Lei 10,10

ISBN 973-30-0340-9

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI – 1989

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

INSTALAȚII ELECTROMECANICE

CONSTRUCȚII DE MAȘINI ȘI APARATE ELECTRICE

XI

Manual pentru clasa a XI-a, licee industriale
și de matematică-fizică cu profil de electrotehnică
și școli profesionale

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Conf. dr. ing. I. CIOC

Ing. M. CATRINA
prof. gr. II

Ing. N. CRISTEA

INSTALAȚII ELECTROMECANICE

CONSTRUCȚII DE MAȘINI ȘI APARATE ELECTRICE

Manual pentru clasa a XI-a licee industriale și de matematică-fizică
cu profil de electrotehnică (meseria electromecanic)
și școli profesionale

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI

Manualul constituie reeditarea ediției revizuite în anul 1980, conform programei școlare aprobate de Ministerul Educației și Învățământului cu nr. 3448/1979.

Contribuția autorilor la elaborarea manualului este următoarea: conf. dr. ing. I. Cioc — cap. 7, 8, 11 și coordonarea lucrării:
ing. M. Catrina — cap. 3, 4, 6;
ing. N. Cristea — cap. 1, 2, 5, 9, 10.

IBSN 973-30-0340-9

Referent: conf. dr. ing. NĂSTASE BICHIR
Redactor: ing. MARIA-VALENTINA POPA
Tehnoredactor: ELENA OPRIȘEANU
Coperta: VICTOR WEGEMANN

CAPITOLUL 1

INTRODUCERE

În etapa actuală, mașinile și aparatele electrice ocupă un loc din ce în ce mai important în economie, datorită multiplelor avantaje pe care le oferă utilizarea energiei electrice.

În țara noastră, o dată cu primul plan cincinal, industria electrotehnică a intrat în centrul preocupărilor conducerii de partid și de stat, trecîndu-se la construirea unor întreprinderi mari, dotate cu utilaje moderne, pe baza unor proiecte bine studiate. Fabricarea mașinilor și aparatelor electrice s-a grupat astfel încît să se asigure posibilități optime de organizare pentru obținerea unor produse cu calități superioare, în condiții de înaltă productivitate.

Fabricarea de mașini electrice rotative s-a grupat după tipul și mărimea mașinilor, pentru asigurarea unei specializări raționale a producției. În același scop, fabricarea transformatoarelor s-a grupat după mărimea lor, iar fabricarea aparatajului, în special, după tensiunea de lucru. În prezent, se poate spune că nu există produs din acest domeniu care să nu fie sau să nu poată fi fabricat în țară.

Ponderea operațiilor în procesul tehnologic de fabricație a mașinilor și aparatelor electrice se poate aprecia astfel:

Mașini electrice rotative:

— operații generale de prelucrări mecanice, sudare, ștanțare, circa 70%;

— realizarea înfășurărilor, inclusiv procesul de izolare, circa 20%;

— operații de control pe faze și finale, precum și alte operații specifice, restul de circa 10%.

În general, mașinile electrice rotative sînt caracterizate printr-o foarte mare diversificare constructivă și de aceea problemele de automatizare și chiar mecanizare a diverselor faze sau procese tehnologice sînt dificile.

Precizia prelucrărilor este ridicată avînd în vedere părțile în mișcare și necesitatea realizării unui întrefier relativ mai mic.

Operațiile de ștanțare sînt deosebit de importante, de ele depinzînd în primul rînd calitatea miezului magnetic.

O problemă deosebită o ridică contactele alunecătoare între colector sau inelele de contact și perii.

Transformatoare:

— operații generale de prelucrări mecanice, sudare, ștanțare, circa 76%;

— operații specifice industriei electrotehnice, circa 24%, din care circa 22% referindu-se la înfășurări și izolațiile sale.

În general, procedeele de prelucrare la cald sînt mai reduse și se referă în special la sudarea cuvelor.

Ștanțarea și calitatea ștanțării ocupă și aici un rol deosebit de important pentru asigurarea calității miezurilor magnetice.

Aparate electrice :

— operații generale, circa 90 % ;

— operații specifice, restul de circa 10 %.

Prelucrările prin așchiere ocupă un volum important, dar nu se cere un grad ridicat de precizie decît acolo unde sînt piese în mișcare (contacte amovibile, acționări etc.).

Din punctul de vedere al rolului pe care-l au în produs, elementele mașinilor și aparatelor pot fi grupate în două părți :

— părțile active, prin care se înțeleg circuitele magnetice (miezurile magnetice) și înfășurările cu anexele lor (căile de curent, contactele etc.) ;

— părțile auxiliare, în care sînt incluse elementele care au un rol constructiv (carcasă, lagăre, cuve etc.).

Materialele aferente fiecărei părți se grupează, de asemenea, în materiale active și materiale auxiliare.

PARTEA ÎNTÎI

PROBLEME GENERALE ALE TEHNOLOGIEI CONSTRUCȚIILOR DE MAȘINI ȘI APARATE ELECTRICE

CAPITOLUL 2

PROCESUL DE PRODUCȚIE

2.1. ORGANIZAREA ȘI DESFĂȘURAREA PROCESULUI DE PRODUCȚIE ÎNTR-O ÎNTREPRINDERE CONSTRUCTOARE DE MAȘINI ȘI APARATE ELECTRICE

Prin *proces de producție* se înțelege întregul complex de activități desfășurate în scopul transformării materiei prime și a materialelor în produse finite.

Condițiile necesare desfășurării proceselor de producție sînt asigurate de o pregătire corespunzătoare a fabricației, care cuprinde :

— pregătirea tehnică ;

— pregătirea materială ;

— lansarea în fabricație.

Pregătirea tehnică a fabricației depinde de modul de organizare a întreprinderii respective și în special de tipul său de producție.

În general, fazele, de la prevederea în plan pînă la punerea în fabricație a produsului, sînt următoarele :

— proiectarea produsului ;

— proiectarea tehnologiei de execuție a produsului ;

— proiectarea sculelor, dispozitivelor și verificatoarelor (S.D.V.-urilor) necesare ;

— execuția și omologarea S.D.V.-urilor ;

— realizarea, experimentarea și omologarea prototipului ;

— realizarea și omologarea seriei zero.

Etapa *pregătirii tehnice* poate fi realizată fie de institutele specializate, care urmează să predea întreprinderilor toată pregătirea tehnică verificată prin realizarea prototipului și a seriei zero, fie de serviciile specializate în pregătirea fabricației, ca : Tehnolog-șef, Constructor-șef, Sudor-șef, Metalurg-șef etc. ale întreprinderilor care nu sînt deservite de institute.

Oricare ar fi modul de realizare a pregătirii tehnice, ea trebuie să cuprindă următoarele sectoare :

— sectorul de proiectare și construcție, care se ocupă cu elaborarea proiectelor noi și de modernizare constructivă a proiectelor existente în fabricație ;

— sectorul de tehnologie, care se ocupă de proiectarea și îmbunătățirea continuă a proceselor tehnologice specifice M.A.E., precum și de coordonarea, din punct de vedere tehnic, a celorlalte servicii colaboratoare, ca Sudor-șef, Metalurg-șef etc. ;

— sectorul de concepție S.D.V.-uri, care proiectează și dă în execuție toate S.D.V.-urile cerute de concepția tehnologică respectivă.

Între concepția constructivă a produsului și cea tehnologică trebuie să existe o strînsă legătură și interdependență. O construcție necorespunzătoare nu poate fi îmbunătățită printr-o tehnologie chiar excepțional de bine pusă la punct, după cum și un proiect bun poate fi compromis de o tehnologie necorespunzătoare.

Numai după ce proiectul și tehnologiile au fost verificate prin realizarea prototipului și a seriei zero, reușind a se obține parametrii prevăzuți, cu tehnologiile (procedeele tehnologice și manopera aferentă) și dotările prevăzute, se poate spune că pregătirea tehnică a fabricației este terminată și este posibilă lansarea în fabricație.

Pregătirea materială a fabricației se face în conformitate cu consumurile specifice stabilite la faza de pregătire a fabricației și în baza planului economic și social al activității întreprinderii, urmărindu-se asigurarea condițiilor materiale necesare desfășurării în bune condiții a procesului de producție.

Lansarea în fabricație constituie ultima etapă a pregătirii fabricației și se face de către serviciul Planificare, serviciu care dispune executarea produsului prin intermediul comenzilor de fabricație corelate cu planul de producție. Comanda de fabricație lansată în secțiile productive este analizată și apoi se trece la defalcarea lucrărilor pe om și pe mașină.

În general, schema de organizare a unei întreprinderi constructoare de mașini și aparate cuprinde: compartimente — sectoare — secții sau servicii — ateliere — linii.

Cea mai importantă parte a procesului de producție al unei întreprinderi se desfășoară în cadrul secțiilor productive.

După modul de participare la realizarea produsului finit, procesele de producție pot fi: de bază, auxiliare și de deservire.

În cadrul *proceselor de bază*, materialele suferă modificări ale formei, ale dimensiunilor, ale proprietăților, ale poziției relative a suprafețelor și ale aspectului lor, transformîndu-se în produse finite. Aceste procese cuprind procedeele tehnologice: turnare, prelucrare mecanică, ștanțare și împachetare, bobinare, impregnare, asamblare, încercare, finisare, vopsire etc.

Procesele auxiliare și de deservire completează și asigură realizarea proceselor de bază. Ele cuprind procesele de producere a energiei electrice, a aburului și a aerului comprimat, întreținerea mașinilor-unelte și a utilajelor, construcția și întreținerea sculelor, dispozitivelor și verificatoarelor, întreținerea clădirilor, transporturilor interne etc.

S-a arătat că procesul de producție se realizează în cadrul secțiilor sau al atelierelor de care dispune întreprinderea.

După modul cum participă la realizarea produsului, secțiile pot fi:

— de bază, pentru procesele de bază;

— auxiliare, pentru procesele auxiliare;

— de deservire, pentru procesele de deservire.

Secțiile de bază cuprind: turnătoriile, forja, tratamentele termice, prelucrarea mecanică, ștanțarea și împachetarea, bobinarea și impregnarea, montajul și încercările, vopsitoriile etc.

Secțiile auxiliare participă indirect la realizarea produsului, furnizînd secțiilor de bază energia necesară și asigurînd întreținerea și repararea mașinilor și a utilajelor, construcția, întreținerea și repararea S.D.V.-urilor.

Secțiile de deservire asigură transporturile interne, aprovizionarea cu materiale și desfacerea produselor finite.

Organizarea procesului de producție și stabilirea proceselor tehnologice depind de volumul producției ce se execută.

2.2. TIPURI DE PRODUCȚIE

Cel mai important factor care determină desfășurarea proceselor de producție și a proceselor tehnologice este volumul producției de același fel ce urmează a se executa.

Din acest punct de vedere se deosebesc următoarele tipuri de producție: de unicate, în serie și în masă.

Producția de unicate, sau individuală, se caracterizează prin fabricarea produsului într-un singur exemplar sau într-un număr redus de exemplare. Operațiile se execută cu un număr redus de S.D.V.-uri, muncitorii avînd o calificare superioară.

În producția de unicate intră fabricarea prototipurilor în atelierele experimentale, a turbogeneratoarelor, a hidrogeneratoarelor și, în general, a mașinilor și a transformatoarelor foarte mari.

Producția în serie se caracterizează prin constanța operațiilor specifice fiecărui loc de muncă, efectuate asupra unui lot (serii) de produse.

După fabricarea unui lot de produse de un anumit tip se trece la fabricarea unui alt lot de produse de alt tip, cu alte reglaje ale mașinilor sau ale instalațiilor, și, parțial, cu alte S.D.V.-uri.

După cum seria (lotul) este formată dintr-un număr mai mic sau mai mare de unități, producția în serie poate fi de serie mică, mijlocie sau mare.

Producția în serie se întîlnește la fabricarea mașinilor electrice de puteri medii, a transformatoarelor medii și mai ales a aparatelor electrice de linie.

Producția în masă se caracterizează prin aceea că, la locul de muncă, se execută în mod permanent (foarte rar, o perioadă mare de timp) aceleași operații. De aceea, calificarea muncitorilor direct productivi este mai scăzută, însă a celor auxiliari (reglori, mecanici de întreținere etc.) este mai ridicată.

Procesul de producție se remarcă prin organizarea fabricației în „flux continuu", pe linii specifice, cu ritmuri sincronizate.

Din dotarea liniilor fac parte: mașini-unelte de mare productivitate, mașini-unelte speciale, mașini-unelte automate etc. Productivitatea cea mai ridicată o asigură liniile automate de fabricație, care necesită numai alimentare-descărcare, supraveghere și reglaje.

De asemenea, procesul de producție se caracterizează prin folosirea pe scară largă a S.D.V.-urilor speciale.

Producția în masă se caracterizează prin interschimbabilitatea totală a elementelor componente.

Acest tip de producție se întîlnește la fabricarea motoarelor electrice mici și foarte mici (micromașini), precum și a transformatoarelor și a aparatelor electrice mici sau medii.

2.3. PROCESUL ȘI FLUXUL TEHNOLOGIC

2.3.1. PROCESUL TEHNOLOGIC

Procesul tehnologic cuprinde totalitatea operațiilor ce se efectuează în scopul modificării proprietăților, a dimensiunilor și a formei materiei prime și materialelor. El reprezintă partea cea mai importantă a procesului de producție, fiind în legătură directă cu transformarea materialelor și a semifabricatelor în produse finite. Această transformare se realizează după o documentație tehnologică, printr-o succesiune de procedee tehnologice (turnare, așchiere, ștanțare, bobinare etc.).

Același produs finit se poate obține prin aplicarea a diferite procedee tehnologice. Alegerea unui anumit procedeu tehnologic este determinată de condițiile tehnico-economice.

Rezultă, deci, că procesul tehnologic are un rol foarte important, el trebuind să asigure :

— realizarea performanțelor impuse produsului ;
— realizarea volumului de producție stabilit cu o productivitate ridicată ;
— un consum minim de materiale și un cost redus ;
— realizarea aspectului comercial al produsului.

Mijloacele prin care se realizează aceste cerințe sînt :

— organizarea corespunzătoare a fabricației, în funcție de mărimea seriei ;
— alegerea celor mai raționale planuri de croire a materialelor ;
— prevederea unor adaosuri de prelucrare cît mai mici ;
— folosirea S.D.V.-urilor necesare ;
— divizarea operațiilor complexe în operații elementare, care permit specializarea muncitorilor și folosirea eficientă a utilajelor ;
— studierea atentă a ciclului de fabricație, în scopul reducerii timpului global de producție și al transporturilor interne ;
— alegerea celor mai potrivite și mai eficiente procedee și mijloace de control.

La proiectarea procesului tehnologic, tehnologul trebuie să aleagă varianta cea mai economică.

Procesul tehnologic poate fi descompus în mai multe elemente.

Operația este o parte a procesului tehnologic efectuată de către un lucrător sau mai mulți, pe un anumit loc de muncă, prevăzut cu anumite utilaje și unelte de muncă, acționînd asupra unor anumite obiecte sau grupe de obiecte ale muncii, în cadrul uneia și aceleiași tehnologii. Operația poate cuprinde mai multe faze.

Faza este acea parte a operației ce se caracterizează prin utilizarea acelorași unelte de muncă și a aceluiași regim tehnologic, obiectul muncii suferind o singură transformare ; de exemplu, strunjirea de eboșare, strunjirea de finisare, găurirea etc. sînt faze ale operației de strunjire.

Trecerea reprezintă partea din fază care se repetă identic ; de exemplu înlăturarea unui adaos de prelucrare prea mare se obține prin mai multe treceri.

Mînuirea este totalitatea mișcărilor executate de un muncitor pentru pregătirea unei treceri sau a unei faze de lucru.

Mișcarea este cel mai simplu element al activității executantului, care constă dintr-o deplasare, luare de contact cu desprinderea acestuia de utilaj

sau de organele sale de comandă, de unealta de lucru sau de obiectul muncii asupra căruia acționează.

În totalitatea lor, aceste elemente se întîlnesc, în special, la procesul tehnologic de prelucrări mecanice.

Ca parte a procesului de producție, procesul tehnologic se realizează așa cum s-a arătat, în cadrul secțiilor sau al atelierelor de care dispune întreprinderea.

2.3.2. FLUXUL TEHNOLOGIC

Fiecare întreprindere are un anumit plan de amplasare a utilajelor. În funcție de acest plan și de operațiile la care vor fi supuse, se stabilește, în ordine cronologică, drumul pe care trebuie să-l urmeze fiecare piesă sau fiecare subansamblu de la intrare — ca material, pînă la ieșire — ca piesă finită, drum care constituie *fluxul tehnologic.*

Fluxul tehnologic poate fi în serie pentru o piesă, însă în paralel cu al altor piese cu care aceasta se asamblează. De exemplu, fluxul tehnologic de execuție a unei carcase sudate este în serie, operațiile fiind : trasare, debitare, sudare, detensionare, prelucrare etc., dar el este în paralel cu fluxul tehnologic, de execuție a tolelor, care, la rîndul lui, este tot în serie, operațiile fiind : debitare, ștanțare, debavurare, sortare etc. Ambele fluxuri se unesc la asamblarea statorului (împachetarea miezului magnetic).

Cele arătate sînt ilustrate în figura 2.1.

În figura 2.2 se reprezintă fluxul tehnologic al unui ansamblu motor asincron cu rotorul în scurtcircuit, la care s-a considerat că miezurile magnetice stator și rotor sînt împachetate și presate separat (cu scoabe), asamblarea lor cu carcasa și, respectiv, cu arborele făcîndu-se după bobinare.

2.3.3. ELEMENTE DE NORMARE TEHNICĂ ÎN PROCESUL TEHNOLOGIC

Una din condițiile creșterii productivității muncii o constituie perfecționarea întregii producții, respectiv introducerea pe scară largă a tehnicii noi și a proceselor tehnologice avansate, mecanizarea și automatizarea producției, îmbunătățirea organizării muncii, ridicarea nivelului de calificare al acelora care creează și deservesc mijloacele de producție.

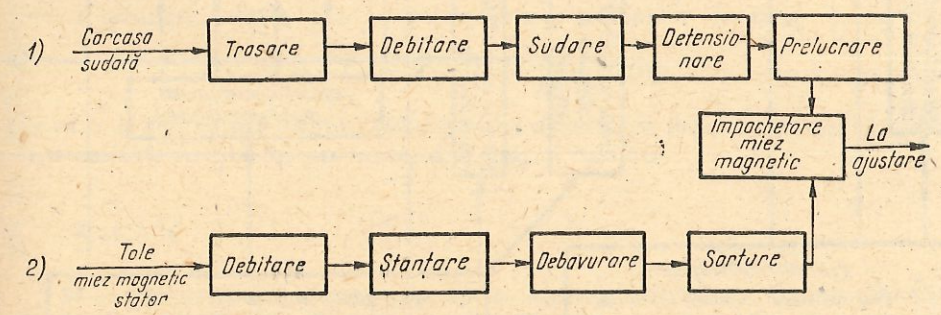


Fig. 2.1. Fluxuri tehnologice paralele (carcasă și miez).

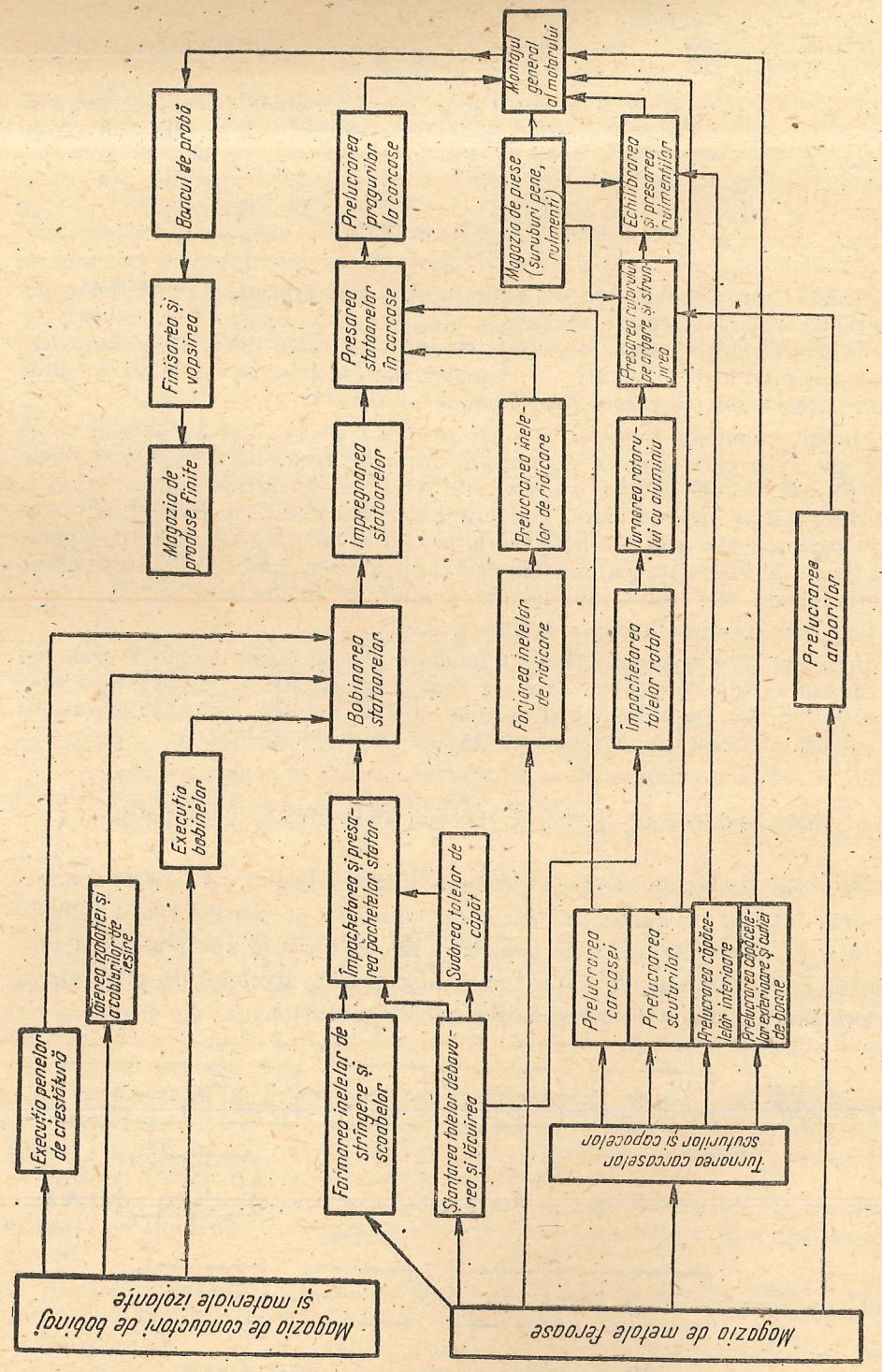


Fig. 2.2. Fluxul tehnologic de fabricație al unui motor asincron cu rotorul în scurtcircuit, din fabricația curentă.

2.3.3.1. **Norma tehnică de timp și structura ei.** Norma de timp reprezintă durata de timp necesară pentru executarea unui produs, în anumite condiții tehnico-organizatorice și se compune din :

— Timpul de pregătire-încheiere T_{pi}, reprezentînd timpul în care executantul studiază documentația de execuție, pregătește condițiile necesare executării acesteia (reglarea mașinii, montarea sculelor și S.D.V.-urilor etc.) și, după terminarea lucrării, aduce locul de muncă în stare inițială.

— Timpul operativ T_{op}, reprezentînd timpul în care executantul modifică cantitativ și calitativ obiectul muncii.

— Timpul de deservire a locului de muncă T_{dl}, reprezentînd timpul în care executantul asigură, într-un schimb de muncă, menținerea în stare de funcționare a utilajelor și a sculelor, organizarea și aprovizionarea, ordinea și curățenia locului de muncă.

— Timpul de întreruperi reglementare T_{ir}, reprezentînd timpul în care procesul muncii este întrerupt pentru odihna și necesitățile firești ale executantului t_{on}, precum și timpul de întreruperi condiționate de tehnologie și de organizarea muncii t_{to}.

2.3.3.2. **Determinarea normei tehnice de timp.** Timpul de pregătire-încheiere depinde de organizarea locului de muncă, de construcția mașinii-unelte, de complexitatea piesei care se prelucrează, cît și a S.D.V.-urilor folosite.

Din relația de calcul a timpului normat pe operații rezlută că, în fabricație, este indicat să se lanseze loturi de piese cît mai mari, deoarece locul de muncă se pregătește o singură dată pentru întregul lot :

$$T_n = \frac{T_{pi}}{z} + T_u,$$

unde :

T_n este timpul normat pe operații, în min ;
T_{pi} — timpul de pergătire-încheiere, în min ;
z — numărul de piese din lot ;
T_u — norma de timp unitar, în min.

Timpul unitar se compune din :
— timpul operativ ;
— timpul de deservire a locului de muncă ;
— timpul de odihnă, necesități firești, de întreruperi tehnologice și organizatorice.

Norma timpului unitar se calculează cu relația :

$$T_u = T_{op} + T_{dl} + T_{ir}. \qquad (2.1)$$

În condițiile producției în serie mică, pentru simplificarea calculului normelor tehnice, relația pentru determinarea normelor de timp unitar este :

$$T_u = T_{op}\left[1 + \frac{K}{100}\right] \text{[min]}, \qquad (2.2)$$

în care K reprezintă timpul total pentru deservirea locului de muncă, odihnă și necesități firești, în procente, din timpul operativ.

APLICAȚIE

Să se calculeze timpul normă pe operație la depănarea unor bobine, admițîndu-se timpul de pregătire-încheiere $T_{pi} = 20$ min și timpul unitar $T_u = 5$ min, pentru o lansare în fabricație de 10 bobine și pentru o lansare de 100 bobine.

Rezolvare:
Se folosește relația:

$$T_n = \frac{T_{pi}}{z} + T_u.$$

În primul caz, $T_{p1} = \frac{20}{10} + 5 = 7$ min, iar în cazul al doilea, $T_{p2} = \frac{20}{100} + 5 = 5{,}2$ min.
Deci, în cel de-al doilea caz, o economie de circa 26% față de primul caz.

CAPITOLUL 3

PRINCIPII GENERALE DE ELABORARE A PROCESELOR TEHNOLOGICE

3.1. GENERALITĂȚI

La elaborarea unui proces tehnologic, fie de prelucrare mecanică, fie de altă natură (înfășurare), trebuie să se înceapă prin analizarea caracteristicilor constructive și dimensionale ale piesei sau ale subansamblului, a condițiilor de precizie dimensională și de formă, cît și a calității suprafețelor prelucrate. Pe baza acestei analize se va stabili procesul tehnologic optim.

Factorii principali de care trebuie să se țină seama la alegerea variantei tehnologice sînt: proiectul de execuție a produsului, utilajul disponibil, caracterul producției, semifabricatelor folosite, organizarea procesului de fabricație, cadrele disponibile, condițiile de muncă etc.

