare la cald și a timpului de încălzire are o mare importanță pentru reducerea la minimum a decarburării superficiale și a pierderilor de metal prin oxidare. Piese se

încălzesc într-un mediu neutru, iar durata de încălzire trebuie redusă la minimum. După îndreptarea lor la cald, piesele se tratează termic pentru restabilirea proprietăților mecanice inițiale.

Piesele se îndreaptă de regulă, la prese sau cu ajutorul unor dispozitive speciale. În fig. 4.58 este prezentată schema îndreptării pieselor torsionate (răsucite) și încovoiate, iar în fig. 4.59 modul de îndreptare a unei biele torsionate.

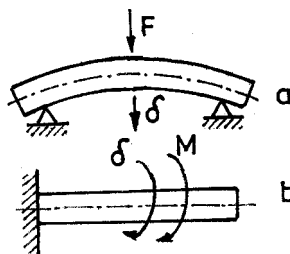
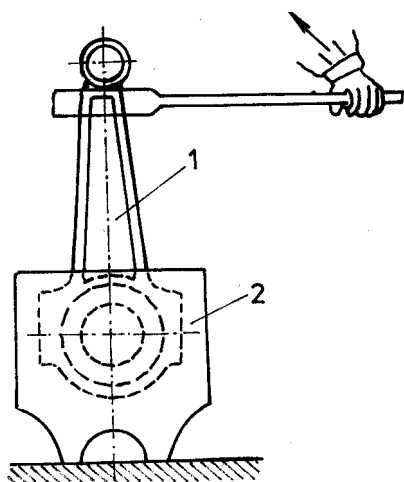


Fig. 4.58. **Îndreptarea arborilor:** a- arbore încovoiat; b- arbore torsionat; 1-bielă; 2- de prindere; F-forța de apăsare; M-momentul de răsucire

Fig. 4.59. **Îndreptarea unei răsucite:** 1-bielă; 2- de prindere; F-forța de apăsare; M-momentul de răsucire

4.6.5. Recondiționarea pieselor prin moletare

Moletarea constituie un procedeu de recondiționare a pieselor care se bazează, de asemenea, pe proprietățile de deformare plastică a metalelor. În cazul moletării însă, direcția forței care acționează asupra piesei nu coincide cu direcția de deformare. La moletarea canelurilor de exemplu (fig. 4.60 a) și a dinților roților dințate (fig. 4.60 b), direcția de deformare a materialului este perpendiculară pe direcția forței exterioare, în timp ce la moletarea fusurilor de arbori, deformarea materialului este opusă forței ce acționează din exterior (fig. 4.60 c).

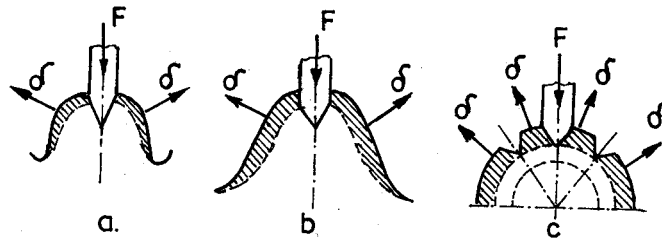


Fig. 4.60. *Schema de principiu a moletării*: a-arbore canelat; b-roată dințată; c-arbore plin; F-forța de apăsare; δ-deformația piesei

Procedeul este utilizat la recondiționarea canelurilor, a danturilor roților dințate, a fusurilor de arbori pe care se montează inelele rulmenților etc. El se poate executa la cald sau la rece.

Procedeul asigură mărirea lățimii canelurilor și dinților cu 0,15-0,20 mm față de dimensiunea nominală, ceea ce permite rectificarea lor la dimensiunile inițiale. În cazul fusurilor de arbori, prin moletare se poate mări diametrul exterior cu 0,10-0,20 mm față de diametrul nominal.

Procesul tehnologic de recondiționare prin moletare este condiționat de natura materialului și de tratamentele termice ale piesei de recondiționat. Înainte de moletarea la rece piesele din oțel tratate termic, trebuie supuse unei recoaceri. Recoacerea se face la temperaturi de 600 – 900°C, în cuptoare electrice cu mediu neutru sau reducător. După atingerea temperaturii de recoacere, piesa nu trebuie lăsată în cuptor mai mult de 6 min; ea trebuie răcită lent, în cuptorul de încălzire sau în baie cu nisip. După recoacerea piesei se execută moletarea manual, cu ciocanul, cu moletoarele indicate în fig. 4.61.

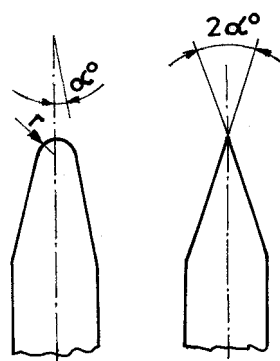


Fig. 4.61. *Capul sculelor pentru moletare*: 2α -unghiul la vârful sculei; r-raza de racordare a capului sculei

La recondiționarea arborilor canelați și a roților dințate, canalele rezultate prin moletare se încarcă prin sudare, iar recondiționarea fusurilor de arbori, pe care se montează inelele rulmenților, pot rămâne neîncărcate.

Să urmărim în continuare câteva exemple de recondiționări ale pieselor prin moletare.

Procesul tehnologic pentru recondiționare prin moletare a unei roți dințate, confecționată din oțel de îmbunătățire, cuprinde următoarele operații:

- recoacerea roții de temperatura de 850 – 900°C;
- moletarea dinților în dispozitive (prese) speciale, care nu permit deformarea plastică a restului roții;
- încărcarea prin sudură electrică a canalelor rezultate prin moletare;
- rectificarea profilului danturii cu un adaos de prelucrare de 0,05 mm pentru rectificarea finală;
- călirea danturii prin curenți de înaltă tensiune;
- rectificarea finală a danturii la dimensiunile nominale.

Arborele canelat a unui schimbător de viteze poate fi confecționat din oțel aliat de cementare. La fabricare i s-au executat: cementarea la 900°C, călirea la 860°C și revenire la 200°C. Pe timpul exploatării se produce frecvent uzura suprafețelor laterale ale canelurilor. Procesul tehnologic de recondiționare prin moletare al arborelui cuprinde:

- recoacerea arborelui la 750 – 850°C;
- moletarea canelurilor la cald în dispozitive speciale sau manual;
- încărcarea canalelor rezultate prin moletare cu sudură electrică;
- strunjirea diametrului exterior al canelurilor cu un adaos de prelucrare de 0,05 mm pentru rectificare;
- călirea arborelui la 860°C, cu răcire în ulei;
- revenirea arborelui la 200°C;
- verificarea durtății și, dacă este cazul, îndreptarea arborelui;
- rectificarea canelurilor la dimensiunile nominale.

4.6.6. Recondiționarea prin deformări la cald

Pentru mărirea plasticității și evitarea ecruisării, se folosesc temperaturi de cristalizare ridicate, fiind necesare eforturi mai mici de deformare scăzând pericolul apariției fisurilor în timpul deformării. Temperatura maximă de încălzire trebuie să nu atingă valori de supraîncălzire sau de ardere a materialului. De asemenea, terminarea

lucrării trebuie să aibă loc la temperatura optimă necesară pentru evitarea ecruisării.

Încălzirea poate fi generală sau locală, în medii neutre sau carburante (în cutii) pentru evitarea decarburării stratului superficial.

Durata încălzirii T se poate determina cu expresia:

$$T = k \cdot D \cdot \Delta D \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (4.37)$$

în care: D este diametrul sau dimensiunea maximă a piesei, în mm;

ΔD – creșterea dimensională, în mm;

k – coeficient ($k = 12,5$ pentru oțel carbon și
 $k = 25$ pentru oțeluri aliate).

După prelucrările prin presare la cald, piesele vor fi din nou tratate termic, în vederea obținerii condițiilor de duritate, respectiv de structură, cerute.

4.7. Condiționarea pieselor prin schimbarea poziției

În procesul de exploatare, este posibil să se uzeze numai anumite profile sau capete ale piesei, iar altele să rămână intacte. În asemenea cazuri, piesele mai pot fi utilizate, dacă li se schimbă poziția în cadrul ansamblului, astfel încât, să se utilizeze profilele sau capetele neuzate. După configurația generală a piesei, schimbarea poziției se poate face cu sau fără prelucrări mecanice.

Procedeul se poate folosi la roțile dințate, la piesele cu orificii uzate, la piesele cu locașuri de pană etc.

În timp ce roțile dințate simetrice, roțile dințate ale demultiplicatoarelor și reductoarelor simple, coroanelor dințate și ale roților motrice etc. – pot fi întoarse fără prelucrări mecanice, roțile dințate nesimetrice reclamă în plus prelucrarea lor mecanică.

În fig. 44.62 este prezentat un bloc de pinioane, din compunerea unei cutii de viteze.

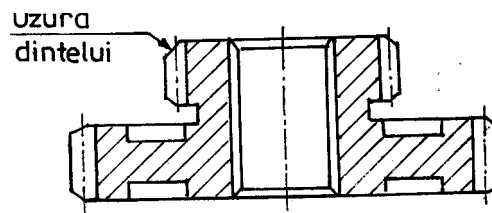


Fig. 4.62. **Bloc de pinioane uzat**: 1-pinionul mare; A-A: secțiunea în care se taie blocul de pinioane pentru executarea recondiționării

Blocul este cementat la 900°C și călit la 780 – 800°C cu revenire la 130 – 150°C.

Schimbarea poziției acestui bloc de pinioane este posibilă numai prin tăierea în secțiune A-A. Procesul tehnologic comportă efectuarea următoarelor operații:

- recoacerea blocului de pinioane la temperatura de 800 – 850°C, în cuptor cu mediu neutru sau reducător;
- tăierea blocului de pinioane după secțiunea A-A, prin strunjire;
- prelucrarea prin strunjire a capătului 1 al pinionului mic (fig. 4.63), pentru realizarea locașului necesar montării bușei de îmbinare (fig. 4.65);
- filetarea capătului prelucrat;
- prelucrarea prin strunjire a capătului (1) al pinionului mare (fig. 4.64), pentru realizarea locașului necesar montării bușei de îmbinare capătul (2), (fig. 4.64);
- confecționarea bușei de îmbinare (fig. 4.65) dintr-un oțel cu caracteristici mecanice apropiate de cele ale piesei de bază;
- înșurubarea bușei cu capătul (1), în pinionul mic al blocului;
- sudarea bușei la pinionul mic al blocului;
- montarea pinionului mic cu bușă, pe un dorn canelat;

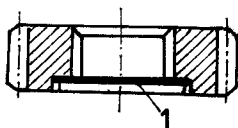


Fig. 4.63. **Prelucrarea pinionului mic**: 1-locășul pentru montarea bușei de îmbinare

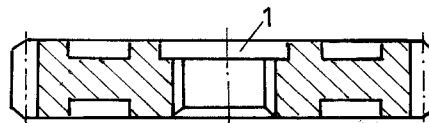


Fig.4.64. **Prelucrarea pinionului mare**: 1-locășul pentru montarea bușei de îmbinare

- montarea pinionului mare pe dornul canelat și presarea pe bușă de îmbinare;

- montarea dornului canelat, împreună cu blocul de pinioane, pe strung, centrarea între vârfuri și verificarea bătăii pinionului mare, care după cercul exterior trebuie să fie mai mică de 0,15 mm precum și a bătăii suprafeței frontale ce trebuie să fie sub 0,10 mm;

- sudarea electrică a pinionului mare la bucușă de îmbinare (fig. 4.66);

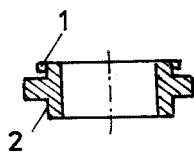


Fig. 4.65. **Bucșă de îmbinare:** 1- capătul care se montează în pinionul mic; 2- capătul care se montează în pinionul mare

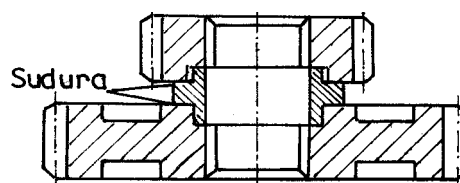


Fig. 4.66. **Sudarea pinionului la bucușă de îmbinare**

- scoaterea blocului pinioanelor de pe dornul canelat și corectarea prin strunjire a îmbinărilor prin sudură;

- executarea tratamentului termic de normalizare prin încălzire la 880-900°C, cu răcire în aer;

- călirea blocului de pinioane la 800 – 850°C cu răcire în ulei și apă, revenirea la 160 – 180°C.

La îmbinările executate prin buloane sau șuruburi, strângerea repetată, conduce în timp la uzura orificiilor, care iau formă de elipsă, iar între piesele conjugate apare un joc inadmisibil. Dacă forma geometrică și poziția reciprocă a pieselor permit, recondiționarea se poate face prin practicarea unor noi orificii dispuse între cele uzate.

În acest caz, una din piese își va schimba poziția cu un anumit unghi în raport cu piesa conjugată. Orificiile uzate pot fi astupate sau nu, în funcție de condițiile de funcționare ale pieselor îmbinate. Procedeu se aplică la recondiționarea locașurilor de prindere a capacelor, galeților, a roților motrice și de întindere, a orificiilor jenților de la roțile remorcilor etc.

Locașurile de pană uzate ale îmbinărilor fixe se pot recondiționa prin executarea altora noi, piesei recondiționate schimbându-i-se poziția, cu un anumit unghi față de piesa conjugată. Locașul vechi poate fi sau nu încărcat prin sudare. Procedeu se aplică la recondiționarea locașelor de pană uzate, ale fuliilor de antrenare.

4.8. Recondiționarea pieselor prin lipire

4.8.1. Generalități. Importanța lipirii

În comparație cu metodele clasice de îmbinare, cu filetarea, nituirea și sudarea, lipirea are o serie de avantaje. De exemplu, față de recondiționarea prin sudare, procedeul prin lipire (fig. 4.67) necesită temperaturi de lucru mai joase și, în consecință, asigură o viteză mai mare de execuție a operațiunilor și economii de energie; de asemenea, în piesele lipite se nasc tensiuni mai reduse și deformări mai mici decât în piesele sudate, iar în unele cazuri această operație nu mai necesită ulterior prelucrarea mecanică a pieselor.

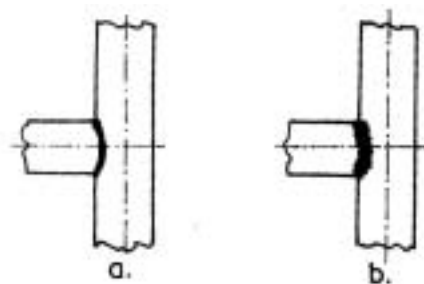


Fig. 4.67. *Îmbinarea în T a două țevi*: a-prin lipire; b-prin sudare

Cu toate că materialele de adaos folosite la lipire sunt de obicei mai scumpe decât cele utilizate la sudare, totuși în ansamblu procedeul este mai ieftin întrucât se utilizează cantități mai mici de material de adaos, iar manopera este mai redusă.

Operația de lipire poate fi executată cu mijloace simple, cu dispozitive semiautomatizate sau cu instalații automatizate. În prezent, folosindu-se materiale de adaos speciale și soluții constructive adecvate, rezistența lipiturilor o poate atinge pe aceea a sudurilor. De altfel, în majoritatea cazurilor nu este absolut necesar ca îmbinarea să asigure o rezistență mecanică ridicată, întrucât pot predomină alte calități funcționale cum ar fi: etanșeitatea, conductibilitatea electrică sau termică, netezimea suprafeței pentru acoperiri galvanice, precizia piesei sau posibilitatea de îmbinare a unor piese nesudabile (cazul plăcuțelor din carburi metalice ale sculelor).

În practică, se utilizează două categorii de lipituri: cu aliaje și cu materiale plastice.

4.8.2. Recondiționarea pieselor prin lipire cu aliaje

Lipirea constă în îmbinarea a două piese metalice folosind un metal sau aliaj de adaos topit, diferit de acela al pieselor de îmbinat, a cărui temperatură de topire este mai joasă decât aceea a materialului de bază.

Lipitura este îmbinarea rezultată după aplicarea unui procedeu de lipire, îmbinare care se realizează prin procese de difuziune la suprafața de contact între materialul de adaos topit și materialul de bază, netopit.

Rezultă că spre deosebire de sudare, lipirea nu presupune topirea materialului de bază; este suficientă doar o încălzire a acestuia sub temperatura de topire. De asemenea, remarcăm faptul că metalul sau aliajul folosit ca material de adaos nu trebuie să aibă compoziție chimică identică și nici măcar asemănătoare cu cea a materialului de bază.

Ca material de adaos poate fi folosit un metal sau un aliaj care în stare topită umectează suprafața materialului de bază și formează cu acesta o legătură prin difuziune.

Procedeele de lipire se clasifică, în funcție de mai multe criterii, dintre care cele mai importante sunt:

- natura îmbinării; după acest criteriu poate fi prin depunere și capilară. La primul material de adaos se introduce în rostul îmbinării (cusăturii) prin topire, iar la a doua se pătrunde singur în rostul îmbinării sub acțiunea forțelor capilare;

- temperatura de topire a materialului de adaos; când ea este sub 400°C se spune că se execută o lipire moale, iar când aceasta depășește 450°C, se efectuează o lipire tare;

- modul de încălzire a pieselor, împarte lipirea în lipire cu încălzire locală, în jurul îmbinării, procedeul utilizat îndeosebi la piesele mari, și lipire cu încălzire totală a pieselor, aplicat cu precădere la piesele mici.

Clasificarea procedeelelor și metodelor de lipire cu aliaje este prezentat mai jos:

LIPIREA	prin depunere	-moale:	-cu ciocan -cu flacăra -prin frecare
		-tare:	-cu ultrasunete
	capilară:	-moale:	-cu ciocan de lipit -prin reacție chimică -cu flacăra -prin imersie-în baie metalică
		- în baie de săruri	
		- în baie de flux -prin rezistență electrică	
		-tare:	-prin inducție -cu vid -în cuptor-cu atmosferă normală -cu atmosferă reducătoare

Aliajele de lipit trebuie să satisfacă următoarele cerințe tehnice generale: temperatura lor de topire să fie mai joasă decât a materialului de bază; intervalul de topire a componentelor aliajului să fie mai mic pentru a evita separarea acestora; în stare topită să aibă tensiune superficială și vâscozitate reduse; proprietățile mecanice să fie cât mai ridicate; să aibă formă și dimensiuni corespunzătoare.

În procesul de recondiționare se folosesc aliaje pentru lipire moale și aliaje pentru lipire tare.

Aliajele pentru lipire moale, în afară de temperatura joasă de topire, se caracterizează prin rezistență mecanică mică. De aceea se utilizează numai la piese mai puțin solicitate și care nu se încălzesc puternic în funcționare. Cele mai cunoscute sunt aliajele de staniu și plumb. Aliajele staniu-plumb (Sn-Pb) cu interval mare de topire sunt indicate pentru lucrări de tinichigerie, iar cele cu interval mic de topire, pentru lucrări fine electrotehnice și lipirea pieselor din zinc.

Aliajele staniu-argint (Sn-Ag) se folosesc în special pentru recondiționarea recipientelor destinați conservării alimentelor.

Aliajele staniu-zinc (Sn-Zn) se utilizează pentru recondiționarea pieselor din aluminiu sau aliajele acestuia; ele sunt rezistente la coroziune.

Aliajele plumb-argint (Pb-Ag) sunt rezistente la acțiunea corozivă și au o bună rezistență mecanică la temperaturi mari. se întrebuintează la recondiționarea rotoarelor de motoare electrice de turație mare, care se încălzesc în funcționare și sunt puternic solificate din cauza forțelor centrifuge.

Aliajele cadmiu-zinc (Cd-Zn) sunt destinate în special lipirii aluminiului pentru îmbinări cu rezistență la coroziune.

Aliajele pentru lipire tare se caracterizează prin temperaturi ridicate de topire și rezistență mecanică bună.

Aliajele de aluminiu-siliciu (Al-Si) se folosesc pentru recondiționarea pieselor din aluminiu și aliajele acestuia iar în continuare cu cuprul se aplică și la lipirea oțelurilor.

Aliajele de magneziu se întrebuintează la lipirea pieselor din aliaje ușoare de magneziu.

Aliajele de cupru se utilizează la lipirea majorității materialelor feroase și neferoase cu temperaturi de topire ridicate. Principalele categorii de aliaje de cupru sunt următoarele: cu fosfor, folosite la lipirea cuprului și aliajelor sale; cu aur, întrebuintate îndeosebi în electrotehnică; cu zinc (alamă), utilizate pentru lipirea metalelor feroase și a aliajelor de cupru și nichel.

Aliajele de argint sunt folosite pe scară largă în practica recondiționărilor, pentru lipirea metalelor feroase și neferoase, a contactelor electrice, a oțelurilor inoxidabile, a argintului și a cuprului.

Aliajele de nichel sunt destinate lipirii oțelurilor inoxidabile și refractare. Se folosesc la recondiționarea recipientelor și conductelor în industria conductelor în industria chimică, a oțelurilor pentru turbine cu aburi, motoare de avion etc.

În ultimii ani, s-au răspândit tot mai mult aliajele de lipit sub formă de pastă. Ele sunt alcătuite din pulberi metalice, obținute prin pulverizare direct în topitura aliajului de lipit și dintr-o masă păstoasă cu rol de liant. Pastele de lipit se folosesc cu precădere la lipirea pieselor mici cu forme geometrice complicate, precum și la depuneri de aliaje cu proprietăți speciale (rezistente la uzură, straturi de protecție etc.).

4.8.3. Tipuri de îmbinări lipite

Cu toate că lipirea este considerată ca o operație conexă a sudării, ea se deosebește esențial de aceasta prin modul cum se efectuează îmbinările.

După cum se observă în fig. 4.68, lipirea reclamă îmbinări mai complicate, cu piese suprapuse, iar capetele și suprafețele ce urmează să fie unite comportă o pregătire mai atentă, mai precisă.

Când se lipesc două piese, suprafața lor de contact este, de regulă, mult mai mare decât aceea când se sudează.

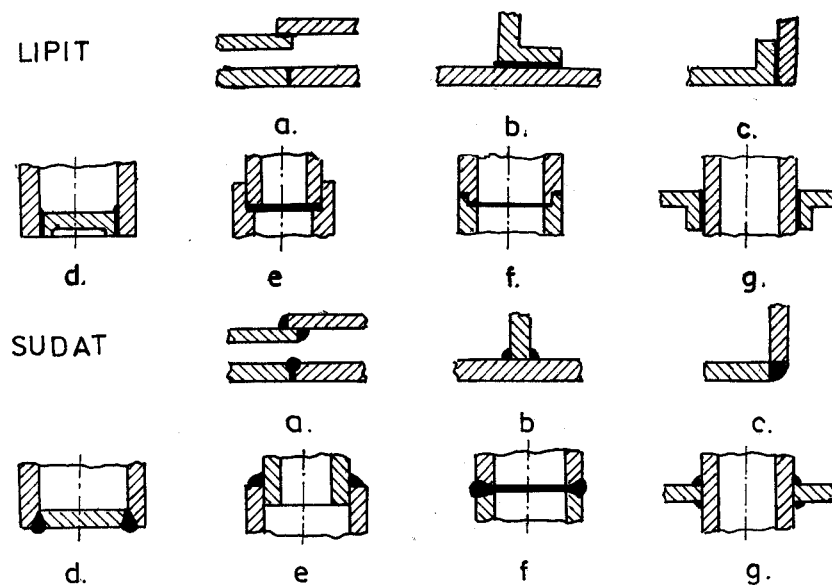


Fig. 4.68. *Deosebirile dintre îmbinările lipite și cele sudate*

Principalele tipuri de îmbinări folosite pentru recondiționarea pieselor prin lipire sunt următoarele:

Îmbinarea cap la cap utilizată în cazurile în care nu se pot folosi îmbinări suprapuse, respectiv când piesa nu poate fi îngroșată în dreptul îmbinării.

În practică se execută mai multe feluri de îmbinări cap la cap. În afară de variantele arătate în fig. 4.69 a, b și c se utilizează unele asemănătoare îmbinărilor sudate (în I, V, X, Z, K, U etc.), cărora li se fac,

de regulă rosturi mai mari decât la sudare. La îmbinările în V și Y unghiul de deschidere poate să ajungă până la 90° .

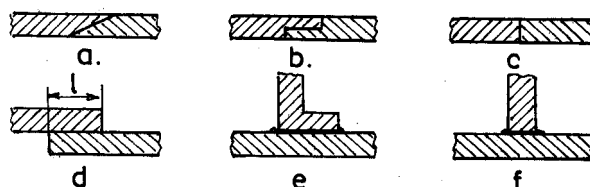


Fig. 4.69. *Tipuri de îmbinări lipite folosite pentru conexiuni electrice:* a,b,c-îmbinări cap la cap (oblică, în trepte și în I); d-îmbinare suprapusă; e și f-îmbinări în T

Îmbinarea cap la cap oblică (fig. 4.69 a) este superioară îmbinării în I (fig. 4.69 c) sau în V, atât din punctul de vedere al rezistenței mecanice, cât și al conductibilității termice și electrice. Unghiul de suprapunere a capetelor pieselor este de 45° . Cu toate că pregătirea marginilor pieselor pentru îmbinarea cap la cap oblică, este mai dificilă decât la îmbinările la I sau în V, ele se utilizează destul de des pentru recondiționare a pieselor care în timpul funcționării sunt supuse la solicitări puternice sau care ulterior urmează să fie prelucrate prin deformare plastică (forjare, laminare, ambutisare).

Îmbinări suprapuse (fig. 4.69 d) sunt cele mai folosite la recondiționarea pieselor prin lipire. Rezistența îmbinării este proporțională cu distanța pe care se realizează suprapunerea, care la rândul ei, depinde de grosimea și rezistența materialului de bază și de adaos, precum și de coeficientul de siguranță impus îmbinării.

Lungimea minimă a suprapunerii, (l_{\min}) trebuie să fie egală cu de trei ori grosimea cea mai mică a materialului de bază, $h_{(\min)}$. Așadar, $l_{\min} = 3h_{\min}$. În practică, la lipirea moale l_{\min} ia valori până la $15h_{\min}$, iar la lipirea tare până la $5h_{\min}$.

Piese solicitate la încovoiere nu se îmbină decât cu materiale care au aceeași grosime cu piesa; în caz contrar în îmbinare apar tensiuni asemănătoare celor din dreptul creștăturilor, care după câteva îndoituri provoacă ruperea piesei mai subțiri. În astfel de cazuri, este mai avantajos ca piesa mai groasă să se degroșeze în apropierea îmbinării, până la dimensiunea piesei mai subțiri; procedându-se astfel, ambele piese vor avea aceeași rigiditate și vor prelua în mod egal deformația de încovoiere.

Îmbinările în colț (fig. 4.68 b, c, d, e și f) se folosește de obicei la recondiționarea pieselor care au grosimea mai mare de 2 mm. Dacă piesele sunt din materiale subțiri, piesa suprapusă se îndoaie în formă de L (fig. 4.68 g și fig. 4.69 e).

Calitatea îmbinării în formă de T se recunoaște după modul de racordare a aliajului depus în colțurile îmbinării (fig. 4.69 f). Chiar dacă acesta se adaugă numai dintr-o parte a îmbinării, metalul topit trebuie să pătrundă până în cealaltă parte, formând o racordare lină, concavă în ambele părți.

Îmbinări combinate. În afara celor trei tipuri de bază ale îmbinării lipite, cap la cap, suprapuse și în colț, se practică un număr foarte mare de îmbinări, care de fapt țin seama de geometria pieselor și forma materialelor, tablă, țevi, profile etc. În lucrările de tinichigerie sunt folosite numeroase tipuri de îmbinări; mai utilizate sunt cele arătate în fig. 4.70. Ele se caracterizează prin rosturi capilare mici, adică asamblări cu jocuri strânse (sub 0,08 mm).

O condiție esențială din punct de vedere constructiv este amplasarea corectă a aliajului de lipit.

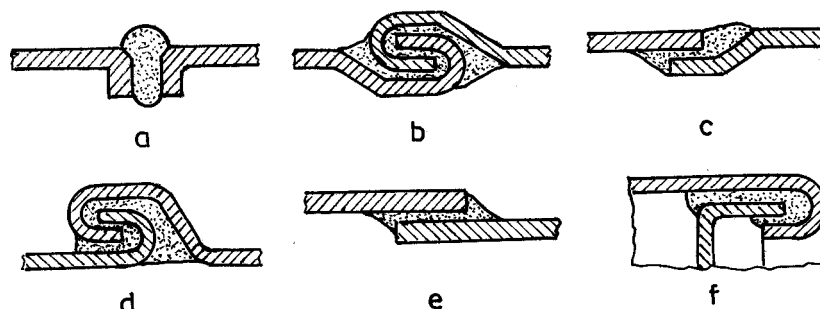


Fig. 4.70. *Îmbinări prin lipire a tablelor subțiri executate prin lipire moale*

Forma geometrică a îmbinării trebuie să asigure adăugarea comodă și eficientă a aliajului de lipit, astfel încât odată topit, acesta să poată pătrunde la locul îmbinării prin capilaritate și prin greutatea proprie. În fig. 4.72, în partea stângă a fiecărei piese, se arată modul cum trebuie așezat aliajul pentru a realiza corect îmbinarea iar în dreapta, modul cum trebuie să arate lipitura.

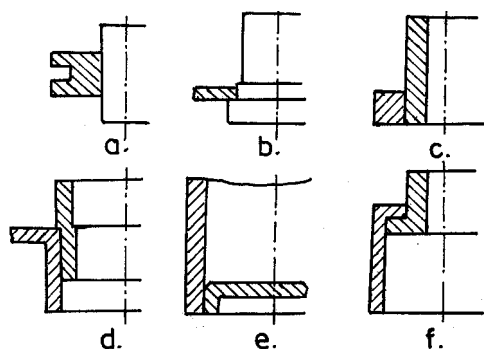


Fig. 4.71. *Organe de mașini îmbinate prin lipire tare*

Dacă piesa are o configurație greșită, aliajul topit se va scurge pe lângă îmbinare, iar lipitura va fi incompletă. În cazul formelor geometrice bine alese ale pieselor, rezultă și îmbinări corecte, aliajul pătrunzând complet în rostul prevăzut pentru lipitură.

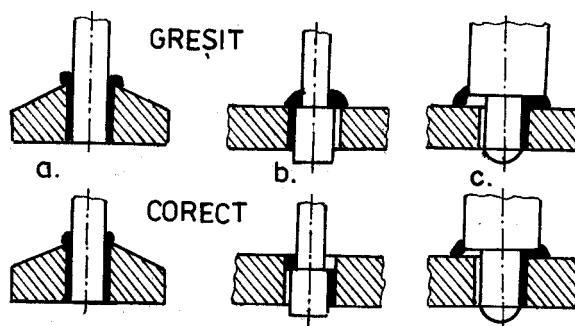


Fig. 4.72. *Așezarea aliajului de lipit*

Dacă se îmbină piese care urmează să delimiteze un spațiu închis iar aerul din interior nu poate fi evacuat, se impune practicarea unor orificii de aerisire. Astfel încălzirea piesei va produce dilatarea aerului și va crea o suprapresiune care nu va lăsa aliajul să se scurgă din locașul de îmbinare, afectând astfel rezistența legăturii. În fig. 4.73 sunt arătate câteva piese cu orificii de aerisire. Dacă după lipire, piesa trebuie să fie etanșă, cum este cazul plutitorului din fig. 4.73 b, orificiul de aerisire se lipește, sau dacă funcționarea piesei impune, se închide cu un șurub.

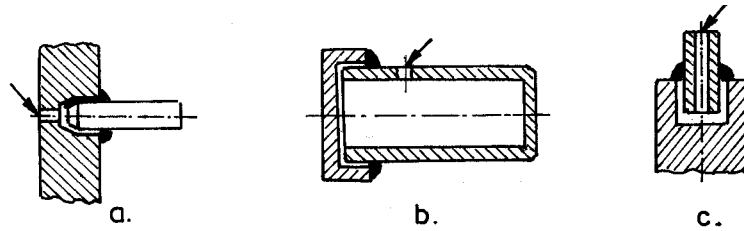


Fig. 7.43. *Îmbinarea pieselor închise*

O altă condiție esențială privind așezarea corectă a aliajului de lipit pe îmbinare, o constituie poziția relativă a pieselor ce se îmbină. În funcție de forma geometrică, de dimensiunile pieselor și de tipul îmbinării, poziția relativă a pieselor se asigură prin: umăr de centrare strunjit (fig. 4.74 a); mandrinare (fig. 4.74 b); șurub (fig. 4.74 c), randalinare (fig. 4.74 d); bordurarea marginilor uneia din piese (fig. 4.74 e); bulon nituit la capete (fig. 4.74 f); dispozitive de fixare speciale.

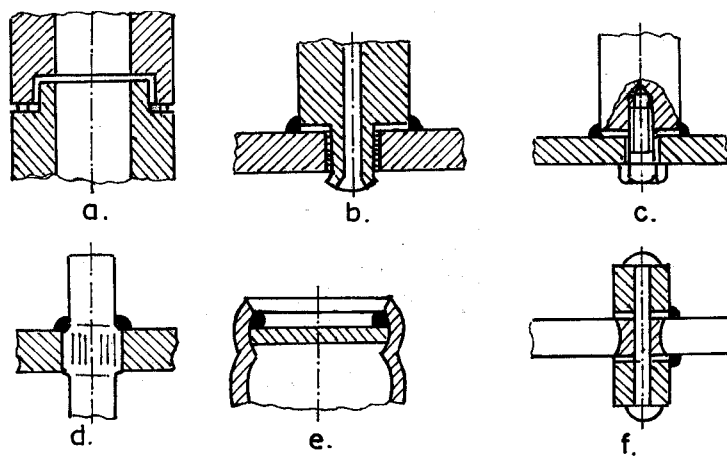


Fig. 4.74. *Asigurarea poziției pieselor pentru lipire*: a-cu umăr de centrare strunjit; b-prin mandrinare; c-cu șurub; d-prin randalinare; e-prin rebordurarea marginilor unei piese; f-cu bulon nituit la capete

4.8.4. Tehnologia lipirii cu aliaje

Indiferent de felul metalului și de dimensiunile pieselor, lipirea reclamă următorul traseu tehnologic:

Curățirea prealabilă a pieselor. Întrucât lipirea nu se efectuează la temperatura de topire a metalului de bază iar îmbinarea se realizează între suprafețe care sunt numai umectate de materialul de adaos topit, piesele trebuie curățite și degresate pentru a asigura o unire trainică.

Grăsimile se îndepărtează cu ajutorul soluțiilor chimice: tetraclorură de carbon, tetracloretilenă, acetonă, neofalină etc. Suprafețele oxidate se curăță mecanic, cele mai eficiente procedee fiind sablarea, polizarea, șlefuirea, curățirea cu peria de sârmă etc. Anumiți oxizi se pot curăța și prin decapare chimică. Operația se execută totdeauna numai în vase ceramice sau din lemn; după decapare piesele se neutralizează într-o soluție de sodă și se spală bine cu apă. Pentru a evita o nouă oxidare, imediat după spălarea pieselor se usucă prin tamponare cu hârtie de filtru și suflarea lor cu aer cald.

Pentru decaparea pieselor din cupru și aliajele de cupru, se recomandă o soluție 10 – 15% acid sulfuric; pentru oțeluri nealiate și aliaje de nichel, o soluție 10 – 15% acid clorhidric; pentru aluminiu și aliajele de aluminiu o soluție 10 – 20% de sodă caustică, încălzită la 50 – 80°C. După decapare, aluminiul și aliajele lui se spală sub curent de apă neutralizată cu o soluție 20 – 30% de acid azotic, se spală din nou cu apă și, în final, se vor usca cu aer cald sau cu hârtie de filtru. Piesele din magneziu și aliajele din magneziu se decapează timp de 1 – 2 minute într-o soluție apoasă formată din 50 g bicarbonat de potasiu și 40 cm³ de acid azotic la un litru de apă, încălzită la 50 – 80°C; după decaparea pieselor de magneziu sau din aliajele acestuia, se spală sub curent de apă, se neutralizează prin fierbere timp de o oră într-o soluție de 5% bicarbonat de potasiu, se spală din nou cu apă, iar în final se usucă.

Alegerea aliajelor de lipit depinde de condițiile impuse îmbinării sub raportul proprietăților mecanice, electrice și chimice. O atenție deosebită trebuie acordată în timpul lipirii capilare. Pentru îmbinările de acest gen se alege, de regulă, aliaje cu interval mic de topire întrucât, în caz contrar, pot apărea dificultăți în procesul de lipire.

Pregătirea îmbinării. Calitatea unei lipituri depinde de forma geometrică a îmbinării, de calitatea aliajului depus și de modalitatea prin care se asigură poziția relativă a pieselor în cursul operației de lipire.

Rostul îmbinării trebuie umplut complet cu material de adaos. Depunerea unor cantități excesive de aliaj de lipit conduce la risipă de

material și forță de muncă; acoperirea îmbinării cu cantități mari de aliaj nu sporește rezistența mecanică a îmbinării; în plus ea îngreunează operația de îndepărtare a materialului excedentar.

Stabilirea temperaturii de lipire. La realizarea unei îmbinări de bună calitate temperatura de lipire are un rol hotărâtor. Mărimea ei depinde de aliajul de lipit folosit și de regulă are valori superioare cu 10 până la 50°C temperaturii sale de topire. Cu toate că acțiunea capilară este favorizată de temperaturi ridicate, totuși, pentru a reduce la minimum durata de lipire și odată cu aceasta influența termică negativă asupra materialului de bază, pentru a evita evaporarea componentelor mai ușor fuzibile din aliaj care s-ar recupera asupra calității îmbinării și pentru a preveni consumul inutil de energie – ea trebuie menținută la valorile menționate mai sus.

Scăderea temperaturii de lipire sub valoarea optimă are de asemenea efecte negative. Ea conduce la creșterea vâscozității aliajului și la solidificarea parțială a lipiturii înainte de a se realiza complet îmbinarea.

Stabilirea duratei de lipire. Această durată influențează hotărâtor eficiența economică a operației de recondiționare. Studiile întreprinse evidențiază că în prețul de cost al recondiționării ponderea principală o are valoarea energiei consumate pe timpul efectuării lipirii; cu cât durata este mai mare, cu atât prețul operației și deci al recondiționării este mai ridicat. Pentru a înțelege importanța acestui factor, este suficient să amintim că numai în cazul folosirii unor aliaje foarte scumpe care conțin peste 25% argint valoarea energiei este mai mică decât cea a materialului de adaos.

În afara tipului de aliaj folosit, durata optimă de lipire depinde de mărimea piesei recondiționate, de natura materialului de bază, de dimensiunile îmbinării și de metoda de încălzire utilizată.

Alegerea procedurii de lipire. Din punctul de vedere al eficienței economice, în general, și al productivității muncii în special, sunt mai avantajoase procedeele de lipire moale, care se execută cu aliaje mai ieftine și cu durate de lipire mai mici. De aceea, acestor procedee li se acordă prioritate în toate cazurile de recondiționare a pieselor.

Procedeele de lipire tare trebuie folosite numai atunci când lipirea moale nu satisface caracteristicile impuse pieselor recondiționate.

Pentru alegerea corectă a metodei de lipire, în cazul recondiționării pieselor în serie, se recomandă utilizarea tabelului 4.48.

Tabelul 4.48. *Alegerea metodelor de lipire*

Metoda de lipire	Avantaje	Dezavantaje
Lipire cu flacără	-cost redus al instalației -sursa de încălzire poate fi deplasată -procesul poate fi automatizat	-temperatura se reglează greu -necesită muncitori cu înaltă calificare -posibilitatea de oxidare a pieselor recondiționate
Lipire prin rezistență electrică	-piesele de recondiționat pot fi încălzite repede -se poate controla poziția reciprocă a pieselor	-temperatura se reglează greu -lucrarea este limitată de gabaritul pieselor de recondiționat -posibilitatea de oxidare și deformare a pieselor de recondiționat
Lipire prin inducție	-costul redus al manoperei -piesele de recondiționat se încălzesc repede -procesul poate fi ușor supravegheat	-temperatura se reglează greu -costul ridicat al instalației -posibilitatea ca piesele de recondiționat să se oxideze
Lipire în cuptor: -în atmosferă normală -în atmosferă controlată -în vid	-temperatura poate fi reglată cu precizie -încălzirea uniformă reduce la minimum numărul pieselor reformate prin deformare -permite executarea simultană a lipiturilor în câteva locuri -poate fi mecanizată	-în majoritatea cazurilor sunt necesare dispozitive pentru fixarea pieselor -costul ridicat al instalației -procesul de lipire nu poate fi supravegheat -ultimele două metode necesită instalații auxiliare complexe
Lipirea prin imersiune: -în băi de săruri -în băi de flux -în băi metalice	-încălzirea rapidă și uniformă a pieselor de recondiționat -temperatura se poate regla precis -nu necesită muncitori cu înaltă calificare -în majoritatea cazurilor nu necesită fluxuri	-instalațiile sunt scumpe -sărurile pot fi aruncate afară -consum mare de flux și aliaje de lipit -consum mare de energie la pornire și în gol

Tratamente termice și prelucrări după lipire. După operația propriu-zisă de lipire, piesa recondiționată se supune răcirii, i se îndepărtează resturile de flux, eventual se tratează termic sau termochimic și, la nevoie, se prelucrează mecanic pentru finisare și se acoperă cu straturi de protecție.

Răcirea pieselor are loc de obicei în aer liber. Numai în cazul pieselor recondiționate prin lipire la temperaturi ridicate, la care apare pericolul de călire sau de oxidare în timpul răcirii se iau măsuri de răcire controlată.

Îndepărtarea resturilor de flux care conțin fluoruri și cloruri, ale elementelor alcaline, se face cu o soluție 10 – 20% de acid azotic, după care piesele recondiționate se clătesc cu apă fierbinte și, în final, în apă rece. Resturile fluxurilor pe bază de borax, sticloase și foarte aderente, se îndepărtează pe cale mecanică (ciocănire, sablare, polizare, șlefuire etc.) sau prin decapare cu acizi (soluție 10% de acid sulfuric). Urmează neutralizarea în apă amoniacală, spălarea finală cu apă și uscarea piesei recondiționate. Durata de decapare este cu atât mai mică cu cât este mai subțire pelicula de flux rămasă pe piesă și cu cât temperatura băii de decapare este mai ridicată (50 – 80°C).

Tratamentele termice se pot aplica numai în cazul în care aliajele au temperatura de topire mai înaltă decât cea la care se execută tratamentul termic respectiv; în caz contrar, îmbinarea s-ar distruge.

4.8.5. Lipirea metalelor feroase

Piese din oțeluri nealiat și slab aliate pot fi recondiționate prin lipire moale sau tare. Comportarea la lipire a pieselor din oțel depinde de conținutul de carbon, materialul de adaos, metoda de încălzire și procedeul de lipire. Cu cât conținutul de carbon este mai redus, cu atât piesa se comportă mai bine la lipire. La piesele din oțel cu conținut ridicat de carbon (peste 0,27%), apare tendința de durificare a zonei de influență termică și sensibilitate la formarea porilor în îmbinare.

Lipirea tare se face cu alame de lipit, cupru pur și aliaje cu conținut de argint, în cuptoare cu atmosferă reducătoare, în băi de săruri, cu flacără și prin inducție. Fluxurile uzuale sunt boraxul, acidul boric sau amestecurile acestora, precum și fluxuri cu fluoruri ale metalelor alcaline.

Lipirea moale se face cu aliaje de staniu cu plumb și staniu cu zinc. Procedecele cele mai răspândite de lipire sunt: cu ciocanul de lipit, cu flacără, în cuptor, prin imersie în baie metalică, prin rezistență și prin inducție. În majoritatea cazurilor înainte de îmbinare suprafețele trebuie cositorite.

Prin lipire se poate recondiționa o gamă largă de piese confecționate din oțel nealiat sau slab aliat, cum ar fi: caroserii auto, cadre de motociclete,

motorete și biciclete, tâmplărie și mobilă metalică, elemente ale vagoanelor de cale ferată, ambalaje și vase metalice etc.

În fig. 4.75 este prezentat modul de recondiționare a unui cadru de tip tubular, folosind lipirea prin inducție cu alame de lipit.

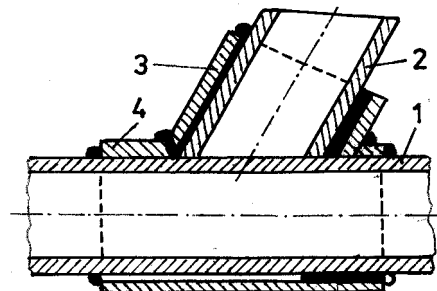


Fig. 4.75. **Recondiționarea cadrului de tip tubular:** 1,2-elementele cadrului; 3,4-elementele de îmbinare

Recondiționarea prin lipire a pieselor din oțel inoxidabil nu prezintă greutăți deosebite; aliajele ce conțin până la 24% crom și până la 25% nichel se lipesc ușor, atât între ele, cât și cu alte metale, cu excepția aliajelor de aluminiu și magneziu. Este necesar să se țină seama de faptul că unele oțeluri inoxidabile, în special cele cu crom și nichel, își pierd rezistența la coroziune atunci când sunt încălzite la 800 – 1000°C, deoarece cromul și nichelul se separă sub formă de carburi ce se depun la marginea grăunților de oțel. Gradul de separare depinde de durata procesului de lipire.

Pentru a evita acest fenomen, în oțel se adaugă titan, sau după lipire, se aplică un tratament termic suplimentar. Separarea carburilor de crom și de nichel poate fi prevenită dacă se utilizează aliaje cu temperaturi de lipire scăzute, sub 750°C.

Alegerea aliajului de lipit depinde de condițiile de lucru ale piesei ce se recondiționează și de compoziția oțelului. De regulă, piesa se lipește în cuptor cu atmosferă reducătoare. Pentru alte procedee de lipire, fără atmosferă de protecție (lipire cu flacăra, prin inducție etc.), se utilizează fluxuri active compuse din acid boric, săruri halogene, fluoruri și cloruri. Resturile de flux se înlătură prin spălarea piesei în apă fierbinte sau prin sablare. Se va evita curățirea cu acid azotic sau sulfuric, deoarece aceștia corodează atât metalul de bază, cât și aliajul de lipit.

Procedeul se aplică la recondiționarea paletelor de turbine, instrumentelor medicale confecționate din oțel inoxidabil, cât și a containerelor folosite în industria alimentară.

Recondiționarea prin lipire a pieselor din fontă se face de regulă, cu flacără sau cu ciocanul de lipit. În principiu, se pot lipi toate tipurile de fontă; în practică se supun acestui procedeu de recondiționate doar fontele cenușii. Comportarea la lipire a fontelor este influențată puternic de prezența grafitului pe suprafața pieselor. Aceasta se poate îndepărta prin decarburare cu adaosuri de pulbere de fier în fluxul folosit la lipire.

Dintre aliajele de lipit, cele mai folosite sunt alamele cu 60% cupru și cu conținut de siliciu și staniu. Fluxul adecvat este boraxul sau acidul boric.

Comparativ cu sudarea, lipirea are unele avantaje: astfel îmbinările lipite nu reclamă încălzirea pieselor până la temperaturi înalte și nu induce riscul unor tensiuni și deformații mari. Exemple de aplicare avantajoasă a lipirii în locul sudării sunt recondiționările vanelor turnate din fontă, a blocurilor și chiulaselor de motoare, fisurate etc.

Încărcarea metalelor feroase cu aliaje de lipit rezistente la uzură este un procedeu care s-a dezvoltat în mod deosebit în ultimii ani. Încărcarea se poate efectua cu flacără oxiacetilenică precum și cu aliaje de lipit sub formă de vergele și paste sau cu arzătoare speciale cu pulbere.

În continuare vom prezenta câteva exemple de recondiționare prin acest procedeu:

- încărcarea dinților uzați sau ruți ai roților dințate (fig. 4.76) se face cu aliaj rezistent la șocuri și la uzură, având temperatura de lipire de aproximativ 750°C, duritatea de 180-210 HB și rezistență la rupere de 600 N/mm². Se lucrează cu flacără ușor oxidantă, cu preîncălzirea piesei la circa 300°C și cu încălzirea ei locală până la 750°C;

- încărcarea cu flacără a axelor uzate ale electromotoarelor și generatoarelor electrice (fig. 4.77) se realizează cu aliajul de lipit menționat în exemplul precedent;

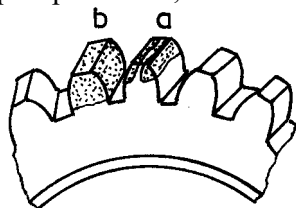


Fig. 4.76. **Recondiționarea roților dințate prin lipire cu flacără:** a-începutul operației de lipire; b-dintele încărcat, înainte de rectificare

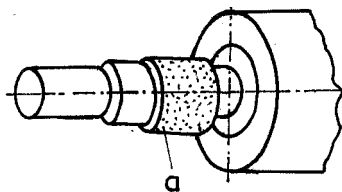


Fig. 4.77. **Recondiționarea prin lipire cu flacără a axului unui rotor:** a-partea încărcată, înainte de rectificare

- încărcarea cu pulbere a scaunelor de supape uzate, din chiulasele de fontă cenușie (fig. 4.78) se face cu un aliaj pe bază de nichel; piesa se preîncălzește în cuptor la 600°C. Duritatea depunerii este de 220 HB;

- recondiționarea roților dințate cu dinți rupți sau uzați (fig. 4.79) se realizează cu ajutorul unui arzător cu pulbere.

Procedeele se pot folosi la recondiționarea multor altor piese, cum ar fi: suprafețele de glisare ale tijelor de comandă din diferite mecanisme, rotoarele unor pompe etc.

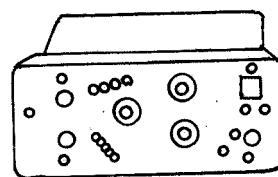
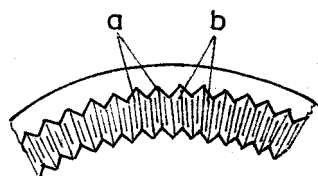


Fig. 4.78. **Recondiționarea roților dințate prin lipire cu ajutorul arzătorului cu pulbere:** a-dinți uzați; b-dinți încărcăți, înainte de rectificare

Fig. 4.79. **Recondiționarea scaunelor de supapă, prin lipirea cu ajutorul arzătorului cu pulbere**

4.8.6. Lipirea metalelor neferoase grele

Recondiționarea prin lipire a pieselor din cupru și aliaje de cupru, se poate executa prin orice procedeu și aproape cu toate aliajele a căror temperaturi de topire sunt sub cea a materialului de bază. De cele mai multe ori, se folosesc aliajele de lipit pe bază de argint, de cupru cu zinc, de cupru cu fosfor și de plumb cu staniu. Nu întotdeauna piesele de cupru se decapează, așa cum se procedează la lipirea pieselor din oțel. În majoritatea cazurilor, pregătirea suprafețelor pentru lipit se reduce la îndepărtarea oxizilor și a murdăriei. De regulă, pentru lipirea pieselor de cupru se folosesc fluxuri care înlătură oxizii. Dacă îmbinarea nu trebuie să aibă rezistență mecanică ridicată, ci numai conductibilitate electrică bună, se pot utiliza aliaje de lipit cu fosfor, fără a mai fi necesare fluxuri; rezultatele foarte bune se obțin îndeosebi la lipirea prin rezistență electrică.

Procedeele cel mai răspândit pentru lipirea pieselor din cupru, este cel cu flacără oxiacetilenică. Pot fi utilizate însă și alte procedee de lipire cum ar fi: prin inducție, prin rezistență electrică, prin imersiune, în cuptor

etc. Datorită însă marii conductibilității termice a cuptorului, încălzirea locală a piesei de lipit se realizează mai greu decât la lipirea oțelului.

Piese de alamă pot fi lipite prin toate procedeele amintite, cu excepția aceleia, efectuată în cuptor cu atmosferă de protecție, deoarece se întâmpină dificultăți datorate evaporării zincului. Mai răspândite sunt lipirea în condiții bune și cu flacără, dar trebuie avut în vedere, ca aceasta să fie corect reglată. Pentru lipirea pieselor din alamă, se folosesc aliaje pe bază de cupru cu fosfor, de argint și de plumb cu staniu, cu temperatura de topire mult mai scăzută decât a alamei.

Piese confecționate din bronzuri se lipesc cu aliaje pe bază de plumb cu staniu, de cupru cu fosfor, de argint și de cupru cu zinc. Când conținutul de staniu în bronz este mare, nu se recomandă utilizarea aliajului de cupru cu zinc, datorită temperaturii sale ridicate de topire. Piese din bronzuri se pot lipi prin orice procedeu, cu condiția ca vitezele de încălzire să fie mici, metalul de bază având tendința de fisurare când este încălzit repede la temperaturi înalte.

Piese din aliaje pe bază de cupru și nichel pot fi recondiționate prin lipire folosind orice procedeu și cu orice aliaj de lipit pe bază de cupru, inclusiv cupru pur. Lipirea cu cupru în cuptoare cu atmosferă controlată se va executa rapid, deoarece în cazul unui proces de lungă durată, metalul de bază se dizolvă în aliajul de lipit, micșorându-se rezistența în zona de îmbinare.

Recondiționarea prin lipire a pieselor din nichel și aliaje de nichel se poate executa aplicând toate procedeele de lipire, dacă se asigură încălzirea uniformă a pieselor, precum și curățirea perfectă a suprafețelor. Se folosesc aliaje care conțin argint, cupru, precum și aliaje termorezistente pe bază de nichel.

La recondiționarea aparatelor cu încălzire electrică (radiatoare cu rezistență electrică etc.), capetele răsucite ale sârmei din aliaje pe bază de crom și nichel se lipesc cu cele de cupru prin cufundare în aliajul de lipit pe bază de argint, topit într-un creuzet de grafit, sub un strat de borax. Înainte de lipire capetele sârmelor se acoperă cu un flux sub formă de pastă; pasta este formată dintr-o parte borax, o parte acid boric peste care se adaugă o soluție apoasă de clorură de zinc, până când se obține pasta. După tratarea cu flux, capetele sârmelor se usucă în aer, se introduc în creuzet unde se țin până la atingerea temperaturii de topire a aliajului de lipit. Capetele lipite se scot din creuzet și se curăță de flux.

Recondiționarea prin lipire a pieselor confecționate din zinc se poate face cu toate aliajele de cositor care conțin până la 40% staniu. Ca

flux se folosește acidul clorhidric diluat, cu excepția cazului când se utilizează aliaje cu conținut redus de staniu, pentru care se recomandă amestecul de clorură de zinc și clorură de amoniu. Nu se folosesc aliaje care conțin peste 1% aluminiu, întrucât oxidul de aluminiu nefiind solubil în clorura de zinc, influențează negativ procesul de lipire. Înainte de operația propriu-zisă piesele trebuie să fie foarte bine curățate, îndeosebi în cazul pieselor turnate care au cruste groase de oxizi. Procedul mai des utilizat este lipirea cu ciocanul de lipit.

Recondiționarea prin lipire a pieselor din plumb se practică în mod curent în instalații sanitare și chimice. Ca aliaje de lipit se folosesc cele cu plumb și puțin cositor, iar ca flux țipirigul și seul; procedul cel mai răspândit este lipirea cu flacăra. Curățirea perfectă a suprafețelor ce se îmbină este deosebit de importantă, întrucât fluxurile folosite au acțiune decapantă foarte slabă. Este de dorit ca lipirea pieselor din plumb să se execute în mediu reducător; în acest scop se întrebuințează arzătoare de gaze cu hidrogen în exces, care contribuie la înlăturarea peliculei de oxizi.

4.8.7. Lipirea aluminiului

Aluminiul și aliajele sale au o mare afinitate pentru oxigen, cu care formează o peliculă subțire, compactă, foarte densă și rezistentă de oxid de aluminiu, ce izolează metalul, împiedicând continuarea procesului de oxidare. Acest oxid aderă puternic la suprafața pieselor, este greu fuzibil și relativ stabil din punct de vedere chimic, influențând negativ asupra lipirii pieselor.

Pentru a îndepărta stratul de oxid de aluminiu piesa trebuie încălzită. La început, încălzirea conduce la creșterea grosimii stratului de oxid, care se stabilizează la o anumită valoare. Acest strat poate fi îndepărtat relativ ușor dacă piesa se încălzește la temperaturi mai mari de 500°C și dacă se folosesc fluxuri corespunzătoare. De aceea recondiționarea pieselor din aluminiu este mai avantajoasă prin lipire tare decât prin lipire moale. Ultima, în plus, este puțin rezistentă la coroziune, în special pentru piesa care lucrează în medii acide, alcaline sau în soluții de săruri. De aceea se aplică numai pentru legături electrice, la piese care vin în contact cu medii necorozive, ca de exemplu uleiurile, benzina, petrolul etc. Piese recondiționate prin lipire moale expuse acțiunii atmosferice trebuie să fie protejate prin vopsire.

Recondiționarea pieselor prin lipire moale se execută prin metode speciale: prin reacție, prin frecare și cu ultrasunete, folosind temperaturi de aproximativ 250°C.

Rezultate relativ bune se obțin dacă se întrebuițează zinc sau un aliaj pe bază de zinc, ce conține mici cantități de aluminiu, argint, cupru sau nichel. Aceste adaosuri îmbunătățesc capacitatea de umectare și rezistența la coroziune a aliajului de lipit. Adaosurile de staniu, cadmiu și bismut reduc temperatura de topire a aliajelor de lipit pe bază de zinc, dar în același timp se diminuează rezistența lor la coroziune.

Fluxurile utilizate pentru lipirea moale a aluminiului, conțin de obicei cloruri și fluoruri dizolvate în apă sau soluții organice. Mai des folosită este clorura de zinc, care reacționează cu aluminiul la o anumită temperatură. Resturile de flux rămase pe piesele lipite sunt higroscopice și, de aceea, ele trebuie îndepărtate prin spălare cu apă fierbinte. Dacă această operație nu este eficientă, resturile de flux trebuie îndepărtate prin imersarea pieselor într-o baie de hidroxid de sodiu diluat, urmată de o nouă spălare cu apă. O decapare și mai bună se obține în acid clorhidric diluat, urmată de o spălare finală cu apă.

La recondiționarea pieselor prin lipire tare, se întrebuițează ca materiale de adaos, aliaje pe bază de aluminiu cu zinc, aluminiu cu siliciu și cupru, care au temperatura de topire de aproximativ 500°C. Fluxul utilizat conține săruri halogene: cloruri de sodiu, de potasiu, de zinc, de bariu, de litiu, precum și fluoruri de sodiu și de potasiu. Acestea se pot dilua cu alcool etilic sau metilic în loc de apă, pentru ca în timpul lipirii să nu se producă degajări de hidrogen.

Recondiționarea pieselor din aluminiu sau din aliaje ale acestora prin lipire tare, se efectuează cu flacăra în cuptor și în baie de săruri. O condiție importantă este reglarea exactă a temperaturii de lucru, cu abatere maximă de $\pm 5^\circ\text{C}$. Înainte de lipire, piesele trebuie decapate într-o baie ce conține o soluție apoasă de hidroxid de sodiu 5%, încălzită la aproximativ 60°C în care se mențin circa 60 de secunde. Rezultate bune se obțin dacă se efectuează următoarele operații:

- spălarea piesei cu perii, în apă la $75\pm 5^\circ\text{C}$, timp de aproximativ 20 minute;
- spălarea ei timp de 25 minute sub un jet de apă rece;
- tratarea piesei cu o soluție apoasă de anhidridă cromică;
- spălare în apă rece;
- uscarea timp de 23 minute la temperatura de cca. 100°C;

- lipirea pieselor prin aplicarea unuia din procedeele menționate mai sus.

Rezistența îmbinărilor realizate prin lipire tare se ridică la nivelul rezistenței materialului de bază. Pieselor din aliaje dure de aluminiu care au fost tratate termic, înainte de recondiționare, li se refăce tratamentul termic după efectuarea lipiturii; apoi se călesc în apă.

4.8.8. Lipirea plăcuțelor dure

Pe timpul lucrului, sculele din oțel armate cu plăcuțe dure, cuțitele de strung, burghiile, frezele circulare, sculele de rabotare și mortezare etc. la utilizare se deteriorează frecvent, prin desprinderea și spargerea plăcuțelor dure sau uzura avansată a acestora.

Cum s-a arătat, sculele armate cu plăcuțe dure sunt compuse dintr-un corp de oțel de înaltă rezistență și plăcuță dură, confecționată prin sinterizare din carburi de wolfram, de cobalt, de titan etc.

La lipirea plăcuțelor dure pe suportii sculelor, trebuie avut în vedere o serie de particularități ale îmbinărilor. La temperatura mediului ambiant, plăcuțele din carburi metalice sinterizate, au tendința de a absorbi gaze, care la încălzire oxidează carburile metalice.

Înainte de recondiționare prin lipire atât corpul sculei cât și plăcuța dură trebuie pregătite minuțios.

Plăcuțele se curăță prin rectificare sau degresare. Uneori, pentru a ajuta umectarea plăcuței de către aliajul de lipit, suprafețele care vin în contact cu suportul de oțel se cositoresc sau se cuprează.

Se calibrează locașul plăcuței, prin frezare, rabotare, rectificare, și apoi se degresează minuțios prin una din metodele amintite.

Pentru a evita căderea, în timpul operației de lipire, plăcuța se fixează de suport cu sârmă, pene, prin ștemuire, cu garnituri din aliaje de fier cu nichel, cu ajutorul pereților tehnologici etc.

Uneori la lipirea plăcuțelor dure pe oțel apar fisuri. Acestea se pot produce atât în corpul sculei, în plăcuță, cât și în îmbinare, pe timpul executării lipiturii, finisării cusăturii sau în timpul întrebuințării sculei. Fisurile pot fi generate de: dilatări și contracții termice mai reduse ale plăcuței în raport cu corpul de oțel (tensiuni interne); viteza de încălzire necorespunzătoare a ansamblului (prea mare); încălzirea neuniformă a ansamblului; răcirea prea rapidă a sculei; rosturile capilare prea mici; dimensiunea necorespunzătoare a suportului față de cele ale plăcuței etc.

Cum s-a arătat mai sus, tensiunile de întindere și cele de forfecare pot provoca fisurarea plăcuțelor, tensiuni de întindere apar îndeosebi când corpul de oțel al sculei este prea subțire; la timpul răcirii el deformează plăcuța prin încovoiere. În principiu, suportul trebuie să aibă grosimea de 4 ori mai mare decât aceea a plăcuței. Când suportul este rigid, la contracție, în plăcuță apar tensiuni de compresiune. Aceste forțe sunt însă mai ușor suportate de carburile metalice sinterizate, deoarece rezistența lor la compresiune este de 400 N/mm^2 , față de numai $600 - 1400 \text{ N/mm}^2$ cât este rezistența lor la tracțiune.

Tensiunile de forfecare în îmbinare sunt cu atât mai mari cu cât suportii din oțel au grosimea mai mare decât aceea a plăcuțelor, respectiv cu cât suprafețele îmbinate prin lipire sunt mai mari. Din această cauză, acolo unde este posibil, plăcuța se fixează pe suport numai pe o singură față; de exemplu, la unele cuțite de strung (fig. 4.80 a).

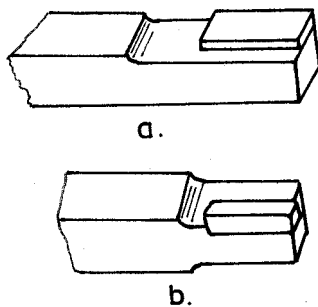


Fig. 4.80. **Cuțite de strung recondiționate prin lipirea plăcuțelor dure:**
a-pe o singură față; b-pe două fețe

Tensiunile de forfecare se pot reduce și prin mărirea rostului dintre plăcuță și corpul sculei (peste $0,15 \text{ mm}$). Cu cât rostul este mai mare, cu atât perna relativ moale din aliajul de lipit dintre plăcuță și corp va fi mai groasă, tensiunile de contracție transmise de la corp la plăcuță vor fi mai mici.

Mărirea optimă a rosturilor dintre plăcuță și corpul sculei se asigură prin folii distanțiere formate din însuși aliajul de lipit (fig. 4.81) sau dintr-un alt metal relativ moale, care joacă rol de strat intermediar între materialul de bază și cel de adaos.

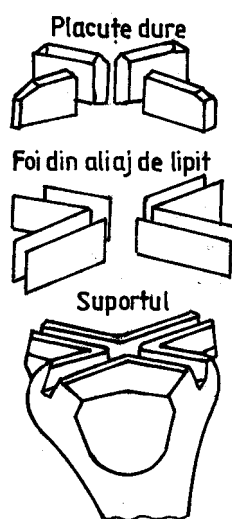


Fig. 4.81. *Montarea plăcuțelor dure pe corpul sculei cu aliaj de lipit sub formă de folii*

De regulă la lipirea plăcuțelor dure, pe corpurile de oțel ale sculelor se întrebuințează ca flux boraxul. Rezultate bune se obțin și cu fluxuri active având următoarele compoziții:

- 60% borax, 30% fluorură de potasiu, 10% acid boric;
- 70% borax; 30% fluorură de potasiu.

Acestea se prezintă sub formă de paste.

Ca material de lipit se utilizează cupru, alama și aliajele de argint sub formă de folii, sârme, inele etc., adaptate în funcție de geometria și dimensiunile îmbinărilor ce se vor realiza în timpul recondiționării sculelor.

În principiu, se pot aplica aproape toate procedeele de lipire. Pentru lucrările de întreținere a sculelor se recomandă folosirea procedului de lipire cu flacără care, în acest caz, presupune ca mai întâi să se încălzească corpul din oțel al sculei cu o flacără oxiacetilenică neutră. După ce aliajul topit a fost depus pe îmbinare, se încălzește ușor plăcuța, reglând flacăra cu un mic exces de acetilenă. Totdată, eventual se adaugă și o anumită cantitate de aliaj de lipit dintr-o vergea. Pentru a elimina eventualele resturi de flux și oxizi din îmbinare, în momentul când aliajul de lipit înconjoară plăcuța și este încă în stare topită, aceasta se mișcă de câteva ori într-o parte și alta, (cu zecimi de milimetru); apoi se lasă totul să se răcească încet până la solidificarea lipiturii și uniformizarea temperaturii întregii scule.

Datorită rezistenței relativ scăzute a aliajelor cu punct de topire sub 750°C, ele nu pot fi utilizate pentru lipirea plăcuțelor sculelor puternic

solicitare. Pentru a le putea totuși lipi se folosesc folii combinate (cupru-nichel-cupru) sau armături din plasă de oțel combinată cu alamă de lipit. Creșterea temperaturii de lipit peste 750°C, conduce la mărirea duratei de încălzire cu aproximativ 25% și sporirea corespunzătoare a consumului de energie. În fig. 4.82 este prezentat modul cum se execută îmbinarea când se utilizează plasa de sârmă și vergelele din alamă de lipit. Plasa de sârmă are rolul de a împiedica expulzarea vergelelor de alamă în timpul încălzirii ansamblului, prin inducție la temperaturi de peste 900°C.

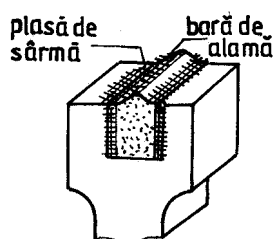


Fig. 4.82. *Montarea plăcuțelor dure pe capul sculei cu armătură din plasă de oțel și alamă de topit*

4.8.9. Lipirea cu materiale plastice

Aderența bună și rezistența mecanică superioară a materialelor plastice au condus la utilizarea lor pe scară largă la recondiționarea pieselor uzate. Asemănătoare cu lipirea moale folosind aliaje metalice, îmbinarea cu adezivi a pieselor și organelor de mașini se poate efectua la rece sau la cald, cu sau fără presiune.

Inițial, lipirea cu materiale plastice a fost utilizată în industria aeronautică. Datorită rezistenței exponențiale a îmbinărilor, metoda a fost extinsă și în construcțiile metalice, precum și la recondiționarea pieselor uzate. Ea prezintă o serie de avantaje. Astfel:

- tensiunile interne, deformațiile sau schimbările structurale în metalele de bază sunt nule;
- forțele se distribuie uniform pe întreaga îmbinare, datorită contactului continuu între piese;
- îmbinarea este complet etanșă și rezistentă din punct de vedere chimic;
- corodarea pieselor pe suprafețele de contact nu se mai produce, iar cuplurile galvanice nu mai apar;

- îmbinările au rezistență mai mare la îngheț decât cele realizate prin nituire, sudare prin puncte sau cu șuruburi;
- se realizează economie de metal și aliaje pentru lipit;
- timpul de recondiționare și prețul de cost se reduc;
- procesul tehnologic de recondiționare și de întreținere ulterioară a pieselor se simplifică.

Metoda prezintă însă unele dezavantaje:

- la temperaturi ridicate (200 – 300°C) masele plastice se înmoaie, compromițând îmbinarea;
- la temperaturi scăzute devin fragile, deși în unele cazuri rezistența îmbinării nu este afectată;
- controlul îmbinărilor cu mase plastice este dificil; nu sunt puse la punct metode nedistructive de verificare a îmbinărilor realizate cu adezivi.

Pentru a putea fi folosit la lipirea metalelor, adezivul plastic trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

- să poată fi folosit printr-un procedeu de lipire cât mai simplu;
- să-și mențină proprietățile adezive în timp;
- să reziste la acțiunea și la variațiile de temperatură sau de umiditate;
- să se întărească rapid la cald sau prin uscare la temperaturi și presiuni cât mai reduse.

Studiile întreprinse au atestat faptul că îmbinările realizate cu adezivi au o rezistență de câteva ori mai ridicată decât aceea a îmbinărilor executate prin sudare și nituire.

Procedeul tehnologic de realizare a îmbinărilor cu adezivi comportă executarea următoarelor operații:

- pregătirea suprafețelor;
- aplicarea adezivului plastic pe suprafețele de contact;
- menținerea îmbinării la presiunea și temperatura stabilite pe durata corespunzătoare de întărire a adezivului plastic folosit;
- răcirea și curățirea îmbinării;
- verificarea îmbinării.

Pentru a realiza o îmbinare cu adezivi plastici cât mai rezistentă este necesar ca suprafețele de contact să fie perfect curate. Dintre metodele de curățire, cea mai bună s-a dovedit a fi sablarea cu nisip fin de cuarț pur. Rezultate bune s-au obținut și prin curățirea cu solvenți, în special cu tricloretilen, tetraclormetan, etanol și acetonă. În general, se folosește etanolul, obiectele spălându-se apoi suplimentar cu un jet de apă sub presiune.

Modul cum se aplică adezivul pe suprafețele de îmbinat depinde de forma sub care acesta a fost livrat – de pulbere, bucăți, soluție în solvent volatil, pastă, peliculă subțire cu diferite grosimi etc. După aplicarea adezivului, suprafețele se îmbină imediat sau se așteaptă uscarea acestuia, în funcție de natura chimică. Temperaturile la care se realizează îmbinarea variază între 20°C, la îmbinările executate la rece și 250°C, la îmbinările executate la cald. Presiunile de lipire sunt cuprinse între 0,5 și 40 MPa, iar duratele de menținere sub presiune la temperatura prescrisă, între 10 minute și 50 ore.

La recondiționarea pieselor se folosesc în mod deosebit cleiurile plastice sau organice, rășinile epoxidice sau poliesterice. Ele se utilizează frecvent la recondiționarea fisurilor, astuparea porilor, lipirea a două piese metalice sau a unei piese metalice cu una din material plastic.

În comparație cu sudarea sau nituirea, aderența și durata de menținere a caracteristicilor îmbinărilor cu cleiuri sunt mai reduse.

În general, se folosesc cleiuri universale pe bază de carbinol, smoală modificată etc.

Cleiul pe bază de carbinol conține sirop de carbinol, la care se adaugă un catalizator: 3% peroxid de benzonil sau 2% acid azotic concentrat.

Cleiul BF se pregătește dintr-o soluție alcoolică ce conține în diferite proporții smoală fenolformaldehidică și smoală polivinilbutilat.

Cleiul pe bază de celuloid se obține prin dizolvarea celuloidului într-un solvent adecvat, în proporție de 1:3-4. El se utilizează la recondiționarea pieselor din materiale plastice sau a celor din piele.

Cleiul din sticlă organică este o soluție rezultată din dizolvarea unei părți de sticlă organică în 5 până la 10 părți dicloretan.

În ultima vreme sunt din ce în ce mai utilizate rășinile epoxidice. Acestea sunt produse prin concentrarea fenolepiclorhidritului în mediu alcalin. Rășinile lichide, se întăresc sub acțiunea căldurii și a unui agent de întărire, care poate fi o rășină ureică sau fenolofomaldehidică, un acid gras sau o anhidridă acidă. Unii agenți de întărire, cum ar fi compușii organici ai azotului, în special aminele și amidele, permit întărirea rășinilor la temperatura mediului ambiant.

Rășinile poliesterice sunt un amestec de polialcooli, de pildă propilenglicolul, cu acizi dibazici nesaturați sau saturați cum este, de exemplu, acidul maleic. După amestecarea cu anumiți compuși saturați ca stirenul și un catalizator peroxid, rășinile lichide se întăresc la temperaturi ridicate; folosind însă un accelerator, de obicei o sare de cobalt, rășina se întărește la temperatura mediului ambiant.

Recent, pentru a extinde intervalul temperaturilor de utilizare, s-a realizat un amestec adeziv, a cărui elasticitate superioară se obține prin utilizarea rășinilor epoxidice și a tiocolului. Acest adeziv are proprietăți fizice optime când raportul între rășina epoxidică și tiocol este de 80/20, iar agentul de întărire, respectiv polietenpoliamida, este în proporție de 8 – 9%. Datorită fluidității adezivului și a capacității lui de a umple interstițiile, lipirea se poate executa la presiuni scăzute. Încercările efectuate cu acest amestec adeziv au arătat că la ridicarea temperaturii de întărire de la 140°C la 180°C rezistența la forfecare și rezistența termică a îmbinărilor cresc. Modul cum variază rezistența îmbinărilor lipite în funcție de temperatura de răcire este prezentat în fig. 4.83.