3.1.1. PROIECTUL DE EXECUȚIE A UNUI PRODUS

Documentul de bază pentru elaborarea procesului tehnologic îl constituie proiectul de execuție a produsului, care trebuie să cuprindă: borderoul de desene, nomenclatorul de piese, desenul de ansamblu, desenele de subansambluri, desenele de detaliu pentru fiecare piesă componentă, memoriul justificativ de calcule, documentele tehnice (directivele tehnologice, memoriul tehnic, cartea mașinii, caietul de sarcini).

3.1.2. INFLUENȚA VOLUMULUI PRODUCȚIEI ASUPRA ELABORĂRII PROCESULUI TEHNOLOGIC

Volumul producției pentru un anumit produs influențează și determină proiectarea tehnologiei de execuție, alegerea utilajelor și a sculelor, precum și amplasarea mașinilor-unelte.

În funcție de volumul producției, se deosebesc:

— procese tehnologice pentru producția de unicate și în serie mică, atunci cînd trebuie să se execute o singură bucată (mașină sau aparat) sau un număr foarte mic;

— procese tehnologice pentru producția în serie mare, caracteristice fabricării unui număr mare de mașini sau aparate;

— procese tehnologice pentru producția în masă, atunci cînd trebuie să se execute un număr foarte mare de produse identice.

Pentru producția în serie mică sau de unicate nu se execută o pregătire de detaliu a fabricației, întrucît aceasta ar costa foarte mult, ridicînd nemijlocit costul produsului.

Producția în serie mare este cea mai răspîndită în construcția de mașini și aparate și se caracterizează, în principal, prin efectuarea după anumite perioade de timp a aceleiași operații asupra unor loturi de piese. Pregătirea fabricației și a procesului tehnologic se face în detaliu, utilizîndu-se utilaje și mașini-unelte universale, modernizate, specializate, precum și scule, dispozitive și verificatoare speciale.

La producția de masă este caracteristic faptul că, la locurile de muncă se execută în mod permanent aceeași operație în ritm continuu, la o cadență orară stabilită. Din aceste considerente, elaborarea procesului tehnologic se cere să se facă în mod amănunțit, la cel mai înalt grad. În mod deosebit trebuie să se stabilească tehnologia amănunțită pentru liniile tehnologice și pentru liniile de transportat piesele.

Se folosesc mașini-unelte, utilaje și S.D.V.-uri de mare capacitate, în general, mașini specializate, mașini speciale, mașini agregate și mașini automate, dispuse riguros în flux tehnologic, și, parțial sau total, linii automate de fabricație.

Calificarea muncitorilor scade o dată cu creșterea gradului de mecanizare sau de automatizare, dar calificarea reglorilor trebuie să fie înaltă.

La producția în masă, deși pregătirea tehnologică se realizează la cel mai înalt grad, cheltuielile raportate la unitatea de produs rezultă ca fiind minime.

3.2. ÎNTOCMIREA DOCUMENTAȚIEI TEHNOLOGICE

Elaborarea procesului tehnologic pe baza elementelor de mai sus începe cu întocmirea documentației tehnologice.

Prin *documentație tehnologică* se înțelege totalitatea documentelor de uz intern ale unei întreprinderi, prin care se sistematizează elementele procesului tehnologic. Documentația tehnologică este materializarea concepției generale despre procesul de realizare a unui reper, subansamblu sau produs.

Documentația tehnologică nu are o componentă unitară la toate întreprinderile și formularele, diferă ca formă; fondul lor este, însă, întotdeauna același.

Planul de operații se alcătuiește avînd ca element de bază operația. El se referă la o singură piesă și prezintă operațiile de execuție în succesiunea lor în procesul tehnologic. Operațiile sînt tratate fiecare în parte, amănunțit punînd la îndemîna executantului toate detaliile necesare unei înțelegeri clare a modului în care trebuie executată operația, cu indicarea cotelor pe schiță, a preciziei necesare, a rugozității suprafețelor și a condițiilor ce trebuie asigurate pentru respectarea desenului de construcție.

În scopul împlinirii acestor deziderate este necesar ca din planul de operații să reiasă cu claritate:

— produsul, ansamblul și subansamblul de care aparține piesa;

— secția și atelierul căruia îi revine executarea piesei;

— seria de fabricație sau cadența orară ;

— modul de obținere a semifabricatului, forma, dimensiunile și calitatea materialului ;

— filmul tehnologic al operațiilor de prelucrare divizate pe faze, mînuiri, mișcări etc., descrise și codificate ;

— schița piesei, dimensiunile suprafeței care se prelucrează, toleranțele și rugozitatea ce trebuie obținute după operația respectivă (suprafețele care se prelucrează se desenează cu linie îngroșată) ;

— modul în care se face prinderea piesei în vederea prelucrării (se utilizează simboluri) ;

— mărimea adaosului de prelucrare ;

— elementele de reglare a mașinii-unelte sau a utilajului (uneori se dau „fișe de reglaj" aparte) ;

— mașina-unealtă sau utilajul ;

— ciclurile de lucru cu evidențierea vitezelor ;

— timpii normați pe operație și pe fază ;

— sculele, dispozitivele și verificatoarele, indicîndu-se standardul sau norma, cînd este cazul ;

— lichidul de răcire ;

— numărul de repere executate simultan ;

— precizări asupra modului de organizare a operației, instrucțiuni sau indicații speciale de protecție a muncii ;

— numele persoanelor ce au întocmit planul și care i-au adus modificări ulterioare.

După redactarea generală, înainte de a ajunge la secția de producție, planul de operații va trece pe la atelierul de proiectare S.D.V.-uri, unde se elaborează documentația sculelor, a dispozitivelor și a verificatoarelor nestandardizate.

Fișa tehnologică este filmul drumului parcurs de la semifabricat la piesa finită. Ea cuprinde înșirarea operațiilor împreună cu specificația necesară executării, pentru fiecare operație în parte.

În afara indicațiilor tehnologice și organizatorice, fișa tehnologică indică utilajul sau mașina-unealtă, dispozitivele și sculele prevăzute, precum și valoarea manoperei și a materialului. Ea poate fi folosită la antecalculul costului.

Nomenclatorul de piese se folosește în unele întreprinderi pentru o privire de ansamblu a produsului. El este util, în special, pentru stabilirea necesarului de materiale și, apoi, pentru urmărirea asamblării pieselor finite.

Documentația de control, formată din plane, fire etc., se elaborează în paralel cu planul de operații.

La întocmirea documentației tehnologice trebuie să se țină seama de :

— *calitatea producției*, care asigură competitivitatea desfacerii produselor și conferă acestora parametrii funcționali din proiect, funcționare silențioasă, aspect frumos, anduranță mare, întreținere ușoară și condiții de securitate a muncii ;

— *tehnologicitatea pieselor*, definită ca totalul operațiilor necesare și posibile pentru executarea unui produs, și care este caracterizată de următoarele elemente :

— formă simplă și optimă, număr mic de suprafețe ce trebuie prelucrate ;

— semifabricate cu adaosuri de prelucrare mici ;

— număr minim de calități de materiale ;

— unificarea pieselor și subansamblurilor în vederea aplicării tehnologiei de grup ;

— *economicitatea procesului tehnologic* al cărei principal indice este costul, avînd ca bază de calcul *antecalculația* și *postcalculația.*

— *productivitatea muncii*, Q, care, în expresie valorică, se determină cu relația :

$$Q = \frac{c}{t}, \tag{3.1}$$

în care :

c este costul unei anumite cantități de produse ;

t — timpul consumat pentru prelucrarea lor.

3.3. ASPECTUL ORGANIZATORIC ȘI ECONOMIC

Următoarea etapă a elaborării procesului tehnologic o constituie organizarea procesului de fabricație (execuție) a piesei în funcție de datele inițiale și de procesul tehnologic stabilit, pentru asigurarea unei producții ritmice.

Pentru aceasta, se efectuează următoarele :

— se stabilește caracterul producției ;

— se stabilește numărul de utilaje, gradul de încărcare al acestora, numărul de muncitori și gradul lor de calificare ;

— se stabilește mărimea lotului optim de fabricație, durata ciclului de fabricație și perioada de repetare ;

— se organizează locurile de muncă și transportul pieselor. Se face o schiță de amplasare a utilajelor și se indică drumul parcurs de reperul respectiv ;

— se calculează costul piesei sau al produsului ;

— se stabilește eficiența sau eficacitatea economică a procesului tehnologic conceput.

3.4. ALEGEREA VARIANTEI OPTIME A PROCESULUI TEHNOLOGIC

Avînd ca punct de plecare condițiile impuse procesului de producție și cerințele care determină scopul acestuia, se întocmesc mai multe variante de procese tehnologice, capabile să asigure calitatea produselor, productivitatea necesară și cerințele protecției muncii (fig. 3.1).

Dintre aceste procese tehnologice se alege pentru aplicare cel mai economic care comportă un minimum de cheltuieli cu materiile prime, materialele auxiliare, utilajul tehnologic, retribuția muncitorilor etc.

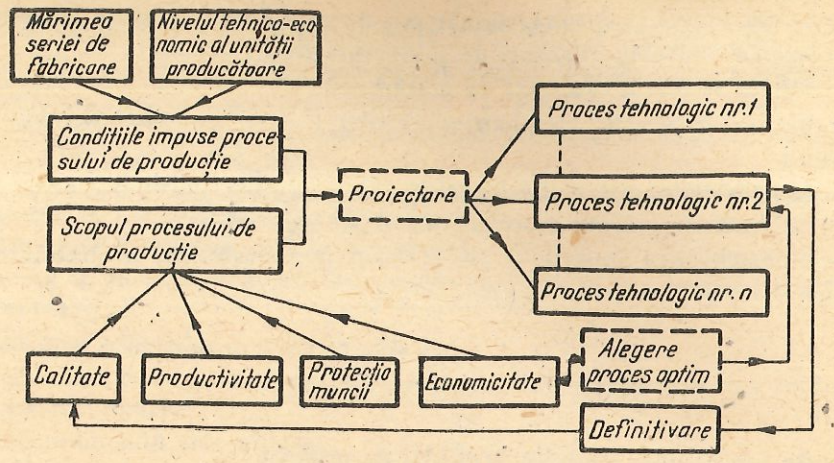


Fig. 3.1. Schema de principiu a proiectării procesului tehnologic.

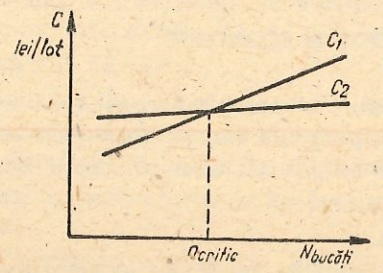


Fig. 3.2. Evidențierea lotului n_{critic}

Reprezentarea grafică a două procese tehnologice diferite (fig. 3.2), de exemplu, executarea unei piese de reducție pe un strung universal care costă C_1 și executarea aceleiași piese pe un strung automat care costă C_2, se face trasîndu-se, prin două linii, cele două costuri funcție de numărul de piese.

Alegerea variantei optime a procesului tehnologic se face în funcție de numărul de piese ce trebuie executat ; dacă acesta este mai mic decît n_{critic}, se alege varianta 1. Dacă acesta este egal cu n_{critic}, alegerea se face în funcție de utilajul mai puțin încărcat, întrucît costul este egal. Dacă numărul de piese este mai mare decît n_{critic}, se alege a doua variantă ca optimă.

De asemenea, la alegerea variantei optime, cît și pentru determinarea volumului de lucrări necesare pentru proiectarea și executarea echipamentului tehnologic (S.D.V.-uri), la un anumit număr de repere, se folosește coeficientul de echipare e :

$$e = \frac{d}{p},$$

în care :

d este numărul necesar de dispozitive, scule și ștanțe ;

p — numărul de piese originale ale mașinii care se vor fabrica.

CAPITOLUL 4

PRECIZIA DE PRELUCRARE ȘI CALITATEA SUPRAFEȚELOR

4.1. GENERALITĂȚI

Datorită influenței unui mare număr de factori obiectivi sau subiectivi, dintre care cei mai mulți sînt legați de imperfecțiunile mijloacelor de producție și de control, precum și de gradul de pregătire a muncitorilor, piesele sau produsele finite de același fel se deosebesc unele de altele și, respectiv, de piesa sau produsul conceput prin proiect.

Precizia de prelucrare este importantă pentru obținerea unor mașini de înalt nivel tehnic, care să asigure un mers silențios, mișcări precise, curse de lucru precise, precum și utilaje rezistente, productive și cu o durată de funcționare cît mai mare.

Din punct de vedere geometric, precizia prelucrării pieselor trebuie privită sub următoarele aspecte :

— precizia dimensiunilor ;
— precizia formei geometrice a suprafețelor ;
— precizia poziției reciproce a suprafețelor ;
— rugozitatea suprafețelor prelucrate.

4.1.1. DIMENSIUNI, ABATERI, TOLERANȚE ȘI AJUSTAJE

Dimensiunea este caracteristica geometrică liniară, care determină, în general, mărimea piesei.

— *Denumirea nominală* N este valoarea de bază în caracterizarea unei anumite dimensiuni și este înscrisă pe desenul de execuție.

— *Dimensiunea efectivă* E este valoarea dimensiunii obținute prin prelucrare și evidențiată prin măsurare.

— *Dimensiuni limită* sînt cele două dimensiuni scrise de proiectant pe desen sub forma abaterilor, și anume :

— dimensiunea limită maximă — D_{max} (sau L_{max}) ;
— dimensiunea limită minimă — D_{min} (sau L_{min}).

Dacă dimensiunea efectivă iese în afara dimensiunilor limită, piesa poate fi rebut.

— *Abaterea efectivă* A este diferența dintre dimensiunea efectivă și dimensiunea nominală :

$$A = E - N. \tag{4.1}$$

— *Abaterea superioară* A_s este egală cu diferența dintre dimensiunea maximă și dimensiunea nominală :

$$A_s = D_{max} - N. \tag{4.2}$$

— *Abaterea inferioară* A_i este egală cu diferența dintre dimensiunea minimă și dimensiunea nominală :

$$A_i = D_{min} - N. \tag{4.3}$$

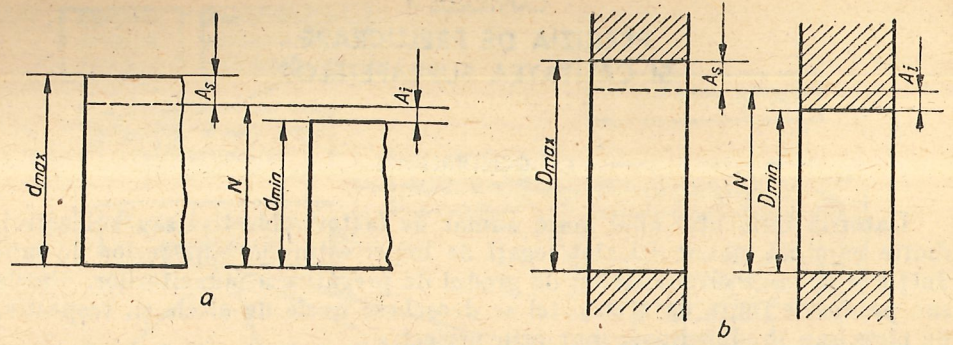


Fig. 4.1. Dimensiuni și abateri :
a — pentru arbori ; *b* — pentru alezaje.

— *Toleranța T* este intervalul de variație a dimensiunilor limită :

$$T = D_{max} - D_{min} = A_s - A_i. \qquad (4.4)$$

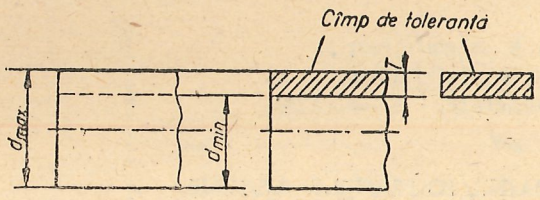


Fig. 4.2. Toleranța și cîmpul de toleranță.

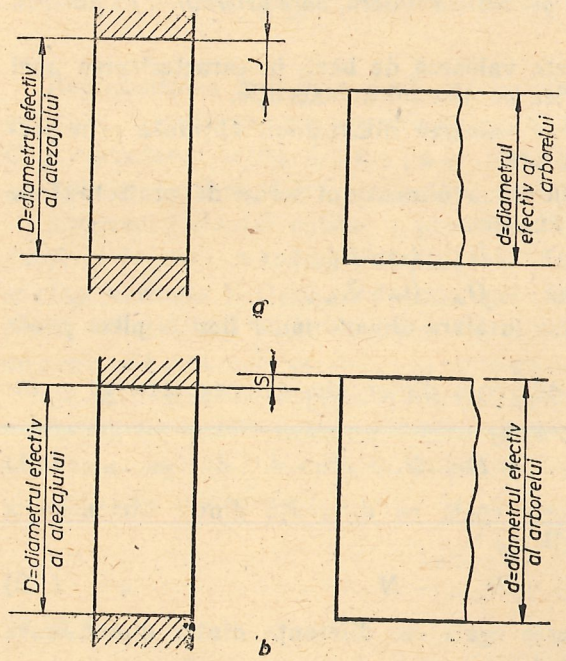


Fig. 4.3. Tipuri de asamblări :
a — cu joc ; *b* — cu strîngere.

— *Cîmpul de toleranță* este zona cuprinsă între dimensiunea maximă și dimensiunea minimă.

Convențional, în asamblările cu suprafețe cilindrice, suprafața cuprinzătoare se numește *alezaj*, iar suprafața cuprinsă — *arbore* — corespunzător cărora se vor folosi notații cu litere mari, *D* sau *L*, pentru alezaj, și notații cu litere mici, *d* sau *l*, pentru arbore.

În figura 4.1 sînt reprezentate diametrele și abaterile arborelui (fig. 4.1, *a*) și ale alezajului (fig. 4.1, *b*), iar în figura 4.2 — toleranța și cîmpul de toleranță.

După raportul în care se găsesc diametrele alezajului și arborelui, se disting :

— *asamblări cu joc* (fig. 4.3, *a*), cînd diametrul alezajului este mai mare ca diametrul arborelui ;

— *asamblări cu strîngere* (fig. 4.3, *b*), cînd diametrul arborelui este mai mare ca diametrul alezajului ;

— *Jocul J* (fig. 4.3, *a*) este diferența dintre diametrul efectiv al alezajului și diametrul efectiv al arborelui, cînd primul este mai mare decît al doilea :

$$J = D - d. \qquad (4.5)$$

În funcție de dimensiunile limită ale alezajului și arborelui, se disting două valori limită ale jocului :

$$J_{max} = D_{max} - d_{min} = A_s - a_i. \qquad (4.5, a)$$

$$J_{min} = D_{min} - d_{max} = A_i - a_s.$$

Toleranța jocului $T_i = J_{max} - J_{min} = T + t$.

— *Strîngerea S* (fig. 4.3, *b*) este diferența dintre diametrul efectiv al arborelui și diametrul efectiv al alezajului, cînd primul este mai mare ca al doilea :

$$S = d - D. \qquad (4.6)$$

Ca și la joc, pentru strîngere, se disting două valori limită :

$$S_{max} = d_{max} - D_{min} = a_s - A_i. \qquad (4.6, b)$$

$$S_{min} = d_{min} - D_{max} = a_i - A_s.$$

Toleranța strîngerii $T_s = S_{max} - S_{min} = T - t$.

Ajustajul este raportul în care se găsesc două piese montate una în alta, din punctul de vedere al jocului sau al strîngerii.

Există trei tipuri de ajustaje :

— *ajustaje cu joc*, la care diametrul oricărui alezaj este mai mare decît diametrul oricărui arbore (fig. 4.4, *a*) ;

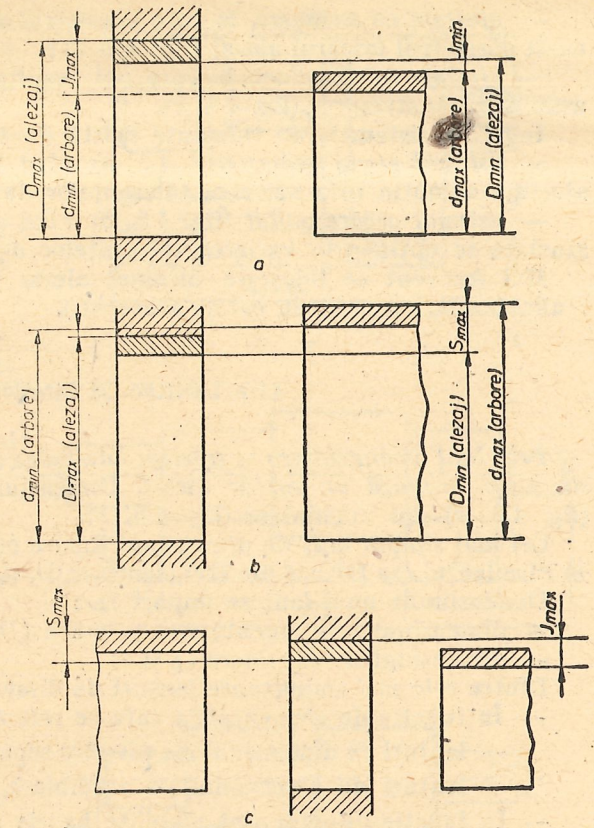


Fig. 4.4. Tipuri de ajustaje :
a — cu joc ; *b* — cu strîngere ; *c* — intermediare.

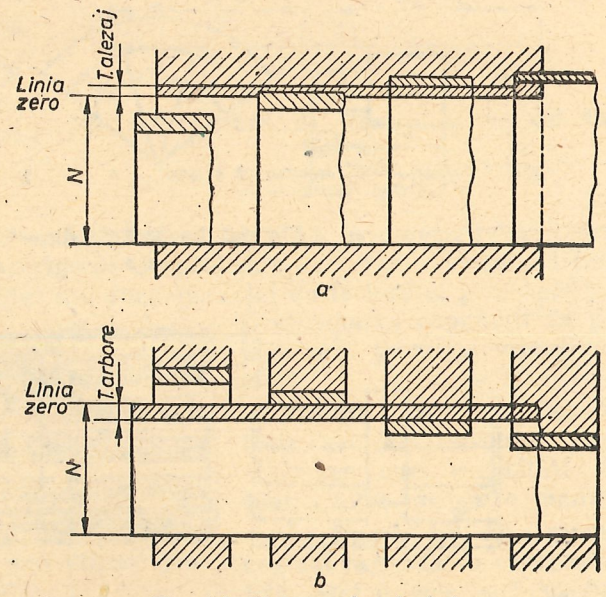


Fig. 4.5. Sisteme de ajustaje :
a — sistemul alezaj unitar ; *b* — sistemul arbore unitar.

— *ajustaje cu strîngere*, la care diametrul oricărui arbore este mai mare decît diametrul oricărui alezaj (fig. 4.4, *b*);

— *ajustaje intermediare*, la care pot rezulta atît asamblări cu joc cît și asamblări cu strîngere (fig. 4.4, *c*).

În toate sistemele de toleranțe există două *sisteme de ajustaje*:

— *sistemul alezaj unitar* (fig. 4.5, *a*), cînd alezajul este fix, iar diferitele ajustaje se obțin prin varierea toleranțelor de la arbore;

— *sistemul arbore unitar* (fig. 4.5, *b*), cînd arborele este fix, iar diferitele ajustaje se obțin prin varierea toleranțelor de la alezaj.

Mai frecvent se folosește sistemul alezaj unitar, deoarece ajustajul se realizează mai ușor (prin cotele arborelui).

4.1.2. LANȚURI DE DIMENSIUNI

Prin lanț de dimensiuni se înțelege totalitatea dimensiunilor succesive dintr-un șir, care formează un contur închis. Dimensiunile conturului pot fi liniare (fig. 4.6, *a*) sau unghiulare (fig. 4.6, *b*).

Cel mai simplu lanț de dimensiuni liniare s-a întîlnit în cazul ajustajelor în care lanțul era format din trei elemente D, d, j sau s (v. fig. 4.4, *a*, *b*).

Dimensiunile unui lanț se împart în:

— dimensiuni componente sau primare (D și d);

— dimensiuni de închidere (j și s).

Dintre cele mai importante lanțuri de dimensiuni se menționează:

— În funcție de elementul la care se referă:

— lanțuri de dimensiuni ale pieselor separate sau de reper (fig. 4.7, *a*);

— lanțuri de dimensiuni de asamblare sau de montaj (fig. 4.7, *b*).

— În funcție de cum sînt stabilite bazele de cotare:

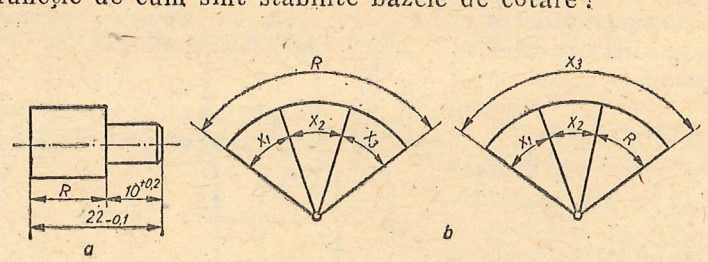


Fig. 4.6. Lanțuri de dimensiuni:
a — liniare; *b* — unghiulare.

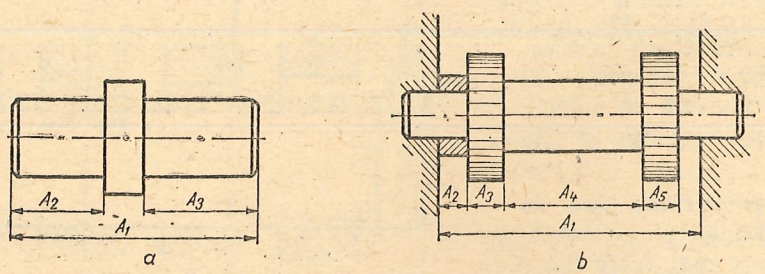


Fig. 4.7. Lanțuri de dimensiuni:
a — de reper; *b* — de asamblare.

— lanțuri de dimensiuni în paralel (dimensiunile au aceeași bază de cotare — fig. 4.8, *a*);

— lanțuri de dimensiuni în serie (dimensiunile au baze de cotare diferite — fig. 4.8, *b*);

— lanțuri de dimensiuni mixte (fig. 4.8, *c*).

Din acest punct de vedere, la pornirea M.A.E. sînt recomandate:

— lanțuri de dimensiuni în serie și paralel, la piese simple;

— lanțuri de dimensiuni mixte, la piese complexe și ansambluri.

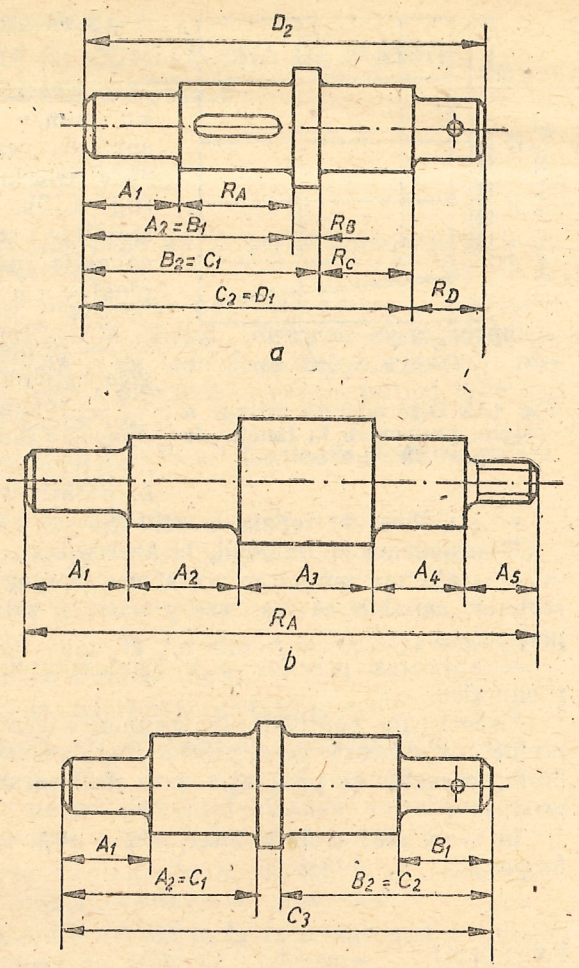


Fig. 4.8. Lanțuri de dimensiuni de diferite tipuri:
a — lanțuri în paralel; *b* — lanțuri în serie; *c* — lanțuri mixte.

4.2. CALITATEA SUPRAFEȚELOR PRELUCRATE MECANIC

Unul din factorii importanți ce caracterizează calitatea unei piese prelucrate este calitatea suprafeței acesteia.

După prelucrare, pe suprafața pieselor rămîn microneregularități (asperități), al căror ansamblu poartă numele de *rugozitate*.

La prelucrarea mecanică prin așchiere, apariția microneregularităților se explică prin ruperile și smulgerile de particule care apar în urma deformațiilor plastice și a frecărilor din zona planului de forfecare, prin apariția și eliminarea depunerii de pe tăiș, prin prezența vibrațiilor etc.

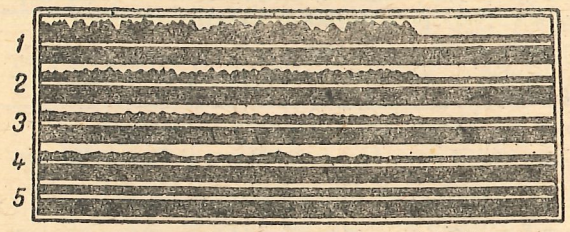


Fig. 4.9. Rugozități obținute prin diferite procedee tehnologice:
1 — turnare; *2* — rectificare; *3* — honuire; *4* — șlefuire; *5* — superfinisare.

Fiecare procedeu tehnologic se caracterizează prin obținerea unei rugozități situate între anumite limite.

În figura 4.9 este reprezentată rugozitatea caracteristică pentru cele mai uzuale procedee tehnologice.

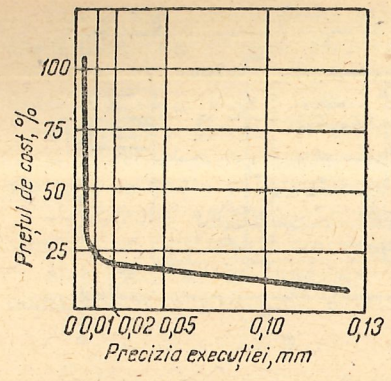


Fig. 4.10. Diagrama de variație a costului prelucrării în funcție de precizia de execuție.

4.3. PRECIZIA ECONOMICĂ DE PRELUCRARE

O precizie de prelucrare ridicată impune un număr mai mare de operații, utilaje speciale, personal cu calificare înaltă etc., condiții care ridică însă costul prelucrării (fig. 4.10). Din această cauză, proiectanții stabilesc precizii de prelucrare mai scăzute, capabile, însă, să asigure funcționarea și exploatarea normală a produsului.

Sub acest aspect, proiectantul rezolvă :

— proiectarea unei contrucții tehnologice raționale ;

— toleranța rațională cît mai largă a dimensiunilor, a formelor și a pozițiilor suprafețelor, în condițiile asigurării interschimbabilității totale la producția în masă ;

— stabilirea rațională a calității suprafețelor.

De asemenea, tehnologii, în același scop, se ocupă de :

— stabilirea anumitor procedee tehnologice, mașini-unelte, S.D.V.-uri și regimuri capabile să realizeze precizia și calitatea suprafețelor la costul cel mai scăzut ;

— aplicarea practică a interschimbabilității în funcție de caracterul producției.

Uneori, din considerente economice generale, se impune o precizie de prelucrare, ridicată, care, privită singular, este neeconomică, însă pe ansamblul procesului de producție, prin desfășurarea sa ulterioară, reduce costul produsului.

În acest mod trebuie interpretată noțiunea de *precizie economică de prelucrare.*

EXERCIȚII

4.1. Diametrul interior al unei bucșe este $\varnothing\ 60^{+0,070}_{+0,030}$ mm.

Să se calculeze :

— diametrele limită — maxim și minim ;

— toleranța prescrisă.

Răspuns : $D_{max} = 60{,}070$ mm ; $D_{min} = 60{,}030$ mm ; $T = 0{,}040$ mm.

4.2. Arborele unei roți are diametrul nominal $N = 50$ mm, dimatrul maxim de 50,030 mm, iar diametrul minim de 50 mm. Să se determine abaterile limită și toleranța.

Răspuns : abaterea superioară, $a_s = 0{,}030$ mm ; abaterea inferioară $a_i = 0$; toleranța $t = 0{,}030$ mm.

Deci, pe desenul de execuție se va scrie $\varnothing\ 50 + {}^{0,030}_{0}$ mm.

4.3. Să se calculeze caracteristicile ajustajului cu strîngere, cunoscînd că diametrul alezajului este : $\varnothing\ 100^{-0,124}_{-0,178}$ mm, iar al arborelui $\varnothing\ 100^{+0}_{-0,035}$ mm.

Răspuns :

$T = 0{,}054$ mm ; $t = 0{,}035$ mm ; $S_{max} = 0{,}178$ mm ; $S_{min} = 0{,}089$ mm și $T_s = 0{,}089$ mm.

4.4. Caracteristicile unui ajustaj sînt :

$$N = 30 \text{ mm} ;\ T = t ;\ T_j = 0{,}07 \text{ mm} ;\ J_{max} = 0{,}106 \text{ mm și } A_i = 0.$$

Să se determine : T, A_s, a_i.

Răspuns : $T = 0{,}035$ mm ; $A_s = 0{,}035$ mm ; $a_i = -0{,}071$ mm.

CAPITOLUL 5

DISPOZITIVE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI ȘI APARATE ELECTRICE

5.1. GENERALITĂȚI

Nici un proces tehnologic de fabricație nu se poate desfășura în bune condiții fără existența unor dispozitive.

Dispozitivele sînt ansambluri tehnologice auxiliare necesare executării operațiilor, din procesul de fabricație a M.A.E., de prelucrare mecanică, de confecționat bobine, de asamblare și de control, realizînd orientarea pieselor sau a sculelor, executarea corectă a diferitelor operații, putînd îndeplini funcții ale utilajelor sau ale muncitorilor.

Ele fac parte din marea grupă de S.D.V.-uri (scule-dispozitive-verificatoare), care stă la baza oricărei fabricații.

Dispozitivele trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

— să fie suficient de rezistente și rigide, pentru a nu se deforma sau a vibra sub acțiunea forțelor și a momentelor ce iau naștere în timpul executării piesei ;

— să fie în așa fel concepute, încît să permită o manevrare comodă și rapidă, cu un efort minim din partea muncitorilor ;

— să corespundă din punctul de vedere al securității muncii ;

— să aibă o construcție simplă, să fie ușor de executat și de reparat.

În construcția de mașini și aparate, la prelucrări mecanice, bobinări, asamblări și control se folosește un echipament tehnologic variat, care trebuie să imprime fabricației calitatea și productivitatea necesară.

Dispozitivele prezintă o deosebită importanță în echiparea tehnologică a producției, rezolvînd, în principal, următoarele probleme :

— *Precizia de lucru*, ca urmare a realizării în mod automat a poziției corecte a semifabricatului în raport cu scula de prelucrare.

În cazul dispozitivelor de asamblare sau de control se asigură, de asemenea, precizia montajului și a verificării pieselor, a subansamblurilor și a ansamblurilor și se pot deci folosi muncitori cu calificare mai redusă.

— *Productivitatea sporită*, realizată prin eliminarea operațiilor de trasaj, scurtarea timpului necesar pentru așezarea și fixarea semifabricatului, suprapunerea timpilor auxiliari cu cei de mașină, eliminarea reglărilor și a verificărilor repetate etc.

— *Uniformitatea fabricației* și deci asigurarea unei calități uniforme și corespunzătoare a tuturor produselor, realizîndu-se simultan și condițiile de interschimbabilitate între piese și subansambluri.

— *Reducerea efortului fizic* depus de muncitori și garantarea securității muncii.

— *Lărgirea posibilităților tehnologice ale utilajlor.* Concepția și realizarea dispozitivelor trebuie să ducă la îmbinarea armonioasă a indicațiilor de mai sus, fiindcă numai în acest fel un dispozitiv este util și își realizează rolul prevăzut.

5.1.1. CLASIFICAREA DISPOZITIVELOR

Clasificarea dispozitivelor se poate face după diverse criterii :

După modul de lucru, dispozitivele pot fi :

— dispozitive fixate pe o mașină-unealtă la care urmează a se executa semifabricatul ; de exemplu : dispozitive pentru mașini-unelte așchietoare, pentru mașini de depănat bobinele etc. ;

— dispozitive independente putînd îndeplini funcții de utilaje sau chiar ale unor muncitori ; de exemplu : dispozitive de format bobine, dispozitive de format conuri izolante, dispozitive de transport etc.

După gradul lor de specializare, dispozitivele pot fi :

— dispozitive universale, în special pentru prelucrarea semifabricatelor cu dimensiuni și forme diferite ; de exemplu : capete divizoare, capete de găurit universale cu mai multe axe, menghine, mandrine etc. Aceste dispozitive se folosesc în producția de unicate și în serie mică, deoarece sînt neproductive ;

— dispozitive specializate, ce permit prelucrarea unui corp de piese prin adaptarea unor elemente schimbabile sau reglabile. Ele se întrebuințează în cazul tehnologiei de grup, fiind mai productive ;

— dispozitive speciale, construite pentru efectuarea unor operații la anumite piese. Acestea sînt costisitoare, dar, datorită productivității mari, se justifică folosirea lor la producția în serie mare și în masă.

După natura proceselor tehnologice la care se folosesc, dispozitivele pot fi :

— pentru prelucrări mecanice, care sînt atît pentru prinderea, așezarea și orientarea piesei de prelucrat cît și a sculei de lucru ;

— pentru montaj, care constau din diverse dispozitive de prindere și ridicare a subansamblurilor, prese ușoare de introdus și extras piesele ce se asamblează prin strîngere, dispozitive de centrare etc. ;

— pentru bobinaj, din care fac parte diferite dispozitive pentru depănarea și confecționarea bobinelor, pentru bobinat, pentru lipit colectoare sau mufe etc. ;

— pentru control, cum sînt dispozitivele de măsurări mecanice, de numărat spirele la bobine, de control ultrasonic etc. ;

— pentru încercări, atît mecanice, cum sînt încercările la tracțiune sau verificările la presiune ale carcaselor și recipientelor, cît și electrice, de exemplu, la tensiunea mărită a înfășurărilor ;

— pentru împachetat miezurile magnetice ale mașinilor electrice rotative și transformatoarelor.

În general, așa cum se va vedea, toate procesele tehnologice au dispozitivele lor specifice.

După natura unor elemente constructive și mecanisme folosite, dispozitivele pot fi :

— mecanice, pentru prinderea prin : manivele, pîrghii, pene, manete cu excentric etc. ;

— hidraulice, cum sînt presele cu ulei simplex sau duplex pentru montaj ;

— pneumatice, destinate, în special, pentru prinderea și desfacerea pieselor, pentru schimbarea poziției în timpul executării procesului tehnologic etc. ;

— pneumohidraulice, care au elemente de prindere și acționare combinate : pneumatice și hidraulice ;

— electromecanice și electromagnetice, folosite, în special, la dispozitivele de prindere, cum sînt mesele electromagnetice de la mașinile de rectificat etc.

În același timp, acționările dispozitivelor pot fi : manuale, mecanizate sau automatizate.

5.1.2. EFICACITATEA ECONOMICĂ

La executarea unui semifabricat cu folosirea unui dispozitiv, eficacitatea economică rezultă din compararea economiilor obținute prin micșorarea timpilor de lucru, atît cu costul dispozitivului cît și cu cheltuielile sale de întreținere.

Dacă se notează cu T_{u1} timpul unitar de muncă necesar executării piesei fără dispozitiv, iar cu T_{u2} timpul unitar de muncă pentru executarea piesei cu dispozitivul analizat, economia de timp de muncă t este :

$$t = T_{u1} - T_{u2} \text{ [h]}. \tag{5.1}$$

Economia rezultată la salariile directe va fi :

$$e = T_{u1}S_1 - T_{u2}S_2 \text{ [lei]}, \tag{5.2}$$

în care :

S_1 și S_2 sînt retribuțiile tarifare, în lei/h, ale muncitorilor care lucrează în acord, înainte (S_1) și după introducerea dispozitivului analizat (S_2).

Ținînd seama și de regia secției I_s, în procente, care este de 200—450%, efectul economic E, pentru o piesă, va fi :

$$E = (1 + 0{,}01\ I_s)e \text{ [lei/buc.]}, \tag{5.3}$$

iar efectul economic anual E_A, pentru cele N bucăți, pe an, este :

$$E_A = NE \text{ [lei/an]}. \tag{5.4}$$

Eficacitatea economică este asigurată în cazul în care valoarea cheltuielilor anuale C_A, pentru exploatarea dispozitivului analizat, inclusiv cota parte din costul dispozitivului, nu întrece economiile realizate anual E_A, prin folosirea dispozitivului, adică :

$$C_A < E_A \text{ [lei/an]}. \tag{5.5}$$

Pe de altă parte, valoarea cheltuielilor anuale C_A, pentru amortizarea și exploatarea dispozitivului analizat, este :

$$C_A = \frac{C}{d}(1 + 0{,}01\ R_1) \text{ [lei/an]}, \tag{5.6}$$

unde :

C este costul dispozitivului, în lei ;

d — durata de exploatare a dispozitivului, în ani ;

R_1 — procentul cheltuielilor de întreținere a dispozitivului, de obicei 5—20% din C.

Cu ajutorul relațiilor (5.2) și (5.3), ecuația (5.5) devine :

$$C_A < (1 + 0{,}01\ I_s)(T_{u1}S_1 - T_{u2}S_2)N \text{ [lei/an]}. \tag{5.7}$$

În unele cazuri, se poate admite introducerea dispozitivului chiar dacă valoarea cheltuielilor anuale C_A este egală cu economiile realizate E_A.

Costul unui dispozitiv nu trebuie să depășească, în general, economia realizată din utilizarea lui timp de 20 de ani.

5.2. ELEMENTELE COMPONENTE ALE DISPOZITIVELOR

Dispozitivele, în funcție de complexitatea lor, sînt compuse din diferite elemente, care, prin funcțiile lor, contribuie la realizarea scopului urmărit prin utilizarea dispozitivului în procesul tehnologic.

Principalele elemente componente ale dispozitivelor sînt : elementele de așezare (reazeme), elementele și mecanismele de strîngere, mecanismele de centrare și strîngere, mecanismele de indexare și corpul dispozitivului.

Elementele de așezare servesc la bazarea pieselor în corpul dispozitivului pentru a orienta suprafața de prelucrat a piesei în raport cu traiectoria muchiei așchietoare a sculei.

Elementele și mecanismele de strîngere, împreună cu cele de așezare, trebuie să înlăture posibilitatea deplasării sau a deformării pieselor supuse acțiunii forțelor sau momentelor de prelucrare sau greutății proprii.

Mecanismele de centrare și de strîngere asigură simultan cu fixarea piesei și orientarea acesteia după unul sau două plane de simetrie.

Mecanismele de indexare sînt utilizate, de obicei, la dispozitivele turnate pentru fixarea poziției relative a piesei de prelucrat față de traiectoria muchiei așchietoare a sculei.

Corpul dispozitivului constituie elementul de bază și servește la asamblarea tuturor elementelor și a mecanismelor, precum și la așezarea și fixarea dispozitivului pe mașina-unealtă sau pe utilaj.

Dacă dispozitivul nu este destinat să se așeze, în timpul folosirii, pe o mașină-unealtă sau pe un alt utilaj, atunci elementelor componente corespunzătoare acestor funcții (de așezare, de centrare și de strîngere, de simetrie etc.) li se poate acorda, la execuție, o atenție mai mică din punct de vedere dimensional, în comparație cu celelalte părți componente care realizează scopul pentru care s-a construit dispozitivul.

5.2. TIPURI DE DISPOZITIVE UTILIZATE IN CONSTRUCȚIA MAȘINILOR ȘI APARATELOR ELECTRICE

S-a arătat că fiecărui proces tehnologic îi sînt specifice anumite dispozitive. Totuși, în funcție de specificul operațiilor necesare, se utilizează mai frecvent următoarele tipuri de dispozitive :

— *Dispozitive pentru prelucrări mecanice* prin așchiere, care, după felul prelucrării, pot fi :

— pentru strunguri și mașini de rectificat : vîrfurile și dornurile (pentru centrare), inimile și flanșele de antrenare (pentru antrenare), lunetele (reazeme suplimentare), mandrinele sau universalele (pentru strîngere și centrare) etc. ;

— pentru mașini-unelte de frezat : menghinele (pentru strîngere și reglare), dispozitivele divizoare, mesele rotative cu ax vertical și orizontal etc. ;

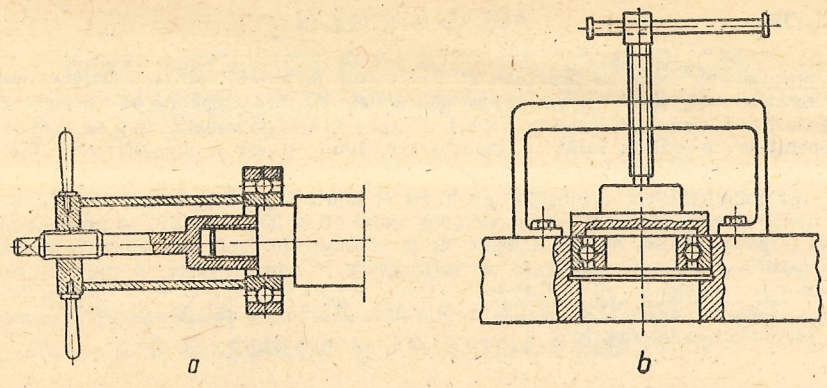


Fig. 5.1. Presă cu șurub pentru montarea rulmenților :
a — pentru presarea pe inelul interior ; *b* — pentru presarea pe inelul exterior.

— pentru mașini-unelte de găurit : dispozitive turnante (rotative) cu ax vertical (mese turnante) sau cu ax orizontal (tambure), capete de găurit multiax etc. ;

— pentru mașini de broșat : dispozitive de broșat pentru interior (inclusiv alezaje) și pentru exterior etc.

— *Dispozitive de asamblare* (de montaj), care se folosesc la așezarea corectă și la fixarea subansamblurilor.

După gradul de specializare, aceste dispozitive pot fi :

— universale, întrebuințate la producția individuală și în serie mică : prisme și colțare de așezare, stelaje și grinzi de asamblare, dispozitive de ridicare, prese manuale (cu șurub) sau hidraulice portabile etc. În figura 5.1 sînt indicate, de exemplu, două tipuri de prese cu șurub :

— speciale, care se folosesc la producția în serie mare și în masă, pentru executarea unor operații de asamblare, ca :

— așezarea rapidă și precisă a pieselor de îmbinat ;

— menținerea corectă a poziției de asamblare și control etc.

— *Dispozitive de împachetare,* care se folosesc la împachetarea și presarea pachetelor de tole pentru miezurile magnetice. Un exemplu de dispozitiv pentru împachetarea polilor magnetici este indicat în figura 8.29.

— *Dispozitive pentru înfășurări,* care se folosesc fie la executarea bobinelor pentru mașinile electrice rotative (v. fig. 9.26, 9.31 și 9.37) sau pentru transformatoare (fig. 5.2), fie la mașinile automate de bobinat (fig. 5.3).

— *Dispozitive de control,* care se folosesc pentru verificarea semifabricatelor, a pieselor și a subansamblurilor de M.A.E.

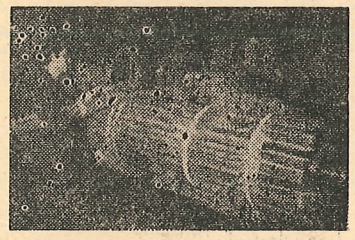


Fig. 5.2. Dispozitiv universal pentru depănarea bobinelor pentru transformatoare (cilindrice).

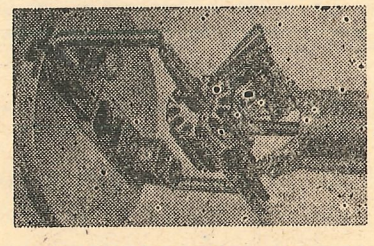


Fig. 5.3. Dispozitiv utilizat la mașinile automate de bobinat mașini electrice.

APLICAȚIE

În procesul tehnologic de fabricație al unei mașini de curent continuu intră și lipirea bobinelor rotorice la colector. Colectorul are 300 lamele. Lipirea obișnuită cu ciocanul de lipit, încălzit electric sau cu gaze, durează circa 3 min pentru fiecare lamelă, timp în care se includ toate operațiile: pregătire, încălzire, curățire etc., fiind necesar un muncitor cu calificare superioară (categoria 6/2 cu 11,5 lei/h).

Pentru îmbunătățirea condițiilor de lucru și mărirea productivității muncii, avînd în vedere numărul mare de bucăți ce se execută anual ($B = 350$ buc./an), se propune executarea unui dispozitiv (baie) de lipit înfășurarea la colector. În acest caz, operația de lipire, cu toate pregătirile și operațiile auxiliare, se realizează în 30 min, de către un muncitor cu o calificare mai mică (categoria 4/2 cu 9,45 lei/h). Costul dispozitivului este de 25 000 lei, iar durata lui de funcționare de 5 ani. Este justificată folosirea unui astfel de dispozitiv? Care este eficacitatea economică a folosirii lui?

Rezolvare:

Economia rezultată din salariile directe, conform relației (5.2), este:

$e = T_{u1}S_1 - T_{u2}S_2 = 15 \cdot 11{,}5 - 0{,}5 \cdot 9{,}45 = 168$ lei/buc., în care:

$T_{u1} = 300$ lamele $\times$ 3 min $= 900$ min $= 15$ h;

$T_{u2} = 30$ min $= 0{,}5$ h.

Efectul economic E pentru o bucată, conform relației (5.3), la o regie $I_s = 300\%$, este $E = (1 + 0{,}01I_s)\ e = (1 + 0{,}01 \cdot 300)168 = 672$ lei/buc., iar efectul economic anual

$$E_A = NE = 350 \times 672 = 235\,200 \text{ lei/an.}$$

Cheltuielile anuale C_A, conform relației (5.6) pentru exploatarea dispozitivului, inclusiv cota parte din cost, pe un an, sînt:

$$C_A = \frac{C}{d}(1 + 0{,}01R_1) = \frac{25\,000}{5}(1 + 0{,}01 \cdot 10) = 5\,500 \text{ lei/an,}$$

în care s-a considerat procentul cheltuielilor de întreținere anuală $R_1 \approx 10\%$.

După cum se observă

$$C_A = 5\,500 < E_A = 235\,200 \text{ lei/an,}$$

ceea ce justifică introducerea dispozitivului de lipit bobinele la colector chiar dacă ar funcționa numai 5 ani.

PARTEA A DOUA

PĂRȚI MECANICE FOLOSITE ÎN CONSTRUCȚIA MAȘINILOR ȘI APARATELOR ELECTRICE

CAPITOLUL 6

TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A PĂRȚILOR MECANICE ALE MAȘINILOR ȘI APARATELOR ELECTRICE

6.1. TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A ARBORILOR

6.1.1. GENERALITĂȚI

La o mașină electrică, arborele este una din piesele cele mai importante pe care se fixează miezul magnetic, înfășurarea, inelele de contact sau colectorul — la mașinile cu colector, semicupla sau șaiba de curea etc. Arborele suportă, deci, greutatea totală a părții în mișcare — rotorul — și, în plus, solicitările datorate cuplului de rotație pe care îl transmite. Uneori, arborele suportă eforturi axiale, de obicei de întindere, care se întîlnesc la mașinile verticale. Eforturi de întindere foarte mari suportă arborii hidrogeneratoarelor, ca urmare a reacțiunii axiale a turbinelor.

De rigiditatea arborelui și de precizia prelucrării lui depinde uniformitatea întrefierului (între stator și rotor), fără de care arborele este supus forței de atracție magnetice unilaterale. De asemenea, arborele suportă și eforturile datorate neechilibrării pieselor montate pe el, în special cînd trece prin vitezele critice de rotație.

Un arbore de mașină electrică trebuie să îndeplinească următoarele condiții:

— să fie suficient de rezistent pentru a putea suporta, fără deformații permanente, încărcările care apar în timpul exploatării mașinii:

— să aibă o rigiditate suficientă pentru ca, în timpul funcționării, săgeata lui să nu ducă la pericolul atingerii suprafeței rotorului de suprafața statorului;

— vitezele critice de rotație ale arborelui să fie suficient de îndepărtate de viteza nominală de rotație a mașinii.

6.1.1.1. **Clasificarea arborilor.** Formele constructive ale arborelui depind nu numai de considerațiile de calcul corect și de alegere a dimensiunilor constructive — în trepte — astfel ca arborele să se apropie de forma solidului de egală rezistență, ci și de modul de prelucrare, și de reperele care vor trebui montate pe arbore, de forma și numărul acestora (fig. 6.1).

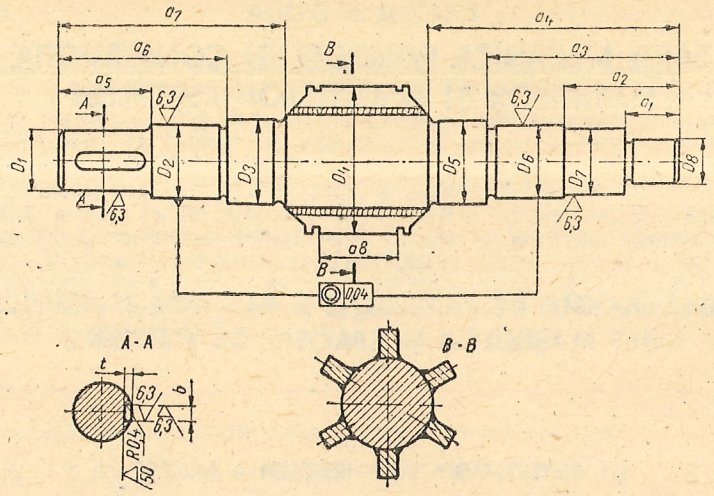


Fig. 6.1. Arbore pentru mașină electrică.