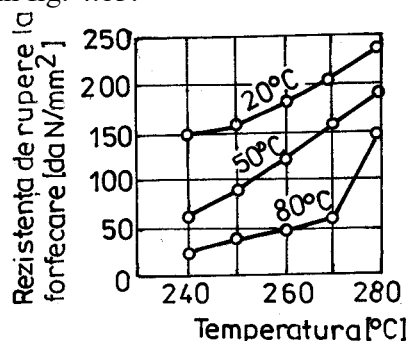


Fig. 4.83. *Variația rezistenței îmbinărilor lipite în funcție de temperatura de răcire*

Adezivii epoxidici au o bună rezistență la apă și sunt stabili în prezența produselor petroliere. Din punct de vedere al aderenței, rășinile sunt adezivi de excepție pentru lipirea aluminiului, materialelor ceramice, fontei, cauciucului și lemnului. Cuprul, alama și plumbul nu pot fi lipite decât cu ajutorul unui ciment epoxidic; întărirea la cald conferă o rezistență mai ridicată decât întărirea la rece a cimentului.

Cu rășinile și cimenturile poliesterice se obțin îmbinări mai puțin rezistente decât cele realizate cu rășini epoxidice. În multe situații totuși, rezistența îmbinării este satisfăcătoare.

Metodele de recondiționare a pieselor diferă în funcție de tipul lucrării, însă cuprinde totdeauna amestecarea rășinii epoxidice sau poliesterice cu agenți de întărire corespunzători, obținându-se un lichid limpede, care poate fi folosit ca adeziv sau pentru umplerea micilor fisuri și zone poroase. Amestecând rășinile cu materiale de umplură, sub formă de pulberi sau de fire, precum și ca agenți de întărire, se obțin cimenturi suficient de fluide pentru a putea fi aplicate cu pensula sau cu o vâscozitate

care să aibă rezistența unui chit. Cimenturile aplicate cu pensula sunt pentru umplerea fisurilor, a zonelor poroase sau a găurilor mici. Cimenturile mai consistente sunt folosite pentru umplerea găurilor mari și pentru acoperirea suprafețelor intens corodate. Ele sunt deosebit de utile pentru recondiționarea pieselor din fontă turnată.

Cele mai importante proprietăți ale rășinilor sintetice care prezintă interes în procesul de recondiționare a pieselor contau în faptul că:

- se întăresc la temperatura mediului înconjurător și la presiune normală;
- se pot obține compoziții cu diferite vâscozități și plasticități;
- aderă bine la diverse materiale;
- rezistă la produse petroliere, la apă, la soluții de săruri și alcalini;
- au proprietăți dielectrice foarte bune și proprietăți mecanice satisfăcătoare;

- după întărire, pot fi prelucrate mecanic în bune condiții.

Dintre proprietățile menționate, în cazul utilizării rășinilor epoxidice, cea mai mare importanță o au aderența și rezistența îmbinării la acțiunea diverșilor factori.

Adezivii plastici permit recondiționarea rapidă și sigură a numeroase organe de mașini, îndeosebi când acestea se uzează în exploatare din următoarele cauze: corodare, fisurare, dezetașezare, erori la prelucrarea mecanică a pieselor.

Materialele de umplură și plastifiantii care, de obicei scad rezistența rășinilor epoxidice de aproape 1,5 ori, măresc totdeauna rezistența îmbinării dintre compozițiile epoxidice și metale de 5 până la 7 ori. Astfel, introducând pulbere de fontă în rășina epoxidică se poate reduce considerabil diferența dintre aderență și rezistența îmbinării. Aderența se mărește de 2 ori când în rășină se introduce 20% tiocol lichid, dar în acest caz rezistența îmbinării se micșorează. Explicația constă în faptul că, spre deosebire de pelicula subțire de adeziv, în rășina fixată pe metal există forțe de contracție mari, care determină scăderea bruscă a aderenței acesteia la metal. Materialele de umplură și plastifiantii micșorează contracția la întărire, precum și modulul de elasticitate.

Plecând de la acest fenomen, în practică, ori de câte ori se recondiționează piese la care grosimea cusăturii depășește 0,2 mm trebuie să se utilizeze rășini epoxidice cu materiale de umplură și plastifiantii. Materialele de umplură adăugate în pastele utilizate pentru recondiționări reglează vâscozitatea acestora, apropie coeficientul de dilatare termică al rășinii de acela al metalului, măresc durabilitatea superficială a compoziției (până la 4500 N/mm²), micșorează inflamabilitatea și prețul de cost al pastelor. Pulberile metalice măresc mult conductibilitatea termică a compozițiilor epoxidice.

Adaosurile de dibutilftalat sau tiocol lichid cu vâscozitatea de 10 – 70 Paise (Ns/m^2), reduc vâscozitatea și măresc elasticitatea compozițiilor și le îmbunătățesc capacitatea de umplere a defectelor mici de metal. Plastifianții măresc și rezistența îmbinării la șocuri termice.

Cu ajutorul compozițiilor epoxidice se etanșează fisurile formate sub acțiunea tensiunilor mecanice în blocurile motoarelor și în carterele diferitelor agregate. Fisura se curăță bine și se etanșează cu compoziție lichidă aplicată pe suprafața încălzită, după care pe ambele părți ale piesei se aplică un petic dintr-o țesătură din fibră de sticlă și compoziție epoxidică. Când fisurile sunt foarte fine, pe locul lor se practică în prealabil un șanț, iar când piesele lucrează sub presiune, înainte de lipire, la capetele fisurilor se execută găuri și se prevăd suplimentar întărituri mecanice și bandaje.

Cu ajutorul pastelor epoxidice se pot etanșa în bune condiții diferite îmbinări: sudate, nituite, cu flanșe etc., se pot remedia defecte de turnare: sufluri, porțiuni incomplet umplute, rizuri, pori etc., ale pieselor turnate din metale feroase sau neferoase, se pot remedia defecte datorate erorilor de prelucrare mecanică etc.

Recondiționarea cu ajutorul rășinilor epoxidice este simplă din punct de vedere tehnologic și are mare eficiență economică. Metoda este utilizată frecvent pentru recondiționarea caroseriilor, fixarea garniturilor de etanșare în locașurile lor, montarea bușelor, lipirea ferodourilor (în loc de nituire) etc. În cazul folosirii rășinilor sintetice, se realizează o economie de manoperă calificată, energie și timp.

4.8.10. Tehnologia lipirii cu compoziții plastice

Pentru asigurarea unei aderențe bune între piesele care se recondiționează cu ajutorul diferitelor compoziții plastice, trebuie respectată tehnologia de lipire. Indiferent de compoziția plastică utilizată operațiile ce trebuie efectuate sunt:

- pregătirea suprafețelor pieselor, prin spălare, curățire, ajustare, limitare a crăpăturilor și degresare;
- pregătirea peticelor executate din diferite materiale, oțel, material plastic, materiale textile etc., ținând seama că ele trebuie să fie cu 20-30 mm mai mari, în toate direcțiile, decât crăpătura care o acoperă;
- aplicarea compoziției plastice, atât pe suprafața piesei de bază, cât și pe petic, în straturi subțiri de 0,1 mm;
- uscarea compoziției plastice, de obicei, la temperaturi ale mediului ambiant;

- aplicarea peticulului, după uscarea compoziției de lipit, și presarea cu ajutorul unui dispozitiv cu role de presare;
- încălzirea îmbinării, în scopul creșterii aderenței pieselor. Piese care se îmbină se pot încălzi total sau parțial, folosindu-se cuptoare, gaze încălzite, reflectoare și rezistențe electrice, lămpi cu flacără etc.;
- răcirea lentă a pieselor, astfel încât să nu se depășească $1^{\circ}\text{C}/\text{mm}$; se recomandă ca piesele să fie răcite în cuptor;
- demontarea dispozitivelor de presare;
- verificarea calității îmbinării, vizual, cu ajutorul lupei sau preseii hidraulice;
- prelucrarea piesei și a cusăturii pentru înlăturarea bavurilor și a rugozității, în special de pe marginile peticelor.

4.8.11. Tehnologia lipirii cu clei pe bază de carbinol

Cleul pe bază de carbinol trebuie să fie pregătit cu puțin înainte de executarea operației de lipire. Cantitatea de clei ce trebuie pregătită se calculează ținându-se seama de faptul că pentru lipirea unei suprafețe de 10 cm^2 sunt necesare $0,1$ grame. Între momentul preparării cleiului și cel al folosirii nu trebuie să se scurgă un interval de timp mai mare de $3 - 5$ ore, în funcție de rețeta utilizată.

Cleul se aplică pe suprafețele pieselor pregătite în prealabil. Crăpăturile se limitează cu găuri având diametrul de $1 - 1,5$ mm, iar marginile ei se ștemuiesc pe o adâncime de 3 mm, sub un unghi de 90° . Pregătirea constă din curățirea și degresarea suprafețelor de lipit.

Piese care se lipesc se presează una peste alta și se mențin la temperatura camerei timp de 48 ore. Dacă lipirea se face la cald, timpul de menținere a pieselor în stare presată se reduce. Astfel: la 25°C , timpul de presare este $20 - 25$ ore; la 45°C – $10 - 15$ ore; iar la 60°C – $4 - 5$ ore.

Când se lipesc piese de oțel, limita superioară de rezistență a îmbinării poate atinge $30\text{ N}/\text{mm}^2$, dacă acestea lucrează în limitele de temperatură de $\pm 70^{\circ}\text{C}$. Când se lipește oțelul pe fontă sau duraluminiul pe duraluminu, aderența variază între $20 - 35\text{ N}/\text{mm}^2$. La cuplul oțel-textolit aderența are valori între $10 - 19\text{ N}/\text{mm}^2$, iar la cel textolit-textolit, între $12 - 25\text{ N}/\text{mm}^2$. Pentru a proteja îmbinarea la acțiunea apei, piesa se acoperă cu un strat de vopsea rezistentă la apă.

Întrucât cleul pe bază de carbinol și peroxid de benzoil este un material explozibil, el trebuie să se păstreze în vase uscate de sticlă, porțelan sau ceramică, iar în timpul lucrului va fi ferit de flacără.

4.8.12. Tehnologia lipirii cu rășini epoxidice

Piese metalice cu defecțiuni, crăpături, spărturi etc., pot fi recondiționate în bune condiții cu ajutorul rășinilor epoxidice, dacă este respectată tehnologia de lipire. Înainte de a le lipi se curăță în jurul defecțiunii, folosindu-se în acest scop pile, pietre abrazive, șabăre etc.

Când recondiționarea impune confecționarea unei piese noi sau numai a unei părți din aceasta, în vederea asigurării unei suprafețe plane și curate, ele se prelucrează pe strung, raboteză sau alte mașini-unelte. Indiferent de metoda de prelucrare, se recomandă ca pe suprafețele care urmează să se aplice adezivul să se creeze asperități care ajută la mărirea aderenței mecanice dintre rășina epoxidică și piesa metalică. Calitatea pregătirii suprafețelor pieselor poate fi verificată cu ajutorul apei; dacă aceasta se întinde și umectează toată suprafața, atunci adezivul va avea o aderență bună; în caz contrar suprafețele trebuie din nou prelucrate cu hârtie abrazivă.

Crăpăturile cu lungime până la 150 mm, se limitează prin practicarea unor găuri, iar marginile ei se știmuiesc pe o adâncime de 2 – 3 mm sub un unghi de 60 – 70°. În cazul când crăpăturile sunt în zone ce nu pot fi ștemuite, atunci suprafețele se curăță bine pe o lungime de 5 – 10 mm în fiecare parte a crăpăturii. Fisurile cu lungimi cuprinse între 150 și 700 mm, în afară de faptul că se limitează la capete prin introducerea de știfturi, li se practică găuri, cu diametrul de 2 – 4 mm, la distanța de 10 mm de marginea fisurii, din 25 în 25 mm. În cazul spărturilor, se ștemuiesc marginile acestora, iar în jurul lor se practică găuri de dimensiuni și la distanțe egale cu cele prevăzute pentru recondiționarea crăpăturilor.

Peticele care urmează a fi aplicate se confecționează din tablă de oțel moale, cu grosimea de 0,5 – 0,8 mm.

Piesa astfel pregătită se degresează cu ajutorul acetonei. Nu se recomandă folosirea benzinei, deoarece aceasta conține grăsimi. După 3 – 5 minute de la degresare, pe suprafețele pregătite se aplică cleiul pe bază de rășină epoxidică. Acesta se pregătește la locul de recondiționare numai cu 20 – 30 min înainte de folosire, deoarece se întărește foarte repede. Cleiul poate fi utilizat și peste acest interval de timp, dacă imediat după pregătire a fost păstrată la temperaturi cuprinse între 0 și 4°C.

În cazul când piesa se recondiționează prin aplicarea unui petic exterior, suprafața din jurul găurii se curăță bine, marginile acesteia se ștemuiesc, în jurul găurii se practică, la distanțe egale, orificii cu diametrul de 2 – 4 mm. Depărtarea găurilor de marginea spărturii este egală cu distanța cu care peticul depășește marginile spărturii.

Pe suprafețele pregătite se aplică un strat subțire de clei (0,08 – 0,15 mm), umplându-se și orificiile practicate în jurul spărturii. Se așează peticul și apoi se presează ușor. Deasupra se aplică 2 – 3 petice de pânză, iar peste ultimul se depune cu pensula un strat de clei.

În cazul în care piesa se recondiționează prin astuparea spărturii și suprafeței trebuie să i se păstreze planeitatea, la partea inferioară se fixează o placă metalică, care se susține cu ajutorul unei sârme, apoi se aplică succesiv mai întâi un strat de clei și după aceea un strat de pânză, până când grosimea acestora este egală cu grosimea piesei. După ce aceste straturi s-au fixat, placa metalică suport se desprinde, tăindu-se capetele sârmei de susținere.

Piese recondiționate cu ajutorul cleiurilor epoxidice se mențin la temperatura camerei timp de 24 ore, până la întărirea completă a peticului. Timpul de întărire poate fi redus până la 1 – 2 ore, dacă piesa se încălzește la temperaturi ce variază între 60 – 80°C. În acest scop se pot utiliza lampa de benzină, flacăra oxiacetilenică, cuptoarele etc.

Cleiurile pe bază de rășini epoxidice pot fi folosite pentru recondiționarea conductelor de înaltă presiune, pentru refacerea izolației conductoarelor electrice, pentru acoperirea interioară a rezervoarelor de combustibil, a băilor galvanice etc. Aceste cleiuri pot fi utilizate și pentru recondiționarea filtrelor, fixarea pieselor care se montează cu strângere (bucșe, rulmenți etc.), izolarea pieselor ce se supun procesului de galvanizare, astuparea diferiților pori, fixarea unor instrumente abrazive etc.

4.8.13. Compoziții plastice ca adezivi și ca materiale de cimentare

Procedeele de nituire a garniturilor de fricțiune pe saboți de frâne sau pe discurile de ambreiaj, prezintă dezavantajul că reduce suprafața activă de fricțiune; totodată el este neeconomic, deoarece în timpul funcționării, niturile se slăbesc, ceea ce conduce la deformarea discurilor și scoaterea lor din exploatare. Când se nituiesc, garniturile de fricțiune nu pot fi utilizate integral, ci numai 40 – 50% din grosimea lor. Datorită acestor dezavantaje, precum și faptului că procedeul reclamă un consum mare de forță de muncă, energie și materiale, în prezent, pentru fixarea garniturilor de frecare se folosesc cleiuri; utilizarea lor reduce de aproximativ 3 ori volumul de muncă necesar la recondiționări, iar durata de funcționare a garniturilor se mărește de aproximativ 2 ori).

Experimental, s-a stabilit că rezistența îmbinării cu adezivi plastici echivalează și chiar o depășește, pe aceea a îmbinărilor clasice prin nituire și sudare.

Procedeul tehnologic de lipire a garniturilor de frecare pe suporturile metalice comportă curățirea și degresarea suprafețelor metalice pe care urmează să se lipească garnitura, aplicarea cleiului, fixarea și strângerea garniturii de frecare la cel puțin $0,3 - 0,5 \text{ N/mm}^2$, menținerea la temperatura prescrisă, răcirea la temperatura camerei și verificarea îmbinării.

Curățirea suporturilor metalice de impurități se face prin încălzire la temperatura de $290 \pm 10^\circ\text{C}$. După răcire, suprafețele se curăță cu ajutorul unei perii de sârmă, hârtie abrazivă sau la polizor, până la obținerea luciului metalic.

Dacă pe timpul exploatării, suporturile metalice și-au pierdut forma geometrică, ele se prelucrează mecanic (strunjire, polizare etc.), în vederea refacerii acestora. Apoi, ele se degresează cu ajutorul acetonei și se mențin la temperatura camerei până la evaporarea completă a solventului. De aceea, cu ajutorul unei pensule, adezivul se întinde pe suprafața de contact într-un strat de $0,1 - 0,2 \text{ mm}$, care se lasă apoi să se usuce, până când nu se mai ia pe deget ($10 - 15 \text{ min}$). Stratul adeziv trebuie să fie uniform, fără corpuri străine, pori, incluziuni etc.

După uscare, garniturile se fixează pe suporturile metalice, se strâng cu ajutorul unor dispozitive speciale și, împreună, se introduc într-un cuptor unde se mențin timp de 45 min la temperatura de $180^\circ \pm 5^\circ\text{C}$. Apoi, suporturile metalice, împreună cu dispozitivele de strângere, se scot din cuptor și se mențin în aceeași stare de presare până ajung la temperatura mediului ambiant. În continuare, piesele recondiționate se degajează din dispozitive de strângere, se curăță de eventualele scurgeri de adezivi și li se verifică calitatea lipirii.

Îmbinarea prin lipire la rece se realizează la temperaturi de $60 - 70^\circ\text{C}$. Rezistența îmbinării la forfecare depinde de temperatura de lucru. Îmbinările realizate cu epilox E.K. - 10 au o rezistență la forfecare de 300 N/mm^2 ; ea se menține constantă până la temperatura de 120°C , după care scade brusc. Îmbinările efectuate cu epilox E.G.K. - 19 au o rezistență la forfecare de 120 N/mm^2 , ce se menține în limitele $\pm 50^\circ\text{C}$ după care ea se reduce brusc la 20 N/mm^2 .

Durata de întărire a adezivului este invers proporțională cu temperatura. Pentru adezivul E.K. - 10, durata de uscare la temperatura de $50 - 60^\circ\text{C}$, este de 5 ore, iar pentru adezivul E.G.K. - 19 este de 6 - 7 ore.

Lipirea cu adezivi sintetici se mai folosește pe scară largă la fixarea coroanelor dințate pe butuci, a plăcuțelor dure pe scule tăietoare, la asigurarea șuruburilor în îmbinări, la fixarea unor piese adiționale din materiale de calitate superioară pe suprafețele de lucru ale organelor de mașini etc.

Rulmenții sau bușele care au joc pe fusul arborilor sau în carcasă de maximum 0,1 mm, se pot fixa prin lipire la rece cu produsul A.M. – 4.

Pentru pregătirea adezivului A.M. – 3 este recomandată următoarea rețetă: 94% rășină sintetică și 6% etilendiamină ca întăritor. Cei doi componenți se amestecă continuu până la omogenizare. Adezivul se întinde pe suprafețele de asamblare într-un strat cât mai uniform. Piesele asamblate se lasă 25 ore pentru întărirea adezivului, după care li se controlează calitatea îmbinării.

Sub influența substanțelor de întărire, rășinile epoxidice și poliesterice se transformă în polimeri nefuzibili, care se utilizează în special pentru umplerea crăpăturilor, golurilor sau a zonelor poroase. În afara rezistenței mecanice și a aderenței lor ridicate, rășinile solidificate au și o rezistență chimică mare la acizi, alcalini, apă, benzină și alți solvenți organici.

Introducerea unui plastifiant, de exemplu, a dibutilftalatului sau a fosforului tricrezilic, în masa rășinii epoxidice, contribuie la reducerea vâscozității și la mărirea rezistenței acesteia după solidificare.

Materiale de umplură măresc volumul adezivului, rezistența mecanică și la temperatură, micșorează contracția și apropie coeficientul de dilatare liniară a pastei de cel al metalului de bază. Ca materiale de umplură se pot folosi pilitura de fontă sau de oțel fin măcinată, grafitul argintiu, pudra de aluminiu sau de bronz, azbestul etc.

Întăritorul are rol de accelerator al reacției de legare a pastei din materialul de bază, dar conținutul lui în masa de rășină epoxidică trebuie dozat cu strictețe. Abaterile de la dozaj înrăutățesc proprietățile lui mecanice.

Preparatul pastei epoxidice constă din încălzirea rășinii sintetice la temperatura de $70\pm 5^{\circ}\text{C}$ și adăugarea solventului. Corespunzător în amestecul obținut se introduce materialul de umplură, agitând continuu timp de 5 min. Pasta se conservă timp îndelungat dacă se păstrează într-un vas închis ermetic. Întăritorul se introduce cu 20 minute înainte de a utiliza pasta.

Înainte de a aplica pastă, suprafața materialului de bază se curăță de impurități și oxizi, după care se degresează cu white-spirt, acetona sau benzină ușoară. pregătirea suprafeței are o influență considerabilă asupra rezistenței îmbinării pastei cu materialul de bază.

Suprafața din jurul fisurii sau spărturii se curăță cu pila sau cu hârtie abrazivă pe o lățime de 20 – 30 mm. La capetele fisurii se practică orificii cu diametrul de 2 – 4 mm, pentru a preveni extinderea acesteia. Pe toată lungimea fisurii se execută un șanț sub un unghi de 90 – 120°, pe o

adâncime de 3 – 4 mm. După pregătirea mecanică a fisurii, suprafața se sablează, ceea ce asigură pe de o parte curățirea, iar pe de alta induce rugozitatea necesară unei bune aderențe a pastei. Pentru umplerea integrală a fisurii cu pastă epoxidică, porțiunile pregătite se încălzesc cu aer cald sau cu raze infraroșii până la o temperatură de $75\pm 5^{\circ}\text{C}$.

După efectuarea tuturor operațiilor de pregătire, pe porțiunea respectivă se aplică cu șpaclul un strat de pastă epoxidică.

Excesul de pastă trebuie înlăturat imediat după aplicare. Piesele recondiționate se lasă în repaos pentru întărirea pastei; timpul de solidificare (tabelul 4.49) depinde de temperatura mediului ambiant.

Tabelul 4.49. *Timpul de solidificare*

Temperatura mediului (în $^{\circ}\text{C}$)	20	40	60	80	100
Timpul necesar de întărire (în ore)	90-160	20-25	4-5	3-4	1-2

Pentru finisarea suprafeței recondiționate, pasta întărită poate fi prelucrată cu pila sau discul abraziv.

Există un număr mare de rețete pentru pastele cu rășini utilizate la recondiționarea pieselor fisurate, sparte, corodate etc. Cele mai multe sunt pe bază de poliesteri. Pentru recondiționarea pieselor masive din fontă și oțel se recomandă pastele pe bază de rășini epoxidice, care au ca material de umplură pulberi metalice, În tabelul 4.50 sunt prezentate două rețete pentru paste cu consistență medie.

Tabelul 4.50. *Paste cu consistență medie*

Compoziția	Proporția (părți în greutate)
rășina epoxidică	100
agent de întărire	10
pulbere de umplură	100-250
rășină poliestică	100
pastă catalizator	4
accelerator	3
pulbere de umplură	100-250

Consistența ambelor paste poate fi modificată prin cantitatea de material de umplură adăugată.

La recondiționarea pieselor mari din fontă, cum sunt de exemplu blocurile de motor și carterele, se întâmpină greutăți, pe de o parte datorate faptului că operația trebuie executată la cald, iar pe de altă parte faptului că, fiind neomogene și având compoziții foarte variate, se fisurează.

Pentru a elimina aceste dificultăți, s-a elaborat un proces tehnologic de recondiționare prin lipire la rece, care constă din următoarele operații:

- controlul hidraulic al pieselor, pentru a identifica poziția, forma și mărimea fisurii sau crăpăturii care nu trebuie să aibă lungimea mai mare de 100 mm;

- practicarea, la capetele fisurii sau crăpăturii, de orificii cu diametrul de 2-4 mm;

- curățire prin polizare sau dăltuire, a unei suprafețe cu lățimea de 25-30 mm, pe ambele laturi ale fisurii sau crăpăturii;

- practicarea unui canal în formă de V, pe toată suprafața fisurii sau crăpăturii, astfel ca aceasta să fie cât mai rugoasă; canalul se realizează prin polizare sau dăltuire;

- prepararea adezivului. Pentru crăpăturile străpunse se folosesc adezivi A.M.-1 și A.M.-2. Adezivul A.M.-1 se pregătește prin amestecarea până la omogenizarea a 93 părți (în greutate) de rășină cu 7 părți de etilendiamină, ca întăritor. Adezivul A.M.-2 se obține prin amestecarea a 98,5 părți (în greutate) de rășină cu 1,5 părți de etilendiamină;

- aplicarea adezivului – mai întâi un strat de adeziv A.M.-1 peste care se presează apoi adezivul A.M.-2, astfel încât să astupe uniform toată crăpătura; după aceea ce se aplică un nou strat de adeziv A.M.-1. Pentru fisurile și crăpăturile mai puțin pătrunse, în cazul majorității pieselor se folosește adezivul A.M.-3;

- controlul hidraulic al pieselor recondiționate pentru a constata calitatea lipiturii.

Din cele arătate rezultă că procesul tehnologic de recondiționare a pieselor fisurate sau crăpate prin folosirea rășinilor sintetice este mult mai simplu decât în cazul recondiționării acestora prin sudare.

În procesul de exploatare se va ține seama însă să fie întrebuințate numai în intervalul de temperatură indicat pentru rășini folosite.

Capitolul 5

NORMAREA TEHNICĂ A LUCRĂRILOR DE RECONDIȚIONARE

5.1. Considerații generale

Prin normă se înțelege un indicator tehnico-economic pe baza căruia se evaluează produsele muncii depuse de un muncitor sau o echipă de muncitori, în anumite condiții tehnico-organizatorice precizate.

Această evaluare se poate face prin cantitatea de produse sau de lucrări, stabilite a se efectua într-o unitate de timp, de către un muncitor, sau de o echipă de muncitori, care au calificarea corespunzătoare, în condiții tehnico-organizatorice precizate ale locului de muncă și avem astfel norma de producție; sau se mai poate evalua timpul stabilit unui muncitor, sau unei echipe de muncitori, cu calificarea corespunzătoare, pentru realizarea unei anumite lucrări, în condiții tehnico-organizatorice precizate ale locului de muncă și avem astfel norma de timp.

Rezultă că norma de producție se exprimă prin cantitatea de produse date în bucăți, unități de greutate, de lungime, de suprafață sau volum, în funcție de felul lucrării, pe unitatea de timp, iar norma de timp se exprimă prin unități de timp, secunde, minute, ore etc., necesare pentru executarea unui produs.

Normele de producție sau de timp stabilite pe baza aprecierii, sau a datelor statistico- experimentale, se numesc norme empirice, sau statistico-experimentale de producție, respectiv de timp.

Normele de producție sau de timp determinate pentru un proces de producție rațional, ca urmare analizei critice a condițiilor tehnice și organizatorice existente, având deci o fundamentare (motivare) tehnică, se numesc norme tehnice de producție, respectiv norme tehnice de timp.

Normele de producție sau de timp stabilite pentru o durată de timp limitată, în care muncitorii să-și poată însuși deprinderile necesare unor procese tehnologice existente, se numesc norme de producție provizorii, respectiv norme de timp provizorii.

Normele de producție sau de timp stabilite pentru elemente tipizate ale procesului de producție, în condiții de muncă identice sau similare, din mai multe întreprinderi și care sunt obligatorii pentru toate întreprinderile în

care există sau se pot crea condiții prevăzute în normele respective, putând fi unificate pe țară, pe ramură, pe subramură, sau pe grup de întreprinderi, se numesc norme unificate de producție, respectiv norme unificate de timp.

Normele de producție sau de timp, stabilite pentru condițiile tehnico-organizatorice specifice unei singure întreprinderi, se numesc norme de producție locale, respectiv norme de timp locale.

Dependența dintre norma tehnică de producție și norma tehnică de timp se poate exprima prin următoarea relație:

$$N = \frac{1}{T} \quad (5.1)$$

în care: N este norma tehnică de producție;

T - norma tehnică de timp.

Pe baza relației (5.1) se poate determina și dependența dintre creșterea normei tehnice de producție și scăderea normei tehnice de timp.

Astfel, dacă se știe că norma tehnică de timp se reduce cu 1%, creșterea normei tehnice de producție se va determina cu relația:

$$n = \frac{100t}{100 - t} \quad [\%] \quad (5.2)$$

și respectiv, dacă se cunoaște că norma tehnică de producție crește cu n%, reducerea normei tehnice de timp se va determina cu relația:

$$t = \frac{100n}{100 + n} \quad [\%] \quad (5.3)$$

Norma tehnică de timp și norma tehnică de producție nu sunt mărimi constante. Ele se schimbă funcție de procesul tehnic înregistrat în atelierele de reparație, de progresele realizate în calificarea lucrărilor, perfecționarea organizării muncii etc.

5.2. Structura și determinarea normei tehnice de timp

În practica de producție, aproape în toate domeniile de activitate, s-a impus ca indicator tehnico-economic de evaluare a produselor muncii – norma tehnică de timp. În acest caz, prezintă importanță deosebită cunoașterea structurii și a metodelor de determinare a normei tehnice de timp.

Timul de muncă de care dispune un lucrător pentru a-și îndeplini sarcinile de producție se împarte în timp productiv (T_p) și timp neproductiv (T_a).

Timul productiv este timpul în cursul căruia un lucrător efectuează lucrările necesare pentru realizarea sarcinilor de producție.

Timul productiv al lucrătorului se împarte în timp de pregătire și încheiere (T_{pi}) și timp de deservire a locului de muncă (T_d).

Timul de pregătire și încheiere este timpul în decursul căruia muncitorul, sau echipa de muncitori, înaintea începerii lucrului la un lot de produse, creează condițiile necesare pentru efectuarea acestuia (studiază documentația tehnică, pregătesc sculele, utilajul etc.), iar după terminarea lucrării aduc locul de muncă în starea inițială (predau la magazie produsele finite, sculele și dispozitivele speciale, documentația tehnică etc.). Rezultă că mărimea valorică a timpului de pregătire-încheiere se determină o singură dată pentru tot lotul de produse.

Timul operativ sau efectiv (T_{op}) este timpul în cursul căruia muncitorul, sau echipa de muncitori, efectuează sau supraveghează lucrările necesare pentru modificare nemijlocită, cantitativă și calitativă, a obiectului muncii, respectiv a dimensiunilor, formei, compoziției, proprietăților, stării lor, sau a dispunerii în spațiu a diferitelor elemente componente; în concluzie, este timpul în cursul căruia se realizează scopul procesului tehnologic proiectat. În cazul operațiilor de transport, este timpul de deplasare a produselor.

Timul ajutător sau auxiliar (t_a) este timpul în cursul căruia nu se produc modificări cantitative sau calitative obiectului muncii, însă muncitorul sau echipa de muncitori, trebuie să efectueze diverse mănuii necesare, sau să supravegheze utilajul în efectuarea acestor faze auxiliare, pentru ca modificările cantitative și calitative să poată avea loc (prinderea și desprinderea piesei, schimbarea și reglarea sculelor așchietoare, evacuarea așchiilor, efectuarea măsurătorilor de control etc.).

Timul de bază și timpul ajutător, poate fi timp de muncă manuală (t_{man}), sau de supraveghere a funcționării utilajului (t_{st}).

Timul de deservire a locului de muncă (T_{dl}) este timpul în cursul căruia muncitorul, sau echipa de muncitori, asigură pe întreaga perioadă a schimbului de lucru, atât menținerea în stare de funcționare a utilajelor, cât și organizarea, aprovizionarea, ordinea și curățenia la locul de muncă. El se va împarte deci, în timp de deservire tehnică (t_{dt}) și timp de deservire organizatorică (t_{do}) a locului de muncă.

Timul neproductiv (T_n) este timpul în cursul căruia au loc întreruperi în lucrul muncitorului, sau a echipei de muncitori, oricare ar fi

natura lor, sau în care aceștia, nu efectuează lucrările necesare pentru realizarea sarcinilor de producție. Timpul neproductiv se împarte în timp de întreruperi reglementate (T_{ir}), timp de muncă neproductivă (T_{mn}) și timp de întreruperi nereglementate (T_{in}).

Timpul de întreruperi reglementate (T_{ir}) este timpul în cursul căruia procesul de muncă este întrerupt, pentru odihnă și necesități firești ale muncitorului (t_{on}), sau întreruperi cauzate de tehnologia și organizarea muncii (t_{om}).

Timpul de muncă (t_m) este timpul în cursul căruia, executantul efectuează o muncă ce nu este necesară desfășurării normale a procesului de producție.

Timpul de întreruperi nereglementate (T_{in}), este timpul neproductiv în care procesul de muncă este întrerupt din cauze nereglementate, care pot fi dependente sau independente de muncitor (întreruperea utilităților, goluri în aprovizionarea cu materii prime, absențe la lucru etc.).

la determinarea normei tehnice de timp nu se va ține seama de timpul de muncă neproductiv și timpul de întreruperi nereglementate.

Schematic, structura consumului de timp de muncă este reprezentată în fig. 5.1.

Dacă se ține seama de structura normei tehnice de timp, prezentată mai sus, rezultă că aceasta se va determina cu relația:

$$T = \frac{T_{pl}}{n} + T_{op} + T_{dl} + T_{lr} \quad (5.4)$$

De asemenea, conform structurii normei tehnice de timp, timpul operativ (efectiv) se va determina cu relația:

$$T_{op} = t_b - t_a \quad (5.5)$$

în care: t_b este timpul de bază;

t_a - timpul ajutător (auxiliar).

Dar, și timpul de pregătire-încheiere, timpul ajutător, timpul de deservire a locului de muncă și timpul pentru întreruperi reglementate, pot fi divizați la rândul lor, în mai multe elemente componente. la divizarea timpilor din relația (5.4), în elementele componente, se are în vedere ușurința și corectitudinea determinării lor.

Timpul de bază se determină totdeauna prin relațiile analitice a căror formă depinde de felul prelucrării și parametrii tehnici ai procesului de prelucrare (pe mașini-unelte, prin ajustaj, sudură, acoperiri metalice etc.).

Toți ceilalți timpi care intră în relația (5.4) se determină prin cronometrarea timpului de muncă, fotografierea timpului de lucru, prin metode statice, sau prin metode comparative.

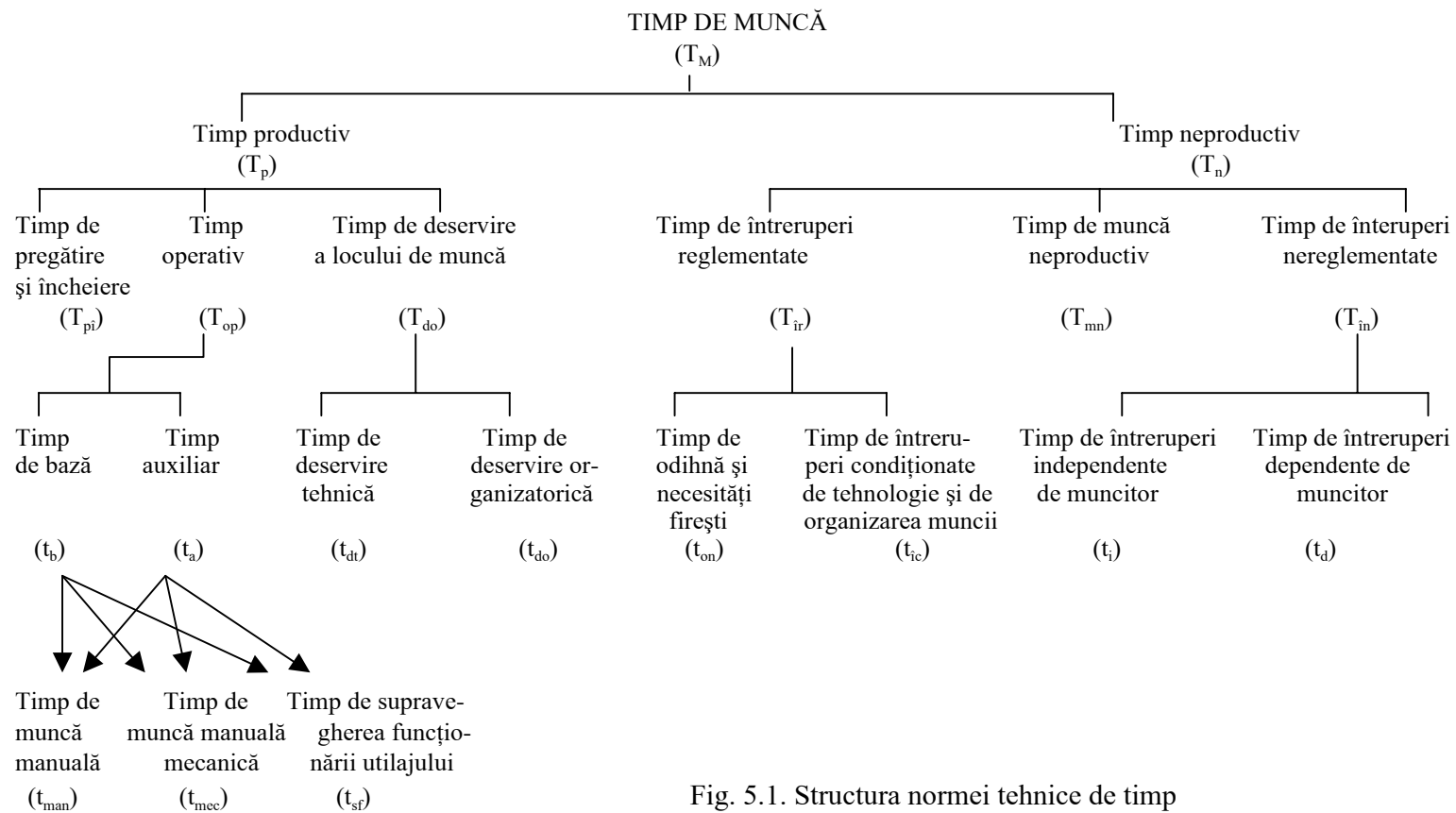


Fig. 5.1. Structura normei tehnice de timp

5.3. Normarea lucrărilor de prelucrare mecanică

Stabilirea perioadei de timp necesare pentru prelucrarea unei piese pe diferite mașini-unelte se face în funcție de mărimea suprafeței ce se prelucrează, mai precis de spațiul parcurs de sculă, de elementul regimului de așchiere, în mod deosebit, viteza de lucru care depinde de avans și turație și de adaosul de prelucrare, deci de numărul de treceri necesare. În general, pentru mașinile-unelte prevăzute cu avans automat, timpul de bază se determină cu o relație de forma:

$$t_b = \frac{L}{s \cdot n} i \quad (5.6)$$

în care: L este lungimea pe care o parcurge scula în timpul prelucrării, mm;
 s - avansul de lucru, în m/rot, sau mm/cursă dublă;
 n - numărul de turații, rot/min sau numărul de curse (curse duble/min);
 i - numărul de treceri.

Lungimea pe care o parcurge scula se calculează de regulă cu o relația de forma:

$$L = l + l_a + l_c \quad (5.7)$$

în care: l - lungimea suprafeței ce se prelucrează, mm;
 l_a - lungimea de așezare a sculei, mm;
 l_c - lungimea de ieșire a sculei, mm.
Numărul de treceri, în general, se determină cu relația:

$$i = \frac{2A_c}{t} \quad (5.8)$$

în care: $2A_c$ este adaosul de prelucrare pentru suprafețe care se prelucrează, mm;
 t - adâncimea de așchiere, mm.

Pentru operațiile de rabotare, timpul de bază se determină cu relație asemănătoare:

$$t_b = \frac{B + b}{s \cdot n} \cdot i \quad (5.9)$$

în care: B este lățimea suprafeței de prelucrat, mm;
 b – depășirile laterale ale cuțitului, mm;
 n - numărul de curse duble/min;
 s – avansul în mm/cursă dublă;
 i – numărul de treceri.

Pentru operațiile de rectificare rotundă exterioară când discul abraziv are avans transversal la fiecare cursă a mașinii, timpul de bază se determină cu relația:

$$t_b = \frac{2L}{n \cdot s} \cdot i \cdot k \quad (5.10)$$

în care: k este coeficientul de uzură a discului abraziv și se recomandă valorile:

k = 1,2 - 1,4 pentru degroșare;
 k = 1,3 – 1,7 pentru finisare.

5.4. Normarea lucrărilor pentru sudură

Timpul necesar pentru executarea lucrărilor de sudură electrică depinde de cantitatea de material ce trebuie depus, de natura și intensitatea curentului electric, de calitatea electrozilor și de învelișul de protecție. Pentru determinarea cantității de material ce trebuie depus prin sudare, este necesar să se determine suprafața de încărcare, grosimea și greutatea specifică a materialului de adaos și se determină cu relația:

$$Q = F \cdot l \cdot \gamma \quad \text{grame} \quad (5.11)$$

în care Q este greutatea materialului de adaos, grame;
 F – suprafața secțiunii transversale a cusăturii, cm²;
 l – lungimea cusăturii, cm;
 γ - greutatea specifică a materialului electrodului, gr/cm³.
 Timpul de bază se calculează cu relația:

$$t_b = \frac{60 \cdot Q}{I \cdot \alpha} \quad (5.12)$$

în care: I este intensitatea curentului electric, A;

α - coeficient de încărcare, gr/A·h și depinde și de felul electrozilor;

α - 5-9 gr/A·h pentru electrozi neînveliți sau cu înveliș subțire;

α - 10 – 12 gr/A·h pentru electrozi cu înveliș gros.

5.5. Normarea lucrărilor de cromare

La depunerea galvanică a cromului, timpul de bază se determină cu relația:

$$t_b = \frac{h \cdot \gamma}{e \cdot D_c \cdot \eta} \cdot 6 \cdot 10^2 \quad (5.13)$$

în care: g este grosimea stratului de acoperire, mm;

γ - greutatea specifică a cromului = 6,7 gr/cm³;

e – echivalentul electrochimic al cromului, $e = 0,323$ gr/A·h;

D_c – densitatea curentului la catod, în A/dm²;

η - randamentul băii de cromare în procente, $\eta = 12 - 15\%$.

5.6. Normarea lucrărilor de sudare autogenă

Timpul de bază se determină cu relația:

$$t_b = \frac{60 \cdot Q}{g} \cdot A \quad (5.14)$$

în care: Q este greutatea materialului de adaos, grame;

g - consumul orar de material de adaos care variază de la 75 gr pentru sârmă cu ϕ 0,5 - 1,0 mm până la 1200 gr pentru sârmă cu ϕ de la 9 – 14 mm;

A - coeficient de corecție care depinde de lungimea cusăturii astfel:

- pentru $l = 1000$ mm $A = 1,0$
- pentru $l = 500$ mm $A = 1,07$;
- pentru $l = 200$ mm $A = 1,17$.

5.7. Normarea lucrărilor manuale

Lucrările manuale de lăcătușerie, ajustaj, demontare și montare se pot determina pe baza cronometrării sau cu relații analitice de calcul a timpului de bază manual. Stabilirea analitică a normelor are mai mult un caracter orientative de verificare. Timpul de bază pentru tăierea cu ferăstrăul manual se poate determina cu relația:

$$t_b = \frac{F}{f \cdot n} \quad (5.15)$$

în care: F este suprafața de tăiat, în mm;

f – secțiunea tăiată la o cursă dublă, mm^2/cd ;

n - numărul de curse duble (40-60 curse duble pe minut).

Pentru operațiile de pilire manuală timpul de bază se determină cu relația:

$$t_b = \frac{h \cdot F}{s \cdot f \cdot n} \quad (5.16)$$

în care: h – grosimea stratului de pilit, mm;

F – suprafața ce trebuie pilită, mm^2 ;

s – grosimea stratului pilit la o cursă dublă, mm;

f – suprafața pilei în contact cu piesa, mm^2 ;

n – numărul de curse duble/min, $n = 40 - 60$ curse duble/minut.

Timpul de bază pentru filetarea manuală se determină cu relația:

$$t_b = \frac{l \cdot m}{p \cdot n} \quad (5.17)$$

în care: l este lungimea filetului, în mm;

m – numărul de treceri cu tarodul sau filiera;

p – pasul filetului, mm/rot;

n - numărul de rotiri manuale/min, $n = 20 - 30$ rot/min.

Timpul de bază pentru deșurubare sau înșurubare se poate determina cu relația:

$$t_b = \frac{l}{p \cdot n} \quad (5.18)$$

în care: l este lungimea filetului pentru înșurubare sau deșurubare, mm;

p – pasul filetului, mm/rot;

n – numărul de rotiri ale cheii/min;

$n = 40 - 80$ rot/min.

Când sunt montate și șaibe, timpul de majorează cu (10 – 15)%.

În ceea ce privește normarea celorlalte lucrări întâlnite în procesul de reparație cum ar fi: repararea radiatoarelor, lucrări de tinichigerie, lucrări de montare și demontare, datorită diversității mari cât și variația timpilor de bază și auxiliari, normare se face pe bază de cronometrare și fotografiere a zilei de lucru. Trebuie să se aibă în vedere că atât cronometrarea cât și fotografierea zilei de lucru trebuiesc făcute de mai multe ori și în condiții cât mai diferite, încât media rezultată să cuprindă pe cât posibil toate aspectele operațiunilor normate.

Capitolul 6

RECONDIȚIONAREA ORGANELOR DE MAȘINI

6.1. Considerații generale

Întrucât recondiționarea pieselor, indiferent de variantele posibile ca urmare a metodelor de recondiționare aplicate, trebuie să se facă cu respectarea integrală a condițiilor tehnice impuse piesei pentru fiecare clasă de piese, se prezintă condițiile tehnice pe care trebuie să le satisfacă.

De asemenea, pentru că tehnologia de reparație nu înseamnă numai recondiționarea din nou a unor piese care s-au uzat la limita maximă, considerăm utilă indicarea materialelor recomandate, precum și a semifabricatelor larg utilizate. În acest fel, prin indicarea condițiilor tehnice a materialelor și a semifabricatelor recomandate fiecărei clase de piese, considerăm că se dau indicații prețioase atât pentru proiectarea și fabricarea pieselor cât și pentru recondiționarea lor.

6.2. Recondiționarea pieselor din clasa axe-arbori

Arborii sunt organe de mașini destinate transmiterii unui moment de torsiune în lungul axei lor, ca și susținerii altor organe de mașini. După felul axei geometrice arborii pot fi rectilinii, marea majoritate, și cotiți, iar după forma secțiunii pot fi cu secțiune circulară, inelară, profilați sau canelați.

Axele sau osiile sunt organe de mașini destinate susținerii pieselor aflate în mișcarea de rotație și nu transmit momente de răsucire.

Recondiționarea arborilor (axelor) netezi și în trepte, cu secțiune circulară sau inelară și axa rectilinie

În construcția de mașini această grupă din clasa arbori este foarte răspândită. Fabricarea lor în funcție de condițiile concrete în care funcționează se face diferențiat, însă în general, se folosesc anumite metode de prelucrare, în baza unui traseu tehnologic devenit clasic.

Condiții tehnice

Arborii netezi și în trepte trebuie să satisfacă următoarele condiții tehnice:

- dimensiunile diametrale ale fusurilor se execută în clasa 2 și 3 de precizie. În mod frecvent însă, în anumite situații speciale, se execută în clasa 1 de precizie;

- abaterile de formă privind ovalitatea și conicitatea arborilor netezi și a fusurilor arborilor în trepte, se recomandă a fi cuprinse în limitele toleranțelor dimensiunilor diametrale ale lor. În anumite situații concrete, când prescripțiile privind abaterile de formă trebuie să fie mai severe, se fac precizări în tehnologia de fabricație sau recondiționare;

- bătaia fusurilor pe care se montează diferite organe de mașini în raport cu fusurile de sprijin ale arborelui, nu trebuie să depășească 0,01...0,03 mm;

- toleranța la lungime a treptelor este cuprinsă între 0,05-0,2 mm;

- rugozitatea suprafețelor fusurilor, $R_a = 1,6...0,4 \mu\text{m}$.

Materiale

Materialele de bază în confecționarea arborilor sunt oțelurile carbon și aliate care satisfac condițiile de rezistență impuse. În funcție de solicitarea la care este supus arborele, se recomandă următoarele materiale:

- pentru arbori de dimensiuni mici și precizie redusă fără să fie supuși la solicitări mecanice mari, însă lucrează în condiții grele de uzură, se folosesc oțelurile AUT 12; AUT 20; AUT 30;

- arbori cu solicitări mecanice și uzură medie se execută din oțeluri carbon obișnuite, din oțel carbon de calitate, sau din oțel tras la rece;

- pentru arborii cu tenacitate ridicată a miezului, supuși la uzură pronunțată și la eforturi mici, se recomandă oțeluri de cementare OLC 15;

- pentru arbori supuși la solicitări mecanice variabile, de încovoiere, se recomandă OL50, OL60, OLC35;

- arborii supuși unor solicitări mecanice mari se execută din OL 70; OLC 45; OLC 60.

- pentru arborii care sunt supuși la solicitări specifice mari și lucrează în condiții grele de uzură, se pot folosi oțeluri crom-nichel, crom-mangan și crom-molibden pentru cementare. Tot în aceste cazuri se mai pot folosi oțeluri aliate de îmbunătățire de tipul crom-nichel, crom-molibden, crom-mangan, mangan-siliciu și crom-vanadiu.

Iată câteva exemple de materiale folosite pentru axe și arbori:

- axele de piston: 17CM10, 21TMC12, 28TMC12, OLC45;

- axul de comandă al servomotorului: 20MC12;

- arborele canelat al pompei hidraulice 40MC11;

- osiile din dreapta și din stânga la tractoare: 40MC11;

- arborele prizei de putere: OLC 60;

- pentru diverse alte axe și arbori OLC 45.

Semifabricate

Alegerea semifabricatelor se face ținându-se seama de tipul de producție, de forma și dimensiunile axelor, de proprietățile fizico-mecanice care se impun în timpul exploatarei.

Pentru confecționarea axelor și arborilor se folosesc drept semifabricate bare laminate, materiale forjate și matrițate, iar în ultimul timp se folosesc și semifabricate turnate.

Pentru fabricarea arborilor netezi se folosesc exclusiv bare laminare, iar pentru fabricarea axelor în trepte se folosesc semifabricate forjate sau matrițate (depinzând de forma și dimensiunile piesei) și cu oarecare rezervă semifabricate turnate mai ales din fontă nodulară.

a. Recondiționarea axelor netede

În funcție de destinația axului, ținând seama de materialul din care este confecționat și de condițiile de lucru, recondiționarea poate fi făcută în mai multe moduri:

- recondiționarea la un diametru inferior (la o treaptă de reparație);
- recondiționarea prin păstrarea dimensiunii inițiale;
- recondiționarea la o dimensiune majorată.

Pentru că axul de piston permite aplicarea tuturor acestor metode, se va alege ca piesă reprezentativă, făcându-se referire la posibilitățile de recondiționare ale acestuia.

Recondiționarea la un diametru inferior

Axele de piston se fac din oțel aliat 21TMC12, cementat pe adâncimea de 0,8...1,2 mm, călit și revenit pentru obținerea durității de 56...62 HRC.

În timpul funcționării motorului, suprafața exterioară a axului de piston se uzează din cauza frecării cu locașurile din piston și cu bușe bielei, sub acțiunea gazelor și a forțelor de inerție. drept urmare, jocurile de montaj se măresc și la depășirea unei anumite limite, stabilite pe baza datelor statistice, apar bătăi.

Ținând seama de condițiile de funcționare, precum și de posibilitățile de recondiționare a pieselor conjugate (posibilități dictate de criteriile tehnice), pentru axele de piston, pentru diferite motoare, s-au stabilit trepte de reparații.

Întrucât la axul piston, și în general la piesele din grupa axelor netede, se uzează suprafața exterioară traseul tehnologic de recondiționare

este prezentat în tabelul 6.1 pentru recondiționarea la o treaptă de reparație, prin micșorarea dimensiunii.

Fiind axe netede, operația de rectificare se execută în cele mai bune condiții pe mașini de rectificat fără vârfuri, prelucrarea efectuându-se în baza schemei prezentate în fig. 6.1.

Tabelul 6.1. *Traseul tehnologic pentru recondiționarea axelor netede prin micșorarea dimensiunii inițiale*

Nr. crt.	Denumirea operației sau fazei	Utilajul folosit	Suprafața de așezare
1.	Rectificarea de degroșare a suprafeței exterioare	Mașină de rectificat fără vârfuri	exterioară
2.	Rectificarea de finisare a suprafeței exterioare	Mașină de rectificat fără vârfuri	exterioară
3.	Lepuirea (rodarea) suprafețelor exterioare	Strung sau dispozitiv	între vârfuri
4.	Control final	Aparate	-

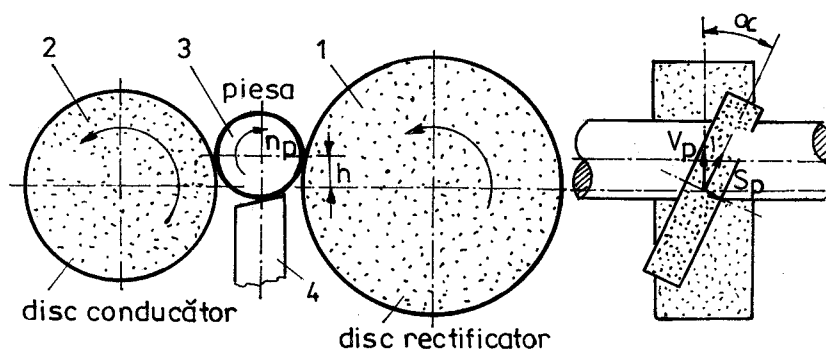


Fig. 6.1. *Schema de prelucrare pe mașina de rectificat fără centre:*
1-disc abraziv așchietor; 2-disc abraziv conducător; 3-piesa; 4-lineal

Mașina de rectificat fără vârfuri este prevăzută cu două discuri abrazive dintre care unul este discul abraziv așchietor (1), iar celălalt este discul conducător (2). Piesa (3) se așează pe inelul de conducere (4) și se sprijină pe discul conducător, fiind antrenată în mișcarea de rotație cu o viteză periferică rezultantă din vitezele periferice ale celor două discuri abrazive. Acestea din urmă se rotesc în același sens.

Prelucrarea pe mașinile de rectificat fără vârfuri se poate realiza fie prin trecere (în care caz piesa este antrenată în mișcare de avans longitudinal-paralelă cu axul discului abraziv așchietor – prin înclinarea axului discului conducător cu un anumit număr de grade în funcție de natura prelucrării), sau prin pătrundere, la care în spatele linealului de conducere se așează un opritor, prelucrarea efectuându-se prin deplasarea discului conducător cu linealul și piesa spre discul abraziv așchietor. Fixarea piesei în opritor se realizează prin înclinarea ușoară a axei discului abraziv, conducător, cu circa $0,5...1^\circ$.

Atât rectificarea de degroșare cât și rectificarea de finisare se execută pe mașini de rectificat fără vârfuri prin metoda avansului longitudinal, diferind prin natura discului abraziv așchietor și prin regimul de așchiere.

Pentru rectificarea de degroșare se recomandă un adaos de prelucrare pe diametru de $0,08...0,12$ mm, cu discuri abrazive cu liant ceramic, granulație $40...25$, cu duritate N, O, D. Pentru rectificarea de finisare, adaosul de prelucrare pe diametru se recomandă de $0,03...0,05$ mm, folosindu-se discuri abrazive cu liant ceramic, mai frecvent însă cu liant de vulcanită (cauciuc), cu granulație de $6...5$ și duritatea N,O. Viteza periferică a discului abraziv așchietor este de $25...30$ m/sec, iar viteza periferică a piesei în jur de $14...16$ m/min.

Avansul longitudinal se realizează prin înclinarea axei discului abraziv conducător, pentru rectificarea de degroșare cu până la $5...6^\circ$, iar pentru rectificarea de finisare cu maximum $1...2^\circ$. Înseamnă că în cazul operației de rectificare de degroșare se obține un avans longitudinal mult mai mare, pentru că în relația de calcul a avansului apare și unghiul de înclinare a axei discului conducător.

Operația de lepuire (rodare) se recomandă axelor de piston în vederea asigurării unei suprafețe netede, fără rizuri sau lovituri. Nu este introdusă în traseul tehnologic al tuturor axelor din această grupă. Tehnologul care întocmește tehnologia de recondiționare, stabilește de la caz la caz necesitatea introducerii acestei operații, în funcție de precizia și calitatea de suprafață prevăzute în condițiile tehnice ale piesei.

De obicei, operația de lepuire se face pe strung, sau în general pe o mașină cu posibilitatea de prindere între vârfuri. Prinderea axelor de piston între vârfuri, datorită faptului că sunt goale în interior, se face pe un dispozitiv special prezentat în fig. 6.2, iar a axelor pline se face direct între vârfurile mașinii.

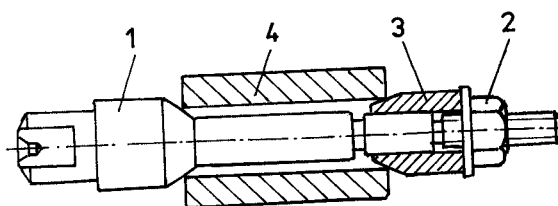


Fig. 6.2. *Dispozitiv de fixat axe de piston între vârfuri*: 1-șurub cu con fix; 2-con mobil; 3-piuliță; 4-ax de piston

În acest dispozitiv axul de piston (4) este fixat cu ajutorul bușei extensibile (2), a piuliței (3) și a dornului conic (1) care se așează între vârfurile mașinii. Pentru lepuire se folosește un dispozitiv ca cel din fig. 6.3.

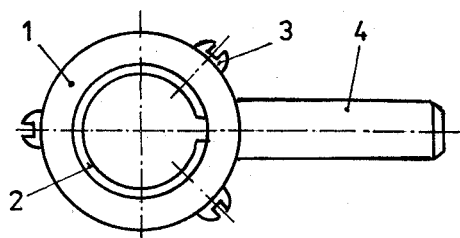


Fig. 6.3. *Dispozitiv de lepuit axe de piston*: 1-manșon; 2-bucșă extensibilă; 3-șurub de reglaj; 4-brățe

Dispozitivul se compune din manșonul (1), în interiorul căruia se introduce bușa extensibilă (2), putându-se fixa la dimensiunea necesară cu ajutorul șurubului (3). În vederea deplasării dispozitivului în lungul axului de piston se folosesc brațele (4). Deplasarea dispozitivului de rodat se poate realiza fie manual, cu ajutorul brațelor (4), fie automat, în cazul în care operația se execută pe strung. Unul din brațele dispozitivului se fixează pe căruciorul strungului aplicând acestuia o mișcare de avans longitudinal cu o anumită valoare.

Pentru obținerea unei suprafețe de calitate corespunzătoare, se folosește o pastă abrazivă cu care se unge suprafața exterioară a axului de piston, formată dintr-un liant care conține granule foarte fine de abraziv.

Ca materiale pentru formarea pastei se folosește electrocorindon, carbură de siliciu, oxidul de fier, oxidul de crom, varul de Viena etc.

Liantul este o substanță activă din punct de vedere chimic și poate avea diferite compoziții, printre care una dintre ele este: ceară și parafină amestecate cu petrol lampant. Procesul de rodare este activat de substanța activă din punct de vedere chimic, prin formarea unei pelicule moi,

superficială de metal oxidat, ce se îndepărtează foarte ușor sub acțiunea mecanică a granulelor abrazive.

Viteza periferică a piesei se recomandă într-o gamă destul de largă 5...30 m/min. Pentru obținerea unei calități de suprafață mai bune, se vor alege vitezele periferice ale piesei mai mici. În cazul folosirii acestui regim de așchiere, la o deplasare lentă a dispozitivului de rodare și la un adaos de prelucrare de 0,005...0,02 mm, se obține o suprafață cu rugozitatea $Ra = 0,4...0,012 \mu m$. De apreciat că jocul între dispozitivul de rodare și diametrul exterior al axului va fi de maximum 0,01...0,02 mm. Pe măsură ce diametrul axului se prelucrează (se micșorează), în același timp, datorită acțiunii granulelor abrazive, se uzează (se mărește) și diametrul interior al bușei dispozitivului. Pentru ca prelucrarea să se execute în condiții normale, periodic se reface jocul prin strângerea șurubului de reglaj al dispozitivului.

Acest traseu tehnologic se folosește frecvent în cazul recondiționării axelor de piston, a axelor culbutorilor de la mecanismele de distribuție, a axului roții intermediare de la mecanismul de distribuție etc.

Sunt și cazuri în care dacă axele prezintă uzuri peste limita maximă admisibilă nu se mai recondiționează, cum ar fi: axul pinionului condus de la pompa de apă, arborele pompei de apă (admițându-se în anumite situații – când uzura este foarte mică – să se cromeze și apoi să se prelucreze la dimensiunea inițială etc.).

Recondiționarea prin păstrarea dimensiunii inițiale este destul de des folosită pentru piese de tipul axelor netede. După ce piesa s-a uzat până la limita maximă admisibilă pentru ajungerea la dimensiunea nominală se folosește metoda de încărcare a suprafeței. Încărcarea suprafeței uzate se face prin depunere de material, folosindu-se următoarele posibilități:

- cromarea poroasă;
- încărcarea cu sudură prin vibrocontact;
- încărcarea prin sudură electrică manuală;
- încărcarea prin sudură electrică sub strat de flux.

Dintre acestea, acoperirea prin cromare poroasă este metoda cea mai des utilizată, putându-se depune un strat de crom de 0,05..0,3 mm pe rază.

Celelalte metode se aplică atunci când cantitatea de material ce trebuie depusă este mare, putând ajunge până la 3...4 mm (în cazul metalizării).

Metoda de restabilirea a dimensiunilor inițiale prin cromare este folosită în cazul axelor de piston, a arborelui pinionului conducător al pompei de apă, la arborele pompei de apă, în care caz se recomandă cromarea dură și numai atunci când uzura este mică.

Încărcarea prin sudură prin vibrocontact se poate aplica la axul sateliților, axelor intermediare de reductoare, arborele de antrenare din același subansamblu etc.

Încărcarea prin sudură electrică manuală se aplică în cazul recondiționării axului pârghiei ambreiajului reductorului planetar etc.

În toate cazurile, în funcție de grosimea stratului ce trebuie depus, de grosimea materialului pe care se face depunerea (diametrul axului) și de alte elemente specifice, se adoptă un anumit regim de lucru, anumite materiale de aport, precizate în capitolul 7.

Traseul tehnologic de recondiționare la dimensiunea inițială a axelor este prezentat în tabelul 6.2.

Tabelul 6.2. *Traseul tehnologic de recondiționare a axelor la dimensiunea inițială*

Nr. crt.	Denumirea operației sau fazei	Utilajul folosit	Suprafețe de așezare
1.	Rectificarea exterioară	Mașina de rectificat	Între vârfuri
2.	Încărcarea axului (prin cromare, sudură electrică, manuală, prin vibrocontact sau sub strat de flux)	Utilaj specializat	Dispozitive
3.	Rectificare exterioară de degroșare	Mașină de rectificat	Între vârfuri
4.	Rectificare exterioară de finisare	Mașină de rectificat	Între vârfuri
5.	Rodarea suprafeței exterioare	Dispozitiv	Între vârfuri
6.	Control final	Dispozitiv	

În traseul tehnologic de la început, mai ales încărcării prin cromare, care necesită operația de rectificare pentru a uniformiza suprafața uzată, pentru a înlătura ovalitatea și conicitatea axului, astfel să se asigure o suprafață netedă pentru depunerea uniformă a stratului de material de aport. Fiind o rectificare de uniformizare, parametrii discului abraziv și regimul de lucru sunt cei prevăzuți pentru rectificarea de degroșare.

Operațiile de rectificare se execută în condițiile precizate.

Dacă prin operațiile de încărcare piesa nu mai corespunde din punctul de vedere al durtății, este necesar ca în traseul tehnologic înainte de

operațiile de prelucrare prin rectificare, să se introducă un tratament termic corespunzător (de obicei călire cu revenire în anumite medii și la anumite temperaturi care se fixează în funcție de natura materialului).

Sunt și cazuri când după încărcare nu este necesară operația de rectificare, fiind suficientă din punct de vedere al preciziei și operația de strunjire. Astfel, în cazul recondiționării prin încărcare a axului pârghiei ambreiajului principal, sau a axului pârghiei ambreiajului reductorului planetar, după operația de încărcare cu sudură electrică până la diametrul de 23 mm (diametrul nominal fiind $\phi 22^{+0,060}_{-0,130}$ mm), se face operația de strunjire la diametrul inițial, fie la un diametrul majorat la dimensiunea $\phi 22,5^{+0,060}_{-0,130}$ mm.

Recondiționarea la o dimensiune majorată este specifică axelor de piston și se efectuează după ce axul de piston a ajuns la dimensiunea majorată cu 0,3 mm prin operația de umflare.

În tabelul 6.3 se prezintă trepte de reparație la o dimensiune majorată a axelor de piston.

Tabelul 6.3. **Recondiționare axelor de piston la o dimensiune majorată pentru motorul tractorului**

Denumirea parametrilor	Locul de contact cu biela	Locul de contact cu pistonul
Dimensiunea nominală	40 _{-0,08}	40 _{-0,08}
Limita de uzură admisă	39,964	39,972
Dimensiunea de reparație	40,3 _{-0,08}	40,3
Limita de uzură admisă	40,264	40,272
Jocul normal	0,003...0,015	0...-0,02
Jocul admis fără reparație	+0,06	+0,026

În cazul în care după operația de umflare și recondiționare la o dimensiune majorată axul de piston a ajuns la limita de uzură admisă, se poate recondiționa la dimensiunea normală, prin rectificare urmată de rodare.

În tabelul 6.4 este indicat traseul de recondiționare la o dimensiune majorată a axului de piston.

Operația de încălzire în vederea înmuierii se face în cuptor electric sau în cuptor cu gaze.

Pentru a evita pătrunderea arcului în interior, cutiile metalice de nisip uscat în care sunt introduse axele, se izolează. După uscarea izolației se mențin în cuptor circa 2 ore, la temperatura de 800....850°C după care, timp de 12 ore se răcesc lent odată cu cuptorul.

Tabelul 6.4. *Traseul tehnologic de recondiționare a axului de piston la o dimensiune majorată*

Nr. crt.	Denumirea operației sau fazei	Utilajul folosit	Suprafața de așezare
1.	Încălzire în vederea înmuierii	Cuptor	Exterioară
2.	Umflare prin presare	Presă	Dispozitiv
3.a.	Tratament termic: cementare, călire-revenire	Cuptor, baie	Cutii metal Dispozitive
3.b.	Control tratament	Aparate	Dispozitive
4.a.	Rectificarea de degroșare a suprafețelor exterioare	Mașină de rectificat fără vârfuri	Exterioară
4.b.	Rectificarea de finisare a suprafețelor exterioare	Idem	Idem
5.	Rodarea suprafeței exterioare	Dispozitiv	Între vârfuri
6.	Control final		

Operația de umflare a axului de piston se realizează cu ajutorul dispozitivului prezentat în fig. 6.4. După ce axele de piston se răcesc, se introduc în dispozitiv, care constă dintr-un suport (1) în care se introduce bușa (2) cu diametrul interior egal cu diametrul la care se umflă axul de piston, iar în interiorul lui bușa extensibilă (3) prin care se trece un set de trei dornuri conice cu diferențe între ele de 0,2 mm. În fig. 6.4 b se indică metoda de scoatere a bușei elastice, iar în fig. 6.4 c scoaterea axului piston umflat. După operația aceasta, care se execută pe o presă indiferent de forma ei constructivă, cu forța de maximum 1 tonă, axele de piston sunt supuse operației de tratament termic. În vederea cementării, axele sunt umplute cu nisip, se introduc în cutii metalice cu mediu carburant (praf de cărbune de lemn- mangan - amestecat cu 5...10% sodă calcinată). Cementarea se face la temperatura de 900...950°C timp de 5...6 ore pentru a asigura difuzarea carbonului, după care se face călirea în ulei la temperatura

corespunzătoare metalului și apoi revenirea în apă la temperatura de 170...190° C pentru asigurarea duriții de 56...62 HRC.

Operațiile de rectificare (care pot fi de degroșare și de finisare) și de rodare, se fac în condițiile stabilite anterior.

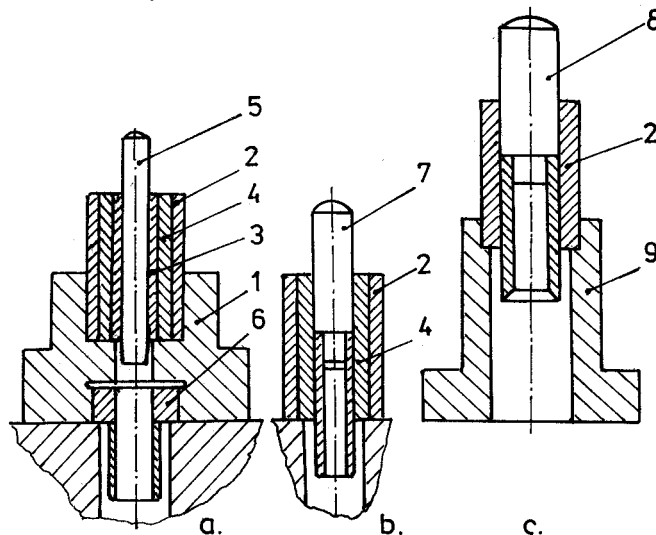


Fig. 6.4. **Dispozitiv pentru umflarea axului piston:**

1-suport; 2- bucă limitatoare; 3-bucă extensibilă, 4-ax piston; 5-dorn conic; 6-prelungitoare; 7,8-dorn; 9-piston

Controlul final al pieselor recondiționate, indiferent de metoda folosită, constă în controlul dimensional, scop în care se folosesc instrumente obișnuite, controlul duriții pieselor, controlul abaterilor de formă (ovalitate, conicitate și eventual al poligonalității – defect destul de frecvent la prelucrarea prin rectificare pe mașini de rectificat fără centre dacă reglajul nu este corespunzător) și controlul calității de suprafață.

b. Recondiționarea arborilor în trepte

Recondiționarea arborilor în trepte se face în marea majoritate a cazurilor, în această situație singura posibilitate de recondiționare este încărcare prin una din metode, urmată de prelucrarea la dimensiuni inițiale. La dimensiuni de reparație (treaptă de reparație) se recondiționează de obicei canalele de pană uzate și interioare uzate.

Acest tip de arbore este foarte răspândită prezentând ca suprafețe de uzură fusuri pe care vin montați rulmenți, caneluri pe care se deplasează roți dințate, canale de pană uzate, filete exterioare sau interioare, alezaje.

Ca exemplu pentru stabilirea tehnologiei de recondiționare se consideră arborele unui reductor (fig. 6.5).

În tabelul 6.5. se prezintă, pentru suprafețele de uzură defecte, dimensiunile și valorile admise pentru reparație.

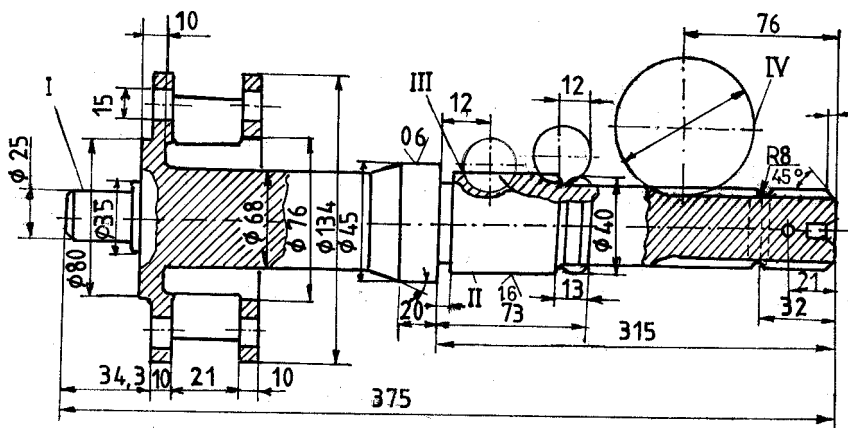


Fig. 6.5. Arborele prizei de putere

Tabelul 6.5. *Dimensiunile admise până la recondiționare ale arborelui reductorului prizei de putere*

Nr. crt.	Denumirea defectului	Dimensiuni, jocuri, strângeri, mm			
		Nominale		Admise până la reparație	
		Dimensiuni	Joc, strângere	Dimensiuni	Joc, strângere
I	Uzura fusului pentru rulment	$40^{+0,020}_{-0,032}$	$+0,003$ $-0,032$	40,02	0
II	Uzura fusului pentru rulment	$25_{-0,014}$	$+0,047$ $-0,020$	24,962	-0,095
III	Uzura canelurilor	$8,75^{+0,11}_{-0,16}$	-	8,00	-1,8
IV	Uzura locașului pentru axul satelitului	$15,4^{+0,005}_{-0,004}$	$+0,005$ $-0,014$	15,405	-0,017
V	Uzura locașului	$8^{+0,055}_{-0,015}$	-	8,3	-

Fusurile pentru rulmenți, uzate, se recondiționează, în exemplul prezentat, prin cromare (II sau încărcare prin sudură prin vibrocontact (I), în alte situații, de exemplu, în cazul osiilor de transmitere, încărcarea se face

prin sudare prin vibrocontact, sudare sub strat de flux sau încărcare prin sudură manuală; în cazul arborelui intermediar și prizei de putere recondiționarea la dimensiunea inițială se face prin cromare dură, încărcare prin sudură electrică manuală.

Toleranțele sau strângerile s-au stabilit ținându-se seama de toleranțele și limitele de uzură admise până la reparație ale pieselor conjugate.

Recondiționarea canelurilor uzate, indiferent de natura arborelui, se face prin încărcare cu sudură electrică manuală, înainte de încărcare se recomandă ca operații pregătitoare, curățirea cu o perie de sârmă până la luciul metalic, după care se face încărcarea mai întâi a golurilor canelurilor și apoi a proeminențelor. Pentru evitarea deformațiilor arborelui datorită temperaturii mari ce se dezvoltă, sudarea se face alternativ la 180°C în ordinea indicată în fig. 6.6.

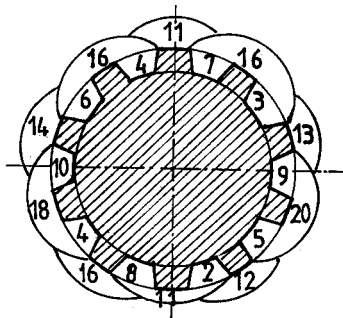


Fig. 6.6. *Ordinea de încărcare cu sudură a canelurilor*

Uzura locașului pentru axul satelitului, sau în general uzura alezajelor, se face prin majorarea dimensiunilor fie cu alezoare reglabile, fie prin strunjire sau rectificare, depinzând și de poziția găurii față de axa piesei, de dimensiunile de gabarit ale acesteia.