După forma pe care trebuie să o ia în final arborele și după procesul tehnologic aplicat, se deosebesc :

— *Arbori simpli* (fără nervuri), care pot fi netezi (folosiți cu precădere la aparatele electrice) și *în trepte* (construcție specifică mașinilor electrice rotative).

— *Arbori cu nervuri*, folosiți în situațiile în care diametrul interior al tolei-rotor este mai mare decît diametrul necesar pentru arbore sau trebuie prevăzute spații pentru ventilație (intrarea aerului pe sub miez). La rîndul lor, aceștia pot fi :

— *cu nervuri sudate* (fig. 6.2, *a*), folosiți, în general, la mașinile asincrone, la mașinile de curent continuu și sincrone cu poli înecați ;

— *cu nervuri prelucrate* (fig. 6.2, *b*), folosiți cînd funcționarea mașinii impune condiții deosebit de grele pentru arbore (de exemplu, în tracțiunea electrică, la poduri rulante etc.) sau cînd înălțimea nervurilor ar rezulta prea mică, pentru a fi sudate.

— *Arbori tip butuc* (fig. 6.3), folosiți la mașinile sincrone cu poli aparenți pe rotor, cu diametre mici și de turație mare ; în acest caz, arborele ține loc și de jug magnetic rotor.

— *Arbori flanșați* (fig. 6.4), cînd arborele se execută împreună cu o flanșă pentru transmiterea cuplurilor mari la care îmbinările cu pană nu mai fac față ; de reținut că aceștia se forjează, iar flanșa mărește complexitatea semifabricatului forjat, care necesită adaosuri de prelucrare mult mai mari. În ultima vreme, dezvoltarea sudării electrice sub flux permite executarea de arbori cu flanșe sudate, echivalente cu arborii flanșați. Această soluție conduce la economii considerabile de material.

— *Arbori pentru turbogeneratoare*, forjați împreună cu butucul rotorului, care, de asemenea, ridică probleme de fabricație foarte complicate, date fiind dimensiunile lor mari (diametrul 1 m, iar lungimea de 10 m și chiar peste 10 m).

— *Arbori compuși*, fie din mai mulți arbori asamblați cap la cap, fie din flanșe îmbinate între ele prin sudare sau prin presare. Necesitatea arborilor compuși a fost impusă de mai multe cerințe, cum ar fi : mai multe mașini

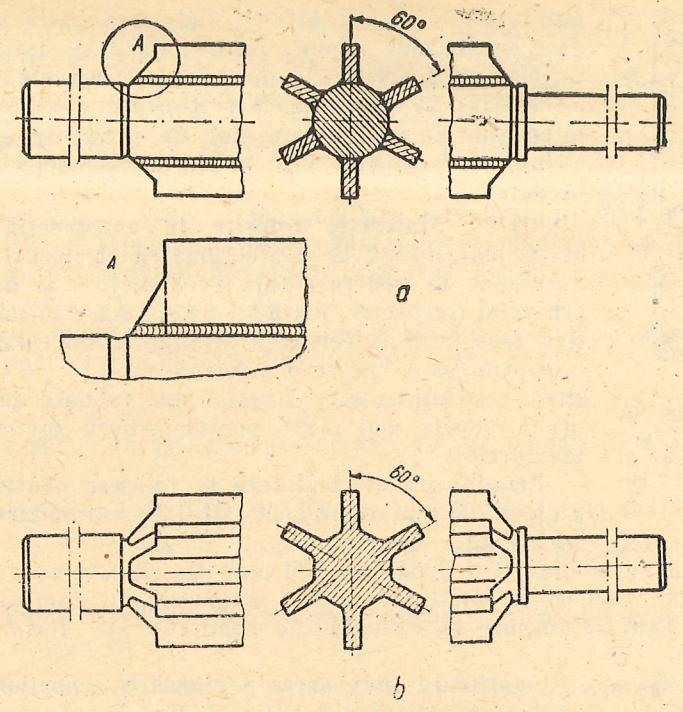


Fig. 6.2. Arbore cu nervuri :
a — sudate ; *b* — prelucrate.

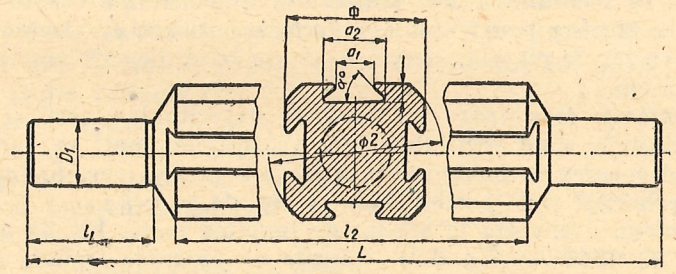


Fig. 6.3. Arbore cu butuc (tip butuc).

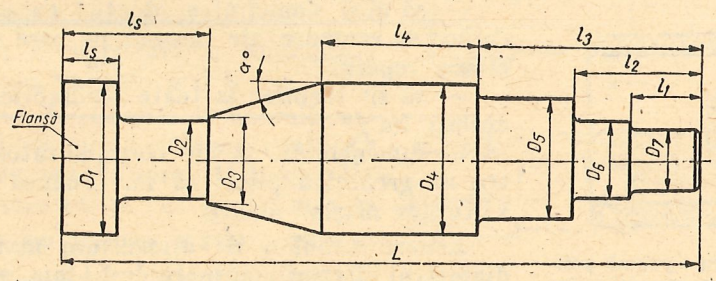


Fig. 6.4. Arbore flanșat.

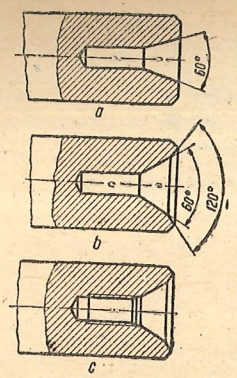


Fig. 6.5. Găuri de centrare:
a — forma normală ; *b* — cu con de protecție ; *c* — cu filet.

montate pe același arbore, lungimea mare a arborelui dacă acesta s-ar executa dintr-o bucată), imposibilitatea forjării unor arbori de dimensiuni mari etc.

Gradul de normalizare și tipizare a arborilor determină simplificarea operațiilor de pregătire și scurtarea ciclului de fabricație prin aplicarea proceselor tehnologice moderne.

6.1.1.2. **Materiale folosite în construcția arborilor.** Materialul folosit la confecționarea arborilor se alege avîndu-se în vedere forma constructivă și dimensiunile arborelui (respectiv, diametrul acestuia) ; forma constructivă face posibilă folosirea semifabricatelor laminate, iar dimensiunile — peste o anumită valoare — impun folosirea semifabricatelor forjate sau turnate (acestea din urmă folosite mai puțin pentru arborii supuși la solicitări grele).

Semifabricatele laminate se folosesc pentru diametre pînă la 200 mm, din OL 50, OLC 35 normalizat și OLC 45 normalizat.

Arborii al căror diametru depășește 200 mm (fie că este vorba numai de treapta activă pe care se montează miezul magnetic), precum și arborii cu condiții de calitate impuse se execută din semifabricate forjate la profilele cerute.

6.1.1.3. **Operații pregătitoare în vederea prelucrării arborilor.** Numărul și succesiunea operațiilor pregătitoare trebuie să țină seama de varietatea mare a formei și dimensiunilor arborilor, precum și procedeelor de obținere a semifabricatului.

Operațiile pregătitoare în vederea prelucrării arborilor sînt :

— *debitarea* semifabricatului laminat la dimensiunile cerute de proiect, care se poate efectua prin : așchiere, forfecare, tăiere cu flacără oxiacetilenică, tăiere cu jet de plasmă, electrică etc., la baza alegerii procedeului stînd criteriul economic ;

— *îndreptarea*, care apare ca necesară datorită laminării și depozitării necorespunzătoare, cînd semifabricatele cu lungimi mari se pot curba sau strîmba. Îndreptarea se poate executa la cald sau la rece, în funcție de dimensiunile arborilor și de posibilitățile locului de muncă ;

— *centruirea*, executată la arborii de lungime mare. Forma găurilor este conform STAS 1361-73 (fig. 6.5). Găurile de centrare trebuie să satisfacă următoarele cerințe :

— să fie coaxiale între ele și să corespundă cu axa semifabricatului, pentru a asigura un adaos de prelucrare minim ;

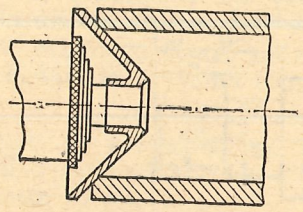


Fig. 6.6. Vîrf special pentru centrarea arborilor tubulari.

— să aibă conicitatea identică cu cea a vîrfurilor de centrare ale mașinii pe care se prelucrează reperul ;

— să fie identice la toate semifabricatele din același lot ;

— dimensiunile să fie corespunzătoare, pentru ca greutatea piesei să nu producă strivirea vîrfurilor mașinii-unelte.

Arborii tubulari de dimensiuni mari, avînd diametrul interior mai mare de 10 mm, se fixează cu ajutorul vîrfurilor speciale (fig. 6.6).

— *strunjirea* pentru decojire sau degroșarea brută, efectuată în scopul eliminării diferitelor neregularități ale suprafeței exterioare a semifabricatului ; se execută pe mașini cu un grad de uzare mai accentuat, care, de obicei, nu se mai întrebuințează la alt gen de prelucrări ;

— *sudarea nervurilor* (la arborii cu nervuri sudate) cu ajutorul instalațiilor automate pentru sudare ;

— *detensionarea*, în vederea omogenizării structurii interne a materialului, prin eliminarea tensiunilor interne rămase de la sudare. Operația constă, de regulă, în încălzirea semifabricatului în cuptor, la temperatura de 600... 800°C, urmată, apoi, de răcire lentă ;

— *rectificarea găurilor* de centrare, dacă se constată că acestea nu mai răspund cerințelor pentru care au fost create.

6.1.2. PROCESUL TEHNOLOGIC DE PRELUCRARE A ARBORILOR

Pentru ilustrarea operațiilor tehnologice se va alege cel mai complex arbore, din punct de vedere constructiv, și anume, cu nervuri sudate (v. fig. 6.2).

Considerîndu-se operațiile pregătitoare efectuate, procesul tehnologic de prelucrare se rezumă la :

— *Prelucrarea prin strunjire* care cuprinde, în general, strunjirea de degroșare și strunjirea de finisare.

Strunjirea de degroșare se alege în funcție de forma constructivă și de dimensiunile arborelui, de numărul de bucăți ale lotului de fabricație respectiv, de sistemul de producție (de unicate, în serie, în masă), de adaosurile de prelucrare, de utilajul existent, de regimurile de prelucrare etc.

Prelucrarea prin strunjire de degroșare a arborilor în trepte se poate realiza în mai multe variante (fig. 6.7, *a*, *b*, *c*).

În varianta *a*, treptele *1*, *2* și *3* se strunjesc separat și succesiv, începînd cu treapta cea mai mică, în care caz adaosul de prelucrare și încărcarea mașinii sînt mari.

În varianta *b*, treptele se execută prin strunjirea fiecărui diametru succesiv, începînd cu diametrul cel mai mare ; în acest caz, adaosul de prelucrare și încărcarea mașinii sînt mici.

Varianta *c* reprezintă o combinație între cele două variante *a* și *b*.

Strunjirea de finisare, la anumiți arbori mijlocii și mari, este precedată de strunjirea de semifinisare. Atît operația de semifinisare cît și cea de finisare se pot executa pe aceleași mașini-unelte și prin aceleași metode ca și strunjirea de degroșare. Totuși, în vederea obținerii

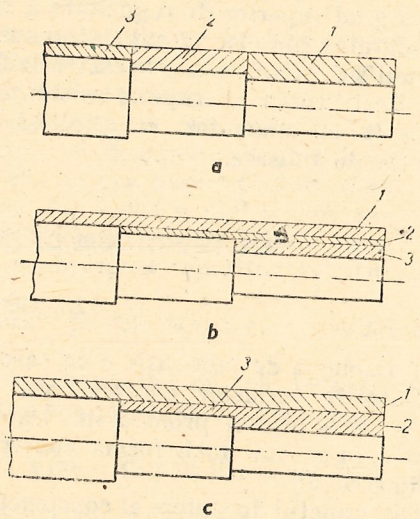


Fig. 6.7. Variante ale divizării adaosului de prelucrare.

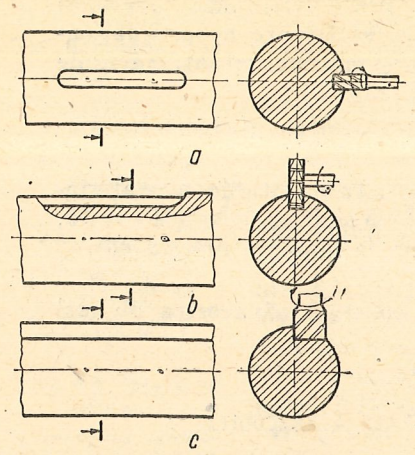


Fig. 6.8. Diferite forme de canale de pană :
a — pentru pene paralele ; *b* — pentru pene înclinate ; *c* — pentru pene tangențiale.

preciziei dimensionale și de formă a suprafețelor corespunzătoare, precum și a unei rugozități impuse, se recomandă ca finisarea și chiar semifinisarea să fie executate pe alte mașini decît cele utilizate la degroșare, care pot realiza o precizie dimensională mărită.

— *Prelucrarea canalelor de pană.* În vederea asamblării pe arbore a părților componente (ale rotorului, în cazul mașinilor electrice rotative) din ansamblul respectiv, se utilizează pene, de obicei paralele, pentru care în arbore trebuie executate canalele respective.

Operația se execută pe mașina de frezat, utilizîndu-se o freză-deget cu diametrul cît lățimea canalului de pană. Pentru a fi posibilă prelucrarea dintr-o singură prindere a arborelui pe masa mașinii-unelte, este indicat ca toate canalele de pană din lungul arborelui să fie coliniare (în aceeași parte a arborelui), adică pe aceeași generatoare.

Atît penele cît și canalele lor din arbore sînt standardizate. Cele mai întîlnite forme de canale de pană sînt reprezentate în figura 6.8.

— *Găurirea și filetarea.* În construcția unui arbore, găurirea și filetarea se întîlnesc destul de rar și anume cînd fie se găurește locașul de pană pentru fixarea penei, fie se prevăd găuri în oricare altă porțiune a arborelui, în vederea fixării cu cleme prin șuruburi a unor piese anexe necesare la asamblare. De cele mai multe ori, aceste operații se realizează în atelierele de montaj și deci pot fi omise în cazul de față.

— *Rectificarea arborilor.* În vederea obținerii unei precizii superioare și a unui grad superior de rugozitate a suprafețelor de îmbinare, pentru a mări durabilitatea pieselor în exploatare, se execută rectificarea suprafețelor care, așa cum s-a văzut, este o operație de finisare ce se realizează cu discuri abrazive. Rectificarea presupune existența unor degajări standardizate la trecerea de la un diametru la altul și lăsarea unui adaos de prelucrare la operația de finisare.

6.2. TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A CARCASELOR

6.2.1. GENERALITĂȚI

Tehnologia de fabricație a carcasei ridică probleme foarte dificile.

Datorită formelor constructive, la calculul carcaselor apar dificultăți foarte mari pentru proiectanți. De cele mai multe ori acestea se rezolvă adoptîndu-se mai întîi forma constructivă a carcasei și apoi efectuîndu-se verificarea ei.

Din punctul de vedere al construcției și al procedeului de fabricație aplicat, carcasele pot fi :

— carcase turnate, sudate și ștanțate ;

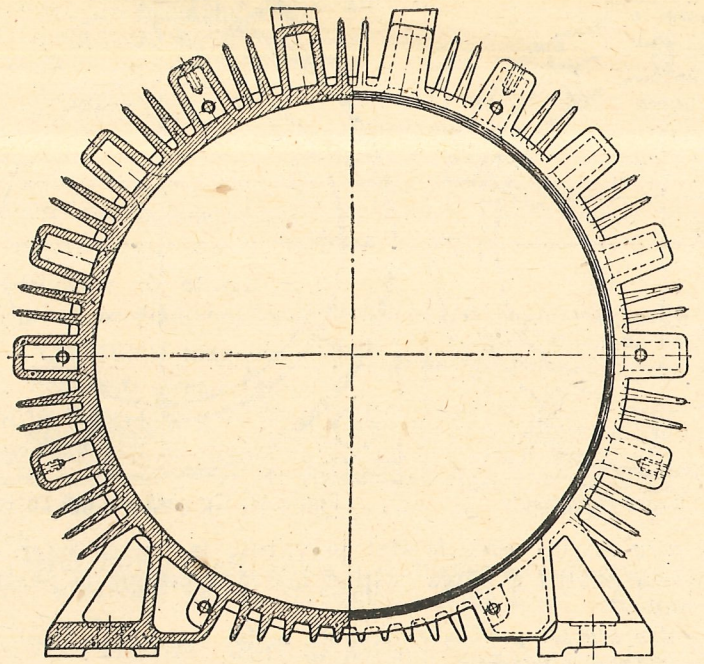


Fig. 6.9. Carcasă turnată cu nervuri și buzunare de răcire (secțiune).

— carcase pentru mașini orizontale și mașini verticale ;
— carcase pentru scuturi portlagăr și pentru lagăre separate.

Carcasele turnate (fig. 6.9) se execută din fontă și oțel — la mașinile de curent continuu — sau din aluminiu — la mașinile mici, întregi sau jumelate (din două bucăți). În general, ele se utilizează la mașini de puteri mici și mijlocii, în producția de serie, dată fiind productivitatea lor mare, adică acolo unde se poate justifica realizarea modelului, cunoscîndu-se că este destul de ridicat costul acestuia.

Carcasele jumelate, pentru mașini mari, se folosesc în situații impuse de condițiile de transport pe calea ferată, de montaj, sau insuficienta capacitate a cuptorului de topit oțel și a oalelor de turnare.

Carcasele turnate sînt preferate mai ales acolo unde construcția este cu nervuri și buzunare (cavități) de răcire (fig. 6.9), impuse de gabaritele reduse ale mașinilor, în scopul măririi suprafețelor de evacuare a căldurii din mașină.

Ca dezavantaje ale carcaselor turnate din fontă și oțel se pot menționa : greutatea mai mare cu aproximativ 30% decît a celor sudate (grosimi de pereți mai mari și mai neuniformi), posibilitatea apariției rebuturilor în procesul turnării etc.

Carcasele sudate (fig. 6.10) le-au înlocuit pe cele turnate, rezolvînd astfel problema construcției carcaselor mari.

Ca avantaje ale carcaselor sudate, în comparație cu cele turnate, pot fi menționate : dispariția rebuturilor, retragerea greutății cu aproximativ 30%, simplitatea prelucrărilor mecanice etc.

Constructiv, carcasele sudate pot fi simple (fig. 6.10) și cu țevi de răcire (fig. 6.11).

Carcasele ștanțate se utilizează, în special, la aparatele electrice, la electromagneți, la transformatoare de măsură etc.

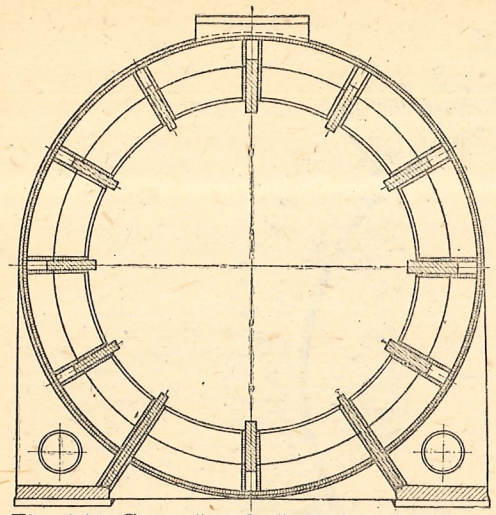


Fig. 6.10. Carcasă sudată (secțiune).

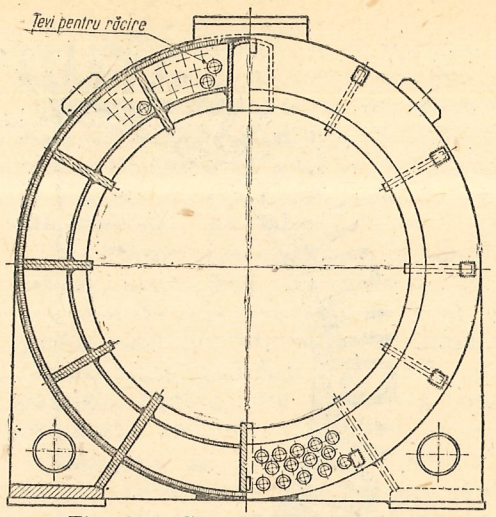


Fig. 6.11. Carcasă sudată cu țevi.

Carcasele pentru mașini verticale sînt prevăzute la partea inferioară cu o flanșă puternică, pentru a putea susține întreaga mașină și pentru a fi prinsă de fundație.

Carcasele pentru scuturi portlagăre trebuie astfel construite încît să susțină întreaga greutate a mașinii.

Carcasele pentru lagăre separate trebuie să susțină numai greutatea statorului.

6.2.2. PROCESUL TEHNOLOGIC DE FABRICAȚIE A CARCASELOR

În comparație cu arborii, carcasele se prelucrează în condiții mult mai dificile, deoarece suprafețele interioare sînt mai greu accesibile, poziția lor fiind diferită. În cazul unor lungimi mari, nu se poate asigura o rigiditate suficientă și o ghidare corectă a sculei. De asemenea, nu întotdeauna se poate asigura o răcire suficientă a sculei, iar evacuarea așchiilor este de foarte multe ori dificilă.

Principalele suprafețe ale carcasei care trebuie prelucrate sînt : *suprafața interioară* (alezajul carcasei) în care se fixează pachetul de tole, *suprafețele frontale*, cu care scuturile vin în contact, direct, *suprafețele pragurilor* de așezare a scuturilor și *suprafețele tălpilor* de susținere.

În general, ca baze de prelucrare a carcaselor se pot folosi, de la caz la caz, oricare din suprafețele amintite mai sus. De obicei, însă, suprafețele cu care se începe procesul de prelucrare sînt suprafața interioară și suprafața tălpilor.

În primul caz, carcasa se prelucrează pe strunguri verticale (carusel), situație în care piesa execută mișcarea de rotație, iar cuțitul mișcarea de avans.

În cel de-al doilea caz, se prelucrează tălpile carcasei, se fixează tălpile prelucrate pe masa mașinii de alezat și apoi se strunjește alezajul carcasei. În această situație, piesa execută mișcarea de avans, iar cuțitul mișcarea de rotație.

Modul de strunjire interioară se alege în funcție și de utilajul existent, însă varianta cea mai frecvent folosită este aceea care începe cu suprafața interioară. Există și mașini specializate pentru prelucrarea carcaselor care realizează finisarea suprafețelor interioare și frontale la o singură prindere, asigurînd concentricitatea tuturor suprafețelor.

6.3. TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A SCUTURILOR

6.3.1. GENERALITĂȚI

Scuturile sînt părțile din mașina electrică necesare îmbinării rotorului cu statorul. Ele se utilizează, de obicei, la mașinile al căror diametru exterior al miezului magnetic stator nu depășește circa 1,1 m.

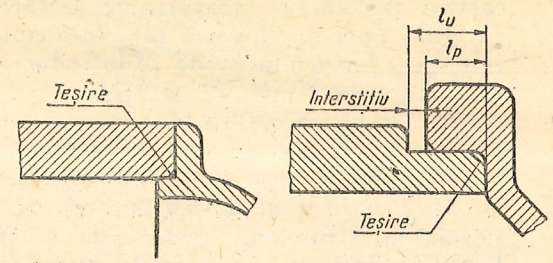


Fig. 6.12. Forma pragurilor de așezare a scuturilor pe carcasă :
a — ghidare pe interior ; *b* — ghidare pe exterior.

Condiția tehnologică de bază a scuturilor este aceea de a asigura concentricitatea rotorului cu interiorul statorului. Din această cauză, un scut trebuie să fie suficient de rigid și să fie prelucrat cu respectarea condiției de concentricitate. Scuturile se execută, de obicei, turnate (din fontă și oțel) și sudate.

În general, forma constructivă a scuturilor este dictată de tipul de lagăr folosit (cu alunecare sau cu rostogolire) și de tipul constructiv și de ventilație al mașinii.

După tipul lagărelor, scuturile pot fi : cu lagăre cu alunecare (fig. 6.13), a căror realizare (formare, turnare, prelucrare) este mai dificilă datorită prezenței camerei pentru uleiul de ungere, și cu lagăre cu rostogolire (rulmenți) — cele mai utilizate, realizarea lor nepunînd probleme deosebite.

După poziția lor pe mașină, se deosebesc : scuturi pentru partea tracțiunii (a capului de arbore) și scuturi pentru partea opusă tracțiunii.

După felul de îmbinare cu carcasa, scuturile pot fi : cu praguri de așezare exterioare (fig. 6.12, *b*) și cu praguri de așezare interioare (fig. 6.12, *a*).

6.3.2. PROCESUL TEHNOLOGIC DE PRELUCRARE A SCUTURILOR

Procesul tehnologic de prelucrare a scuturilor depinde atît de forma și dimensiunile scuturilor cît și de existența utilajului și de concepția tehnologică.

Una din condițiile de bază pe care trebuie s-o îndeplinească un scut este ca bătăile radială și frontală ale suprafeței pragurilor de îmbinare cu carcasa, față de alezajul unde se introduce lagărul, să fie cît mai mici. Această condiție este pe deplin asigurată dacă scutul se prelucrează cu dispozitiv de centrare și ghidare pe una din suprafețe sau din aceeași prindere și dacă este suficient de rigid, astfel încît după desprinderea lui din universal sau dispozitiv să nu se deformeze.

Procesul tehnologic de prelucrare a unui scut, de exemplu, turnat din fontă, cuprinde următoarele operații :

— *Strunjirea I* (degroșare + finisare). Se prinde scutul cu spatele (partea bombată) între bacurile platoului strungului vertical și se strunjește fața flanșei, cu dia-

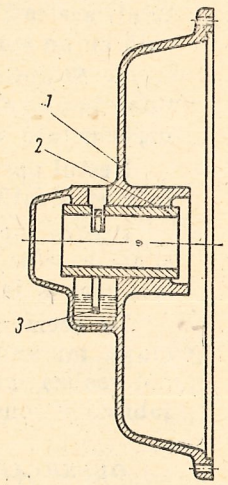


Fig. 6.13. Palier înglobat în scut, cu inel de ungere :
1 — scut ; *2* — portpalier ; *3* — inel de ungere.

metrul exterior al umărului de așezare pe carcasă ; se strunjește peretele exterior, apoi se finisează fața butucului la cotă și, în sfîrșit, se strunjește interiorul butucului (unde se introduce rulmentul) la care se lasă adaos de prelucrare de 2 mm (pe rază).