Locașul de pană uzat se recondiționează în marea majoritate a cazurilor prin majorarea dimensiunii, de obicei prin frezare, cu 0,5 mm admițându-se până la reparație o creștere a lățimii canalului cu maximum 0,3 mm. Sunt și cazuri când canalul de pană se încarcă prin sudură electrică manuală și apoi se execută prin frezare un canal de pană la dimensiuni inițiale, sau prin executarea unui canal de pană nou, prin frezare, decalat cu 180°C față de primul, numai în situația în care nu se modifică condițiile de funcționare și permite formarea arborelui.

Stabilirea regimurilor de lucru și a caracteristicilor materialului de aport pentru sudură se face după indicațiile date în capitolul 7.

Traseul tehnologic de recondiționare a arborelui prizei de putere este prezentat în tabelul 6.6.

Operația de rectificare 1 și 9 se execută în condițiile cunoscute, cu precizarea că operația 9 poate fi formată din două faze (rectificare de degroșare și finisare a suprafeței I și II).

De precizat că discurile abrazive, adaosul de prelucrare și viteza periferică a discului așchietor sunt cele indicate în cazul prelucrării axelor netede.

Rectificarea exterioară între vârfuri se execută pe mașini de rectificat rotund exterior după schema din fig. 6.7.

Tabelul 6.6. *Traseul tehnologic de recondiționare a arborelui reductorului prizei de putere*

Nr. crt.	Denumirea operației sau fazei	Mașina sau utilajul	Suprafața de așezare
1.	Rectificarea fusurilor în cazul cromării lor	Mașina de rectificat	Între vârfuri
2.	Acoperirea sau încărcarea fusurilor (prin cromare sau sudare prin vibrocontact)	Baie de cromare Instalație specială	Dispozitiv, între vârfuri
3.	Sudarea electrică manuală a canelurilor uzate	Dispozitiv	Dispozitiv
4.	Controlul suprafețelor acoperite	Aparate	Dispozitiv
5.a	Strunjirea suprafețelor încărcate cu sudură electrică manuală	Strung SN-400	Între vârfuri
5.b	Strunjirea suprafeței fundului (I) în cazul încărcării prin sudură prin vibrocontact	Strung SN-400	Între vârfuri
6.	Alezarea locașurilor prin axul satelitului	Dispozitiv	Dispozitiv
7.	Frezarea canalului de pană	Mașină de frezat	Suprafața exterioară
8.	Frezarea canelurilor	Mașină de frezat	Între vârfuri
9.	Rectificarea fusurilor (I și II) și a diametrului exterior al canelurilor (III)	Mașină de rectificat universală	Între vârfuri
10.	Rectificarea flancurilor canelurilor (III)	Idem	Idem
11.	Control final	Aparate	Dispozitive

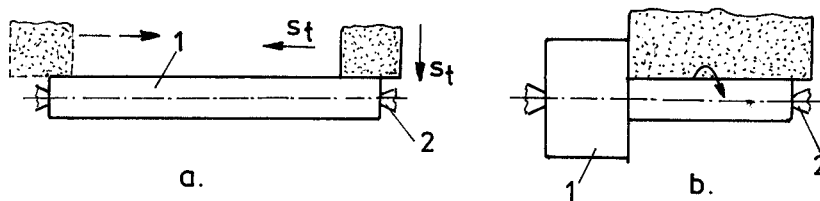


Fig. 6.7. Scheme de lucru pe mașinile de rectificat rotund exterior:
a-rectificarea cu avans longitudinal; b-rectificare cu avans transversal

Piesa (1) fixată între vârfurile mașinii de rectificat este antrenată în mișcarea de rotație de antrenorul (2). pentru realizarea rectificării piesa are mișcarea de rotație cu viteza periferică (v_p , m/min), discul abraziv având de asemenea mișcarea cu viteza periferică (v , m/sec). Mișcarea de avans longitudinal (s_l , mm/rot) pentru prelucrarea piesei pe toată lungimea o are fie discul abraziv, fie piesa, în mare majoritate a cazurilor piesa, iar mișcarea de avans transversal (s_t , mm), pentru îndepărtarea adaosului de prelucrare, o are discul abraziv.

Avansul longitudinal se calculează în fracțiuni din lățimea discului abraziv cu relația:

$$s_t = \beta \cdot B \quad [\text{mm/rot}] \quad (6.1)$$

în care: β este coeficient ce reprezintă avansul longitudinal în fracțiuni din lățimea discului abraziv, având valori diferite pentru rectificarea de degroșare și de finisare;

B – lățimea discului abraziv, mm.

Avansul transversal (s_t , mm) se poate realiza fie pe o cursă simplă, fie pe o cursă dublă a discului abraziv, pe lungimea piesei.

Viteza piesei se calculează cu o relație de forma:

Capitolul 7

REPARAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE

7.1. Necesitatea și cerințele reparării instalațiilor electrice

De cele mai multe ori necesitatea reparării instalațiilor electrice a oricărui utilaj deservit electric, apare ori de câte ori acesta nu mai răspunde comenzilor date.

Practica depanării acestui gen de instalații evidențiază trei categorii de defecte:

- care întrerup funcționarea utilajului;
- care necesită întreruperea alimentării cu energie electrică;
- care permit funcționarea până la terminarea procesului în lucru.

În prima categorie se încadrează fenomene cum sunt: întreruperea („căderea”) tensiunii de alimentare sau diferite scurtcircuite, în general evenimentele care provoacă intervenția elementelor de protecție. Aceste stări sunt de regulă semnalizate.

Întreruperea funcționării utilajului sau a unei părți a acestuia se poate datora și arderii motoarelor de acționare sau a unor electromagneți (cuplaje, electroventile, relee, contactoare).

Există însă și situații când este necesară oprirea mașinii și chiar deconectarea ei de la rețeaua electrică.

În acest sens, poate fi vorba despre o serie de zgomote, efecte luminoase (scântei sau chiar flămă), mirosuri înțepătoare, fum, care pot apărea în timpul lucrului în zonele unde este amplasat echipamentul electric.

Oprirea utilajului în asemenea cazuri urmărește evitarea sau diminuarea distrugerilor.

O serie de zgomote în elementele de acționare sau comandă permit însă funcționarea utilajului în continuare încă un timp, după care să se facă remedierile de rigoare (înlocuire rulmenți, reparare sau înlocuire aparate electrice).

În general, putem spune că defectele în instalația electrică pot avea două feluri de cauze:

- mecanice: - întreruperi de circuite;
 - suprasarcini;
- electrice: - scurtcircuite;
 - efect termic;

- efect electrodinamic;
- efect electromagnetic.

Înteruperea trecerii curentului electric prin circuitele instalației electrice se poate datora unor scurtcircuite, vibrațiilor sau oxidării contactelor.

Efectele constau în secționarea circuitelor, ruperea sau dezlipirea acestora, dar și în întreruperea legăturilor la bornele unor aparate sau motoare.

Suprasarcinile care afectează instalația de acționare și comandă sunt:

- încărcarea exagerată a lanțurilor cinematice;
- unele distrugerii în structura acestora;
- întreținerea organelor mobile.

Efectele unor asemenea evenimente pot fi: deconectarea protecțiilor dar și arderea echipamentului electric când acestea nu există sau nu lucrează corespunzător.

Cât privește scurtcircuitarea, aceasta se datorează funcționării necorespunzătoare a echipamentului.

Încălzirea circuitelor parcurse de curent electric, când acesta depășește anumite limite, poate provoca îmbătrânirea prematură sau chiar distrugerea izolației conductoarelor. La nivelul contactelor aparatelor încălzirea datorată curentului electric determină deformații și căliri care grăbesc scoaterea din funcțiune a acestora.

În cazul curenților de scurtcircuit sau al arcului electric între contacte, pe lângă uzura rapidă a acestora există posibilitatea sudării acestora cu consecințe negative.

Forțele electromagnetice sau electrodinamice care apar la trecerea curentului electric prin diferite conductoare pot provoca zgomote și ruperi sau dezlipiri ale acestora, atunci când depășesc anumite valori.

Desigur că o parte din defectele menționate pot fi înlăturate prin exploatarea corespunzătoare a utilajului, iar altele printr-o întreținere îngrijită și la timp.

O mențiune specială, în contextul prezentei lucrări, trebuie făcută referitor la executarea unor reparații de calitate.

Aceasta presupune îndeplinirea a două cerințe principale:

- nivelul de calificare a personalului de întreținere, și
- existența condițiilor corespunzătoare.

Condițiile unei bune depanări a instalației electrice se referă atât la ambianța locului de lucru cât mai ales la existența documentației și aparaturii de rigoare.

De cele mai multe ori se dispune, în acest sens, de cartea mașinii sau de manuale de întreținere și reparații.

În cele ce urmează ne vom referi în special la echipamentele electrice de tip „convențional”, spre a le deosebi de comenzile numerice și alte echipamente care presupun intervenția electronistului. Așadar vom trata problema din punctul de vedere al electromecanicului.

În acest context, considerăm necesare în prealabil câteva considerații referitoare la schemele electrice.

Scheme electrice. Utilizarea lor la depanare. Sistemul electric utilizat pentru comandă și/sau acționare conține un număr de aparate și dispozitive, elementele cărora sunt conectate prin conductoare electrice, prin înălțuire magnetică sau prin legături mecanice. Pentru studierea funcționării acestor sisteme, pentru montare și exploatare se întocmesc *scheme electrice*. În conformitate cu prevederile STAS 121120/90, din punct de vedere al destinației, acestea sunt de trei feluri:

- *scheme explicative*, care sunt necesare pentru studiul și înțelegerea funcționării unei instalații;

- *scheme de conexiuni*, care sunt folosite în montaj și depanare;

- *planuri sau tabele de amplasare*, reprezentând desene de execuție în care se precizează poziția reală a elementelor componente ale unei instalații.

La rândul lor, schemele explicative sunt:

- *funcționale*, care ilustrează principiul de funcționare al instalației;

- de circulație, care servesc pentru înțelegerea în detaliu a funcționării unei instalații complexe, în special energetic;

- *echivalente*, necesare pentru analiză și calcule.

Schemele de conexiuni pot fi:

- *de conexiuni interioare*, care reprezintă legăturile între elementele aceleași părți din instalație;

- *de conexiuni exterioare*, care reprezintă legăturile între părți ale instalației;

- *scheme de conectare la borne*, elaborate pentru mașini și aparate electrice.

După modul de reprezentare al circuitelor, schemele electrice se împart în:

- *monofilare*, în care toate circuitele cu același rol funcțional se reprezintă printr-o linie;

- *multifilare*, în care fiecare circuit se reprezintă printr-o linie.

Sunt standardizate trei metode de reprezentare a schemelor electrice:

- *asamblată*, în care toate părțile componente ale unui element de schemă se reprezintă învecinat;

-semiasamblată, când părțile componente ale unui element de schemă se pot reprezenta distanțat, dar cu precizarea legăturilor între ele;

- desfășurată, în care diferitele părți componente ale aceluiași element de schemă sunt dispuse în locurile cele mai potrivite din punct de vedere al înțelegerii schemei și clarității acesteia.

În cadrul manualelor de utilizare și întreținere, se folosesc schemele electrice desfășurate însoțite de schemele de conexiuni.

Pentru a putea utiliza o asemenea documentație, trebuie cunoscute câteva principii care stau la baza întocmirii acestor scheme.

În reprezentările respective, pentru diferite aparate și dispozitive cu rol de comandă și acționare se folosesc semne și notații convenționale, care sunt standardizate (STAS 1138/1 până la 27 din 1990). Pentru ilustrarea modului de reprezentare, la zi, a unei scheme electrice desfășurate se da exemplul din fig. 7.1.

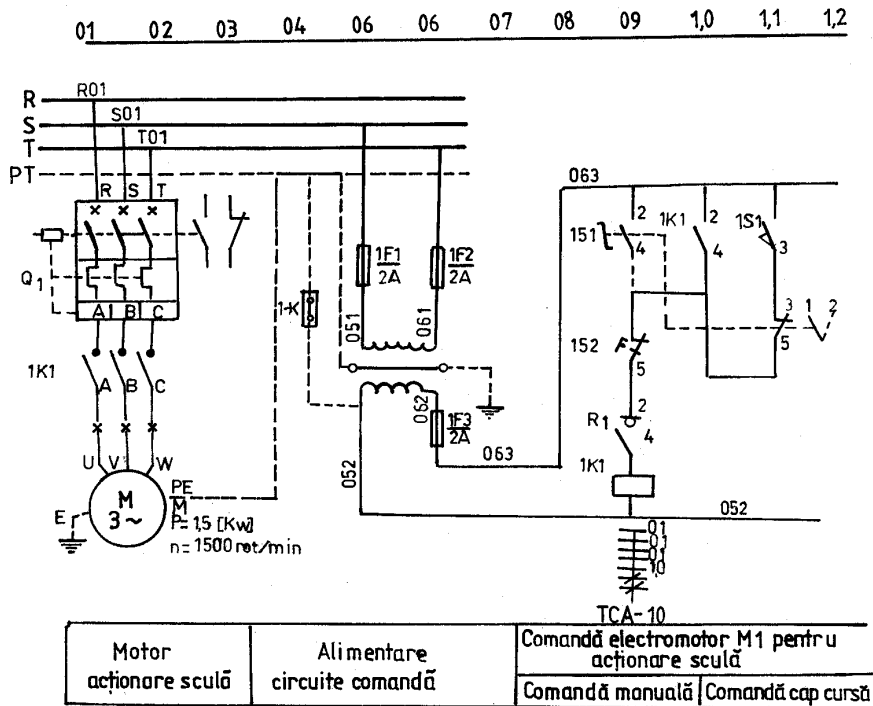


Diagrama cheii 1S1

Poz.	0	1
Conf	cu limitator	manual
2-4	—	X
3-5	X	—

Fig. 7.1. Schemă electrică desfășurată

Orice asemenea schemă conține două feluri de circuite distincte:

- *de forță*, pentru alimentarea elementelor în acționare (motoare sau electromagneți) – motorul M, în fig. 7.1;

- *de comandă*, unde sunt amplasate elementele necesare comenzii și semnalizării – contactorul $1K_1$, în fig. 7.1.

Pentru o mai ușoară urmărire a funcționării schemei se numerotează circuitele componente începând cu cele de alimentare (surse) și continuând cu cele de forță, comandă și semnalizare. Aceasta se face în partea de jos a schemei sau sus (vezi fig. 7.1).

Pentru identificarea ușoară a legăturilor din schema desfășurată și instalația fizică, se folosește notarea tuturor nodurilor și clemelor.

De asemenea, pe lângă schemă se mai indică:

- în dreptul circuitului fiecărui element de comandă totalitatea contactelor acestuia și modul lor de utilizare;

- la parterul schemei se desenează o manșetă care precizează rolul funcțional al elementelor de schemă;

- valorile numerice ale unor mărimi caracteristice ca: puterea, turația, curentul, frecvența, rezistența, capacitatea etc.

În fig. 7.2 se dă un exemplu de reprezentare a schemelor pentru legăturile exterioare în cazul unui dulap cu aparate care este în conexiune cu două motoare (M_1 și M_2), un grup de ventile hidraulice (Y_1 și Y_2) și un pupitru de reglare (PR).

Din cadrul dulapului cu aparate s-a reprezentat numai rigleta X și bareta de nul PE, pentru fiecare din ele precizându-se adresa elementului din componenta instalației cu care se leagă.

În asemenea scheme se reprezintă și elementele care se află în interconexiune, pentru fiecare inducându-se cablul de legătură și eventual adresele conductoarelor.

Observații:

1. Având în vedere că de multe ori, în special pentru utilajele mai vechi se folosesc documentații cu notații și simbolizări depășite, în tratarea ulterioară vor apărea asemenea scheme pentru a permite o mai ușoară trecere de la „teoria” prezentei lucrări la practica depănării.

2. În continuare vom concretiza acest lucru în cazul mașinilor-unelte.

Aparatura necesară pentru repararea instalațiilor electrice. Pe lângă sculele specifice părții mecanice a depănării cum sunt: patentul, șurubelnița, chei, penseta, trebuie insistat asupra aparatului care presupune intervenții pur electrice.

Un loc aparte îl are un aparat necesar pentru evidențierea curentului electric prin parametrii săi: curent-tensiune.

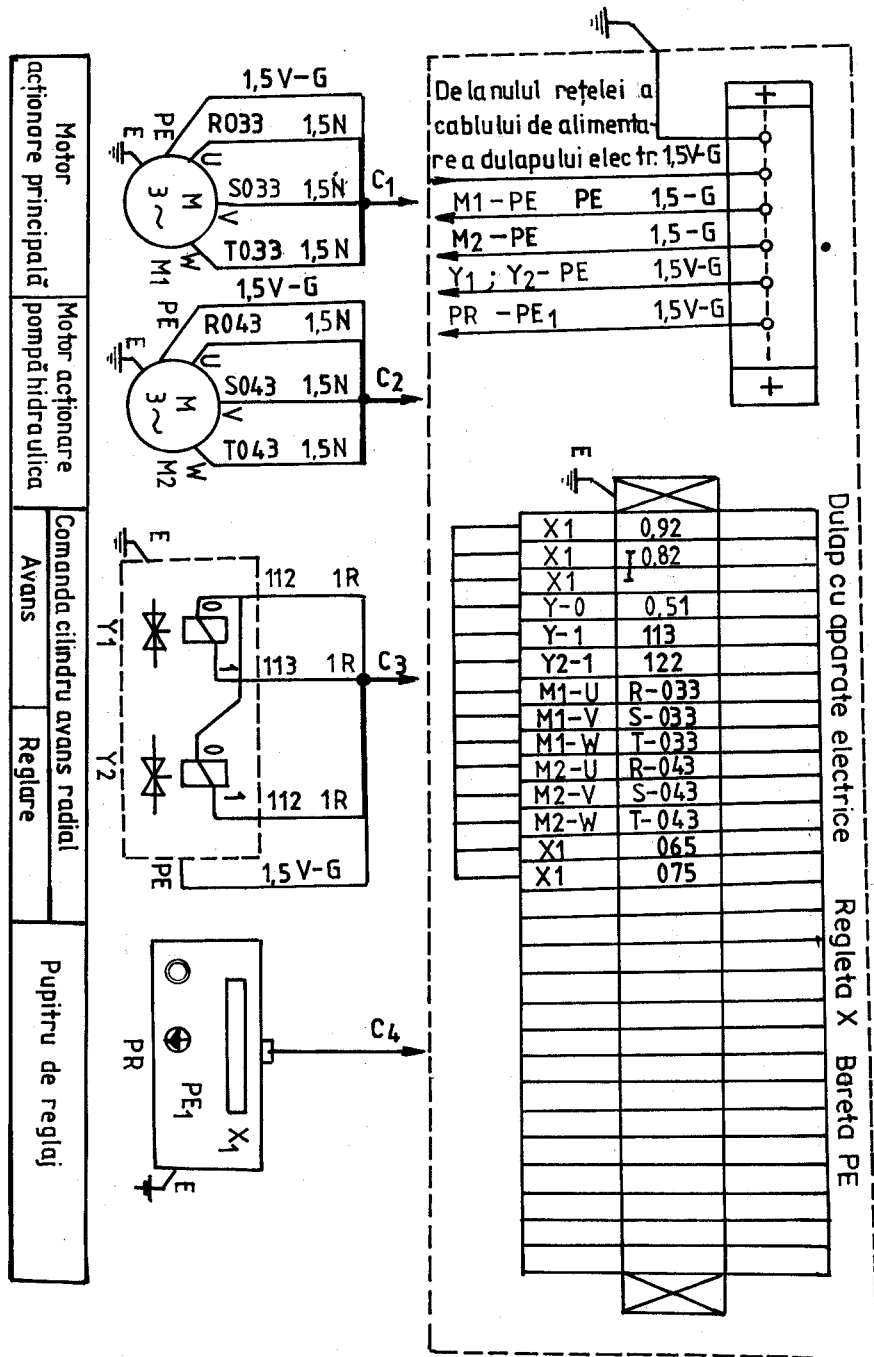


Fig. 7.2. Schemă de reprezentare a legăturilor exterioare

Aici este vorba, în primul rând, de diferite aparate de măsură și control ca: voltmetrul, ampermetrul, ohmetrul sau multimetrul, dar și de osciloscop sau de aparatură pentru măsurarea controlului semnalelor numerice.

Alegerea aparatelor necesare pleacă de la considerentele:

- localizarea primară a defectului;
- complexitatea acestuia și a schemei;
- condițiile tehnice (amplasare, surse, precizia măsurării).

Desigur, pentru aprecierea prezenței unei tensiuni se poate folosi o lampă de control, dar cunoașterea exactă a valorii mărimii măsurate se poate face doar cu un voltmetru.

Arderea unei siguranțe sau creșterea consumului unui aparat sau dispozitiv, presupune măsurarea curentului absorbit cu un ampermetru, înainte de înlocuirea protecției.

Existența unei mari diversități în domeniul aparaturii de măsură și control permite alegerea soluției optime, adaptată la condițiile depănării.

Folosirea schemelor electrice în depănare. Dacă schemele de conexiuni servesc în general pentru identificarea punctelor de măsură și control, schemele desfășurate se folosesc la depistarea propriu-zisă a defectelor.

Se folosesc frecvent două metode de lucru cu schemele desfășurate:

- utilizarea ciclogramei de funcționare;
- notarea stării circuitelor.

În primul caz, se imaginează executarea comenzilor prevăzute de ciclogramă, verificând la fiecare din ele dacă se conectează sau deconectează dispozitivul/dispozitivele respective.

A doua metodă constă în întocmirea unui tabel în care pe orizontală se trec circuitele din schemă iar pe verticală fazele din ciclogramă, notându-se într-un anume fel stările închis-deschis ale elementelor din schemă.

Analiza începe cu circuitele de acționare, iar în schema de comandă se urmărește mai întâi modul de lucru al aparatelor cu contacte în circuitele de forță, continuând cu cele de comandă și eventual automatizare.

În cele ce urmează vom prezenta un mod de tratare logică a depănării unor defecte atât în circuitele de forță cât și în cele de comandă.

Schema monofilară a alimentării unui consumator de tip motor electric are în cazul cel mai general structura din fig. 7.3.

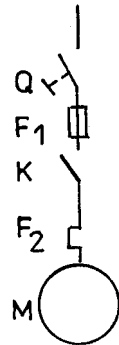


Fig. 7.3. *Schema monofilară a alimentării motorului electric*

În schemă se evidențiază următoarele componente:

- un element de întrerupere generală cu rol de separație O;
- elemente de protecție (F_1 și F_2) și
- elementul de conectare (comutare) K.

Schema logică pentru depanare este dată în Anexa 1.

Circuitele de comandă asigură alimentarea bobinelor diferitelor aparate cu respectarea a două condiții:

- funcționarea cu comandă manuală sau automată și
- protecția instalației și a muncii.

De aceea, circuitele pentru alimentarea bobinei unui aparat cuprind atât contacte pentru comanda voită a acestuia cât și contacte cu rol de protecție. În prima categorie intră atât contactele butoanelor de comandă cât și a elementelor de automatizare (relee, limitatoare de cursă, microîntrerupătoare). Contactele cu rol de protecție se referă la asigurarea unor blocaje sau la întreruperea circuitului când a intervenit ceva în circuitul (circuitule) de forță comandate.

O reprezentare generală a unui circuit de comandă este dat în fig. 7.4.

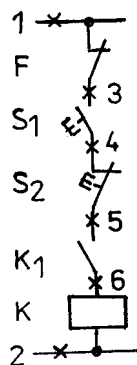


Fig. 7.4. *Reprezentarea generală a unui circuit de comandă*

În schemă se folosesc:

- contactul elementului de protecție, F;
- contactele elementelor de comandă, S_1 și S_2 ;
- blocajul electric, K_1 .

Testarea circuitului prezentat se poate face sub tensiune sau la „rece”, folosindu-se în primul caz un voltmetru sau lampă de control, iar în al doilea, un ohmetru.

Aparatul pentru controlul tensiunii se conectează cu bornă la nodul (2) iar cu cealaltă pe rând în punctele numerotate pe figură.

Schemă logică de lucru este dată în Anexa 2.

La folosirea ohmetrului pentru depanare, acesta se conectează între bornele numerotate constatându-se cauza întreruperii circuitului.

Unii depanatori folosesc procedeul „sunării” circuitelor, care constă în recunoașterea continuității circuitului cu ajutorul unui aparat realizat prin inserierea unei baterii electrice cu o lampă de control sau o sonerie (cască telefonică). Metoda se folosește mai ales în cazul instalațiilor care au trasee de lungimi mari.

Prin legarea la „masă” sau la un traseu cunoscut, a unuia din capetele circuitului testat, se urmărește aprinderea lămpii sau bâzâitului soneriei la conectarea aparatului de testare între celălalt capăt și borna comună de măsură. În felul acesta se poate urmări modul în care se realizează conectările-deconectările aparatelor care intervin pe respectivul circuit, starea conductoarelor de conexiune și a legăturilor mecanice.

În tabelul 7.1 se particularizează la nivelul schemei electrice a unui strung (Anexa 3) modul de reparare a instalației, precizându-se principalele simptome, cauze și componente defecte.

Tabelul 7.1. Modul de reparație a schemei electrice a unui strung

Nr. crt.	Simptom	Testări (în ordinea verificării)	Componente, posibile defecte
1.	Motorul principal m_1 nu pornește	-lucrează C_1, C_2, C_3 -siguranțele e_1, e_2, e_3	-arse două siguranțe -ars motor -cablu întrerupt -nu primește comandă
2.	Motorul m_1 funcționează în două faze (zgomot specific datorat lipsei de putere disponibilă)	-siguranțele e_1, e_2, e_3 -contacte a_1, C_1, C_2 -legături motor	-arsă una din ele -un contact lipsă -întreruperea uneia din ele

Nr. crt.	Simptom	Testări (în ordinea verificării)	Componente, posibile defecte
3.	Mișcarea principală nu schimbă sensul	-lipsă tensiune la bornele punții P ₁ -P ₄ -siguranțele e ₁₀ -e ₁₁ -m _c furnizează tensiune -siguranța e ₁₃ -cuplajele sunt alimentate -legături motor	-puntea nu primește tensiune -scurt-circuit în primarul lui m ₆ -lipsă comandă -punte arsă -scurtcircuit într-un cuplaj -bobină arsă -reglajul momentului transmis este slăbit -bobină întreruptă (circuit protecție defect)
4.	Frâna nu lucrează	idem (pct. 3)	idem (pct. 3) în plus se verifică și eventual reglează r ₅
5.	Mașina nu primește nici o comandă	-lipsă tensiune la bornele lui m ₇ -siguranțele e ₁₄ -e ₁₆ -siguranțele e ₁₄ -e ₁₆ arse -m ₇ furnizează tensiune	-m ₇ nu primește tensiune -m ₁ defect -scurt-circuit în primarul lui m ₇ -e ₁₀ arsă, defectul este în circuitele de comandă

Observație:

În tabelul anterior s-au introdus elemente deja cunoscute, cum este modul de deplasare a circuitului pentru alimentarea motorului principal. Când s-au făcut referiri asupra verificării funcționării circuitelor de comandă s-a presupus cunoașterea, din prezentarea anterioară, a modului în care acesta se realizează.

Particularități privind repararea instalațiilor care folosesc electronica industrială. Este vorba despre utilaje care utilizează echipament electronic pentru comandă și control sau surse electronice de energie.

În această situație se află utilajele industriale care folosesc comenzi electronice numerice reglabile, deci atât echipamente numerice cât și analogice.

Aceste instalații cuprind două părți:

- una convențională, care cuprinde elementele de comandă și acționare electrică;
- una electronică.

La aceste condiții pentru detectarea defectelor funcționale ce se pot ivi în timpul funcționării este necesar ca acestea să fie separate între cele două părți. Pentru stabilirea locului este suficientă trecerea utilajului la condiții de manevră, în care caz dacă acesta răspunde urmează ca defecțiunea să fie căutată în cadrul echipamentului electronic.

Această acțiune presupune cunoștințe în domeniu și o aparatură adecvată service-lui, care diferă de la un echipament la altul.

Capitolul 8

BAZELE PROIECTĂRII TEHNOLOGIEI DE ASAMBLARE

8.1. Funcțiile asamblărilor și clasificarea lor

8.1.1. Funcțiunile de bază ale sistemelor de asamblare

Determinarea exactă a funcțiilor sistemului de asamblare prezintă o importanță deosebită pentru concepția tehnologiei de asamblare. Funcțiunile de bază ale asamblării, considerate ca sistem, sunt următoarele :

1-**asamblarea propriu-zisă**, cuprinzând operațiile tehnologice care se efectuează asupra reperelor și subansamblurilor pentru realizarea subansamblurilor de rang superior și a produsului finit;

2-**manipularea**, incluzând toate operațiile de deplasare și așezare a pieselor, subansamblurilor și produselor finite pe parcursul întregului proces de montaj;

3-**controlul**, constând în esență în operații de verificare dimensională și funcțională care au loc după una sau mai multe operații de montare și manipulare pe tot parcursul procesului de asamblare.

Acestor funcțiuni le corespund subsistemele tehnologice, de manipulare, respectiv de control ale sistemului de asamblare. Relațiile între aceste subsisteme și în cadrul lor se stabilesc de către un subsistem de comandă.

În cadrul funcțiunii tehnologice de asamblare se deosebesc:

a. *asamblarea*, care cuprinde operațiile de îmbinare și solidarizare a pieselor și subansamblelor de rang inferior;

b. *reglarea și ajustarea* constând din operații prin care se corectează dimensional și funcțional ansamblul realizat, în conformitate cu rezultatul operațiilor de control, precum și alte operații speciale conexe, care se execută în cadrul sistemului de asamblare.

8.1.2. Clasificarea și reprezentarea funcțiilor de asamblare

În fig. 8.1 sunt prezentate operațiile uzuale ale asamblării prin semne convenționale după prescripțiile VDI 3239. Simbolurile adoptate de VDI

sunt ușor de reținut, redând nemotehnic esența funcțiunii respective. În fig. 8.2 sunt reprezentate operațiile uzuale de manipulare, folosind de asemenea simbolurile adoptate de VDI. În fig. 8.3 sunt redată simbolurile principalelor operații de control, iar în fig. 8.4 cele ale operațiilor de ajustare și reglare.

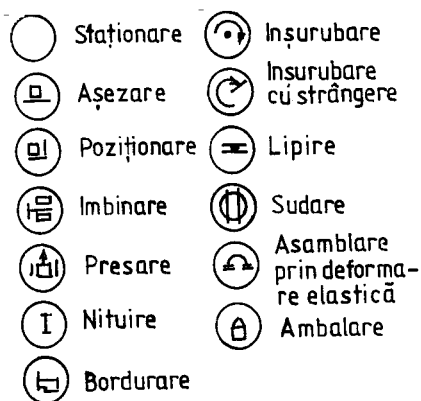


Fig. 8.1. *Operațiile de asamblare*

Fig. 8.2. *Operațiile de manipulare*

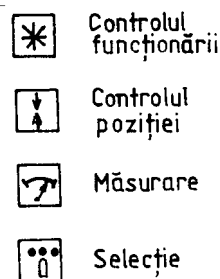
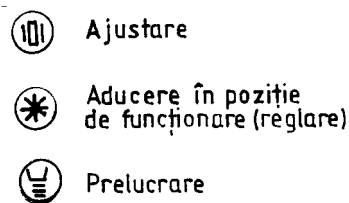


Fig. 8.3. *Operațiile de control*

Fig. 8.4. *Operațiile de ajustare-reglare*

În cadrul sistemelor de asamblare se efectuează, de asemenea, numeroase operații speciale, intercalate de obicei între operații de asamblare, asupra unor ansamble parțiale sau asupra produsului finit. Cele mai uzuale sunt: marcarea, ungerea, degresarea, vopsirea, conservarea, încălzirea, răcirea ș.a. Ele se pot simboliza printr-un dreptunghi în interiorul căruia se notează denumirea prescurtată a operației.

Reprezentarea prin simboluri a funcțiilor (operațiilor) unui sistem de montaj are numeroase avantaje. Astfel utilizarea catalogului de simboluri asigură o desfășurare ordonată a analizei procesului tehnologic de proiectat.

Pentru reprezentarea unor operații care se efectuează simultan în același loc de muncă simbolurile se desenează adiacente; succesiunea în timp a operațiilor este marcată printr-o săgeată. În fig. 8.5 este dată reprezentarea schematică după aceste reguli a unui sistem de montaj.

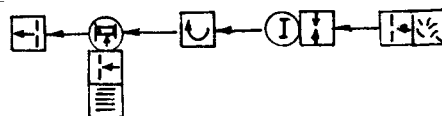


Fig. 8.5. *Schema unui sistem de asamblare*

Analiza ponderii diferitelor operații de montaj în timpul total sau în durata ciclului de montaj permite concentrarea atenției tehnologilor asupra acelor operații la care o intervenție are cele mai mari șanse de a realiza economii. Astfel, după cum rezultă din fig. 8.6, în cazul montajului de produse unicate și de serie mică, cu exigențe ridicate de precizie, peste 50% din manoperă revine operațiilor de ajustaj. În schimb, la montarea unei producții de serie, ponderea revine operațiilor de asamblare. În primul caz trebuie să fie îndreptată atenția asupra eliminării operațiilor de ajustare, acționând în principal asupra preciziei de prelucrare a pieselor. În al doilea caz principalul efort trebuie depus asupra mecanizării (fig. 8.6) și automatizării operațiilor de asamblare (fig. 8.7). În ambele cazuri trebuie să se dea atenție manipulării, care consumă circa o treime din timpul total de lucru.

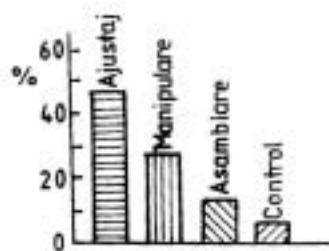


Fig. 8.6. *Ponderele operațiilor la asamblarea mașinilor-unelte*

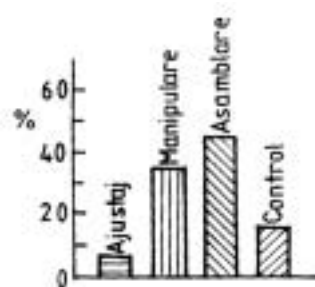


Fig. 8.7. *Ponderele operațiilor la asamblarea în serie mare (punte de automobil)*

8.2. Condiții tehnologice în proiectarea ansamblelor și pieselor

8.2.1. Noțiuni generale

Trecerea la asamblarea mecanizată și automatizată constituie un proces complex, pentru reușita căruia trebuie să contribuie, pe lângă măsurile intrinseci, care se referă la procesul propriu-zis de montaj, și factori extrinseci. Anterior s-au menționat pe scurt „condițiile exterioare” care trebuie create în cadrul „spațiului de producție” pentru ca să se poată valorifica în mod maximal posibilitățile tehnologice de perfecționare a montajului. S-a menționat în primul rând „condiția privind concepția constructivă”, exprimând măsura în care proiectarea ansamblelor și pieselor corespunde cerințelor de mecanizare și automatizare a montajului.

Totalitatea condițiilor privind concepția constructivă a nodurilor și pieselor în legătură cu asamblarea face parte din complexul de principii, reguli și prescripții de proiectare a mașinilor având drept scop adoptarea acelor soluții constructive care, menținând nealterată funcționalitatea, dau posibilitatea aplicării proceselor tehnologice de înaltă eficiență, sub aspectul prețului de cost și al productivității muncii. În limba română ele sunt denumite în general „condiții tehnologice de proiectare” sau „tehnologicitate”, fiind bine cunoscute în manualele de tehnologia construcțiilor de mașini.

În ceea ce privește asamblarea, problema este ceva mai complicată deoarece tehnologicitatea unui produs este determinată nu numai de configurația reperelor ei și de caracteristici ale modului în care aceste repere sunt asociate. O clasificare a acestor condiții este dată în fig. 8.8.

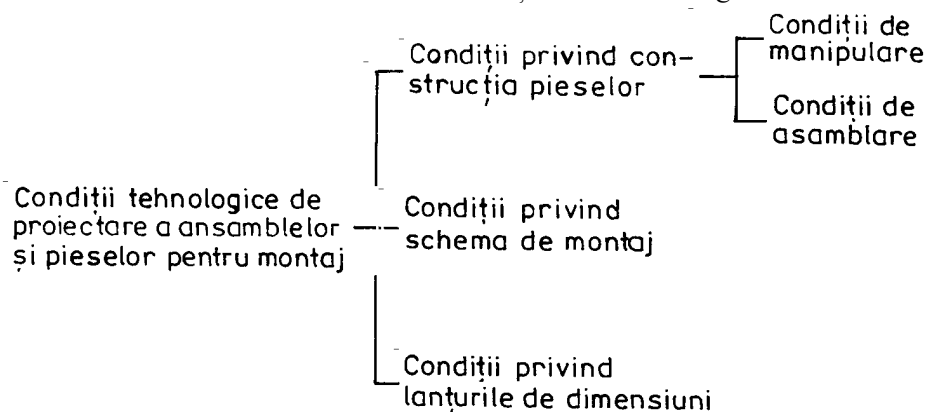


Fig. 8.8. *Clasificarea condițiilor privind concepția constructivă*

O primă categorie se referă la construcția pieselor. Dintre acestea importante sunt cele referitoare la caracteristicile de manipulare, caracteristici exprimând gradul de dificultate a manipulării automate a diferitelor piese. A doua categorie se referă la condițiile impuse prin proiect, schemei de asamblare, respectiv succesiunii și naturii operațiilor de efectuat la asamblare. În fine, a treia categorie de condiții se referă la modul de rezolvare a lanțurilor de dimensiuni, care reprezintă sinteza dimensională a diferitelor noduri care se realizează pe parcursul asamblării.

8.2.2. Condiții privind construcția pieselor

Întrucât o mare parte din operațiile de asamblare sunt de fapt operații de manipulare, este important să se evite formele constructive care produc greutate la manipularea automată. În acest sens în ultimii ani au fost abordate importante cercetări privind clasificarea pieselor din punctul de vedere al unor caracteristici de formă, cercetări care vor fi examinate mai detaliat în capitolul destinat automatizării operațiilor de manipulare. În acest capitol se rețin doar unele caracteristici generale care determină gradul de dificultate a manipulării automate a pieselor mecanice de forme uzuale.

Din punct de vedere al operațiilor de transfer, de deplasare de pe un loc de muncă pe altul, este necesar ca piesele să prezinte suficientă rigiditate pentru a nu se deforma în cursul manipulărilor. Această condiție trebuie în mod special controlată în cazul pieselor mari, realizate prin turnare sau în construcție sudată. În unele cazuri este preferabil ca o carcasă sau un batiu, dificil de manipulat, să fie descompuse în mai multe părți asamblate mecanic. Este necesar de asemenea ca încă din proiectare să se prevadă modalitățile de prindere și așezare a acestor piese grele în timpul montajului prevăzându-se, dacă este necesar, adaose speciale pentru apucare și sprijinire.

În cazul pieselor mici se va avea în vedere posibilitatea alimentării automate. În acest sens vor fi preferate formele de revoluție, denumite și beta-simetrice (care vor fi generate prin revoluția unui contur plan) deoarece aceasta se pretează la deplasarea de-a lungul unor ghidaje cu forme relativ simple. Sunt de evitat formele care prezintă diferențe mari de dimensiuni între cotele aceluiași reper, ca de exemplu axe sau țije subțiri, de lungime mare, sau rondoale cu raport mare între diametru și grosime. Greutăți mari de manipulare apar la piesele care au tendința de a se încurca, de exemplu resorturi de sârmă sau elemente arcuitoare din tablă cu proeminențe (fig. 8.9).

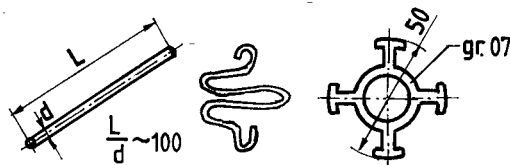


Fig. 8.9. *Forme care nu se pretează la automatizarea manipulării*

Cea mai dificilă operație de manipulare, din punct de vedere al automatizării, este orientarea, respectiv așezarea pieselor într-o anumită poziție, în raport cu sculele care execută operația tehnologică. Pentru a facilita orientarea automată sunt de preferat formele alfa-simetrice, respectiv cele care prezintă o axă de simetrie perpendiculară pe axul longitudinal, deoarece în aceste cazuri orientarea piesei cu unul sau altul din capete înainte este indiferentă. În acest sens pivotul din fig. 8.10(1) a, cu cepuri egale, este preferabil celui din (1) b, la a cărui orientare trebuie să se țină seama de lungimea diferită a acestora. Un exemplu similar foarte frecvent îl constituie prezonul din aceeași figură. Forma din (2) d, cu porțiuni filetate inegale, nu se poate orienta automat, de aceea este preferabil să se recurgă la filetarea ambelor capete la lungime egală, ca în (2) c.

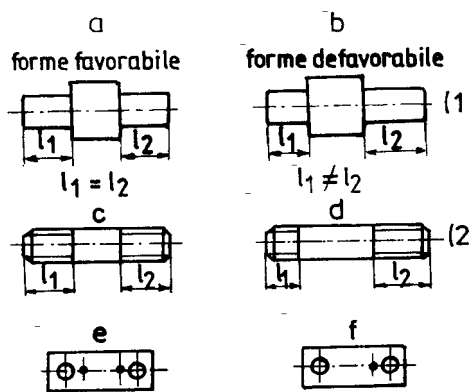


Fig. 8.10. *Exemple de forme favorabile și defavorabile pentru orientarea automată*

Condiția generală ce trebuie respectată din punct de vedere al orientării este următoarea: dacă la orientarea piesei trebuie să se țină seama de unele detalii constructive (proeminențe, cavități etc.), acestea trebuie să

fie suficient de accentuate pentru a fi sesizate cu ușurință de dispozitivele de orientare. În acest sens trebuie evitate diferențele dimensionale mici precum contururile insuficient marcate, care nu permit o orientare sigură. În fig. 8.11 sunt date câteva exemple de construcții care nu respectă această regulă. Canalele scurte (a, b, c, d), găurile transversale de diametru mic (b), diferențele mici de diametru (c), filetele (d și e) nu sunt suficiente pentru o orientare automată.

Aceeași regulă se poate formula astfel: sunt de preferat formele simetrice, dacă se recurge la formele nesimetrice, nesimetria trebuie să fie foarte accentuată.

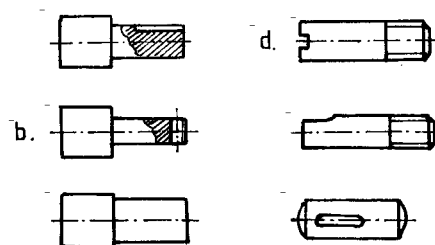


Fig. 8.11. *Exemple de piese care nu se pretează la orientare automată*

O altă grupă de condiții privind construcția pieselor se referă la realizarea asamblărilor. În proiectarea pieselor se uită de multe ori că pentru o bună asamblare este necesară o bună debavurare, precum și execuția de teșituri pe toate muchiile care vin în contact cu suprafețele (fig. 8.11). Forma acestor teșituri are în multe cazuri un rol funcțional, un motiv în plus pentru ca în desenele de repere să se dea toate indicațiile privind forma și dimensiunea lor. Aceste prevederi sunt cu atât mai importante cu cât în unele cazuri execuția debavurării presupune echipamente tehnologice speciale. Neprevăderea în desene, sau execuția incorectă a debavurărilor și a teșiturilor provoacă în multe cazuri dificultăți la asamblare, sau deteriorarea ulterioară a ansamblelor prin gripare.

În proiectarea nodurilor trebuie evitate supradeterminările care se produc atunci când pozițiile relative ale unor repere sunt determinate de mai multe ori suprafețe de așezare decât cele necesare pentru anularea gradelor de libertate. Ca urmare a preciziei inegale de execuție a pieselor, în astfel de cazuri se produc defecte care de obicei se îndepărtează prin ajustare manuală. Supradeterminările se elimină prin soluții adecvate, precum și prin alegerea corespunzătoare a ajustajelor și toleranțelor (fig. 8.12).

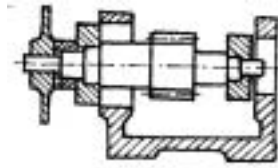


Fig. 8.12. *Eliminarea supradeterminării*

Ajustajele presate sunt frecvente în construcția de mașini. Pentru a facilita realizarea lor, în condițiile asamblării automate și mecanizate este necesar să se evite presarea pe suprafețe prea lungi. Astfel, în fig. 8.13, construcția (a) este mai bună decât (b) deoarece facilitează realizarea succesivă a ajustajelor presate pe cele două laturi ale carcusei.

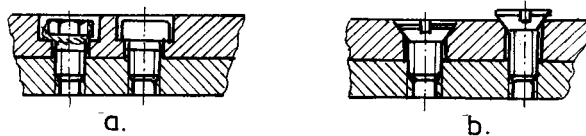


Fig. 8.13. *Condiții tehnologice la ajustajele presate*

Ținând seama de dificultățile pe care le pune poziționarea precisă a pieselor asamblate, este necesar să se evite tipurile de asamblări care necesită o poziționare de precizie. Astfel, ori de câte ori este posibil se vor evita asamblările arbore-alezaj cu jocuri reduse și se vor crea suprafețe de ghidare sau orientare preliminară (fig. 8.14). De asemenea este preferabil să se folosească tipuri de asamblări care nu necesită o poziționare unghiulară precisă, ca de exemplu canelurile în locul penelor sau blocarea cu șurub tangențial.

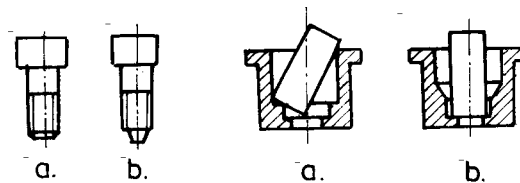


Fig. 8.14. *Facilitarea poziționării prin orientarea preliminară: a-soluție inițială; b-soluția îmbunătățită*

8.2.3. Condiții privind schema de asamblare

Schema de asamblare, așa cum a fost descrisă anterior, reprezintă o imagine sintetică a procesului de montaj, din care rezultă ordinea de asamblare și modul de executare a diferitelor asamblări. Condițiile ce vor fi examinate în continuare urmăresc simplificarea schemelor, atât sub aspectul succesiunii operațiilor, cât și al ușurinței de execuție a acestora.

O cerință elementară constă în reducerea la minimum a numărului de piese din care se compune ansamblul. E preferabil ca această reducere să se facă prin analiza funcției îndeplinite de fiecare reper, în sensul utilității ei, decât să se cumuleze prea multe funcții asupra unui reper, complicându-i în mod excesiv construcția și mărindu-i costul. La produse de serie mare, această analiză este în mod deosebit oportună. Se vor avea în vedere posibilitățile de a realiza rațional piese cu forme complicate (de exemplu, prin turnare sub presiune, turnare de precizie, sinterizare, sau prin prelucrare pe mașini cu comandă numerică, pentru evitarea unei asocieri de piese prin asamblare. Folosirea maselor plastice, sau a pieselor combinate metal-masă plastică, poate conduce de asemenea în multe cazuri, la reducerea numărului de reperi.

Se va urmări în mod special reducerea numărului organelor de asamblare. În cazul producției de masă este oportună folosirea șuruburilor sau piulițelor autoblocante, renunțând la organe speciale de asigurare contra deșurubării. Pentru solidarizarea mai multor piese din tablă, adoptarea niturilor în locul șuruburilor cu piuliță reduce numărul de piese. Dacă asamblarea trebuie să fie demontabilă, un rezultat similar se obține prin folosirea șuruburilor autofiletante. Numărul de reperi se reduce și mai mult dacă solidarizarea se face prin îndoirea unor muchii ale tablei (fig. 8.15).

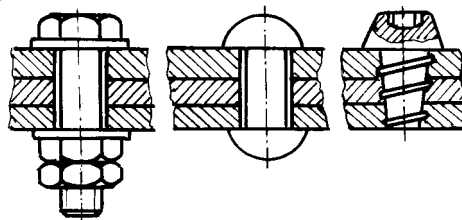


Fig. 8.15. *Diferite moduri de solidarizare a unor piese din tablă:*
a- șurub cu piuliță; b-nit; c-șurub autofiletant

O schemă rațională de montaj presupune descompunerea ansamblului în subansamble de rang inferior, astfel încât asamblarea finală

să se realizeze prin asamblarea unui număr relativ redus de subansamble și reperi. Descompunerea accentuată a ansamblului în subansamble reduce ciclul de asamblare și permite o bună diviziune a muncii. Evident că descompunerea trebuie să se limiteze la crearea unor subansamble cu rol funcțional bine definit, care pot fi verificate dimensional și funcțional înainte de a fi trecute la montajul subansamblelor de rang superior, respectiv la instalarea finală. În nici un caz nu trebuie create ansamble care să necesite operații de demontare înainte de asamblarea definitivă.

Posibilități bune de raționalizare a asamblării se prezintă atunci când asamblarea se realizează prin adăugarea succesivă pe o piesă de bază a subansamblelor și reperelor. În astfel de cazuri piesa de bază (carcasă, arbore, cadru) poate fi fixată pe o paletă sau dispozitiv de prindere și manipulare cu ajutorul acestora.

O condiție importantă se referă la posibilitatea de acces a muncitorului la locul executării operației. Acest acces trebuie să se poată realiza în cazul general prin deplasarea corespunzătoare a ansamblului de montat și nu prin mișcări exagerate și obositoare a muncitorului. În special la asamblarea produselor mari și greu de manevrat, respectarea acestei condiții pune proiectantului de produs probleme dificile.

În general, schema de asamblare va trebui să prevadă operații de asamblare cât mai simple, a căror mecanizare și automatizare să se poată face cu mijloace relativ simple. În acest sens sunt de preferat înșurubările, niturile, presările, sertizările, în locul lipirilor, sudărilor etc.

O regulă deosebit de importantă recomandă evitarea soluțiilor constructive care obligă la operații de altă natură și alt ordin de durată decât operațiile obișnuite de asamblare, ca de exemplu ajustare, prelucrare mecanică, sudare, vopsire. De regulă acestea nu se pot încadra în linia de asamblare din motive de sincronizare sau ambianță (noxe, murdărie, zgomot), devenind necesară fragmentarea liniei de asamblare și intercalarea unor transporturi interne care complică urmărirea, lungesc ciclul de asamblare și cresc costul. Totuși această regulă nu trebuie absolutizată. Numeroase sisteme de asamblare realizate includ în componența lor posturi de sudare, mașini speciale pentru prelucrări prin așchiere sau instalații de degresare și vopsire. Prin realizarea transportului continuu între operații și prin reducerea pe această cale a stocurilor intermediare de piese, eficiența sistemului crește considerabil, ceea ce poate compensa eventualele cheltuieli mai mari de investiții.

8.2.4. Rezolvarea lanțurilor de dimensiuni

Considerații generale

Asamblarea sau montarea mașinilor reprezintă partea finală a procesului de fabricație. Funcționarea ansamblului în condițiile tehnice stabilite, se asigură nu numai prin execuția corespunzătoare a pieselor (semifabricare și prelucrare prin așchiere), ci și printr-o asamblare executată în bune condițiuni.

Asamblarea reprezintă acea parte a procesului de fabricație, care constă în totalitatea operațiilor de îmbinare a unor piese definitiv prelucrate, într-o anumită succesiune, cu scopul de a obține un mecanism sau o mașină care să corespundă condițiilor tehnice impuse.

Lucrările de asamblare consumă o parte importantă din volumul de muncă necesar realizării unui produs (în industria de fabricație a tractoarelor până la 20%). În consecință, volumul de lucru pentru asamblare influențează eficiența economică a procesului tehnologic, deci prețul de cost.

Asamblarea unui ansamblu sau subansamblu presupune deci îmbinarea unor piese într-o ordine bine stabilită, asigurând ajustajele indicate în condițiile tehnice, pentru fiecare pereche de piese. În acest fel, asigurarea unei anumite precizii pentru un element al ansamblului este influențată de foarte multe piese (elemente). Astfel, iau naștere lanțurile de dimensiuni.

Asamblarea mașinilor, fie că se referă la un produs nou, fie că se referă la asamblarea după reparație, se face în același mod, cu respectarea aceluiași condiții, întrucât, așa cum s-a mai precizat în capitolele precedente, piesele recondiționate trebuie să satisfacă condițiile tehnice ale pieselor noi.

Lanț de dimensiuni. Mod de prezentare

Recondiționarea pieselor prin una din metodele cunoscute are drept scop asigurarea preciziei dimensionale, de formă și de poziție reciprocă a acestora, pentru ca montate în ansamble sau subansamble, să asigure precizia indicată în condițiile tehnice.

În produsul asamblat, dimensiunile pieselor sunt într-o strânsă legătură. Variația unei dimensiuni poate produce modificarea poziției uneia sau mai multor piese din ansamblu. Dependența și legăturile reciproce

dintre dimensiunile pieselor se numesc legături dimensionale, care formează lanțuri de dimensiuni.

Prin lanț de dimensiuni se înțelege seria de dimensiuni așezate într-o succesiune determinată, care formează un contur închis și care leagă suprafețele și axele pieselor a căror poziție relativă trebuie asigurată.

Precizia de funcționare a diferitelor mecanisme ale ansamblului depinde de precizia de execuție a lanțului de dimensiuni.

Din exemplele prezentate în fig. 8.16 rezultă că procedeul de construire a lanțurilor de dimensiuni constă în următoarele:

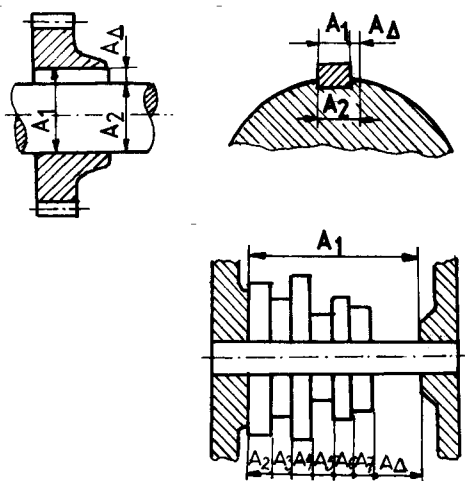


Fig. 8.16. *Exemple de lanțuri de dimensiuni*

- se fixează poziția spațială (suprafețe, axe, axă și suprafață), prin fixarea distanței între ele ce se impune a fi realizată în procesul de fabricație. Între aceste două elemente de referință se includ dimensiunile conjugate ale pieselor așezate în ordinea lor de succesiune.

Dimensiunea care leagă direct elementele de referință se numește dimensiune de bază, iar totalitatea dimensiunilor conjugate prin care se închide lanțul de dimensiuni se numește ramură de închidere.

Elementele lanțului de dimensiuni sunt dimensiunile și abaterile lor și pot fi constituite din:

- dimensiuni ale pieselor;
- dimensiuni de legătură între axele sau suprafețele a două piese conjugate.

În structura mașinilor se întâlnesc deseori lanțuri de dimensiuni complexe, formate din lanțuri de dimensiuni legate între ele, deosebindu-se:

- legături în serie (fig. 8.17 a);
- legături în paralel (fig. 8.17 b);
- legături mixte (fig. 8.17 c).

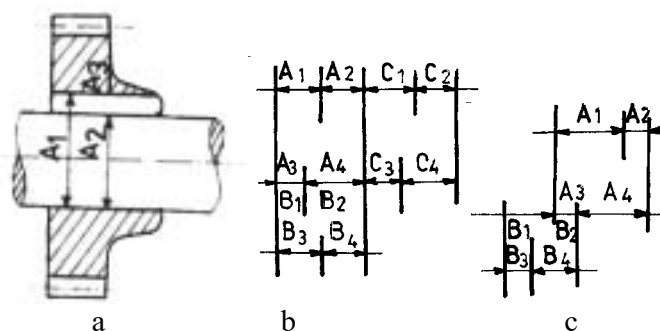


Fig. 8.17. *Legături ale lanțurilor de dimensiuni*

Legătura în serie (fig. 8.17 a) se caracterizează prin existența unei baze comune a-a. Precizia de execuție a unui lanț de dimensiuni la legătura în serie, determină poziția bazei comune de la care se construiește lanțul de dimensiuni următor.

Legătura în paralel (fig. 8.17 b) se caracterizează prin existența unor elemente comune. Erorile de execuție ale elementelor comune sunt introduse concomitent în toate lanțurile de dimensiuni legate în paralel. De aceea, executarea lanțurilor de dimensiuni legate în paralel este necesar să înceapă cu elementele comune, asigurându-se astfel realizarea independentă a preciziei necesare fiecărui lanț de dimensiuni.

Legătura mixtă (fig. 8.17 c) cuprinde lanțuri de dimensiuni în serie și paralel.

Din schemele lanțurilor de dimensiuni rezultă egalitatea între ramura de bază și ramura de închidere. Forma cea mai generală a acestor egalități, pentru un lanț de dimensiuni cu „n” elemente, se poate scrie:

$$A_1 + A_2 + \dots + A_m = A_{m+1} + A_{m+2} + \dots + A_{n-1} + A_{\Delta} \quad (8.1)$$

unde: $A_1 + A_2 \dots A_m$ - ramura de bază; $A_{m+1} + A_{m+2} \dots A_{n-1}$ - ramura de închidere; A_{Δ} - elementul de închidere.

Dimensiunea nominală a elementului de închidere a lanțului de dimensiuni reprezintă suma algebrică a dimensiunilor nominale ale elementelor lanțului de dimensiuni, adică:

$$A_{\Delta} = (A_1 + A_2 + \dots + A_m) - (A_{m+1} + A_{m+2} + \dots + A_{n-1}) \quad (8.2)$$

Aceasta se numește ecuația de bază a lanțului de dimensiuni.

Metode de rezolvare a lanțurilor de dimensiuni folosite în reparații

Precizia elementului de închidere

Precizia lanțului de dimensiuni este determinată de exactitatea de execuție a elementelor sale componente. Din ecuația de bază a lanțului de dimensiuni rezultă că precizia de execuție a elementelor componente, influențează gradul de precizie a elementului de închidere.

Pentru a stabili relația de dependență dintre precizia dimensiunii elementului de închidere și dimensiunile tuturor celorlalte elemente, se fac următoarele raționamente:

Se consideră funcția $N = f(u_1, u_2, \dots, u_{n-1})$, în care u_1, u_2, \dots, u_{n-1} sunt mărimi independente. Dacă mărimile independente sunt afectate de erorile $\Delta u_1, \Delta u_2, \dots, \Delta u_{n-1}$, atunci eroarea funcției N se poate exprima sub forma unei diferențiale totale exacte:

$$\Delta N = \frac{\partial N}{\partial u_1} \Delta u_1 + \frac{\partial N}{\partial u_2} \Delta u_2 + \dots + \frac{\partial N}{\partial u_{n-1}} \Delta u_{n-1} \quad (8.3)$$

În mod analog, abaterea elementului de închidere (care este o funcție de mărimile independente ale elementelor componente ale lanțului de dimensiuni), va fi:

$$\Delta A_{\Delta} = \frac{A_1 + \dots + A_{n-1}}{A_1} \Delta A_1 + \frac{A_1 + \dots + A_{n-1}}{A_2} \Delta A_2 + \dots + \frac{A_1 + \dots + A_{n-1}}{A_{n-1}} \Delta A_{n-1} \quad (8.4)$$

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}$$

$$A = \sum_{i=1}^{i=n-1} A_i$$

În cazul când abaterile elementelor lanțului de dimensiuni sunt abateri admisibile, adică toleranțe, egalitatea de mai sus se poate scrie:

$$T_A = T_{A1} + T_{A2} + \dots + T_{A_{n-1}} \quad T_A = \sum_{i=1}^{i=n-1} T_{A_i} \quad (8.5)$$

Egalitatea (8.4) arată că eroarea elementului de închidere a lanțului de dimensiuni este egală cu suma valorilor abaterilor absolute ale erorilor elementelor componente.

Faptul că eroarea de închidere este suma valorilor absolute și nu a valorilor algebrice ale elementelor componente ale lanțului, se poate arăta în exemplul prelucrării unui arbore în trei trepte care formează un lanț de dimensiuni cu patru elemente (fig. 8.18).

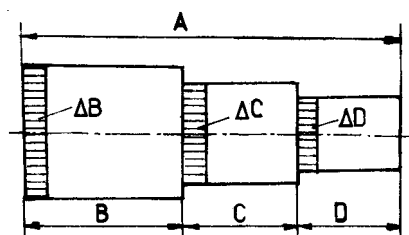


Fig. 8.18. *Schemă pentru determinarea abaterilor elementului de închidere*

Ecuția lanțului poate avea patru forme distincte în raport cu cele patru elemente componente care pot fi considerate, pe rând, elemente de închidere.

$$A = B + C + D \quad (8.6)$$

$$B = A - (C + D) \quad (8.7)$$

$$C = A - (B + D) \quad (8.8)$$

$$D = A - (B + C) \quad (8.9)$$

Calculul abaterilor elementului de închidere, se poate efectua pe baza valorilor limită, astfel:

Dacă se consideră ecuația (8.3), se poate scrie:

$$\Delta A = A_{\max} - A_{\min}$$

Dacă se scriu valorile limită pornind de la ecuația (8.6), se obține:

$$\Delta A = B_{\max} + C_{\max} + D_{\max} - (B_{\min} + C_{\min} + D_{\min})$$

$$\text{iar: } B_{\max} = B_{\min} + \Delta B$$

$$C_{\max} = C_{\min} + \Delta C \quad (8.10)$$

$$D_{\max} = D_{\min} + \Delta D$$

în care: ΔB , ΔC și ΔD sunt abaterile corespunzătoare elementelor B, C, D.

Dacă valorile din relația (8.10) se înlocuiesc în relația (8.6), se obține:

$$\Delta A = \Delta B + \Delta C + \Delta D$$

adică abaterea elementului de închidere este egală cu suma abaterilor elementelor componente.

În mod analog, pentru relațiile (8.7), (8.8), (8.9) se determină abaterea elementului de închidere:

$$\Delta B = B_{\max} - B_{\min} = A_{\min} - (C_{\min} + D_{\min}) - A_{\min} + (C_{\max} + D_{\max}),$$

$$\Delta C = A_{\min} + \Delta A - C_{\min} - D_{\min} - A_{\min} - C_{\min} + \Delta C + D_{\min} + \Delta D$$

$$\Delta B = \Delta A + \Delta C + \Delta D \quad (8.11)$$

Pentru elementele C și D considerate elemente de închidere:

$$\Delta C = \Delta A + \Delta B + \Delta D \quad (8.12)$$

$$\Delta D = \Delta A + \Delta B + \Delta C \quad (8.13)$$

Rezolvarea unui lanț de dimensiuni constă în determinarea abaterilor elementelor componente pentru a obține o abatere determinată a elementului de închidere al lanțului.

În rezolvarea lanțului de dimensiuni se pot întrebuița în general, următoarele metode:

1. metoda interschimbabilității totale;
2. metoda interschimbabilității parțiale;
3. metoda selecționării sau asamblării selective;
4. metoda reglării;
5. metoda ajustării.

În procesul de reparație nu este posibilă aplicarea metodelor interschimbabilității totale, pentru că ar presupune ca toate piesele unui ansamblu să se monteze fără alegere și fără ajustări sau potriviri în timpul montării. Procesului tehnologic însă îi este caracteristică metoda recondiționării la trepte de reparație (dimensiuni micșorate sau majorate), încât nu pot fi utilizate piesele fără ajustări în timpul montajului. prelucrarea tuturor pieselor după principiul interschimbabilității totale presupune o precizie de execuție (toleranță) foarte restrânsă, depinzând de precizia elementului de închidere și de numărul de elemente al lanțului de dimensiuni. Cu cât acest număr este mai mare, la aceeași precizie a elementului de închidere, cu atât mai mare trebuie să fie toleranța elementelor componente, deci cu atât mai dificil de realizat.

Metoda interschimbabilității parțiale se face cu respectarea toleranțelor elementelor, însă pentru asamblare se stabilește un element de rebut, în sensul că vor fi elemente care nu pot forma lanțuri de dimensiuni care să respecte precizia elementului de închidere și datorită faptului că se lucrează cu toleranțe economice.

Metoda asamblării selective

Rezolvarea lanțului de dimensiuni prin metoda asamblării selective prezintă avantajul, în comparație cu primele două elemente, că se lucrează cu toleranțe economice și se înlătură procentul de rebut.

Principiul metodei constă în următoarele:

- se majorează toleranțele de execuție ale elementelor lanțului de dimensiuni de un număr de ori (k ori);
- se grupează elementele (se sortează) în așa fel încât în cadrul fiecărei grupe câmpul de dispersie să fie egal cu toleranța prescrisă;
- se assemblează elementele din aceeași grupă.

Pentru exemplificare se consideră asamblarea cu joc și strângere între un alezaj și un arbore (fig. 8.19).

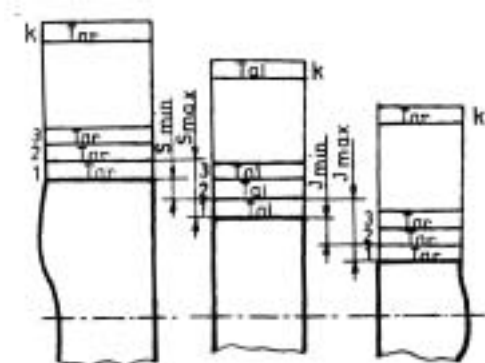


Fig. 8.19. Schemă pentru rezolvarea lanțului de dimensiuni prin metoda asamblării selective

În scopul unei prelucrări economice, toleranțele arborelui și alezajului se măresc de K ori devenind:

$$T'_{ar} = K \cdot T_{ar} \quad (8.13)$$

$$T'_{al} = K \cdot T_{al}$$

Piesele astfel prelucrate se împart în K grupe în așa fel încât în cadrul fiecăreia toleranța să fie cea prescrisă, variind numai valorile limită ale elementelor.

Pentru alezaj rezultă următoarele grupe:

$$\begin{aligned} 1. & D_{al} \dots D_{al} + T_{al} \\ 2. & D_{al} + T_{al} \dots D_{al} + 2T_{al} \\ & \dots \dots \dots \\ k. & D_{al} + (k-1)T_{al} \dots D_{al} + KT_{al} \end{aligned} \quad (8.14)$$

Pentru arbore, în mod analog, rezultă grupele:

$$\begin{aligned} 1. & d_{ar} \dots d_{ar} + T_{ar} \\ 2. & d_{ar} + T_{ar} \dots d_{ar} + 2T_{ar} \\ & \dots \dots \dots \\ k. & d_{ar} + (k-1)T_{ar} \dots d_{ar} + KT_{ar} \end{aligned} \quad (8.15)$$

Pentru a rezulta aceeași precizie asamblarea se face cu grupele corespunzătoare.

Interesant de determinat în ce condiții precizia lanțului de dimensiuni este identică pentru toate grupele.

În acest scop se determină jocul mediu și strângerea medie pentru K făcându-se comparație cu aceleași elemente de la grupa I.

$$J_{med.1} = \frac{J_{max.1} + J_{min.1}}{2} \quad J_{med.k} = \frac{J_{max.k} + J_{min.k}}{2} \quad (8.16)$$

Din fig. 8.19 se observă că:

$$J_{max.k} = J_{max.1} + (k-1)T_{al} - (k-1)T_{ar} = J_{max.1} + (k-1)(T_{al} - T_{ar})$$

$$J_{min.k} = J_{min.1} + (k-1)T_{al} - (k-1)T_{ar} = J_{min.1} + (k-1)(T_{al} - T_{ar}) \quad (8.17)$$

$$J_{med.k} = \frac{J_{max.k} + J_{min.k}}{2} = \frac{J_{max.1} + J_{min.1}}{2} + (k-1)(T_{al} - T_{ar})$$

În mod analog pentru strângere:

$$S_{med.k} = \frac{S_{max.k} + S_{min.k}}{2} + (k-1)(T_{ar} - T_{al}) \quad (8.18)$$

Se pot considera două cazuri:

$$a. T_{ar} = T_{al} \quad (8.19)$$

$$b. T_{ar} \neq T_{al} \quad (8.20)$$

În primul caz când cele două toleranțe sunt egale expresiile jocului mediu și strângerile medii la grupa K sunt de forma:

$$J_{med.k} = \frac{J_{max.1} + J_{min.1}}{2} = J_{med.1}; \quad S_{med.k} = \frac{S_{max.1} + S_{min.1}}{2} = S_{med.1} \quad (8.21)$$

În cazul că cele două toleranțe sunt diferite precizia îmbinării la grupa J este diferită de cea de la grupa I și anume:

$$- \text{dacă } T_{al} < T_{ar}; \quad J_{med.k} < J_{med.1} \text{ și } S_{med.k} > S_{med.1} \quad (6.22)$$

$$- \text{dacă } T_{al} > T_{ar}; \quad J_{med.k} > J_{med.1} \text{ și } S_{med.k} < S_{med.1} \quad (6.23)$$

Rezultă concluzia că pentru a realiza aceeași precizie de asamblare pentru toate grupele, este necesar ca toleranțele elementelor componente ale lanțului de dimensiuni să fie egale.

Erorile de calcul pentru rezolvarea lanțului de dimensiuni prin această metodă pot fi determinate în formă geometrică, putând fi aplicate la orice lanț de dimensiuni, indiferent de numărul de elemente.

Calitatea suprafețelor care se assemblează trebuie să fie în concordanță cu toleranța grupei de asamblare și nu cu toleranța de fabricație.

Toleranța grupei de asamblare se poate micșora prin mărirea numărului grupelor. Influența acestui mijloc de ridicare a preciziei de asamblare variază cu numărul grupelor.

Considerând toleranța de fabricație T constantă, iar toleranța T a grupei și numărul n de grupe variabile, atunci egalitatea $T = nT$, în sistemul (T, n) , corespunde unei hiperbole (fig. 8.20).

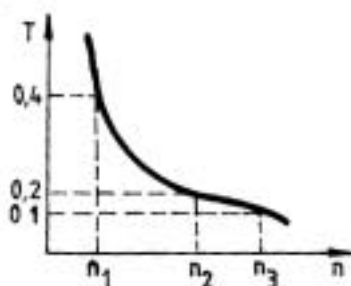


Fig. 8.20. *Dependența toleranței de asamblare de numărul grupelor*

De aici rezultă că precizia asamblării se mărește pe măsura creșterii numărului de grupe n , la început mai repede, iar apoi cu un ritm din ce în ce mai mic.

Această lege de variație a toleranței cu numărul grupelor, duce la concluzia că toleranța de fabricație se va alege astfel încât să aibă cea mai mică valoare admisibilă din punct de vedere economic.

Aplicarea metodei de asamblare selectivă, organizarea măsurării, sortării, păstrării și transportării pieselor, sunt aspecte care provoacă cheltuieli suplimentare.

Metoda reglării

Metoda reglării se poate aplica atunci când amplasarea toleranțelor elementelor componente ale lanțului se face astfel încât prin mărirea lor rezultă întotdeauna o mărire a valorii maxime a elementului de închidere, valoarea lui minimă rămânând neschimbată (fig. 8.21).

Ecuția lanțului de dimensiuni atunci când sunt n elemente și dimensiunea nominală este considerată dimensiunea minimă, se poate scrie sub forma:

$$A_{\Delta_{max}} = (A_1 + T_1) + (A_2 + T_2) + \dots + (A_m + T_m) - (A_{m+1} - T_{m+1}) + \dots + (A_{n-1} - T_{n-1}) \quad (8.24)$$

$$A_{\Delta_{min}} = (A_1 + A_2 + \dots + A_m) - (A_{m+1} + A_{m+2} + \dots + A_{n-1})$$

În cazul majorării toleranțelor elementelor lanțului de valori economice, se obține o nouă valoare maximă a elementului de închidere, valoarea minimă rămânând neschimbată, nefiind afectată de toleranțe.

$$A'_{\Delta_{max}} = (A_1 + T_1) + \dots + (A_m + T_m) - (A_{m+1} - T_{m+1}) + \dots + (A_{n-1} - T_{n-1}) \quad (8.25)$$

$$A'_{\Delta_{min}} = A_{\Delta_{min}}$$

unde:

$$T'_i > T_i; T'_2 > T_2, \dots, T'_{n-1} > T_{n-1}$$

Toleranța nouă T_{Δ} a elementului de închidere va fi:

$$T'_{\Delta} = A'_{\Delta_{max}} - A'_{\Delta_{min}} = \sum_{i=1}^{i=n} T'_i \quad (8.26)$$

Excesul de toleranță $T'_{\Delta} - T_{\Delta}$ se poate înlătura prin folosirea unei piese care se introduce în lanțul de dimensiuni, denumită *compensator fix* sau prin schimbarea poziției spațiale a unui element al lanțului de dimensiuni, numit *compensator mobil*.

Utilizarea unui compensator mobil nu prezintă dificultăți și realizează în același timp orice grad de precizie a elementului de închidere.

În fig. 8.21 este prezentat un exemplu de compensator mobil în care bușa (1) se deplasează în direcție axială până când se obține precizia necesară pentru A_{Δ} .

Pentru înlăturarea toleranței în exces, care variază între valoarea zero și $T'_{\Delta_{max}} - T_{\Delta_{max}}$ se folosesc compensatori ficeși, cu valori în trepte.

În cazul reglării cu ajutorul compensatorilor ficși, este necesar determinarea numărului de trepte, dat de relația:

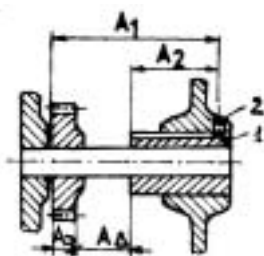


Fig. 8.21. *Exemplu de compensator mobil*: 1-bucșă de compensare; 2-șurub de blocare

$$n = \frac{T'_\Delta - T_\Delta}{T_\Delta} \quad (8.27)$$

Treptele compensatorilor ficși sunt mărimi date de scara aritmetică a valorii T_Δ , adică $1T_\Delta$; $2T_\Delta$, $3T_\Delta$,..., nT_Δ .

După determinarea mărimii toleranței în exces, se ia compensatorul fix al celei mai apropiate trepte și se introduce în lanțul de dimensiuni. Adoptarea compensatorului treptei cele mai apropiate în plus sau în minus, depinde de modul de așezare a toleranței elementului de închidere.

Metoda reglării se caracterizează prin următoarele:

- posibilitatea obținerii, în cazul folosirii compensatorilor mobili, a oricărui grad de precizie a elementului de închidere;
- eliminarea lucrărilor de modificare a unor dimensiuni ale pieselor pentru a asigura precizia lanțului de dimensiuni;
- timpul pentru asamblare variază în limitele reduse și se poate asigura astfel ritm crescut al producției;
- prin reglări periodice, lanțurile de dimensiuni pot să refacă precizia inițială a elementului de închidere.