— *Strunjirea a II-a* (degroșare + finisare). Se întoarce scutul cu partea concavă pe platou și se strunjește (degroșare) cea de-a doua față plană la butuc, apoi se strunjește (finisare) interiorul butucului.

— *Strunjirea a III-a* (finisare). Se fixează și se centrează dispozitivul pe platoul strungului, se întoarce scutul cu concavitatea în sus și se centrează pe dispozitiv, apoi se strunjește partea frontală și diametrul suprafeței de așezare pe carcasă și peretele interior al scutului.

— *Trasarea* (se execută acolo unde nu există dispozitiv). Se așază scutul pe masa de trasat și se trasează găurile prevăzute în desen, apoi se punctează trasajul pentru control.

Găurirea I. Se așază scutul pe masa mașinii, se montează dispozitivul de găurit (dacă există) pe flanșa scutului și se execută găurile pentru șuruburile de prindere pe carcasă, precum și cele două găuri pentru extracție.

— *Găurirea a II-a + lamarea.* Se fixează dispozitivul de găurit pe butuc și se execută găurile pentru fixarea căpăcelelor, găurile la ferestrele de vizitare și ventilație și lamarea găurilor de prindere pe carcasă.

— *Frezarea I + a II-a.* În vederea frezării ferestrelor eliptice de vizitare a întrefierului mașinii, se execută, succesiv, cele trei ferestre cu desprinderea și prinderea din nou a scutului după fiecare fereastră. Cea de-a doua frezare este cea de la fereastra de ventilație.

O altă variantă de prelucrare a scutului este aceea în care acesta se fixează prin orificiile de vizitare a întrefierului pe platoul strungului cu șuruburi de strîngere, suporturi și plăci de fixare. Operațiile de prelucrare sînt :

— *Strunjirea I* (degroșare + finisare). Se strunjesc suprafața și umărul flanșei scutului împreună cu alezajul și fața butucului pentru rulment conform desenului cu adaos de finisare. Se finisează din aceeași prindere (după ce s-au slăbit prezoanele pentru a se evita eventualele deformări ale scutului) aceleași suprafețe care mai înainte au fost degroșate. Operația se execută cu un șpan mai mic și treceri mai multe, deci efort de așchiere mai mic.

— *Strunjirea a II-a* (degroșare + finisare). Se întoarce scutul (cu concavitatea în jos) și se execută degroșarea și finisarea suprafeței butucului (rămasă neprelucrată din operația anterioară).

Restul operațiilor — trasarea, găurirea, lamarea și frezarea — se execută în mod identic cu cele de la varianta anterioară.

Pentru mașinile mici și micromașini, nu mai sînt necesare dispozitivele și ancorele de prindere pe mașina-unealtă, deoarece manevrarea lor este mult mai ușoară, iar rigiditatea scutului mai mare.

De asemenea, la aceste mașini ce se fabrică, de regulă, în producția de masă, mecanizarea și automatizarea procesului tehnologic de prelucrare se pot realiza mult mai ușor, așa cum, de altfel, se procedează în majoritatea fabricilor constructoare.

OBSERVAȚII

1. Și la scuturi, ca și la carcase și arbori, după fiecare operație, precum și în final, au loc controlul intermediar și cel final.
2. Regimurile de așchiere, S.D.V.-urile necesare, norma de timp etc. sînt precizate în fișa tehnologică a scutului.

6.4. TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A LAGĂRELOR

6.4.1. GENERALITĂȚI

Lagărele sau reazemele mașinilor electrice suportă greutatea rotorului, a forțelor care apar la rotoarele neechilibrate și a forțelor provocate de atracția magnetică unilaterală.

La mașinile orizontale, rolul reazemelor de susținere revine palierelor, iar la cele verticale, lagărelor axiale sau crapodinelor (pentru mașini mari).

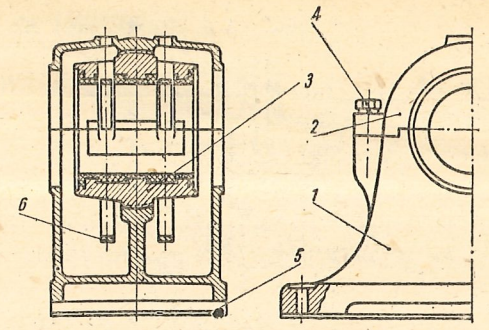


Fig. 6.14. Palier pe suport (exterior) :
1 — corp ; *2* — capac lagăr ; *3* — cuzinet ; *4* — șurub hexagonal ; *5* — izolație ; *6* — inel de ungere.

Lagărele pot fi cu alunecare (cuzineți) sau cu rostogolire (rulmenți).

Lagărele cu alunecare pot fi exterioare, pe suport (fig. 6.14), folosite la mașinile mari, sau înglobate în scut (v. fig. 6.13), folosite la mașinile mici și mijlocii. Lagărele cu alunecare nu pot suporta și sarcini axiale, pe cînd cele cu rostogolire, chiar dacă nu au fost realizate în acest scop, pot suporta și asemenea sarcini, care pot ajunge pînă la jumătate din sarcina radială admisibilă ; datorită acestui fapt, ele sînt utilizate la mașinile mici și mijlocii verticale.

OBSERVAȚII

Oricare ar fi tipul de lagăr folosit, el trebuie să asigure următoarele condiții :
— rezistență corespunzătoare ;
— realizarea ungerii cerute ;
— răcirea convenabilă ;
— etanșarea scurgerii lubrifianților ;
— posibilitatea pornirii mașinii după o oprire îndelungată ;
— realizarea unui joc radial, foarte important mai ales la mașinile electrice asincrone la care întrefierul este mic.

La mașinile cu arborele vertical, de puteri mari, sarcinile axiale sînt preluate de crapodine, iar eventualele sarcini radiale sînt suportate de palierele de ghidare sau de conducere. La mașinile orizontale de puteri mici și mijlocii se utilizează cu succes lagărele pe rulmenți (fig. 6.15 și 6.16).

O deosebită atenție trebuie acordată sistemului de etanșare a rulmenților.

Elementele de etanșare a rulmenților trebuie să fie eficace și sigure, deoarece de ele depinde foarte mult capacitatea de funcționare a rulmenților. Ele au rolul :

— să protejeze rulmenții împotriva pătrunderii corpurilor străine, a prafului și a umidității ;

— să înlăture scurgerea unsorii din lagărul în care se află montat rulmentul, în timpul funcționării mașinii. Scurgerea unsorii din corpul lagărului duce, pe de o parte, la un consum inutil de lubrifianți, iar pe altă parte provoacă încălzirea rapidă a rulmenților, urmată de scoaterea lor din funcțiune.

Etanșările pot fi de diferite sisteme și construcții, dintre care se amintesc :

— *etanșarea cu garnituri* (fig. 6.17), confecționate din diferite materiale, care să reziste în contact cu lubrifiantul ;

— *etanșarea cu labirinți* (fig. 6.18).

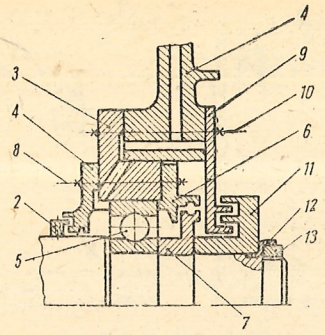


Fig. 6.15. Lagăre de rulare cu bile (partea opusă tracțiunii) :

1 — scut ; *2* — inel labirint interior ; *3* — bucșă rulment ; *4* — capac interior ; *5* — rulment cu bile ; *6* — capac exterior ; *7* — inel regulator vaselină ; *8* — șurub ; *9* — capac etanșare ; *10* — șurub ; *11* — inel labirint exterior ; *12* — siguranță ; *13* — piuliță.

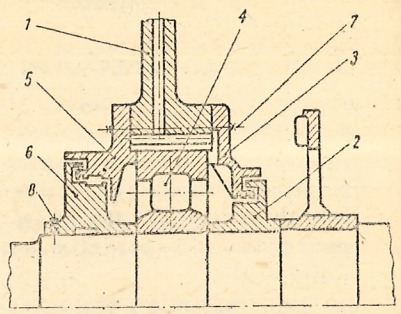


Fig. 6.16. Lagăr de rulare cu role (partea tracțiunii) :

1 — scut ; *2* — inel labirint interior ; *3* — capac interior ; *4* — rulment cu role ; *5* — capac exterior ; *6* — inel labirint exterior ; *7* — șurub hexagonal ; *8* — șurub de fixare.

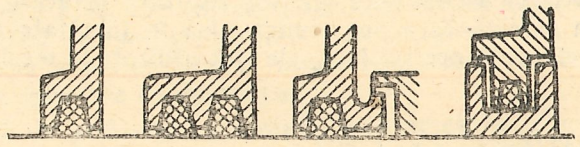


Fig. 6.17. Exemple de etanșare cu garnituri.

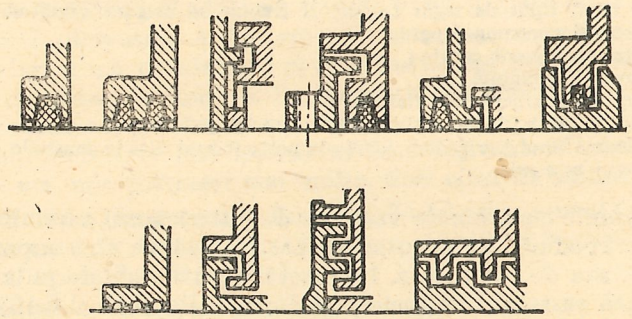


Fig. 6.18. Exemple de etanșare cu labirinți a lagărelor.

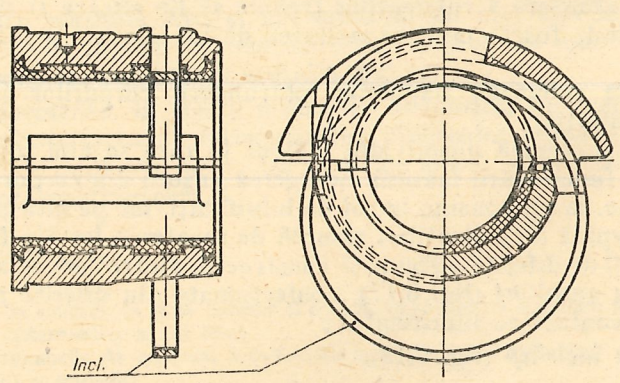


Fig. 6.19. Cuzinetul palierului.

Suportul lagărului. Corpul *1* (v. fig. 6.14) și capacul *2* sînt turnate din fontă, cu modele separate ; prelucrarea lor comportă următoarele operații :

— *frezarea suprafețelor* de îmbinare a corpului cu capacul, care se face în trepte, pentru o îmbinare și o ghidare corecte ;

— *găurirea*, respectiv filetarea în vederea fixării celor două repere ;

— *strunjirea* suprafeței interioare (cilindrică sau sferică) pentru montarea cuzinetului ;

— *frezarea* suprafeței tălpii suportului la cota înălțimii.

Cuzineții (fig. 6.19) susțin arborele prin fusurile sale. Se confecționează din fontă, bronz sau oțel și se căptușesc pe suprafața interioară cu material antifricțiune.

Cele mai folosite materiale antifricțiune sînt următoarele :

Fonta, care este cea mai ieftină, ca material antifricțiune folosindu-se calitățile :

— fonta cenușie, folosită la viteze și presiuni specifice mici ;

— fonta modificată ;

— fonta aliată cu crom, nichel și cupru, cu calități antifricțiune superioare.

Aliajele antifricțiune pe bază de aluminiu (90% aluminiu, 8% staniu și nichel, iar restul cupru, zinc, mangan, siliciu, fier etc.).

Aliajele antifricțiune pe bază de cupru (bronzurile), de următoarele calități :

— bronzul cu staniu ;

— bronzul cu aluminiu ;

— bronzul cu plumb ;

— bronzul cu zinc.

Materialele metalo-ceramice, care se obțin prin presarea la presiune mare a pulberilor metalice (fier sau bronz cu grafit 1,5—5%).

Materialele plastice, cum ar fi : cauciucul, sticlotextolitul, lignofonul și altele.

Compoziția pe bază de staniu și plumb, de regulă cea mai utilizată la mașinile electrice de puteri medii și mari. Ea se toarnă pe suprafața interioară a cuzinetului într-un strat superficial *a* (fig. 6.20), care depinde de diametrul și solicitările lagărului.

Procesul tehnologic de prelucrare a cuzineților este următorul:

— *frezarea* suprafețelor pentru îmbinarea celor două părți (care se face în trepte) ;

— *găurirea și filetarea* pentru fixarea celor două părți ;

— *strunjirea* suprafețelor interioară și exterioară ;

— *strunjirea canalelor radiale* (interioare) pentru fixarea compoziției conform exemplelor din figura 6.20 ;

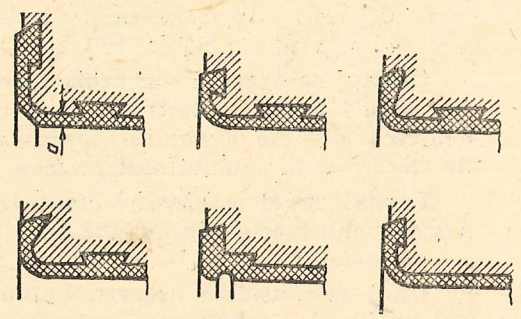


Fig. 6.20. Exemple de fixare a materialului antifricțiune pe cuzineți.

— *mortezarea canalelor axiale* (pentru fixarea compoziției) ;
— *decaparea* suprafeței interioare în vederea cositoririi ;
— *cositorirea* suprafeței interioare pentru aderarea cît mai bună a compoziției ;
— *turnarea* compoziției ;
— *strunjirea* suprafeței interioare (a compoziției) și a canalelor radiale ;
— *frezarea canalelor* axiale, care, împreună cu cele radiale, asigură ungerea suprafețelor în contact (a fusului și a cuzinetului).

6.5. TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A CUVELOR ȘI SCHELELOR TRANSFORMATOARELOR

6.5.1. GENERALITĂȚI

Cuva este ansamblul constructiv al transformatoarelor și aparatelor electrice, de o deosebită importanță, datorită problemelor multiple pe care le rezolvă : susținerea și protejarea părților active (miezul și înfășurările), susținerea pe capacul ei a principalelor anexe (izolatoarele, bornele, conservatorul și aparatele de protecție), precum și răcirea părților active prin circularea unui agent de răcire, cel mai folosit fiind uleiul de transformator.

Din punctul de vedere al rolului funcțional, deosebirile între cuvele transformatoarelor și cele ale aparatelor electrice sînt de neglijat, constructiv însă, ele se deosebesc, cele ale transformatoarelor punînd chiar probleme în ceea ce privește partea exterioară (radiatoarele), cea care trebuie să rezolve răcirea părților active.

6.5.2. ELEMENTE COMPONENTE ALE CUVELOR

Elementele de ridicare, numite și urechi, servesc la ridicarea întregului produs — cuva, miezul plus uleiul — și sînt sudate pe pereții cuvei astfel încît solicitările, ce apar la ridicare, să fie preluate de nervurile speciale de consolidare.

Rama superioară. Cuva se construiește la partea sa superioară cu o ramă necesară atît consolidării ei, cînd este plină cu ulei, fără capac, cît și prinderii capacului de cuvă.

Rama superioară se execută, în general, din oțel profil cornier ca suport pentru garnitura capacului. Dimensiunile cornierului sînt în funcție de puterea, respectiv de mărimea produsului și sînt cuprinse aproximativ între 40 × 40 × 5 mm pînă la 100 × 100 × 12 mm.

Capacul se execută din tablă groasă și se consolidează cu nervuri (dacă este cazul). Legătura dintre capac și partea decuvabilă este, de regulă, rigidă, deoarece prezintă avantajul posibilității legării înfășurărilor la izolatoarele de trecere și la comutatorul prizelor de reglaj.

Fundul cuvei este astfel construit, încît să suporte greutatea maximă a produsului (partea decuvabilă, ulei, cuvă) atunci cînd acesta este suspendat — asamblat complet — în cîrligul podului rulant.

Dacă se consideră necesar, fundul cuvei poate fi consolidat cu nervuri din profile de oțel sudate de acesta. De asemenea, consolidarea lui se mai poate realiza prin fixarea căruciorului cu sudură de cuvă. În această situație

(a fixării căruciorului de cuvă), îmbinarea prin sudură a pereților cu fundul cuvei trebuie să suporte pe lîngă întreaga greutate a produsului și pe aceea a căruciorului.

Căruciorul servește la transportul produsului și este realizat dintr-un cadru de oțel profil U, fixat pe patru roți. Căruciorul poate fi sudat de fundul cuvei — la produsele mici — sau demontabil — la produsele mari.

Conservatorul se folosește la majoritatea transformatoarelor, prezența lui rezolvînd probleme importante, cum ar fi : reducerea suprafeței uleiului în contact cu aerul înconjurător, preluarea variațiilor de volum datorită temperaturii uleiului, reducerea absorbției de umiditate și îmbătrînirii uleiului.

Conservatorul se execută, în general, sub formă cilindrică, din tablă de oțel, cu grosimea de 1,5—5 mm, cu un fund, de obicei, demontabil pentru a putea fi curățat la interior.

6.5.3. CLASIFICAREA CUVELOR

În funcție de mărimea produsului, cuvele se execută în mai multe variante, dintre care mai importante sînt : din tablă netedă, din tablă ondulată, cu țevi, cu radiatoare, tip clopot și cuve cu deschidere laterală.

Cuve din tablă netedă. Acestea se execută pentru transformatoare și aparate electrice mici, acolo unde nu este necesară mărimea suprafeței de răcire. Construcția este realizată din tablă de oțel, a cărei grosime variază — în funcție de mărimea produsului — între 2—3 mm pentru pereții laterali și 3—4 mm pentru fundul cuvei.

Cuve din tablă ondulată. Transformatoarele cu puteri cuprinse între circa 100 și 1 000 kVA precum și aparatele electrice de puteri mijlocii necesită cuve cu suprafață de răcire mărită, realizată prin ondularea pereților cuvei (fig. 6.21). Folosirea acestui tip de cuvă este determinată și de alți factori cum sînt : înălțimea ondulelor, care poate ajunge pînă la 300 mm (depășirea

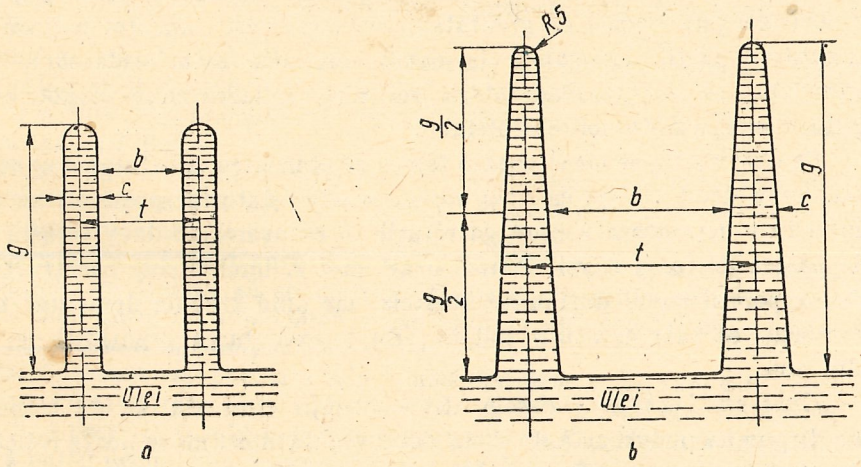


Fig. 6.21. Forme caracteristice de ondule :
a — dreptunghiulare ; *b* — trapezoidale ;
dimensiuni caracteristice, în mm ; *t*=40 ; *g*=300 ; *b*=30 ; *c*=10.

acestei valori conduce la descreşterea cantităţii de căldură evacuate), rezistenţa relativ mică la creşterea presiunii interioare, imposibilitatea uscării sub vid a transformatoarelor şi aparatelor electrice, folosirea unei anumite calităţi de tablă etc.

Cuve cu ţevi. Cuva cu ţevi are avantajul că rezistenţa ei mecanică este mai mare faţă de aceea a cuvei din tablă ondulată ; suprafaţa totală a cuvei poate fi micşorată cu circa 25%, micşorare care nu realizează economii de greutate din cauza grosimii pereţilor, ţevilor, grosimi ce variază între 1,25 şi 1,75 mm.

Se folosesc ţevi sudate deoarece sînt mai ieftine decît ţevile trase. În această construcţie ţevile nu trebuie să fie montate prea aproape unele de altele pentru a asigura eficienţa necesară de răcire (de exemplu, pentru ţevi cu ∅ 35 mm, distanţa este de 20 mm, iar la ţevile cu ∅ 50, distanţa este de 25 mm).

Numărul rîndurilor de ţevi nu poate depăşi 5—6, altfel sistemul devine ineficace, aerul rece nemaiputînd pătrunde printre ele.

O variantă a cuvelor cu ţevi sînt *cuvele cu lire,* care se deosebesc de cele cu ţevi prin faptul că rîndurile interioare nu sînt îndoite, realizîndu-se astfel înălţimi egale pentru toate ţevile, eficacitatea răcirii fiind în această situaţie mai mare.

Cuve cu radiatoare şi cuve cu răcitoare demontabile. Acestea se folosesc în special la transformatoare şi forma lor depinde de puterea produsului : la transformatoarele de putere mică (pînă la circa 1 600 kVA) cuvele au formă dreptunghiulară şi radiatoarele sînt fixate prin sudură pe pereţi ; la transformatoarele de putere mijlocie şi mare, forma cuvei este ovală, iar radiatoarele sînt demontabile. Acest tip de cuvă permite uscarea transformatorului sub vid în cuva lui proprie.

Cuve în formă de clopot. Cuvele clopot se deosebesc de cele obişnuite prin faptul că locul de îmbinare a părţii superioare cu cea inferioară nu mai este sus ci jos, la fundul cuvei. Acest tip de cuvă prezintă marele avantaj că transformatorul se demontează mai uşor decît în toate celelalte cazuri. În acest caz, capacitatea de ridicare a podului rulant este mai mică, ea putînd fi cel puţin egală cu greutatea cuvei, care este simţitor mai mică decît greutatea părţii decuvabile în cazul celorlalte transformatoare. Trebuie menţionat că înaintea demontării, respectiv ridicării cuvei clopot, este obligatorie operaţia de golire a uleiului.

Ca dezavantaj se menţionează faptul că etanşarea cuvei clopot se realizează mai greu decît etanşarea unei cuve normale, datorită presiunii mari a uleiului care acţionează asupra garniturii de etanşare, de data aceasta dispusă în partea de jos a cuvei. Pentru acest motiv, unele uzine constructoare sudează pereţii cuvei de fundul acesteia, iar cînd trebuie demontat transformatorul, se taie cusătura sudată ; după executarea reparaţiei se sudează din nou.

Cuve cu deschidere laterală. Sînt situaţii cînd staţiile de transformare nu dispun de poduri rulante şi, în cazul reparaţiilor, nu se poate ridica partea decuvabilă sau cuva. În această situaţie, cuvele se execută cu unul din pereţii laterali demontabili. Pentru a demonta peretele lateral, se goleşte mai întîi uleiul din cuvă şi apoi se desprind şuruburile de prindere a peretelui.

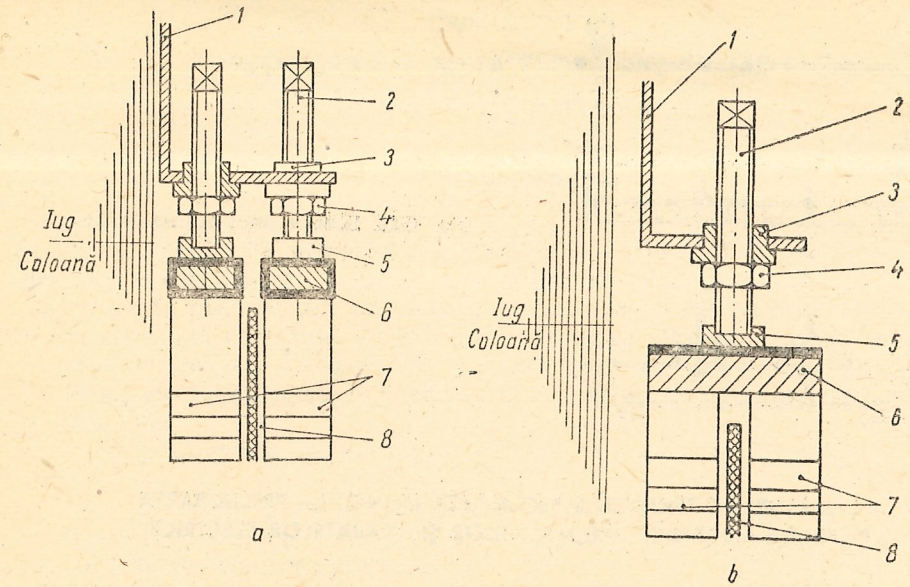


Fig. 6.22. Presarea înfăşurării fără arcuri :
a — fiecare înfăşurare separat ; *b* — printr-un inel de oţel comun : *1* — grindă de jug ; *2* — bulon de strîngere ; *3* — bucşă filetată ; *4* — contrapiuliţă ; *5* — piesă de presare ; *6* — inel izolant de strîngere ; *7* — înfăşurări ; *8* — cilindru izolant.

6.5.4. SCHELA TRANSFORMATORULUI ŞI ASAMBLAREA EI CU CUVA

Schela constituie subansamblul compus din piese care servesc pe de o parte la strîngerea tolelor de jug, iar pe de altă parte la consolidarea înfăşurărilor, consolidare ce reprezintă una dintre problemele constructive de bază ale transformatorului.

La unităţile de puteri mici în care forţele axiale de scurtcircuit nu ating valori prea mari (cîteva zeci de kN) se folosesc pentru schele construcţii simple cu tiranţi, care pot servi la ridicarea transformatorului şi la presarea înfăşurărilor.

La transformatoarele de puteri mari, forţele axiale de scurtcircuit pot ajunge la valori mult mai mari (chiar 1 MN). În această situaţie, construcţia schelei se complică şi nu mai poate fi folosită simultan la ridicarea produsului şi presarea înfăşurărilor.

În prezent, pntru presarea înfăşurărilor se folosesc frecvent două variante : presarea separată a fiecărei înfăşurări şi presarea înfăşurărilor prin intermediul unui inel metalic comun întrerupt (fig. 6.22).

Este necesar ca schela transformatorului să fie fixată strîns de capac, care, la rîndul său, trebuie să se aşeze pe rama superioară a cuvei — prin intermediul unei garnituri din material insolubil în ulei (perbunan) — care se prinde cu şuruburi şi piuliţe.