Metoda ajustării

$$A_\Delta = (A_1 + A_2 + \dots + A_m) - (A_{m+1} + A_{m+2} + \dots + A_{n-1}) \quad (8.28)$$

Considerând că $A_1 + A_2 + \dots + A_{n-1}$ reprezintă valorile minime ale elementelor lanțului de dimensiuni, valorile limită ale elementului de închidere vor fi de forma:

$$A_{\Delta_{max}} = (A_1 + T_1) + \dots + (A_m + T_m) - (A_{m+1} + A_{m+2} + \dots + A_{n-1}) \quad (8.29)$$

$$A_{\Delta_{min}} = (A_1 + A_2 + \dots + A_m) - (A_{m+1} + T_{m+1}) - \dots - (A_{n-1} + T_{n-1})$$

Pentru executarea lanțului de dimensiuni în condiții cât mai economice, toleranțele acestora se majorează, ceea ce conduce la majorarea corespunzătoare a toleranței elementului de închidere.

Notându-se cu $T'_1, T'_2, \dots, T'_{n-1}$ și T' valorile majorate ale toleranțelor,

$$T'_{\Delta} = T'_1 + \dots + T'_{n-1} = \sum_{i=1}^{i=n-1} T'_i \quad (8.30)$$

Precizia elementului de închidere este necesar să rămână aceeași pentru a asigura precizia impusă lanțului de dimensiuni. Toleranța în exces a elementului de închidere,

$$T_K = T'_{\Delta} - T_{\Delta} \quad (8.31)$$

trebuie înlăturată.

Eliminarea toleranței în exces prin metoda ajustării, constă în modificarea valorii nominale a unui element al lanțului de dimensiuni, numit element de compensare și notat A_c , dinainte stabilit, pe seama căruia se înlătură prin aşchiere sau prin mărirea valorii nominale, mărirea T_K .

Mărirea sau micșorarea valorii nominale a elementului de compensare depinde de modul de așezare a toleranțelor și de poziția acestui element în lanțul de dimensiuni.

Cazurile specifice de rezolvare a lanțului de dimensiuni prin această metodă sunt:

Cazul I

Elementul de închidere este un element al unei ramuri a lanțului de dimensiuni.

În această situație se pot ivi iarăși două cazuri:

1. Când elementul de compensare A_c se stabilește în ramura de întoarcere, se pot ivi următoarele situații (fig. 8.22):

a. Dacă $A'_{\Delta_{min}} < A_{\Delta_{min}}$ (fig. 8.22 a) diferența $A_{\Delta_{min}} - A'_{\Delta_{min}}$ se scoate din elementul de compensare fără nici o modificare a valorii nominale inițiale a acestuia;

b. Dacă $A'_{\Delta_{max}} > A_{\Delta_{max}}$ (fig. 8.22 b), este necesar să se majoreze valoarea nominală a elementului de compensare cu diferența acestor mărimi, pentru obținerea preciziei elementului de închidere în limitele admisibile. Valoarea nominală a elementului compensator va deveni în acest caz:

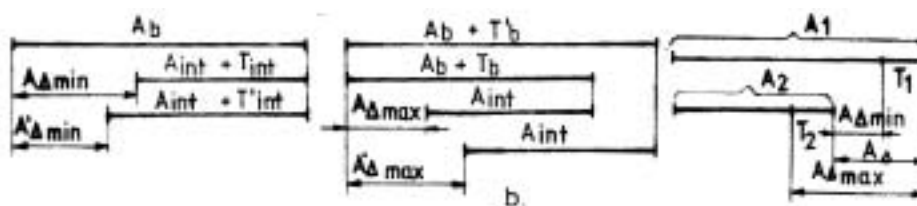


Fig. 8.22. Schemă pentru determinarea valorii limită a elementului de închidere

$$A'_c = A_c + (A'_{\Delta_{max}} - A_{\Delta_{max}}) \quad (8.32)$$

2. Când elementul de compensare A_c se ia în ramura de bază, se pot deosebi următoarele cazuri:

a. Dacă $A'_{\Delta_{min}} < A_{\Delta_{min}}$ (fig. 8.22 a), este necesar ca elementul compensator să fie majorat cu diferența acestor mărimi. Valoarea nominală a elementului compensator trebuie să fie:

$$A'_c = A_c + (A_{\Delta_{min}} - A'_{\Delta_{min}}) \quad (8.33)$$

b. $A'_{\Delta_{max}} > A_{\Delta_{max}}$ (fig. 8.22 b), diferența $A'_{\Delta_{max}} - A_{\Delta_{max}}$ se poate scoate de pe elementul compensator fără a se lua vreo măsură în prealabil.

Mărimile dimensiunii elementului compensator în cazurile prezentate, se face cu diferențele valorilor limită a elementului de închidere, care sunt întotdeauna mai mici decât toleranța în exces T_K .

Într-adevăr:

$$T_K = T'_\Delta - T_\Delta$$

$$T'_\Delta = A'_{\Delta_{max}} - A'_{\Delta_{min}}$$

$$T_\Delta = A_{\Delta_{max}} - A_{\Delta_{min}} \quad (8.43)$$

$$T_K = (A'_{\Delta_{max}} - A'_{\Delta_{min}}) - (A_{\Delta_{max}} - A_{\Delta_{min}})$$

$$T_K = (A'_{\Delta_{max}} - A_{\Delta_{max}}) - (A'_{\Delta_{min}} - A_{\Delta_{min}})$$

Cazul II

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_m$$

$$A_{\Delta_{max}} = A_{1max} + A_{2max} + \dots + A_{mmax} \quad (8.35)$$

$$A_{\Delta_{min}} = A_{1min} + A_{2min} + \dots + A_{mmin}$$

După majorarea toleranțelor elementelor componente, se vor obține expresiile:

$$A'_{\Delta_{max}} = A'_{1max} + A'_{2max} + \dots + A'_{mmax} \quad (8.36)$$

$$A'_{\Delta_{min}} = A'_{1min} + A'_{2min} + \dots + A'_{mmin}$$

Se pot ivi două situații:

a. Când $A'_{\Delta_{max}} > A_{\Delta_{max}}$, diferența $A'_{\Delta_{max}} - A_{\Delta_{max}}$ poate fi înlăturată prin ajustare pe seama elementului compensator;

b. Când $A'_{\Delta_{min}} < A_{\Delta_{min}}$ respectarea dimensiunii elementului de închidere se face prin majorarea valorii nominale a unui element cu diferența $A_{\Delta_{min}} - A'_{\Delta_{min}}$, iar valoarea elementului compensator A_c va avea următoarea valoare nominală:

$$A'_c = A_c + (A_{\Delta_{min}} - A'_{\Delta_{min}}) \quad (8.37)$$

8.2.5. Condiții privind calitatea pieselor

8.2.5.1. Capabilitatea fabricației

Noțiunea de *capabilitate a fabricației* exprimă măsura în care, în anumite condiții de dotare și organizare, aplicarea unui anumit proces tehnologic asigură realizarea de piese sau produse corespunzătoare prescripțiilor din documentație. Cu alte cuvinte înțelegem prin „capabilitate de fabricație” gradul în care pregătirea tehnologică, dotarea și organizarea procesului de producție sunt capabile să determine menținerea calității produselor în limitele stabilite.-

În construcția de mașini capabilitatea de fabricație se poate referi la elemente componente sau la ansamble; de asemenea ea poate fi determinată în momentul încheierii execuției sau după efectuarea controlului de calitate. Pentru a exprima prin capabilitatea de fabricație nivelul de îndeplinirea a

condițiilor de calitate pentru trecerea la mecanizarea și automatizarea asamblării trebuie să ne referim la capabilitatea determinată la nivelul pieselor prelucrate, care se predau la asamblare, deci după efectuarea operației de control.

Analiza capabilității fabricației cuprinde următoarele faze:

a. prelevarea a câte unui lot de piese din fiecare reper și determinarea prin măsurare a abaterilor reale ale fiecărui parametru (dimensiune, formă, rugozitate, duritate etc.) care poate influența acuratețea dimensională și funcțională a ansamblului;

b. determinarea prin calcul a probabilității ca fiecare din parametrii măsurați să se afle în câmpul de toleranță prescris;

c. stabilirea măsurilor necesare pentru asigurarea sporului de capabilitate care se va dovedi necesar.

În ipoteza în care probabilitatea menționată este inferioară unei anumite limite pot să apară în producție anumite deficiențe:

- calitatea ansamblului este compromisă;

- la montaj se efectuează operații suplimentare de poziționare, selecționare, ajustare, care nu se înscriu în tacturile de asamblare stabilite etc.

Determinarea capabilității trebuie făcută întotdeauna pe parcursul pregătirii mecanizării și automatizării asamblării, pentru ca, pe baza rezultatelor obținute, să se ia măsurile necesare asigurării unei capabilități satisfăcătoare. Dar importanța analizei de capabilitate depășește mult acest cadru, ea dând informații foarte utile pentru obținerea unei calități constante a produsului finit și a nivelului de fiabilitate stabilit.

Analiza de capabilitate pornește de la măsurarea parametrilor care se controlează (presupunându-se că e vorba de o lungime), măsurare care se face pe mai multe loturi de piese, rezultatele înscriindu-se într-un tabel ca cel din fig. 8.23. Pentru calculele de probabilitate se adoptă legea repartiției normale (Gauss-Laplace) care se aplică pentru toți parametrii, cu excepția acelor care nu pot lua decât valori pozitive (de exemplu bătaii, ovalități).

Selecția	Ora	Valori ale parametrului X							X	S ²

Fig. 8.23. Fișă de înregistrare a parametrului

Conform acestei legi, probabilitatea ca valoarea mărimii măsurate să se găsească în limitele $-\infty$ și x , să nu depășească pe x este:

$$F = \frac{1}{s\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2s^2}} dx \quad (8.38)$$

în care s-a notat cu \bar{x} media aritmetică de sondaj a parametrului:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (8.39)$$

în care n este numărul de piese din lotul de sondaj și cu s^2 - dispersia medie a sondajului:

$$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2}{n-1} \quad (8.40)$$

Limitele reale ale repartiției parametrului pentru întregul sondaj vor fi:

- limita superioară: $\bar{x} + 3s$;

- limita inferioară: $\bar{x} - 3s$.

Aceste limite se compară cu limitele prescrise, care sunt:

- limita superioară: $x_N + T_s$;

- limita inferioară: $x_N + T_j$;

în care x_N este cota nominală, iar T_s și T_j abaterile superioare și inferioare înscrise în desen.

Această comparație poate duce la următoarele concluzii:

a. limitele superioară și inferioară reale se înscriu în limitele prescrise (fig. 8.24). Deci:

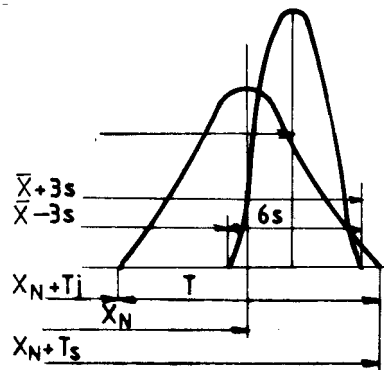


Fig. 8.24. *Capabilitate bună*

$$\bar{x} + 3s \leq x_N + T_s; \quad \bar{x} - 3s \geq x_N + T_j \quad (8.41)$$

În același timp raportul $6s/T$ trebuie să fie subunitar.

Practic se apreciază că rezultatele sunt bune dacă rezultă $6s/T \leq 0,8$.

b. limitele reale depășesc pe cele prescrise (fig. 8.25).

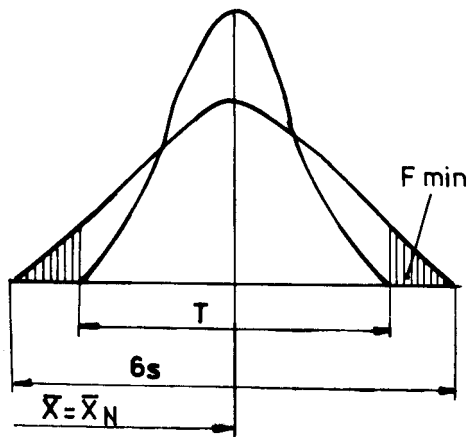


Fig. 8.25. *Capabilitate insuficientă*

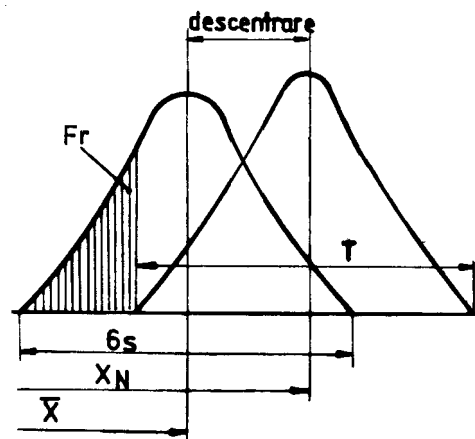


Fig. 8.26. *Fracțiunea defectă minimă*

În acest caz apare de obicei o depășire a toleranței, deci $6s/T$ supraunitar, precum și o descentrare a procesului, deci valoarea medie observată diferă de valoarea medie impusă:

$$\bar{x} \neq x_N + \frac{T_s + T_j}{2} = x_N + \frac{T}{2}$$

În fig. 8.26 aria hașurată F_r , reprezintă fracțiunea defectă reală, respectiv probabilitatea reală ca parametrul verificat să se găsească în afara câmpului de toleranță.

Dacă se elimină prin reglaj descentrarea și se suprapun cele două curbe, rezultă fracțiunea defectă minimă F_{\min} care poate fi luată în considerare în aprecierea globală a capabilității.

Rezultatele acestor calcule se înscriu într-o histogramă (fig. 8.27) care dă o imagine sintetică asupra capabilității fabricației. Se consideră admisibilă o probabilitate de rebut de până la 3%, urmând ca pentru toate reperele la care probabilitatea de rebut depășește această limită să se ia măsuri de îmbunătățire a capabilității.

Dacă un ansamblu este compus din n repere, iar probabilitatea ca fiecare din aceste repere să prezinte defecte este f , probabilitatea ca acest ansamblu să nu fie rebutat sau să necesite operații de ajustare este:

$$p = (1 - f)^n. \quad (8.43)$$

Probabilitatea de rebut a procesului	Parametri analizați		Reprezentare grafică			
	număr	%	10%	20%	30%	40%
< 0,5 %	23	25	A			
0,5... 3 %	28	31	B			
3 20 %	26	29				
20 50 %	12	13				
50 100 %	2	2				

Fig. 8.27. **Histograma capabilității fabricației**: A-procese corecte; B-procese care trebuie ameliorate

În tabelul 8.1. se arată valorile lui p pentru diferite valori ale lui f și n , de unde rezultă că pentru $f = 0,03$ valoarea lui p scade foarte mult cu creșterea lui n .

8.2.5.2. Măsuri pentru îmbunătățirea capabilității fabricației

Elaborarea și punerea în aplicare a măsurilor pentru ridicarea capabilității fabricației constituie, așa cum s-a mai arătat, una din acțiunile pregătitoare de cea mai mare importanță pentru implementarea cu succes a tehnologiilor avansate de asamblare. Aceste măsuri se situează pe tot parcursul procesului de fabricație, de la proiectare la pregătirea fabricației și la producție.

Astfel, analiza capabilității fabricației poate determina revederea unor părți ale proiectului, în ideea admiterii toleranțelor funcționale mai ridicate, sau a măririi toleranțelor de execuție pe celelalte căi expuse anterior și anume prin introducerea unor elemente de reglare sau compensare.

Contribuția cea mai importantă la creșterea capabilității o va avea întotdeauna procesul tehnologic, atât prin îmbunătățirea tehnologiilor prescrise, cât și prin adoptarea unor tehnologii noi care să asigure pieselor o calitate sporită. Astfel pentru îmbunătățirea proceselor tehnologice trebuie să se aibă în vedere, în special:

a. completarea echipării cu scule, dispozitive și verificatoare de construcție adecvată, care să confere o independență cât mai mare parametrilor ce determină capabilitatea fabricației de factori subiectivi, cum sunt atenția, îndemânarea muncitorului etc.;

b. introducerea în sistemul de comandă a mașinii unelte, a elementelor de control și reglaj (aparate de control activ, limitatoare de cursă, dispozitive de indexare ș.a.) care să elibereze pe muncitor de necesitatea verificărilor laborioase a preciziei de prelucrare în timpul procesului.

Tabelul 8.1. *Probabilitatea p de reușită a unei asamblări din n reperi, pentru diferite probabilități f de rebut a reperelor*

b f	1	2	3	4
0,03	0,97	0,94	0,91	0,86
0,05	0,95	0,90	0,86	0,77

0,10	0,90	0,81	0,73	0,59
0,20	0,80	0,64	0,51	0,33
0,30	0,70	0,49	0,24	0,12

În cazurile în care aceste măsuri nu sunt satisfăcătoare, devine necesară trecerea la procese tehnologice superioare și anume:

- introducerea suplimentară a unor operații de prelucrare sau trecerea de la procedee cu precizie relativ redusă, la procedee care asigură o precizie superioară (în loc de aşchiere – rectificare sau rectificare urmată de superfinisare, în loc de ştanţare simplă – ştanţare de precizie etc.);

- transferarea prelucrării pe maşini de precizie mai ridicată; maşini de găurit în coordonate, strunguri și maşini de frezat de precizie etc.;

- trecerea la forme superioare de comandă a procesului de prelucrate;

- comanda program secvenţială și comanda numerică.

În paralel trebuie să se acţioneze asupra îmbunătăţirii controlului de calitate, prin:

- adaptarea tehnologiilor superioare de control ca de exemplu controlul dimensional în timpul procesului, control mutidimensional cu dispozitive speciale, control statistic;

- efectuarea controlului preventiv asupra preciziei maşinilor-unelte folosite în proces, precum și asupra dispozitivelor și sculelor;

- introducerea unor operații speciale de selecție, efectuate ca automate de control și sortare, în cazul producției de masă.

8.2.6. Condiții privind organizarea alimentării asamblării cu materiale, piese și subansamble

Desfășurarea cât mai rațională a asamblării produselor, în cadrul organizării proiectate și a nivelului de mecanizare și automatizare adoptat este dependentă de condițiile concrete care se asigură într-o anumită perioadă de realizare a planului de producție.

La un program de producție pe o anumită perioadă (an, trimestru, lună) este necesar să se realizeze alimentarea asamblării cu materiale (necesare direct la montaj), cu piese și ansamble fabricate în întreprindere, din colaborare sau comerț, astfel încât să se asigure continuitatea procesului.

În continuare, se prezintă sintetic modalități practice de rezolvare a acestei probleme.

Asigurarea continuității procesului de asamblare, presupune crearea de stocuri de articole care să evite întreruperi ale procesului de asamblare, conducând la cheltuieli suplimentare legate de depozitare, stocare și imobilizare a fondurilor circulante.

În consecință și din punctul de vedere al alimentării asamblării, în fiecare caz concret există un optimum care trebuie găsit cu ajutorul metodelor de planificare, programare și de aprovizionare a producției, expuse pe larg în literatura de specialitate.

Problema care se pune este deci să se stabilească cantitatea ce trebuie fabricată sau aprovizionată din fiecare articol component al produsului care se montează și să se determine momentul asigurării articolelor necesare.

În funcție de volumul și diversitatea producției unei întreprinderi, se adoptă un anumit sistem de aprovizionare, dintre acestea cele mai întâlnite fiind următoarele:

- aprovizionarea pe stoc;
- aprovizionarea pe comandă;
- aprovizionarea mixtă, pe comandă și stoc.

Aprovizionarea pe stoc este specifică producției de masă și serie mare. Alimentarea asamblării se realizează din magazine intermediare în care permanent se găsește stocul necesar de piese; acest stoc de piese variază între un maxim și un minim.

Diferența dintre cantitatea maximă și minimă, reprezintă lotul de articole ce trebuie asigurat, ritmic la perioade egale de aprovizionare.

În fig. 8.28 se arată variația stocurilor în cazul a două articole. Din această figură se constată că atât cantitățile cât și perioadele de alimentare, cu piese, a magaziiilor intermediare sunt diferite.

Calculul cantității de aprovizionare se poate face după metode de calcul ale mărimii optime a lotului, dar în practică se ține seama de următoarele:

- condițiile de aprovizionare (cantități minim livrabile, probabilități de contractare, nedepășirea de mijloace circulante alocate etc.);

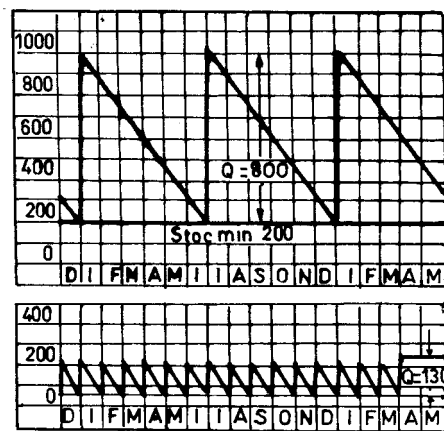


Fig. 8.28. *Variația stocurilor a două articole*

- posibilități de depozitare – spațiile de depozitate sunt limitate, iar existența unor stocuri de articole prea mari, conduce la blocarea circulației, devenind o frână în desfășurarea asamblării;

- pentru o urmărire mai ușoară a aprovizionării și a fabricației pentru toate articolele se adoptă aceeași perioadă de aprovizionare (semestru, trimestru, lună, săptămână) și se calculează cantitatea ce trebuie asigurată pentru această perioadă.

Calculul perioadei de aprovizionare este rezultatul împărțirii între cantitatea ce trebuie aprovizionată și cantitatea de piese care se assemblează în unitatea de timp.

O importanță deosebită pentru continuitatea asamblării o reprezintă stocul minim sau de siguranță, acesta având rolul de a alimenta montajul în cazul ivirii de perturbații care împiedică livrarea cantității planificate.

Mărirea stocului de siguranță se calculează după relații simple sau se fundamentează economic prin determinarea valorii lor optime în funcție de cheltuielile de depozitare (cheltuieli cu depozitarea propriu-zisă plus cheltuieli provocate de imobilizări) și cheltuieli provocate de lipsa stocurilor în depozit).

Aprovizionarea pe comandă. În cazul producției de unicate, serie mică și mijlocie, se asigură numai necesarul de articole pentru cantitatea de produse planificată a se realiza într-o anumită perioadă.

În acest caz, problema care trebuie rezolvată este aceeași ca în cazul precedent, respectiv când și în ce cantitate trebuie asigurat la asamblare fiecare articol, numai modul de rezolvare este diferit.

Modul de rezolvare este dependent în principal de seria de fabricație, structura produsului, duratele ciclurilor de fabricație a articolelor, valoarea articolelor necesare.

Fie produsul P a cărui structură este reprezentată în fig. 8.29. Cifrele din paranteză arată cantitatea de articole necesare pentru obținerea unui articol de nivel imediat superior. De exemplu F(3) la nivelul 4 arată că pentru obținerea unei bucăți din articolul B sunt necesare, printre altele, trei bucăți din articolul F.

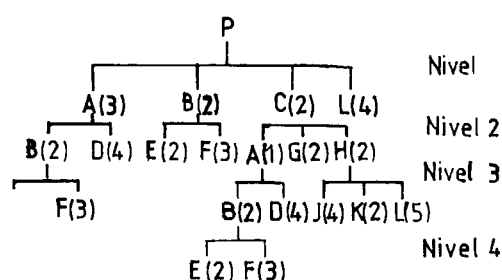


Fig. 8.29. *Structura produsului P*

În cazul fabricației de unicat sau de serie mică, cu o structură a produsului de complexitate medie, cu cicluri lungi de fabricație a componentelor, structura produsului arătată în fig. 8.28 poate deveni diagrama Gantt de planificare a fabricației produsului P, segmentele din fig. 8.28 reprezentând durate de timp (cicluri de fabricație) și în paranteze fiind înscris necesarul de articole pe fiecare ramură, pentru numărul de produse din comandă.

Spre exemplu articolul E(2) de la ultimul nivel (nivelul 4 din fig. 8.28) se calculează pentru ansamblul B, care la rândul său se montează în ansamblul A, acesta în C, care la rândul său participă la asamblarea generală a produsului P; în acest fel rezultă cantitatea de articole $E = 2 \times 2 \times 1 \times 2 = 8$ bucăți/produs; acest număr se înmulțește cu numărul de produse din comanda respectivă și rezultă cantitatea de articole F care trebuie executată.

În același mod se calculează și se pun în lucru cantitățile de articole B, A, C.

Pentru același articol F(3) de la nivelul 3 necesar tot pentru ansamblul B, dar acesta fiind necesar pentru ansamblul A, se calculează cantitatea necesară și se pune în lucru, separat, astfel încât să asigure la timp montajul ansamblului B respectiv al ansamblului A.

În cazul fabricației de unicate sau de serie mică cu durate de mărime medie a ciclurilor de fabricație, la care valoarea componentelor imobilizează fonduri circulante la niveluri relativ mici, un reper se pune în fabricație o singură dată, întreaga cantitate fiind programată a fi fabricată la data la care este necesară montajului primului ansamblu; în unele situații, pentru simplificare, se adoptă drept criteriu ca toate articolele să fie asigurate înainte de începerea montajului pe ansamblu.

În cazul producției de serie mijlocie, se calculează necesarul specific de articol (pentru un produs), iar punerea în fabricație și aprovizionarea se organizează pe loturi de piese sau ansamble determinate după criteriile similare fabricației pe stoc.

În cazul fabricației de produse complexe ca de exemplu vapoare, avioane, folosirea pentru programare a metodei graficului Gannt nu mai este recomandată, fiind dificil să se găsească secvența și momentele cele mai devreme sau cele mai târzii la care diferitele părți ale produsului trebuie asigurate la asamblări.

În acest caz, se folosește metoda drumului critic, la care diagrama folosită este denumită rețea.

În fig. 8.30 este ilustrat un exemplu. În această diagramă săgețile reprezintă activitățile, numerele încercuite reprezintă evenimentele, iar numerele puse de-a lungul săgeților arată duratele activităților.

Activitatea 2-3 este activitatea care începe de la evenimentul 2 și se termină la începutul evenimentului 3. Activitățile 6-3 și 2-3 trebuie să fie realizate înaintea activităților 3-4, 3-5 sau 3-6.

Drumul critic este secvența de activități a căror sumă a duratelor este maximă, în exemplul dat, acesta fiind secvența 1-2-3-6.

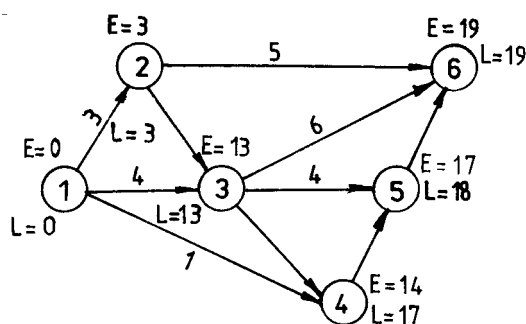


Fig. 8.30. *Grafic rețea (metoda drumului critic)*

Evenimentele care nu sunt pe drumul critic pot fi deplasate în timp; pentru fiecare dintre aceste evenimente va fi un timp (moment) cel mai devreme și unul cel mai târziu. Timpul (E) cel mai devreme pentru un eveniment este găsit prin calcularea sumei duratelor pentru secvența de activități cu duratele cele mai mari, de la începutul proiectului până în nodul respectiv. Timpul (L) cel mai târziu pentru un eveniment este găsit pentru calcularea sumei duratelor pentru secvențe de activități cu duratele cele mai mari, de la eveniment până la sfârșitul proiectului și scăderea acestei sume din durata proiectului.

Diferența între acești timpi (cel mai devreme și cel mai târziu) pentru un eveniment este cunoscută ca rezervă de timp.

Ținând seama de aceste reguli, realizând rețeaua de activități și sintetizând datele așa cum s-a făcut în fig. 8.30 pentru un caz concret se determină:

- termenul de execuție și ciclul de fabricație;
- activitățile după drumul critic;
- termenul cel mai devreme și cel mai târziu pentru fiecare activitate (când să fie pus în lucru produsul și când să fie gata).

Pe baza acestor rezultate, se caută soluții pentru micșorarea ciclului de fabricație, analizând mai întâi posibilitățile de reducere a duratelor după drumul critic prin mărirea resurselor (număr mașini, număr forțe de muncă), găsirea altor soluții tehnologice etc.

Pentru ușurința planificării execuției produsului respectiv, în paralel cu alte produse, rezultatele din grafic și tabel (fig. 8.30) se transpun în graficul Gantt (fig. 8.31).

ACTIVITATEA	NUMARUL ZILE DE MUNCA																		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 - 2																			
1 - 3																			
2 - 3																			
1 - 4																			
3 - 4																			
3 - 5																			
4 - 5																			
2 - 6																			
3 - 6																			
5 - 6																			

Fig. 8.31. *Graficul Gantt al rețelei din fig. 8.30*

În graficul Gantt, cu linii continue groase, s-au trasat termenele de începere și terminare, cât și duratele activităților după drumul critic; cu linii continue subțiri, termenele cele mai devreme de începere și terminare a activităților care nu sunt pe drumul critic; cu linii întrerupte, rezervele de timp.

Pentru fiecare activitate se cunoaște necesarul de manoperă sau capacitate și perioada în care este necesar să fie realizată. Trecându-se la balanțarea pe locuri de muncă a necesarului de manoperă cu capacitatea, pentru produsele aflate în asamblare se poate constata uneori o depășire a capacității disponibile; în acest caz, din graficele Gantt întocmite așa cum s-a arătat mai sus, se deplasează activități cu rezervă de timp, până la termenul cel mai târziu posibil sau se alocă resurse mai puține dar suficiente pentru începerea lucrării la termenele cele mai devreme și respectarea termenelor cele mai târzii de sfârșit al activității respective.

Graficul Gantt este mai folosit pentru urmărirea realizării activităților, trasând sub liniile de planificare, linii care să marcheze realizarea sau urmărirea pe baza listei de activități cu termene de început și de sfârșit în care acestea se realizează.

De asemenea, funcție de stadiul realizării, graficele se reactualizează, cu care ocazie, dacă au existat abateri de la realizarea termenelor, se poate constata că s-a schimbat secvența de activități aferentă drumului critic, s-au modificat rezervele de timp, respectiv este necesară o nouă analiză pentru a lua măsurile impuse de necesitatea respectării termenului final și stadiul real al execuției.

Aprovizionarea mixtă, pe comandă și stoc. În cadrul produselor sunt multe repere cu valoare mică (axe, șuruburi, piulițe, bolțuri etc.). La un plan anual de producție dat, având la bază contractele încheiate, necesarul de repere cu valoare mică se centralizează pe perioade de plan mai mari (trimestru, semestru) și se realizează fabricația sau aprovizionarea acestora, pe loturi, livrate periodic asamblării. Celelalte repere cu valoare mai mare se fabrică sau se aprovizionează după sistemul „pe comandă” descris mai sus.

Aprovizionarea mixtă este aplicată de regulă în cadrul fabricației diversificate de produse de serii de mărime mijlocie.

8.3. Forme de organizare tehnologică a asamblării. Alegerea formei optime

8.3.1. Diviziunea și concentrarea operațiilor de asamblare

Organizarea tehnologică a asamblării, la fel ca cea a oricărui alt proces de fabricație din industria constructoare de mașini, rezultă din îmbinarea aplicării a două principii tehnologice de bază: diviziunea și concentrarea operațiilor. Prin *diviziune* se urmărește descompunerea operațiilor tehnologice complexe în operații simple, a căror executare cu randament maxim se poate face cu mijloace relativ simple. Prin *concentrare* se tinde să se organizeze execuția simultană a cât mai multor astfel de operații simple, pe locuri de muncă situate cât mai aproape unul de altul. Diviziunea operațiilor până la un anumit nivel, permite creșterea productivității muncii, în timp ce concentrarea diminuează timpul neproductiv aferent manipulărilor și a altor faze auxiliare de lucru.

În cazul asamblării, diviziunea operațiilor se realizează prin realizarea funcționării procesului de asamblare, în operații simple, care pot fi operații de asamblare, control, ajustare, reglaj sau combinații ale acestora. Nivelul de diviziune al operațiilor, realizat în cadrul unui proces de asamblare dă o indicație asupra procesului de raționalizare a muncii, în sensul că un nivel relativ redus de diviziune a procesului indică în general o tehnologie sumar elaborată, cu nivel redus de productivitate a operațiilor de asamblare. Concentrarea operațiilor se realizează prin înlănțuirea operațiilor de asamblare cu grad înalt de mecanizare și automatizare. Concentrarea operațiilor de asamblare conduce la realizarea timpului necesar manipulărilor, precum și la creșterea productivității, prin suprapunerea în timp a execuției unor operații. Aplicarea judicioasă a diviziunii și concentrării operațiilor stă la baza elaborării tehnologiei de asamblare.

Pentru a determina structura sistemului de fabricație trebuie să se procedeze la descompunerea acestuia în subsisteme. Se știe din teoria sistemelor că un subsistem este definit de o mulțime de perechi intrare-ieșire având o proprietate oarecare comună, această proprietate constituind o „stare” a sistemului. Orice sistem de fabricație poate fi descompus în următoarele subsisteme care corespund funcțiunilor sale de bază:

a. *subsistem tehnologic* în cadrul căruia se efectuează operații tehnologice propriu-zise;

b. *subsistemul manipulare*, care asigură transferul, orientarea, poziționarea, depozitarea pieselor pe tot parcursul fabricației;

c. *subsistemul control*, care efectuează verificarea calității de execuție a operațiilor;

d. *subsistemul comandă*, care asigură succesiunea corectă a operațiilor în cadrul sistemului.

În mod corespunzător, stările sistemului sunt următoarele: tehnologic (T); manipulare (M), control (C), în cursul funcționării sale intrările în sistem determinând trecerea lui succesivă de la o stare la alta.

8.3.2. Parametrii de bază ai asamblării

În practica proiectării, pentru alegerea formei optime de realizare a asamblării, se pleacă de la calculul principalilor parametri ai sistemului de asamblare: numărul locurilor de muncă (posturilor) și tactul.

Numărul locurilor de muncă se calculează cu ajutorul relației:

$$L = \frac{n \cdot t}{F} \quad (8.44)$$

în care: L este numărul de locuri de muncă de asamblare; t - timpul total de montaj al produsului, în ore pe bucată; n – programul de producție, în bucăți pe an; F – fondul de timp efectiv, în ore pe an.

Fondul de timp efectiv se calculează cu ajutorul relațiilor:

$$F = F \cdot \eta; \quad F \cdot \eta = z \cdot s \cdot h \quad (8.45)$$

în care: F este fondul de timp nominal, în ore pe an; η - randamentul utilajului; z – numărul de zile lucrătoare pe an; s – regimul de lucru, în număr de schimburi pe zi; h – durata schimbului în ore.

Pentru a putea trece la un nivel superior de organizare a ansamblului este necesar ca gradul de diviziune a operațiilor să fie suficient de ridicat, practica indicând:

$$L = 3.$$

În ipoteza în care această condiție nu este îndeplinită, trebuie să se revină asupra temei, în sensul măririi programului de producție. În același timp trebuie examinate cu atenție posibilitățile de a concentra în cadrul aceluiasi sistem, asamblarea unui număr cât mai mare de produse cu caracteristici funcționale, constructive și tehnologice similare. În condițiile

unei proiectări bazate pe tipizare și unificare, sistemele de asamblare trebuie organizate pe familii și serii unitare de produse. În acest caz calculul locurilor de muncă se calculează cu formula:

$$L = \frac{\sum_{i=1}^m n_i \cdot t_i}{F} \quad (8.46)$$

în care n_i și t_i reprezintă cantitățile și timpii de asamblare pentru fiecare din cele m produse diferite.

Pentru calculele de alegere a variantei de organizare tehnologică a asamblării se poate folosi abace sau nomograme, cu care se determină atât numărul de locuri de muncă L pentru diferite valori n și t , cât și capacitatea de producție și serie minimă de produse pentru care devine posibilă organizarea asamblării pe principiul diviziunii operațiilor.

Capacitatea de producție a sistemului de asamblare, definită prin numărul de produse care trebuie montat în unitatea de timp este dată de una din relațiile:

$$\theta = \frac{n}{F} \quad \text{sau} \quad \theta = \frac{L}{t} \quad (8.47)$$

Mărimea θ definită ca mai sus, reprezintă capacitatea nominală a sistemului de asamblare; capacitatea reală a acestuia depinde de randamentul liniei:

$$\theta_r = \delta \theta \quad (8.48)$$

Tacul de asamblare, respectiv intervalul de timp la care produsul părăsește sistemul de asamblare este:

$$r = \frac{1}{\theta} = \frac{F}{n} \quad \text{sau} \quad r = \frac{t}{L} \quad (8.49)$$

În cazul montării în același sistem a mai multor (m) produse diferite, cu tehnologii și timpi de muncă (t_i) diferiți, din condiția menținerii constante a numărului de locuri de muncă rezultă tactul pentru diferite produse:

$$r = \frac{F \sum_{i=1}^m t_i}{\sum_{i=1}^m n_i t_i} \quad (8.50)$$

În condițiile elaborării unui proiect preliminar, sunt dese cazurile în care timpii de asamblare nu au fost determinați, deoarece tehnologia

detaliată de asamblare nu a fost încă stabilită. În astfel de cazuri se procedează la estimarea timpilor de asamblare, pornind de la cei practicați în industriile pentru produse similare, corecți în funcție de diferențierile constructive pe care le prezintă acestea (de exemplu numărul de reperi). Totodată se ține seama de faptul că prin raționalizarea asamblării manopera scade cu 30...50% față de situația organizării tehnologice staționare nedivizate.

8.3.3. Cutia morfologică caracteristică formelor de organizare tehnologică a asamblării

Principalele caracteristici care definesc o formă de organizare tehnologică sunt clasificate cu ajutorul unei cutii morfologice (tabelul 8.2). Mulțimea traiectoriilor care traversează succesiv toate etajele cutiei morfologice, străbătând câte o singură celulă din fiecare etaj, reprezintă mulțimea formelor posibile de organizare tehnologică a asamblării.

Primul etaj al cutiei morfologice clasifică formele de organizare tehnologică a asamblării în funcție de numărul de produse care se transformă simultan de la un loc de muncă la următorul, operațiile de asamblare aferente executându-se în cadrul aceluiași tact la fiecare loc de muncă. După numărul de produse care se montează „simultan” la același loc de muncă se vorbește despre asamblare individuală sau asamblare în seturi.

Asamblarea în seturi este adoptată numai în cazurile în care dificultăți de manipulare împiedică alimentarea succesivă și continuă a locurilor de muncă cu produse. Așa, de exemplu, pentru asamblarea unor piese fragile la manipulare mecanizată, bucată cu bucată, ar risca să se deterioreze, se folosesc palete format casetă, care se încarcă la capătul liniei de asamblare cu un număr determinat de piese și subansamble. În continuare, de-a lungul liniei, casetele sunt manipulate mecanizat de la un loc de muncă la altul.

Tabelul 8.2. *Organizarea tehnologică a asamblării (cutie morfologică)*

I	Numărul de produse montate simultan	1		
II	Mișcarea de avans a produselor	fără	intermitentă	continuuă
III	Mișcarea muncitorilor	fără		de la un loc de lucru la altul

I	Numărul de produse montate simultan	1		1
IV	Nivelul de mecanizare și automatizare	manual	mecanizată	automatizat
V	Tactul	liber		reglementat
VI	Înlănțuirea	fără	liberă	rigidă

Următoarele două etaje ale cutiei fac distincție între cele două forme de bază ale organizării tehnologice a asamblării staționare și asamblarea glisantă. În cazul asamblării staționare produsul stă pe loc iar echipele de muncitori, specializate pe operații, se deplasează de la un produs la următorul. În cazul asamblării glisante produsul se deplasează de la un loc de muncă la altul iar muncitorii stau pe loc. Pentru organizarea asamblării glisante se concepe o linie de asamblare, respectiv o succesiune de posturi de asamblare, legate printr-un mijloc de transport.

Alegerea asamblării staționare sau a asamblării glisante reprezintă una dintre cele mai importante opțiuni care trebuie exercitate la abordarea unui proiect de organizare tehnologică a asamblării.

În general, asamblarea glisantă prezintă însemnate avantaje față de asamblarea staționară și anume:

- diminuarea eforturilor fizice ale muncitorilor;
- condiții favorabile pentru executarea mecanizată și automatizată a operațiilor;
- eliminarea timpului care se consumă prin deplasarea de la un produs la următorul;
- diminuarea suprafețelor de lucru.

Al patrulea etaj al cutiei clasifică formele de organizare tehnologică a asamblării în funcție de nivelul de automatizare a operațiilor, definind cele trei nivele uzuale; (1) – manual; (2) – mecanizat; (3) – automatizat. În realitate, în cadrul oricărei linii de asamblare, se întâlnesc locuri de muncă la nivele diferite de mecanizare și automatizare; pe fiecare dintre acestea se execută, în măsură mai mică sau mai mare, operații manuale, mecanizate sau automatizate. Alegerea nivelului de automatizare comportă o analiză tehnico-economică amănunțită în cadrul căreia se compară cei doi factori de bază ai eficienței și anume:

- posibilități tehnice de realizare mecanizată sau automatizată a operațiilor în cauză și costul echipamentelor respective;

- posibilități de reducere a costurilor operațiilor de montaj prin mecanizare și automatizare.

În cadrul unor linii de asamblare moderne mecanizarea prin intermediul sculelor și dispozitivelor acționate mecanic, pneumatic sau electric se impune pentru toate operațiile care necesită efort fizic, sau a căror calitate depinde de mărimea efortului depus de muncitor.

În ceea ce privește adoptarea asamblării automate, oportunitatea acesteia trebuie analizată cu grijă, deoarece succesul automatizării depinde de un număr mare de condiții care trebuie îndeplinite simultan. Aceste condiții sunt în esență următoarele:

- nivelul producției trebuie să fie suficient de ridicat, pentru a permite amortizarea costurilor relativ mari ale automatelor de asamblare; o producție de circa 60 buc/oră este apreciată ca prag minim;

- produsul trebuie să fie suficient de „matur” ca să nu se implice riscul unor modificări constructive de natură să modifice tehnologia de montaj, deoarece automatele de montaj au un grad ridicat de rigiditate; totodată produsul trebuie să fie suficient de „nou” pentru a avea în față perspectiva menținerii lui în producție timp de mai mulți ani;

- construcția produsului și a pieselor componente trebuie să fie corespunzătoare pentru manipularea și asamblarea automată;

- nivelul calitativ al producției trebuie să asigure înscrierea tuturor pieselor, în mod constant, în toleranțele dimensionale și de formă prescrise.

Trecerea la asamblarea automată fără îndeplinirea acestor condiții constituie o greșală mai costisitoare decât adoptarea prudentă a unui nivel de automatizare inferior posibilităților reale.

Al cincilea etaj al cutiei morfologice face distincția între sistemele de montaj cu tact liber și cu tact reglementat. Adoptarea tactului reglementat are avantajul unei productivități garantate și care poate fi variată în timpul zilei pe baza unui program care ține seama de gradul de oboseală a muncitorilor. În schimb, apare tendința de stabilizare a productivității muncii individuale la nivelul determinat de tact. Adoptarea tactului liber înlătură acest dezavantaj.

Ultimul nivel al cutiei morfologice se referă la gradul de înlănțuire a operațiilor în cadrul sistemelor de asamblare. Înlănțuirea rigidă, realizată prin trecerea directă a produsului de la o operație la alta, fără stocuri tampon intermediare, reprezintă soluția care asigură cele mai scurte cicluri de asamblare, cu imobilizări minime în producție neterminată. În schimb,

înlănțuirea rigidă impune o bună sincronizare a operațiilor, precum și o mare siguranță de funcționare a fiecărui post în parte. Ținând seama de aceste inconveniente există tendința diminuării rigidității în înlănțuirea operațiilor de asamblare prin introducerea din loc în loc a unor stocuri tampon.

Alegerea formei de organizare a asamblării

Odată determinate numărul locurilor de muncă și tactul, alegerea formei de organizare a asamblării poate fi făcută folosind cutia morfologică din fig. 8.32, în care se ține seama de șase criterii principale și anume:

		A	B	C
1	Timp de montaj	foartescurt (sec)	mediu (min.)	lung (ore)
2	Capacitate	< 1 buc/oră	$1 < \theta < 60$	> 60 buc/oră
3	Nr. de locuri de lucru	≤ 3	$3 < L < 16$	> 16
4	Condiții de sincronizare a operațiilor	nerrealizabile	posibile	bune
5	Masa sau volumul produsului	mare	mediu	mic
6	Condiții de deplasare a produsului	grele	mijlocii	ușoare

LEGENDA

Dacă intervine oricare din condițiile se adoptă asamblare staționară

Dacă toate cele 6 condiții cad în se adoptă asamblare glisantă

Dacă toate cele 6 condiții cad în sau se ia în considerare asamblare automată

Fig. 8.32. *Cutia morfologică pentru alegerea formei de organizare a asamblării*

1. timpul de asamblare;
2. tactul de asamblare;
3. numărul de locuri de muncă;
4. condițiile de sincronizare a operațiilor;
5. masa sau/și volumul produsului;
6. condițiile de deplasare a produsului.

Ca în orice cutie morfologică fiecare caz posibil este reprezentat de o traiectorie care trece prin câte o celulă din fiecare din cele 6 etaje. O astfel de traiectorie poate fi reprezentată printr-un cub cu 6 poziții folosind literele A, B sau C corespunzătoare coloanelor cutiei. Așa de exemplu, un proces de montaj la care timpul total este de 30 minute, cu un tact de 10 buc/oră, cu 5 locuri de muncă și cu operații sincronizabile, produsul de montaj fiind de volum mic și ușor deplasabil, se notează cu BBCC. Zonele diferitelor

forme de organizare a asamblării sunt indicate în fig. 8.32. Astfel, asamblarea staționară rezultă a fi mai oportună numai în cazurile în care este nevoie de numai 1...3 locuri de muncă iar produsul este greu deplasabil. În toate celelalte cazuri se adoptă montajul glisant. Asamblarea automată se ia în considerare la tacturi scurte (sub un minut) atunci când există posibilități de sincronizare a operațiilor și când produsul poate fi deplasat relativ ușor.

Corelarea cu caracteristicile sistemului de asamblare care rezultă din cutia morfologică reprezentată în tabelul 8.2 se face cu ajutorul matricilor din tabelul 8.3 și tabelul 8.4.

Tabelul 8.3. *Asamblarea staționară*

Codul						Mișcarea muncitorilor	Nivel de mecanizare și automatizare
1	2	3	4	5	6		
A	C	B	C	C	B	Fără muncitor	Automat
A	C	C	C	C	C		
A	A	A	A	C	B	Muncitor unic staționar	Mecanizat
A	B	A	B	C	C		
B	A	A	A	A	A	Echipă unică deplasându-se de la un produs la altul	Mecanizat
C	B	A	B	B	B		
B	A	B	A	A	A	Echipe specializate care deplasează de la un produs la altul	Mecanizat
C	B	C	B	B	A		

Tabelul 8.4. *Asamblarea glisantă*

Codul						Înlănțuirea	Mișcarea de avans a produsului	Tactul	Nivelul de mecanizare și automatizare	Modul de transport
1	2	3	4	5	6					
B	A	B	A	A	E	Liberă	Intermitentă	Liber	Manual și mecanizat	Pod rulant și stivuitor
C	A	A	A	A	C					
B	A	B	A	B	B	Liberă	Intermitentă	Liber	Mecanizat	Cărucior special
C	A	C	A	B	C					
B	A	B	A	C	B	Liberă	Intermitentă	Liber	Mecanizat	Manual în containere
C	A	C	A	C	C					
B	B	B	A	B	B	Liberă	Continuă	Liber	Mecanizat	Conveior sau transportor
C	B	C	A	B	C					
B	B	B	B	B	B	Rigidă	Continuă	Liber sau reglementat	Mecanizat	Bandă
C	B	C	C	C	C					
B	B	B	A	B	B	Rigidă	Continuă și intermitentă	Reglementat	Mecanizat	Conveior sau transportor
C	C	C	C	A	C					

0	1	2	3	4	5
B B B B B B C C C C B C	Rigidă	Intermitentă	Reglementat	Automat	Transportor
B B B B C B C C C C C C	Rigidă	Intermitentă	Reglementat	Automat	Dispozitiv de transfer cu indexare

Tabelul 8.3 se referă la asamblarea staționară. Forma superioară de organizare a asamblării staționare aplicată la produse complexe de volum mare, greu transportabile, ca de exemplu utilaje tehnologice grele, nave, mașini grele pentru construcții ș.a., se bazează pe construirea echipelor specializate pe operații care se deplasează de la un produs la altul. Echipa unică se admite numai dacă volumul de producție poate fi realizat de 2-3 muncitori. Un caz aparte îl constituie produsele relativ simple, cu timp foarte scurt de montaj; întrucât diviziunea operațiilor nu este posibilă dacă tactul este suficient de mic, trecerea la asamblarea automată se impune. La tacturi mai mari nu se recomandă asamblarea staționară mecanizată.

Matricea din tabelul 8.4 se referă la asamblarea glisantă. În toate cazurile în care tactul este relativ mare, mișcarea de avans a produsului se face intermitent. La tacturi mai mici se pot adopta sisteme cu mișcare continuă, înlănțuirea fiind liberă acolo unde nu este posibilă sincronizarea operațiilor și tinzând să devină rigidă dacă operațiile se pot echilibra. În acest din urmă caz se impune un tact reglementat. În fine, dacă capacitatea depășește pragul de 60 buc/oră, este obligatorie analiza posibilităților de a se trece la asamblarea automată.

Bineînțeles că opțiunile care rezultă din cele două matrice din fig. 8.3 și 8.4 trebuie admise doar ca soluții preliminare, o decizie fermă urmând a fi luată după o analiză minuțioasă în cadrul proiectului tehnologiei de asamblare. Este de subliniat în încheiere marea varietate a soluțiilor posibile, ceea ce impune analiza comparativă a variantelor.

8.3.4. Proiectarea tehnologiei de asamblare

8.3.4.1. Schema logică a procesului de proiectare

Proiectarea tehnologică de asamblare urmează metodologia cunoscută a proiectării tehnologice și introducerii procedeele tehnologice noi în construcția de mașini. Fazele importante ale procesului sunt:

- anteproiect;
- cercetare-experimentare;
- proiect de execuție;
- aplicare.

În fig. 8.33 se prezintă schema logică a desfășurării proiectului. Se pornește de la datele de bază ale oricărui proiect tehnologic și anume:

- documentația constructivă a produsului;
- programul de producție;
- tehnologia actuală.

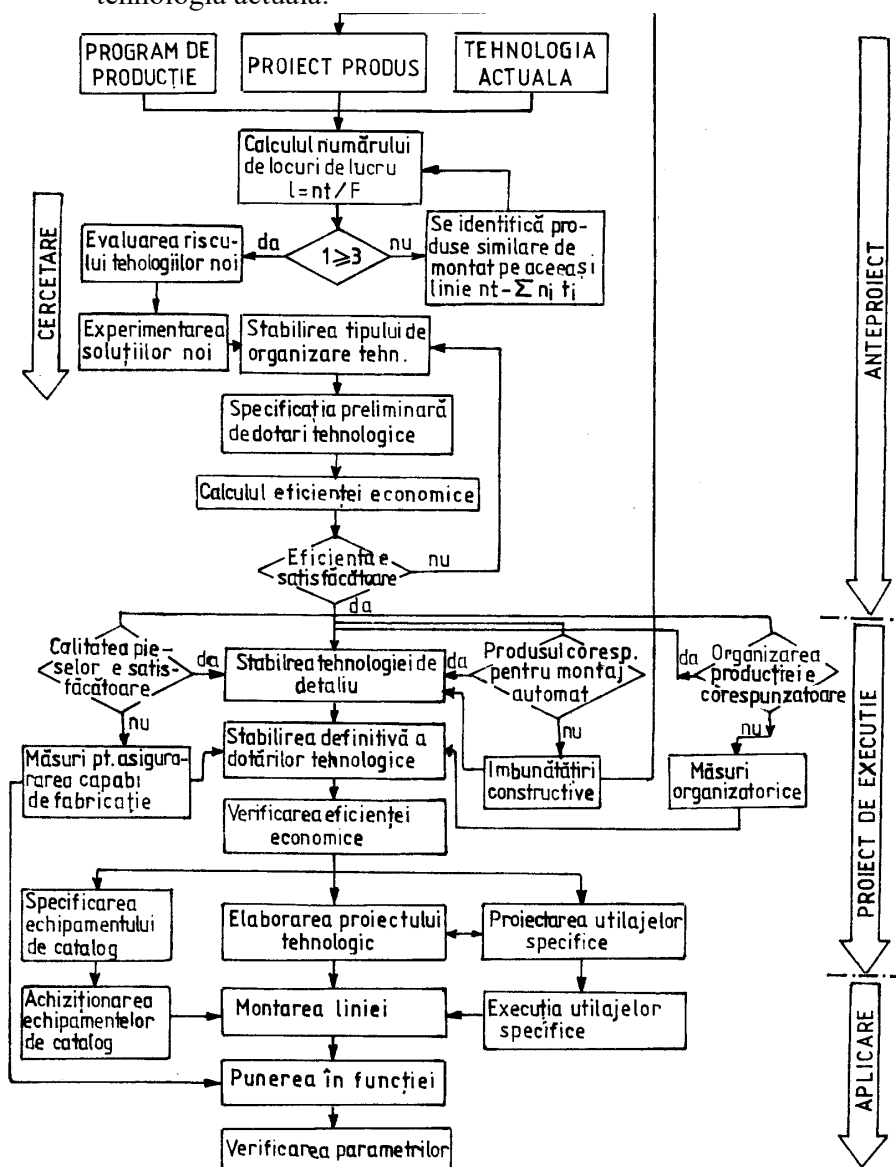


Fig. 8.33. Schema logică a desfășurării proiectului

În faza de anteproiect se face calculul preliminar al numărului de locuri de lucru după metodologia expusă în paragraful precedent. În toate cazurile, dar mai ales atunci când rezultă posibilități reduse de diviziune a operațiilor (L mic), trebuie să se dea o atenție deosebită identificării produselor similare care ar putea fi montate pe aceeași linie de asamblare. Se continuă cu stabilirea formei de organizare tehnologică a asamblării, folosind cutia morfologică din fig. 8.32 și matricile din tabelul 8.3 și 8.4. Cunoscând astfel structura viitoarei linii de asamblare, este posibilă elaborarea specificației preliminare a dotărilor tehnologice, inclusiv precizarea listei de echipamente specifice, care trebuie proiectate special pentru cazul considerat. Pe baza evaluării costurilor pentru dotare și a cheltuielilor pentru manoperă, care rezultă din numărul de locuri de muncă al liniei, se calculează eficiența economică a proiectului, exprimată de regulă prin termenul de recuperare a investiției. Dacă rezultă un nivel nesatisfăcător de eficiență, respectiv un termen de recuperare apropiat de durata preliminară de menținere în fabricație a produsului, soluțiile prevăzute trebuie reluate, acționând atât asupra tehnologiei, cât și, în limita posibilităților, asupra programului de fabricație.

În numeroase cazuri mecanizarea și, mai ales, automatizarea montajului unui produs presupune rezolvarea unor probleme tehnologice noi. Acestea se pot referi la: (1) natura procedurilor de asamblare folosite (de exemplu trecerea la îmbinarea prin sertizare în locul unei îmbinări prin înșurubare, aplicând unui procedeu nou de asamblare prin sudare s.a.); (2) manipularea automată a unor piese cărora nu li se cunosc în măsură suficientă caracteristicile de manevrabilitate; (3) modalitățile de control ai procesului și de reglare a ansamblelor realizate ș.a. În toate aceste cazuri este necesară abordarea unor livrări de cercetare care trebuie finalizate, pe cât posibil, înainte de încheierea anteproiectului, astfel încât aprobarea parametrilor de bază și adoptarea hotărârii de trecere la fazele următoare să implice un minimum de risc. Evaluarea cât mai corectă a soluțiilor care comportă riscuri și stabilirea, pe această bază, a cercetărilor experimentale necesare punerii la punct a soluțiilor constituie unul dintre cei mai importanți factori pentru asigurarea succesului proiectului. Programele respective de experimentare trebuie conduse în așa fel încât la elaborarea proiectelor de execuție a echipamentelor tehnologice să se dispună de toate datele necesare. În cazul acestor lucrări se procedează de obicei la modelarea în laborator a operațiilor, folosind dispozitive experimentale, astfel încât să se reproducă cât mai exact condițiile reale de lucru din linia industrială. Experimentările trebuie repetate pe un număr suficient de piese pentru a putea determina statistic siguranța în funcționare a dispozitivelor.

Un volum mare de experimentări este necesar pentru punerea la punct a operațiilor de manipulare, alimentare, ordonare, orientare, evacuare la piese ale căror forme nu se pretează la aplicarea unor procedee clasice.

8.3.4.2. Proiectul de execuție

Elaborarea proiectului de execuție implică stabilirea tehnologiei de detaliu, cuprinzând schema de asamblare și diviziunea operațiilor. Schema de asamblare prezintă succesiunea operațiilor de asamblare, pornind de la repere, continuând cu realizarea subansamblelor de diferite ranguri și sfârșind cu realizarea produsului. Un mod sugestiv de prezentare a schemei de asamblare este arătat în fig. 8.34 în care, în coloana din stânga sunt înscrise reperele componente ale produsului, extrase din nomenclator sau din cartușele desenelor de ansamblu. În coloanele următoare sunt înscrise diferitele subansamble care se realizează pe parcursul operațiilor de asamblare și care trebuie să corespundă în principiu cu desenele de subansamble din documentație; subansamblele de același rang se înscriu în aceeași coloană. Operațiile de asamblare sunt reprezentate cu simbolurile din fig. 8.1.

		A	B	C	
1	Timp de montaj	foartescurt (sec)	mediu (min)	lung (ore)	
2	Capacitate	< 1 buc/oră	1 < θ < 60	> 60 buc/oră	Dacă intervine oricare din condițiile
3	Nr. de locuri de lucru	≤ 3	3 < L < 16	> 16	Dacă toate cele 6 condiții cad în
4	Condiții de sincronizare a operațiilor	nerealizabile	posibile	bune	Dacă toate cele 6 condiții cad în
5	Masa sau volumul produsului	mare	mediu	mic	
6	Condiții de deplasare a produsului	grele	mijlocii	ușoare	

LEGENDA

- se adoptă asamblare staționară
- ▨ se adoptă asamblare glisantă
- ▩ sau ▧ se ia în considerare asamblare automată

Fig. 8.34. Schemă de asamblare

Pornind de la schemă se trece la calculul timpului de muncă pentru fiecare operație (v. 8.3.7) și, în paralel, la repartizarea pe locuri de muncă și sincronizarea timpilor de asamblare. Repartizarea definitivă a operațiilor pe locuri de muncă, sculele și dispozitivele necesare pe fiecare loc de muncă

pentru executarea acestor operații se înscriu în „planul de operații de asamblare” care reprezintă o parte principală a proiectului tehnologiei de asamblare.

Se poate trece acum la calculul definitiv al eficienței economice în comparație cu datele din proiectul preliminar și dacă rezultatele sunt favorabile, se abordează proiectarea utilajelor specifice, în paralel cu precizarea specificației pentru echipamentele de catalog. La proiectarea utilajelor este necesar să se țină seama de rezultatele cercetărilor experimentale efectuate pentru punerea la punct a procedeelelor și dispozitivelor care se aplică pentru prima dată.

Ultima fază a proiectului este execuția utilajelor specifice, instalarea și punerea în funcțiune a întregii linii de asamblare, care trebuie să se desfășoare sub supravegherea atentă a proiectantului. Această fază se încheie prin verificarea exploatării liniei la parametrii proiectați pe o anumită perioadă de timp.

8.3.4.3. Condiții de exploatare

În paralel cu desfășurarea ultimelor două faze ale proiectului este necesar să se acționeze pentru crearea condițiilor exterioare necesare mecanizării și automatizării asamblării. Practic, vor trebuie verificate și puse la punct următoarele condiții:

1. Condiția privind concepția constructivă

Produsul corespunde din punct de vedere constructiv cerințelor tehnologice ale asamblării mecanizate și automatizate.

2. Condiția de calitate a pieselor

Tehnologia de obținere a pieselor componente asigură nivelul calitativ necesar pentru asamblarea mecanizată și automatizată.

3. Condiția organizatorică

Din punct de vedere organizatoric sunt create condiții pentru desfășurarea rațională a asamblării.

Modul de analiză a îndeplinirii acestor condiții și măsurile de realizare a lor au fost prezentate în capitolul 8.2. Menționarea lor în contextul procesului de elaborare a proiectului de asamblare atrage numai atenția asupra necesității corelării în timp a lucrărilor pentru punerea la punct a acestor trei condiții.

8.3.4.4. Exemple practice

Pentru exemplificarea metodei de lucru expuse se prezintă în continuare două exemple practice, la nivel de studiu preliminar. Se arată

modul de calcul al parametrilor de bază, schemele de asamblare și evaluare preliminară a costurilor de dotare. Modul de calcul a duratei de recuperare a investiției este aplicat la exemplul 1.

Exemplul 1. Produs: mecanism de antrenare tipizat pentru ștergător parbriz

1. Datele de bază

Program de producție	$n = 140000$ buc/an
Număr de schimburi	$i = 2$
Fond de timp nominal	$F_n = 4912$ ore/an
Grad de încărcare a utilajului	$\eta = 0,85$
Fond de timp efectiv	$F = 4190$ ore /an
Timp de asamblare:	
-actual:	$t_o = 29$ min/buc
-proiectat:	$t_1 = 8,9$ min/buc
Număr de locuri de muncă:	$L=(n \cdot t_1)/(F \cdot 60)=(140000 \cdot 60)/4190=5$
Capacitatea:	$\theta = n/F = 140000/4190 = 33,5$ buc/oră

Alegerea formei de organizare a asamblării se face conform matricei:

1	2	3	4	5	6
B	B	B	C	C	C

Se adoptă asamblarea pe transportor cu bandă cu stocuri între operațiile, mers continuu și operații mecanizate.

Schema de montaj este dată în fig. 8.35.

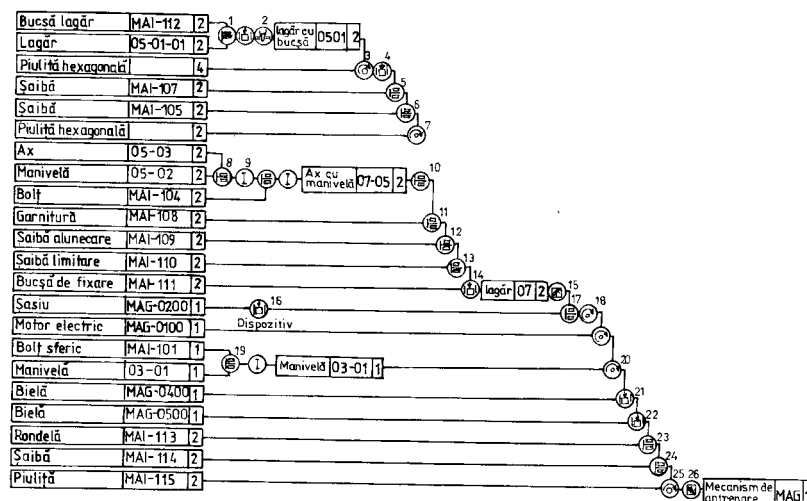


Fig. 8.35. *Schema de asamblare*

2. Repartizarea operațiilor pe posturi

Nr. post	Operații/post	Norma de timp, min	Număr de posturi identice x număr de muncitori
1	1+2	1,8	1 x 1
2	3+4+5+6+7	1,8	1 x 1
3	8+9+10+11+12+13+14+15+19	1,9	1 x 1
4	16+17+18+23+24+25	1,9	1 x 1
5	20+21+22+26	1,6	1 x 1
TOTAL:		8,9	

3. Lista preliminară de utilaje

Nr. crt.	Denumire	Buc.	Valoare, mil. lei		
			Proiectare	Execu-tare	Total
1	Presă dublă	1	20	60	80
2	Mașină de alezat cu 2 capete	1	40	80	120
3	Mașină de înșurubat fixă	1	5	30	35
4	Presă	1	20	50	70
	Mașină de nituit cu alimentator				
5	Presă	1	20	80	100
	Dispozitiv de îndreptat	1	20	50	70
	Mașină de înșurubat	1	10	20	30
	Stand de probe	1	5	30	35
		1	50	200	250
	Paletă	5	10	50	60
	Mese de lucru tip	5	20	30	50
	Bandă de asamblare	1	80	120	200
	TOTAL	20	300	800	1100

Exemplul 2. *Produx:* Filtru de ulei pentru automobilul „DACIA 1300”

1. Datele de bază

Program de producție
 Număr de schimburi
 Fond de timp nominal

$n = 500000$ buc/an
 $i = 2$
 $F_n = 4912$ ore/an

Grad de încărcare a utilajului $\eta = 0,85$
 Fond de timp efectiv $F = 4175$ ore /an
 Timp de asamblare:
 -actual: $t_0 = 15$ min/buc
 -proiectat: $t_1 = 8$ min/buc
 Număr de locuri de muncă: $L=(n \cdot t_1)/(F \cdot 60)=(500000 \cdot 60)=16$
 Capacitatea: $\theta = n/F = 500000/1475 = 160$ buc/oră

Alegerea formei de organizare a asamblării se face conform matricei:

1	2	3	4	5	6
B	C	C	B	B	B

Se adoptă asamblarea pe transportor cu bandă cu stocul între operații, mers continuu și operații mecanizate.

Schema de asamblare este dată în fig. 8.36.

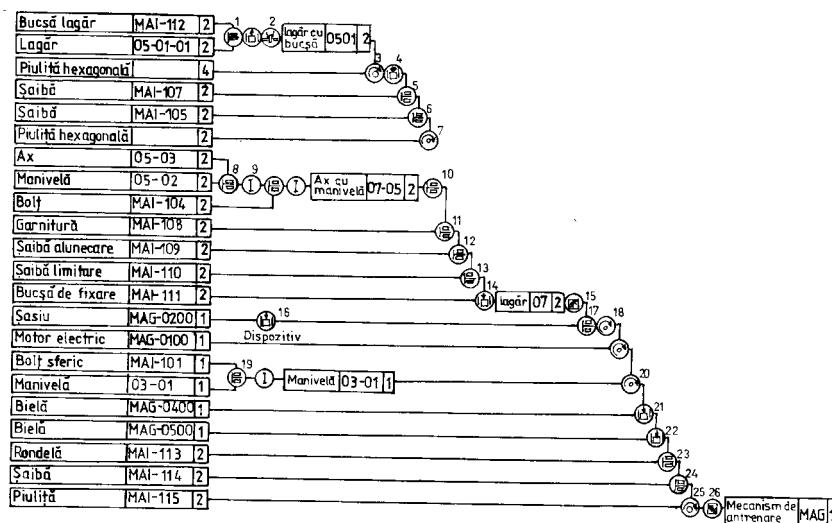


Fig. 8.36. Schema de asamblare

2. Repartizarea operațiilor pe post:

Nr.post.	Operații/post	Norma de timp, min	Număr de posturi identice x număr de muncitori
1	1+2	0,5	1 x 1
2	3	0,5	1 x 1
3	4	0,5	1 x 1
4	5+6	0,5	1 x 1
5	7+8+9+10	0,5	1 x 1
6	11	0,5	1 x 1
7	12	0,5	1 x 1
8	13	0,5	1 x 1
9	14+15	1	2 x 1
10	16+17+18	1	2 x 1
11	19	0,5	1 x 1
12	20+21+22	0,5	1 x 1
13	23	1	2 x 1

3. Lista preliminară de utilaje

Nr. crt.	Denumire	Buc.	Valoare, mil.lei		
			Proiec- tat	Execu- ție	Total
1.	Mașină specială de sudat multipunct	1			400
2.	Mașină de depus pasta de etanșare	1			86
3.	Cuptor tunel de uscare tip XEXTO	1			44
4.	Masă de montaj	1			1
5.	Masă de montaj	1			1
6.	Presă pneumatică 2,5 kN	1	10	30	40
7.	Mașină specială de bordurat filtrul	1	70	100	170
8.	Masă de montaj	1			1
9.	Stand de probe pneumatice	1	70	180	250
10.	Instalație specială de vopsit	1	100	600	700
11.	Mașină de imprimat serigrafic	1	60	60	120
12.	Cuptor tunel de uscare tip XEXTO	1			42
13.	Masă de montaj	1			1
	Transportor cu bandă	2	20	45	130
TOTAL			3300	1015	1984

8.3.5. Ergonomia asamblării

Ergonomia este o disciplină științifică care studiază problemele interacțiunii omului cu mașina și adaptarea mașinii la om. Ergonomia are ca scop relevarea posibilităților reale ale omului și mașinii și repartizarea rațională a funcțiunilor lor în sistemul om-mașină.

Pornind de la conținutul și scopul ergonomiei, proiectarea ergonomică a tehnologiilor și sistemelor de asamblare trebuie să-și propună ca obiectiv folosirea optimă a posibilităților umane, prin înțelegerea acelor soluții care solicită din partea omului eforturi minime.

În literatura de specialitate se găsesc detaliate principiile și regulile ergonomice valabile și în cazul mecanizării și automatizării asamblării, de aceea în lucrare se prezintă succint numai o parte dintre acestea.

8.3.5.1. Pozițiile și mișcările omului

În vederea asigurării condițiilor de muncă ergonomice, proiectarea și construcția utilajelor de asamblare și a echipamentelor anexe trebuie să țină seama de următoarele:

- munca în poziție șezând mărește precizia și micșorează oboseala;
- pozițiile corpului în ușoară flexiune frontală reclamă un efort minim;
- mișcările brațelor trebuie să se efectueze în sensuri opuse sau simetrice;
- precizia și rapiditatea cu care se realizează operațiile cât și mărimea efortului sunt influențate de înălțimea de lucru, organizarea așezării pieselor și a sculelor în zona de lucru.

8.3.5.2. Organele de comandă ale mașinii

Principalele organe de comandă folosite sunt: butoanele, întrerupătoarele, pârghiile de comandă, pedalele. Pentru a alege un organ trebuie să se respecte următoarele reguli:

- organele de comandă trebuie să fie adaptate funcțiilor și particularităților anatomice ale membrilor;
- organele comandate cu mâna trebuie să se găsească la o înălțime situată între nivelurile cotului și umerilor și sub un unghi de vedere favorabil;
- distanțele între organele de comandă trebuie să fie adaptate particularităților anatomice, respectiv pentru comanda efectuată cu degetele,

între două butoane sau întrerupătoare, trebuie să fie o distanță de cel puțin 15 mm; dacă comanda se execută cu mâna întreagă, această distanță minimă trebuie să fie de 50 mm;

- pentru operațiile care nu cer efort, dar de o mare precizie, trebuie să se prefere butoanele de apăsat, întrerupătoarele basculante sau butoane rotative, atât pentru reglaje discontinue, cât și pentru cele continue;

- pentru operațiile care cer un efort mai important, dar care reclamă o precizie redusă, trebuie să se aleagă pârghiile de comandă, manivele, pedale.

Butoanele de apăsat, ca să fie ușor de recunoscut, pot fi colorate și pot purta indicații.

Întrerupătoarele basculante pot fi folosite pentru două poziții, pornit-oprit-pornit.

Sensul de mișcare este vertical. Dacă sunt amplasate unul alături de celălalt, pot fi manipulate în același timp până la 3...4 întrerupătoare.

La butoanele rotative este important ca acestea să poată fi apucate bine cu degetele, iar diferitele poziții posibile trebuie să fie vizibile în mod clar și în timpul manipulării butonului.

Pârghiile se folosesc în cazul comenzilor continue, de amplitudine mică, cu o fixare precisă, pe o suprafață mică și pentru orice nivel de efort. Pârghiile a căror manevrare necesită forță, trebuie amplasate la înălțimea umerilor (pentru poziția „ ortostatică”) sau a coatelor (pentru poziția „șezând”). Ele trebuie plasate alături de executant și nu drept înaintea lui.

Pedalele sunt folosite pentru eliberarea mâinilor și la comenzi care necesită un efort mai important.

Organele de comandă a căror manipulare este controlată vizual cu ajutorul unui aparat de măsură, trebuie să fie dispuse ținând seama de următoarele reguli:

- scala sau acul trebuie să se rotească în același sens cu cel al organului de comandă;

- o rotire a organului de comandă în sensul acelor de ceasornic trebuie să corespundă unei creșteri, întăriri sau accelerări a mărimii controlate; o rotire a organului de comandă în sens invers acelor de ceasornic trebuie să corespundă unei scăderi, slăbiri sau încetiniri a mărimii controlate;

- gradațiile indicate pe scală trebuie să crească în sensul de rotire a acelor de ceasornic;

- corespondența între un buton de reglaj și scala de măsură cu care se controlează valoarea mărimii reglate prin acest buton trebuie să fie evidentă; cea mai bună așezare este scala sus și butonul de reglaj dedesubt.

8.3.5.3. Ambianța în care se desfășoară munca

În activitatea de producție, în afara efortului fizic sau psihic depus de om, există o serie de factori legați de mediul în care se desfășoară munca, influențând asupra gradului de oboseală.

Dintre aceștia, la asamblarea mașinilor, trebuie luați în considerare, în primul rând următorii factori: iluminatul și confortul vizual, ambianța cromatică, zgomotul și muzica funcțională.

Asigurarea iluminatului și confortul vizual. Cercetările au dovedit că prin ridicarea nivelului de iluminare se obține o creștere a productivității muncii cu circa 5...15% simultan cu reducerea rebuturilor și erorilor de fabricație.

Calitatea luminii depinde de strălucire, intensitate, difuziune, direcție, uniformizarea repartiției și culoare.

Lumina naturală este preferabilă celei artificiale, dar, când este necesar, lumina naturală trebuie înlocuită sau completată cu cea artificială.

În cazul iluminatului fluorescent, trebuie folosite corpuri fluorescente cu mai multe tuburi, cu startere decalate și trifazice, nesincronizate.

Valorile minime ale nivelelor de iluminare sunt recomandate de STAS 6646-90.

Ridicarea nivelului de iluminare cu o treaptă se face în cazurile în care:

- distanța dintre ochi și obiectul observat este mai mare de 0,5 m;
- efortul vizual încordat are loc în mod neîntrerupt pe o durată mai mare de 4 ore;
- obiectele observate sunt în mișcare;
- există pericol mărit de accidente.