În figura 6.23 este reprezentată schela unui transformator care este compusă din următoarele elemente : *1* — consola (profil U) pentru strîngerea jugurilor ; *2* — traverse (profil U mai mic) care servesc la sprijinirea în partea inferioară a părţii decuvabile pe fundul cuvei, iar în partea superioară pentru fixarea tiranţilor de susţinere ; *3* — tiranţi necesari strîngerii înfăşurărilor ; *4* — tiranţi de suspensie, care servesc la fixarea capacului de schelă şi la ridicarea transformatorului în macara.

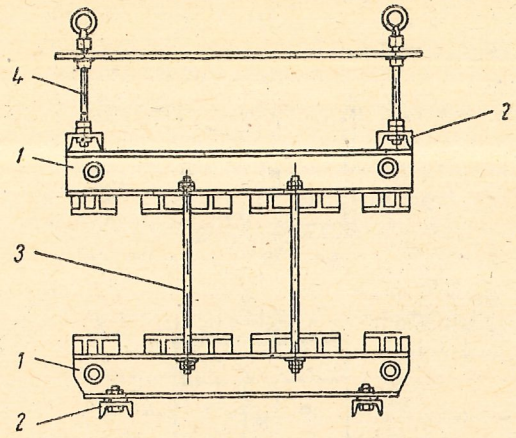


Fig. 6.23. Schela unui transformator.

6.6. MĂSURI DE TEHNICĂ A SECURITĂȚII MUNCII LA PRELUCRAREA PĂRȚILOR MECANICE ALE MAȘINILOR ȘI APARATELOR ELECTRICE

La *prelucrările prin strunjire*, cele mai frecvente cazuri de răniri și de arsuri se datoresc așchiilor metalice, care se desprind în timpul prelucrării piesei. Pentru evitarea accidentelor provocate de așchiile metalice se folosesc diferite mijloace de protecție: ochelari, apărătoare individuale, ecrane și dispozitive de dirijare a așchiilor.

Dispozitivele de prindere și de fixare a pieselor de prelucrat (inima de antrenare, platouri și universale de prindere etc.), care sînt în mișcare de rotație, trebuie să aibă suprafețe periferice netede. În cazul cînd aceste dispozitive au proeminențe, ele se vor prevedea cu apărătoare circulare.

La *prelucrările prin frezare*, accidentele care se produc sînt provocate de: așchii, unelte așchietoare (freze), piesele de prelucrat, dispozitivele de prindere și organele în mișcare ale mașinii.

Pentru evitarea accidentelor datorită așchiilor se pot utiliza o serie de dispozitive, care trebuie să satisfacă următoarele condiții:

— să nu împiedice vizibilitatea în timpul lucrului;
— să permită o manevrare ușoară;
— să nu necesite timp suplimentar pentru manevrare;
— să permită înlocuirea ușoară a piesei și a frezei.

La *prelucrările prin rabotare*, accidentele care pot avea loc se datoresc așchiilor, bavurilor, muchiilor ascuțite ale pieselor și ale cuțitelor.

În vederea evitării accidentelor provocate de așchii, pe cuțite se fixează ecrane care le deviază în direcția laterală.

La prelucrările prin găurire, accidentele sînt produse de:

— așchii sub formă de panglici răsucite (în cazul găuririi materialelor plastice);
— așchii fine (la găurirea metalelor fragile);
— organe de mașini în mișcare de rotație (axul principal, mandrina, burghiul, organele de transmisie, dispozitivele de prindere a piesei).

CAPITOLUL 7

PRELUCRAREA METALELOR PRIN TĂIERE ȘI PRIN DEFORMARE LA RECE

7.1. GENERALITĂȚI

În construcția de mașini și aparate electrice, mai mult de 50% din totalul de piese se fabrică din material sub formă de table, benzi sau profile speciale. Aceste piese se pot obține prin deformare cu detașare de material — tăiere efectuată cu ștanțe — sau prin deformare plastică — îndoire, ambutisare, tragere etc. — efectuată cu matrițe.

Procesele tehnologice de ștanțare și de matrițare se caracterizează prin următoarele:

— se prelucrează materialele sub formă de table, benzi, profile speciale, bare etc.;
— se utilizează prese pe care se montează scule de ștanțat și de matrițat.

Procesele tehnologice de ștanțare și de matrițare au următoarele avantaje față de alte tipuri de prelucrări:

— productivitate mare, rezultînd un cost scăzut;
— pierderi de metal prin deșeuri destul de mici;
— piesele obținute sînt interschimbabile;
— sculele au o durată mare de funcționare;
— utilajele folosite au o productivitate mare, iar procesele de producție pot fi mecanizate și automatizate.

Ștanțarea și matrițarea au următoarele dezavantaje:

— sculele utilizate sînt complicate și au o durată mare de execuție;
— datorită gradului mare de complexitate a sculelor, deci și costul ridicat — ele sînt rentabile numai la fabricarea în serie mare și în masă;
— se utilizează oțeluri relativ scumpe pentru fabricarea sculelor.

7.2. OPERAȚII DE ȘTANȚARE ȘI DE DEFORMARE. ȘTANȚE ȘI MATRIȚE

7.2.1. ȘTANȚAREA

Ștanțarea este o operație de prelucrare mecanică, prin care semifabricatul este tăiat în două sau mai multe părți distincte, după un contur deschis sau închis. Ea se execută cu ajutorul ștanțelor.

În cazul ștanțării, operațiile de tăiere se pot executa prin retezare, decupare, forfecare, crestare, tundere etc.

Retezarea este operația de detașare a materialului din semifabricat, după un contur deschis, cu înlăturarea părții detașate.

Decuparea este operația de obținere de piese plane sau de alt tip, prin detașarea materialului, după un contur închis.

Perforarea este operația de executare a găurilor, prin detașarea unei părți de material din interiorul piesei, după un contur închis.

Crestarea este operația de detașare parțială a materialului, după un contur deschis fără înlăturarea părții detașate.

Tunderea este operația de înlăturare a marginii neuniforme sau a surplusului de material de la exteriorul pieselor.

Procesul tehnologic de ștanțare este influențat de anumiți factori, și anume :

— *dimensiunile și forma conturului de ștanțat* ;
— *duritatea materialului* ;
— *jocul dintre poanson și placa de tăiere* ;
— *muchiile tăietoare ale plăcii de tăiere și ale poansonului* ;
— *forma secțiunii transversale a găurilor* din placa de tăiere ;
— *forma muchiilor tăietoare ale poansonului* ;
— *starea suprafeței materialului.*

Forța de tăiere se calculează în funcție de secțiunea materialului ce se ștanțează și de rezistența specifică a acestuia la forfecare, adică :

$$F_t = kA\tau_f \text{ [N]} \tag{7.1}$$

sau

$$F_t = \frac{kA\tau_f}{1\,000} \text{[kN]}, \tag{7.2}$$

unde :

A este suprafața conturului de tăiere, în mm² ;

τ_f — rezistența specifică a materialului la forfecare, în MPa (1 MPA = = 1 N/mm²) ;

k — coeficient care ține seama de eventuala știrbire a muchiei tăietoare, de jocul incorect realizat și de neuniformitatea grosimii materialului.

Coeficientul k este în medie egal cu 1,25 ; relația (7.1) se poate scrie astfel

$$F_t = 1{,}25A\tau_f \text{ [N]}. \tag{7.3}$$

Pentru table, benzi și fîșii de metal, suprafața conturului de tăiere este dată de relația :

$$A = L \cdot s \quad \text{[mm²]}, \tag{7.4}$$

în care :

L este lungimea perimetrului piesei care se taie, în mm ;

s — grosimea materialului, în mm.

Pentru semifabricatele rotunde (sîrme, bare), suprafața conturului este :

$$A = \frac{\pi d^2}{4} \text{[mm]}^2; \tag{7.5}$$

unde d este diametrul barei sau al sîrmei, în mm.

În afară de forța necesară tăierii materialului, presa pe care se montează ștanța trebuie să învingă și alte forțe, cum ar fi :

— forța necesară pentru împingerea piesei sau a deșeului prin placa de tăiere ;

— forța necesară pentru învingerea rezistenței opuse de aruncătorul ștanței ;

— forța dezvoltată de placa de presiune asupra materialului.

De regulă, în calcule, aceste forțe rezistente F_r se consideră ca reprezentînd 15% din forța de tăiere ($F_r = 0{,}15\,F_t$).

În felul acesta, forța ce trebuie s-o dezvolte presa pe care se montează ștanța se determină cu relația :

$$F_p = F_t + F_r = 1{,}15\,F_t \text{ [N]}. \tag{7.6}$$

În scopul reducerii forței de tăiere, la ștanțarea tablelor de grosimi mai mari se folosesc ștanțe ale căror poansoane sau plăci de tăiere au muchiile de tăiere înclinate. Aceasta face ca poansonul, în momentul cînd berbecul presei coboară, să nu atingă piesa cu tot conturul (suprafața), dintr-o dată ci progresiv, ceea ce conduce la micșorarea forței de tăiere.

De asemenea, cînd suprafața conturului este foarte mare, ceea ce ar necesita în cazul ștanțării dintr-o dată, o presă puternică (mare), este recomandabil să se folosească o ștanță cu acțiune succesivă (v. fig. 7.2).

În acest caz, forța presei se determină tot cu relația (7.6) în care însă, forța de tăiere se consideră cea pentru acțiunea cu conturul de ștanțat cel mai mare. De exemplu, în cazul rondelei din figura 7.2, forța necesară a presei rezultă :

$$F_p = 1{,}15\ F_{te} \text{ [N]}, \tag{7.7}$$

în care :

$$F_{te} = kA_e\tau_f \text{ [N]} \tag{7.7, a}$$

este forța de tăiere corespunzătoare diametrului exterior D_e al rondelei.

Suprafața conturului exterior, conform relației (7.4), este :

$$A_e = \pi\ D_e s \text{ [mm²]}.$$

Dacă s-ar fi utilizat o ștanță bloc, atunci ar fi trebuit să se considere suprafața întregului contur (exterior A_e și interior A_i).

Tipuri de ștanțe. În funcție de operațiile pe care le execută, ștanțele pot fi :

— cu acțiune simplă ;
— cu acțiune succesivă ;
— cu acțiune combinată (includ și operații de matrițare).

Ștanțele cu acțiune simplă decupează dintr-o dată o figură cu conturul închis (de exemplu, gaura pentru ax în tola rotor) sau o crestătură (ștanță cu pas). În timpul lucrului unei ștanțe simple de decupat, tola rămîne pe poanson, iar elementul decupat cade liber, prin gaura din placa de tăiere.

În timpul cursei de întoarcere, tola este scoasă de pe poanson de către un dispozitiv special, numit aruncător, încît la sfîrșitul cursei ștanța este pregătită pentru o nouă acționare.

În figura 7.1 este reprezentată o ștanță de decupat pentru tola stator. Pe masa presei se fixează, prin șuruburi, placa de bază *1*, iar pe aceasta, tot prin șuruburi, placa de tăiere *2*. Pentru înlăturarea deplasării plăcii de

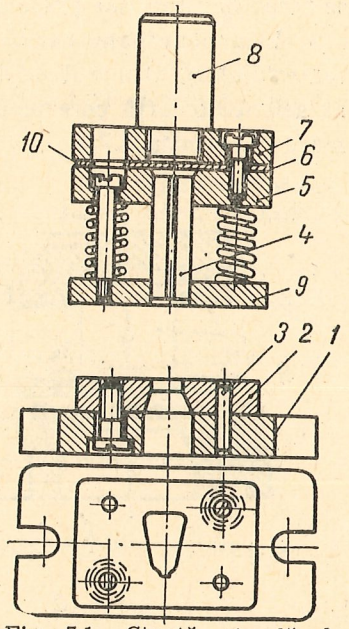


Fig. 7.1. Ștanță simplă de decupat (pentru crestătură stator).

tăiere în timpul lucrului, în ea sînt prevăzute două ştifturi *3*. Poansonul *4* este fixat, prin ştemuirea capătului său superior necălit, în placa portpoanson *5*, fixată prin şuruburi de placa superioară *7*. Între placa portpoanson şi placa superioară *7* se găseşte placa de presiune *6*, din oţel tratat termic, care împiedică mişcarea poansonului în timpul loviriii matriţei. Pe placa portpoanson este montat, cu şuruburile *10*, aruncătorul *9*, care poate glisa de-a lungul poansonului şi este strîns prin două arcuri. Cînd arcurile se eliberează, aruncătorul acoperă muchia tăietoare a poansonului cu 0,5—1 mm.

Placa superioară se fixează în berbecul presei prin cepul *8*. Uniformitatea jocului între poanson şi placa de tăiere depinde de precizia aşezării ştanţei pe presă. Tola ce se ştanţează se aşază pe placa de tăiere. La coborîrea poansonului, tola la început este apăsată pe placa de tăiere *2* şi, apoi, are loc decuparea crestăturii. În timpul cursei ascendente a berbecului presei, mai întîi iese poansonul din crestătura decupată în tolă şi după aceea, pe măsura eliberării arcurilor, aruncătorul se ridică de pe placa de tăiere. Aruncătoarele înlătură posibilitatea blocării tolei pe poanson. După fiecare lovitură, mecanismul de divizare al presei roteşte tola cu un dinte.

Ştanţele cu acţiune succesivă pot executa mai multe operaţii de ştanţare, prin deplasarea succesivă a semifabricatului de la o operaţie la alta în sensul avansului.

În figura 7.2 este reprezentată o ştanţă cu acţiune succesivă, folosită la ştanţarea unei rondele. Ştanţa are două poansoane de perforare *1* şi *2*: unul pentru conturul interior şi altul pentru cel exterior, distanţa dintre ele fiind chiar pasul avansului. Dacă ambele poansoane sînt la acelaşi nivel (partea punctată a poansonului *1*), atunci decuparea celor două contururi se face simultan, iar presa trebuie să dezvolte o forţă mai mare. Dacă între cele două poansoane există o diferenţă de înălţime $\Delta \geqslant s$ (s fiind grosimea materialului), atunci decupările se fac din lovituri succesive, presa trebuind să asigure o forţă corespunzătoare acţiunii cu suprafaţa conturului cea mai mare (v. relaţia 7.7).

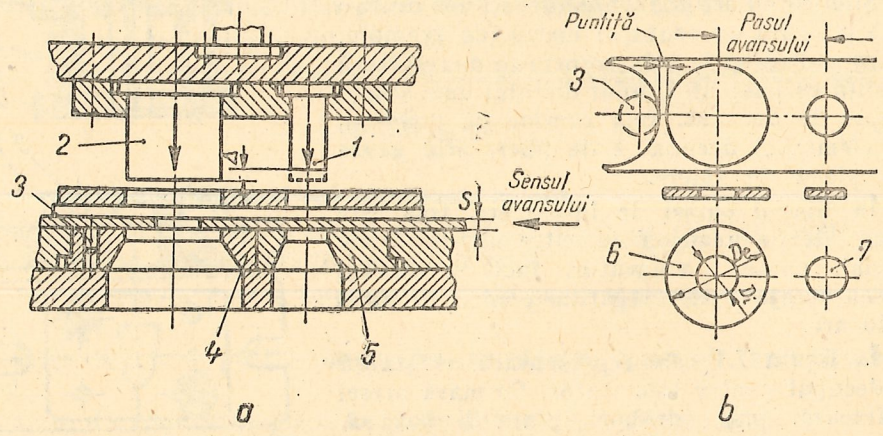


Fig. 7.2. Ştanţă cu acţiune succesivă :
1 şi *2* — poansoane ; *3* — opritor ; *4* şi *5* — plăci de tăiere ; *6* — presă ; *7* — deşeu.

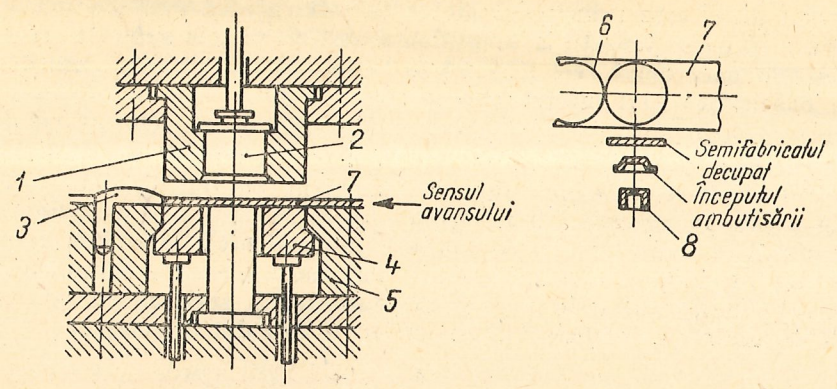


Fig. 7.3. Ştanţă cu acţiune combinată pentru decupare şi ambutisare :
1 — poanson de decupare şi de ambutisare ; *2* — împingător de extragere ; *3* — opritor ; *4* — inel de strîngere ; *5* — placă de tăiere ; *6* — deşeu ; *7* — bandă de material ; *8* — piesă finită (capac).

Ştanţele cu acţiune combinată (sînt incluse şi operaţii de matriţare) pot executa la o cursă a presei mai multe operaţii : decupare, ambutisare, îndoire etc. În figura 7.3 este reprezentată o ştanţă cu acţiune combinată pentru ştanţarea unor capace. Împingătoarele şi inelele de strîngere sînt acţionate de un arc sau de dispozitive speciale montate la presă.

Ştanţele cu acţiune succesivă şi combinată au o mare productivitate, însă reclamă benzi lungi, sub formă de colaci (rulouri), şi avansul automat al acestora, fiind utilizate de preferinţă în cazul producţiei de serie mare sau de masă.

Operaţiile de ştanţare se execută pe prese. Acestea prezintă următoarele avantaje :

— viteză sporită de lucru (rapiditate) ;
— putere şi precizie mari ;
— dispozitive de acţionare hidraulică, pneumatică şi electrică, simple ;
— mecanism de automatizare ;
— dispozitive pentru siguranţă şi protecţia muncii.

O răspîndire foarte largă la operaţiile de ştanţare au căpătat-o presele cu excentric, caracterizate prin viteză ridicată de lucru, manevrabilitate uşoară şi simplă, putere de acţionare redusă.

În figura 8.12 este reprezentată o presă semiautomată pentru ştanţarea crestăturii, care lucrează cu avans automat, efectuează numărul necesar de curse şi se opreşte în mod automat.

Principalele părţi componente şi modul de funcţionare a acestei prese sînt arătate la ştanţarea pas cu pas a crestăturilor tolei normale pentru miezurile magnetice ale maşinilor electrice rotative cu $D_e \leqslant 1\,100$ mm.

7.2.2. AMBUTISAREA

Ambutisarea este operaţia prin care semifabricatele plane se transformă în piese cave.

Ambutisarea se poate efectua :

— fără subţierea materialului ;
— cu subţierea materialului.

Procesul tehnologic de ambutisare este influenţat de o serie de factori.

Forma piesei este principalul factor ce influențează ambutisarea și construcția matrițelor folosite la ambutisare. Astfel, piesele simetrice se ambutisează mai ușor decît cele nesimetrice, care, în majoritatea cazurilor, necesită executarea mai multor operații succesive.

Numărul de ambutisări succesive este determinat de raportul dintre dimensiunile piesei și cele ale semifabricatului. El va fi cu atît mai mare cu cît diametrul piesei este mai mic față de diametrul discului din care se ambutisează piesa. În general, ambutisarea pieselor adînci este o operație greu de executat, în mod obișnuit utilizîndu-se ambutisarea succesivă, micșorîndu-se treptat diametrul și mărindu-se înălțimea pieselor. Raportul dintre diametrul piesei, rezultat în urma primei ambutisări, și cel al semifabricatului poartă denumirea de *coeficient de ambutisare* și este dat de relația :

$$m_1 = \frac{d_1}{D} < 1. \qquad (7.8)$$

Coeficientul de ambutisare poate fi exprimat și ca raportul dintre diametrele pieselor obținute la două ambutisări succesive, adică :

$$m_2 = \frac{d_2}{D} < 1, \qquad (7.9)$$

unde :

d_1 este diametrul piesei după prima ambutisare, în mm ;

d_2 — diametrul piesei după a doua ambutisare, în mm ;

D — diametrul semifabricatului, în mm.

În practică, valorile coeficienților de ambutisare, între diferitele trepte de ambutisări sînt aproximativ egale ($m = 0{,}5 \ldots 0{,}7$).

La rîndul său, coeficientul de ambutisare depinde de alți factori, cum ar fi : calitatea și starea materialului, razele de rotunjire a plăcii de ambutisare, forma piesei, precum și procedeul de ambutisare (cu sau fără placă de apăsare).

Jocul dintre poanson și placa de ambutisare are influență foarte mare asupra forței de ambutisare și asupra calității piesei. Un joc prea mare face ca piesa să se obțină conică și cutată, iar un joc prea mic face ca piesa să se subțieze, să apară crăpături în zonele solicitate, să se rupă și, în același timp, să se mărească forța de ambutisare. Valoarea jocului se alege în funcție de grosimea s a materialului.

În cazul ambutisării cu subțierea materialului, jocul dintre poanson și placa de ambutisare este mai mic decît grosimea materialului și se alege în funcție de calitatea acestuia :

$$J = (0{,}85 \ldots 0{,}65)s \quad [\text{mm}].$$

Valorile mari se iau pentru oțeluri, iar cele mici pentru metale și aliaje neferoase. În cazul ambutisării fără subțierea materialului, acest joc este mai mare decît grosimea materialului.

În figura 7.4, *a* este reprezentată o matriță de ambutisare fără subțierea materialului în timpul procesului de ambutisare. Poansonul *1* apasă cu forța F asupra tablei *2*, așezată deasupra plăcii de ambutisare *3*, înaintînd în golul acesteia o dată cu materialul care se formează din ce în ce mai mult, pînă se obține piesa cavă dorită.

Pentru ca tabla să nu scape de sub poanson, respectiv să nu se deplaseze sau să se formeze cute, se folosește inelul-flanșă *4* ; pentru a micșora concentrațiile presiunilor specifice pe muchia poansonului și a plăcii de ambutisare și probabilitatea ruperii semifabricatului, se prevăd racordări cu razele r_p și r_m.

În figura 7.4, *b* se observă aspectul cutelor formate la ambutisare.

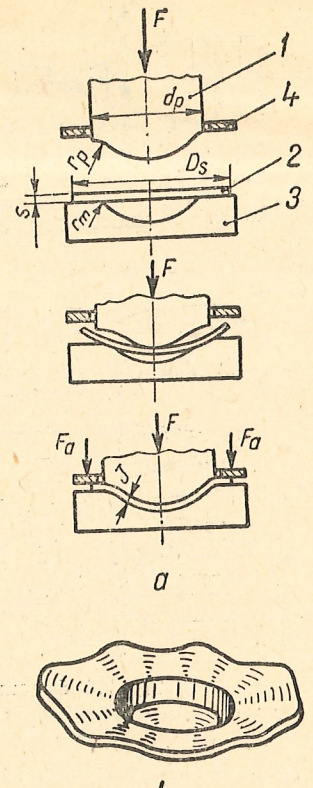


Fig. 7.4. Procesul de ambutisare.

7.2.3. FORMAREA PE STRUNG

Formarea pe strung (fig. 7.5) constă din presarea tablei pe o placă de formare (formă), fixată în platoul unui strung ; apăsarea se face normal, cu ajutorul unei pîrghii articulate la căruciorul strungului, care permite deplasarea acesteia în diferite poziții de fixare.

Procedeul se aplică la semifabricate laminate din oțel cu grosimea pînă la 1,5 mm și din aliaje neferoase cu grosimea pînă la 2 mm.

Fasonarea poate fi exterioară (fig. 7.5, *a*, *d*) și interioară (fig. 7.5, *b*).

7.2.4. ÎNDOIREA

Îndoirea (fig. 7.6) este un proces de deformare elastică și plastică a laminatelor, care se desfășoară în diferite feluri pe anumite porțiuni ale semifabricatului.

La început, poansonul apasă lin asupra materialului sprijinit pe placa de bază și, apoi, începe curbarea materialului.

În timpul îndoirii, straturile din interiorul îndoiturii sînt comprimate, iar cele din exteriorul îndoiturii se întind.

Asupra procesului de îndoire, care, în majoritatea cazurilor, se desfășoară la fel, indiferent de grosimea semifabricatului, influențează o serie de factori. Dintre aceștia se enumeră :

— direcția de laminare a semifabricatelor ;

— raza minimă de îndoire ;

— razele plăcii de îndoire pe care alunecă semifabricatul în timpul procesului de îndoire ;

— jocul dintre placa de îndoire și poanson ;

— arcuirea elastică a piesei după îndoire ;

— forma piesei ce se îndoaie ;

— prelucrările inițiale ale piesei sau ale semifabricatului.

Îndoirea se execută pe mașini de îndoit universale, mașini de îndoit în muchie și prese de îndoit.

Îndoirea tablelor pentru construcția pieselor curbate (ovale sau circulare) se execută cu trei cilindri *1*, *2*, *3* (fig. 7.7), dintre care cilindrul *3* este liber;

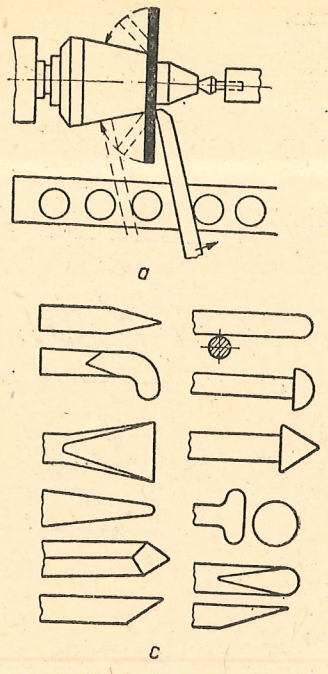


Fig. 7.5. Schema formării pe strung :
a — formarea exterioară ; *b* — formarea interioară ; *c* — unelte de presat ; *d* — formarea exterioară cu role.

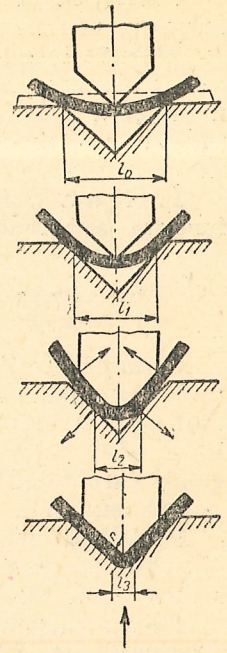


Fig. 7.6. Schema îndoirii.

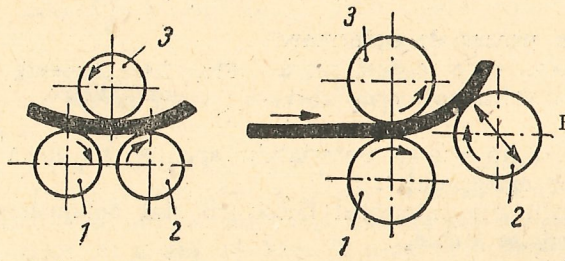


Fig. 7.7. Mașini pentru curbat (valțuri).

reglabil după grosimea tablelor. Poziția lui poate fi la mijlocul distanței dintre ceilalți cilindri (pentru îndoit table mai groase de 2 mm) sau excentric (pentru îndoit table cu grosimea sub 2 mm).