Realizarea unei ambianțe cromatice adecvată asamblării.

Statistica rezultatelor aplicării cromaticii uzinale în mai multe țări arată că s-a ajuns la creșteri de producție de 10...15%, scăderi de rebuturi până la 20...25% și reduceri de până la 50% ale numărului de accidente de muncă.

În atelierele de asamblare, suprafețele de lucru, de regulă, se vopsesc în culoare vernil sau albastru deschis. Pentru asamblările mai grosiere se poate utiliza culoarea verde.

În cazul atelierelor unde se execută lucrări fine de montaj, în special de către femei, tavanul se va vopsi în albastru „culoarea cerului”, construcția metalică a acoperișului în alb, puțin albastrui, iar pereții ivoar deschis.

Zgomotul. Efectuarea unor lucrări dificile într-un zgomot ambiant de nivel ridicat, cere eforturi mari și o voință deosebită, având ca efect negativ asupra oamenilor obosirea mai repede, creșterea iritabilității și a nervozității în producție, rezultatul fiind scăderea productivității și creșterea rebuturilor.

Nivelul de zgomot sub 40 decibeli este indicat pentru munci care solicită o concentrare intelectuală deosebită.

Zgomotul între 40...60 decibeli nu are un efect de enervare a omului, acesta putând să execute lucrări de asamblare care-i solicită un efort intelectual de concentrare.

La un zgomot între 60...80 decibeli pot să apară tulburări psihice, deși acesta este considerat un zgomot admisibil în hale de asamblare manuală de precizie medie și pentru asamblarea mecanizată și automatizată.

Muzica funcțională. Din punct de vedere psihologic, muzica poate accentua concentrarea atenției, determină mărirea rapidă a sensibilității și, în general, contribuie la creșterea dinamicii tuturor proceselor psihice.

Muzica funcțională poate reduce mult perioada de acomodare în primele minute ale zilei de lucru, când mișcările lucrătorului sunt încă lente și imprecise, prin activitatea organismului cu melodii vioaie, ritmice.

Ritmul muzicii trebuie să coincidă cu ritmul procesului de producție. Programul trebuie să se reînnoiască în întregime după 2...3 săptămâni.

8.3.5.4. Organizarea timpului de odihnă

Acesta poate fi realizat prin corectarea variațiilor capacității de muncă și deci ale productivității muncii, pe parcursul schimbului de muncă prin introducerea pauzelor, altele decât cele pentru masa de prânz.

Conținutul timpului de odihnă poate fi organizat pentru odihnă pasivă sau poate fi organizat pentru odihnă activă, de exemplu în vederea efectuării unor exerciții de gimnastică adaptate la specificul muncii.

8.3.6. Factorii psihologici în organizarea asamblării

8.3.6.1. Metode de influențare a factorilor psihologici

Paragrafele precedente a tratat problema proiectării tehnologiei de asamblare și în special alegerea unei forme optime de organizare tehnologică a asamblării pornind de la criteriile clasice ale proiectării

tehnologiilor de fabricare. S-a avut în vedere în primul rând folosirea cât mai rațională a forței de muncă, respectiv reducerea maximă a timpului de lucru prestat de muncitori, atât pentru operațiile tehnologice propriu-zise, cât și pentru manipulări. În final, s-au examinat condițiile de reducere la minimum a efortului fizic solicitat muncitorilor, pe scurt, s-a urmărit optimizarea procesului de asamblare din diferite puncte de vedere care au un factor comun: ergonomia. Cercetări mai noi asupra organizării tehnologice a asamblării au demonstrat însă faptul că, în condițiile aplicării corecte a criteriilor ergonomice în proiectarea organizării tehnologice a asamblării, este necesar să se țină seama din ce în ce mai mult de influența pozitivă asupra eficienței producției a unor factori psihologici determinați de considerente independente de tehnologie, ca de exemplu de complexitatea muncii (omul fiind din ce în ce mai atras de munca complexă și din ce în ce mai puțin disponibil pentru o muncă simplă) sau de relațiile dintre om și procesul muncii (omul tinzând din ce în ce mai mult să conducă acest proces în loc să fie un simplu executant).

În literatura de specialitate /39 / s-au fixat unele metode de îmbunătățire a acestor factori sub denumirile de „alternarea muncii” (job rotation), „extinderea muncii” (job-enlargement), „îmbogățirea muncii” (job-enrichment) și „structurarea muncii” (work structuring).

Prin alternarea muncii (alternarea operațiilor) se înțelege schimbarea sistematică, între ele, a operațiilor alocate diferitelor locuri de muncă, astfel încât muncitorului să-i revină spre execuție toate operațiile prevăzute în procesul de asamblare. Deși sarcinile fiecărui muncitor rămân în continuare limitate la o fracțiune bine determinată din întregul proces, conținutul de ansamblu a muncii sale se amplifică considerabil. Se realizează de fapt o „policalificare” a muncitorilor din linia de montaj, care se pot oricând înlocui reciproc.

Extinderea muncii se realizează prin alocarea fiecărui loc de muncă a unui număr sporit de operații asemănătoare, măbind în mod corespunzător tactul; practic se concentrează pe un singur loc de muncă operațiile efectuate anterior pe câteva locuri de muncă. Efectul pozitiv constă în diminuarea monotoniei lucrului și în libertatea mai mare pe care o are muncitorul de a-și raționaliza modul de lucru corespunzător particularităților sale fizice și de temperament. Astfel unele reglementări recomandă ca la proiectarea liniilor noi de asamblare să se tindă spre tacturi nu mai mici de 1,5 min.

Diversificarea muncii în așa fel încât unui loc de lucru să i se atribuie sarcini complexe, care implică nu numai execuția unor operații, ci

și răspunderea pentru calitate, productivitate, metode de lucru, poartă denumirea de *îmbogățire a muncii*. Spre deosebire de alternarea și de extinderea muncii, îmbogățirea muncii implică o modificare structurală a organizării tehnologice a asamblării, precum și a mijloacelor folosite pentru mecanizarea și automatizarea acestuia.

În fine, prin *structurarea muncii* se înțelege adoptarea unei organizări a activității de asamblare pe principiul colectivelor de muncă autonome, în cadrul cărora să se poată valorifica în mod maximal inițiativa creatoare a muncitorilor și să se poată afirma cu maximă eficiență capacitatea de muncă și dorința de afirmare a fiecărui muncitor în parte.

8.3.6.2. Aplicații practice

Un exemplu tipic de „îmbogățire a muncii” îl poate constitui experiența unei fabrici de aparate electrocasnice, la care montajul se poate efectua pe 14 benzi de montaj /39/. În prima etapă s-a procedat la „extinderea muncii” prin reducerea numărului de locuri de muncă pe fiecare bandă cu circa 30%. În a doua etapă s-a trecut la organizarea asamblării pe posturi de muncă individuale. Se afirmă că, în a doua etapă, timpul total de asamblare s-a redus cu circa 15%, pe seama reducerii timpului de manipulare a pieselor și sculelor, iar cheltuielile globale de asamblare (manoperă, scule, suprafețe de lucru) s-au redus cu 10,5%. Alte reduceri de cheltuieli au rezultat prin îmbunătățirea calității produselor. În același timp a crescut flexibilitatea programelor de producție.

Exemplul cel mai cunoscut de aplicare a „structurării muncii” aparține producătorului suedez de autoturisme VOLVO. În noua fabrică de la Kalmar, pusă în funcțiune în 1974, 600 de muncitori montează 30000 de autoturisme pe an. Montajul este repartizat unor colective de 15-20 muncitori, fiecare răspunzând de o grupă de operații corelate funcțional, ca de exemplu: instalația electrică, echiparea interioară, montarea aparatelor etc. Fiecare colectiv dispune de un atelier propriu, cu acces direct la distribuția de materiale, în care se poate lucra simultan la șase autovehicule. Amplasamentul neobișnuit al spațiilor de muncă (fig. 8.37) rezolvă înlănțuirea rațională a atelierelor, cu zone tampon pentru șase autovehicule, între ele, fiecare atelier rămânând totuși o unitate relativ izolată, cu un grup sanitar propriu. Transportul interoperații se face cu cărucioare electrice cu acumulatori. Programarea deplasărilor ca și adoptarea lucrului staționar sau în mișcare, repartizarea operațiilor pe muncitori, sunt la alegerea echipei. Tactul este de 3 min.

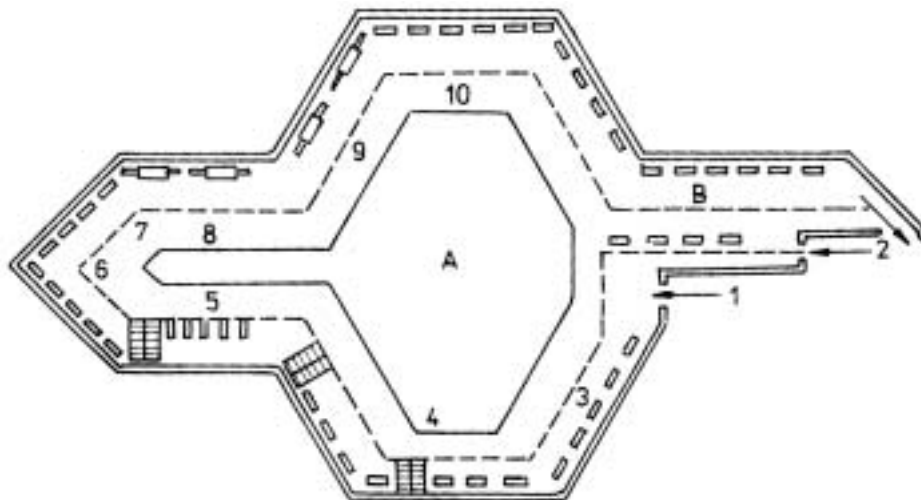


Fig. 8.37. **Plan general al secției de montaj final la fabrica Kalmar a firmei Volvo:** A-montaj subansamble și depozite; B-recepția finală; 1-intrarea materialelor; 2-întrarea caroseriilor; 3- șasiu; 4-frâne și roți; 5- motor; 6-scaune și interior; 7-teste de punere în funcțiune; 8-probe funcționale; 9-reglaj mecanic; 9-remanieri la șasiu

După trei ani de aplicare a proiectului, rezultatele consemnate de un grup de specialiști din afara întreprinderii sunt următoarele:

- investiția a fost cu circa 10% mai mare decât la o linie de asamblare convențională;
- ritmul de muncă este practic egal cu cel de la fabrica principală;
- calitatea producției este practic aceeași ca la celelalte uzine Volvo;
- se aplică pe scară largă rotația muncii, care este preferată de muncitori, totuși nu poate fi vorba de o sporire apreciabilă a libertății pe care o au aceștia de a-și alege ora de pauză sau de a-și organiza munca în mod diferit, din cauza controlului efectuat prin computer asupra procesului de asamblare și a necesității unei discipline tehnologice ferme;
- condițiile de muncă sunt apreciate ca bune, există totuși posibilități de ameliorare, în special în legătură cu dificultățile de acces la unele operații, ceea ce ar necesita o mai bună studiere a proiectelor din acest punct de vedere;
- ponderea absențelor a fost de 14% la fabrica nouă față de 19,2%;

- opririle de producție sunt relativ reduse; s-a atins un grad de eficiență de 96%;

- întreprinderea se adaptează mai ușor la schimburile intervenite în construcția produsului sau în programul de fabricație, dar acest spor de flexibilitate nu poate fi evaluat.

Examinând aceste rezultate, apare surprinzător faptul că, deși s-a renunțat la conveiorul clasic de asamblare și la diviziunea avansată a muncii, manopera pe produs nu s-a micșorat. În aceasta constă desigur efectul direct al ambianței favorabile de lucru asupra productivității muncii. Este de subliniat, de asemenea, reducerea absențelor și sporirea, pe această cale, a gradului de utilizare a sistemului de asamblare, ca urmare a aprecierii pozitive de către muncitori a condițiilor de muncă create.

8.3.6.3. Recomandări privind creșterea complexității muncii în sistemele de asamblare

Ideile expuse confirmă unele măsuri practice de natură să îmbunătățească eficiența sistemelor de asamblare, acționând asupra factorilor psihologici care influențează productivitatea individuală a muncii. Dacă aplicarea alternării și a extinderii muncii se poate face menționând o organizare tehnologică convențională, îmbogățirea și structurarea muncii presupune o organizare complet nouă a spațiului de producție. Totodată trecerea la aceste forme implică angajarea puternică a colectivelor de muncitori în activități care depășesc sfera operațiilor de execuție pătrunzând în domeniul controlului și organizării muncii.

De aceea prin adoptarea unui sistem de asamblare compus din grupe autonome constituie o opțiune care depășește net latura pur tehnică a procesului de producție, rezultatele fiind favorabile.

8.3.7. Calculul normelor de muncă la asamblare

8.3.7.1. Generalități

Normele de muncă, în cazul lucrărilor de asamblare, se exprimă sub forma normelor de timp sau a normelor de producție.

Normele de producție se utilizează de regulă în cazul producției de masă sau de serie mare, mai ales la producția cu ritm reglementat pe bandă, la care operațiile sau lucrările se repetă în mod frecvent, pe o perioadă mai lungă de timp.

În cazul lucrului în colectiv (echipă, brigadă) pentru a se cunoaște precis unitatea de măsură la care se referă norma de timp, este necesar a se preciza dacă norma se referă la durata executării operației de întregul colectiv sau la timpul de muncă necesar tuturor executaților individuali din colectivul respectiv. În primul caz se va utiliza expresia de „ore-echipă (brigadă)-normă”, iar în cel de-al doilea caz „ ore-om-normă”.

Normele de timp se stabilesc prin procedeele obișnuite și anume:

a. prin cercetarea analitică a consumului de timp de muncă, procedeu folosit atunci când nu există normative de muncă și destul de rar folosit în cazul operațiilor de asamblare;

b. calculul analitic al necesarului de timp de muncă, pe bază de normative de muncă, norma rezultând din însumarea tuturor categoriilor de timp. Gradul de detaliere al normativelor este dependent de tipul producției (unice, serie, masă); este procedeul cel mai folosit în cazul operațiilor de asamblare;

c. comparația cu norme de timp de muncă, care constă din compararea operației sau lucrării respective cu o operație sau lucrare asemănătoare sau tipizată, pentru care există elaborate norme de muncă; se aplică la asamblarea de unice similare sau la montajul produselor tipizate, dar în serii mici.

Norma de timp de asamblare, cu excepția deservirii mai multor mașini, se calculează cu formula:

$$N_T = \frac{T_{pi}}{n} + T_{op} + T_{dl} + T_{on} = \frac{T_{pi}}{n} + T_u \quad (8.52)$$

în care: N_T este norma de timp; T_{pi} – timpul de pregătire-încheiere; T_{op} – timpul operativ; T_{dl} – timpul de deservire tehnico-organizatorică; T_{on} – timpul de odihnă și necesități firești; T_u – timpul unitar; n - numărul de ansamble de montat.

În continuare se va prezenta numai modul de determinare a timpului operativ, metode practice de elaborare a normativelor și exemple reprezentative de calcul.

8.3.7.2. Timpul operativ (T_{op})

Se determină fie global, fie prin însumarea timpului de bază cu cel ajutător, stabiliți în prealabil separat.

Se pot distinge două situații de calcul al timpului operativ și anume:

- în cazul proceselor mecanizate și automatizate;
- în cazul proceselor manuale și manual-mecanizate.

a. **Calculul timpului operativ în cazul asamblării mecanizate și automatizate.** Pentru stabilirea timpului operativ în cazul lucrărilor mecanizate și automatizate, se aplică următoarea relație de calcul:

$$T_{op} = T_{fu} - (T'_{dl} + T'_{ir}) + t''_b + t''_a = T_{fu} - (T'_{dl} + T'_{ir}) + T''_{op} \quad (8.52)$$

în care: T_{fu} este timpul de funcționare utilă a utilajului; T'_{dl} – timpul de deservire a locului de muncă suprapus cu T_{fu} ; T'_{ir} – timpul de întreruperi reglementate suprapus cu T_{fu} ; t_b – timpul de bază, nesuprapus cu T_{fu} ; t''_a – timpul ajutător, nesuprapus cu T_{fu} ; $T''_{op} = t_b + t_a$ – timpul operativ, nesuprapus cu T_{fu} .

În cazul în care timpul de bază se suprapune integral cu timpul de funcționare utilă a utilajului, atunci evident, relația de mai sus devine:

$$T_{op} = T_{fu} + t_a \quad (8.53)$$

În cazul asamblării automatizate, rolul principal al executantului este de a supraveghea funcționarea utilajului, existând posibilitatea realizării în această perioadă, în bună măsură, a lucrărilor de deservire a utilajului (aprovizionarea cu piese, ungerea utilajului etc.) cât și satisfacerea parțială sau totală a necesităților prevăzute în timpul de odihnă și necesități firești.

De asemenea, în cazul existenței mai multor mașini de montat automatizat, trebuie analizată posibilitatea deservirii de către un executant a mai multor mașini. În acest caz:

$$T_{op} = \frac{T_c}{m}; \quad T_c = (T_{fu} + t_{in} + t_a) = (T_{fu} + t_{in})K_{cm} \quad (8.54)$$

$$m = \frac{T_{fu} + t_{in}}{t_{in} + t_{is} + t_{tr}} \quad (8.55)$$

în care: T_c este durata ciclului de lucru; m – numărul de mașini deservite simultan; T_{fu} - timpul de funcționare utilă; t_{in} – timpul în care executantul intervine, mașina fiind oprită; t_a – timpul de așteptare al mașinii; K_{cm} – coeficientul de așteptare de către mașină pentru a fi deservită, fiind în funcție de coeficientul de ocupare al executantului și de numărul de mașini deservite simultan (valoarea coeficientului K_{cm} se ia din tabele); t_{is} - timpul auxiliar suprapus peste timpul de funcționare utilă în care executantul intervine, dar mașina funcționează; t_{tr} - timpul de trecere de la o mașină la alta, în timpul funcționării acestora.

b. **Calculul timpului operativ în cazul proceselor manuale și manual-mecanizate de asamblare.** Timpul operativ, de regulă, se determină global, pentru timpul de bază și timpul ajutător, cu ajutorul normativelor de timp.

Normativele de timp se pot determina folosind metodele cunoscute de măsurare a timpului prin cronometrare, fotografiere, filmare sau se determină pe baza sistemelor de timpi predeterminați.

Normativele de timp pe mișcări au la bază un același principiu și anume faptul că mișcările necesare pentru executarea fiecărei operații sau lucrări pot fi grupate într-un număr limitat de tipuri (10...30).

Cele mai cunoscute sisteme de timpi predeterminați sunt:

MTM: Method Time Measurement;

WFS: Work factor System;

BTM: Basis Motion Timestudy;

MTA: Motion Time Analysis;

DMT: Dimensional Motion Time.

În cazul operațiilor de asamblare, stabilirea normativelor de timp pe baza timpilor predeterminați este totodată recomandabilă altor metode, datorită următoarelor avantaje:

- aplicarea unor norme ce exprimă consumul de timp necesar pentru executarea operațiilor fără a se recurge la măsurători directe (pasibile de influențe subiective);

- aplicarea acelorași normative, indiferent de secția, întreprinderea sau ramura în care se efectuează;

- creșterea productivității muncii, uneori cu peste 20...30%, chiar la locurile de muncă considerate ca fiind bine organizate, prin defalcarea procesului de muncă în elementele simple și prin analizarea acestora, eliminând distanțele de acționare.

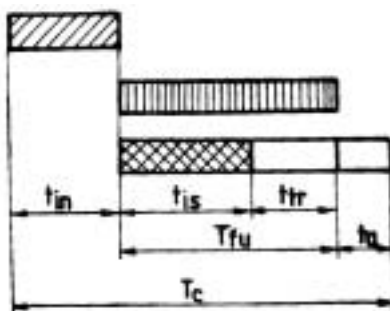


Fig. 8.38. **Structura ciclului de lucru la o mașină**

Se menționează că sistemele de tipul predeterminați nu se aplică în procesele de asamblare în care executantul are poziții de lucru incomode, când viteza mișcărilor este impusă de diverși factori sau depinde în mare măsură de îndemânarea executantului; de asemenea, nu se aplică la lucrările de reglare, la lucrările de asamblare foarte fină în care desfășurarea mișcărilor nu se poate stabili cu exactitate, deoarece efectuarea lor depinde foarte mult de dexteritatea executantului.

În continuare se vor prezenta câteva informații despre sistemul MTM care este cel mai folosit.

Unitățile de măsură folosite în sistemul MTM sunt: cm pentru lungime, kgf pentru greutate; gradul sexagesimal pentru unghiuri; unitățile MTU reprezentând 1/100000 dintr-o oră, pentru timp.

Sistemul MTM se aplică în una din cele trei variante și anume MTM-1, MTM-2 sa MTM-3.

Sistemul MTM-1 cuprinde 24 mișcări de bază, grupate astfel:

- 9 mișcări ale membrelor superioare;
- 2 mișcări ale ochilor;
- 13 mișcări ale corpului și membrelor inferioare.

Cele 24 de mișcări de bază cu denumirea lor în limba română și limba engleză și simbolurile corespunzătoare sunt:

Mișcările de bază ale membrelor superioare:

1. Întinde mâna	Reach	R
2. Deplasează	Move	M
3. Întoarce	Turn	T
4. Rotește manivela	Cranking	C
5. Apucă	Grasp	G
6. Dă drumul	Release Load	RL
7. Aplică presiune	Apply Pressure	AP
8. Potrivește	Position	P
9. Desprinde	Disengage	D

Mișcările de bază ale ochilor:

1. Deplasează privirea	Eye Travel	ET
2. Ațintește privirea	Eye Focus	EF

Mișcările de bază ale corpului și ale membrelor inferioare:

1. Mișcă laba piciorului	Foot Motion	FM
2. Mișcă gamba sau pulpa	Leg Motion	LM
3. Se așează	Sit	SIT
4. Se ridică	Stand form Siting Position	STD
5. Se înclină	Bend	B

6. Se ridică din poziția înclinat	Arise from Bend Position	AB
7. Se apleacă	Stoop	S
8. Se ridică din poziția aplecat	Arise from Stopp Position	AS
9. Îngenunchează	Kneel	K
10. Se ridică din poziția îngenun- chiat	Arise from Kneel Position	AK

Sistemul MTM-2 s-a creat prin gruparea unor secvențe logice de mișcări sau a unor mișcări asemănătoare, într-o singură mișcare, stabilindu-se 9 mișcări de bază.

Cele 9 mișcări cu denumirea în limba română și limba engleză, cu simbolurile corespunzătoare sunt:

Mișcările de bază efectuate cu mâinile:

1. Ia	Get	G
2. Pune	Put	P
3. Aplică presiune	Apply Pressure	A
4. Reapucă	Regrasp	E
5. Rotește	Rank	C

Mișcarea de bază efectuată cu ochii:

1. Potrivește	Eye Motion	E
---------------	------------	---

Mișcările de bază efectuate cu corpul și cu membrele inferioare:

1. Mișcă piciorul	Foot Motion	F
2. Pășește	Step	S
3. Mișcă corpul	Bend and Arise	B

Sistemul MTM-3 conține 4 mișcări de bază, două pentru mișcările mâinilor, una pentru mișcările picioarelor și una pentru mișcările corpului și anume:

1. Manipulează	Handle	H
2. Transportă	Transport	T
3. Pășește	Step	SF
4. Se înclină – se îndreaptă	Bend an Arise	B

Valorile cuprinse în normativele MTM-1 asigură abateri de $\pm 2\%$, normativele MTM-2 asigură abateri de $\pm 5\%$, iar normativele MTM-3 asigură abateri de $\pm 5\%$ la operații cu o durată de circa 10 minute și de $\pm 10\%$ la operațiile cu o durată de 2,5 minute. Sistemul MTM-1 este indicat din punct de vedere economic pentru lucrări de asamblare de serie mare și masă pentru operații de asamblare cu grad mare de repetitivitate. Sistemul MTM-2 este indicat pentru montaje de serie mijlocie, iar sistemul MTM-3 pentru operații de montaj nerepetitive sau de serie mică.

Întocmirea normativelor de timp, cu ajutorul MTM se poate face numai de către persoane care și-au însușit sistemul.

Forma de prezentare a normativelor pentru folosire manuală este tabelară, în funcție de factorii care influențează mărimea timpilor de muncă.

Normativele de timp de muncă determinate cu ajutorul metodei MTM, pe grupe de mânuiri se elaborează cu ajutorul tabelelor normative MTM și cu ajutorul fișelor de analiză de genul celor arătate în tabelul 8.5, în care se arată mișcările executate de fiecare mână, simbolul fiecărei mișcări după MTM-1.

Tabelul 8.5. *Normative de timp*

LUAREA ȘI POZIȚIONAREA ȘURUBULUI FĂRĂ ȘAIBĂ						
Diametrul șurubului, $d > 3$ mm		Distanțe: Poziția inițială a mâinii.. container 40 cm; container locul de asamblare 40 cm				
Activitatea mâinii stângi		TMU				Activitatea mâinii drepte
Descriere	f	Simbol		Simbol	f	Descriere
Întinde mâna la containerul cu piese	1 1	R-C	16,8	R40C	1	Întinde mâna la șurubul din container
Apucă piesa de asamblat	1	G4A	7,3	GIP	1	Apucă șurubul
Deplasează piesa la șurub	1	M-C	18,5	M40C	1	Deplasează șurubul la piesă
Reapucă piesa	1	G2		G2	1	Reapucă șurubul
			21,8	P2SD	1	Potrivește șurubul în gaura piesei de asamblat
			(4,1)	(M6A)	1	Deplasează șurubul în piesa de asamblat
TOTAL			73,5(77,6)			

Cunoscând succesiunea mișcărilor din fișa de analiză, în cazul dat, variabile fiind mișcarea „întinde mâna” R și „deplasează” M, cu ajutorul tabelelor normative MTM pentru diferite distanțe se calculează mărimea timpului exprimat unități MTU.

După aceasta se întocmește tabelul 8.6, obținându-se normativul de timp pentru grupa de mânuiri „Luarea și poziționarea șurubului fără șaibă”. În același mod se întocmesc și tabelele 8.7 și 8.8.

Timpul unitar rezultă din înmulțirea timpului operativ cu un coeficient de corecție K, în funcție de gradul de efort, ale cărui valori sunt prezentate în tabelul 8.9.

8.3.7.3. Exemple de normare a operațiilor de asamblare

Exemplul 1. Mașină de montat automat bujii

- Mașina este compusă din 11 posturi de lucru și un post de evacuare; capacitatea de producție: 1300 buc/oră;
- Deservirea și supravegherea mașinii se realizează de un singur muncitor.

Analizând acest loc de muncă, se constată că:

- alimentarea cu piese a posturilor de lucru, curățirea se face în timpul funcționării utile a mașinii, timpul necesar pentru aceste operații fiind în medie de 1,5 ore/schimb;
- deși mașina este prevăzută cu dispozitiv de protecție, pentru securitate, în timpul funcționării, muncitorul nu are voie să părăsească locul de muncă;
- timpul de întreruperi nereglementate și de intervenție a muncitorului s-a determinat statistic ca fiind de 0,5 ore/schimb;
- numărul orelor de lucru pe schimb = 8 ore.

Norma de timp:

$$N_T = \frac{T_{pi}}{n} + T_{op} + T_{dl} + T_{on} \quad (8.56)$$

Fiind producție de masă T_{pi}/n este neglijată.

$$T_{op} = T_{fu} - (1,5 + 0) + 0 + 0,5 \text{ (se aplică formula de la pct. 8.3.7.2)}$$

$$T_{op} = T_{fu} - 1$$

T_{on} este timpul de odihnă și necesități firești.

Se calculează cu ajutorul valorilor din Studiul Muncii, vol. V	
Efort prin solicitare dinamică	1
Efort prin solicitare statică	0,5
Solicitare neuro-psihică	0,5+0,5
Încordarea organelor de simț	0
Frecvența mișcărilor (I moderată)	0,5
Monotonia muncii (redușă)	0,5
Zgomotul de producție (II ridicat)	0,5
TOTAL	4%

$$T_{on} = 8 \times 4/100 = 0,32 \text{ ore}$$

Înlocuind în formula normei de timp se obține:

$$N_T = T_{fu} - 1 + 1,5 + 0,32 = T_{fu} + 0,82 = 8 \text{ ore/schimb.}$$

Norma de producție: $N_p = 7,18 \text{ (ore)} \times 1300 \text{ (buc/oră)} = 9334$
(buc/8 ore)

Norma de timp pentru asamblarea unei bujii va fi:

$$N_t = \frac{1}{N_p} = \frac{8}{9334} \quad (\text{ore/buc})$$

Exemplul 2. Post de lucru organizat pentru producția pe bandă.


În fig. 8.39 se arată schița ansamblului care trebuie montat și schița locului de muncă. Se precizează că modul de aducere, fixare și executare a piesei de bază după asamblare nu face obiectul acestei analize și respectiv al normării timpului de muncă. Norma de timp se calculează cu formula stabilită la pct. 8.3.7.1:

$$N_T = T_{pi} + T_{op} + T_{dl} + T_{on}$$

Timpul de pregătire-încheiere T_{pi} , fiind o producție de serie mare, pe bandă, ponderea sa în calculul normei este neglijabilă.

Timpul operativ T_{op} se obține calculând valoarea timpului pentru fiecare grupă de mânuiri, cu ajutorul tabelor normative 8.6, 8.7, 8.8 și altele similare.

Tabelul 8.6. *Luarea și poziționarea șurubului fără șaibă*

Schița pozițio- nării	Distanța dintre poziția inițială a mâinii și containerul cu șuruburi, mm	Diametrul șurubului											
		3						>3					
		Distanța de la containerul cu piese la locul de asamblare, cm											
		20	30	40	50	60	70	20	30	40	50	60	70
	20	65,1	68,5	71,9	75,2	78,6	82,5	61,3	64,7	68,1	71,4	74,8	78,2
	30	67,8	71,2	74,6	77,9	81,3	84,7	64,0	67,4	70,8	74,1	77,5	80,9
	40	70,5	73,9	77,3	80,6	84,0	87,4	66,7	70,1	73,5	76,8	80,2	83,6
	50	73,3	76,7	80,1	83,4	86,8	89,5	69,5	72,9	76,3	79,6	83,0	86,4
	60	76,0	79,4	82,8	86,1	89,5	92,9	72,2	75,6	79,0	82,3	85,7	89,1
	70	77,7	82,1	85,5	88,8	92,2	95,6	74,9	78,3	81,7	85,0	88,4	91,8

Observații: „Locul de asamblare” este locul introducerii în gaura piesei de asamblat. În cazul pieselor cu găuri de trecere $l = 26...75$ mm, la timpul operativ determinat din tabel se vor adăuga 4,1 TMU. Pentru distanța de angajare a șurubului în piesa de asamblat, cuprinsă între limitele 76...125 mm, la timpul operativ determinat din tabel se vor adăuga 6,0 TMU.

Tabelul 8.7. *Luarea și aducerea șurubelniței electrice sau pneumatice la șurub înaintea înșurubării și depunerea ei după asamblarea piesei*

Folosirea șurubelniței mecanice sau pneumatice cu:													
Distanța dintre poziția inițială a mâinii și șurubelnița mecanică sau pneumatică	O mână						Ambele mâini						Obs.
	Distanța de la locul de asamblare la șurubelnița mecanică sau pneumatică, cm												
cm	20	30	40	50	60	70	20	30	40	50	60	70	
Timpul operativ, în TMU													
20	58,4	64,6	70,3	76,0	81,8	87,6	71,6	77,2	83,3	88,1	93,9	98,6	
30	61,2	67,4	73,1	78,8	84,6	90,4	74,3	80,0	85,1	90,9	96,7	101,4	
40	64,0	70,2	75,9	81,6	87,2	93,2	77,2	82,8	87,9	93,7	99,5	104,2	
50	66,8	73,0	78,7	84,4	90,2	96,0	80,0	85,6	90,7	96,5	102,1	107,0	
60	69,6	75,8	81,5	87,2	93,0	98,8	82,8	87,4	93,5	99,3	105,1	109,8	
70	72,5	78,7	84,4	90,1	95,9	101,7	85,7	91,3	96,4	102,2	108,0	112,7	

Tabelul 8.8. *Deplasarea și poziționarea șurubelniței de la un șurub la altul pentru o înfășurare*

Distanța dintre șuruburi, mm					
10	20	30	40	50	60
Timpul operativ, în TMU					
28,6	32,4	35,8	39,2	42,5	45,0

Tabelul 8.9. *Coefficienții de corecție a timpului operativ pentru obținerea timpului unitar în funcție de poziția corpului și de efortul unghiular*

Poziția corpului					
Efortul mușchiular, în daN, până la:					
Coeficient de corecție, K					
1	B	1,08	1,11	1,15	1,17
	F	1,07	1,10	1,13	1,15
2	B	1,09	1,12	1,16	1,18
	F	1,09	1,11	1,15	1,17
6	B	1,10	1,13	1,17	1,19
	F	1,10	1,13	1,17	1,19
10	B	1,12	1,15	1,19	1,21
	F	1,13	1,17	1,21	1,23
15	B	1,14	1,17	1,21	1,24
	F	1,18	1,21	1,26	1,30
20	B	-	1,19	1,23	-

Observații:

-efortul mușchiular este reprezentat fie prin greutatea pieselor transportate în vederea asamblării, fie prin forța de strângere necesară realizării asamblării respective;

-în coeficientul de corecție au fost incluși și timpii de deservire tehnico-organizatorică a locului de muncă și de odihnă și necesități firești; B – bărbați; F – femei.

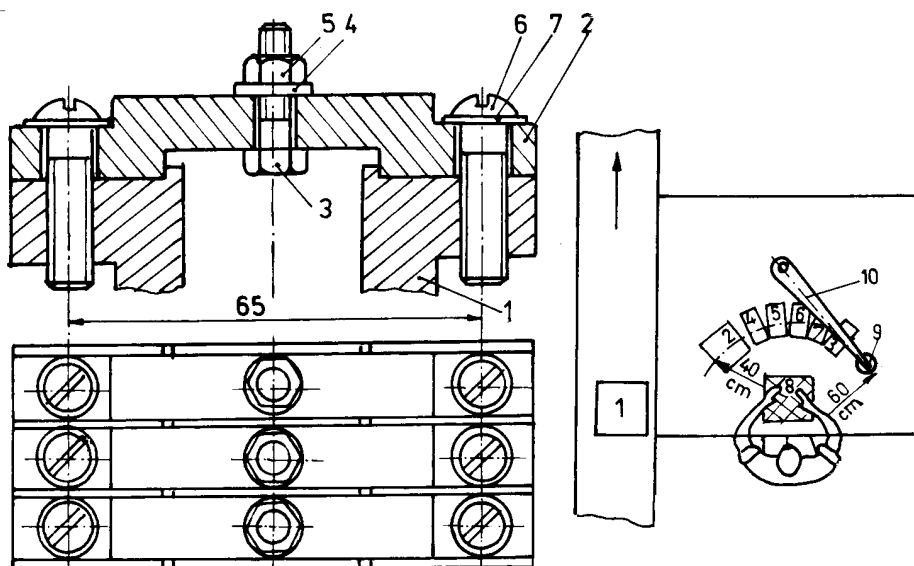


Fig. 8.39. *Schița ansamblului (A) și a locului de muncă (B):* A) 1-piesă de bază; 2-suport; 3-șurub M4x80 STAS 4272-90; 4-șaiabă STAS 5200-90; 5-piuliță M4 STAS 4071-90; 6-șurub M3x20 STAS 3169-90; 7-șaiabă STAS 5200-90; B) 1-piesă de bază; 2...7-container cu piese (numerotate corespunzător reperelor din schița ansamblului); 8-dispozitiv de asamblare; 9-șurubelniță pneumatică suspendată; 10-brațul șurubelniței

Grupele de mânuiri cuprinse în procesul de lucru:

1. luarea și poziționarea șurubului M4 fără șaiabă în piesa de asamblat;
2. luarea și poziționarea șaiabei pe șurubul introdus în piesa de asamblat;
3. luarea și poziționarea piuliței M4 pe șurub;
4. înșurubarea piuliței M4 pe șurub;
5. poziționarea piesei de asamblat pe piesa de bază;
6. luarea și poziționarea șurubului M3 cu șaiabă în piesa de bază;

7. înșurubarea șurubului cu cap crestă M3 în piesa de bază cu șurubelnița pneumatică.

Timpul operativ T_{op} se calculează prin însumarea timpilor determinați pe grupe de mânuiri și funcție de numărul de șuruburi, piulițe și șaibe care se montează. În cazul dat, timpul operativ pentru toate grupele de mânuiri specificate în fig. 8.38, este $T_{op} = 7637,7$ TMU.

Timpul unitar: $T_u = T_{op} + T_{dl} + T_{on} = K \cdot T_{op}$

Valoarea coeficientului K este dată în tabelul 8.9 și va fi $K = 1,07$ corespunzător condițiilor de lucru:

- poziția de lucru: șezând;
- efortul manual: 1 daN;
- executant: muncitoare.

Timpul unitar va fi: $T_u = 1,07 \cdot 76,37,7 = 8172,3$ TMU.

Norma de timp: $N_T = 8172,3/1667 = 4,9$ min.

Exemplul 3. Post de lucru staționar pentru producția de serie, în loturi. Normativele sunt elaborate pe bază de cronometrări, tabele conținând valorile timpului unitar.

Pentru cazul analizat se prezintă numai normativele din tabelele 8.10 și 8.11.

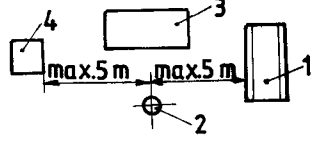
În fig. 8.40 se arată schița ansamblului care trebuie realizat pentru un lot de asamblare de 100 buc., înșurubarea piulițelor făcându-se cu mașina pneumatică.

Organizarea locului de muncă analizat se încadrează în limitele organizării în normativul din tabelul 8.10.

În acest caz, norma de timp se calculează astfel:

- timpul de pregătire încheiere, luat dintr-un normativ nespecificat este de 13 minute;
- timpul unitar se acordă pe operații, cu ajutorul tabelor normative corespunzătoare și este prezentat în tabelul 8.11.

Tabelul 8.10. *Normativ cu timpul unitar pentru așezare și scoatere în și din poziția de asamblare a pieselor și subansamblelor*

		<p>Condiții tehnico-organizatorice:</p> <ul style="list-style-type: none"> -menținerea macaralelor în stare de funcționare; -existența sculelor necesare; -asigurarea pieselor pentru asamblare; -muncitori având categoria tarifară corespunzătoare lucrării 					
<p>LEGENDA: 1- raft pentru piese; 2- executant; 3-banc pentru montaj; 4- loc pentru depozitat ansamble</p>							
		Modul de așezare					
Nr. crt.	Masa pieselor sau subansamblului, kg	Simplă		După găuri, prezoane sau trasaje		Complicat pe mai multe piese simultan	
		A	S	A	S	A	S
		Timpul unitar, min.					
1	0,1	0,05	0,04	0,10	0,07	0,15	0,11
2	0,5	0,06	0,04	0,12	0,09	0,19	0,14
3	1	0,07	0,05	0,19	0,13	0,27	0,20
4	3	0,08	0,06	0,23	0,16	0,34	0,24
5	5	0,11	0,08	0,35	0,24	0,54	0,38
6	10	0,15	0,10	0,50	0,34	0,76	0,53
7	15	0,19	0,13	0,65	0,46	1,09	0,76
8	20	0,22	0,15	0,80	0,56	1,03	0,91
9	30	0,28	0,18	1,15	0,75	1,80	1,26
10	40	0,35	0,23	1,54	1,00	2,23	1,56
11	50	0,43	0,26	1,95	1,17	2,73	1,65
12	60	0,51	0,31	2,15	1,29	3,18	1,90

Observații: A- Așezare; Scoatere

Coeficientul de corecție pentru poziția incomodă a corpului $K = 1,1 \dots 1,5$

Tabelul 8.11. *Normative cu timpul unitar pentru înșurubarea piulițelor cu mașina pneumatică*

Diametrul șurubului, mm	Timpul unitar, min.									
	Lungimea șurubului, mm									
	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
6	0,32	0,36	0,40	0,43	0,46	0,51	0,55			
8	0,31	0,34	0,37	0,40	0,43	0,47	0,51	0,55		

10	0,30	0,33	0,36	0,38	0,41	0,45	0,49	0,53		
12	0,31	0,34	0,36	0,39	0,41	0,46	0,50	0,54	0,57	0,61
14		0,35	0,38	0,41	0,44	0,49	0,53	0,67	0,60	0,63
16		0,37	0,39	0,43	0,46	0,52	0,56	0,60	0,64	0,67
18		0,38	0,41	0,44	0,47	0,58	0,58	0,62	0,66	0,69
20			0,44	0,45	0,49	0,60	0,60	0,65	0,68	0,72

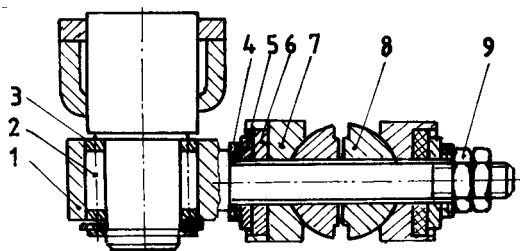


Fig. 8.40. **Schița ansamblului:** 1-bielă, 1 buc; 2-rulment 943/25 STAS 7417/84, 1 buc; 3-inel etanșare IE 25x32, 2 buc; 4-șaiabă 17x34x2,5, 4 buc; 5-rondele, 2 buc; 6-garnitură cauciuc, 2 buc; 7-manșon, 2 buc; 8-calotă, 2 buc; 9-piuliță M16x1,5 STAS 4373-90, 2 buc.

Coefficienți de corecție:

- pentru înșurubare în poziție incomodă $K1 = 1,2;$
- pentru montat provizoriu $K2 = 0,7.$

Pe biela 1 se montează reperele conform tabelului următor:

Conținutul operației	Fig. 8.39	Valoarea timpului unitar, minute
Se montează:		
1 buc rulment 934/25	poz.2	$0,99 \times 0,6 \times 1 = 0,59$
2 buc inele etanșare	poz.3	$0,18 \times 2 = 0,36$
4 șaiabe 17x34x2,5	poz.4	$0,05 \times 4 = 0,20$
2 buc rondele	poz.5	$0,05 \times 2 = 0,10$
2 buc garnituri	poz.6	$0,22 \times 2 = 0,44$
2 buc manșoane	poz.7	$0,12 \times 2 = 0,24$
2 buc calote	poz.8	$0,10 \times 2 = 0,20$
2 buc piulițe M16x1,5	poz.2	$0,39 \times 2 = 0,78$
1 buc biela	poz.1	$0,12 \times 1 = 0,12$
Montat ansamblu		3,03

$$N_T = \frac{T_{pi}}{100} + T_u \cdot \frac{13}{100} + 3,03 = 3,16 \text{ min.}$$

8.4. Calculul eficienței economice

8.4.1. Compararea economică a variantelor tehnologice

Eficiența economică a unei tehnologii se stabilește de preferință prin compararea economică a mai multor variante, din care una poate fi „tehnologia actuală”, iar alta „tehnologia propusă”. De regulă se compară cheltuielile de producție pentru realizarea cantității x de produse prevăzute a se fabrica. Aceste cheltuieli, notate cu C , pot fi puse sub forma:

$$C_x = A \cdot x + B \quad (8.57)$$

în care s-a notat cu: x – cantitatea de produse (buc.); A – cheltuielile de producție variabile, care se repetă cu fiecare produs; B – cheltuielile de producție fixe, independente de cantitatea produsă.

În fig. 8.41 dreptele C_{x1} și C_{x2} reprezintă costurile de producție pentru două tehnologii diferite T_1 și T_2 , T_2 constituie o tehnologie perfecționată față de T_1 , în sensul că prezintă cheltuieli variabile mai mici, în principal ca urmare a manoperei mai reduse ($A_2 < A_1$), în schimb necesită cheltuieli fixe mai ridicate ($B_2 > B_1$), datorită echipamentului tehnologic mai complex. Se vede că X_c reprezintă cantitatea de produse începând de la care devine rentabilă tehnologia T_2 („cantitatea” critică).

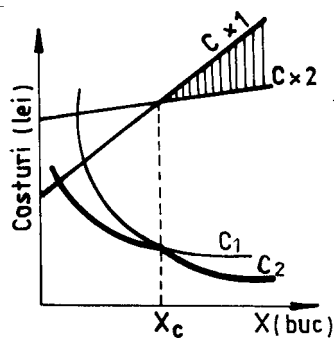


Fig. 8.41. *Compararea variantelor tehnologice*

Evoluția costurilor de producție unitare C_1 și C_2 are alura unei hiperbole care se intersectează în același punct cu abscisa X_c . Se poate scrie:

$$C = A + \frac{B}{x} \quad (8.58)$$

Cheltuielile variabile A cuprind în principal costul manoperei și materialelor, inclusiv al celor pentru rebuturi și remanieri, cheltuielile pentru menținerea în funcționare a echipamentului tehnologic, precum și cele pentru conducerea întreprinderii, sarcini sociale etc., care revin unei piese produse.

Cheltuielile fixe B se împart în două categorii: B' - cele care se repetă la fiecare lot de piese lansat în fabricație și B'' - cheltuieli care se fac o singură dată pentru produsul, ansamblul sau piesa în cauză. În prima categorie intră în principal cheltuielile pentru reglajul instalației tehnologice de producție. În a doua categorie intră cheltuielile pentru asigurarea mașinilor, instalațiilor, sculelor și dispozitivelor specifice produsului respectiv. În felul acesta B se deduce din formula:

$$B = MB' + B'' \quad (8.59)$$

în care M este numărul de loturi lansate în fabricație pentru producerea cantității x de produse.

8.4.2. Metoda costului orei de lucru

În calculele de comparare a două variante tehnologice de asamblare costurile materialelor se pot de obicei neglija deoarece acestea nu se schimbă de la o metodă de lucru la alta. În acest caz folosirea parametrului costul real de lucru prezintă avantaje de ordin practic.

Dacă se notează cu H costul unei ore de lucru a instalației tehnologice proiectate, atunci costurile de fabricație nete (deci exclusiv valoarea materialelor directe) ale unei cantități x de piese sunt:

$$C_x = H(x \cdot T_f + T_r) \quad (8.60)$$

unde: T_f este timpul cât instalația respectivă este ocupată pentru fabricarea unui ansamblu; T_r - timpul cât instalația este ocupată pentru reglaje la o producție actuală de x ansamble.

Costul orei de lucru se calculează din relația:

$$H = R_o + R_c + E + \frac{I + M}{a \cdot A} \quad (8.61)$$

în care: R_o este retribuiția orară a muncitorului (echipei) care deservește instalația; R_c - cota parte din retribuiția orară aferentă instalației pentru deservire și conducere; E - valoarea consumului orar de energie; I - valoarea de înlocuire a instalației; M - reprezintă cheltuielile de întreținere și reparații pe toată durata de viață a instalației; A - încărcarea instalației, în ore pe an ($A = x \cdot T_1 + Tr$); a - durata de viață estimată a instalației.

Valoarea lui R_o se deduce în funcție de numărul L de locuri de lucru și de categoria medie a operațiilor de efectuat, R_c rezultă din suma retribuițiilor muncitorilor auxiliari, maiștrilor, tehnologilor și funcționarilor din secția de producție, repartizată pe totalitatea instalațiilor din secție, evaluată de obicei cu un anumit procent din retribuiția directă R_o .

Cheltuielile de întreținere și reparații M se deduc din normativele de întreținere tehnică și reparații pentru mijloacele fixe industriale, dacă M_k este costul maximal al unei reparații capitale, A_k numărul de ore după care se admite efectuarea acesteia, iar M_c costul maxim anual al reviziilor și reparațiilor curente, rezultă:

$$M = \frac{a \cdot A}{A_k} \cdot M_t + \left(a - \frac{a \cdot A}{A_k}\right) M_c \quad (8.62)$$

ținând seama de faptul că în anul în care se execută o reparație capitală nu se fac reparații curente.

Valoarea de înlocuire a instalației I cuprinde, pe lângă valoarea actualizată a utilajului propriu-zis, valoarea accesoriilor, sculelor și dispozitivelor speciale, precum și cheltuielile de asamblare și punere în funcțiune.

De notat că termenul $(I + M)/(a \cdot A)$ introduce în calcul influența gradului de încărcare a utilajului asupra costurilor de fabricație, în sensul că o slabă încărcare a acestuia ca urmare a nivelului prea redus al producției scade valoarea A și crește deci costul orei de lucru.

Există mai multe moduri de desfășurare a calcului, care vor fi descrise în continuare.

Compararea costurilor în funcție de seria de fabricație. Acest calcul este uzual în toate cazurile în care poate fi luată în considerație creșterea nivelului producției. Se compară costurile C_{x1} și C_{x2} rezultate din

aplicarea a două variante tehnologice T_1 și T_2 , și se calculează cantitatea critică x_c din fig. 8.41, cu formula:

$$x_c = \frac{T_{r2} \cdot H_2 - T_{r1} \cdot H_1}{T_{f1} \cdot H_1 - T_{f2} \cdot H_2} \quad (8.63)$$

ușor de stabilit.

Ordonatele hașurate în fig. 8.42 reprezintă economiile rezultate trecând de la varianta 1 la varianta 2 pentru o cantitate de produse mai mare decât x_c .

Calculul raportului minim de reducere a manoperei. Care este reducerea de manoperă (în raport cu situația actuală) de la care devine economică folosirea unei tehnologii mai evoluate? Răspunsul la întrebare îl dă relația:

$$\frac{T_{f2}}{T_{f1}} \leq \frac{H_1}{H_2} \quad (8.64)$$

relație dedusă din (8.63) neglijând pentru simplificare durata de încărcare propriu-zisă, dacă se ține seama și de acestea, relația devine:

$$\frac{x \cdot T_{f1} + T_{r1}}{x \cdot T_{f2} + T_{r2}} \geq \frac{H_2}{H_1} \quad (8.65)$$

Calculul duratei de recuperare a investiției. Durata de recuperare (în ani) rezultă din raportul dintre valoarea investiției suplimentare și economia anuală de costuri de fabricație realizate, rezultând din:

$$d = \frac{I_2 - I_1}{C_{x1} - C_{x2}} \quad (8.66)$$

Un mod de calcul simplificat conduce la relația:

$$d = \frac{I_2 - I_1}{(H_1 \cdot T_{f1} - H_2 \cdot T_{f2})x_a} \quad (8.67)$$

în care x_a este cantitatea de produs anual.

Evident, în cazul modernizării unei tehnologii $I_1 = 0$

8.5. Calculul capacității de producție a sistemelor de asamblare

Siguranța în funcționare a sistemelor automate de asamblare influențează în mare măsură eficiența economică a automatizării, de aceea trebuie analizată cu toată atenția. Întreruperile în funcționarea sistemelor automate determină diminuări ale capacității de producție, diminuări de care este necesar să se țină seama în calculele de economicitate și productivitate.

Capacitatea de producție a unei instalații de asamblare, exprimată în bucăți pe unitatea de timp, rezultă din relația:

$$\theta = \frac{n}{F} \quad (8.68)$$

în care: n este sarcina anuală de producție, în buc/an; F – fondul de timp disponibil al instalației într-un an (46000 ore/an la o funcționare în două schimburi).

Totodată, tactul mediu anual rezultă din schimbul de asamblare t :

$$r = \frac{t}{L} \quad (8.69)$$

Capacitatea anuală de producție a liniei este dată de relația:

$$K = \frac{F}{r} = \frac{F \cdot L}{t} \quad (8.70)$$

Trebuie avut în vedere că în relația de mai sus K este capacitatea nominală a liniei, față de care capacitatea reală K_r se găsește într-un raport care se poate denumi randament de funcționare a sistemului:

$$K_c = \delta \cdot K \quad (8.71)$$

La examinarea randamentului δ în vederea evaluării lui corecte în calculele de proiectare, rezultă că el este dependent de mai multe categorii de factori și anume: - viteza de lucru a sistemului; - întreruperile în funcționare determinate de defectarea automatului; - defecțiunile tehnologice care survin în timpul asamblării.

Viteza de lucru a sistemelor de asamblare este determinată de viteza de desfășurare a operațiilor tehnologice de asamblare și de viteza de manipulare. Aceasta din urmă reprezintă de obicei factorul critic. În general sistemele automate au posibilități limitate de reglare a vitezei de lucru. De obicei automatul se reglează pentru o viteză mai lentă în perioadele de

reglaj, rodaj și introducere în producție, după care se stabilește viteza normală de lucru, care are un caracter maximal și care se menține pe toată durata de exploatare.

Dimpotrivă, întreruperile în funcționare și defecțiunile tehnologice au un caracter aleatoriu, fiind dependente de o multitudine de factori care se vor prezenta în continuare.

8.6. Fiabilitatea sistemelor de asamblare

Un sistem de asamblare este compus din elemente care sunt supuse defectării, ceea ce determină mai departe defectarea întregului sistem și obligă la oprirea lui pentru reparații.

Fiabilitatea, notată în cele ce urmează cu $R(t)$, reprezintă proprietatea unui sistem de a funcționa fără defectare un interval de timp t , în condițiile de exploatare date. Ca principal indicator de fiabilitate în cazul sistemelor automate de asamblare se folosește timpul mediu de funcționare între defectări notat cu m .

Pentru evaluarea fiabilității sistemelor de asamblare compuse din părți mecanice și electrice complexe, este aplicabilă legea distribuției exponențiale, conform căreia probabilitatea $T(t)$ ca un element oarecare să nu se defecteze într-un interval de timp dat rezultă din relația:

$$R(t) = e^{-\frac{t}{m}} = e^{-\lambda t} \quad (8.72)$$

în care m este timpul mediu de funcționare între căderi ale elementului respectiv, iar t - un interval de timp de misiune ales după necesitate. Din această formulă rezultă că:

pentru o valoare a lui t egală cu	se obține o fiabilitate R egală cu
m	0,368
$m/10$	0,900
$m/100$	0,990

Deci pentru ca elementul să aibă, de exemplu, o fiabilitate de 0,9 în timp de 50 de ore, cu alte cuvinte, dacă se vrea ca după 50 ore 90% dintr-un lot să fie încă în funcțiune, este necesar ca timpul mediu de funcționare între căderi a acestor elemente, notat cu m , să fie egal cu 500 ore.

Dacă sistemul de asamblare considerat este compus din n elemente având fiecare fiabilitate R_i , căderea fiecăruia din cele n elemente determină căderea sistemului, fiabilitatea sistemului este dată de relația:

$$R(t) = \prod_{i=1}^n R_i \quad (8.73)$$

Dacă toate elementele au aceeași fiabilitate, atunci din (8.72) rezultă:

$$R(t) = e^{-\frac{nt}{m}} \quad (8.74)$$

Reluând exemplul de mai sus, în cazul unui sistem compus din 20 de elemente cu fiabilitatea 0,9, fiabilitatea sistemului în timp de 50 de ore este:

$$T = 0,9^{20} = 0,112$$

deci există o probabilitate de numai 11% ca după 50 de ore sistemul să nu fi fost supus defectării, iar timpul mediu de funcționare între căderi a sistemului este:

$$m_s = \frac{500}{20} = 25 \text{ ore}$$

Una din condițiile obținerii unei fiabilități ridicate a sistemului de asamblare constă în evitarea înlănțuirii rigide a unui număr prea mare de operații, dându-se preferință diviziunii operațiilor prin intercalarea unor depozite intermediare.

Legătura dintre fiabilitatea și capacitatea liniei se concretizează mai bine dacă examinăm și ceilalți indicatori de fiabilitate ai unui sistem complex și anume mentenabilitatea și disponibilitatea.

Mentenabilitatea este aptitudinea sistemului de a fi menținut sau restabilit în funcțiune. Mentenabilitatea se exprimă prin timpul de

indisponibilitate t_m , respectiv timpul de staționare a utilajului până la repunerea lui în funcțiune după o oprire de mentenanță (întreținere sau reparație). Acest timp reprezintă suma:

$$t_m = t_{md} + t_{ma} + t_{mr} \quad (8.75)$$

în care: t_m este timpul de indisponibilitate; t_{md} – timpul pentru depistarea defectului; t_{ma} – timpul de așteptare (în cele mai multe cazuri în calculul disponibilității nu se ia în considerare acest termen); t_{mr} – timpul de reparație.

Mentenabilitatea este optimă în condițiile organizării întreținerii preventive, prin înlocuirea preventivă, la intervale bine stabilite, a elementelor de uzură indiferent dacă s-au defectat sau nu, în acest caz $t_{md} = t_{ma} = 0$, iar t_{mr} se poate suprapune peste intervale de timp neprogramate.

Există însă și alte mijloace de creștere a mentenabilității. Așa de exemplu, pregătirea din timp a pieselor de schimb poate reduce la minimum timpul de așteptare. Atât t_{ma} cât și t_{mr} pot fi mult diminuate în condițiile adoptării construcțiilor modulare: anumite module cu fiabilitate relativ scăzută, ca de exemplu dispozitive de manipulare lucrând în condiții de uzură, pot fi disponibile ca module de rezervă și introduse prompt în locul celor care se defectează. În vederea depistării rapide a defectelor este necesar să se prevadă afișajele corespunzătoare în instalația de automatizare (semnalizarea optică pe lumino-schemă). În general mentenabilitatea trebuie avută în vedere încă din primele faze ale proiectului, pentru a se asigura depistarea, accesul și înlocuirea rapidă a elementelor cu probabilitate mare de defectare.

Disponibilitatea exprimă aptitudinea sistemului de asamblare de a și îndeplini funcțiile într-un interval de timp dat, ținând seama de timpul mediu de funcționare între defectări și de mentenabilitate. Disponibilitatea este dată de relația:

$$d = \frac{m}{m + t_m} \quad (8.76)$$

Fiabilitatea previzională a sistemului de asamblare se determină în faza de proiectare cu ajutorul relațiilor de mai sus. Se pornește de la numărul de posturi de lucru înlănțuite rigid și se evaluează fiabilitatea fiecărui post de lucru în funcție de elementele sale componente. Fiabilitatea elementelor mecanice (de exemplu alimentatoare acționate cu came) poate

fi considerată egală cu unitatea, în schimb va trebui să se țină seama de fiabilitatea elementelor hidraulice, pneumatice și electrice. Fiabilitatea sistemului rezultă din fig. 8.42. Rezultă clar că înlanțuirea rigidă a mai multor posturi de lucru nu este eficientă decât în condiția unei siguranțe în funcționare foarte ridicată la fiecare post în parte.

Intervalul t (timpul de misiune) se adoptă în funcție de tactul de asamblare, la tacturi scurte corespunzând intervale t mai reduse. Se recomandă valori între 50...10000 ore.

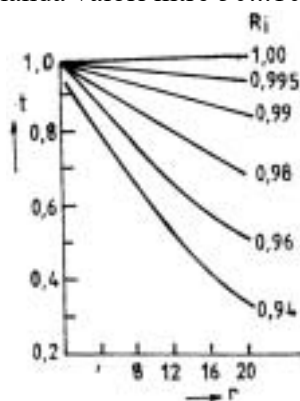


Fig. 8.42. *Fiabilitatea sistemelor cu n posturi înlanțuite rigid*

Disponibilitatea previzională trebuie stabilită pe baza unui antecalcul cât mai corect a lui t_m din (fig. 8.76), deoarece valorile celor trei factori pot fluctua în limite extrem de largi în funcție de soluțiile constructive și tehnologice adoptate.

Defecțiuni tehnologice în procesul de asamblare automată

În timpul operațiilor de asamblare care se desfășoară automat pot interveni defecțiuni tehnologice de natură să împiedice continuarea corectă a asamblării și anume: a) apariția unor piese defecte; b) efectuarea incorectă sau neefectuarea unor operații de manipulare; c) efectuarea incorectă a unor operații de asamblare.

În toate aceste cazuri este necesar să se intervină în procesul de asamblare pentru a preveni consumuri suplimentare de piese și avarierea dispozitivelor de lucru.

Există mai multe moduri de supraveghere a proceselor automate de montaj în legătură cu procedura de intervenție. Cea mai simplă posibilitate constă în oprirea sistemului imediat ce se constată că o operație a fost efectuată defectuos. Astfel, după fiecare post de lucru la care pot apărea defecțiuni se instalează un detector care verifică dacă operația în cauză a

fost efectuată corect. Se verifică astfel executarea corectă a unei operații de alimentare, poziționarea corectă etc. Dacă constatarea este negativă sistemul este oprit automat, simultan cu o semnalizare optică indicând, pe cât e posibil, și locul defectului. Un operator intervine apoi pentru remedierea defecțiunii și pornirea din nou a sistemului.

Supravegherea cu oprire imediată este relativ simplu de realizat, chiar în cazul unei scheme simple de comandă secvențială. Dezavantajul metodei constă în oprirea relativ frecventă a procesului de asamblare, ceea ce corespunde cu o diminuare a capacității sistemului.

Se poate evita oprirea sistemului atunci când defecțiunea are o cauză aleatoare, care dispare în timpul desfășurării procesului, adoptând un sistem de supraveghere care, fără a comanda oprirea, împiedică continuarea operațiilor de asamblare pe ansamblul cu defect. Aceasta se realizează prin memorarea de către sistemul de comandă a ansamblului defect și evacuarea lui automată la un loc potrivit. Așa de exemplu, în automatul de montaj descris anterior după postul de introducere a izolatorului de porțelan în corpul metalic al bujiei, dar înainte de prima operație de presare, se controlează prezența și poziția corectă a izolatorului. Dacă acesta lipsește, ansamblul este evacuat automat într-o poziție următoare.

Este evident că în acest caz se reduc pierderile de timp datorate opririi automatului, în schimb apare dezavantajul de a nu se constata din timp defectarea unui dispozitiv sau apariția unui lot de piese defecte. Și acest dezavantaj poate fi ocolit prin numărătoarea de către sistemul de comandă a ansamblelor defecte și oprirea automată a întregului sistem după un număr oarecare de defecte succesive. În orice caz sistemul de comandă trebuie să fie capabil să preia aceste funcții suplimentare.

Alegerea modului de supraveghere a procesului de asamblare automată trebuie făcută de la caz la caz, ținând seama de o serie de considerente. Astfel, dacă există un muncitor permanent de supraveghere a automatului și dacă timpul de repunere în funcționare este scurt, metoda opririi imediate pare cea mai avantajoasă. Metoda evacuării ulterioare din mers se pretează la automatele cu tacturi rapide, la care valoarea pieselor care eventual se pierd prin asamblări defecte este relativ redusă.

De asemenea, trebuie determinate efectele defecțiunilor tehnologice asupra capacității de producție a sistemelor automate de asamblare. În raport cu capacitatea nominală va interveni un factor de determinare a capacității care, în sistemul de lucru cu oprire imediată, este:

$$d_t = l - r - r \frac{t_t}{t_f} \quad (8.77)$$

în care: r este rata pieselor defecte sau a rateurilor provocate de dispozitivele de lucru; t_r – timpul de repunere în funcțiune după o defecțiune tehnologică; t_f – timpul de lucru pe post ($t_f = 1/\theta$).

În cazul lucrului cu evacuare automată a ansamblelor defecte formula devine:

$$d_i = l - r \quad (8.78)$$

Pentru un sistem cu n posturi înlănțuite relația va fi:

$$d_{is} = \prod_{i=1}^n d_{ii} \quad (8.79)$$

Capitolul 9

ECHILIBRAREA CORPURILOR ÎN MIȘCARE DE ROTAȚIE

9.1. Considerații generale

Unul dintre parametrii care caracteriză mașinile cu organe în mișcare de rotație este turația acestora, cu tendința de creștere substanțială, depășind în momentul de față impresionanta cifră de 100000 rotații pe minut. În aceste condiții cea mai mică defecțiune conduce la apariția de vibrații, desprinzându-se pe de o parte necesitatea executării pieselor cu o simetrie perfectă față de axa lor de rotație și pe de altă parte, folosirea de metode care să înlăture fenomenul vibratoriu al pieselor în mișcare de rotație.

Vibrațiile ce apar la piesele ce se rotesc și care se transmit în lagărele acestora și apoi la întreg ansamblul se datoresc în majoritatea cazurilor, dezechilibrului pieselor.

Dezechilibrul este o forță care apare la o piesă ce se rotește ca urmare a faptului că centrul său de greutate nu se află pe axa de rotație, sau axa principală de inerție a piesei nu coincide cu axa ei de rotație.

Cauzele care provoacă vibrații, în afară de dezechilibrul pieselor, sunt însă numeroase, iar operația de înlăturare a influenței dezechilibrului, echilibrarea pieselor se face după limitarea acestora.

Cauzele mai importante care conduc la vibrații se pot datora:

- exploatarea necorespunzătoare;
- uzura pieselor sau slăbirea fixării lor;
- felul și starea fundației (în cazul că utilajul este montat pe fundație, de exemplu bancul de rodaj al motorului);
- calitatea necorespunzătoare a montajului;
- calitatea necorespunzătoare a reparațiilor.

Apariția excentricității centrului de greutate și a deplasării axei principale de inerție față de axa de rotație a piesei, conduce la apariția de forțe centrifuge de valori și frecvențe ridicate, solicitând puternic, dinamic, corpul în mișcare.

Excentricitatea centrului de greutate se datorează multor cauze printre care:

- defecte de material cum ar fi: structură neomogenă, sufuri interne de turnare, goluri de material etc.;

- defecte de prelucrare și de montaj cum ar fi: prelucrarea mecanică cu abateri de formă (mai ales ovalitatea), găuri a căror axă este deviată, nerespectarea caracterului ajustajului (a jocului de montaj) etc.;

- deformații permanente ca urmare a tratamentelor termice aplicate fără a se lua măsuri de preîntâmpinare, care derivă mai ales din forma și dimensiunea pieselor;

- diferențe de greutate a pieselor de același fel ale unui ansamblu (paletele ventilatoarelor sau turbinelor etc.);

- diferitelor impurități depuse pe piesele în mișcare de rotație etc.

9.2. Dezechilibrul static și dezechilibrul dinamic

În funcție de cauzele care provoacă dezechilibrul, acesta poate fi static (care se datorește excentricității centrului de greutate al piesei), sau dinamic (datorat necoincidenței axei principale de inerție cu axa de rotație a piesei).

Se consideră o piesă sub forma unui disc (fig. 9.1) cu centrul de greutate deplasat la o distanță „r” față de axa geometrică. Dacă se pune în mișcare de rotație cu o viteză unghiulară ω , piesa de masă, „m” sau greutatea „G” ia naștere o forță centrifugală dată de relația:

$$F_c = m \cdot \gamma \cdot \omega^2 = \frac{G}{g} r \cdot \omega^2 \quad [\text{N}] \quad (9.1)$$



Fig. 9.1. *Poziția excentrică a centrului de greutate*

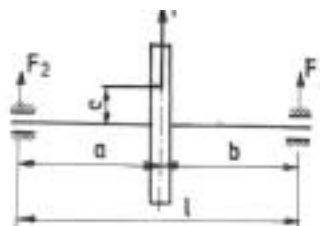


Fig. 9.2. *Acțiunea forțelor centrifuge asupra lagărelor*

în care: m este masa piesei, kg:

r –deplasarea (excentricitate) centrului de greutate:

$$\omega = \frac{2\pi \cdot n}{60} \text{ - viteza unghiulară a piesei;}$$

g – accelerația gravitației, m/s^2 ;

n - turația piesei, rot/min .

În timpul mișcării de rotație a piesei cu viteza unghiulară ω forța centrifugală F , are direcții diferite și dă loc în lagăre la două forțe aflate totdeauna plan cu ea (fig. 9.2).

Sub acțiunea acestor forțe, corpul în mișcare de rotație are un caracter oscilatoriu, care poate fi dovedit considerându-se piesa sub formă unui rotor (fig. 9.3).

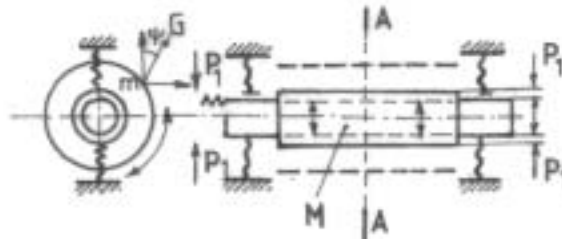


Fig. 9.3. *Stabilirea caracterului oscilator al mișcării unui corp sub acțiunea unor greutăți în dezechilibru*

Forțele care solicită lagărele și care apar datorită forței centrifuge de dezechilibru, se pot calcula cu relațiile:

$$F_1 = F_c \frac{b}{l} \quad \text{si} \quad F_2 = F_c \frac{a}{l} \quad (9.2)$$

În timpul mișcării de rotație deplasarea verticală a rotorului este împiedicată de lagăre, având posibilitatea să se deplaseze numai pe direcție orizontală. Dacă pe axa de simetrie a rotorului, A-A, se plasează o masă în dezechilibru „ m ” în timpul mișcării de rotație corpul se deplasează în plan orizontal cu cantitatea „ x ”, într-un sens și celălalt.

Ținând seama de forțele care iau naștere în sistem, se poate scrie ecuația de mișcare sub forma:

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} + R \frac{dx}{dt} = 2Kx = m \cdot t \cdot \omega^2 \cdot \cos t \quad (9.3)$$

în care: M este masa piesei;

m – masa în dezechilibru;

R – factor de proporționalitate;

K - constanta de elasticitate a arcurilor;

x – deplasarea/mm;

ω - viteza unghiulară a corpului;

t – timpul în care are loc mișcarea.

Dacă se consideră că una dintre soluțiile ecuației (9.3) este de forma:

$$x = K \cdot \cos(\omega \cdot t -) \quad (9.4)$$

se constată că amplitudinea maximă a oscilației este decalată în urmă cu unghiul față de poziția masei în dezechilibru.

Dacă se înlocuiesc cu relația (9.3) derivatele întâi și a doua ale ecuației (9.4) se poate determina valoarea unghiului cu relația:

$$\operatorname{tg} = \frac{R}{2K - M\omega^2} \quad (9.5)$$

Valoarea maximă a expresiei (9.5) are loc atunci când numitorul este zero, unghiul are valoarea $= 90^\circ$, iar viteza unghiulară se determină:

$$2K - M \cdot \omega^2 = 0; \quad \omega = \frac{2K}{M} \quad (9.6)$$

din care se poate scoate turația piesei:

$$n_s = \frac{1}{2\pi} \frac{2K}{M} \quad (9.7)$$

Această turație, care apare ca urmare a unei mase în dezechilibru, se numește turație de rezonanță statică la care tg are valoarea maximă, iar $= 90^\circ$.

Acest caz este cunoscut sub numele de dezechilibru static.

Punerea în evidență a dezechilibrului static se face în felul următor: se consideră un corp perfect echilibrat, format dintr-un ax și un disc la care centrul de greutate este pe axa arborelui. Dacă se deplasează pe disc o masă

„ m_1 ” de greutate „ G_0 ”, la distanța „ r_1 ” de axa arborelui, piesa se dezechilibrează cu momentul $m_1 r_1$, iar centrul de greutate se deplasează din O în O_1 . Dacă diametral opus se plasează o masă „ m_2 ” la distanța „ r_2 ” astfel încât $m_1 r_1 = m_2 r_2$, centrul de greutate se deplasează iarăși în O, iar forțele centrifuge create de masele „ m_1 ” și „ m_2 ” vor fi în echilibru (fig. 9.4).

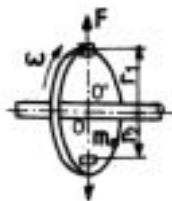


Fig. 9.4. *Momentul de dezechilibru și de echilibru*

Dacă cele două momente diferă între ele, atunci apare o forță centrifugă rezultantă, care produce deplasarea centrului de greutate, dată de relația:

$$F_c = F_{c1} - F_{c2} = \omega^2 (m_1 r_1 - m_2 r_2) \quad (9.8)$$

Dacă însă momentele celor două mase sunt egale, însă nu se găsesc în poziție diametrală (fig. 9.5), centrul de greutate se deplasează pe direcția rezultantei și apare o forță centrifugală, care trece prin centrul de greutate, a cărei mărime se determină ca sumă vectorială a forțelor centrifugale a celor două mase.

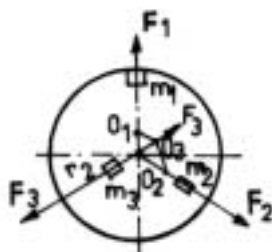


Fig. 9.5. *Echilibrarea unui corp atunci când masa de echilibrare nu este pe direcția masei de dezechilibru*

Pe direcția de acțiune a forței rezultante se plasează o masă „ m_3 ”, la distanța „ r_3 ”, astfel ca forța centrifugă creată să anuleze efectul forței centrifuge rezultante, să fie egală ca mărime dar de sens contrar.

Pentru un corp dezechilibrat static este caracteristic faptul că în rețea, în poziția orizontală, se așează astfel încât centrul său de greutate se găsește sub axa care unește centrele lagărelor.

Dezechilibrul se datorește și faptului că axa principală de inerție are o abatere de la axa de rotație a piesei. În această situație, se produce o mișcare oscilantă în jurul centrului de greutate, dacă piesa este așezată între arcuri orizontale (fig. 9.6), care se află pe axa de rotație.

Ecuția mișcării se poate scrie sub forma:

$$\theta \frac{d^2 x}{dt^2} + R \frac{dx}{dt} = 2Kc^2 = m \cdot r \cdot \omega^2 \cdot b \cdot \cos \omega \cdot t \quad (9.9)$$

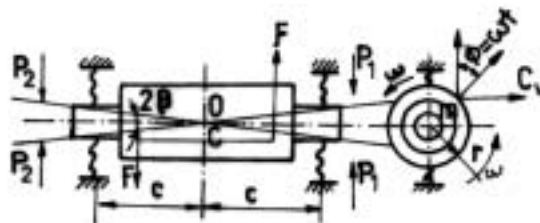


Fig. 9.6. *Axa principală de inerție deplasată față de axa de rotație*

în care θ este momentul de inerție al corpului față de o axă verticală care trece prin centrul de greutate;

ω - unghiul dintre axa principală de inerție și axa de rotație;

K - constanta elastică a arcurilor;

$R \frac{dx}{dt}$ - forța de frecare a mediului;

$2Kc^2$ - momentul rezistent al arcurilor;

$m \cdot r \cdot \omega^2 \cdot b \cdot \cos \omega \cdot t$ - momentul componentei orizontale a forței centrifuge.

Una dintre soluțiile ecuației (9.9) se poate scrie:

$$\beta = K \cdot \cos(\omega t - \phi) \quad (9.10)$$

Această ecuație dovedește că amplitudinea maximă este rămasă în urmă cu unghiul ϕ față de poziția masei în dezechilibru.

Valoarea unghiului ϕ se determină cu o relație de forma:

$$\operatorname{tg} \phi = \frac{R}{2Kc^2 - \theta^2} \quad (9.11)$$

care are valoarea maximă (infini) când numitorul este zero, adică la o viteză unghiulară:

$$\omega = \frac{2Kc^2}{\theta} \quad (9.12)$$

Din această relație se determină turația piesei:

$$n_d = \frac{1}{2\pi} \frac{2Kc^2}{\theta} \quad (9.13)$$

și se numește turație de rezonanță dinamică.

9.3. Echilibrarea statică. Metoda de echilibrare

Vibrațiile mașinilor produse de dezechilibrul corpurilor aflate în mișcarea de rotație, pot produce pagube însemnate dacă nu sunt eliminate la timp.

Pentru a preîntâmpina apariția vibrațiilor, sau pentru a încerca înlăturarea lor, se procedează la echilibrarea lor. Echilibrarea se poate face static, pentru care se folosesc dispozitive speciale și dinamic, cu ajutorul unor mașini de echilibrat, cu piese în mișcare de rotație, construite pe baza anumitor principii.

Echilibrarea statică se face mai ales pieselor sub formă de discuri, a căror lungime este mult mai mică decât diametrul, folosindu-se paralele de echilibrare (fig. 9.7).

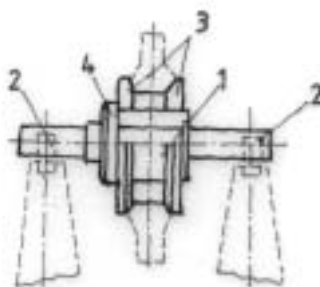


Fig. 9.7. *Dispozitivul de echilibrare conică*

Echilibrarea statică se face în următoarele situații:

-corpul are dezechilibru static evident (când se scoate din stare de repaos în poziția inițială);

-dezechilibru static al corpului nu se manifestă (când se rotește, corpul rămâne în stare de repaos în poziție inițială);

-dezechilibrul static al corpului nu se manifestă (când se rotește, corpul rămâne în stare de repaos, în orice poziție s-ar așeza, corpul dă impresia că este echilibrat static.

În funcție de acest situații echilibrarea se face în mod diferit.

9.3.1. Echilibrarea statică a corpurilor cu dezechilibru static evident

Dacă se constată prin scoaterea din starea de repaos a corpului că acesta prezintă dezechilibru static evident, se pot folosi mai multe metode dintre care cea mai utilizată este prezentată în cele ce urmează.

Corpul așezat pe paralelele de echilibrare, se găsește cu greutatea în dezechilibru „ G_0 ”, așezată pe verticală, sub axa de rotație. În vederea echilibrării, se aduce corpul în poziția A (fig. 9.8), astfel încât greutatea în dezechilibru să se afle în planul orizontal care trece prin axa de rotație a corpului.

În partea diametral opusă, se așează o greutate de echilibrare „ p ” de așa mărime, încât corpul să se rotească ușor cu un unghi mic față de orizontală, în sensul săgeții.

Se rotește corpul cu 180° în sensul săgeții, astfel ca cele două greutăți să se afle în planul orizontal, poziția B (fig. 9.8). Lăsat liber, datorită greutății mai mari „ G_0 ”, corpul tinde să se rotească în sensul săgeții cu un unghi față de orizontală de același ordin de mărime ca și la poziția A.

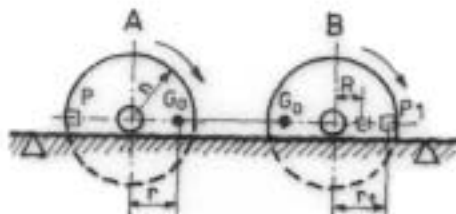


Fig. 9.8. *Echilibrarea statică a unui corp cu dezechilibru static evident*

Dacă se notează cu „y” mărimea greutateii de echilibrare, cunoscând „p” și „a” și făcând egalitatea momentelor create de greutate în cele două poziții, se poate determina fie greutatea de dezechilibrare, fie greutatea de echilibrare. Cunoscând că greutatea în echilibru „G_o” se află la distanța „r” față de axa de rotație a corpului și că greutatea de echilibrare s-au așezat la distanța „r₁” (de regulă suprafața exterioară a corpului), momentele create de cele două greutăți sunt egale.

$$G_o \cdot r = y \cdot r_1 \quad (9.14)$$

Dacă se face egalarea momentelor din cele două poziții, se obține:

$$G_o \cdot r - p \cdot r_1 = (p + g)r_1 - G_o \cdot r$$

$$G_o r = (p + \frac{q}{2})r_1 \quad (9.15)$$

se poate scrie că:

$$y r_1 = G_o r = (p + \frac{q}{2})r_1$$

de unde:
$$y = p + \frac{q}{2} \quad (9.16)$$

Această greutate se așează în locul greutateii „p” sau se scoate din partea diametral opusă. Dacă nu se poate scoate material de la periferie, ci de la o anumită distanță „R” de la axa de rotație, mărimea cantității de material „y₁” se determină de asemenea făcând ca momentele să fie egale, adică:

$$y_1 R = y r_1; \quad y_1 = \frac{y r_1}{R} L = \frac{p + \frac{q}{2}}{R} r_1 \quad (9.17)$$

9.3.2. Echilibrarea statică a unui corp al cărui dezechilibru nu se manifestă

Corpurile la care dezechilibrul nu se manifestă, rămân în poziție de repaos în orice parte s-ar roti, putându-se crede că sunt perfect echilibrate. Verificarea că sunt sau nu echilibrate se face astfel:

Corpul se așează pe paralele de dezechilibru după ce în prealabil s-a împărțit într-un număr de părți egale (6; 8; 9 etc.) și rotindu-l în sensul acelor de ceasornic se fixează în fiecare din punctele numerotate câte o greutate de probă astfel ca să se rotească cu același unghi față de verticală.

Corpul se consideră complet echilibrat dacă adăugând în fiecare punct aceeași greutate, se rotește cu același unghi. Dacă însă este dezechilibrat, greutatea de probă diferă de la punct la punct. Se constată în care punct s-a plasat greutatea cea mai mică și se așează, astfel ca aceasta să fie în planul orizontal care trece prin axul corpului (fig. 9.9), poziția I.

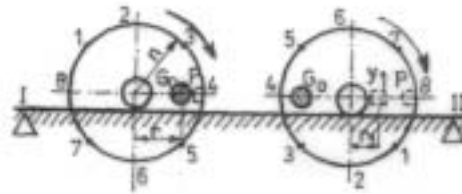


Fig. 9.9. *Echilibrarea corpurilor la care dezechilibrul static nu se manifestă*

Dacă greutatea de echilibrare adăugată este „q” și se găsește în punctul „4” se lasă corpul liber și se notează unghiul cu care se rotește în sensul săgeții. Se îndepărtează greutatea „q” și se rotește corpul în așa fel încât punctul diametral opus „8” să ocupe locul punctului „4”, poziția II (fig. 9.9).

Prin încercări se găsește o greutate de probă „p” care se așează în punctul „8” astfel ca rotirea corpului să se facă cu același unghi ca la poziția II. Dacă se consideră că greutatea în dezechilibru este „G” și se găsește la distanța „r” de axa corpului, prin ecuația de egalare a momentelor din cele două poziții se poate determina fie greutatea în dezechilibru, fie greutatea de echilibrare „y”.

$$G_o \cdot r + q \cdot r_1 = r_1 \cdot p - G_o \cdot r \quad (9.18)$$

$$G_o \cdot r = \frac{P-q}{2} r_1 \quad (9.19)$$

Pentru că $G_o r = y r_1$ (r_1 - raza la care s-au plasat greutatea de probă „p” și „q”) se poate scrie:

$$y r_1 = G_o r = \frac{P-q}{2} r_1 \quad (9.20)$$

$$y = \frac{P \cdot q}{2} \quad (2.21)$$

Pentru echilibrare se scoate din punctul „4” greutatea determinată „y” sau se adaugă aceasta în punctul „8”.

9.4. Echilibrarea dinamică. Metode de echilibrare

După forma pieselor, echilibrarea statică poate sau să nu fie suficientă pentru funcționarea liniștită a mașinilor. În timp ce pentru piese sub formă de disc (de tipul discurilor abrazive), echilibrarea statică dă rezultate bune, pentru piese de tipul arborilor, la care lungimea este mai mare decât diametrul, numai echilibrarea statică nu este suficientă. Aceasta pentru că greutatea de echilibrare nu se mai pot plasa în planul radial în care se află dezechilibrul. Din acest motiv greutatea de echilibrare se așează de regulă pe capetele piesei, care împreună cu greutatea de dezechilibru creează forțe centrifugale egale și de sens contrar, la o oarecare distanță între ele, dând naștere unor momente care produc dezechilibrul dinamic.

Dezechilibrul dinamic se manifestă fie prin vibrațiile lagărelor, fie prin deformarea elastică a arborilor.

9.4.1. Turația critică. Turația de rezonanță

Se cunoaște că direcția săgeții la încovoierea maximă a unui ax coincide cu direcția forței centrifuge numai la turații reduse. Odată cu creșterea turației se produce decalajul între direcția săgeții de încovoiere și direcția forței centrifuge care o produce, ajungând ca la o turație de rezonanță să fie de 90° , iar încovoierea axului cât și vibrația au valori maxime.

Vibrații puternice mai apar la piesele care se rotesc la o turație corespunzătoare frecvenței proprii a sistemului, care a căpătat denumirea de turație critică.

În cazul unui ax (fig. 9.10), la care centrul de greutate al discului montat pe el se află la o distanță „e” de axa de rotație, pus în mișcarea de rotație, forța centrifugă care ia naștere tinde să încovoieze axul cu cantitatea „f”, astfel că centrul de greutate se află la distanța (f + e) de axa de rotație a axului (fig. 9.10 b).

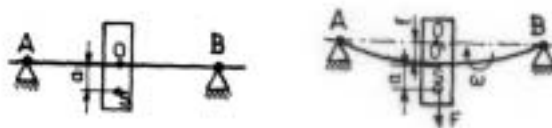


Fig. 9.10. Model pentru stabilirea turației critice

În aceste condiții, forța centrifugă, cât axul de masă „m” are o viteză unghiulară ω , va fi:

$$F_c = m(f + e) \omega^2 \quad (9.22)$$

Acestei forțe i se opune forța elastică a axului care este proporțională cu deformația:

$$R = K \cdot f \quad (9.23)$$

unde K este forța care provoacă o săgeată de 1 m.

Din condiția de echilibru:

$$m(f + e) \omega^2 = K \cdot f \quad (9.24)$$

se determină săgeata:

$$f = \frac{m \cdot e^2}{\frac{K + m\omega^2}{m\omega^2} - 1} = \frac{e}{\frac{K}{m\omega^2} - 1} \quad (9.25)$$

Săgeata are valoarea maximă, atunci când numitorul este zero, deci atunci când:

$$\frac{K}{m\omega^2} = 1, \quad \text{deci:} \quad \omega = \sqrt{\frac{K}{m}} \quad (9.26)$$

Viteza unghiulară dată de relația (9.26) se numește viteza unghiulară critică, iar turația corespunzătoare ei se numește turația critică.

Cunoscând că:

$$\omega_{cr} = \frac{\pi \cdot n_{cr}}{30}$$

$$n_{cr} = \frac{30}{\pi} \omega_{cr} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{981K}{G}} = 300 \sqrt{\frac{K}{G}} \quad (9.27)$$

în care s-a înlocuit $m = G/g$, iar $g = 981$ (cm/sec²).

La această turație se produc vibrații puternice ale lagărelor, din care motiv în practică se lucrează la turații cu 20...30% mai mari sau mai mici.

Între cele două turații, de rezonanță și critică, există o deosebire esențială. În timp ce turația de rezonanță corespunde frecvenței oscilațiilor proprii ale sistemului oscilant (dispozitiv de echilibrare și piesă), turația critică corespunde frecvenței oscilațiilor proprii a piesei în stare de repaos.

Pentru realizarea echilibrării dinamice a pieselor de tip arbore, la care lungimea este mai mare ca diametrul, este necesar ca greutatea de echilibrare să poată fi aplicate la capetele arborelui.

Acest lucru este posibil cunoscând că o forță oarecare (în cazul nostru forța centrifugă a greutății în dezechilibru), poate fi descompusă în două forțe paralele și de același sens. Această posibilitate este folosită la echilibrarea dinamică a pieselor.

9.4.2. Metode de echilibrare

Pentru echilibrarea dinamică la turație joasă se folosesc următoarele metode:

a) echilibrarea dinamică prin însemnarea valorilor admise ale amplitudinilor vibrațiilor și încovoierilor;

b) echilibrarea dinamică prin deplasarea circulară a greutății de probă;

c) echilibrarea dinamică în două sensuri de rotație;

d) echilibrarea dinamică într-un singur sens de rotație;

e) echilibrarea dinamică prin însemnarea valorilor maxime ale frecvențelor vibrațiilor și încovoierilor.

Pentru toate metodele de echilibrare dinamică, la turație joasă sau la turație nominală, sunt valabile următoarele ipoteze:

- amplitudinile vibrațiilor lagărelor și încovoierile unui corp dezechilibrat aflat în mișcare de rotație, sunt proporționale cu forțele centrifuge și cu greutatea în dezechilibru care le produc;

- unghiurile de decalare între direcția forței centrifuge dată de dezechilibru și direcția vibrației maxime sau încovoierii maxime, rămân neschimbate și nu depind de dezechilibru, la aceeași turație;

- dezechilibrul inițial rămâne neschimbat ca direcție și valoare pentru fiecare încercare, dacă se face la aceeași turație și se modifică prin adăugare de greutate de echilibrare.

Înainte de a începe echilibrarea prin această metodă, să se stabilească la ce turație se face. Pentru aceasta corpul se rotește la 500...600 rot/min, cu amândouă lagărele fixe. Se decuplează sistemul de antrenare (se scoate cureaua) și apoi se eliberează lagărele. Dacă se măsoară amplitudinile vibrațiilor celor două lagăre, se constată:

- corpul oscilează neuniform odată cu scăderea turației;

- la un anumit moment, pentru o anumită turație, amplitudinea oscilațiilor crește la valori foarte mari; aceasta este turația de rezonanță dinamică;

- scăzând turația se observă că amplitudinea oscilațiilor scade până la o turație, când se produce o nouă creștere a amplitudinilor vibrației; aceasta este turația de rezonanță statică; după ce trece prin această turație corpul devine imobil.

Eliberarea corpurilor se va face la turația pentru care amplitudinea vibrațiilor este mai mare.

În cazul în care se începe dezechilibrul dinamic se procedează astfel:

Se presupune arborele din fig. 9.11, care se rotește la turația de rezonanță dinamică având lagărul B fix și lagărul A mobil, măsurându-se amplitudinea vibrației lagărului A notată cu „ a_0 ”, măsurătoarea efectuându-se cu instalația prezentată schematic în fig. 9.11 b.

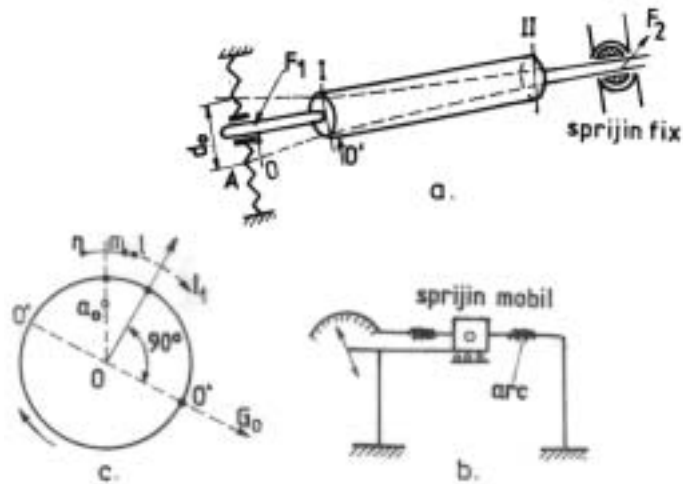


Fig. 9.11. *Echilibrarea dinamică a unui arbore la turația de rezonanță dinamică*

Pentru stabilirea direcției amplitudinii sau încovoierii maxime a arborelui, pe suprafața fusului din lagărul mobil A se dă cu vopsea albă. Dacă se apropie un vârf ascuțit în momentul când arborele se rotește la turația de rezonanță, pe suprafața fusului rămâne o urmă de $l-l_1$ (fig. 9.11 c). Mijlocul „a” al acestui arc de cerc este tocmai direcția oscilației sau încovoierii maxime a arborelui.

Din datele obținute până acum:

- direcția încovoierii maxime a axului cu sau fără greutate de probă „q”;
- amplitudinile vibratorii arborelui „a’_o” sau „a_o” cu și fără greutate de probă.

Se poate determina grafic mărimea și poziția greutății de echilibrare „y_A” (pentru lagărul A al piesei).

Pentru aceasta se construiește un cerc O (fig. 9.12) care, la o scară aleasă convenabil, reprezintă canalul în care se așează greutățile de echilibrare, numit și canal de echilibrare.



Fig. 9.12. **Determinarea grafică a greutateii de echilibrare**

Pe circumferința acestui cerc, se plasează punctul „a” care determină direcția încovoierii maxime a corpului sub influența forței create de dezechilibrul inițial „G₀”.

Punctul „O” în care s-a fixat greutatea de probă „q”, este decalat cu 90° față de „a”, adică pe direcția dezechilibrului inițial. Punctul „b” reprezintă direcția încovoierii maxime a arborelui atunci când s-a plasat pe el și greutatea de echilibrare „q”.

Amplitudinea „a₀” de vibrație a lagărului A la rotirea piesei fără greutatea de probă „q”, se măsoară prin vectorul OA iar amplitudinea „a₀” de vibrație a lagărului A când pe piesă se află și greutatea de probă „q” este dată de vectorul OB. Latura AB a triunghiului AOB reprezintă amplitudinea vibrației lagărului A numai sub acțiunea forței centrifuge creată de greutatea de probă „q”.

Pe baza ipotezei făcute inițial, după care amplitudinile vibrațiilor sunt proporționale cu forțele care le dau naștere, se poate determina greutatea de echilibrare „y_A” din relația:

$$\frac{OA}{AB} = \frac{y_A}{y_q}; \quad y_A = q \frac{OA}{AB} \quad (9.28)$$

În acest mod s-a determinat mărimea greutateii de echilibrare pentru capătul A al arborelui, urmând a se stabili locul de fixare. Pentru că arborele s-a rotit la turația de rezonanță, înseamnă că greutatea de echilibrare se va plasa la 90° în urma punctului „a” care indică direcția încovoierii maxime, fixându-se astfel greutatea de echilibrare „y_A” în punctul „O”. În acest fel s-a determinat mărimea și poziția greutateii de echilibrare care va anula influența forței „F₁” datorită dezechilibrului din capătul A al arborelui.

Se fixează greutatea de echilibrare „ y_A ” în locul B, prin fixarea lagărului A și făcând mobil lagărul B. Procedându-se în mod analog, se determină poziția și mărimea greutății de echilibrare „ y_B ”. Dacă se lasă ambele lagăre libere, cu greutatele de echilibrare plasate la locul lor, se datorește faptului că greutatea de echilibrare „ y_B ” are influență și asupra lagărului A nu numai asupra lagărului B.

În continuare se introduce în capătul A o nouă greutate suplimentară „ p ” la 180° față de „ y_B ” pentru a elimina influența acesteia asupra lagărului A. Va trebui însă a se face o nouă corectare a greutății „ y_B ”, care va deveni „ y'_B ” pentru echilibrarea în întregime a lagărului B.

Se consideră piesa din fig. 9.13 și fig. 9.14 și se notează cu „ F_c ”, „ F_{cB} ” și „ F'_{cB} ” forțele centrifuge ale greutăților „ p ”, „ y_B ” și „ y'_B ”, rezultând următoarele:

$$F_c = \frac{p}{g} \omega^2 r \quad (9.29)$$

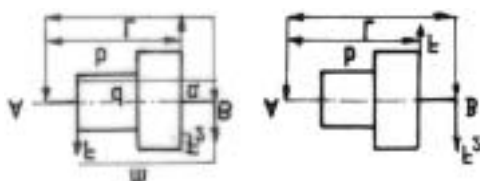


Fig. 9.13. *Determinarea greutății de echilibrare*

$$F_{cB} = \frac{y_B}{g} \omega^2 R \quad (9.30)$$

$$F'_{cB} = \frac{y'_B}{g} \omega^2 R \quad (9.31)$$

în care: r este raza canalului de echilibrare din capătul A al piesei;

R – raza canalului de echilibrare din capătul B al piesei.

Din fig. 9.14 rezultă că:

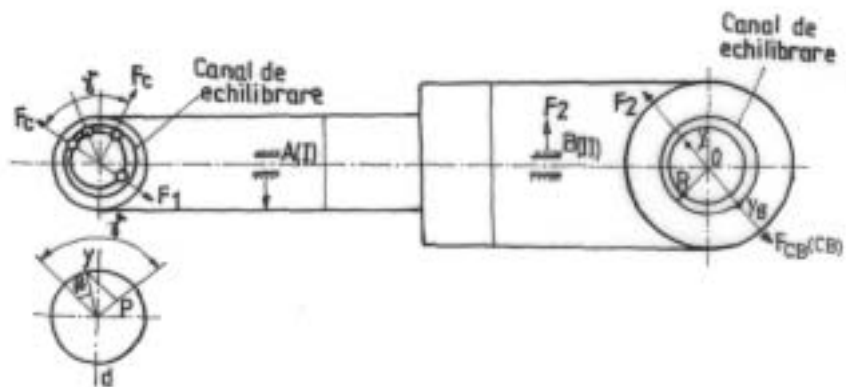


Fig. 9.14. *Schiță pentru determinarea momentelor*

$$F_{cB} \cdot b = F_2 \cdot l \quad (9.32)$$

$$F_2 = F_{cB} \frac{b}{l} \quad (9.33)$$

Pentru ca atunci când ambele lagăre sunt libere piesa să se rotească liniștit, este necesar ca:

- rezultanta forțelor centrifuge „ F_c ” și „ F'_{cB} ” trebuie să fie egală ca mărime și de sens opus forței „ F_2 ” din lagărul B;
- acțiunea forțelor „ F_c ” și „ F'_{cB} ” asupra lagărului A să fie nulă.

Aceste condiții se scriu astfel:

$$F'_{cB} - F_c = F_2 \quad (9.34)$$

$$F_c d = F_2 \cdot a \quad (9.35)$$

De aici:

$$F_c = F_2 \frac{a}{d} = F_{cB} \frac{b \cdot a}{l \cdot d} \quad (9.36)$$

în relația (9.36) s-a înlocuit „ F_2 ” cu valoarea din relația (9.33).

Din relația (9.34) rezultă:

$$F'_{cB} = F_2 + F_c = F_{cB} \frac{b}{l} + F_{cB} \frac{b \cdot a}{l \cdot d} = F_c \frac{b}{l} - \left(l + \frac{a}{d} \right) \quad (9.37)$$

$$F'_{cB} = F_{cB} \frac{b \cdot m}{l \cdot d} \quad (9.39)$$

Dacă în relațiile (9.30), (9.36) și (9.38) se introduc valorile lui „ F_c ”, „ F_{cB} ” și „ F'_{cB} ” se obține:

$$\frac{p}{g} \omega^2 r = \frac{y_B}{g} \omega^3 B \frac{a \cdot b}{d \cdot l} \quad (9.39)$$

$$\frac{y_B}{g} \omega^2 r = \frac{y_B}{g} \omega^2 R \frac{m \cdot b}{d \cdot l} \quad (9.40)$$

Din aceste relații:

$$y_B = y_B \frac{m \cdot b}{d \cdot l} \quad (9.41)$$

$$p = y_B \frac{R a \cdot b}{r d \cdot l}.$$

Din fig. 9.13 se constată că greutatea „ p ” plasată în același plan cu „ y_A ” se poate compune cu aceasta și se înlocuiesc printr-o singură greutate „ y_A ”. În final greutatea „ y'_A ” și „ y'_B ” trebuie să echilibreze perfect piesa și să asigure funcționarea ei liniștită cu ambele lagăre libere.

b. Echilibrarea dinamică prin deplasarea circulară a greutății de probă. Metoda constă în următoarele:

- pentru stabilirea poziției greutății de echilibrare se folosește o greutate de probă care se deplasează în canalul de echilibrare în diferite poziții, piesa fiind supusă de fiecare dată la turația de rezonanță;

- mărimea greutateii de echilibrare se stabilește prin măsurarea amplitudinii vibrațiilor lagărelor la turația de rezonanță a piesei, prin fixarea greutateii de probă în aceeași poziție, modificându-i mărimea.

Echilibrarea prin această metodă se face împărțind circumferințele capetelor piesei (canalul de echilibrare) într-un număr de părți egale (2, 4, 6, 9 etc.).

Fiecare capăt se echilibrează separat.

Pentru echilibrare se ia un sistem de axe de coordonate, în care în ordonată se ia amplitudinea vibrațiilor, iar în abscisă circumferința canalului de echilibrare, desfășurată (fig. 9.15).

Pe grafic, amplitudinea vibrației lagărului A fără greutate de probă, este reprezentată prin dreapta $l-l'$ paralelă cu abscisa.

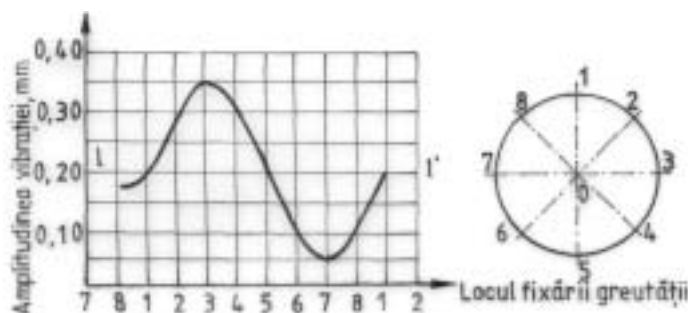


Fig. 9.15. *Grafic pentru echilibrarea dinamică cu plasarea circulară a greutateii de probă*

În punctul „l” de pe canalul de echilibrat din capătul A se fixează greutatea de probă, iar piesa se supune la turația de rezonanță. Se consideră că amplitudinea vibrației se mărește, iar valoarea găsită se trece pe grafic. Se deplasează aceeași greutate în toate punctele și se supune pe rând la turația de rezonanță măsurându-se amplitudinea și trecându-se pe grafic. Se stabilește pentru care din puncte valoarea amplitudinii este maximă, cunoscând că pe acolo este direcția în care acționează forța dată de dezechilibru. Pe direcție diametral opusă se găsește locul în care trebuie plasată greutatea de echilibrare „ y_A ”. Pentru determinarea mărimii greutateii de echilibrare, în punctul în care se va plasa greutatea de echilibrare, se fixează greutăți mai mici și mai mari decât greutatea de probă, de fiecare dată piesa fiind rotită la turația de rezonanță măsurându-i-se amplitudinea.

Într-un grafic (fig. 9.16), pentru diferite greutăți se înscriu amplitudinile măsurate. Greutatea pentru care amplitudinea este minimă va fi greutatea de echilibrare pentru capătul A.

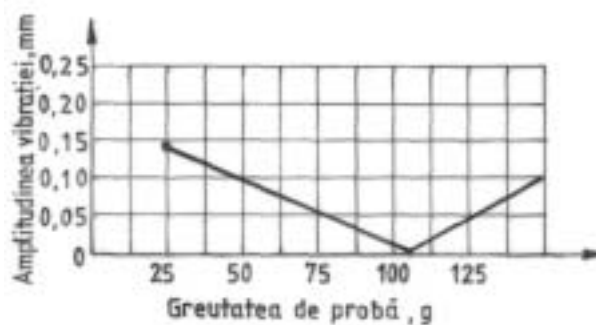


Fig. 9.16. *Grafic pentru determinarea mărimii greutății de echilibrare*

În mod analog se procedează și pentru capătul opus B, determinându-se poziția și mărimea de echilibrare „ y_B ”. Pentru a înlătura influența acestei greutăți asupra capătului A, se face corectarea lor, determinându-se „ y_B ” și „ p ” cu ajutorul relațiilor (9.34) și respectiv (9.35).

Cu aceste greutăți plasate în locurile corespunzătoare, piesa cu ambele capete libere, supusă la turația de rezonanță, nu trebuie să vibreze.

Pentru fiecare din metodele de echilibrare dinamică s-au construit dispozitive și mașini de echilibrat, toate bazându-se pe echilibrarea la turația de rezonanță.

Capitolul 10

EXPLOATAREA ȘI ÎNTREȚINEREA UTILAJELOR

10.1. Noțiuni generale

Caracteristicile tehnice ale utilajelor și instalațiilor din industrie pot fi menționate printr-un regim rațional de exploatare și întreținere, aplicat conform cu particularitățile constructiv-funcționale ale acestora.

1. Noțiuni de exploatare și întreținere. Exploatarea reprezintă totalitatea lucrărilor de valorificare funcțională a utilajelor și instalațiilor, pentru asigurarea condițiilor unei siguranțe depline și ale unor cheltuieli minime de întreținere și reparație.

Întreținerea reprezintă totalitatea lucrărilor aplicate continuu sau periodic asupra utilajelor (instalațiilor), urmărindu-se:

- menținerea stării funcționale a utilajului la parametri normali privind calitatea și continuitatea producției;
- evitarea întreruperilor de producție;
- reducerea timpilor neproductivi;
- limitarea, la nivel minim, a cheltuielilor suplimentare;
- majorarea fiabilității utilajelor.

În general, exploatarea și întreținerea utilajelor, îmbracă aspecte de coordonare și supraveghere a funcționării și de întreținere permanentă a instalațiilor.

a. Aspecte ale siguranței în exploatare. Elementele care hotărăsc asupra siguranței funcționale a instalațiilor sunt:

- acționarea utilajelor;
- montajul instalațiilor;
- starea de uzură;
- reparațiile executate;
- reglajele după repararea lor.

Pentru orice tip de instalație, incidentele funcționale se pot grupa în:

- abateri de la valorile nominale ale parametrilor funcționali cu zgomote, vibrații, întreruperi ale funcționării;
- defecțiuni ale pieselor și subansamblurilor componente;
- avarii parțiale sau totale ale instalațiilor.

Între cele trei categorii de incidente funcționale indicate există legături de cauzalitate schematizate grafic în fig. 10.1.

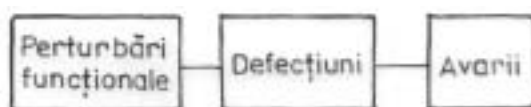


Fig. 10.1. *Relația de dependență între incidente funcționale*

Dacă perturbările funcționale nu sunt înlăturate la timp, ele pot genera defecțiuni sau avarii. În general, se produce o asociere a cauzelor (fig. 10.2), cu simultaneitate asociativă.

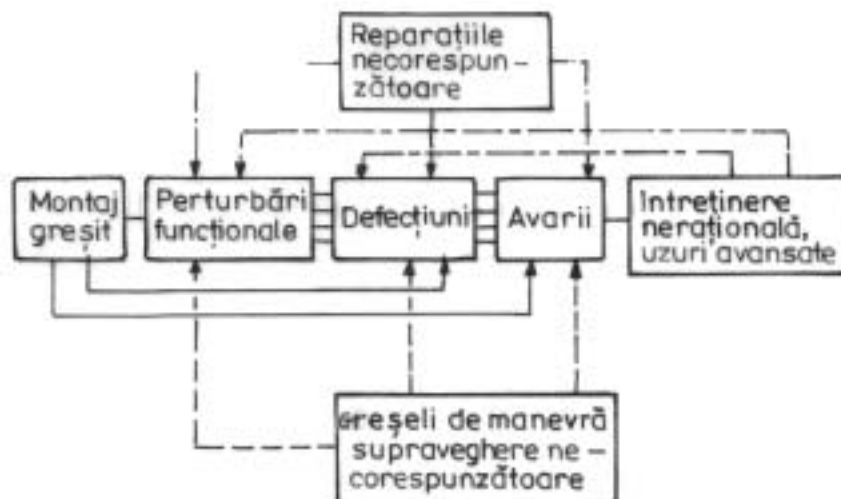


Fig. 10.2. *Relația de interdependență a incidentelor funcționale*

b. **Exploatarea rațională a utilajelor.** Aceasta stă la baza întocmirii instrucțiunilor de exploatare și întreținere pentru fiecare tip de utilaj și preconizează, respectarea strictă a succesiunii operațiilor la pornirea și oprirea utilajului. La utilajele cu acționare mecanică, pornirea se face în gol, iar oprirea se face după prelucrarea completă a materialului tehnologic.

10.2. Ungerea mașinilor și utilajelor

10.2.1. Lubrifierea mașinilor și utilajelor tehnologice

Prin lubrifiere se înțelege acțiunea tehnică de reducere a frecării și uzurii, care apare când două corpuri solide sunt în contact, au o mișcare relativă, și se introduce în zona de contact un material de ungere numit lubrifianț.

Noțiunea de lubrifiere semnifică: aducerea lubrifianțului în zona de contact și modul de realizare și de menținere a filmului de lubrifianț portant între suprafețele corpurilor în contact.

Pentru ca ungerea să contribuie în cel mai înalt grad la întreținerea unei mașini, a unui utilaj, este necesar să se aleagă lubrifianțul cel mai indicat, în funcție de materialul pieselor în frecare, presiunea relativă între suprafețele pieselor în frecare, turația sau viteza de alunecare, importanța pieselor și disponerea acestora în construcția mașinilor, inclusiv condițiile de mediu în care funcționează acestea (temperatura, umiditate relativă, existența prafului etc.).

Complexitatea operațiilor de lubrifiere și implicațiile asupra funcționării normale a utilajelor, a condus la tipizarea materialelor de ungere (standarde, norme interne etc.), iar ungerile se execută după un anumit număr de ore sau conform programării (zilnic, săptămânal, lunar etc.).

Fiecare utilaj are o fișă de ungere ce cuprinde o serie de date referitoare la: punctele de ungere, lubrifianții utilizați, sistemul de ungere și periodicitatea ungerii.

Se constată că, oricât de bine ar fi organizat procesul de ungere, el este eficient numai în măsura în care este respectat, și acest fapt depinde de nivelul de responsabilitate a celui care realizează ungerea.

10.2.2. Clasificarea lubrifianților

Lubrifianții pot fi clasificați în următoarele categorii: lichizi, solizi, gazoși.

Lubrifianții lichizi. În această categorie sunt incluse uleiurile minerale, uleiurile sintetice, uleiurile de origine vegetală și animală, inclusiv grăsimile animale și unsoarele.

Uleiurile minerale se obțin prin rafinarea fracțiunilor uleioase extrase din țiței. Aceste uleiuri se diferențiază între ele prin compoziție,

proprietăți și utilizări. Clasificarea și notarea uleiurilor minerale românești este stabilită prin STAS 871/91.

Uleiurile sintetice sunt uleiuri de sinteză corespunzătoare pentru un domeniu mai larg de temperaturi și se caracterizează printr-o dependență, vâscozitate-temperatură, mai bună precum și printr-o rezonanță mai mare la oxidare, la descompunere termică, astfel încât se pretează mai bine la ungerea mașinilor și utilajelor care funcționează în condiții mai grele (presiuni și temperaturi mai mari).

Uleiurile siliconice de exemplu pot fi utilizate între -100 și 45°C .

Uleiurile vegetale au proprietăți de ungere superioare uleiurilor minerale, însă prezintă dezavantajul că la temperaturi mai ridicate se descompun, cu formare de acizi care provoacă coroziunea suprafețelor metalice în frecare. În prezența aerului, uleiurile vegetale formează o peliculă uscată, pe suprafețele metalice, care se îndepărtează cu dificultate.

Uleiurile de origine animală (ulei din oase, din copite etc.) se utilizează la ungerea mecanismelor fine.

Unsurile, sunt dispersii de săpunuri în uleiuri minerale sau lichide uleioase. Pentru dispersie se folosesc săpunurile (de sodiu, calciu, aluminiu, bariu, litiu, plumb etc.) sau săpunuri complexe ale acestor elemente.

De remarcat că pentru îmbunătățirea calității lubrifianților lichizi se utilizează diferiți aditivi (pentru extremă presiune, antioxidanți, antiuzură, antispumant etc.).

Principalele caracteristici ale lubrifianților lichizi sunt:

Vâscozitatea dinamică (vâscozitatea) este raportul dintre tensiune tangențială și gradientul de viteză, în cazul unui fluid newtonian în regim de curgere laminar (legea lui Newton):

$$\eta = r/\text{grad } v \quad (10.1)$$

Majoritatea uleiurilor minerale urmează legea liniară a lui Newton, pentru regimul de ungere de alunecare în condiții normale de temperatură și presiune.

La presiuni mari (rulmenți, angrenaje, came etc.) vâscozitatea este mult dependentă de presiune, fiind un parametru important al regimului electrohidrodinamic (EHD).

Pentru regimul termoelastohidrodinamic (TEHD) interesează dependența vâscozității atât de temperatură cât și de presiune (rulmenți și angrenajele greu încărcate și la viteze mari).

Unitatea de vâscozitate dinamică în SI este $\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2$ sau $\text{Pa}\cdot\text{s}$; se mai utilizează unitatea Poise (P) din sistemul CGS, cu subunitatea centipoise (CP). Relația de echivalență este:

$$1 \text{ Pa}\cdot\text{s} = 10 \text{ P} = 1000 \text{ CP} \quad (10.2)$$

Vâscozitatea cinematică a unui lubrifiant este raportul dintre vâscozitatea dinamică și densitatea sa la temperatura respectivă fiind:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \quad [\text{m}^2/\text{s}] \quad (10.3)$$

Are ca unitate, în SI, m^2/s . Se utilizează și unitatea Stokes (St), cu subunitatea centistokes (CSt); relația de echivalență este:

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ St} = 10^6 \text{ Cst} \quad (10.4)$$

Vâscozitatea convențională Engler (E) a unui lubrifiant este raportul, exprimat în grade Engler dintre timpul de curgere a 200 cm^3 de apă și respectiv a 200 cm^3 de lubrifiant la temperatura 1°C din aparatul Engler.

Indicele de vâscozitate Dean Davies (IV DD sau IV) depinde de compoziția chimică a uleiului și reprezintă gradul de modificare a vâscozității cu temperatura. Astfel, o valoare IV mai mare indică o gamă largă de temperaturi pentru uleiul respectiv.

Punctul de inflamabilitate, este temperatura la care uleiul încălzit în condiții bine definite, emite o unitate de vapori care se inflamează la apropierea unei flăcări (STAS 5489-90).

Punctul de inflamabilitate reprezintă deci o indicație utilă pentru uleiurile constituite din amestecuri de fracțiuni ușoare și grele și, de asemenea, prezintă utilitate în legătură cu consumul de ulei.

Punctul de congelare al unui ulei este temperatura cea mai înaltă, la care uleiul supus răcirii, în condiții diferite, încetează de a mai curge (STAS 39-90). Această caracteristică are deosebită importanță în funcționarea utilajelor în condițiile temperaturilor joase.

Lubrifianții solizi. Conceptul de lubrifiant solid include atât straturile subțiri de oxid cât și straturile de lubrifianți solizi depuse prin metode fizice și chimice, cu scopul de a reduce frecare și uzura.

Principalii lubrifianți solizi utilizați sunt: grafitul, bisulfurile (MoS_2 , TiS , WS_2), biselenurile (MoSe_2 , WSe_2 , NbSe_2); sulfurile (CuS , FeS , PbS), nitrura de bor, oxizi (CuO , PbO) și teflonul.

Teflonul (politetrafluoretilena) este un material sintetic folosit în construcția bușelor subțiri de lagăre dar care, aflat în stare coloidală în suspensie în lubrifianți, poate fi considerat și ca un lubrifiant lichid. Este caracterizat printr-o frecare redusă și rezistență înaltă la uzură și la coroziune. Teflonul cât și unele materiale în amestec cu teflonul își mențin calitatea chiar până la o temperatură de $250\text{-}300^\circ\text{C}$, dacă temperatura acționează timp scurt, dar nu suportă decât presiuni și viteze reduse. Lubrifianții solizi se utilizează funcție de recomandările proiectantului de utilaj și a specialiștilor din domeniu.

10.2.3. Dispozitive și instalații de ungere

Factorii determinanți în alegerea procedurii de ungere sunt: felul lubrifiantului, natura mașinii sau instalației, posibilitatea de urmărire a procesului de lucru, controlul și realimentarea cu lubrifiant a mașinii în timpul exploatării acesteia.

a. Dispozitive de ungere pentru unsoari consistente. Folosirea unsoarii consistente, drept lubrifiant, este indicată la mașini și utilaje cu turații reduse sau în locurile unde cantitatea de lubrifiant necesară ungerii este redusă.

Clasificând lagărele și posibilitățile de realizare constructivă foarte variate ale acestora, tipurile de dispozitive de ungere cu unsoare consistentă pot fi ungătoare cu bile și ungătoare cu pâlnie.

Ungătoarele cu bile sunt prevăzute în STAS 1116-89 și sunt executate în trei tipuri: tip UA, UB, UC (fig. 10.3).

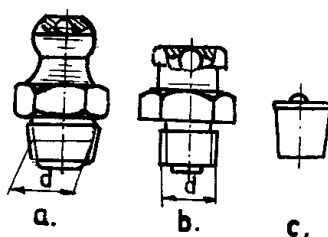


Fig. 10.3. *Ungătoare cu bilă*: a-tip UA cu cap sferic și conic filetat; b-tip UB cu cap plat și filetat cilindric; c-tip UC cu cap plat și fixat prin presare

Piese, anexe cu care se assemblează ungătoarele tip UA și UB sunt arătate în fig. 10.4.

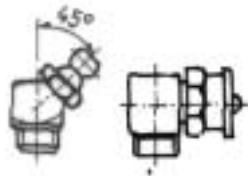


Fig. 10.4. **Piesă de poziție cu ungător**: a-montare înclinată la 45°;
b-montate la 90°

Ungătoarele tip UA și UB și piesele de poziție, se înșurubează în găuri filetate cu filete metrice corespunzătoare (M5, M6, M10x1).

Ungătoarele de tip UC se presează în alezajele cilindrice de diametru „d” ($d = 6, 8, 10 \text{ mm}$) cu toleranța H9. Pentru introducerea unsorii consistente și a uleiurilor prin intermediul ungătoarelor cu bile, se folosesc pompe de ungere manuale nominalizate în STAS 5290-90. După modul de acționare a dispozitivului de presiune, pompele de ungere se execută în patru tipuri constructive și anume:

- tip PA – pompă de ungere manuală cu pârghie (fig. 10.5);
- tip PB – pompă de ungere manuală cu tub telescopic (fig. 10.6);
- tip PC – pompă de ungere manuală cu mâner;
- tip PD – pompă de ungere cu dop cu autoabsorbție.

Ungătoarele cu pâlnie tip UP sunt normalizate în STAS 748-93 (fig. 10.7), standardul respectiv prevăzând noua mărime constructivă, având capacitatea nominală cuprinsă între 1,6 și 400 cm^3 . în funcție de mărime.

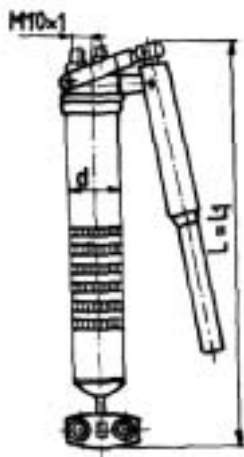


Fig. 10.5. **Pompă de ungere manuală tip PA**

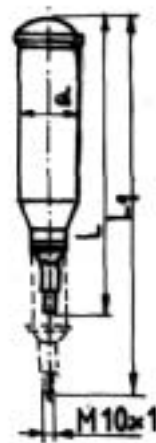


Fig. 10.6. **Pompă de ungere manuală tip PB**

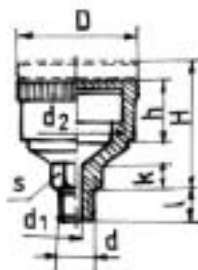


Fig. 10.7. *Ungător cu pâlnie*

Cota H reprezintă gabaritul minim necesar pentru îndepărtarea capacului unghătorului, în scopul umplerii cu unsoare. Ungătoarele cu pâlnie sunt aplicabile la locul ungerii prin înșurubarea părții inferioare a unghătorului respectiv.

Corpul și capacul unghătorului formează un spațiu umplut cu unsoare consistentă, care se deplasează prin strângerea capacului filetat la interior. Lubrifiantul este forțat să pătrundă, prin orificiul central și prin gaura executată în corpul lagărului, până în zona de ungere.

Foarte des se utilizează ungerea directă din depozitul de unsoare consistentă al capacului lagărului, capac care are un spațiu corespunzător pentru lubrifiant. Din capac, lubrifiantul curge în mod liber în zona de ungere (cazul cel mai frecvent la ungerea lagărelor cu rulmenți).

Ungerea cu unsoare consistentă se poate face și în sistem centralizat, în care caz, unsoarea consistentă este eliminată simultan prin presare, dintr-un cilindru al cărui piston este acționat manual sau mecanic, la fiecare loc de ungere.

b. Dispozitive de ungere cu ulei. Asigură cantitatea necesară pentru ungere sau în exces, cu presiune naturală, cu presiune joasă sau cu presiune înaltă, ceea ce permite o frecare redusă, chiar de la pornirea mașinii sau utilajului.

Ungerea cu presiune naturală, fără exces de ulei, se realizează cu pompa de mână, cu ulei de ungere, cu fitil sau prin picurare.

Ungerea cu ulei în exces și la presiune naturală dă deplină satisfacție în funcționare. Acest sistem se poate realiza cu inel mobil sau fix, pe arbore, prin palete de antrenare și împrôscare (barbotaj) a unei cantități de ulei aflat în baia mașinii (utilajului).

Ungerea cu inel de ungere (fig. 10.8) este foarte bună, inelul respectiv sprijinindu-se pe partea superioară a fusului, cuzinetul fiind tăiat în mod corespunzător, iar partea inferioară a acestuia atârând în baia de ulei din corpul lagărului.

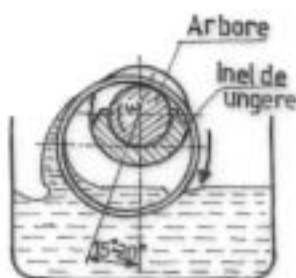


Fig. 10.8. *Schema de realizare a ungerii cu inele de ungere*

Ungerea se produce numai când mașina este în funcțiune, în care caz arborele în rotație, antrenează, prin frecare, inelul care, la rândul său, antrenează uleiul din baia lagărului, ulei ce se răspândește de-a lungul lui prin canale laterale (buzunare) executate în marginile cuzinetului. În general, se alege soluția cu inel mobil pe fus.

Ungerea prin lăncșor este o variantă a celei cu inel mobil, bazată pe același principiu, dar utilizată mai rar.

Aceste două sisteme de ungere prezintă avantajul că, prin împingerea uleiului și prelingerea acestuia înapoi în baie, se realizează și o răcire eficientă a uleiului.

Sistemul prin barbotaj se utilizează des la ungerea reductoarelor de viteză (fig. 10.9) unde rolul de palete îl îndeplinește una din roțile dințate mari, active, sau o roată dințată specială. În aceste cazuri trebuie verificat periodic nivelul din baie al uleiului. Pentru verificarea nivelului de ulei din baie se utilizează diferite indicatoare de nivel: cu vizor (fig. 10.10), tubular (fig. 10.11) și tip vergea (fig. 10.12).

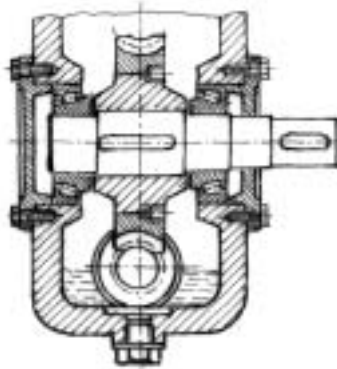


Fig. 10.9. *Sistem de ungere cu ulei prin barbotare*



Fig. 10.10. *Indicator de ulei cu vizor*



Fig. 10.11. *Indicator de ulei tubular*



Fig. 10.12. *Indicator de ulei cu vergea (cu jojă)*

Ungerea cu suprapresiune se realizează cu ajutorul pompelor cu roți dințate, cu excentric, cu palete etc.

Asemenea sisteme de ungere sunt prevăzute cu dispozitive de reglare a debitului și presiunii.

O pompă cu roți dințate constă dintr-un angrenaj format din două roți dințate cu dinți exteriori (fig. 10.13), angrenaj închis într-o carcasă cu un orificiu de aspirație (A) și unul de refulare (R). Antrenarea pompei se face acționând asupra unui singur arbore pe care roata dințată respectivă se fixează cu ajutorul unei pene (paralele sau disc), cealaltă roată dințată rotindu-se liber pe axul său.

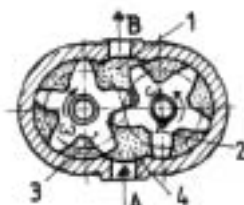


Fig. 10.13. *Schema de principiu a unei pompe cu roți dințate*

Funcționarea pompei cu roți dințate constă în transportul volumului de lubrifianț (ulei) din golul (G) al dinților, ulei preluat de la camera de aspirație (CA) spre camera de refulare (CR). Golurile dintre dinți (G) sunt limitate de flancurile dintre dinți, lungimea flancurilor și carcasa pompei. Aceste goluri joacă rolul unor cupe transportatoare de ulei. Debitul pompelor cu roți dințate este determinat de volumul golurilor dintre dinți ale ambelor roți, multiplicat cu turația arborelui de antrenare. Între rotor și carcasă, funcțional trebuie să existe un gol minim care influențează randamentul pompelor. Acest joc poate varia, însă cu timpul din cauza uzurii, conducând la scăderea randamentului pompei.

Pompa cu excentric (fig. 10.14) se compune din corpul (1), arborele excentric (2) care poartă paletetele (4) ghidate în canalele radiale (3).

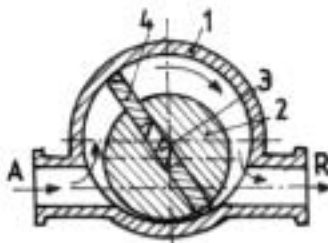


Fig. 10.14. *Schema de principiu a unei pompe cu excentric*

Cele două palete (lamele) sunt împinse spre pereții interiori ai corpului (1) (radial) de arcul elicoidal (3) fixat între cele două palete. Arborele cu excentric primește mișcarea de rotație de la un motor electric, iar paletetele (4) se freacă de pereții corpului (1), funcționând ca niște pistoane. Uleiul este aspirat prin orificiul A și refulat spre punctele de ungere prin orificiul de refulare R.

Pompa cu paletete (fig. 10.15) se compune din rotorul (2), prevăzut cu canale radiale în care se introduc paletetele (3).

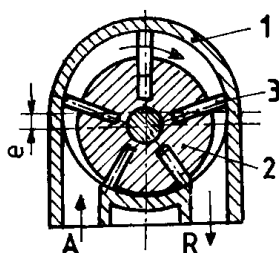


Fig. 10.15. *Schema de principiu a unei pompe cu paletete*

Ansamblul rotor – paletete se rotește în carcasa 1. Axele geometrice ale rotorului și carcasei sunt deplasate una față de alta cu distanța (1), care poate fi mărită sau micșorată prin intermediul unei pene paralele. În timpul funcționării, prin rotirea rotorului, fiecare spațiu cuprins între două paletete consecutive, are rolul de cupă care se umple cu ulei din camera de aspirație (A), pe care-l transportă în camera de refulare (R) și de aici prin conducte la locuri de ungere.

c. **Regenerarea lubrifianților uzați.** Din considerente tehnico-economice acțiunea de recuperare și regenerare a lubrifianților are o deosebită importanță în activitatea de întreținere și reparații.

În timpul funcționării utilajului lubrifianții (atât uleiurile cât și unsoarele consistente), se impurifică și se alterează devenind inutilizabile ca materiale de ungere.

Unsoarea consistentă se impurifică cu apă, praf, emulsie și arsuri etc., impurități ce pot ajunge între suprafețele în mișcare relativă, producând uzura acestora.

Uleiurile minerale își modifică, de asemenea, proprietățile fizice și chimice, independent de procesul de obținere, de adaosurile ce le conțin și de măsurile prevăzute în construcția instalațiilor de ungere pentru

prevenirea impurificărilor cu substanțe străine. Aceste modificări se datoresc fie oxidării, fie modificării alterărilor. Alterarea sau „îmbătrânirea” uleiurilor este un proces complex, care nu a fost studiat complet până în prezent.

Elementele de impurificare formează în ulei un fel de nămol a cărui compoziție este foarte diferită, reducând substanțial proprietățile de ungere.

La anumite mașini, specifice industriei cărnii, unde se folosește o cantitate mare de apă în diferite faze ale procesului de producție, uleiul utilizat pentru ungerea lagărelor și angrenajelor poate fi impurificat cu apă. Circulația continuă a uleiului care conține apă provoacă formarea unor emulsii stabile. Prezența emulsiilor de apă în ulei reduce capacitatea de ungere a uleiului și duce la distrugerea peliculei subțiri de lubrifiant în zona încărcată a lagărului. De aceea, lubrifiantii trebuie înlocuiți periodic iar cei uzați trebuie colectați și regenerați.

Curățirea și regenerarea lubrifiantilor uzați se reduce la îndepărtarea adaosurilor străine.

Colectarea uleiurilor uzate se organizează astfel încât fiecare tip de ulei să fie colectat într-un rezervor special, iar cele ce au venit în contact cu combustibilul se colectează separat (uleiurile de la motoarele electrice).

Se admite și colectarea la un loc a mai multor tipuri de uleiuri uzate, conform STAS 4224-92 și instrucțiunilor în vigoare.

Este cu desăvârșire interzisă introducerea în uleiurile uzate a unsoarelor consistente, vaselinei, substanțelor chimice etc.

Condițiile de admisibilitate ale uleiurilor minerale care urmează a fi regenerate și reutilizate sunt reglementate prin norme.

La colectarea uleiurilor uzate trebuie să se respecte următoarele instrucțiuni obligatorii:

- înainte de a începe colectarea, se vor curăți bine orificiile de ungere și capacele;
- sculele și vasele de colectare trebuie să fie curate;
- pentru evacuarea uleiurilor uzate se vor utiliza dopurile de scurgere sau seringi și pompe speciale;
- vasele de colectare trebuie să fie prevăzute cu site (400-900 ochiuri pe 1 cm^2) la orificiile de umplere; pentru reținerea impurităților vasele mari trebuie prevăzute cu capace, iar butoaiele vor fi închise cu dopuri.

Vasele de colectare trebuie să aibă un volum corespunzător cantităților de uleiuri colectate în perioada dintre două regenerări și să fie

inscripționate cu denumirea, cantitatea și scopul pentru care a fost utilizat uleiul pe care îl conțin.

Pentru regenerarea uleiurilor se folosesc următoarele metode: fizică, fizico-chimică și chimică.

Prin metoda fizică se obține purificarea uleiurilor prin decantare și centrifugare. În cazul curățirii prin decantare, uleiurile uzate se scurg printr-o sită în rezervor și se lasă în acesta, timp de 4-6 zile. Decantarea se bazează pe separarea uleiului, apei și impurităților datorită diferenței dintre greutatea specifică a uleiului și cea a impurităților și depinde de vâscozitatea uleiului, de starea în care se află și de durata perioadei de decantare. Apa și impuritățile insolubile se depun pe fundul rezervorului.

Pentru a mări viteza de decantare în rezervoare uleiul se încălzește în prealabil (serpentine cu abur sau electrice) până la 70-80°C. Uleiul regenerat prin metoda decantării gravimetrice se va reutiliza cu o deosebită atenție.

În cazul curățirii uleiurilor prin filtrarea uleiului se trece prin pânze de filtru sau hârtie de filtru, carton, pânză deasă, pâslă, azbest în fibre, deșeuri de bumbac etc. care rețin particulele solide existente în ulei. Metoda se bazează pe diferența dimensiunilor ochiurilor filtrului și ale particulelor care urmează să fie separate. Filtrele rețin și nămolul, deoarece cu toate că este lichid, are o vâscozitate atât de mare încât nu trece prin găurile filtrului. Rezultate bune se obțin în această direcție prin folosirea unui aparat pentru filtrare combinat cu decantare.

Curățirea uleiurilor prin centrifugare se bazează pe separarea apei și a impurităților metalice din ulei prin acțiunea forței centrifuge. Folosirea forței centrifuge în locul gravitației permite îndepărtarea din ulei a celor mai fine particule și a apei. Această metodă se utilizează cu precădere atunci când există o cantitate mare de ulei ce trebuie curățită de impurități. Uleiul supus centrifugării se încălzește până la 60°C.

Metoda fizico-chimică și chimică de regenerare a uleiului mineral se aplică numai în întreprinderi specializate în acest scop. Regenerarea chimică a uleiurilor se poate face cu ajutorul acidului sulfuric și prin filtrare.

d. **Alegerea lubrifianților.** Prin alegerea corectă a lubrifianților se urmărește, în principal, ca acesta să aibă vâscozitatea cinematică necesară, conform condițiilor celor mai severe de funcționare a utilajului (presiune, temperatură), stabilitate în timp, protecție împotriva coroziunii. Factorul principal ce caracterizează funcționarea unei cuple de frecare este regimul de frecare, care determină alegerea lubrifianțului și durabilitatea în timp a

ungerii. Cu timpul se ajunge la îmbătrânirea lubrifianților care se manifestă și prin înrăutățirea proprietăților funcționale ale acestora. Această îmbătrânire apare în urma acțiunii repetate a tensiunilor de forfecare a lubrifianțului în reductoare, la trecerea prin fante subțiri etc.

Un ulei uzat are proprietăți modificate față de cel inițial. Pentru determinarea momentului de înlocuire a lubrifianțului, se execută analize de laborator în urma cărora se fac recomandări privind periodicitatea înlocuirilor.

La rodaj se recomandă un ulei mai puțin vâscos, de preferință aditivat (cu aditivi de extremă presiune, antioxidanți, antispumanți).

După rodaj acesta se schimbă cu ulei corespunzător, prevăzut în documentațiile tehnice ce însoțesc utilajul.

Alegerea lubrifianților pentru un anumit utilaj, indiferent de tipul lubrifianțului se face după câteva criterii prestabilite.

La turații mari se aleg uleiuri cu vâscozitate mică, deoarece din cauza vitezei mari de alunecare a suprafețelor, frecare devine mare.

La temperaturi mari se aleg uleiuri cu vâscozitate mare.

La presiuni de contact mari se aleg uleiuri cu vâscozitate mare, pentru ca stratul de lubrifianț să fie cât mai rezistent.

Atunci când mașina se află în stare de uzură ridicată se aleg uleiuri de calitate inferioară, deoarece uleiurile superioare, parafinoase nu pot opri o uzură avansată și au cost ridicat.

În general, atunci când se urmărește stabilirea unui lubrifianț corespunzător unui utilaj, se introduce în locul de ungere un ulei cu vâscozitate mare și după 4-5 ore de funcționare se măsoară temperatura; se schimbă uleiul cu altul a cărui vâscozitate este mai mică și după același număr de ore de funcționare se măsoară din nou temperatura. Lubrifianțul care a dat temperatura cea mai scăzută este cel optim.

Alegerea uleiurilor este indicată în cartea tehnică a mașinii, iar înlocuirea lor cu altele nu se poate face decât cu respectarea criteriilor menționate anterior.

Ținând seama de literatura tehnică de specialitate, rezultă că unele uleiuri specifice anumitor organe de mașini pot fi utilizate și în alte situații. Spre exemplu, uleiurile hidraulice aditivate pentru presiuni extreme (H-EP STAS 12023-92) se folosesc și la unele angrenaje, variatoare de turație, cuplaje hidraulice etc. Uleiurile pentru cilindri (C STAS 385-90) în afară de ungerea cilindrilor, sertarelor, presgarniturilor etc., pot fi utilizate și la ungerea angrenajelor și altor mecanisme cu viteze mici, temperaturi ridicate și sarcini mari (după prescripții).

De asemenea, uleiurile neaditivate pentru compresoare (K STAS 1195-94) și cele aditivate pentru compresoare (KA STAS 11089-98 și STAS 11035-98) pot fi utilizate și la ungerea anumitor angrenaje, lagăre, ghidaje cu solicitări reduse.

Pentru lagăre sunt recomandate diferite uleiuri minerale având ca document de calitate caiete de sarcini (CS).

Pentru lagărele cu alunecare, la articulațiile ce funcționează cu viteze $> 2,5$ m/s se recomandă:

- pentru condiții normale de presiune și temperatură, unsorile consistente de uz general U80 CaO, U80 Ca3, U100 Ca4, STAS 562-96. Se folosesc și pentru ungerea lagărelor cu rulmenți încărcate cu sarcini mici și mijlocii la turația de 1500 rot/min.

Aceste unsori au o pronunțată rezistență la apă.

- pentru condiții de presiuni înalte și oxidare, unsori consistente pe bază de litiu-calcium-plumb STAS 9874-95. Se folosesc și pentru ungerea lagărelor cu rulmenți.

Lagărele cu alunecare și lagărele cu rulmenți ce funcționează la viteze $v > 2,5$ m/s se ung atât cu unsori consistente cât și cu uleiuri minerale după cum urmează:

- pentru ungerea lagărelor cu alunecare și rulmenților pe intervale de 3-6 luni la turații de 3000 rot/min se utilizează unsori consistente aditivate antioxidant, pe bază de litiu-calcium STAS 8789-93;

- pentru ungerea rulmenților, cât și a lagărelor cu alunecare se folosesc unsori pe bază de săpunuri de sodiu și calcium RUL 100, RUL 145, RUL 165 STAS 1608-94.

e. Ungerea în cadrul întreținerii funcționale. Principalul factor cu repercursiuni însemnate asupra lubrifierii utilajelor îl constituie organizarea ungerii acestora. Lubrifierea corespunzătoare îmbunătățește funcționarea utilajelor prin creșterea durabilității acestora și reducerea consumurilor de piese de schimb, manoperă, energie, lubrifianți.

Lipsurile ivite în acest domeniu pot avea urmări nedorite, cu implicații serioase în desfășurarea normală a procesului de producție. degradarea prematură a lubrifianțului, utilizarea unui alt tip sau sort de lubrifiant în locul celui prescris, contaminarea lubrifianțului, depășirea perioadei de schimb stabilite etc., conduc la scoaterea prematură din uz a mașinii sau utilajului cu implicațiile ce le comportă acest lucru în procesul de producție.

Pentru mașinile și utilajele complexe, cu multe puncte de ungere, la care comanda se face centralizat, de un operator (mașini de umplut, închis

și etichetat cutii), lubrifierea trebuie realizată de către personalul specializat sau de către personalul de întreținere și reparație.

Deci, o exploatare eficientă și rațională a utilajelor trebuie să se bazeze pe existența unei perfecte organizări a ungerii.

Prin aceasta beneficiarul mașinilor și utilajelor trebuie să stabilească cu precizie problemele cu care se confruntă: cheltuieli anuale pentru asigurarea lubrifierii; cerințele de calitate pentru lubrifianți pe baza rezultatelor obținute prin experimentări: experimentarea de noi lubrifianți, în scopul alegerii unor soluții care să conducă la mărirea duratei de utilizare și la reducerea consumului de energie prin micșorarea uzurii, respectiv frecării.

Organizarea ungerii cuprinde două aspecte: organizarea locului de depozitare a lubrifianților și colectarea celor uzați la nivelul întreprinderii, secțiilor, atelierelor etc.

Lubrifianții se păstrează în depozitul central al întreprinderii sau în magaziile secțiilor de producție numai pentru nevoile secției respective. Magazia de lubrifianți se organizează într-un loc izolat și la distanță de instalații care produc scântei sau emană căldură. Toate sortimentele de lubrifianți se depozitează separat de combustibili. Butoaiele, bidoanele și vasele destinate lubrifianților se fixează pe postamente și vor fi bine închise iar sub ele trebuie să existe instalate tăvi sau vase pentru colectarea lubrifianților care se preling sau se varsă.

Lubrifianții vor fi depozitați separați pe sortimente și mărci conform etichetei furnizorului.

Lubrifianții nu vor fi depozitați, cu orice fel de ambalaj, sub cerul liber și expuși la razele solare.

Materialele de șters se păstrează în lăzi metalice cu capace. La locurile de depozitare a lubrifianților vor fi afișate pancarde cu inscripția „Pericol de foc”, „Fumatul strict interzis” etc.

Manipularea și transportul lubrifianților se va face în găleți cu capac sau bidoane confecționate din tablă zincată. Umplerea cu ulei a acestora se face printr-o sită cu filtru sau numai cu sită.

Magaziile pentru depozitare și distribuirea lubrifianților trebuie prevăzute cu: o garnitură de scule de lăcătușerie, cu chei, clește, ciocane etc., care servesc pentru demontarea diferitelor sisteme de ungere în vederea curățirii și spălării lor: manuală pentru transvazarea uleiului; diferite seringi pentru umplerea și completarea sistemelor de ungere; bidoane și căldări cu capac; rezervoare pentru colectarea lubrifianților uzați; lopățică pentru unsoare; cană pentru uns manual; tăvi de diferite capacități pentru

colectarea curgerilor. În fig. 10.16 se arată unele obiecte întrebuințate la ungere.

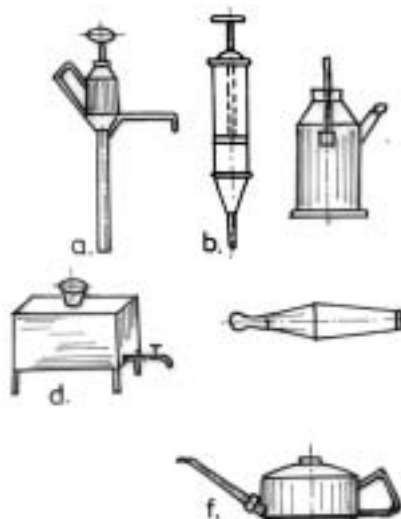


Fig. 10.16. *Inventarul de ungere*: a-pompă manuală pentru transvazarea uleiului; b-seringă; c-bidon; d-rezervor pentru colectarea uleiului uzat; e-lopățică pentru unsoare; f-cană pentru uns manual

f. *Instrucțiuni generale pentru executarea și controlul ungerii.*

Responsabilul cu lubrifierea are următoarele atribuții: elaborarea nomenclatorului punctelor de lubrifiere pe mașină, utilaje sau instalații; elaborarea nomenclatorului pentru uleiuri și unsori consistente, nomenclator ce trebuie să cuprindă: denumirea mașinii sau utilajului, numărul punctelor de ungere și tipul lubrifianțului utilizat, capacitatea băilor și rezervoarelor; necesarul de completat cu lubrifianț; procentul de recuperare; controlul calității înainte de schimbare; modalități de execuție a ungerii etc.; planificarea aprovizionării cu lubrifianți (cantitativă și sortimentală); analize de laborator periodice pentru stabilirea calității lubrifianților din exploatare și stabilirea perioadei optime de schimbare; stabilirea graficelor de ungere.

Personalul însărcinat cu ungerea are următoarele sarcini: asigurarea lubrifianților, lichidelor de spălare și materialelor de spălat pentru executarea ungerii; ungerea locurilor prevăzute conform fișei de ungere

(este interzisă înlocuirea arbitrară a lubrifianților); menținerea nivelului de ulei în băi și rezervoare; completarea cu unsoare a instalațiilor de ungere centrală, instalațiilor individuale, gresoarelor; înlocuirea uleiurilor uzate; menținerea în stare de funcționare a echipamentelor de lubrifiere; completarea punctelor de ungere cu unsoare consistentă; curățirea periodică a rezervoarelor de lubrifianți; colectarea și predarea uleiurilor uzate; evidența etanșării necorespunzătoare și repararea acestora; să nu tolereze scăpări de lubrifianți la punctele de ungere; controlează și organizează ungerea utilajelor sau instalațiile care au fost în reparație; pune în perfectă ordine locul de muncă și intervalul respectiv, supraveghează în mod permanent funcționarea sistemelor de ungere în conformitate cu norma tehnică a acestora; să respecte instrucțiunile privind tehnica securității și protecției muncii.

10.3. Exploatarea și întreținerea pompelor

Pompele trebuie astfel montate încât conducta de aspirație să aibă un traseu ascendent pentru a nu se forma bule de aer în lichid.

Pompa și motorul se montează pe o fundație în poziție perfect orizontală cu arborii coaxiali și cu piulițele șuruburilor de fundație bine strânse pentru evitarea vibrațiilor.

Conductele de legătură trebuie să nu se sprijine pe pompă, iar spațiul din jur să fie suficient pentru manevrarea și demontarea piesei cele mai mari.

10.3.1. Exploatarea și întreținerea dispozitivelor de pompă fără elemente mobile

Aceste dispozitive nu necesită o întreținere și o exploatare deosebită, în afară de verificarea etanșeității îmbinărilor și armăturilor.

10.3.2. Exploatarea și întreținerea pompelor cu mișcări alternative. Pornirea

Se controlează dacă piesele de mișcare nu sunt slăbite, dacă dispozitivele de ungere și circuitul de răcire funcționează normal și dacă pompa este în stare curată.

Dacă pompa este echipată cu robinete de reținere cu sorb se poate porni și fără să fie amorsată; în general însă pompele se pornesc amorsate. Se deschid robinetele de pe conductele de aspirație și refulare și robinetul

de aerisire al pompei. Se amorsează prin umplerea cu lichid a conductei de aspirație și a corpului pompei până se constată evacuarea completă a aerului din pompă. Se închide robinetul de aerisire și se pornește apoi motorul electric.

Supravegherea în timpul funcționării unei pompei (fig. 10.17) trebuie să fie permanentă, urmărindu-se:

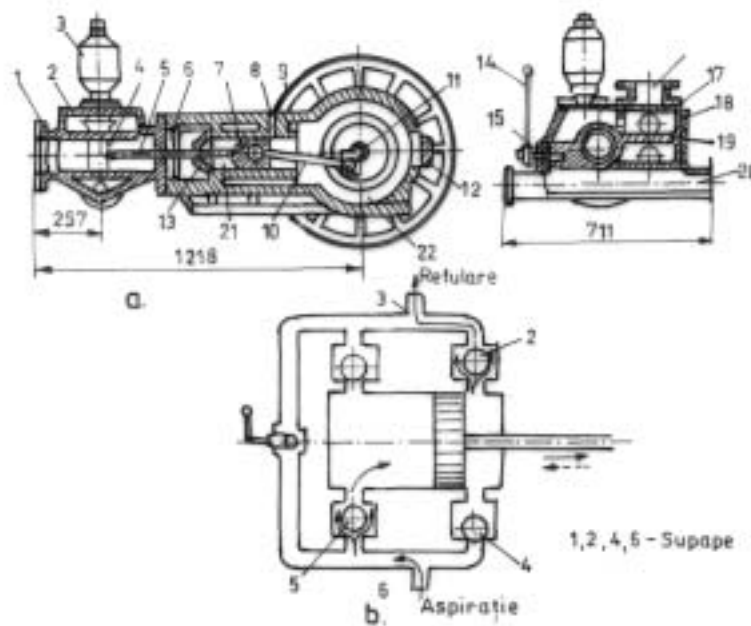


Fig. 10.17. **Pompa cu pistoane RMH-28**: a-vedere generală; 1-capacul cilindrului; 2-cilindrul de lucru; 3-capac de aer; 4-pistonul de lucru; 5-tijă; 6-presetupă; 7-piston de ghidare; 8-ungător cu pâlnie; 9-roată de curea; 10-bielă; 11-arbore cotit; 12-capacul carterului; 13-capac; 14-levier; 15-robinet de derivație; 16-ștuț de refulare; 17-supapă sferică; 18-capacul cutiei de supape; 19-cutia de supape; 20-ștuț de aspirație; 21- cilindru de ghidare; 22- carter;
b-schema funcțională

- etanșeitarea la garniturile capacelor, flanșelor precum și la cutiile de etanșare;

- răcirea și curățirea prin spălare a tijelor lagărelor și a cutiilor de etanșare (acolo unde este cazul);

- întinderea corespunzătoare și egală a curelelor de transmisie etc.

Debitul se poate regla:

- prin variația turației motorului;

- prin variația cursei pistonului;

- cu robinet pe conductă de ocolire (by-pas).

Principalele defecțiuni care apar în timpul funcționării la pompele cu mișcări alternative sunt descrise în tabelul 10.1. Oprirea unei pompe se realizează prin oprirea alimentării cu energie a motorului de alimentare. Pentru ca pompa să rămână plină cu lichid, după oprirea motorului, se închide robinetul de pe conducta de refulare. Conducta de aspirație nu poate fi însă păstrată plină decât dacă este prevăzută la partea inferioară cu o supapă de reținere.

Tabelul 10.1. *Incidente funcționale la pompe cu mișcări alternative*

Defecțiunea	Cauza	Remedierea
Scăderea debitului pompelor	Blocarea supapelor sau prezența corpurilor străine în ele	Se demontează și se curăță supapele
	Supapele nu se închid etanș	Se verifică suprafețele de etanșare, se curăță sau se șlefuiesc
	Uzarea segmentilor de pe piston	Se șlefuiesc sau se schimbă segmentii
Pompa lucrează neregulat (zgomot)	Depășirea înălțimii de aspirare	Se verifică conducta de aspirație, eventual se curăță. Ridicarea nivelului lichidului aspirat
	Pătrunderea aerului în conducta de aspirație	Se verifică etanșarea conductei de aspirație și a cutiei de etanșare
	Centrare greșită	Se recentrează
Pompa se uzează rapid	Prezența corpurilor străine în lichidul pompat	Se montează un filtru pe conducta de aspirație
	Pompa funcționează fără lichid	Se iau măsuri pentru a avea lichid în pompă

Defecțiunea	Cauza	Remedierea
Încălzirea lagărelor	Ulei necorespunzător	Se schimbă uleiul
	Presiunea uleiului prea scăzută	Se realizează presiunea
	Joc prea mic în lagăre	Se ajustează lagărele

Dacă este necesar ca pompa să nu mai debiteze lichid, fără a fi oprită din mers, atunci se deschide robinetul de pe conducta de legătură între conducta de refulare și conducta de aspirație.