7.3. MĂSURI DE TEHNICĂ A SECURITĂȚII MUNCII LA PRELUCRAREA METALELOR PRIN TĂIERE ȘI PRIN DEFORMARE LA RECE

În cazul lucrului cu prese folosite la prelucrările prin deformarea plastică a metalelor, majoritatea accidentelor care au loc se produc în spațiul de lucru propriu-zis (între poanson și placa respectivă), datorită următoarelor cauze :

— introducerea mîinii în acest spațiu pentru avansul materialului, scoaterea piesei, îndepărtarea deșeului etc. ;

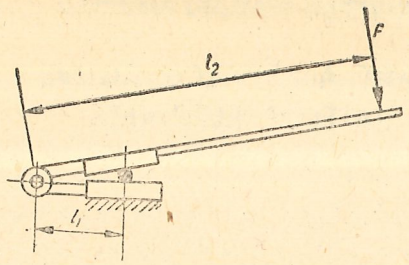


Fig. 7.8. Schema unui foarfece manual pentru tăiat tablă.

— acționarea mașinii înainte de timp, ca urmare a imperfecțiunilor mecanismelor de comandă ;

— declanșarea accidentală, prin lovirea pedalei, de către alt muncitor, în timp ce se manipulează piesa ;

— defecțiunile tehnice ce pot surveni în funcționarea mașinilor ;

— transportul și depozitarea necorespunzătoare a ștanțelor și a materialelor grele.

De aceea, în cadrul atelierelor de prelucrare a metalelor prin ștanțare și deformare la rece, sînt necesare, din punct de vedere tehnic, următoarele măsuri de protecție a muncii (măsurile care privesc personalul de execuție sînt menționate la cap. 8) :

— Înlocuirea muncii manuale prin elemente de automatizare a avansului și scoaterea pieselor din spațiul de lucru.

— Folosirea sculelor și a dispozitivelor corespunzătoare ; acestea trebuie să îndeplinească o serie de condiții, și anume :

— să protejeze ambele mîini ale muncitorului ;

— dacă se îndepărtează sau se defectează dispozitivul, mașina să nu poată funcționa ;

— să ajute la creșterea productivității muncii ;

— în cazul reparațiilor, să fie ușor demontabile ;

— să fie simple și ușor de executat.

— Evitarea suprasolicitărilor presei, care pot deteriora brusc anumite gane importante.

— Dotarea presei cu limitatoare de curse în ambele sensuri.

— Prinderea și fixarea corespunzătoare a poansonului și a plăcii respective.

— Utilizarea, pe cît posibil, mai mult a ștanțelor de construcție închisă.

— Comanda acționării piesei să fie bimanuală.

EXERCIȚII, APLICAȚII

7.1. O rondelă cu diametrul interior de 9 mm și exterior de 18 mm este ștanțată din tablă de oțel cu grosimea de 1,5 mm. Să se calculeze forța de tăiere și forța pe care trebuie s-o dezvolte presa, în cazul ștanțării cu o ștanță-bloc, cunoscînd că $\tau_f = 400$ MPa.
Răspuns : 63,6 kN ; 73,3 kN.

7.2. De cîte ori se micșorează forța presei, în cazul rondelei din problema anterioară, dacă ștanțarea se face cu o ștanță cu acțiune succesivă ? Care trebuie să fie diferența de înălțime între poansoane ?
Răspuns : 1,5 ori ; $\Delta \geq 1{,}5$ mm.

7.3. O sîrmă de oțel cu diametrul de 6 mm trebuie retezată la un foarfece manual, ca în figura 7.8. Cu ce forță F trebuie acționat foarfecele dacă $l_1 = 20$ cm, $l_2 = 80$ cm și $\tau_f = 400$ MPa ?
Răspuns : $F = 284$ N.

PARTEA A TREIA

TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A PĂRȚILOR ACTIVE ALE MAȘINILOR ȘI APARATELOR ELECTRICE

CAPITOLUL 8

TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A MIEZURILOR MAGNETICE

8.1. GENERALITĂȚI

Miezul magnetic este una din părțile active ale M.A.E., fiind suportul material al fluxului magnetic.

Un flux magnetic total Φ_t mare, pentru a avea putere mare, se poate obține pe două căi :

— fie luînd o inducție magnetică în fier B_{Fe} mare — la o secțiune dată ;

— fie luînd o secțiune a miezului S_{Fe} mare — la o inducție dată.

Se preferă creșterea inducției magnetice în fier, cale mai economică, limitată însă de calitatea materialului utilizat pentru fabricarea tolelor.

Pentru confecționarea miezurilor magnetice se folosesc materiale cu permeabilitate magnetică mare — feromagnetice (fier, oțel, fontă etc.).

La confecționarea miezului magnetic trebuie avute în vedere următoarele :

— obținerea unor caracteristici în funcționarea M.A.E. (dictate de circuitul magnetic) superioare ;

— folosirea unei tehnologii de fabricație cît mai simple.

8.1.1. CLASIFICAREA MIEZURILOR MAGNETICE

Miezurile magnetice se pot clasifica după mai multe criterii.

După natura fluxului magnetic, se deosebesc :

— miezurile magnetice pentru flux variabil în timp ;

— miezurile magnetice pentru flux constant în timp.

Se cunosc două cazuri de variație a fluxului magnetic (corespunzătoare celor două feluri de magnetizări), și anume :

— flux variabil în timp cu frecvența curentului alternativ care-l produce — magnetizare ciclică — ca la transformatoare și aparate de c.a. ;

— flux variabil (în miez), ca urmare a rotirii miezului într-un cîmp magnetic constant în timp sau invers — magnetizare de rotație — ca la mașinile electrice rotative.

După forma materialului din care se confecționează, se deosebesc :

— miezuri magnetice din tole (pentru flux variabil și constant) ;

— miezuri magnetice masive (numai pentru flux constant).

După forma miezului magnetic, pot fi :

— miezuri magnetice compacte (v. fig. 8.6) ;

— miezuri magnetice divizate, din pachete cu canale de răcire între ele (v. fig. 8.7).

Se știe că, la trecerea fluxului magnetic prin miez, prezintă importanță două elemente, și anume :

— solenația, care produce cîmpul magnetic ;

— pierderile ce apar în miezul magnetic.

În construcția miezurilor magnetice trebuie ca solenația necesară producerii unui flux magnetic să fie cît mai mică (consum de energie redus) chiar pentru fluxuri mari.

Pentru o anumită secțiune a miezului (S_{Fe}), flux magnetic mare înseamnă inducție magnetică (B_{Fe}) mare.

În acest caz, pentru a obține o solenație mică, trebuie ca după curba de magnetizare a materialului din care este confecționat miezul $B = f(H)$ — care este o caracteristică a materialului — pentru inducția din fier B_{Fe} să rezulte o intensitate a cîmpului magnetic H mică (curba *1*, fig. 8.1).

Pierderile în miezul magnetic — numite pierderi principale în fier — apar numai în cazul fluxurilor magnetice variabile, datorită curenților turbionari din tolele miezului — *pierderi prin curenți turbionari* — și datorită fenomenului de histerezis — *pierderi prin histerezis*. Pierderile prin histerezis sînt proporționale cu aria ciclului de histerezis (fig. 8.2).

De obicei, aceste pierderi se calculează global cu relația :

$$P_{Fe} = k_p p_{10/50} \left(\frac{f}{50}\right)^{1,3} B_{Fe}^2 G_{Fe} \text{ [W]}, \tag{8.1}$$

în care :

$p_{10/50}$ sînt pierderi specifice (W/kg), reprezentînd pierderile pentru 1 kg din miezul magnetic la frecvența de 50 Hz și inducția de 1 T, în W/kg ;

f este frecvența de variație a fluxului magnetic din miez, în Hz ;

B_{Fe} — inducția magnetică în miez, în T ;

G_{Fe} — masa porțiunii din miezul magnetic în care se calculează pierderile, în kg (masa netă a fierului) ;

k_p — coeficient (tehnologic) de majorare a pierderilor în fier, datorită confecționării miezului magnetic din tole.

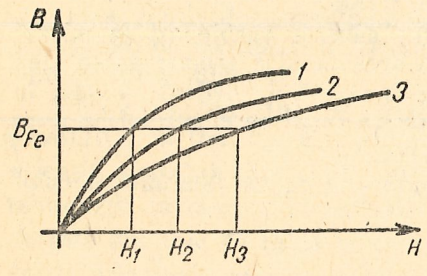


Fig. 8.1. Curba de magnetizare $B=f(H)$ a materialului.

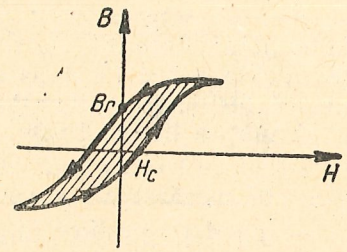


Fig. 8.2. Aria ciclului de histerezis.

Pentru magnetizarea ciclică, f este chiar frecvența curentului alternativ care o produce, iar pentru magnetizarea de rotație :

$$f = \frac{pn}{60} \text{ [Hz]}, \qquad (8.1,\ a)$$

unde :

p este numărul de perechi de poli ai mașinii ;

n — turația, în rot/min.

Pierderile specifice ($p_{10/50}$) și curba de magnetizare $B = f(H)$ sînt caracteristici de material și sînt date direct de fabrica ce livrează materialul pentru confecționarea miezului magnetic. Rezultă că pentru obținerea unor caracteristici superioare ale produsului este necesar ca :

— solenația pentru magnetizare să fie mică (cîmpul H — mic) ;

— pierderile specifice ($p_{10/50}$) să fie mici (pentru flux variabil), ceea ce se poate obține prin utilizarea unui material caracterizat printr-un ciclu de histerezis cu o pantă cît mai mare și o suprafață cît mai mică.

În acest scop, pentru confecționarea miezurilor magnetice se folosesc materiale feromagnetice sub formă de table laminate (în care se fac tolele) sau sub formă masivă — turnate, laminate sau forjate.

Pentru reducerea pierderilor specifice, tablele pentru tole sînt din oțel aliat cu siliciu (2—4% Si), numit și oțel electrotehnic slab aliat, mediu aliat sau puternic aliat în funcție de procentul de siliciu ; grosimea lor este de 0,3—0,35 mm (pentru transformatoare și aparate electrice) și de 0,5 mm (pentru mașini rotative).

Adaosul de siliciu reduce pierderile specifice în fier, însă mărește concomitent cîmpul H, necesitînd un curent de magnetizare mai mare. În figura 8.1 este reprezentată curba de magnetizare $B = f(H)$, procentul de siliciu fiind variabil (curba *1* cel mai mic, curba *3* cel mai mare).

Tablele obținute prin metode obișnuite la laminare se numesc table de oțel electrotehnic (table silicioase) *laminate la cald.* Calitățile tablei silicioase laminate la cald sînt date de STAS 673-67.

În ultimul timp se folosește tabla silicioasă *laminată la rece* în două variante :

— *cu cristale orientate* în direcția liniilor de cîmp magnetic (pentru reducerea lui H — deci a solenației), utilizată, în special, la transformatoare și aparate electrice (unde liniile de cîmp au o direcție bine stabilită) și la mașinile electrice foarte mari ($P > 100$ MW), cu pierderi specifice $p_{10/50} = 0{,}4$— — 1,7 W/kg ;

— *cu cristale neorientate,* utilizată la mașinile electrice rotative, unde cîmpul magnetic este radial, cu $p_{10/50} = 2$—3 W/kg.

Pentru evitarea creșterii pierderilor prin curenți turbionari la miezul împachetat, datorită scurtcircuitării tolelor, acestea sînt izolate între ele ; izolația se aplică fie după ștanțarea tolei, sub formă de peliculă de lac, în cazul tablei laminate la cald, fie direct de fabrica furnizoare, sub forma unui strat subțire în cazul tablei laminate la rece.

Rezultă că tabla laminată la rece, în comparație cu cea laminată la cald, prezintă următoarele avantaje :

— pierderi specifice ($p_{10/50}$) reduse ;

— solenație de magnetizare redusă ;

— posibilitatea izolării tablei cu pelicule foarte subțiri și uniforme.

8.1.3. INFLUENȚA TEHNOLOGIEI DE FABRICAȚIE ASUPRA CALITĂȚII MIEZURILOR MAGNETICE

8.1.3.1. **Coeficientul de umplere (de împachetare)** k_{Fe}. Pentru miezurile magnetice masive, secțiunea netă a fierului S_{Fe} (străbătută de fluxul magnetic) este egală cu aria geometrică S, calculată cu dimensiunile miezului.

Pentru miezurile magnetice confecționate din tole împachetate (fig. 8.3), secțiunea netă a fierului S_{Fe} este mai mică decît aria geometrică S, calculată cu dimensiunile miezului. Astfel :

$$\frac{S_{Fe}}{S} = k_{Fe} < 1, \qquad (8.2)$$

de unde :

$$S_{Fe} = k_{Fe} S = k_{Fe} b l_g = l_{Fe} b, \qquad (8.3)$$

b și l_g fiind dimensiunile geometrice ale miezului.

Din relația (8.3) se observă că secțiunii nete de fier i se poate asocia o lungime netă de fier :

$$l_{Fe} = k_{Fe} l_g. \qquad (8.3,\ a)$$

Rezultă că, pentru o utilizare cît mai rațională a materialelor, este necesar ca valoarea lui S_{Fe} să fie cît mai apropiată de valoarea lui S, adică coeficientul de umplere k_{Fe} să aibă valoarea cît mai apropiată de 1.

Factorii de care depinde k_{Fe} sînt :

— calitatea tablei și a ștanțării tolei ;

— grosimea izolației tolelor ;

— grosimea tolelor ;

— forța de presare (la împachetare) a miezului.

Neuniformitatea grosimii tablei și mărimea bavurilor rezultate din ștanțarea tolelor influențează negativ valoarea lui k_{Fe}. De asemenea, mărimea bavurilor influențează nevaforabil și pierderile principale în fier. Cu cît grosimea izolației este mai mare, cu atît k_{Fe} este mai mic. Valorile lui k_{Fe}, în cazul izolațiilor uzuale, sînt următoarele :

— $k_{Fe} = 0{,}87 \ldots 0{,}89$, tole izolate cu hîrtie ;

— $k_{Fe} = 0{,}92 \ldots 0{,}93$, tole izolate cu lac, după ștanțare ;

— $k_{Fe} = 0{,}95 \ldots 0{,}96$, tole din tablă laminată la rece ;

— $k_{Fe} = 0{,}96 \ldots 0{,}97$, tole neizolate.

Coeficientul k_{Fe} crește cu grosimea tolelor și cu creșterea forței de presare a tolelor la împachetare. Forța de presare a tolelor este limitată însă de creșterea pierderilor principale în fier și a solicitărilor mecanice în elementele de consolidare a miezului.

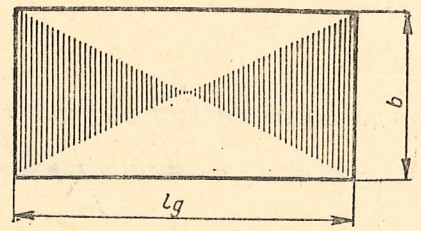


Fig. 8.3. Secțiune printr-un miez împachetat din tole.

8.1.3.2. **Coeficientul de majorare a pierderilor în fier** k_p. Experiența de fabricație a arătat că, oricît s-ar respecta tehnologia la miezurile magnetice împachetate din tole de tablă silicioasă, pierderile principale în fier, reale, sînt mai mari decît cele calculate numai cu pier-

derile specifice ale materialului ($p_{10/50}$), cu o cantitate corespunzătoare coeficientului de majorare k_p (v. relația 8.1).

Factorii de care depinde k_p sînt :

— volumul și calitatea prelucrărilor tolei (ștanțării) ;

— calitatea izolației dintre tole;

— calitatea împachetării și a prelucrării miezului împachetat.

În timpul operației de ștanțare a tolei, datorită efortului de tăiere la care este supus materialul, pe o adîncime de circa 0,4—0,6 mm de-a lungul conturului, se produce așa-zisul fenomen de ecruisare, adică distrugerea rețelei cristaline intime a materialului și, totodată, la tabla izolată, distrugerea stratului izolant (conturul punctat din fig. 8.4). Ca urmare, se produc creșteri ale pierderilor principale în fier, deoarece :

— cresc pierderile specifice ($p_{10/50}$) în volumul de material ecruisat ;

— cresc pierderile prin curenți turbionari (după împachetare), datorită distrugerii parțiale a stratului de izolație a tolei.

Din figura 8.4 se observă că fenomenul de ecruisare are o influență mai mare în special la miezurile mici, la care adîncimea de ecruisare devine procentual mai mare față de latura B a tolei. De aceea, la tolele cu cristale orientate se folosește metoda de recoacere a tolei (după ștanțare), care ajută la reorientarea cristalelor, în zona ecruisată, iar la cele izolate cu oxizi, chiar la refacerea stratului de izolație deteriorat (prin recoacere în atmosferă de gaz).

Calitatea izolației dintre două tole după împachetare influențează direct coeficientul de majorare a pierderilor în fier k_p ; datorită acestui fapt, izolația tolelor trebuie să satisfacă următoarele cerințe ;

— să fie uniformă și compactă (fără fisuri) ;

— să fie cît mai subțire ;

— să aibă rezistență mecanică și elasticitate corespunzătoare ;

— să aibă proprietăți termice (limită de funcționare și coeficient de dilatație) corespunzătoare.

Datorită împachetării din tole, întotdeauna dimensiunile finite ale miezului diferă de ale tolei propriu-zise prin așa-numitul *joc de împachetare*, provenit din întreținerea tolelor (fig. 8.5) ; în cazul exemplului dat (o crestătură pentru mașini electrice), el reprezintă diferența dintre lățimea crestăturii ștanțate b_c și lățimea rezultată după împachetare b_c'. De obicei, în cazul unei ștanțări și împachetări corecte, acest joc de împachetare este de 0,1—0,2 mm și, de regulă, se prevede în calcule. Dacă unul din cei doi factori nu se respectă (ștanțarea sau împachetarea), atunci jocul de împa-

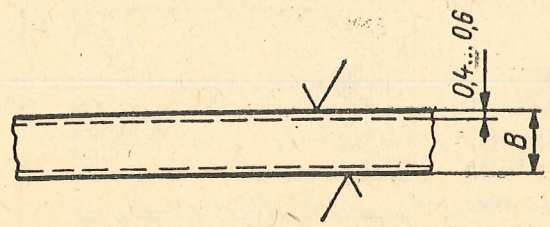


Fig. 8.4. Fenomenul de „ecruisare" la ștanțarea sau tăierea tolelor (în lungul conturului).

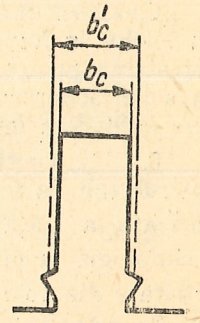


Fig. 8.5. Jocul de împachetare.

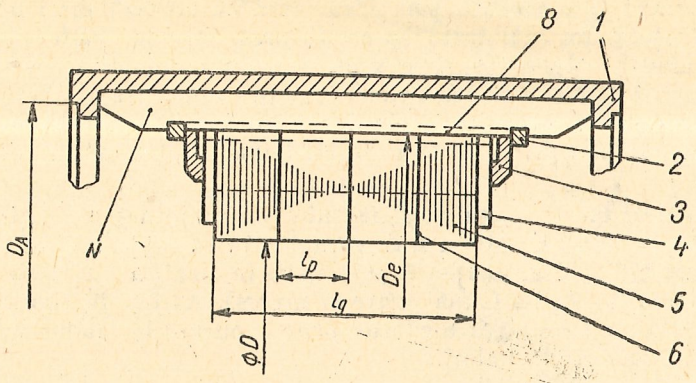


Fig. 8.6. Miez magnetic compact :

1 — carcasă (pentru stator) sau arbore cu nervuri (pentru rotor) ; *2* — piesă de fixare ; *3* — inel de presare ; *4* — tolă cu degete ; *5* — tolă normală ; *6* — tolă izolantă ; *8* — pană ; *N* — nervură.

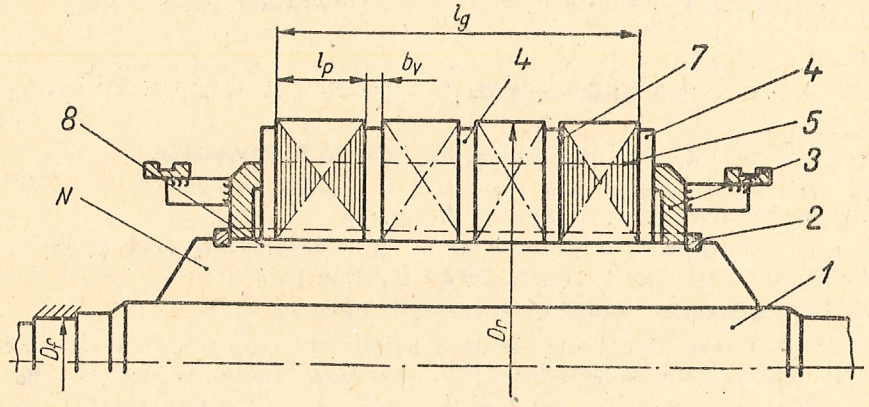


Fig. 8.7. Miez magnetic divizat :

1 — arbore cu nervuri (pentru rotor) sau carcasă (pentru stator) ; *2* — piesă de fixare (de siguranță) ; *3* — inel de presare și suport înfășurare ; *4* — tolă cu distanțori (sau cu degete) ; *5* — tolă normală ; *7* — tolă terminală ; *8* — pană ; *N* — nervură.

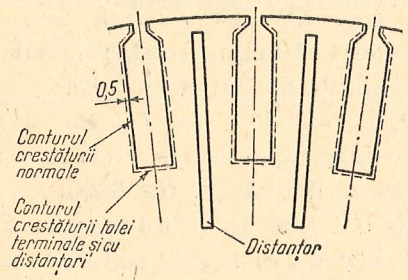


Fig. 8.8. Conturul lărgit al crestăturilor pentru tole terminale și cu distanțori.

chetare este mai mare și deci la aceeași valoare a lui b^e rezultă pentru b_e, după împachetare, o valoare mai mică, ceea ce creează mari neajunsuri la bobinare (bobina nu mai intră în crestătură). Pentru reducerea lui b_e la valoarea impusă este necesară o ajustare suplimentară a crestăturii ; din această cauză, tolele se vor atinge între ele (pe suprafața ajustată) și deci va crește coeficientul de majorare a pierderilor în fier k_p. Iată de ce, în general, nu sînt recomandate prelucrările miezului împachetat (mai ales pentru fluxul variabil).

Rezultă deci că valoarea coeficientului de majorare a pierderilor în fier depinde, în principal, de forma și de complexitatea porțiunii din miezul magnetic în care se produc pierderile principale în fier (la un contur mai complicat valoarea lui k_p va fi mai mare și invers). Astfel, în condițiile actuale ale utilizării unor tehnologii moderne pentru miezurile magnetice, coeficientul k_p are următoarele valori :

— pentru mașinile electrice rotative :
— în dinții miezului magnetic : $k_{p(d)} = 1{,}6 \ldots 1{,}8$;
— în jurul miezului magnetic : $k_{p(j)} = 1{,}25 \ldots 1{,}4$.
— pentru transformatoare și aparate electrice :
— din tablă laminată la cald : $k_p = 1{,}07 \ldots 1{,}15$; în medie $k_p = 1{,}10$;
— din tablă laminată la rece cu cristale orientate : $k_p = 1{,}05$.

8.2. MIEZURILE MAGNETICE PENTRU MAȘINILE ELECTRICE ROTATIVE

8.2.1. MIEZURI MAGNETICE PENTRU FLUX VARIABIL

Din această categorie de miezuri fac parte :

— miezul magnetic stator de la mașinile de c.a. sincrone și asincrone, care, din punct de vedere constructiv, sînt identice ;

— miezul magnetic rotor de la mașinile de c.c. ;

— miezul magnetic rotor de la mașinile de c.a. asincrone și sincrone cu poli înecați care se realizează din interiorul tolelor stator (v. fig. 8.9) din motive tehnologice și economice. Aceste miezuri din punct de vedere funcțional sînt pentru flux constant (rotorul mașinii sincrone) sau aproximativ constant (rotorul mașinii asincrone la care frecvența fluxului variabil în rotor este foarte mică $f_2 = 0{,}4$—$1{,}5$ Hz).

În figura 8.6 este reprezentat un miez magnetic compact pentru stator, iar în figura 8.7, un miez magnetic divizat pentru rotor.

De obicei, tabla silicioasă pentru miezurile magnetice se livrează sub formă de rulouri cu lățimea maximă de 1 110 mm. Acestea înseamnă că, din punct de vedere constructiv, este posibilă obținerea unor tole din întreg pentru diametrul exterior maxim $D_{e\,max} = 1\,100$ mm (10 mm constituie adaos de prelucrare) ; pentru diametre mai mari este necesar ca circumferința miezului să se realizeze din segmentul de tole (v. fig. 8.22).

8.2.1.1. **Miezuri magnetice pentru $D \leqslant 1\,100$ mm (din întregul).** Se consideră cazul general cînd din interiorul tolei-stator se ștanțează în continuare tola-rotor (fig. 8.9).

Tola normală (fig. 8.9). *Procesul tehnologic de fabricație* comportă următoarele operații :

— *Debitarea*, care constă în tăierea din rulou a unor pătrate cu latura $L = D_e + (5 \ldots 10)$mm (fig. 8.10). Operația se execută în două etape :

— tăierea în fișii cu lățimea L (în lungul ruloului) la mașini speciale de debitat ;

— tăierea în pătrate cu ajutorul unei ghilotine automate.

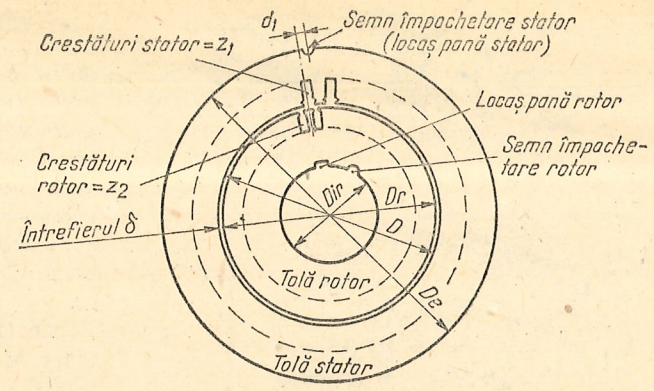


Fig. 8.9. Tolă normală stator și rotor, pentru $D \leqslant 1\,100$ mm.