Organele pompelor cu piston care sunt supuse uzurii și deci trebuie înlocuite după un timp de funcționare sunt: garniturile de etanșare de la pistoane și supape, tijele pistoanelor, cilindrii sau cămășile acestora, scaunele și ventilele supapelor, arcurile supapelor și supapele.

Uzurile normale ale pieselor se datoresc și șocurilor.

Dacă lichidul pompat conține suspensii abrazive, se produc eroziuni la corpul de pompă, la casetele supapelor, la coturile de legătură etc.

Uzurile anormale se pot produce datorită unei întrețineri necorespunzătoare sau lipsei de supraveghere.

Printre acestea se numără și loviturile de berbec la cilindrii părții de abur al pompelor (în cazul când, la pornire, în acești cilindrii se află o cantitate de apă rezultată din condensarea aburului) sau la partea de refulare. Aceste lovituri de berbec sunt valuri mari de presiune care se produc de obicei, într-un curent de lichid când acesta este oprit brusc din mișcare, de exemplu, prin închiderea greșită a unui robinet.

10.3.3. Exploatarea și întreținerea pompelor rotative

La pornirea unei pompe rotative trebuie să se verifice dacă sunt îndeplinite următoarele condiții:

- sensul de rotație al arborelui motorului de antrenare să corespundă cu cel cerut de supapă;
- sita metalică de pe conducta de alimentare să fie curată și în bună stare;
- supapa de siguranță de pe conducta de refulare este în stare corespunzătoare, în caz contrar, se interzice pornirea, fiind pericol de spargere a corpului pompei;
- există manometre corespunzătoare pe conducta de refulare.

Se deschide robinetul de pe conducta de aspirație și se verifică linia de pompare. Se deschide robinetul de pe conducta de aspirație și se verifică dacă pompa s-a umplut cu lichid, apoi se pornește motorul de acționare.

În timpul funcționării se supraveghează dacă sistemul de etanșare, ungere și răcire funcționează normal. Se controlează funcționarea supapei de siguranță montată pe conducta de legătură între conducta de refulare și cea de aspirație. Dacă ampermetrul motorului de antrenare arată că intensitatea curentului a depășit valoarea maximă se oprește imediat motorul.

Principalele defecțiuni care apar în timpul funcționării la pompele rotative sunt descrise în tabelul 10.2.

La oprire se oprește întâi motorul de acționare, apoi se închid robinetele de pe conductele de refulare și de aspirație.

Tabelul 10.2. *Incidente funcționale la pompe rotative*

Defecțiunea	Cauza	Remediarea
Scăderea debitului sau a presiunii de refulare	Supapa de siguranță se deschide prea devreme	Se remediază supapa
	Joc mare între carcasă și elementul rotativ	Se înlătură jocul
	Vâscozitatea fluidului este prea mare	Se mărește temperatura fluidului
Puterea consumată este prea mare	Presiunea de refulare este prea ridicată	Se reduce presiunea
	Frecări mari în interiorul pompei	Se aduc jocurile la valoarea lor normală
Pompa produce zgomote mari	Vibrația conductelor	Se sprijină corect conductele
	Pompa nu este corect montată	Se recentrează și se strâng bine șuruburile de fixare
	Pătrunde aer în pompă	Se verifică etanșeitatea conductei de aspirație
Încălzirea lagărelor	Neetanșeitatea cutiei de etanșare	Se schimbă garniturile
	Lagărele funcționează fără ungere	Se controlează jocurile în lagăr și circuitul de ungere

10.3.4. Exploatarea și întreținerea pompelor centrifuge. Pornirea

Dacă pompa (fig. 10.18) nu este montată sub nivelul vasului din care aspiră, atunci trebuie amorsată, deoarece depresiunea creată de rotor este insuficientă pentru aspirația lichidului.

Dacă pompa debitează într-o conductă sub presiune, pornirea se face cu robinetul de refulare închis. Astfel se absoarbe la pornire numai circa 1/3 din puterea nominală, robinetul trebuie însă deschis după un scurt timp, pentru a se evita încălzirea pompei. Robinetul de refulare trebuie deschis încet, progresiv, astfel încât să fie complet deschis numai la atingerea turației de regim.

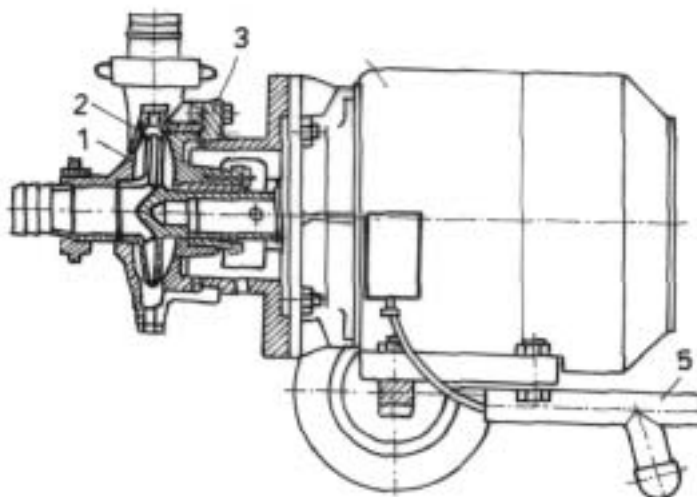


Fig. 10.18. *Pompă centrifugală VN-20*: 1-corpul pompei; 2-roata de lucru; 3-corp presetupă; 4-motorul electric; 5-cărucior

Fiecare etaj al unei pompe centrifuge este prevăzut, prin construcție, la partea superioară cu un robinet pentru evacuarea aerului. La pornire, aceste robinete trebuie deschise până la evacuarea completă a aerului și până când lichidul care iese prin aceste robinete nu mai conține bule de aer.

Pompele pentru lichide fierbinți trebuie încălzite încet înainte de pornire pentru a fi aduse la temperatura de regim, deoarece trecerea bruscă a lichidului fierbinte prin pompă poate provoca tensiuni periculoase în corpul pompei.

În timpul funcționării, pompele centrifuge trebuie supravegheate continuu, urmărindu-se indicațiile aparatelor de măsură și control: presiunea la aspirație și la refulare, temperatura lagărelor și a apei de răcire, puterea absorbită la rețea etc.

Principalele defecțiuni care apar în timpul funcționării la pompele rotative sunt descrise în tabelul 10.3.

Tabelul 10.3. *Incidente funcționale la pompele centrifuge*

Defecțiunea	Cauza	Remedierea
Pompa nu debitează la pornire	Pompa nu este corect amorsată	Se amorsează din nou și se evacuează complet aerul
	Sensul de rotație al rotorului este greșit	Se verifică sensul și corespondența dintre sensul de rotație al motorului și sensul corect al rotorului
	Nectanșeități sa înfundări pe conducta de aspirație	Se verifică tot traseul conductei de aspirație
Debitul pompa este mic	Înfundări pe conducta de refulare. Pătrundere de aer pe la cutia de etanșare	Se verifică tot traseul conductei de refulare. Se strâng șuruburile și eventual se schimbă garnitura
Puterea consumată este prea mare	Debitul cerut este prea mare. Lichidul pompat este prea vâcos	Se mai montează una sau mai multe pompe. Se realizează puterea necesară și se schimbă motorul
Pompa se încălzește	Obturarea conductei de refulare	Se înlătură obturarea
	Cutia de etanșare prea strânsă	Se slăbesc șuruburile respectiv se înlocuiesc garniturile
	Nu funcționează sistemul de răcire	Se controlează sistemul de răcire
Lagărele se încălzesc prea mult	Uleiul este uzat și murdar. Defecțiuni la sistemul de ungere	Se schimbă uleiul. Se controlează sistemul de ungere
	Uzura arborelui sau a cuzinetului	Se recondiționează arborele, respectiv cuzinetul

Defecțiunea	Cauza	Remedierea
Pompa vibrează și produce zgomot	Slăbirea șuruburilor de la fundație	Se strâng șuruburile
	Debitul este prea mare	Se reglează debitul cu robinetul de pe conducta de refulare

La oprirea pompei se închide treptat robinetul pe conducta de refulare apoi se oprește imediat motorul de antrenare și se închide robinetul de pe conducta de aspirație.

La oprirea pe timp îndelungat, pe timp de iarnă mai ales, se evacuează complet din pompă lichidele congelabile.

În timpul opririi pompei, se înlocuiesc garniturile de la cutiile de etanșare, se strâng șuruburile de la capace și fundație, iar în cazul pompării unor lichide care conțin suspensii sau sunt corozive se curăță pompa.

10.3.5. Exploatarea și întreținerea conductelor

Funcționarea normală a unei conducte nu se poate realiza decât prin asigurarea unei exploatare și a unei întrețineri judicioase.

În primul rând, trebuie să se cunoască natura și parametrii de regim ai fluidului transportat pe conductă, deoarece în funcție de acestea trebuie luate măsuri speciale de etanșare, încălzire, curățire etc.

În timpul funcționării trebuie să se prevină orice fel de scurgeri și pierderi de fluid, prin folosirea de garnituri adecvate fluidului de lucru și prin strângerea corespunzătoare a șuruburilor sau a filetelor de la îmbinări.

În cazul transportului fluidelor vâscoase sau congelabile trebuie luate măsuri de încălzire și izolare a conductelor. Izolarea termică are ca scop atât micșorarea pierderilor de căldură, cât și limitarea temperaturii pe suprafața exterioară, pentru conductele care transportă fluide calde și la care în exterior temperatura depășește 60°C. Principalele materiale folosite pentru izolarea termică a conductelor sunt azbestul, vata de zgură și vata minerală.

Pentru a se feri conductele de acțiunea mediului înconjurător se practică izolarea anticorozivă, care constă din acoperirea conductelor cu materiale plastice, bitum sau rășini epoxidice.

La conductele tehnologice, o problemă importantă o constituie urmărirea parametrilor fluidului – temperatură, presiune, debit, în timpul curgerii, pentru a vedea dacă aceștia se încadrează în limitele prescrise. Aceasta constă în citirea indicațiilor aparatelor de măsură și de control montate în punctele de pe conductă.

Temperaturile trebuie urmărite în special la fluidele care pot congela (o scădere a temperaturii sub cea admisă duce la congelarea fluidului și la obturarea conductei). Presiunile trebuie, de asemenea, urmărite, deoarece dau indicații asupra funcționării conductei: o creștere a presiunii de regim indică obturarea conductei, iar o scădere bruscă, spargerea sau neetanșeitățile acesteia.

Prin observarea la timp a neetanșeității, prin urmărirea permanentă și conștiincioasă a parametrilor fluidului transportat, se poate asigura o funcționare normală a conductei, și se pot evita pierderile de produs, respectiv pagubele în economia națională.

Trebuie să se verifice, de asemenea, funcționarea dispozitivelor de condens, montate pe conductele de abur sau pe acelea care transportă un gaz condensabil.

Defecțiunile principale care apar în timpul funcționării unei conducte sunt redate în tabelul 10.4.

Tabelul 10.4. *Defecțiuni principale la conducte*

Defecțiunea	Cauza	Remedierea
Spargerea conductei la pornire	Acțiunea corozivă sau erozivă a fluidului de lucru	Înlocuirea porțiunii sparte sau înlocuirea întregii conducte cu alta dintr-un material superior
	Depășirea presiunii de calcul	Reglarea supapei de siguranță sau repararea ei
Scăderea presiunii de lucru	Neetanșeități pe traseul conductei	Verificarea îmbinărilor și înlocuirea garniturii uzate
Creșterea presiunii de lucru	Înfundarea conductei cu corpuri străine	Montarea unei site pe conductă
	Înghețarea fluidului de lucru	Protejarea conductei împotriva înghețului

Defecțiunea	Cauza	Remedierea
Vibrații ale conducte	Lovitura de berbec	Fixarea conductei corecte pe reazeme, eliminarea aerului din conductă
	Funcționarea incorectă a pompei	Pornirea și reglarea corectă a pompei

În timpul funcționării, problema principală este asigurarea etanșeității armăturii, de aceea trebuie strânse bine șuruburile de la flanșe, capace și presetupe, schimbarea garniturii și inelele de etanșare uzate.

Cele mai frecvente defecțiuni care apar la armături sunt prezentate în tabelul 10.5.

Tabelul 10.5. *Incidente funcționale la armături*

Defecțiunea	Cauza	Remedierea
Înțepenirea tije de pornire	Deteriorarea filetelui tije	Rectificarea filetelui sau înlocuirea tije
	Strângerea excesivă a șuruburilor presetupe	Înlocuirea garniturilor și strângerea corespunzătoare a șuruburilor
Scăpări de fluid pe lângă tijă	Slăbirea șuruburilor de strângere	Strângerea corectă a șuruburilor
	Deteriorarea garniturilor	Schimbarea garniturilor uzate
Scăpări de fluid pe lângă organul de închidere	Uzarea inelelor de etanșare	Rectificarea sau schimbarea inelelor de etanșare
	Corodarea suprafețelor de etanșare	Rectificarea suprafețelor sau schimbarea materialelor din care sunt confecționate

Revizia conductelor se efectuează la intervale de timp stabilite prin graficul ciclurilor de reparații și are ca scop detectarea eventualelor defecte ce au apărut în timpul funcționării. Se verifică în special acțiunea corozivă a mediului atât interior cât și exterior și se măsoară grosimea peretelui țevilor.

Capitolul 11

ORGANIZAREA TEHNICĂ A REPARAȚIILOR ȘI ANSAMBLELOR

11.1. Considerații generale

Ridicarea nivelului de folosire a utilajelor este posibilă atunci când utilajele și mașinile se află în bună stare de funcționare. Menținerea utilajelor în stare normală de funcționare se asigură în prezent prin aplicarea sistemului de întrețineri tehnice, revizii și reparații preventiv planificate.

Planificarea reparațiilor după acest sistem face posibilă coordonarea planului de reparații cu planul de producție, reduce timpul de imobilizare, volumul de lucrări și reparații și întreruperile din lucru pentru reparațiile accidentale ale mașinilor.

Utilajele terasiere prezintă unele caracteristici constructive și tehnologice, care influențează asupra organizării reparațiilor. Acestea sunt mașini grele, cu dimensiuni mari și foarte complicate și de aceea necesită suprafețe mari pentru amplasarea în interiorul atelierului. De asemenea, la operațiile de demontare și montare este nevoie de dispozitive speciale de ridicat și transportat agregate, ansamble, piese etc. O altă particularitate constă în aceea că mașinile supuse reparării au piese diferite ca prelucrare mecanică, material, dimensiuni, tratamente termice etc.

La repararea mașinilor și utilajelor se aplică o gamă variată de operații tehnologice ca de exemplu: curățirea și spălarea exterioară a utilajelor, demontare, lucrări de recondiționare, prelucrări mecanice, lucrări de forje și tratamente termice, ajustaj, montare, rodare etc., care fac organizarea de reparații să fie mai dificilă.

Aceste particularități impun asigurarea suprafețelor de lucru corespunzătoare, dotarea complexă cu utilaje a atelierelor și întreprinderilor de reparații, planificarea lucrărilor de reparații pentru a se determina încărcarea atelierului, necesarul de piese, materiale și număr de muncitori.

Demontarea ușoară a ansamblelor principale ale utilajelor ușurează posibilitatea organizării reparațiilor folosind agregate de schimb, reparate în cadrul întreprinderilor de reparații specializate. Unificarea cât mai mare a ansamblurilor, subansamblurilor și pieselor diferitelor tipuri de mărci ale aceleiași mașini, ușurează aprovizionarea cu piese de schimb și materiale și

se reduce consumul de scule, dispozitive și verificatoare necesare în procesul de reparații.

11.2. Metode de organizare a reparațiilor

Gradul de complexitate a utilajului indică posibilitatea separării mașinilor în ansambluri sau subansambluri și caracterizează gradul de divizare a lucrărilor de reparație. De aceea, metodele de organizare a reparațiilor utilajelor industriale diferă în funcție de complexitatea constructivă a mașinilor și volumul de lucrări necesar să fie executat în atelier.

Dezvoltarea metodelor de organizare a reparațiilor a fost determinată de caracteristicile constructive ale mașinilor, mărimea unităților de producție, tipul și dotarea atelierelor de reparații, nivelul de tehnicitate și calificare a personalului din ateliere etc.

11.2.1. Metoda reparației pe echipe

La aplicarea acestei metode, echipele de reparații pot fi universale sau specializate. Metoda reparației pe echipe universale se caracterizează prin aceea că repararea unei mașini este executată de o singură echipă formată din 4-5 muncitori care se dotează cu sculele necesare. Această metodă este indicată numai la repararea unui număr redus de tipuri diferite. Ea se aplică în secțiile de producție, pentru repararea mașinilor de complexitate mică care nu se separă în diferite ansamble. Metoda de reparare pe echipe universale prezintă următoarele dezavantaje: muncitorii trebuie pregătiți multilateral; fiecare echipă se dotează cu scule și dispozitivele necesare pentru efectuarea lucrărilor de reparații; timpul de staționare al mașinii în reparație se mărește; nu permite organizarea și îndrumarea lucrărilor, iar controlul calității reparațiilor nu poate fi efectuat în mod corespunzător.

Metoda reparației pe echipe specializate constă în aceea că la repararea unei grupe de mașini de același fel participă două sau mai multe echipe specializate. Această metodă se aplică la mașinile de complexitate medie și este cu puțin superioară față de metoda echipelor universale.

11.2.2. Metoda reparației pe posturi de lucru specializate

Metoda de reparare pe posturi de lucru specializate se aplică la utilaje de complexitate mare. Această metodă se folosește în atelierele care dispun de spațiul și utilajul necesar și prezintă următoarele avantaje:

mărește productivitatea muncii; muncitorii sunt încărcăți cu lucrări în mod uniform; realizează specializarea muncitorilor; fiecare post de lucru se poate dota cu utilajele, sculele, dispozitivele și documentația tehnică corespunzătoare operațiilor de reparare specifice care se execută; asigură efectuarea controlului pe operații de reparare; reduce numărul total de muncitori permanenți ai atelierului, necesarul de utilaj, timpul de staționare al unei mașini în reparație și prețul de cost al reparației; suprafața atelierului este folosită rațional.

În fig. 11.1 este prezentată schema fluxului tehnologic de reparare a camioanelor pe posturi specializate în întreprinderi specializate.

Folosirea unei scheme tehnologice la repararea utilajelor pe posturi specializate trebuie făcută în concordanță cu condițiile existente în fiecare atelier mecanic. Pentru repararea unei combine după metoda posturilor specializate, se indică în fig. 11.2 schema fluxului tehnologic.

Aplicarea în întreprinderile de reparații a metodei de reparație pe ansamble necesită o organizare precisă a muncii. Pentru aceasta lucrările de reparații se divid în părți și se repartizează în ordine ca să aibă continuitate astfel încât mișcarea pieselor asamblate să fie rațional ordonată.

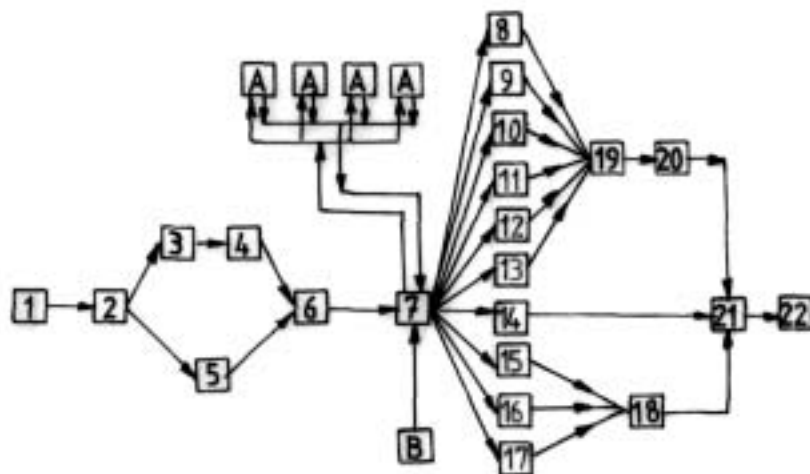


Fig. 11.1. *Schema fluxului tehnologic de reparare a autocamioanelor pe posturi specializate*: 1-curățirea și spălarea exterioară a camionului; 2-demontarea camionului de pe șasiu; 3-demontarea motorului; 4-degresarea și spălarea pieselor; 5-demontarea și spălarea șasiului; 6-constatarea și trierea pieselor; 7-completări; 8-repararea chiulasei și mecanismului de distribuție; 9-grupul motor și grupul piston-bielă; 10-

aparatura de alimentare; 11-pompa de ulei și instalația hidraulică; 12-ventilatoare, pompa de apă și radiatoare; 13-motorul de pornire și compresorul; 14-instalația electrică; 15-sistemul de rulare și mecanismul de direcție; 16-cutia de viteze și transmisia principală; 17-rama și puntea din spate; 18-montaj șasiu; 20-rodaj motor; 21-montaj; 22-controlul și recepția camionului; A-secții de lucru pentru recondiționări (mașini-unelte, sudură, fierărie etc.); B-magazia de piese de schimb și materiale

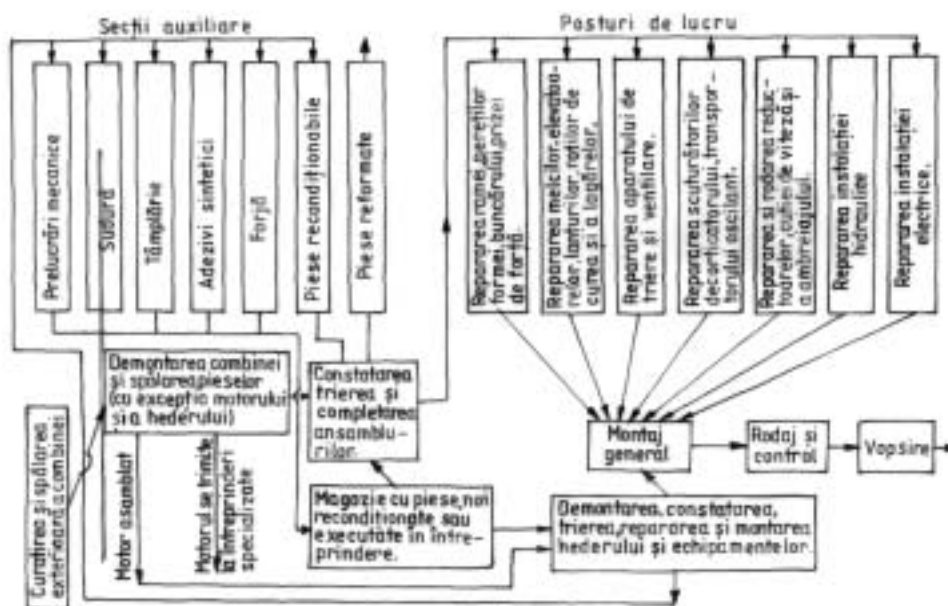


Fig. 11.2. *Schema fluxului tehnologic de reparație a unei combine pe posturi specializate*

11.2.3. Metoda reparării pe bandă sau în flux

Metoda reparațiilor în flux întâlnită în întreprinderile de reparații asigură o mare productivitate și o înaltă calitate a reparației, specializarea muncitorilor este foarte avansată iar controlul tehnic se face ușor. Efectuarea reparațiilor în flux cere o planificare foarte precisă a lucrărilor de aprovizionare permanentă cu materiale și piese de schimb, deoarece demontarea și montarea mașinii nu se mai execută pe același loc, ci pe

cărucioare care se deplasează pe șine, de la un loc de muncă la altul în lungul atelierului, conform planului de coordonare al lucrării. În întreprinderile mari de reparații, montarea se face pe un conveier sau pe o bandă care are viteza de înaintare foarte mică și este sincronizată cu posturile de recondiționare și montare a subansamblurilor.

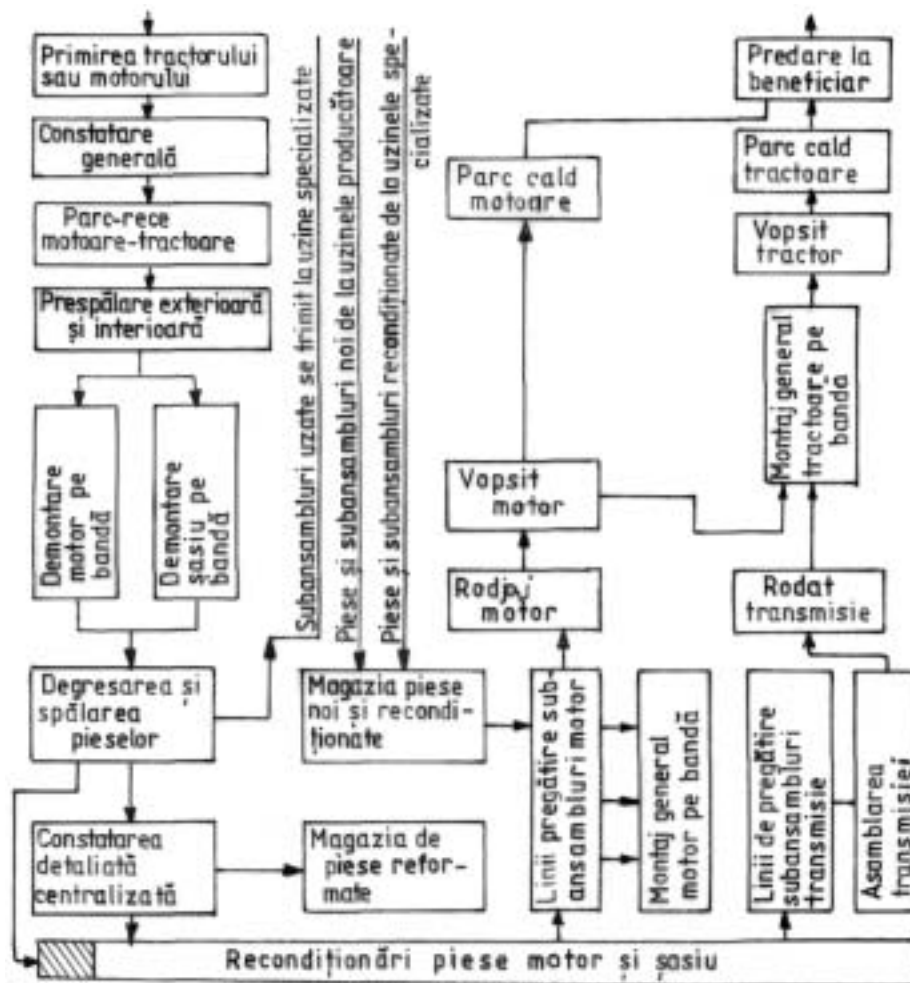


Fig. 11.3. *Schema fluxului tehnologic de reparare a tractoarelor pe bandă în uzinele de reparații*

11.2.4. Metoda reparării folosind agregate de schimb

Soluția care permite executarea reparațiilor într-o perioadă foarte restrânsă, asigurându-se totuși uniformitatea încărcării atelierului mecanic pe tot timpul anului, constă în folosirea agregatelor reparate și ale altor ansamble de schimb, care se utilizează pentru înlocuirea agregatului defect în perioada când cererile momentane depășesc producția ritmică. Folosirea subansamblurilor de schimb și ale altor ansamble ca pompe hidraulice, distribuitoare, cilindrii de forță etc., este deosebit de avantajoasă mai ales în cazul defecțiunilor care apar în perioada activităților de producție. În asemenea cazuri timpul de oprire a utilajului se reduce de la 10-12 zile la numai câteva zile iar ansamblele de schimb defectate pot fi reparate într-un ritm uniform la eliminarea vârfurilor de reparații și dă posibilitatea ca repararea ansamblelor defecte să se facă în întreprinderile specializate încărcate uniform tot timpul anului.

Capitolul 12

PROIECTAREA TEHNOLOGICĂ A ÎNTRINDERILOR DE REPARARE A UTILAJELOR

12.1. Considerații generale

Atelierele noi de reparații se proiectează odată cu întreaga întreprindere. Pentru unitățile existente reorganizarea și extinderea acestor ateliere se face atunci când este necesar să se introducă metode noi de reparații, caracterizate prin tehnicitate și productivitate mai ridicată sau dacă sarcinile de producție impun acest lucru.

Proiectele se elaborează pe baza unor studii tehnico-economice întocmite pentru tema de proiectare dată în care se indică: obiectul lucrării, necesitatea, oportunitatea și posibilitatea construirii întreprinderii de reparații, eficiența economică, justificarea capacității de producție totală și pe secții până la faza finală de dezvoltare, etapele de dezvoltare, consumurile specifice de piese și materiale, necesarul de manoperă, procesul tehnologic, utilajele necesare și coeficientul lor de încărcare, determinarea necesarului de muncitori și personal tehnico-administrativ, devizul general, indicatorii tehnico-economici etc.

Procesul tehnologic de reparație reprezintă totalitatea lucrărilor de restabilire a calității suprafețelor de lucru și a jocurilor din ansamblurile uzate. La elaborarea unui proces tehnologic de lucru se stabilesc următoarele elemente: metoda de reparare, normele de timp pentru demontare, recondiționare și montare, necesarul de forță de muncă, materiale, scule și aparatură, proiectarea dispozitivelor și prețul de cost al reparației.

12.2. Considerații de proiectare tehnologică

12.2.1. Principii generale și etapele proiectării

Proiectarea întreprinderilor se face în două faze:

1. proiectul de ansamblu;
2. proiectul de execuție.

Proiectantul este obligat să studieze soluțiile în mai multe variante și să propună varianta cea mai avantajoasă pe bază de indici tehnico-economici comparativi cu realizările similare din țară și străinătate.

Proiectul de ansamblu se elaborează pe baza temei aprobate și conține: memoriul general, partea de producție, planul general, arhitectura și construcțiile, instalațiile, organizarea execuției lucrărilor.

Proiectul de execuție se întocmește pe baza proiectului de ansamblu aprobat și rezolvă până în detaliu toate problemele referitoare la soluțiile tehnologice, funcționale și constructive și conține piesele desenate în toate detaliile necesare execuției, precum și devize pe categorii de lucrări și pe obiecte.

Planul general indică amplasarea pe teren a tuturor clădirilor, construcțiilor, instalațiilor, împrejmuirilor și zonelor verzi, iar elaborarea lui trebuie să satisfacă condițiile impuse construirii și exploatării întreprinderii care se reflectă apoi în rentabilitatea întreprinderii după darea ei în exploatare.

Principiile care se iau în considerare la elaborarea planului general sunt următoarele: secțiile productive să fie așezate în concordanță cu desfășurarea procesului de producție; secțiile auxiliare să fie așezate în apropierea secțiilor productive deservite; amplasarea clădirilor să permită dezvoltarea ulterioară a întreprinderii; amplasarea clădirilor și construcțiilor să respecte normele sanitare, de prevenire a incendiilor, de iluminat și de ventilație; materialele și piesele să aibă parcursul minim; clădirile secțiilor cu degajări nocive să fie așezate pe partea ferită de vânturile dominante.

În cazul construirii unor ateliere noi de reparații, proiectul tehnic cuprinde: planul general de amplasare a clădirilor cu indicarea căilor de comunicare, a instalațiilor de forță, a sursei de apă etc.; calculele referitoare la volumul de lucrări pentru repararea parcului de mașini și utilaje; forța de muncă și organizarea reparațiilor în atelier; secțiile cu volumul lucrărilor efectuate, utilajul și suprafața necesară; instalațiile de alimentare cu apă, energie electrică, carburanți, încălzire, iluminat și ventilație; încăperile cu destinație specială; magazii de piese. vestiare etc.

Pe baza proiectului tehnic se elaborează desenele de execuție și schițele de lucru.

12.2.2. Planificarea sarcinii de producție a unității

Planificarea producției pentru atelierele de reparații se face pentru tot parcursul anului. Pentru calculul încărcării atelierelor se ține cont de

următoarele elemente: numărul de mașini și utilaje din dotare; planul de exploatare a mașinilor; încărcarea întreprinderilor cu lucrări de reparare a utilajelor din atelier; confecționarea de dispozitive și piese de schimb, repararea agregatelor și ansamblelor din fondul de schimb.

La împărțirea calendaristică a sarcinii atelierului se va urmări ca încărcarea atelierului să fie cât mai uniformă în timpul anului. Pentru aceasta în lunile cu un număr mai mic de mașini planificate pentru reparație, se prevăd lucrări de reparare a utilajului din atelier sau confecționarea de piese de schimb, reducându-se astfel vârfurile de încărcare.

Pentru întreprinderile de reparații, volumul anual de reparații se exprimă în unități convenționale care reprezintă un anumit număr de utilaje ce trebuie reparate. O întreprindere de reparații se dimensionează astfel încât să poată da o anumită producție lunară. De asemenea trebuie luată în considerare cantitatea de piese de schimb produsă anual cât și utilajele de un anumit tip executate.

12.2.3. Stabilirea încărcării unităților

Încărcarea atelierului cuprinde volumul tuturor lucrărilor care se execută în atelier pentru o anumită perioadă de timp.

Volumul total de reparații V_T al atelierului se calculează cu relația:

$$V_t = V_{ut} + V_{mt} + V_{as} + V_u + V_d + V_{ps} + V_e \quad [\text{ore/om}] \quad (12.1)$$

în care: V_{ut} este volumul de reparații pentru utilajele planificate reparații;

V_{mt} - mijloace de transport;

V_{as} - ansamble de schimb;

V_u - repararea utilajului din atelier;

V_d - confecționarea dispozitivelor;

V_{ps} - executarea pieselor de schimb;

V_e - volumul de lucrări executate pentru unități din exterior.

Volumul de lucrări pentru executarea în atelier a reparațiilor și reviziilor tehnice se poate calcula pentru fiecare tip de utilaj în parte cu relații de tipul:

$$V_{act} = n_{Rk} v_{Rk} + n_{Rt} v_{Rt} + n_{RkI} v_{RkI} + n_{RtI} v_{RtI} \quad (12.2)$$

în care: n_{Rk} și n_{Rt} reprezintă numărul de reparații capitale și revizii tehnice

care se execută în atelier în perioada dată la o marcă de utilaj;

V_{Rk} și V_{Rt} – volumul de lucrări necesar executării intervențiilor tehnice;

n_{Rk1} , n_{Rt1} , V_{Rk1} , V_{Rt1} – se referă la un alt tip de utilaj.

Numărul de reparații și revizii tehnice pe mărci de utilaje se obține din planul calendaristic de întreținere și reparații a mașinilor și utilajelor.

Pentru calculele de antiproiect nu se poate alcătui planul de exploatare și apoi planul calendaristic de întrețineri tehnice și reparații pentru utilaje. Se cunoaște însă structura ciclului de reparații, iar numărul mediu de reparații și revizii tehnice pentru un an se calculează cu formule de calcul global:

$$n_{Rk} = \frac{S_c N_{Rt}}{P_{Rk}}; \quad n_{Rt} = \frac{S_a N_{ut}}{P_{R1}} - n_{Rk} \quad (12.3)$$

în care: S_a este sarcina anuală pe utilaj;

N_{ut} - numărul de utilaje de aceeași marcă;

P_{Rk} și P_{R1} - periodicitatea dintre reparațiile capitale și reviziile tehnice.

Stabilirea valorilor V_{Rk} și V_{R1} , se poate face prin calcule analitice dacă se alcătuesc fișe tehnologice pentru fiecare componentă a lucrărilor de reparații. Folosirea normativelor este mai avantajoasă, însă pot să apară erori datorită neconcordanței între normativul adoptat și situația reală specifică fiecărei întreprinderi sau fiecărui utilaj în parte.

O metodă eficientă de calcul a volumului total de lucrări de reparații este metoda indicilor sau coeficienților de complexitate, prin care se consideră ca unitate convențională volumul de lucrări de reparație capitală a unui utilaj, iar celelalte reparații se exprimă în raport cu reparația convențională. De exemplu, dacă se ia ca unitate convențională volumul de lucrări pentru reparația capitală a strungului SN 400, coeficientul de complexitate i , pentru diferite revizii tehnice și reparații se calculează cu relația:

$$i_{RT_{SN400}} = \frac{V_{Ri_{SN400}}}{V_{conv}} \quad (12.4)$$

Coeficientul calendaristic de încărcare a atelierului cuprinde lucrările care se execută în atelier, repartizate pe luni sau pe trimestre (fig. 12.1). Pe axa absciselor se notează perioada calendaristică iar pe axa ordonatelor se notează volumul de lucrări exprimate în ore-om. În graficul de încărcare se trec mai întâi reparațiile și reviziile tehnice la utilaje; se stabilesc apoi lunile de încărcare redusă în care se repartizează utilajul pentru reparare, sau confecționarea de dispozitive și piese de schimb astfel încât să se obțină o încărcare cât mai uniformă pe toate lunile anului.

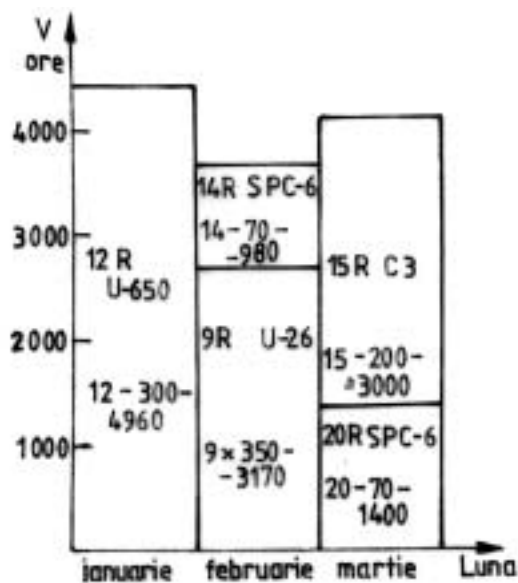


Fig. 12.1. *Graficul calendaristic de încărcare a atelierului mecanic pe un trimestru*

12.2.4. Determinarea regimului organizatoric de lucru

a. *Fondul de timp* reprezintă numărul total de ore de lucru într-o anumită perioadă pentru care se proiectează organizarea reparațiilor.

Fondul de timp al atelierului f_a , se calculează cu relația:

$$f_a = (Z_c - D - S_l) s \cdot o_s \cdot \eta_a \quad (12.5)$$

în care: Z_c reprezintă numărul de zile calendaristice în perioada considerată;
 D – numărul de duminici în aceeași perioadă;
 S_1 – numărul sărbătorilor legale;
 s – numărul de schimburi pe zi care pentru atelier și pentru un utilaj poate fi 1, 2 sau 3;
 o_s – numărul de ore dintr-un schimb;
 η_a – coeficientul de folosire al timpului și are valoarea 0,92-0,94.
Fondul de timp al muncitorului f_m este dat de relația:

$$f_m = (Z_c - D - S_1 - Z_{co}) o_s \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \quad (12.6)$$

unde: Z_{co} este numărul de zile pentru concediul de odihnă;
 η_1 – coeficientul de folosire al timpului de lucru de către muncitor și are valoarea 0,95 – 0,96;
 η_2 - coeficient care ține seama de eventualele zile de boală ale muncitorului și are valoarea 0,94 – 0,96.
Fondul de timp al utilajului t_u se stabilește cu relația:

$$f_u = (Z_r - D - S_1) s \cdot o_s \cdot \eta_u \quad (12.7)$$

în care: Z_r este numărul de zile în care utilajul se află în reparație;
 η_u – coeficient de folosire al timpului și are valoarea 0,90 – 0,92.
b. *Ritmul de intrare și ieșire al mașinilor din reparație* reprezintă timpul de la intrare a unei mașini în reparație până la intrarea următoarei mașini și se calculează cu relația:

$$t = \frac{f_a}{n} \quad [\text{ore/repartiție}] \quad (12.8)$$

în care: f_a este fondul de timp al atelierului pentru perioada dată;
 n – numărul de reparații de același fel ce trebuie executată în perioada de timp considerată.
Dacă în perioada considerată, în atelier, se execută mai multe feluri de intervenții tehnice și de diferite mărci de mașini, ritmul de intrare și

ieșire din reparație se calculează în funcție de numărul de reparații convenționale, care se stabilește cu relația:

$$n_{conv} = \frac{V_1}{V_{conv}} \quad (12.9)$$

unde: V_1 este volumul tuturor lucrărilor din atelier pentru perioada calculată;

V_{conv} - volumul de lucrări necesar pentru executarea reparațiilor capitale considerată convențională.

În acest caz, ritmul de intrare și ieșire pentru o operație convențională este:

$$t_{conv} = \frac{f_a}{n_{conv}} \quad (12.10)$$

Ritmul de intrare și ieșire pentru fiecare intervenție tehnică se calculează cu ajutorul indicilor de complexitate în funcție de ritmul stabilit pentru o reparație convențională, folosind următoarele relații:

$$t_{R_k} = t_{conv} \frac{V_{R_k}}{V_{conv}} = t_{conv} \cdot i_{R_k}; \quad t_{R_T} = t_{conv} \cdot i_{R_1} \quad (12.11)$$

Valoarea inversă a ritmului de intrare și ieșire din repartiție adică $1/t$ reprezintă numărul de reparații efectuate pe oră. Deoarece această cifră este mult subunitară, se calculează numărul de reparații pentru o zi de lucru care este denumit ritm de reparație, notat cu R , adică:

$$R_{R_k} = \frac{O_s \cdot S}{t_{R_k}} R_k / zi; \quad R_{R_T} = \frac{O_s \cdot S}{t_{R_T}} R_T / zi \quad (12.12)$$

c. Numărul de muncitori permanenți ai atelierului se calculează ținând seama de volumul anual de lucrări din atelier V_T și de fondul anual de timp al muncitorului f_m , adică:

$$m = \frac{V_T}{f_m} = \frac{V_T}{(Z_c - d - S_1 - Z_{c_o})o_s \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \quad (12.13)$$

Pentru organizarea amănunțită a muncii din atelier se calculează numărul de muncitori necesari în fiecare lună, folosind relația:

$$m_1 = \frac{V_1}{f_{m_1}} \quad (12.14)$$

în care: V_1 este volumul de lucrări ce trebuie executat în atelier în luna respectivă;

f_{m_1} - fondul de timp al muncitorului în aceeași perioadă de timp.

Când se calculează numărul de muncitori pentru luna cea mai încărcată, fondul de timp al muncitorului va fi egal cu fondul de timp al atelierului pentru un schimb de lucru, deoarece nu mai intră în calcul zilele pentru concediul de odihnă. Rezultă că:

$$f_m = f_a = t_{conv} \cdot n_{conv} \quad (12.15)$$

Exprimând sarcina atelierului V în perioada dată, în reparații convenționale se obține:

$$V = n_{conv} \cdot v_{conv}$$

Rezultă deci că la reparația unei mașini care necesită un volum total de ore convenționale v_{conv} , la fiecare muncitor revine un număr de ore egal cu ritmul de intrare și ieșire din reparație a acelei mașini. Această relație stă la baza alcătuirii graficului de coordonare și succesiune a lucrărilor pentru executarea reparației unei mașini pe posturi specializate pe ansamble, în situația când fondul de timp al atelierului este egal cu fondul de timp al muncitorului.

Calculul numărului de muncitori pentru fiecare secție m_s sau pentru un loc de muncă m_i , se face cu relațiile:

$$m_s = \frac{V_s}{f_{m_1}}; \quad m_i = \frac{V_i}{f_{m_1}} \quad (12.16)$$

în care: V_s, V_i reprezintă volumul de lucru ce trebuie executat într-o lună în secție, respectiv la locul de lucru;

f_{m1} - fondul de timp al muncitorului pentru luna considerată.

Valorile V_s și V_i se calculează însumând produsul dintre numărul de reparații executate în acea lună și volumul de lucru care revine pentru reparație în secție sau la locul de muncă considerat.

Numărul de muncitori necesari pentru lucrări de mașini unelte, se stabilește cu relația:

$$n_m = \frac{V_{ms}}{f_m \cdot n_{ms}} \quad (12.17)$$

în care: V_{ms} este volumul de lucru al mașinii unelte, în ore;

n_{ms} – numărul de mașini unelte deservite simultan de către un muncitor;

f_m – fondul de timp al muncitorului, în ore.

Volumul de lucrări în ore/om, care corespunde pentru fiecare loc de muncă la executarea unei reparații, se ia din normative sau se stabilesc pe bază de indici procentuali sau indici de complexitate.

d. *Graficul de coordonare și succesiune al lucrărilor de reparație*, prezintă desfășurarea pe ore a procesului tehnologic din atelier pentru o anumită reparație, defalcat pe operații și muncitori. Din acest grafic trebuie să rezulte repartizarea muncitorilor pe locuri de lucru, timpul cât lucrează fiecare muncitor la un loc de lucru, locurile de lucru pe care le deservește succesiv fiecare muncitor, succesiunea lucrărilor executate, durata fiecărei lucrări componente a procesului de reparare, și timpul de staționare a fiecărei mașini. La întocmirea acestui grafic este necesar să se cunoască schema procesului tehnologic de reparație; numărul necesar de muncitori, ritmul de intrare și ieșire a mașinilor din reparație; volumul de lucrări în ore/om și calificarea muncitorilor cerută la fiecare loc de muncă.

În lunile de încărcare maximă a atelierului se consideră $f_a = f_m$ și în acest caz, din relația (12.16), rezultă că timpul de lucru cu care participă un muncitor la realizarea reparației este egal cu ritmul de intrare și ieșire a mașinii din reparație. Deci fiecare muncitor va apărea în grafic cu un număr de ore egal cu ritmul de intrare și ieșire din reparație.

Cunoscând schema procesului tehnologic de reparație și volumul de ore care revine la fiecare loc de lucru, în graficul din fig. 12.2 se reprezintă executarea lucrărilor prin linii orizontale. În dreptul fiecărei linii este trecut numărul de ordine al muncitorului care execută lucrarea iar lungimea liniei

la scara aleasă este egală cu durata de execuție în ore. La întocmirea graficului trebuie să se respecte succesiunea normală a lucrărilor care nu se pot executa simultan. Dacă un muncitor lucrează la mai multe locuri de muncă trebuie să i se asigure continuitatea în timp.

e. *Timpul de staționare a mașinilor* în reparație, reprezintă intervalul de la intrarea mașinii în atelier pentru reparație și până la recepție. Durata acestei perioade depinde de numărul de muncitori care participă la repararea mașinii și de modul de organizare a lucrărilor reparate.

Timpul de staționare a unei mașini în reparație reprezintă suma timpilor necesari executării lucrărilor care se succed obligatoriu. Normativul indică valori de orientare privind mărimea normală a timpului de staționare în reparație, în zile, pentru diferite mașini. Valoarea reală a duratei de reparare a unei mașini, se obține din graficul de coordonare și succesiune a lucrărilor executate la reparația analizată.

Secția	Locul de lucru	Volumul de lucrări, ore		Durata staționării, ore	Timpul de lucru
		V _c	V _s		
Spălare exterioară	Curățire și spălare exterioară	3	3	3	
Demontare	Demontare utilaj	10	25	6	
	Demontare motor	15		8	
Degresare	Spălare piese	8	10	7	
Control, triere, completare	Control-triere piese	8	16	7	
	Completare	8		8	

Fig. 12.2. *Graficul de coordonare și succesiune a lucrărilor executate la reparația capitală a utilajelor terasiere*

Dacă se repară mai multe mărci de mașini, pentru stabilirea timpului de staționare în reparație, se întocmește graficul de coordonate și succesiune a lucrărilor la fiecare marcă de mașină și fel de reparație sau se calculează timpul de staționare pe baza indicilor de complexitate folosind relațiile:

$$\tau_{Rk} = \tau_{conv} \cdot i_{Rk}; \quad \tau_{RT} = \tau_{conv} \cdot i_{RT} \quad (12.18)$$

Valoarea indicelui τ se folosește pentru alcătuirea planului calendaristic de intrare și ieșire a mașinilor din reparație.

f. *Fondul lucrărilor de reparație* reprezintă numărul de mașini care se găsesc simultan în atelier pentru a fi reparate.

Valoarea sa este dată de relația:

$$F = \frac{\tau}{t} \quad \text{sau} \quad F = R \cdot \tau \quad (12.19)$$

în care: R este ritmul de reparații, dat în reparații pe zi.

Frontul lucrărilor de reparație se calculează separat pentru toate intervențiile tehnice executate în atelier, folosind relațiile:

$$F_{Rk} = \frac{\tau \cdot R_k}{t_{Rk}}; \quad F_{Rr} = \frac{\tau \cdot R_r}{t_{Rr}} \quad \text{etc.} \quad (12.20)$$

Dacă timpul de staționare τ și ritmul de intrare și ieșire din reparație t s-au calculat cu ajutorul coeficienților de complexitate, atunci frontul lucrărilor de reparație va avea aceeași valoare pentru toate intervențiile tehnice, adică:

$$F_{conv} = F_{Rk} = F_{Rr} = F_{RT}$$

g. *Graficul calendaristic de intrare și ieșire a mașinilor din reparație* se alcătuiește pentru fiecare decadă sau lună. El servește la organizarea producției atelierului deoarece cuprinde evidența planificării și realizării reparațiilor pentru perioada dată. În graficul calendaristic sunt trecute toate utilajele și mașinile-unelte care urmează să fie reparate în luna considerată. Pentru fiecare mașină se prevăd două rubrici orizontale: în prima se marchează planificarea reparațiilor iar în a doua realizarea ei.

Acest grafic se întocmește funcție de elementele regimului organizatoric de lucru al atelierului: t, r, F, calculate pe mărci de mașini și fel de intervenții tehnice. Valorile acestor indicatori sunt trecute în grafic în dreptul fiecărei mașini.

În fig 12.3 se dă un model de grafic calendaristic de intrare și ieșire a mașinilor-unelte din reparație.

Corespunzător zilelor lucrătoare din perioada considerată, pentru fiecare mașină se marchează în grafic printr-o linie continuă durata de staționare în reparație. După intrarea unei mașini în reparație, în grafic se lasă un interval de timp egal cu ritmul t de intrare în reparație a acestei mașini după care se marchează prin linie continuă intrarea în reparație a celei de-a doua mașini.

Pentru o dată calendaristică oarecare, numărul de mașini aflate în reparație, care este reprezentat grafic prin numărul de linii continue, nu trebuie să depășească frontul lucrărilor de reparații. Intrarea mașinilor în reparație se recomandă să se facă începând cu mașina care necesită un timp de staționare mai mare.

Nr. crt.	Mașina-unealtă	Nr. inv.	Intervenția tehnică	Elementul regimului de lucru			Luna	Ianuarie
				t , ore	τ , ore	F	Zile lucrătoare	3 4 6 7 8 11 12 13 14 15 18 19
							Nr. zile	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
1.	SN-400	3	R_T	0,4	5	8	Planificat	
							Realizat	
2.	SAR025	17	R_T	0,6	3	7	Planificat	
							Realizat	

Fig. 12.3. *Graficul calendaristic de intrare și ieșire a mașinilor unelte din reparație*

12.2.5. Calculul utilajelor

În general, cantitatea de utilaj se calculează în funcție de volumul anual de lucrări, în ore, utilaj, de fondul anual de timp al utilajului în ore și de procesul tehnologic.

Numărul băilor de degresare se calculează cu relația:

$$n_b = \frac{G_p \cdot t}{g \cdot f_s \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \quad (12.21)$$

în care: G_p este greutatea pieselor care se spală în perioada considerată;
 t – timpul tehnologic necesar pentru degresarea pieselor;
 g – greutatea pieselor introduse în baie la o încărcătură;
 f_s – fondul de timp al secției de spălare pentru perioada considerată;
 η_1 – coeficientul de încărcare al băii funcție de forma pieselor, care este cuprins între 0,5 și 0,8;
 η_2 – coeficientul de spălare în funcție de gradul de murdărie al pieselor, considerat egal cu 0,8 – 1.

Capacitatea de spălare a secției de spălare din întreprinderile de reparații, în cazul folosirii tunelului de apă cu bandă transportoare, este dat de relația:

$$G_p = 60 \cdot f_s \cdot q \cdot v \cdot \eta_t \quad [N] \quad (12.22)$$

în care: G_p este greutatea pieselor ce pot trece prin tunelul de spălare în perioada considerată, N;
 f_s – fondul de timp al secției de spălare, ore;
 q – încărcarea benzii cu piese pentru spălare, buc/m;
 v – viteza de deplasare a benzii, m/min;
 η_t – coeficientul de folosire al tunelului având valoarea 0,6 – 0,9.
Viteza pe care trebuie să o aibă transportorul cu piese în timpul spălării se stabilește cu relația:

$$v = \frac{l_1 n_m - l_2 n_s}{60 \cdot f_s} \quad [m/min] \quad (12.23)$$

unde: l_1 și l_2 este lungimea benzii ocupată de piesele unui motor, respectiv al unui șasiu, m;
 n_m și n_s – numărul de motoare, respectiv șasiuri care trebuie spălate pe perioada considerată, ore;
 f_s – fondul de timp al secției de spălare pe perioada considerată, ore.

Numărul bacurilor de centicubat se calculează cu relația:

$$n_b = \frac{n_p \cdot t \cdot c}{f_u \cdot \eta} \quad (12.24)$$

în care: n_p este numărul de pompe de injecție care se centicubează în perioada considerată;

t - timpul cât durează centicubarea pompei, ore;

c - coeficient ce ține seama de procentul de pompe de injecție care revin de la rodaj pentru o nouă centicubare datorită defecțiunilor constatate;

f_u - fondul de timp al bancului de centicubat pe perioada considerată, ore;

η - coeficientul de folosire a fondului de timp al bancului.

Numărul de bancuri de rodaj n_{br} se calculează cu relația:

$$n_b = \frac{n_{mp} \cdot f_1 \cdot n_m \cdot t_2}{60 \cdot f_t \cdot n_z \cdot n_r} \quad (12.25)$$

unde: n_{mp} este numărul de motoare planificate să fie reparate și rodate în perioada dată;

f_1 - timpul necesar pentru rodarea unui motor, min;

n_m - numărul de motoare care repetă rodajul, reprezentând aproximativ 5 - 10% din cele planificate;

t_2 - timpul necesar pentru repetarea rodajului, în medie are valoarea de 150 minute;

f_t - fondul de timp al bancului de rodaj pe zi, în ore;

n_z - numărul de ore din perioada considerată;

η_r - coeficient de folosire al bancului.

În secția de depuneri galvanice, numărul de băi necesare pentru fiecare fel de acoperire este dat de relația:

$$n_{bi} = \frac{S_t}{S_c} \quad (12.26)$$

unde: n_{bi} este numărul de băi necesare pentru o acoperire cu un metal oarecare;

S_t - suprafața ce trebuie încărcată cu metalul de depunere la o singură încărcare cu piese a băilor de același fel, dm²;

S_c – suprafața totală de metal depus ce se poate realiza la încărcarea unei băi, în dm^2 .

Suprafața ce trebuie acoperită la o singură încărcare se calculează cu relația:

$$S_t = \frac{s_1}{z_1 \cdot n_i} \quad (12.27)$$

unde: s_1 este suprafața ce trebuie încărcată cu un material de aport într-o lună, dm^2 ;

z_1 – numărul de zile lucrătoare în luna considerată;

n_i - numărul de încărcări cu piese ce se pot realiza în baia galvanică într-o zi de lucru, pentru fiecare fel de depunere.

Numărul de mașini-unelte necesare în procesul de reparație se stabilește cu relația:

$$n_{ms} = \frac{V_t}{f_{ms} \cdot n_s \cdot \eta_{ms}} \quad (12.28)$$

unde: V_t este volumul total de lucru al mașinii-unelte, ore-mașină;

f_{ms} – fondul de timp real al unei mașini-unelte într-un schimb pe perioada planificată;

n_s – număr de mașini reparate;

η_{ms} - coeficientul de folosire al mașinii-unelte, egal cu 0,85.

La lucrările de montaj pe bandă, distanța medie între posturile de lucru este:

$$p = l + s_d \quad [m]$$

unde: l – lungimea ansamblului sau produsului care se montează pe bandă;

s_d – spațiul necesar pentru deservire, m.

Lungimea utilă a benzilor de montaj este dată de relația:

$$L = n_p \cdot p + A \quad [m]$$

unde: A este lungimea stației de antrenare a benzii, care se ia de 1 – 1,5 metri.

Viteza benzilor de montaj se stabilește cu relația:

$$v = \frac{n_{RK} \cdot n_p \cdot P}{f_b \cdot \eta} \quad (12.29)$$

în care: n_{RK} este numărul de reparații capitale de utilaje sau mașini, planificate în fondul de timp dat;
 n_p - numărul de posturi care lucrează în serie pe banda de montaj la reparația capitală a unui utilaj;
 p - pasul posturilor de lucru de pe bandă, m;
 f_b - fondul de timp al benzii de montaj, min;
 η - coeficientul de ritmicitate, care are valoarea 0,8 – 0,85.

12.2.6. Calculul suprafețelor

Suprafața productivă a secțiilor S_s se poate calcula în funcție de suprafața specifică pentru un post de lucru, folosind relația:

$$S_p = s_s \cdot n_p \quad [m^2] \quad (12.30)$$

în care: n_p - numărul de posturi de lucru din secție;
 s_p - suprafața specifică pentru un post de lucru, m^2 .
 Numărul de posturi de lucru se calculează cu relația:

$$n_p = \frac{m_s}{m_p} \quad [m^2] \quad (12.31)$$

unde: m_s - este numărul de muncitori din secție;
 m_p - numărul de muncitori la un post de lucru.

Suprafața secției se poate calcula și în funcție de suprafața specifică pentru un muncitor productiv, folosind relația:

$$S_b = m_s \cdot s_m \quad [m^2] \quad (12.32)$$

în care: s_m este suprafața specifică pentru un muncitor productiv, m^2 .

Metoda cea mai utilizată pentru calculul suprafeței secțiilor, ține seama de suprafața ocupată de utilaje și de valoarea coeficienților de trecere c , adică:

$$A_s = c \cdot S_u \quad [m^2] \quad (12.33)$$

în care: S_u este suprafața ocupată de mobilier, utilaje și mașinile în reparație.

Suprafața secțiilor de demontare și montare S_{dm} se poate calcula pe baza suprafeței specifice necesară pentru fiecare marcă de utilaj care se află în aceste secții, folosind relația:

$$S_{dm} = S_u \cdot F \quad [m^2] \quad (12.34)$$

în care: S_u este suprafața specifică ocupată de un utilaj aflat în reparație în secția de montare, m^2 ;

F – frontul de reparație al utilajelor.

Pentru stabilirea suprafeței secțiilor, valorile s_p , s_m și c sunt indicate în tabelul 12.1.

Tabelul 12.1. *Valorile indicilor s_p , s_m și c pentru diferite secții din atelier*

Nr. crt.	Denumirea secției	Suprafața specifică pentru un post de lucru s_p , m^2	Suprafața specifică pentru un muncitor productiv s_m , m^2	Coeficient de trecere, c
1.	Spălare exterioară	30-40	30-40	3,5-4,0
2.	Demontare	60-70	20-30	4,0-4,5
3.	Spălare piese	30-40	30-40	3,0-3,5
4.	Triere-completare	15-20	15-20	3,0-3,5
5.	Reparare motor	40-50	20-30	4,0-4,5
6.	Rodaj	30-40	20-30	4,0-4,5
7.	Echipament electric	10-15	10-15	3,5-4,0
8.	Sistemul de alimentare	15-20	15-20	3,5-4,0
9.	Montaj general	60-70	20-30	4,0-4,5
10.	Vopsire	30-40	30-40	4,0-4,5
11.	Vulcanizare	10-15	10-15	3,0-3,5
12.	Forje, sudură	20-25	15-20	5,0-5,5
13.	Mașini unelte	10-15	10-15	3,0-3,5

La montarea staționară a produselor voluminoase care nu pot fi fixate pe bacuri de lucru, suprafața unitară S a postului de lucru se compune din elementele indicate în fig. 12.4, adică:

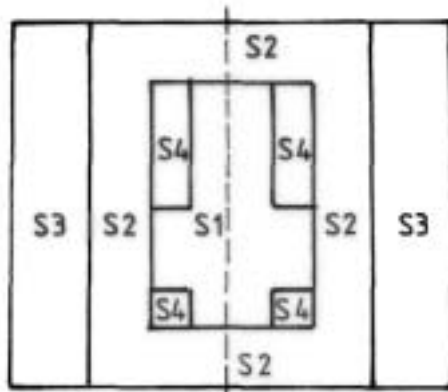


Fig. 12.4. *Suprafața unui post de lucru*

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4$$

- unde: S_1 este proiecția pe orizontală a produsului;
 S_2 – suprafața minimă necesară pentru lucru;
 S_3 – suprafața minimă necesară pentru depozitarea subansamblelor care urmează să fie montate și eventualele bancuri de lucru necesare pentru deservirea postului respectiv;
 S_4 – suprafețele pierdute din cauza formei produsului.

12.3. Elemente auxiliare de proiectare

12.3.1. Abur tehnologic și apă caldă

Aburul tehnologic se utilizează la încălzirea amestecurilor lichide și se consumă 1,6 – 1,9 N (0,16 – 0,19 kg) de abur cu presiunea de $15 \cdot 10^5$ N/m² (1,5 daN/cm²) pentru fiecare litru de lichid consumat pe oră. La încălzirea camerelor de uscare pe o tonă de dispozitive de transport și de piese ce trebuie încălzite la 373 – 283°K (100 – 110°C), consumul mediu de abur cu presiunea de $(3...4) \cdot 10^5$ N/m² se ia de 800...100 N/h pentru uscătoarele cu transportor.

Apa consumată anual Q_s pentru prepararea lichidelor de răcire-utilizare la așchiera metalelor se determină cu relația:

$$Q_s = \frac{q_a \cdot n_{ms} \cdot f_{ms} \cdot \eta_{ms}}{1000} \cdot s \quad [\text{m}^3] \quad (12.35)$$

în care: q_a este consumul de apă la o mașină-unealtă instalată și se ia 0,6 l/h ;

n_{ms} – numărul de mașini-unelte;

f_{ms} – fondul de timp anual al mașinilor-unelte pentru un schimb, în ore;

s – numărul de schimburi de lucru;

η_{ms} – coeficientul de folosire al timpului de către mașina-unealtă.

Necesarul de apă caldă Q pentru spălarea exterioară a mașinilor se calculează cu relația:

$$Q = q \cdot N \quad [\text{dm}^3] \quad (12.36)$$

în care : q este norma de apă, în $\text{dm}^3/\text{mașină}$;

N – numărul de mașini care se repară (în special iarna).

La spălarea pieselor în băi cu capacitatea de 1,5...2,5 m^3 , consumul mediu de apă este de 10 – 13 l/h iar la mașinile de spălat piese 0,12 – 0,15 m^3/h pentru o tonă piese spălate.

Camerele de vopsire prin pulverizare sunt prevăzute cu filtre hidraulice care consumă 0,01...0,02 m^3 apă la 1 m^3 din volumul camerei de pulverizare.

12.3.2. Încălzirea întreprinderilor

Pierderile de căldură q_o prin una din suprafețele care limitează o încăpere se calculează cu relația:

$$q_o = K \cdot s (t_i - t_e) \quad [\text{kcal/h}] \quad (12.37)$$

în care: K este coeficientul de transmitere a căldurii, în $\text{kcal}/\text{m}^2\text{h grad}$;

S – suprafața elementului de construcție considerat, în m^2 ;

t_i – temperatura interioară;

t_e – temperatura exterioară.

Cantitatea de căldură care se pierde în timp de o oră prin toate suprafețele ce mărginesc încăperea, va fi:

$$Q_o = \sum q_{o_i}$$

la care se aplică adaosuri uzuale care țin de A_i – întreruperea funcționării; A_c – egalizarea temperaturii suprafețelor exterioare; A_o – orientarea încăperii; A_v – acțiunea vântului: Aceste adaosuri se exprimă în procente față de Q_o , iar pierderea totală de căldură se calculează cu relația:

$$Q_h = Q_o \left[1 + \frac{A_i + A_c + A_o + A_v}{100} \right] \quad (12.38)$$

Tabelul 12.2. **Valorile coeficienților K de transmisie a căldurii pentru unele elemente de construcție**

Felul elementului de construcție	K, Kcal/m ² h grad
Uși exterioare simple din oțel	6,5
Ferestre exterioare simple din oțel	6,5
Ferestre exterioare simple din lemn	6,0
Ferestre exterioare duble din oțel	3,3
Ferestre exterioare duble din lemn	2,8
Luminator exterior simplu	6,5
Luminator exterior dublu	3,0
Pereți exteriori de cărămidă, tencuiți pe ambele fețe, cu grosimea de 12,5 cm, 25 cm, 37,5 cm	2,53, 1,77, 1,38
Pereți exteriori din beton tencuiți pe ambele fețe cu grosimea de 15 cm, 20 cm, 25 cm, 30 cm, 37,5 cm	2,70, 2,40, 2,20 2,0, 1,78
Planșee de beton armat netezite cu mortar de ciment cu grosimea betonului de 7,5 cm, 10 cm, 15 cm, 20 cm	3,0, 2,8, 2,4, 2,2
Pardoseală așezată direct pe pământ	
- beton	2,0
- de asfalt pe beton	1,90
- de scânduri de 3,5 cm pe beton	1,30
- de calupuri de lemn pe beton	1,10

Instalația de încălzire a întreprinderii trebuie să furnizeze cantitatea de căldură orară:

$$Q = Q_b - Q_d \quad [\text{Kcal/h}] \quad (12.39)$$

în care: Q_b este pierderea de căldură în suprafețele exterioare;
 Q_d – degajările termice provocate de cuptoarele de tratamente termice, motoarele electrice, motoarele care se rotoază etc.
 Cantitatea de combustibil consumat pe oră se determină cu relația:

$$C_h = \frac{Q}{H_i \cdot \eta} \quad [\text{N/h sau m}^3/\text{h}] \quad (12.40)$$

în care: Q este debitul de căldură necesar, în Kcal/h;
 H_i – puterea calorifică interioară a combustibilului folosit, în Kcal/N;
 η – randamentul instalației de ardere.
 Consumul lunar mediu de combustibil se stabilește cu relația:

$$C_1 = \frac{1,10Q(t_i - t_{me})n_h \cdot N_z}{(t_i - t_e)H_i \eta} \quad [\text{N/lună}] \quad (12.41)$$

în care: 1,10 este coeficientul de majorare pentru pierderile prin conducție;
 n_h și N_z – număr de ore pe zi și respectiv număr de zile pe lună cât funcționează instalația;
 t_{me} – temperatura medie exterioară în perioada de încălzire.
 Suprafața corpurilor de încălzire S_{ci} , se stabilește cu relația:

$$S_{ci} = \frac{Q}{K(t_m - t_i)} \quad [\text{m}^2] \quad (12.42)$$

în care: K este coeficientul de transmitere a căldurii de la fluidul termogen la aerul din încăpere, în Kcal/m²h grad;
 t_m – temperatura medie a fluidului încălzitor.

12.3.3. Energia electrică (forță și iluminat)

Energia electrică W consumată anual pentru procesul de producție se determină cu relația:

$$W = \frac{P_i \cdot f_a \cdot n_s \cdot K_{mu} \cdot K_s}{\eta_r \cdot \eta_f} \quad [\text{KWh}] \quad (12.43)$$

în care P_i este puterea instalată a atelierului, în kW;

f_a – fondul de timp anual al atelierului pe un schimb, în ore;

n_s – numărul de schimburi;

K_{mu} – coeficientul de încărcare al mașinilor-unelte, 0,8;

K_s – coeficientul de simultaneitate în funcționarea mașinilor-unelte: 0,5...0,7;

η_r – randamentul rețelei: 0,95;

η_f – coeficient de folosire al motoarelor electrice: 0,87...0,92.

Alimentarea cu energie electrică a întreprinderilor de reparații se realizează de la sistemul energetic folosindu-se tensiunea de 380/220 V și curentul alternativ trifazat de 50 Hz.

La calculul iluminatului artificial se determină numărul de corpuri de iluminat folosind metoda factorului „u” de utilizare. Valorile factorilor de utilizare se dau în tabele fiind calculate în funcție de următorii parametri: sistemul de iluminare adoptat (direct, semidirect, mixt, indirect și difuz), indicele încăperii i și factorii fotometrici de reflexie ai tavanului η_t și ai pereților η_p . Factorul de utilizare la exploatarea normală cuprinde și influența gradului de depreciere normal al instalației (depunerea prafului, scăderea fluxului luminos al lămpilor).

Indicele încăperii se calculează cu relația:

$$i = \frac{0,2L + 0,8l}{h_i} \quad (12.44)$$

în care: L este lungimea încăperii;

l – lățimea încăperii;

h_i – înălțimea de suspendare a corpurilor de iluminat deasupra suprafeței de utilizare.

Fluxul luminos util ϕ_u , ce trebuie să cadă pe suprafața de utilizare se stabilește cu relația:

$$\phi_u = E_m \cdot S_p \quad [\text{lm}] \quad (12.45)$$

în care: E_m este iluminarea medie necesară pe planul de lucru, în lx;

S_p – suprafața pardoselei secției, în m^2 .

Valoarea iluminării medii necesare E_m este în funcție de lucrările care se execută la secție și se indică în tabelul 12.3.

Numărul de corpuri de iluminat necesare iluminării se stabilește cu relația:

$$n = \frac{E_m \cdot S_p}{\phi_u \cdot \eta_u} \quad (12.46)$$

în care: ϕ_u este fluxul luminos produs de o sursă de lumină, în lm.

În tabelul 12.4 se indică fluxul luminos emis de un corp de iluminat.

Tabelul 12.3. *Norma de iluminare artificială pentru secțiile atelierului*

Denumirea secției	Iluminarea medie necesară E_m , lx
Spălare exterioară. Degresare	20-30
Demontare	50
Triere-completare	75
Repararea motorului. Montarea	50
Rodaj. Vopsire	50-75
Repararea echipamentului electric	100
Repararea aparaturii de alimentare	100-150
Lăcătușerie, mecanic	75-150
Forjă. Depuneri galvanice. Sudură	50-60
Vulcanizare. Acumulatori	50-75

Tabelul 12.4. *Caracteristicile tuburilor fluorescente alimentate cu tensiune normală de 220 V*

	Tip	Puterea nominală, W	Fluxul luminos nominal, lm				
			Culoare				
			BI	CB	CC	CD	FE
Cu stator	PF 20W	20	1080	750	1080	700	820
	PF 40W	40	2800	1800	2800	1750	2120
Cu stator	PF 65W	65	4400	3000	4400	2800	3300
Fără stator	PFS 40 W	40	2800	1880	2800	1750	2120

12.3.4. Aer comprimat

Aerul comprimat are multiple întrebuințări. Consumul mediu teoretic de aer comprimat pentru un utilaj se calculează cu relațiile:

$$Q_{med} = Q_{cons} \cdot K_u \quad [m^3/h] \quad (12.47)$$

în care: Q_{cons} este consumul de aer pe oră când se lucrează continuu, în m^3 /utilaj;

K_u – coeficient de folosire al utilajului.

Deoarece există pierderi, consumul mediu real total se ia:

$$Q_r = 1,5 \sum Q_{med} \quad [m^3/h]$$

iar consumul maxim orar se consideră:

$$Q_{max} = 1,3 Q_r \quad [m^3/h]$$

La determinarea consumului de aer comprimat se pot considera următoarele valori:

a. la curățirea mașinilor se ia 5...10% din numărul total de mașini-unelte și se consideră un consum mediu pe fiecare mașină de 0,73...1,0 m^3 /h aer comprimat la presiunea de $3 \cdot 10^5$ N/m².

b. la suflarea pieselor după suflarea în băi și la montaj, presiunea aerului și consumului sunt aceleași;

c. dispozitivele de strângere pneumatice se consideră că se folosesc la 3...5% din numărul total de mașini-unelte, având un consum mediu pe o mașină de 0,1 m^3 /h, presiunea aerului comprimat fiind de $(6...7) \cdot 10^5$ N/m²;

d. la sculele pneumatice se consideră gradul de utilizare 20...50% și un consum mediu de 2,5...4,5 m^3 /h de aer comprimat cu presiunea de $(5...6) \cdot 10^5$ N/m² pentru fiecare sculă racordată;

e. la aparatele de ridicat pneumatice cu capacitate de ridicare de 1700...17000 N, necesarul de aer comprimat cu presiunea de $(3...6) \cdot 10^5$ N/m² se poate lua 0,07...0,4 m^3 la fiecare cursă;

f. la pulverizatoarele de vopsele presiunea aerului este de $(3...6) \cdot 10^5$ N/m² în funcție de tipul pulverizatorului, iar consumul mediu de aer comprimat se poate lua 2,0 m^3 /h.

La calcularea compresorului, randamentul volumetric se ia de 75...90%.

12.3.5. Ventilația în întreprinderi

Ventilația trebuie să protejeze oamenii de acțiunile prafului, căldurii degajate de mașini și cuptoare și de influența gazelor nocive.

Cantitatea de căldură degajată de motoarele electrice care antrenează mașinile se stabilește cu relația:

$$Q = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot 860 N(1-\eta) \quad [\text{Kcal/h}] \quad (12.48)$$

în care: C_1 este coeficientul de simultaneitate în funcționare motoarelor;

C_2 – gradul de încărcare al motoarelor;

C_3 – coeficientul de utilizare al puterii instantanee;

N – puterea instalată a motoarelor într-o încăpere, în kW;

η – randamentul motoarelor, produsul $C_1 C_2 C_3$ se poate lua 0,25 pentru atelierele mecanice.

Căldura cedată de motoare la rodaj reprezintă aproximativ 20% din căldura produsă prin arderea combustibilului consumat de motor. La cuptoarele de tratamente termice degajările de căldură reprezintă aproximativ 30-35% din căldura dezvoltată de combustibilul consumat. În forjele de fierărie se pierde în atelier 15-20% din căldura produsă, iar la un cuptor de petrol sau gaze, pierderea este de 30-45%.

Căldura degajată de cuptoarele electrice se calculează cu relația:

$$Q = 860 \cdot a \cdot N \quad [\text{kcal/h}] \quad (12.49)$$

în care: a este coeficientul de transformare a energiei electrice în căldură

degajată care se cedează mediului ambiant, $a = 0,35 \dots 0,40$;

N – puterea instalată a cuptoarelor, în kW.

Cantitatea de căldură care pătrunde prin ferestre datorită radiației solare se calculează cu relația:

$$Q_s = I_f \cdot S_f \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \quad [\text{kcal/h}] \quad (12.50)$$

în care: I_f este radiația care cade asupra ferestrei, în kcal/h;

S_f – suprafața ferestrelor, în m^2 ;

α_1 – coeficient de permeabilitate a radiației prin sticlă;

α_2 – coeficient de permeabilitate a radiației prin tocul ferestrelor;

α_3 – coeficient de permeabilitate a radiației prin sticlă murdară.

Cantitatea de aer C_a necesară în timpul ventilației prin eliminarea excesului de căldură se stabilește cu relația:

$$C_a = \frac{Q_d - Q_p}{c(t_{ev} - t_{intr})} \quad [\text{N/h}] \quad (12.51)$$

în care. Q_d este căldura totală degajată de surse, kcal/h;
 Q_p – pierderea totală de căldură a încăperii, Kcal/h;
 t_{ev} și t_{intr} – temperatura de evacuare și de intrare a aerului în și din încăperea, în grade.
 Numărul de schimburi de aer pe oră va fi:

$$n = \frac{C_a}{\gamma_s \cdot V} \quad [\text{schimburi/an}] \quad (12.52)$$

unde: γ_s este temperatura specifică a aerului la temperatura de intrare, în N/m^3 ;
 V – volumul atelierului sau secției, în m^3 .
 Valorile orientative ale indicelui n , sunt date în tabelul 12.5.

Tabelul 12.5. *Valori orientative ale numărului de schimburi de aer pe oră*

Secțiile	Nr. de schimburi pe oră, n
Spălare exterioară. Demontare. Completare. repararea motorului. Montarea. Repararea aparaturii de alimentare. Repararea echipamentului electric.	1,5...2
Tâmplărie	2...3
Mecanică. Lăcătușerie	3...4
Depuneri galvanice. Degresare. Tinichigerie.	4...6
Radiatoare	6...10
Forje. tratamente termice. Sudură	
Acumulatori	

Instalația folosită la ventilația locală trebuie să asigure aspirarea cantității de aer indicate în tabelul 12.6.

Tabelul 12.6. *Cantitatea de aer aspirată de instalațiile pentru ventilație locală*

Denumirea utilajului prevăzut cu ventilație locală	Cantitatea de aer aspirat, m ³ /h·m ²
Baie pentru degresare chimică	2000
Baie pentru degresare electrolică și cositorire	3000
Baie pentru cuprare, decapare și nichelare	2500
Baie pentru cromare	6000
Baie pentru spălarea pieselor în apă caldă, după acoperirea electrolică	1500
Camere de vopsire cu volumul:	
- până la 1 m ³	3000
- de la 2 până la 5 m ³	1800
- de la 5 la 10 m ³	1500
- de la 10 la 20 m ³	1200
- peste 20 m ³	900

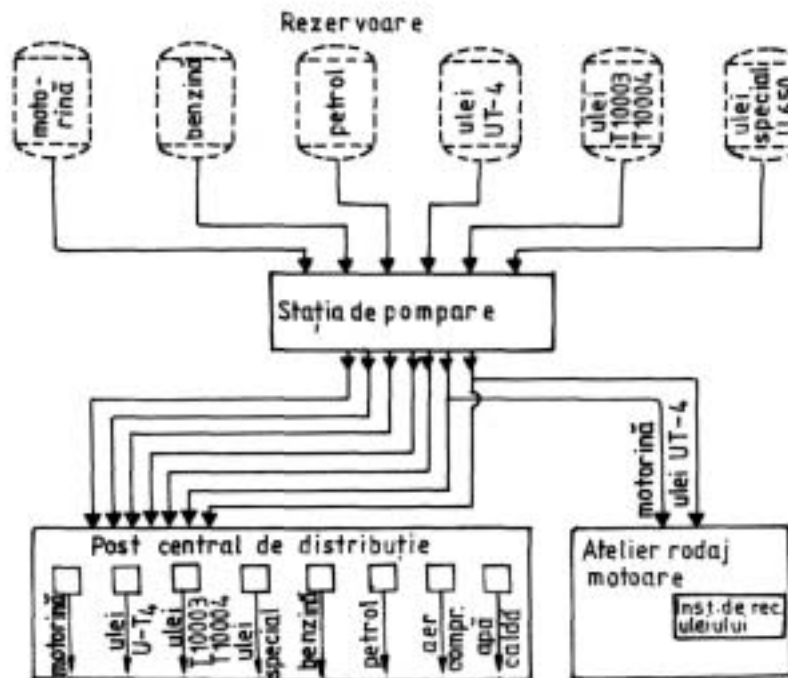


Fig. 12.5. *Schema gospodăriei de carburanți și lubrifianți*

12.3.6. Carburanți și lubrifianți

Gospodăria de carburanți și lubrifianți cuprinde totalitatea instalațiilor folosite la alimentarea cu carburanți și lubrifianți a utilajelor și mașinilor reparate, în curs de rodaj, parcului auto și a celorlalte locuri de muncă. În fig. 12.5 se indică schema de principiu a gospodăriei de carburanți și lubrifianți.

Depozitul de carburanți și lubrifianți se diminuează astfel încât capacitatea de depozitare să asigure consumul a 20-25 zile lucrătoare.

Uleiul care a fost folosit în rodaj se recondiționează prin decantare și filtrare și apoi se amestecă cu ulei nou în proporție de 40%.

La amplasarea depozitelor de combustibili se vor respecta normele PSI.

12.3.7. Gospodărirea sculelor, dispozitivelor și verificatoarelor

Necesarul de scule tăietoare se planifică în funcție de volumul de lucrări. Cunoscând timpul T , cât se lucrează la reparații cu un tip de sculă în decursul anului și durata totală d_t a unei scule, numărul de scule N_s de același tip, necesar pe an, este dat de relația:

$$N_s = T \cdot d_t \quad [\text{buc}] \quad (12.53)$$

Valoarea dispozitivelor se exprimă în procente din costul total al sculelor și verificatoarelor pentru a se determina cu aproximație cantitatea necesară anual.

Consumul anual de verificatoare pentru lucrările de reparații se poate stabili în funcție de următoarele elemente: numărul de măsurători efectuate în timpul reparației unei mașini, numărul de reparații executate anual; numărul de măsurători care se pot face cu un anumit verificator până la uzarea completă.

Depozitarea sculelor și dispozitivelor se va face în magazie, pe rafturi, așezând dispozitivele în compartimentele de jos și sculele în cele de sus.

Sculele se grupează în funcție de mașina-unealtă sau se aranjează după tipul constructiv.

Instrumentele de măsură și calibrare se păstrează în cutiile lor. Sculele, dispozitivele și verificatoarele utilizate continuu sunt luate în primire de muncitorul care le folosește în permanență. Sculele folosite o perioadă mai scurtă de timp, se eliberează muncitorilor pe bază de registru de evidență, bon sau marcă. Ascuțirea sculelor se face în secția mecanică de către muncitori specializați.

12.3.8. Gospodărirea materialelor și a pieselor de schimb

Necesarul de materiale pentru reparații se stabilește prin calcule analitice în funcție de numărul, tipul mașinilor și utilajelor planificate pentru reparare și de normele de consum pentru materiale.

Cantitatea necesară de piese de schimb se calculează la întocmirea planului de aprovizionare, în funcție de prevederile normativelor pentru consum de piese de schimb.

Materialele și piesele de schimb sunt recepționate calitativ și cantitativ și apoi se depozitează astfel încât să se asigure o manevră ulterioară, comodă și rapidă iar spațiul necesar magaziei să fie folosit cât mai rațional.

Materialele și piesele de schimb trebuie păstrate în condiții normale de temperatură și umiditate, ferite de prezența gazelor dăunătoare și diverselor săruri, acizi sau baze.

Piese din oțel cu suprafețe șlefuite se ung cu vaselină tehnică neutră și se învelesc în hârtie impermeabilă.

12.3.9. Transportul interior

Transportul interior deservește mașinile-unelte, posturile de lucru, bancurile de montaj, încăperile secțiilor, magazia.

Transportul cel mai comod se face cu electrocare care au capacitatea de 0,75...1 t, sunt cu platforme ridicabile și cu viteze de deplasare de 6...12 km/h. Drumul parcurs de cărucioare corespunde cu una din schemele de circulație a pieselor, materialelor și agregatelor în timpul reparării mașinilor, indicate în fig. 12.6.

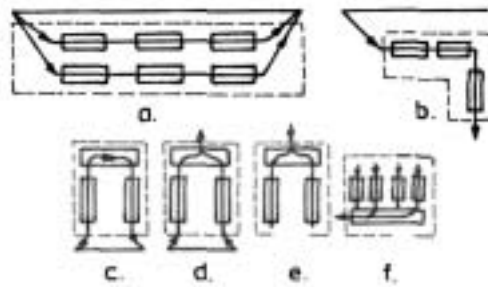


Fig. 12.6. *Scheme de circulație în procesul de reparație*: a- longitudinală pe două linii; b-în unghi drept; c-în U, d-în V; e-în furcă simplă; f-sub formă de V

Macaralele rotative se utilizează ca mijloace locale de ridicat, deservind un anumit post de lucru. Podurile rulante electrice sunt însă mijloace de ridicare și transport la înălțime cele mai răspândite. Transportoarele cu cărucioare suspendate și transportoarele cu role sunt utilizate de către unele întreprinderi de reparație.

Pentru desfășurarea normală a procesului tehnologic și respectarea regulilor de protecție a muncii, căile de circulație, în special în secțiunile de montare a tractorului, trebuie să aibă o lățime de aproximativ 3 m, iar trecerea între stelaje și utilaje de 1,5 m.

Capitolul 13

ORGANIZAREA CONTROLULUI TEHNIC

Controlul tehnic are ca scop asigurarea calității reparațiilor și evitarea rebuturilor. Din punct de vedere al organizării, controlul tehnic poate fi dependent, semiindependent sau independent în producție.

Controlul dependent de producție este executat de persoanele subordonate administrativ maestrului, șefului de secție sau șefului de atelier. La controlul semiindependent aparatul de control este subordonat conducerii întreprinderii, iar controlul independent de producție este asigurat de organele ierarhic superioare.

Obiectivele controlului sunt prevăzute în tehnologia de reparare a utilajelor. Controlul poate fi continuu sau pe loturi; staționar sau volant; pe operații sau grupe de operații; inițial, intermediar sau final. Metodele de control sunt vizuale, dimensionale, calitative, de încercare sau fizice.

Secția de control și triere se amplasează în vecinătatea secției de spălare a pieselor și trebuie să fie dotată cu sculele, instrumentele și mijloacele de măsurare necesare, să fie bine iluminată iar încălzirea ei să asigure o temperatură constantă de 20°C.

La lucrările de reparații executate în ateliere specializate, controlul dependent de producție este asigurat de șeful sectorului reparații, șeful de atelier și muncitorii calificați din atelier.

Șeful sectorului reparații conduce direct activitatea de întreținere și reparare a parcului de mașini și utilaje, verifică și determină starea tehnică a utilajelor, combinelor și a altor mașini complexe înainte de a fi introduse în reparație, stabilește gradul reparației necesare, ia măsuri pentru aplicarea normativelor, tehnologiilor de reparație executate.

Șeful atelierului mecanic este subordonat șefului sectorului reparații și are în subordine directă întregul personal de atelier. Șeful de atelier întocmește fișele de constatare generală asupra fiecărui utilaj care intră în reparație, execută constatarea tehnică asupra pieselor și subansamblurilor demontate de la mașini și utilaje și stabilește piesele bune, recondiționabile și care se înlocuiesc cu altele noi. Pe baza constatării detaliate întocmește devizul de reparații iar la terminarea lucrării încheie procesul-verbal de reparație.

În întreprinderile de reparații controlul tehnic ia parte la constatarea generală și detaliată a motoarelor și utilajelor introduse în reparație, verifică dacă stocarea motoarelor de schimb se face în conformitate cu instrucțiunile în vigoare și analizează reclamațiile beneficiarilor privind calitatea reparației, recondiționărilor sau produselor executate de unitate.

Capitolul 14

ASPECTE TEHNICO-ECONOMICE ALE LUCRĂRILOR DE REPARAȚII

14.1. Considerații generale

Rolul tehnico-economic al lucrărilor de reparații este de a mări perioada de serviciu a mașinilor și utilajelor.

La analiza tehnico-economică a întreprinderilor de reparații trebuie cunoscute cheltuielile de investiții în mijloace de bază, întreținere și funcționale. Realizarea reparațiilor de calitate este asigurată prin existența clădirilor și dotarea întreprinderilor cu utilaje, dispozitive, scule și instrumente.

14.2. Calculul prețului de cost al reparațiilor

Prețul de cost P_c al reparației unei mașini se exprimă prin relația:

$$P_c = \frac{C_d + C_{in}}{N_p} \quad (14.1)$$

unde: C_d sunt cheltuielile directe;

C_{in} – cheltuieli indirecte;

N_p - norma de producție.

Cheltuielile directe se stabilesc cu relația:

$$C_d = S_m + C_{ps} + C_m \quad (14.2)$$

unde: S_m este salariul muncitorului direct productiv;

C_{ps} – costul pieselor de schimb;

C_m – costul materialelor care nu au caracter comun.

Salariul muncitorului direct productiv se stabilește cu relația:

$$S_m = N_T \cdot S_o \cdot K \quad (14.3)$$

unde: N este norma de timp pentru repararea unei mașini sau a unui agregat, în ore;

S_o – salariul mediu tarifar orar;

K – coeficientul ce caracterizează adaosurile la salariul pentru depășiri de normă sau lucrări în situații speciale.

Cheltuielile indirecte nu pot fi stabilite pentru o singură mașină și de aceea se repartizează la întregul volum de lucrări. Aceste lucrări sunt determinate de organizarea producției în secții și în conducerea și deservirea întreprinderii de reparații, adică:

$$C_{in} = C_c + C_g \quad (14.4)$$

în care: C_{in} sunt cheltuielile indirecte și se calculează pe o perioadă de un an și poartă denumirea de cheltuieli de regie ale întreprinderii. Valoarea lor se stabilește din relația:

$$K_r = \frac{C_{in}}{C_d} 100\% \quad (14.5)$$

Valoarea coeficientului cheltuielilor de regie K_r depinde de sarcina de producție, productivitatea muncii și gradul de dotare a atelierului sau întreprinderii de reparații.

14.3. Căile de reducere a prețului de cost al reparațiilor

La realizarea reducerii prețului de cost contribuie micșorarea cheltuielilor indirecte, mărirea productivității muncii și executarea reparațiilor de calitate.

Reducerea prețului de cost al reparațiilor se poate obține prin: aplicarea procedeelelor de recondiționare moderne și productive; creșterea sortimentului de piese recondiționate; micșorarea numărului rebuturilor în timpul demontării; reducerea consumului de piese de schimb și materiale; introducerea de utilaje și dispozitive de productivitate mare; îmbunătățirea calității reparațiilor etc.

La realizarea reducerii prețului de cost contribuie micșorarea cheltuielilor indirecte, mărirea productivității muncii și executarea reparațiilor de calitate.

Reducerea prețului de cost al reparațiilor se poate obține prin: aplicarea procedeeleor de recondiționare moderne și productive; creșterea sortimentului de piese recondiționate, micșorarea numărului rebuturilor în timpul demontării; reducerea consumului de piese de schimb și materiale; introducerea de utilaje și dispozitive de productivitate mare; îmbunătățirea calității reparațiilor etc.

14.4. Indicii tehnico-economici ai unităților de reparații

Indicii tehnico-economici generali ai unităților de reparații sunt: sarcina de lucru exprimată în număr de reparații convenționale; producția valorică anuală; suprafața totală și productivă a întreprinderii; suprafața clădită inclusiv drumurile de acces; volumul clădirilor, numărul de muncitori direct productivi; numărul de salariați; numărul și valoarea utilajului; puterea instalată a electromotoarelor; cheltuieli generale ale întreprinderii.

Indicii tehnico-economici specifici sunt următorii: producția anuală raportată la un muncitor productiv, la un salariat, la un m² din suprafața totală și productivă și la o mașină-unealtă; valoarea utilajului raportată la un muncitor productiv; volumul mediu de muncă pentru reparație convențională; puterea instalată raportată la o reparație convențională, la un salariat și la un muncitor productiv; coeficienții de utilizare a terenului și a suprafeței productive etc.

Indicii tehnico-economici obținuți prin calcul în cazul unei întreprinderi analizate, se compară cu valorile din proiectele tip întocmite pentru întreprinderi similare.

14.5. Organizarea bazei tehnico-materiale în întreprinderile de reparații

Procesul de reparație se poate calcula după ritmul calculat atunci când baza tehnico-materială a întreprinderii este bine organizată. De aceea asigurarea cantității necesare de standuri pentru verificare și reglare, dispozitive, instrumente de măsură și control, scule și materiale auxiliare, se face pe bază de calcule, ținându-se totodată seama și de datele statistice rezultate din activitatea anterioară a întreprinderii.

Din totalul cheltuielilor efectuate în procesul de reparație, un procent ridicat îl reprezintă valoarea pieselor de schimb al materialelor. Pentru fiecare tip de mașină sunt elaborate normative care prevăd consumul anual de piese de schimb pentru 100 mașini. Aceste normative indică stocul minim de materiale și piese ce trebuie să existe în întreprindere.

14.6. Eficiența economică a reparațiilor

Eficiența executării reparațiilor la mașini se stabilește prin compararea indicilor economici care se obțin cu mașina la care urmează să se execute reparația capitală, față de aceea a mașinii noi. Pentru efectuarea acestei operații se folosesc următoarele notații: C_{r1} – costul reparației mașinii în momentul aprecierii gradului de uzare; C_{i1} și C_{i0} – cheltuieli de întreținere în exploatarea pe unitatea de producție la mașina de construcție nouă respectiv veche, unde $C_{i1} < C_{i0}$; V_1 – valoarea mașinii noi în momentul aprecierii gradului de uzare a unei mașini de același tip; w_1 și w_2 – productivitatea mașinii de același tip de construcție nouă, respectiv veche unde $w_1 > w_0$.

Indicii K_0 și K_1 reprezintă valoarea prețului de cost pentru o unitate de produs realizat.

Mașina este uzată total atunci când este îndeplinită egalitatea:

$$\frac{C_{r1} \cdot C_{i0}}{w_0} = \frac{V_1 \cdot C_{i1}}{w_1} \quad (14.6)$$

dacă:
$$C_{r1} < V_1 \frac{w_0}{w_1} \cdot \frac{C_{i1}}{C_{i0}} \quad (14.7)$$

iar:
$$K_0 > K_1 \quad (14.8)$$

Eficiența investiției executate prin înlocuirea mașinii în comparație cu repararea ei constituie criteriul care stabilește oportunitatea reparației mașinii analizate.

Termenul de recuperare t_r a investiției suplimentare se exprimă prin relația:

$$t_r = \frac{\frac{V_1 - C_{r1}}{w_1} - \frac{w_o}{K_o - K_1}}{K_o - K_1} \quad (14.9)$$

Reparația capitală este eficientă atunci când $t_r > t_o$ unde termenul t_o este termenul normat de recuperare.

Capitolul 15

TEHNICA SECURITĂȚII MUNCII ÎN TIMPUL LUCRĂRILOR DE REPARAȚII

15.1. Considerații generale

În întreprinderile industriei constructoare de mașini, la lucrările de reparare este antrenat un număr considerabil de lucrători ai secțiilor de bază și celor auxiliare. Pentru asigurarea condițiilor normale de lucru a acestor lucrători o mare importanță are pregătirea corectă și organizarea perfectă a lucrărilor de reparare. S-a constatat, că în unele ramuri ale industriei alimentare accidente de muncă ale muncitorilor reparatori ajung la 25% din numărul general al accidentelor de muncă.

Lucrările de reparații, în afară de operațiile cunoscute, ca cele de sudură, de lăcătușerie, de strungărie, de găurire, conțin și alte lucrări specifice. În conformitate cu aceasta, măsurile ce asigură efectuarea lucrărilor de reparații în siguranță, sunt foarte diferite și depind de modul, în care se petrece operația concretă de reparație. Cele mai importante măsuri pentru realizarea reparației utilajului în siguranță, pot fi grupate în următoarele patru categorii:

1. măsuri organizatorice pentru efectuarea procesului de reparare;
2. măsuri de securitate la pregătirea utilajului pentru reparație;
3. cerințele tehnicii securității la lucrul cu utilajele și dispozitivele de reparații (instalații de ridicare, utilaje de sudare mobile ș.a.);
4. tehnica securității la reparația utilajului specific.

Pentru respectarea regulilor tehnicii securității la repararea utilajului, o mare importanță are efectuarea lucrărilor de reparație conform graficului preventiv elaborat. La alcătuirea graficului „de întreruperi în funcționare” este necesar de a lua în considerație factorii care influențează asupra securității funcționării lor, și anume sarcina și volumul de muncă, a unităților conexe ale utilajului; sarcina și ritmul lucrului întregii secții, sectorului, personalului, posibilitatea numirii pentru efectuarea reparației a specialiștilor, cu calificarea corespunzătoare complexității utilajului și a tipului de reparație, asigurarea lucrărilor de reparație cu dispozitive de protecție suplimentare.

Din acest punct de vedere, cel mai convenabil termen de desfășurare a reparațiilor utilajului întreprinderilor industriei alimentare este perioada

dintre sezoane. Pentru asigurarea acestor condiții, graficul lucrărilor de reparare se aprobă de șefii halelor și sectoarelor respective.

Un rol important în organizarea desfășurării în siguranță a lucrărilor de reparație îl joacă următoarele măsuri: asigurarea locului respectiv pentru amplasarea elementelor scoase de la utilaj și pentru așezarea pieselor și materialelor pentru reparație astfel ca să nu apară condiții de lucru periculoase și incomode, strângerea la timp a deșeurilor, prafului, resturilor de produse.

Lucrările de reparație se încep și se desfășoară numai cu aprobarea șefului secției și sub conducerea sau în prezența lui.

La începutul lucrărilor de reparație se efectuează cu toți lucrătorii, instructajul de protecția muncii. Repararea utilajului începe numai după deconectarea completă de la sursele care ar putea să-l pună în mișcare, aplicarea tăblițelor avertizoare cu următorul text: „Nu conectați, se fac lucrări de reparație!”.

Când se deconectează utilajul de la conductele de apă, de vapori, de produs, în afară de închiderea sistemelor de alocare (ventile, robinete, supape) și aplicarea pe ele a tăblițelor avertizoare, este necesar de montat dopuri de siguranță la capetele îmbinărilor cu flanșă. Dopurile instalate, trebuie să corespundă standardului, să fie alese, ținând cont de capacitățile corecte și tensiunea mediului transportat și strict după dimensiunile flanșelor. Dopurile trebuie să aibă un capăt, ce va fi în afara flanșelor, colorat în culoarea roșu aprins.

Dopurile se numerotează, iar locurile instalării lor se înregistrează într-un registru special.

Scoaterea dopurilor se înregistrează în documente de evidență, întrucât un dop nescos poate să producă accident. Instalarea și scoaterea dopurilor se petrece sub conducerea persoanei responsabile pentru efectuarea lucrărilor de reparare.

Utilajul ce se repară este necesar să fie îngrădit față de cel ce funcționează, prin scuturi. Plafoanele, golurile în acoperișuri în timpul reparației se închid, iar dacă prin ele trebuie de ridicat sau de coborât utilajul sau alte materiale, ele trebuie să fie îngrădite cu bare de înălțimea de 1 m, colorate în culoare galbenă cu dungi roșii. Locul unde se petrece reparația este necesar de asigurat cu iluminat local și general satisfăcător.

Utilajele din industria alimentară pentru prelucrarea strugurilor, fructelor și legumelor, ca zdrobitoare, scurgătoare, prese, extractoare, utilaj de fermentație, au înălțimea destul de mare (până la 5-6 m), de aceea pentru efectuarea reparației lor e necesar de a construi treceri speciale sau de a

folosi scări și terase mobile. În legătură cu aceasta o însemnătate deosebită capătă organizarea securității lucrului la înălțime (mai mult de 1,5 m).

Cerințele suplimentare la lucru la înălțime sunt următoarele:

1. Lucrătorii trebuie să aibă poziție de lucru corespunzătoare pentru a efectua lucrări de calitate. În caz de necesitate se iau măsuri suplimentare pentru asigurarea securității lucrătorilor care lucrează la înălțime.

2. Scările mobile trebuie să fie de lungime de cel mult 5 m, lățime de maximum 400 mm, distanța între ele de până la 300 mm, unghiul de înclinație față de orizontală cel mult 60°. Capetele de jos ale scărilor sunt prevăzute cu capete de metal ascuțite, sau cu manșoane de cauciuc.

3. La executarea lucrărilor la înălțime (1,5 m) pot exista zone periculoase. Până la începutul lucrărilor de reparație este necesară pregătirea minuțioasă a utilajului tehnologic și auxiliar a conductelor și comunicațiilor. Pentru aceasta, utilajul conform dispoziției în scris și în succesiunea stabilită de șeful secției (schimbului), trebuie să fie oprit, complet eliberat de produs, curățit de rămășițe și murdărie, spălat cu vapori și apă, și, dacă e nevoie, de ventilat și suflat cu gaz inert. Durata și ordinea executării acestor operații se prevăd în instrucțiunile de producție.

Înainte de a începe lucrările de reparație personalul de schimb al secției controlează starea de funcționare a utilajului de stingere a incendiilor, a instalațiilor de ventilație, prezența și starea mijloacelor individuale de protecție.

La efectuarea lucrărilor de reparație în încăperile unde e posibilă existența gazelor toxice explozibile, înainte de a începe lucrul, se face analiza mediului ambiant.

Până la începerea lucrărilor de reparație toate motoarele electrice se deconectează de la mecanismele în mișcare și de la rețeaua electrică, iar pentru evitarea conectării involuntare se scot siguranțele și se aplică plăcuțe avertizoare.

Deconectarea corectă și în siguranță de la toate sistemele a utilajului, ce trebuie să fie reparat, lipsa tensiunii, vacuumului, calitatea curățirii și respectarea altor cerințe ale securității, se controlează de mecanicul și șeful schimbului, înainte de începutul reparației. Toți lucrătorii, participanți la lucrările de reparație, trebuie să fie instruiți, să posede metode speciale de efectuare a lucrărilor de reparare. Fiecare lucrător este instruit individual, înainte de a începe lucrul, iar peste șase luni instructajul se repetă. Instructajul se repetă de asemenea și în caz de schimbare a locului de efectuare a reparării. Datele despre instructaj se fixează într-un registru special (tabelul. 15.1). În scopul prelucrării la timp

și de calitate, la un termen scurt după recoltarea produselor agricole, întreprinderile industriei alimentare, mai ales cele de vinificație și de prelucrare a legumelor și fructelor sunt amplasate în localități rurale. De aceea, pentru efectuarea reparării capitale și medii este necesară demontarea și transportarea utilajului la bazele de reparare centrale, a asociațiilor agroindustriale sau a altor organizații. În acest caz sunt necesare multe lucrări de manevrare cu utilizarea mecanismelor de ridicat, diferite dispozitive de agățat etc.

Tabelul 15.1. *Fișa de instructaj a muncitorilor privind cerințele tehnicii securității muncii a sectorului (secției) întreprinderii*

Nr. crt.	Numele și prenumele lucrătorului	Data primirii la serviciu	Denumirea lucrărilor efectuate	Data instruirii	Numele și prenumele persoanei care instruește	Semnătura muncitorului

Se folosesc aceste dispozitive la asamblarea și dezasamblarea utilajului, amplasarea și dezamplasarea utilajului în ansamblu și a unor piese cu o pondere considerabilă, a valțurilor și tamburilor zdrobitorului, a melcului preselor ș.a. Efectuarea acestor lucrări în condițiile întreprinderilor vinicole și de conservare este un lucru destul de dificil.

În aceste condiții se prevede respectarea anumitor cerințe speciale, elaborate și adoptate de I.S.C.I.R (Inspectoratul de Stat pentru exploatarea cazanelor și instalațiilor de ridicat).

Cele mai importante dintre ele sunt:

1. Pentru toate instalațiile de ridicat se completează registre speciale, în care sunt date privind capacitatea de ridicare a instalației, lungimea admisă a săgeții, termenul și data încercării, ordinul despre numirea persoanei de răspundere și semnătura acestei persoane, date despre reparațiile efectuate instalației de ridicat etc.

Datele despre dispozitivele de agățare se înregistrează în registrul special.

2. Toate instalațiile de ridicat se supun încercării în gol și în sarcină în fiecare an.

Extrem de periculoasă este supraîncărcarea instalațiilor, utilizarea dispozitivelor de agățare cu defecte, și efectuarea lucrărilor sub și deasupra

liniilor de înaltă tensiune și conductelor sub presiune. În industria alimentară foarte frecvent sunt utilizate diferite recipiente în agregat cu agitatoare, schimbătoare de căldură, armături, dispozitive de măsurare ș.a.

În legătură cu acest fapt lucrările de reparare a diferitelor mecanisme se efectuează în spațiul intern al vaselor. Destul de frecventă este și repararea prin acoperiri de protecție anticorozivă a suprafeței interne a vaselor. În aceste cazuri este necesară executarea strictă a unor cerințe speciale de securitate, afară de cele comune (instructaj), măsuri organizatorice, dispozitive fără defecte etc.).

Cele mai importante din aceste cerințe sunt: lucrările să se efectueze de persoane de cel puțin 20 ani, special instruiți; lucrările de reparare se efectuează numai o grupă de specialiști în număr de cel puțin doi (unul lucrează iar unul sau doi îl ajută), începutul lucrărilor fiind numai în prezența persoanei răspunzătoare pentru securizarea lucrărilor. Este necesară ventilarea minuțioasă a vaselor și un control riguros al evacuării gazelor și substanțelor toxice.

Intrarea în rezervor se face prin gura de control inferioară, lucrătorul trebuie să fie echipat cu mască antigaz. Capătul de alimentare cu aer curat al furtunului este scos în afara recipientului. Executorul lucrărilor de reparare este încins cu o centură sau funie, un capăt al căreia se află în afara vasului și se găsește în mâinile lucrătorului care veghează.

Dublorul de asemenea trebuie să fie echipat cu aceste obiecte de siguranță. Durata de lucru continuă în recipient, nu se admite mai mare de 15 min. Iluminarea locală se admite cu bec cu o tensiune până la 12 V.

Persoana responsabilă pentru efectuarea lucrărilor de reparare împreună cu inginerul șef întocmește un registru în care sunt incluse datele despre rezervor, metodele efectuării lucrărilor, cerințele tehnicii securității, ventilarea și aerisirea încăperilor, măsurile antifoc, mijloacele de siguranță etc. În registru sunt indicate schemele tehnologice confirmate (număr și data), numele și prenumele maistrului. Registrul se află permanent la sediul inginerului șef.

15.2. Lucrări de reparații generale

15.2.1. Lucrări la cald

În secțiile de forjă și tratamente termice, cuptoarele de încălzire trebuie astfel amplasate încât muncitorii să nu fie expuși radiațiilor termice în timp ce lucrează.

Înainte de începerea lucrului este indicat să se revizuiască starea sculelor de forjă: ciocane, clești, dălți, dornuri etc. și în special suprafețele lor de lucru.

Piese forjate sau tratate termic se depozitează în locuri prevăzute cu plăci indicatoare care avertizează asupra pericolului de arsuri în caz de atingere.

Muncitorii care lucrează la secțiile de forjă și tratamente termice poartă echipamentul de protecție prevăzut de normative, iar împotriva intoxicațiilor lente folosesc alimentația de protecție corespunzătoare.

15.2.2. Lucrări de sudare și metalizare

Încăperile destinate generatoarelor de acetilenă fixe trebuie să fie la cel puțin 50 m de secțiile cu degajări mari de căldură și la minim 100 m față de clădirile de locuit, iar generatoarele transportabile să se găsească la cel puțin 10 m față de sudare sau de orice altă sursă de foc deschis.

La generatoarele de acetilenă se verifică nivelul apei din supapa hidraulică de siguranță, iar completarea se face numai când debitarea gazului este oprită. Reductorul de presiune înainte de montare pe butelia de oxigen se verifică, iar urmele de ulei se spală cu solvent și se controlează etanșeitățile cu apă și săpun. Tuburile flexibile de cauciuc trebuie verificate la presiune dacă sunt etanșe iar capetele lor se vopsesc în culori convenționale.

Pericolul de electrocutare la sudarea și metalizarea electrică este înlăturat atunci când conductoarele electrice sunt bine izolate și protejate, iar carcasele mașinilor electrice și masa de lucru sunt legate la pământ, rezistența prizei de pământ maximă admisă fiind 4.

Îndepărtarea gazelor nocive și a prafului de la locurile de sudare permanente se asigură prin ventilație locală.

15.2.3. Lucrări de acoperiri metalice

La secțiile de galvanizare se recomandă plafonul la o înălțime de cel puțin 3,5 m, iar pardoseala se execută din plăci ceramice sau beton, având o ușoară înclinare de 2% spre gura de scurgere a rețelei de canalizare. Lângă bazinele de galvanizare se așează grătare din lemn, iar utilajele la care au loc degajări de gaze nocive sunt prevăzute cu ventilație locală prin absorbție.

Transvazarea lichidelor corozive se face numai cu instrumente ajutătoare, sub nișe sau sub curent puternic de aer. O mare atenție se acordă evitării contactului cu electroliții și celelalte substanțe chimice.

15.2.4. Prelucrări pe mașini-unelte

Evitarea accidentelor produse de așchiile desprinse se realizează prin introducerea unui obstacol în traiectoria așchiilor sau prin dirijarea acestora într-o direcție nepericuloasă.

Pentru prevenirea accidentelor produse de organele în mișcare este nevoie ca ele să fie închise sau acoperite cu apărători.

Piese de prelucrat produc accidente destul de grave când se desprind de pe mașină ca urmare a fixării necorespunzătoare. O atenție deosebită trebuie acordată fixării sculelor și a dispozitivelor și folosirii corespunzătoare a parametrilor regimului de așchiere.

Mașinile-unelte trebuie să fie legate la instalația de punere la pământ, iar iluminatul local se realizează de la un transformator de 12 V sau 25 V.

15.2.5. Lucrări de lăcătușerie

Bancurile pentru lucrările de lăcătușerie trebuie să aibă înălțime de 750-800 mm, care asigură poziția comodă a muncitorului. Dălțile, dornurile și ciocanele nu trebuie folosite dacă au capetele crăpate sau deformat. La tăierea metalului cu dalta, locul de lucru trebuie îngădit pentru ca așchiile desprinse să nu lovească muncitorii din apropiere.

Sculele pneumatice trebuie să lucreze la valoarea presiunii prescrise și de aceea se racordează la rețeaua de aer comprimat prin intermediul reguletoarelor care să asigure reglarea presiunii la valoarea indicată.

15.2.6. Lucrări de tâmplărie

În atelierul de tâmplărie amplasat separat de celelalte secții, mașinile se dispun după cele mai mari dimensiuni ale materialului supus prelucrării.

Când se folosesc mașini combinate cu scule diferite dispuse pe același ax, trebuie să se lucreze cu o singură sculă iar cea neutilizată să se demonteze. Toate organele în mișcare ale mașinilor se protejează cu carcase

sau dispozitive de protecție, iar la ferăstraiele circulare, dinții care nu lucrează efectiv trebuie să fie acoperiți.

15.2.7. Lucrări de vopsitorie

În atelierele de vopsitorie, înclinarea pardoselii trebuie să fie de 2%, iar înălțimea minimă a încăperii de 4 m.

Utilajele folosite la vopsirea prin pulverizare trebuie să fie ventilate sau să aibă filtre.

Uscarea pieselor vopsite se execută de obicei în camere staționare sau în tuneluri care trebuie prevăzute cu instalații de captare și evacuare a nocivităților. Piese vopsite pot fi uscate în atelierul de reparații numai dacă există o ventilație locală forțată ce asigură schimburile de aer care împiedică apariția concentrațiilor periculoase.

15.2.8. Lucrări de demontare, reparare și montare

La operațiile de demontare și montare trebuie să se folosească scule și dispozitive corespunzătoare. Unele accidente se produc din cauza căderii motoarelor, ansamblelor sau pieselor susținute necorespunzător sau prin mijloace improvizate.

Muncitorii care lucrează la spălarea mașinilor vor avea haine de protecție corespunzătoare.

Instalațiile de degresare trebuie să aibă un sistem eficace de ventilație general și local, iar introducerea și scoaterea pieselor din băile de degresare se face cu mecanisme de ridicat și transportat.

În secția de repararea bateriilor de acumulatori muncitorii trebuie să poarte ochelari de protecție, șorț, cizme și mănuși de cauciuc. La formarea soluțiilor totdeauna se toarnă acid sulfuric în apă cu mare atenție. Încărcarea bateriilor se face în încăperi destinate numai acestui scop și prevăzute cu un sistem de ventilație corespunzător.

În secțiile de rodaj, gazele de eșapare se evacuează în exterior prin conducte rigide sau flexibile iar pardoseala se menține în stare de curățenie. Sistemul de ventilare al secției de rodaj trebuie să asigure evacuarea aerului viciat și a unei părți din căldura degajată prin rodajul la cald al motoarelor.

Prin respectarea regulilor de protecția muncii se poate menține un ritm ridicat de reparații fără să se producă accidente în muncă.

15.2.9. Reguli de prevenire a incendiilor la repararea pieselor

În procesul de reparare a pieselor, numeroase cauze pot provoca incendii. De aceea, secțiile cu degajări mari de căldură se construiesc din materiale rezistente la foc, iar materialele explozibile sau ușor inflamabile nu se depozitează în apropierea locurilor cu temperaturi ridicate.

O deosebită atenție trebuie acordată iluminatului artificial, care prin deranjamentele sale poate provoca incendii în secțiile în care se lucrează cu materiale explozibile ca: sudare oxiacetilenică, depuneri galvanice etc. Ventilarea secțiilor elimină gazele ușor inflamabile, iar fumatul sau prezența focului în secțiile cu degajări de gaze explozive sau în apropierea materialelor inflamabile este interzisă.

Fiecare secție trebuie să fie dotată cu suficienți hidranți, stingătoare cu spumă sau bioxid de carbon, lăzi cu nisip uscat și alte materiale de stingerea incendiului.

15.2.10. Instrucțiunile personalului din unitățile pentru repararea utilajelor și mașinilor

Personalul unităților trebuie să cunoască normele de protecția muncii care se referă la activitatea pe care o desfășoară.

Instrucțiunile introductive pentru toți salariații noi angajați sau transferați de la un loc de muncă la altul se face individual sau în grupuri de cel puțin 20-25 persoane care lucrează la locuri de muncă cu specific asemănător. Instrucțiunile se efectuează de cadre tehnice cu pregătire profesională bună care sunt numite de conducătorul unității. După instrucțiunile introductive și seminarizare, persoana care a efectuat instrucțiunile completează o fișă de instrucție pentru salariatul nou angajat sau transferat.

Instrucțiunile la locul de muncă se face de către conducătorul procesului de producție respectiv, pentru a familiariza pe noii angajați sau transferați cu condițiile specifice de lucru și cu măsurile de tehnica securității și igiena muncii pe care trebuie să le respecte la locul sau utilajul la care va lucra. Acest instrucție se consemnează în fișă de instrucție individual al angajatului.

Instrucțiunile periodice se face de către conducătorul procesului de producție tuturor salariaților la locul de muncă, ori de câte ori este nevoie, dar cel puțin o dată pe lună, în scopul reamintirii normelor de tehnica securității și de igiena muncii.

Instructajul periodic se înregistrează pe fișa de instructaj individual al salariatului, care se semnează atât de persoana ce a făcut instructajul cât și de cel instruit, iar conducătorului unității îi revine obligația ca periodic să verifice desfășurarea instructajului și însușirea lui.

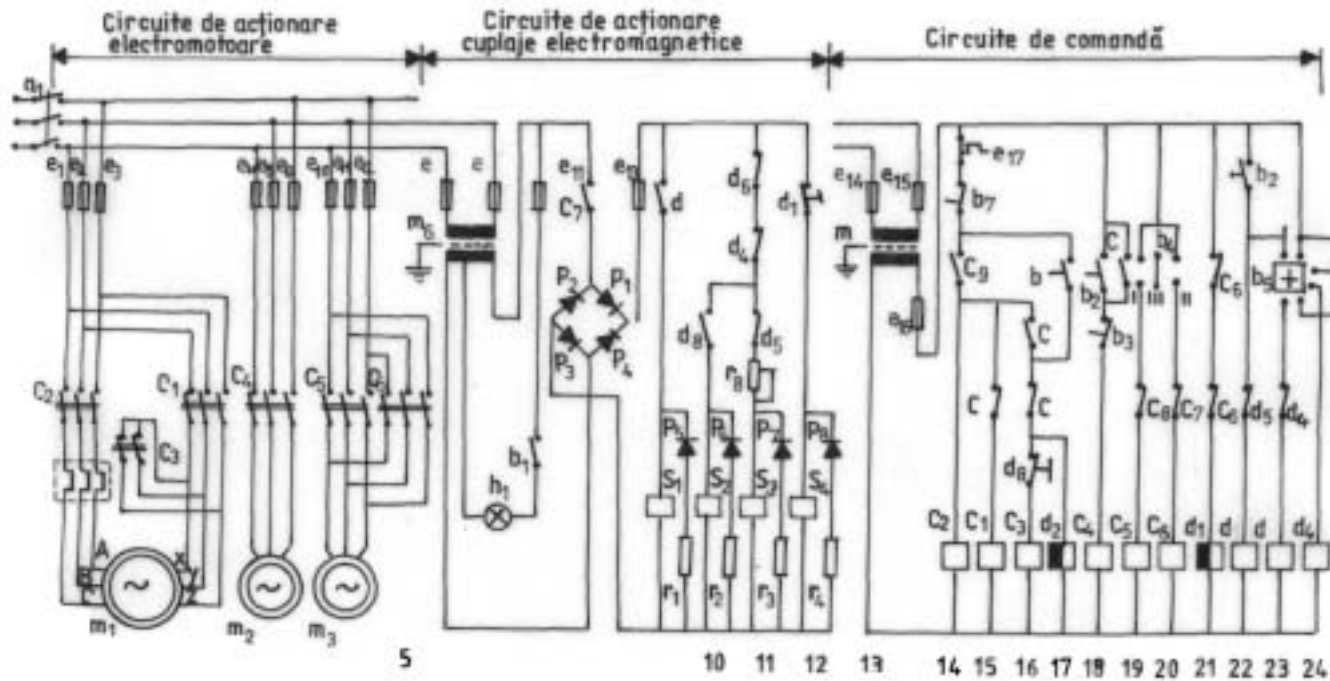
Anexa 1. Schema logică a depanării



Anexa 2. Schema logică de lucru pentru testarea circuitului



Anexa 3. Schema electrică a unui strung



BIBLIOGRAFIE

1. **Buzatu V.:** Memorator pentru atelierele mecanice. Editura Tehnică, București, 1985
2. **Berinde V.:** Recuperarea, recondiționarea și re folosirea pieselor, Editura Tehnică, 1986
3. **Cebotărescu L.D.;** Remont i modernizația oborudovaniao predpriiații pișcevoi promișlennosti, Chișinău, 1980
4. **Ciocârdia C.:** Tehnologia construcției utilajului agricol, 1980
5. **Cirillo A., Braha V.:** Tehnologia presării la rece, Rotaprint I.P.Iași, 1982
6. **Crișan I., Dobre N.:** Automatizarea montajului în construcția de mașini, Editura Tehnică, București, 1974
7. **Dragu D.:** Toleranțe și măsurări tehnice, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1985
8. **Drăghici G.:** Tehnologia construcției de mașini, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1983
9. **Domșa S., Miron Z.:** Îndrumător pentru utilizarea fontelor și oțelurilor, aliajelor neferoase, Editura Tehnică, București, 1985;
10. **Epureanu Al.:** Tehnologia construcției de mașini, Editura Didactică și Pedagogică București, 1983
11. **Iliescu C.:** Tehnologia ștanțării și matrițării la rece; Editura Didactică și Pedagogică, București, 1989
12. **Ionuț V., Moldovan Gh.:** Tehnologia reparării utilajului agricol, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1984

13. **Ionuț V.:** Tehnologia reparării utilajului agricol. Îndrumar de proiectare. Rotaprint Cluj-Napoca, 1976
14. **Ionuț V.:** Tehnologia reparării mașinilor, I.P.Cluj, 1986
15. **Manolache Z.:** Fabricarea, repararea și întreținerea utilajului chimic, I.P.București, 1982
16. **Micloși V.:** Bazele proceselor de sudare, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1988
17. **Mihăilescu A.F.:** Exploatarea și întreținerea utilajelor și instalațiilor din industria chimică, Editura Didactică și Pedagogică, 1981
18. **Paraschiv Dr., Pruteanu O.V.:** Consideration sur l'étude d'une machine à debiter les brides MDF-02, I.P.Timișoara, 1984
19. **Paraschiv Dr., Pruteanu O.V.:** Machine à honer par vibrations intérieures à commande mécanique, I.P.Timișoara, 1984
20. **Paraschiv Dr., Pruteanu O.V.:** Considerații privind superfinisarea suprafețelor cilindrice interioare A.S.A.S., București, 1986
21. **Paraschiv Dr. ș.a.:** Tehnologia reparării utilajului agricol, vol. I și II, I.P.Iași, 1983
22. **Paraschiv Dr. ș.a.:** Tehnologia reparării utilajului agricol. Îndrumar de laborator, I.P.Iași, 1987
23. **Paraschiv Dr.:** Tehnologia reparării mașinilor, Iași, Ed. Rotaprint, 1998
23. **Pavel A.:** Mandrinare mecanică, Editura Tehnică București, 1985
24. **Picoș C., Paraschiv Dr. ș.a.:** Tehnologia reparării utilajului agricol, vol. I, I.P.Iași, 1975
25. **Picoș C., Paraschiv Dr. ș.a.:** Tehnologia reparării utilajului agricol, vol. II, I.P.Iași, 1976

26. **Picoș C.** ș.a.: Normarea tehnică pentru prelucrări prin aşchiere. Editura Tehnică, București, 1982
27. **Popa B.** ș.a.: Motoare pentru autovehicule, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 1982
28. **Popescu N., Vitănescu C.**: Tehnologia tratamentelor termice, Cluj-Napoca, Editura Tehnică, 1979
29. **Pruteanu O.V.**: Tehnologia fabricării mașinilor, Editura Didactică și pedagogică, București, 1983
30. **Răduț N.**: Recondiționarea pieselor, Editura Militară, 1983
31. **Rădoi M.**: Recondiționarea pieselor, Editura Tehnică, București, 1986
32. **Raseev D.**: Tehnologia fabricării aparatului, instalațiilor statice-petrochimice și de rafinării, Editura Tehnică, București, 1983
33. **Rusu Șt.**: Tehnologia fabricării utilajului tehnologic, Institutul de Construcții București, 1985
34. **Segal B.**: Utilajul tehnologic din industria de prelucrare a produselor horticole, Editura Ceres, București, 1984
35. **Teodorescu M.**: Tehnologia presării la rece, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1980
36. **Tomescu D.**: Recondiționarea și mărirea rezistenței la uzură a organelor de la mașinile agricole; Editura Ceres, București, 1985
37. **Tomescu D.**: Metode, procedee și tehnologii de recondiționare a pieselor de la utilajele agricole, Editura Ceres, București, 1986
39. **Warnecke H.J., Lentés H.P.**: Arbeitsbereicherung, în W.T. – Zeitschrift für Fertiung. R.F.G., 1973, vol. 63, nr. 11
40. * * * Indicatorul standardelor de stat, 1990

CUPRINS

INTRODUCERE	5
-------------------	---

Capitolul 1

PRINCIPII GENERALE PRIVIND ELABORAREA

PROCESELOR TEHNOLOGICE DE RECONDIȚIONARE..... 7

1.1. Considerații generale.....	7
1.2. Definierea, scopul și elementele procesului tehnologic de recondiționare	8
1.3. Documentația necesară elaborării proceselor tehnologice de recondiționare	11
1.4. Metode de restabilire a jocurilor.....	14
1.4.1. Metoda dimensiunilor de reparații	14
1.4.2. Metoda restabilirii formei și dimensiunilor inițiale.....	15
1.4.3. Metoda înlocuirii pieselor degradate prin fabricarea de piese noi	16
1.5. Traseul tehnologic de recondiționare.....	16
1.6. Întocmirea și conținutul fișei tehnologice și a planului de operații	22
1.6.1. Întocmirea și conținutul fișei tehnologice	22
1.6.2. Întocmirea și conținutul planului de operații.....	26
1.7. Alegerea materialelor, semifabricatelor și a tratamentelor termice în vederea recondiționării	28
1.7.1. Materiale folosite la reparații	34
1.7.2. Semifabricate folosite	40
1.7.3. Tehnologia tratamentelor termice. Definiție și clasificare.....	41

Capitolul 2

SIGURANȚA ÎN FUNCȚIONARE..... 49

2.1. Indicatorii siguranței în exploatare	49
2.1.1. Noțiunea de cădere	49

2.1.2. Frecvența căderilor.....	50
2.1.3. Legea exponențială a căderilor	50
2.1.4. Timpul mediu de funcționare fără căderi	51
2.1.5. Disponibilitatea produsului	52
2.1.6. Siguranța în funcționare a elementelor unui produs...	53
2.1.7. Siguranța în funcționare a unui produs.....	53
2.1.8. Procentul mediu de căderi ale elementelor	54
2.1.9. Coeficientul de încărcare a elementelor	54
2.2. Uzura și criteriile pentru stabilirea limitelor de uzură	55
2.2.1. Cauzele scăderii capacității de lucru a utilajelor	55
2.2.2. Studiul uzurii. Legile uzurii și metodele de determinare a acesteia	56
2.2.3. Stabilirea uzurilor admisibile la îmbinările mobile	66
2.2.4. Studiul uzurii prin metode statistico-matematice. .	80
2.2.5. Aprecierea uzării utilajelor și determinarea duratei lor optime de funcționare	84
2.3. Criterii de durabilitate pentru diferite organe de mașini	87
2.3.1. Durabilitatea cilindrilor	88
2.3.2. Durabilitatea segmentilor.....	88
2.3.3. Durabilitățile arborilor cotiți	90
2.3.4. Durabilitatea rulmenților	91

Capitolul 3

DEMONTAREA MAȘINILOR. CONTROLUL ȘI SORTAREA PIESELOR, DISPOZITIVE FOLOSITE	92
3.1. Demontarea utilajelor.....	92
3.1.1. Pregătirea utilajului pentru demontare.	93
3.1.2. Demontarea mașinilor în subansamble și piese componente	94
3.1.3. Curățirea și spălarea pieselor.	98
3.2. Controlul și sortarea pieselor	102
3.3. Limitele de uzură ale pieselor tipizate.....	108
3.4. Condiții pentru rebutarea pieselor.....	114

Capitolul 4

PROCESE TEHNOLOGICE DE RECONDIȚIONARE

A PIESELOR UZATE	117
4.1. Recondiționarea prin sudare.....	117
4.1.1. Considerații generale	117
4.1.2. Sudarea oxiacetilenică	118
4.1.3. Încărcarea pieselor prin sudare electrică.....	123
4.1.4. Recondiționarea prin sudură sub strat de flux	131
4.1.5. Sudarea electrică cu arc vibrator (acoperirea prin vibrocontact)	133
4.1.6. Încărcarea cu aliaje dure rezistente la uzură.....	135
4.1.7. Încărcarea pieselor prin sudare cu plasmă.....	140
4.1.8. Utilajul pentru sudarea cu arc, sub strat de zgură prin contact.....	150
4.2. Recondiționarea pieselor prin metalizare.....	150
4.2.1. Metalizarea cu pulberi metalice	152
4.2.2. Metalizarea cu sârmă	154
4.3. Recondiționarea pieselor prin galvanizare.....	155
4.3.1. Fenomenul de galvanizare	156
4.3.2. Cromarea	160
4.3.3. Cuprarea (arămirea).....	161
4.3.4. Nichelarea	161
4.3.5. Fierarea (oțelirea).....	163
4.3.6. Utilaje și instalații de galvanizare.....	164
4.4. Recondiționarea pieselor prin prelucrări mecanice.....	164
4.4.1. Calculul adaosurilor de prelucrare și a dimensiunilor intermediare	169
4.4.2. Procesul tehnologic de așchiere	179
4.4.3. Procedee de recondiționare a pieselor prin așchiere	186
4.5. Recondiționarea pieselor prin compensare (piese suplimentare)	186
4.5.1. Generalități	186
4.5.2. Recondiționarea pieselor prin bușare	187
4.5.3. Recondiționarea pieselor prin înlocuirea părților uzate..	192
4.5.4. Recondiționarea pieselor prin montarea unor garnituri suplimentare	194

4.5.5. Recondiționarea pieselor prin aplicarea de petice și eclise	195
4.6. Recondiționarea pieselor prin deformare plastică.....	198
4.6.1. Generalități.....	198
4.6.2. Recondiționarea pieselor prin refulare.....	199
4.6.3. Recondiționarea pieselor prin mandrinare.....	201
4.6.4. Recondiționarea pieselor prin îndreptare	203
4.6.5. Recondiționarea pieselor prin moletare.....	204
4.6.6. Recondiționarea prin deformări la cald.....	206
4.7. Condiționarea pieselor prin schimbarea poziției	208
4.8. Recondiționarea pieselor prin lipire.....	210
4.8.1. Generalități. Importanța lipirii.....	210
4.8.2. Recondiționarea pieselor prin lipire cu aliaje	211
4.8.3. Tipuri de îmbinări lipite	214
4.8.4. Tehnologia lipirii cu aliaje	219
4.8.5. Lipirea metalelor feroase.....	222
4.8.6. Lipirea metalelor neferoase grele	225
4.8.7. Lipirea aluminiului.....	227
4.8.8. Lipirea plăcuțelor dure.....	229
4.8.9. Lipirea cu materiale plastice	232
4.8.10. Tehnologia lipirii cu compoziții plastice.....	237
4.8.11. Tehnologia lipirii cu clei pe bază de carbinol	238
4.8.12. Tehnologia lipirii cu rășini epoxidice.....	239
4.8.13. Compoziții plastice ca adezivi și ca materiale de cimentare	240

Capitolul 5

NORMAREA TEHNICĂ A LUCRĂRILOR DE

RECONDIȚIONARE	245
5.1. Considerații generale.....	245
5.2. Structura și determinarea normei tehnice de timp	246
5.3. Normarea lucrărilor de prelucrare mecanică.....	250
5.4. Normarea lucrărilor pentru sudură.....	251
5.5. Normarea lucrărilor de cromare.....	252
5.6. Normarea lucrărilor de sudare autogenă	252
5.7. Normarea lucrărilor manuale	253

Capitolul 6

RECONDIȚIONAREA ORGANELOR DE MAȘINI..... 255

6.1. Considerații generale..... 255

6.2. Recondiționarea pieselor din clasa axe-arbori..... 255

Capitolul 7

REPARAREA INSTALAȚIILOR ELECTRICE 270

7.1. Necesitatea și cerințele reparării instalațiilor electrice 270

Capitolul 8

BAZELE PROIECTĂRII TEHNOLOGIEI DE ASAMBLARE... 281

8.1. Funcțiile asamblărilor și clasificarea lor 281

8.1.1. Funcțiunile de bază ale sistemelor de asamblare 281

8.1.2. Clasificarea și reprezentarea funcțiunilor de asamblare. 281

8.2. Condiții tehnologice în proiectarea ansamblelor și pieselor 284

8.2.1. Noțiuni generale 284

8.2.2. Condiții privind construcția pieselor 285

8.2.3. Condiții privind schema de asamblare..... 289

8.2.4. Rezolvarea lanțurilor de dimensiuni 291

8.2.5. Condiții privind calitatea pieselor 305

8.2.5.1. Capabilitatea fabricației 305

8.2.5.2. Măsuri pentru îmbunătățirea capabilității
fabricației 310

8.2.6. Condiții privind organizarea alimentării asamblării cu
materiale, piese și subansamble 311

8.3. Forme de organizare tehnologică a asamblării. Alegerea
formei optime..... 318

8.3.1. Diviziunea și concentrarea operațiilor de asamblare. 318

8.3.2. Parametrii de bază ai asamblării 318

8.3.3. Cutia morfologică caracteristică formelor de organizare
tehnologică a asamblării..... 321

8.3.4. Proiectarea tehnologiei de asamblare 326

8.3.4.1. Schema logică a procesului de proiectare 326

8.3.4.2. Proiectul de execuție 329

8.3.4.3. Condiții de exploatare 330

8.3.4.4. Exemple practice..... 330

8.3.5. Ergonomia asamblării.....	335
8.3.5.1. Pozițiile și mișcările omului.....	335
8.3.5.2. Organele de comandă ale mașinii.....	335
8.3.5.3. Ambianța în care se desfășoară munca.....	337
8.3.5.4. Organizarea timpului de odihnă	338
8.3.6. Factorii psihologici în organizarea asamblării.....	338
8.3.6.1. Metode de influențare a factorilor psihologici	338
8.3.6.2. Aplicații practice	340
8.3.6.3. Recomandări privind creșterea complexității muncii în sistemele de asamblare.....	342
8.3.7. Calculul normelor de muncă la asamblare	342
8.3.7.1. Generalități.....	342
8.3.7.2. Timpul operativ (T_{op}).....	343
8.3.7.3. Exemple de normare a operațiilor de asamblare .	349
8.4. Calculul eficienței economice	358
8.4.1. Compararea economică a variantelor tehnologice	358
8.4.2. Metoda costului orei de lucru	359
8.5. Calculul capacității de producție a sistemelor de asamblare	362
8.6. Fiabilitatea sistemelor de asamblare	363

Capitolul 9

ECHILIBRAREA CORPURILOR ÎN MIȘCARE DE ROTAȚIE. 369

9.1. Considerații generale.....	369
9.2. Dezechilibrul static și dezechilibrul dinamic	370
9.3. Echilibrarea statică. Metoda de echilibrare	375
9.3.1. Echilibrarea statică a corpurilor cu dezechilibru static evident.....	376
9.3.2. Echilibrarea statică a unui corp al cărui dezechilibru nu se manifestă	378
9.4. Echilibrarea dinamică. Metode de echilibrare	379
9.4.1. Turația critică. Turația de rezonanță.....	379
9.4.2. Metode de echilibrare.....	381

Capitolul 10

EXPLOATAREA ȘI ÎNTREȚINEREA UTILAJELOR 390

10.1. Noțiuni generale	390
------------------------------	-----

10.2. Ungerea mașinilor și utilajelor.....	392
10.2.1. Lubrifierea mașinilor și utilajelor tehnologice.....	392
10.2.2. Clasificarea lubrifianților	392
10.2.3. Dispozitive și instalații de ungere	395
10.3. Exploatarea și întreținerea pompelor.....	408
10.3.1. Exploatarea și întreținerea dispozitivelor de pompare fără elemente mobile	408
10.3.2. Exploatarea și întreținerea pompelor cu mișcări alternative. Pornirea.....	408
10.3.3. Exploatarea și întreținerea pompelor rotative.....	411
10.3.4. Exploatarea și întreținerea pompelor centrifuge. Pornirea	413
10.3.5. Exploatarea și întreținerea conductelor	415

Capitolul 11

ORGANIZAREA TEHNICĂ A REPARAȚIILOR ȘI

ANSAMBLELOR.....	418
11.1. Considerații generale.....	418
11.2. Metode de organizare a reparațiilor.....	419
11.2.1. Metoda reparării pe echipe.....	419
11.2.2. Metoda reparării pe posturi de lucru specializate	419
11.2.3. Metoda reparării pe bandă sau în flux.....	421
11.2.4. Metoda reparării folosind agregate de schimb	423

Capitolul 12

PROIECTAREA TEHNOLOGICĂ A ÎNTRE - PRINDERILOR DE REPARARE A UTILAJELOR

424	424
12.1. Considerații generale.....	424
12.2. Considerații de proiectare tehnologică.....	424
12.2.1. Principii generale și etapele proiectării	424
12.2.2. Planificarea sarcinii de producție a unității	425
12.2.3. Stabilirea încărcării unităților	426
12.2.4. Determinarea regimului organizatoric de lucru.....	428
12.2.5. Calculul utilajelor	435
12.2.6. Calculul suprafețelor.....	439
12.3. Elemente auxiliare de proiectare	441

12.3.1. Abur tehnologic și apă caldă	441
12.3.2. Încălzirea întreprinderilor.....	442
12.3.3. Energia electrică (forță și iluminat)	444
12.3.4. Aer comprimat.....	447
12.3.5. Ventilația în întreprinderi	448
12.3.6. <i>Carburanți și lubrifianți</i>	451
12.3.7. Gospodărirea sculelor, dispozitivelor și verificatoarelor	451
12.3.8. Gospodărirea materialelor și a pieselor de schimb..	452
12.3.9. Transportul interior	452

Capitolul 13

ORGANIZAREA CONTROLULUI TEHNIC.....	454
--	------------

Capitolul 14

ASPECTE TEHNICO-ECONOMICE ALE LUCRĂRILOR DE REPARAȚII	455
14.1. Considerații generale.....	455
14.2. Calculul prețului de cost al reparațiilor	455
14.3. Căile de reducere a prețului de cost al reparațiilor	456
14.4. Indicii tehnico-economici ai unităților de reparații	457
14.5. Organizarea bazei tehnico-materiale în întreprinderile de reparații.....	457
14.6. Eficiența economică a reparațiilor.....	458

Capitolul 15

TEHNICA SECURITĂȚII MUNCII ÎN TIMPUL LUCRĂRILOR DE REPARAȚII	460
15.1. Considerații generale.....	461
15.2. Lucrări de reparații generale.....	464
15.2.1. Lucrări la cald	464
15.2.2. Lucrări de sudare și metalizare	465
15.2.3. Lucrări de acoperiri metalice	465
15.2.4. Prelucrări pe mașini-unelte.....	466
15.2.5. Lucrări de lăcătușerie	466
15.2.6. Lucrări de tâmplărie.....	466

15.2.7. Lucrări de vopsitorie	467
15.2.8. Lucrări de demontare, reparare și montare	467
15.2.9. Reguli de prevenire a incendiilor la repararea pieselor	468
15.2.10. Instructajul personalului din unitățile pentru repararea utilajelor și mașinilor	468
Anexa 1. Schema logică a depanării	470
Anexa 2. Schema logică de lucru pentru testarea circuitului	471
Anexa 3. Schema electrică a unui strung	472
BIBLIOGRAFIE	473
CUPRINS	476
CONTENTS	485

CONTENTS

INTRODUCTION	5
--------------------	---

Chapter 1

GENERAL PRINCIPLES REGARDING THE ELABORATION OF THE RECONDITIONING TECHNOLOGICAL PROCESSES .7

1.1. General considerations.....	7
1.2. defining, purpose and elements of the reconditioning technological process.....	8
1.3. The essential documentation for the elaboration of the reconditioning technological processes	11
1.4. Methods for the re-establishment of the working	14
1.4.1. Method of the repair dimensions	14
1.4.2. Method of re-establishment of the initial form and dimensions	15
1.4.3. Method of replacing the degraded pieces throughout the manufacture of new pieces	16
1.5. The technological line of reconditioning.....	16
1.6. The drawing up and the content of the technological record and of the operations plan	22
1.6.1. The drawing up and the content of the technological record.....	22
1.6.2. The drawing up and the content of the operations plan.....	26
1.7. The choice of the materials, semi-products and of the thermal treatment for reconditioning i	28
1.7.1. Materials used in repairs	34
1.7.2. Used semi-products	40
1.7.3. Technology of the thermic treatments. Definition and classification	41

Chapter 2

SECURITY IN FUNCTIONING

2.1. Indicators of the security in exploitation.....	49
--	----

2.1.1. Notion of collapse	49
2.1.2. Frequency of collapses	50
2.1.3. Exponential law of collapses	50
2.1.4. Average functioning time without collapses.....	51
2.1.5. Availability of the product	52
2.1.6. Security in functioning of a product's elements	53
2.1.7. Security in functioning of a product	53
2.1.8. Average percent of collapse of the elements	54
2.1.9. Loading coefficient of the elements.....	54
2.2. Wear and criterion for the establishment of the wear limits .	55
2.2.1. Reasons for the reduction of the working capacity of the equipments.....	55
2.2.2. Wear study. Wearing laws and methods to determine it.....	56
2.2.3. The determination of the acceptable wears in the mobile connections	66
2.2.4. Study of the wear through statistic-mathematical methods.	80
2.2.5. Judgment of the equipments' wear and the determination of their optimum functioning duration	84
2.3. Durability criterion for different machine elements	87
2.3.1. Durability of the cylinders.....	88
2.3.2. Durability of the segments	88
2.3.3. Durabilities of the crank axles.....	90
2.3.4. Durability of the bearings.....	91

Chapter 3

DISMOUNTING OF THE MACHINES. CONTROLL AND CLASSIFICATION OF THE PIECES, USED DEVICES.....

3.1. Dismounting of the equipments	92
3.1.1. Preparation of the equipment for dismounting	93
3.1.2. Dismounting of the machines into building blocks and constituents	94
3.1.3. Cleaning and washing of the pieces	98
3.2. Control and classification of the pieces.....	102
3.3. Wearing limits of the typified pieces	108

3.4. Conditions for the rejection of the pieces.....	114
--	-----

Chapter 4

RECONDITIONING TECHNOLOGICAL PROCESSES OF THE

WEARED PIECES 117

4.1. Reconditioning through welding.....	117
4.1.1. General considerations	117
4.1.2. Oxiacetylenic welding.....	118
4.1.3. Loading of the pieces through electric welding.....	123
4.1.4. Reconditioning through welding under flux coat.....	131
4.1.5. electric welding with vibrator arc (covering through vibrocontact)	133
4.1.6. Loading with alloy resistant to wear	135
4.1.7. Loading of the pieces through plasma welding	140
4.1.8. The equipment for the arc welding, under cinder layer through contact.....	150
4.2. Reconditioning of the pieces through metal coating	150
4.2.1. Metal coating with metal powders	152
4.2.2. Metal coating with wire	154
4.3. Reconditioning of the pieces through galvanizing.....	155
4.3.1. The galvanizing phenomenon	156
4.3.2. Chrome plating	160
4.3.3. Copperplating, (copperizing)	161
4.3.4. Nickel plating	161
4.3.5. Iron plating (steeling).....	163
4.3.6. Galvanizing equipments and installations	164
4.4. Reconditioning of the pieces through mechanical working. 164	
4.4.1. The calculation of the working additions and of the intermediate dimensions.....	169
4.4.2. The chip removal manufacturing process	179
4.4.3. Reconditioning processes of the pieces through de chip removal.....	186
4.5. Reconditioning of the pieces through compensation (additional pieces)	186
4.5.1. Generalities	186
4.5.2. Reconditioning of the pieces through bush	187

4.5.3. Reconditioning of the pieces through the replacement of the weared parts.....	192
4.5.4. Reconditioning of the pieces through the mounting of some additional packings	194
4.5.5. Reconditioning of the pieces through the application of patches and straps	195
4.6. Reconditioning of the pieces through plastic deformation	198
4.6.1. Generalities	198
4.6.2. Reconditioning of the pieces through upset forging...	199
4.6.3. Reconditioning of the pieces through expanding of tubes	201
4.6.4. Reconditioning of the pieces through straightening...	203
4.6.5. Reconditioning of the pieces through pulley	204
4.6.6. Reconditioning through hot formings.....	206
4.7. Conditioning of the pieces through the change of position	208
4.8. Reconditioning of the pieces through soldering	210
4.8.1. Generalities. The importance of soldering	210
4.8.2. Reconditioning of the pieces through alloy soldering	211
4.8.3. Types of soldered joints	214
4.8.4. Technology of alloy soldering	219
4.8.5. Soldering of the ferrous metals	222
4.8.6. Soldering of the non-ferrous heavy metals.....	225
4.8.7. Soldering of the aluminum.....	227
4.8.8. Soldering of the heavy tips	229
4.8.9. Soldering with plastic materials	232
4.8.10. Technology of soldering with plastic compositions..	237
4.8.11. Technology of soldering with carbon based glue ...	238
4.8.12. Technology of soldering with epoxidic resins	239
4.8.13. Plastic compositions used as ca adhesives and as cementing materials.....	240

Chapter 5

SETTING OF PROPER OUTPUT RATES OF THE

RECONDITIONING WORKS **245**

5.1. General considerations..... **245**

5.2. Structure and determining of the time setting of output rate.. **246**

5.3. Setting of output rates for mechanical processing	250
5.4. Setting of output rates for welding	251
5.5. Setting of output rates for chrome plating	252
5.6. Setting of output rates for autogenous welding.....	252
5.7. Setting of output rates for manual processing	253

Chapter 6

RECONDITIONING OF THE MACHINE ELEMENTS 255

6.1. General considerations.....	255
6.2. Reconditioning of the pieces in the axle-shaft class	255

Chapter 7

REPARING OF THE ELECTRIC INSTALLATIONS 270

7.1. Necessities and requirements for repairing of the electric installations.....	270
--	-----

Chapter 8

BASIS OF THE TECHNOLOGICAL ASSEMBLY DESIGN..... 281

8.1. Assemblies functions and their classification.....	281
8.1.1. Basic functions of the assembly systems	281
8.1.2. Classification and representation of the assembly functions	281
8.2. Technological conditions in the assemblies and pieces design	284
8.2.1. General notions	284
8.2.2. Conditions regarding the pieces' construction	285
8.2.3. Conditions regarding the assembly diagram	289
8.2.4. Solution for the dimension chains.....	291
8.2.5. Conditions regarding the pieces' quality	305
8.2.5.1. Capability of the manufacture.....	305
8.2.5.2. Measures for the improvement of the capability of the manufacture	310
8.2.6. Conditions regarding the organization of the material assembly supply, pieces and building blocks	311
8.3. Types of technological organization of the assembly. The choice of the optimum form	318

8.3.1. Division and concentration of the assembly operations.....	318
8.3.2. Basic parameters of the assembly	319
8.3.3. Morphological case characteristic for the forms of technological organization of the assembly	321
8.3.4. Design of the assembly technology.....	326
8.3.4.1. Logical diagram of the design process.....	326
8.3.4.2. Workmanship design	329
8.3.4.3. Exploitation conditions	330
8.3.4.4. Practical examples	330
8.3.5. Ergonomy of assembly.....	335
8.3.5.1. Man's positions and movements	335
8.3.5.2. Control organs of the hand.....	335
8.3.5.3. The environment where the work displays	337
8.3.5.4. Organization of the rest time	338
8.3.6. Psychological elements in the organization of the assembly	338
8.3.6.1. Influence methods of the psychological elements.....	338
8.3.6.2. Practical applications	340
8.3.6.3. Recommendations regarding the increase in the work complexity in the assembly systems	342
8.3.7. Calculation of the assembly working rates	342
8.3.7.1. Generalities.....	342
8.3.7.2. Efficacious time (T_{op})	343
8.3.7.3. Examples for assembly working rates	349
8.4. Calculation of the economic efficiency.....	358
8.4.1 Economic comparison of the technological variants...	358
8.4.2. Method of the cost per working hour	359
8.5. Calculation of the production capacity of the assembly systems	362
8.6. Reliability of the assembly systems	363

Chapter 9

THE BALANCE OF BODIES IN ROTATING MOVEMENT 369

9.1. General considerations.....	369
----------------------------------	-----

9.2. Static lack of balance and dynamic lack of balance.....	370
9.3. The static balance. Method of making up the balance.....	375
9.3.1. The static balance of the bodies with visible static lack of balance.....	376
9.3.2. The static balance of a body which's lack of balance doesn't manifest	378
9.4. The dynamic making up of balance. Methods of making up the balance.....	379
9.4.1. The crucial speed. The resonance speed	379
9.4.2. Methods of making up the balance.....	381

Chapter 10

EXPLOITATION AND USE OF THE EQUIPMENTS 390

10.1. General notions	390
10.2. Lubrication of the machines and equipments	392
10.2.1. Lubrication of the technological machines and equipments	392
10.2.2. Classification of the lubricants.....	392
10.2.3. Devices and installations of lubrication.....	395
10.3. Exploitation and maintenance of the pumps.....	408
10.3.1. Exploitation and maintenance of the pumping devices without mobile elements	408
10.3.2. Exploitation and maintenance of the pumps with alternating movements. Starting	408
10.3.3. Exploitation and maintenance of the rotating pumps..	411
10.3.4. Exploitation and maintenance of the centrifugal pumps. Starting	413
10.3.5. Exploitation and maintenance of the ducts.....	415

Chapter 11

TECHNICAL ORGANIZATION OF THE REPAIRS AND

ASSEMBLIES 418

11.1. General considerations.....	418
11.2. Methods of organizing the repairs	419
11.2.1. Method of repairs reparării on teams.....	419
11.2.2. Method of repairs on specialized working positions	419

11.2.3. Method of repairs on range or on flux.....	421
11.2.4. Method of repairs using exchange aggregates	423

Chapter 12

TECHNOLOGICAL DESIGN OF THE FACTORIES FOR

EQUIPMENTS REPAIR 424

12.1. General considerations.....	424
12.2. Technological design considerations.....	424
12.2.1. General principles and the design stages	424
12.2.2. Planning of the the unity tasks of production	425
12.2.3. Set of the unities load.....	426
12.2.4. Determining of the working organizing regime	428
12.2.5. Calculation of the equipments	435
12.2.6. Calculation of the areas.....	439
12.3. Auxiliary elements for design.....	441
12.3.1. Technological steam and hot water.....	441
12.3.2. Heating of the factories	442
12.3.3. Electric energy (force and illumination)	444
12.3.4. Compressed air.....	447
12.3.5. Ventilator in the factories.....	448
12.3.6. Fuels and lubricantsi	451
12.3.7. Careful management of the tools, devices and checkers	452
12.3.8. Careful management of the materials and of the spare parts	452
12.3.9. Internal transportation	454

Chapter 13

ORGANIZATION OF THE TECHNICAL CONTROL 454

Chapter 14

TECHNICO-ECONOMIC ASPECTS OF THE REPAIR

WORKS..... 455

14.1. General considerations.....	455
14.2. Calculation of the price of the repairs	455
14.3. ways of reducing the price of the repairs	456

14.4. Technico-economical signs of the repairs units	457
14.5. Organization of the technico-material basis in the repairs units	457
14.6. Economic efficiency of the repairs	458

Chapter 15

TECHNIQUE OF THE WORK SECURITY DURING THE REPAIR

WORKS..... 460

15.1. General considerations.....	461
15.2. Works for capital repairs	464
15.2.1. Under heat works	464
15.2.2. Welding and metal coating works.....	465
15.2.3. Metal coating works.....	465
15.2.4. Processings on tool- machineries.....	466
15.2.5. Locksmith`s works.....	466
15.2.6. Cabinet-making works.....	466
15.2.7. Painting works.....	467
15.2.8. works of dismounting, repair and mounting.....	467
15.2.9. Fire prevetion principles when repairing pieces	468
15.2.10. Instructing the personnel in the repair units of the equipments and machines	468

Annexe 1. Logical diagram of the double hunting..... 470

Annexe 2. Logical work diagram for the testing of the testarea circuit..... 471

Annexe 3. Electric diagram of a lathe 472

BIBLIOGRAPHY 473

CONTENTS..... 485