— *Ștanțarea centrului fals*, avînd drept scop centrarea tolei pentru toate operațiile următoare. Centrul fals este un orificiu cu diametrul $d = 40$—60 mm (fig. 8.10), în funcție de diametrul nominal al dornului de centrare existent pe mașinile de ștanțat (care, de obicei, are aceeași valoare la toate mașinile). O dată cu aceasta se ștanțează, la distanța D_2 (în funcție de diametrul interior al tolei rotor D_{ir}), și orificiile care vor constitui locașul de pană-rotor și semnul de împachetare al tolei-rotor (v. fig. 8.9). În timpul acestei operații, pentru o centrare corectă, pătratul debitat trebuie ghidat pe cel puțin două laturi A și B (fig. 8.10).

— *Ștanțarea diametrului exterior stator D_e și a semnului de împachetare stator* (fig. 8.10), ce constituie și locașul de pană pentru asigurarea fixării miezului-stator în carcasă. Operația se execută cu ștanță-bloc, în scopul obținerii unei cote precise pentru D_e ; pentru reducerea numărului de ștanțe, valorile acestor diametre se normalizează.

Ștanțarea crestăturilor-stator (fig. 8.11), care se poate face prin două metode :

— ștanțarea pas cu pas, cînd se folosește o ștanță simplă, care să decupeze doar conturul crestăturii-stator de tipul celei indicate în figura 7.1.

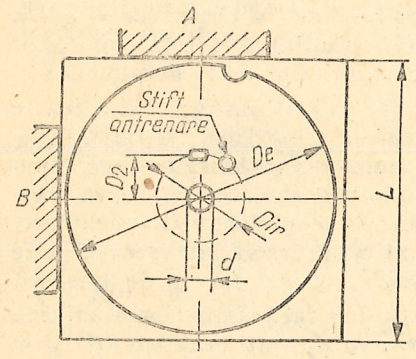


Fig. 8.10. Debitarea, centrarea și ștanțarea diametrului exterior stator D_e.

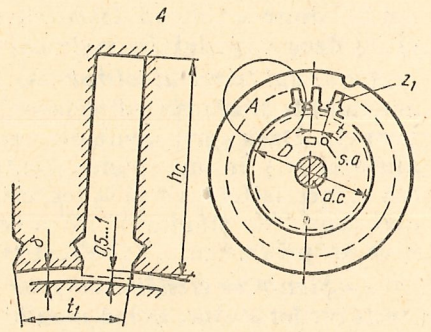


Fig. 8.11. Ștanțarea crestăturilor stator.

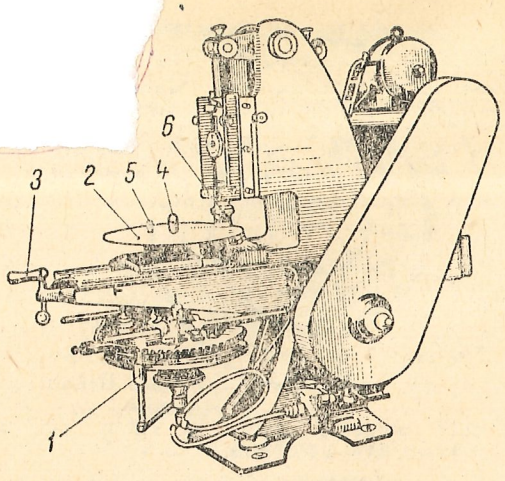


Fig. 8.12. Presă semiautomată pentru ștanțarea pas cu pas a crestăturilor.

În acest caz, tola se așază pe masa rotativă *2* a presei (fig. 8.12) ghidată de dornul central *4* (care intră în orificiul d.c. — v. fig. 8.11) și care, pentru rotire, va fi antrenată de știftul *5* al presei care intră în orificiul ș.a. al tolei — (v. fig. 8.11). O dată cu centrarea se face și fixarea tolei pe masa presei, prin apăsarea cu un dispozitiv special.

Distanța de la dornul de centrare *4* la ștanța *6* (fig. 8.12) poate fi reglată cu ajutorul manivelei *3*. Numărul de crestături Z_1, uniform repartizate pe circumferință, va fi asigurat de un disc divizor cu Z_1 dinți, montat pe mecanismul de divizare *1*, care, prin intermediul unui clichet, asigură, în timpul funcționării, rotirea automată pas cu pas a tolei (în timp ce poansonul ștanței *6* se află în partea superioară a cursei);

— ștanțarea cu ștanță-bloc, cînd dintr-o singură lovitură se ștanțează toate crestăturile-stator, inclusiv diametrul interior al tolei-stator D. Metoda este foarte productivă și se recomandă în cazul unei producții în serie mare sau în masă.

— *Ștanțarea diametrului interior stator* D (în cazul că nu s-a folosit pentru crestături ștanță-bloc), care se poate realiza:

— cu ștanță-bloc, obținînd o cotă precisă pentru D. Metoda se justifică în cazul unei fabricații bine puse la punct, cu diametre D normalizate. În acest caz, ștanța de crestătură, utilizată în operația anterioară, trebuie să aibă o înălțime ceva mai mare decît înălțimea utilă h_c a crestăturii, așa încît să ștanțeze și un mic intrînd (0,5—1 mm) din zona întrefierului δ (v. fig. 8.11, detaliul A); aceasta nu poate depăși, însă, valoarea întrefierului, deoarece intră în tola-rotor;

— simultan cu crestăturile-stator — în care caz, ștanța de crestătură, din operația anterioară, trebuie prevăzută și cu o prelungire laterală (ștanță în L sau în T), care să-i permită tăierea simultană și a dintelui (la cota D). Astfel, dintr-o singură lovitură, se asigură atît ștanțarea crestăturii-stator cît și decuparea lui D pe deschiderea pasului t_1 (v. fig. 8.11, detaliul A).

Controlul tehnic al tolei-stator. Pentru aceasta, prima tolă se verifică foarte amănunțit, și anume: dimensiunile ei, numărul de crestături, calitatea ștanțării etc. Dacă corespunde desenului tolei normale, se consideră *tolă-șablon* cu ajutorul ei, prin suprapunere controlîndu-se pe loturi celelalte tole (suprapunerea se face astfel încît să se respecte și suprapunerea semnelor de împachetare, deci sensul de ștanțare). Între cele două ascuțiri succesive ale ștanței este necesar, prin urmare, să se realizeze tole pentru un număr întreg de miezuri.

— *Ștanțarea crestăturilor rotor* (fig. 8.13), care se face similar cu ștanțarea crestăturilor stator, avînd montat discul divizor cu Z_2 dinți echidistanți. Și în acest caz, ștanța de crestătură-rotor la partea superioară, trebuie să aibă înălțimea mai mare decît h_c, intrîndul putînd chiar depăși valoarea întrefierului δ, deoarece nu mai există pericolul să intre în tola-stator.

— *Ștanțarea diametrului interior* D_{ir} care se face cu ștanță-bloc în scopul realizării unei dimensiuni precise și uniforme a miezului în vederea împachetării lui pe arbore; în urma acestei ștanțări rezultă locașul de pană și semnul de împachetare al tolei-rotor (v. fig. 8.9).

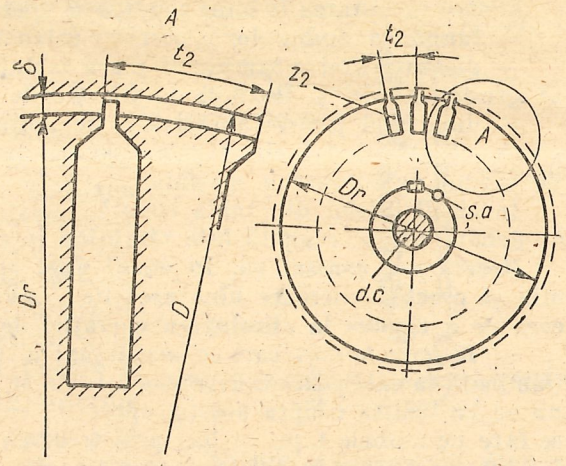


Fig. 8.13. Ștanțarea crestăturilor rotor.

OBSERVAȚII

1. Ca și la tola-stator, pentru ștanțarea rolei-rotor, se poate folosi o ștanță-bloc complexă (cu o singură lovitură sau în trepte) cu ajutorul căreia să rezulte direct tola-rotor; acest lucru este, însă, recomandabil (la dimensiuni mari ale tolei) în cazul unei producții de serie mare sau de masă.

2. Pentru micromașini ($P_N < 0{,}1$ kW) și mașini mici ($P_N = 0{,}1-1$ kW), din cauza dimensiunilor mici ale tolelor, ștanțarea se face întotdeauna cu ștanță-bloc (atît tola-stator cît și tola-rotor).

3. Deoarece industria constructoare de mașini electrice prelucrează prin ștanțare o imensă cantitate de tablă silicioasă, este foarte important pentru economia națională ca deșeurile rezultate în urma prelucrării să fie minime.

În acest scop, din interioarele tolelor-stator ale mașinilor sincrone cu poli aparenți cît și din interioarele tolelor-rotor ale mașinilor asincrone, se realizează tole pentru mașini asincrone sau rotoarele de c.c. cu diametrul corespunzător. Din deșeuri se pot realiza și tole pentru micromotoare, tole pentru polii principali sau auxiliari la motoarele de c.c. etc.

Controlul tehnic al tolei-rotor se efectuează identic ca la tola-stator.

— *Debavurarea*, adică îndepărtarea bavurilor rezultate din operațiile de ștanțare a tolei.

Ținînd seama că toate ștanțările s-au executat în același sens, rezultă că debavurarea este necesară numai pe o singură față (fața interioară — de așezare a tolei pe masa presei). Operația se execută cu o mașină de debavurat (fig. 8.14). Pentru a fi trecut prin mașină, tolele se așază cu bavurile în sus pe banda de cauciuc a transportorului *2* care avansează tolele sub tamburul de rectificat *1*, ce se rotește cu o viteză $n_1 = 2\,800$ rot/min. Transportorul *2* este antrenat de un alt tambur cu viteza de rotație $n_a < n_1$, astfel încît să asigure tolei o viteză liniară $v_a = 10 - 12$ m/min.

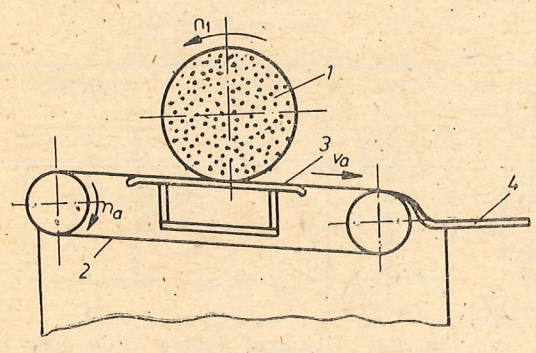


Fig. 8.14. Principiul mașinii de debavurat.

În zona rectificării tolei, pentru debavurare, banda se sprijină pe o placă metalică *3*, a cărei distanță față de piatră se poate varia în funcție de grosimea tolei. Tolele debavurate sînt aruncate, apoi, pe masa *4*.

Pentru executarea în bune condiții a operațiilor, este necesar ca :

— lungimea tamburelor să permită introducerea tolelor cu $D_e = 1\,100$ mm

— distanța dintre tambur și placa metalică *3* să fie reglabilă în funcție de grosimea tolei și flexibilă în funcție de neuniformitatea grosimii tolei ;

— diametrul pietrei abrazive să fie uniform ; acest lucru reclamă o revizuire atentă a uzării pietrei și la intervale de timp corespunzătoare, în funcție de gradul de folosire a mașinii.

În cazul tolelor din tablă izolată, izolația tolei se strică numai pe fața de debavurat, pe cealaltă față rămînînd intactă.

Recent s-a constat că, în cazul unei ștanțări corespunzătoare (cu joc mic și muchii tăietoare bine ascuțite), bavurile rezultate sînt foarte mici, ceea ce a condus la eliminarea operației de debavurare.

— *Izolarea tolelor,* care se face numai la tolele ștanțate din tablă neizolată (laminată la cald). Deoarece această tablă se folosește din ce în ce mai puțin, nu se va insista asupra acestei operații ; se menționează numai că izolarea se face pe ambele fețe, cu lac, prin trecerea tolei printre două tambure cufundate parțial în lac, și apoi, prin trecerea pe o bandă transportoare printr-un cuptor cu trei compartimente de temperatură corespunzătoare, respectiv, volatilizării solventului din lac, polimerizării lacului și evacuării gazelor rezultate.

Repere necesare împachetării. *Tola izolantă 6* (v. fig. 8.6) se confecționează din foi de material izolant cu grosimea de 0,5—1 mm și are același proces tehnologic ca și tola normală, evident fără operațiile specifice tolei din tablă-debavurare, izolare etc. Materialul izolant folosit trebuie să prezinte o oarecare rigiditate necesară ștanțării și să corespundă unei clase de izolație similară cu cea a izolației tolelor normale.

Tola terminală 7 (v. fig. 8.7) se confecționează din tablă de oțel silicios, cu grosimea de 1 mm. Procesul tehnologic este identic cu cel al tolei normale.

Tola cu distanțori 4 (v. fig. 8.7) este identică cu tola cu degete *4* (v. fig. 8.6) și se compune din (fig. 8.15) :

— *tola terminală pentru distanțori 1,* identică cu tola terminală, avînd în plus ștanțate orificiile unde se introduc pentru nituire distanțorii ;

— *distanțorul 2,* confecționat din tablă de oțel obișnuit, cu grosimea de 2—3 mm, a cărui înălțime este egală cu lățimea canalului radial de ventilație b_v. Fiecărei tole cu distanțori îi corespund Z_2 (respectiv Z_1) distanțori. Pentru mărirea stabilității, distanțorul se îndoaie sub unghiul β.

Procesul tehnologic al distanțorului este următorul :

— debitarea tablei în fîșii cu lățimea L egală cu lungimea distanțorului (fig. 8.16) ;

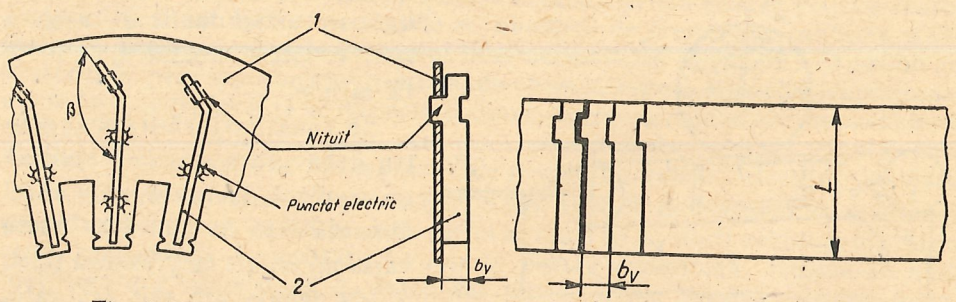


Fig. 8.15. Tola cu distanțor.

Fig. 8.16. Distanțor (operația de ștanțare).

— ștanțarea distanțorului cu o ștanță simplă ce decupează numai o latură (conturul întărit) ;

— îndoirea la unghiul β (v. fig. 8.15).

În cazul în care este mai comod pentru aprovizionare, distanțorii se pot confecționa și din bară profil I cu înălțimea cît b_v, prin simpla debitare la lungime.

Asamblarea distanțorului cu tola terminală pentru distanțor se face introducîndu-se pintenul distanțorului în locașul special ștanțat în tola respectivă, după care se sudează electric prin puncte și apoi se nituiesc. În cazul distanțorilor din profilul I, prinderea mecanică, în afară de punctarea electrică, este ceva mai dificilă, un exemplu fiind cel reprezentat în figura 8.17.

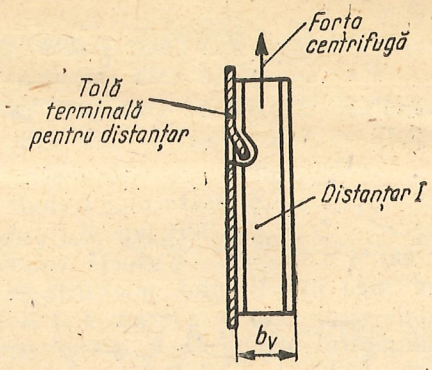


Fig. 8.17. Fixarea mecanică a distanțorului din profil I.

Penele de împachetare sînt un fel de calibru cu lățimea cît valorea finită a crestăturii, pe care ghidează tolele în timpul împachetării miezului, pentru ca jocul de împachetare să fie cît mai mic. De aceea, ele se confecționează din oțel dur, pentru a nu se decalibra în timpul frecării tolei pe ele, mai ales că aceleași pene se folosesc la mai multe miezuri cu aceeași valoare a lățimii crestăturii.

Cu cît numărul penelor de împachetare este mai mare cu atît împachetarea este mai precisă, însă, procesul de împachetare este mai dificil.

Practic, s-a constatat că este suficient un număr mai mic de pene (minim *3*), uniform repartizate pe periferia miezului magnetic (cu crestături).

Împachetarea miezurilor magnetice din tole (v. fig. 8.6 și 8.7) se face în poziție verticală. Pentru aceasta, se întoarce carcasa sau arborele cu nervuri *1* și se așază în poziție verticală pe un suport special.

Procesul tehnologic de împachetare comportă următoarele operații :

— *Sortarea + împachetarea falsă,* avînd drept scop alegerea tolelor bune, după semnul de împachetare, respectîndu-se, în mod obligatoriu, același sens de ștanțare.

— *Împachetarea propriu-zisă,* care se execută în ordinea numerotării pozițiilor (v. fig. 8.6 și 8.7), adică :

— se introduc penele *8* de asigurare a miezului împotriva rotirii ;

— se așază piesele *2* de fixare inferioare — de jos ;

— se introduce inelul de presare inferior *3* ;

— se introduce tola *4* cu degete (distanțori) inferioară ;

— se introduce un număr de tole normale *5* astfel încît să se obțină o lungime a pachetului de circa 1—2 cm ;

— se introduc penele de împachetare (minim 3), uniform repartizate, pe care vor ghida, în continuare, tolele în timpul împachetării.

Se împachetează apoi toate reperele miezului, în ordinea și la dimensiunile indicate în desen și stabilite orientativ la împachetarea falsă, ultimul reper fiind inelul de presare *3* superior.

— *Presarea,* care se efectuează cu ajutorul dispozitivului de presare pe inelul de presare superior.

Forța de presare normală F se determină cu relația :

$$F = pS \text{ [N]}, \qquad (8.4)$$

în care :

$p = 1{,}6—1{,}8$ MPa este presiunea normală de strîngere a miezului ;

S — suprafața netă (laterală) a tolei, în mm².

Forța inițială de presare F_i este mai mare și se determină tot cu relația (8.4), în care $p_i = 2{,}1—2{,}3$ MPa.

— *Strunjirea*, necesară pentru realizarea întrefierului δ. În cadrul acestei operații, miezul statorului trebuie adus la valoarea nominală a diametrului interior D (v. fig. 8.6), iar cel al rotorului, la diametrul exterior D_r (v. fig. 8.7). Pentru a realiza o perfectă asamblare a rotorului în stator și deci uniformitatea întrefierului, miezurile se centrează pe mașinile de prelucrat după diametrul D_A, de așezare a scutului, la miezul-stator (v. fig. 8.6) și după diametrul fusului D_f la miezul rotor (v. fig. 8.7). Deoarece în timpul strunjirii există pericolul deplasării dinților, pentru respectarea dimensiunilor crestăturilor, în toate crestăturile se introduc *pene de strunjire* (pene din lemn cu lățimea cît a crestăturii) care, după strunjire, se aruncă.

Strunjirea miezului statorului trebuie evitată, printr-o ștanțare a tolelor și o împachetare a miezului corespunzătoare.

OBSERVAȚII

1. Deoarece tabla silicioasă este mai greu de prelucrat, se impun următoarele măsuri :
— folosirea unui cuțit special (de, obicei, din oțel rapid) ;
— avansuri — longitudinal și transversal — foarte mici ;
— marginile pachetelor se vor prelucra, întotdeauna, cu sensul de înaintare a cuțitului dinspre exterior spre interiorul pachetului (folosind și avansul pe stînga), pentru a se evita așa-zisa „exfoliere" a tolelor marginale.

2. La majoritatea cazurilor, pentru a se asigura uniformitatea întrefierului, diametrele — de așezare a scutului D_A și al fusului D_f — se finisează o dată cu strunjirea întrefierului ; pentru aceasta, se va prevedea adaosul de prelucrare corespunzător.

3. Această operație dezavantajează miezul magnetic, contribuind la creșterea pierderilor în fier. De aceea, la mașinile cu întrefierul mare, miezurile nu se strunjesc.

— *Ajustarea* miezurilor, care constă din următoarele :
— scoaterea penelor de strunjire ;
— îndreptarea și refacerea eventualelor deformări ale tolelor ;
— înlăturarea bavurilor rămase de la prelucrare ;
— asigurarea, cu sudură, a pieselor de fixare *2* (v. fig. 8.6 și 8.7) ;
— verificarea dimensiunilor crestăturilor (cu calibre) și ale miezului ;
— efectuarea eventualelor prelucrări și ajustări ale ansamblului miez-carcasă (sau miez-arbore), ca : trasări, găuriri, filetări, sudări etc. ;
— suflarea cu aer comprimat, pentru îndepărtarea oricăror resturi de șpan, care ar dăuna foarte mult înfășurării.

— *Lăcuirea*, constînd din acoperirea miezului, în special, în porțiunile din crestături, cu o peliculă foarte fină de lac de impregnare cu dublu rol, și anume :
— protejarea izolației înfășurării în timpul bobinării ;
— refacerea stratului de izolație superficială dintre tole.

Înainte de lăcuire, miezurile se usucă în cuptor, pentru înlăturarea oricăror urme de umiditate.

La miezurile mici, lăcuirea se execută prin cufundarea acestora în lac, iar la miezurile mari, prin pulverizarea lacului.

După acoperire și scurgere, miezul se introduce în cuptor pentru polimerizarea lacului. Se acordă o atenție deosebită evitării surplusului de lac, în special, în crestături.

Recent, datorită unei ștanțări și împachetări corespunzătoare, nu mai este necesară lăcuirea miezului.

OBSERVAȚIE

La miezurile magnetice pentru unitățile mari de putere, înaintea lăcuirii se controlează calitatea miezului, prin măsurarea la standul de încercări a pierderilor în fier.

Cele expuse referitoare la împachetare au în vedere mașinile electrice de puteri medii și mari. În cazul mașinilor mici, strîngerea pachetului de tole se mai poate face prin :
— tije de strîngere nituite la capete (sau bordurate) (fig. 8.18) ;
— scoabe (fig. 8.19 și 8.20) ;
— lipire cu lacuri de lipit ; se va avea grijă ca la presarea tolelor să se respecte dimensiunile crestăturilor, prin înlăturarea surplusului de lac dintre tole ; aceasta se obține, de obicei, prin introducerea, în fiecare crestătură, a penelor de împachetare, scoaterea lor făcîndu-se după polimerizarea (uscarea) lacului.

Realizarea dimensiunilor miezului magnetic. Coeficientul de împachetare k_{Fe} depinde de o serie întreagă de factori și reprezintă raportul dintre lungimea de fier l_{Fe} și lungimea geometrică l_g a miezului magnetic (v. fig. 8.3).

Dintre acești factori, o pondere importantă au grosimea tolelor și forța de presare. În aceste condiții, reiese că verificarea lungimii miezului magnetic se poate face exact numai în starea presată a acestuia cu presiunea normală ; acest lucru însă prezintă o serie de dezavantaje, legate de numeroasele manevre necesare adăugării sau scoaterii unui număr de tole, pînă cînd se ajunge la lungimea nominală, ceea ce duce la o productivitate scăzută.

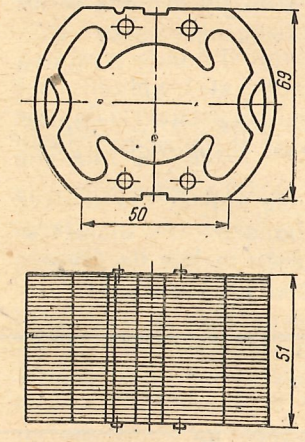


Fig. 8.18. Miez magnetic pentru mașini mici, cu strîngere prin tije.

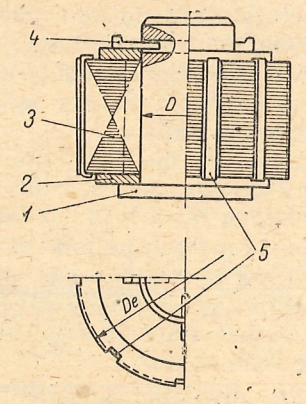


Fig. 8.19. Împachetarea miezului stator cu baza de împachetare D :
1 — dorn de împachetare (de ghidare) ; *2* — placă de presare ; *3* — miez magnetic ; *4* — pană de presare ; *5* — scoabă de strîngere.

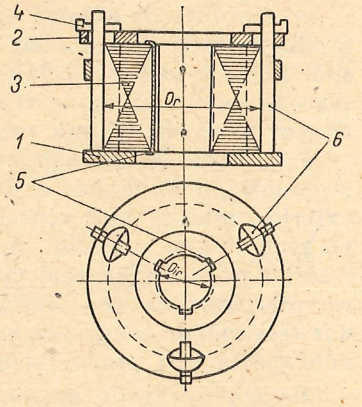


Fig. 8.20. Împachetarea miezului rotor cu baza de împachetare D_r :
1 — dispozitiv de împachetare ; *2* — placă de presare ; *3* — miez magnetic ; *4* — pană de presare ; *5* — scoabă de strîngere ; *6* — tiranți de ghidare.

De aceea, în practică, pentru realizarea lungimii miezului, se folosesc mai multe metode, și anume :

— *Metoda numărării tolelor*, conform căreia numărul total de tole n_t pentru realizarea unei lungimi de pachet l_p, cu tole de grosime Δ, este :

$$n_t = \frac{l_p}{\Delta} . \qquad (8.5)$$

Această metodă este neproductivă și introduce erori date de neuniformitatea grosimii Δ a tolei.

— *Metoda cîntăririi tolelor*, care prezintă un grad de precizie mult mai mare, permițînd, în același timp, automatizarea operației de împachetare ; se folosește în cazul unei fabricații de serie sau de masă și, în general, la mașinile mici.

— *Metoda măsurării miezului* în stare presată, folosită, în general, la majoritatea miezurilor pentru mașinile de puteri medii și mari, la care limitele de toleranță ale lungimilor nu sînt prea strînse.

Baza de împachetare și cotare a miezurilor. Se observă că, la operațiile de împachetare, din cauza ghidării tolelor pe diametrul exterior D_e (stator) și interior D_{ir} (rotor), jocurile de împachetare rezultă spre întrefier, fiind necesară strunjirea miezurilor pentru a realiza întrefierul. Suprafața pe care se face ghidarea tolelor în timpul împachetării se numește *bază de împachetare*. Jocul maxim de împachetare rezultă în partea opusă bazei de împachetare.

Rezultă deci că, în cazul alegerii ca bază de împachetare a diametrului D și D_r (v. fig. 8.19 și 8.20), întrefierul se poate realiza fără operația de strunjire, însă numai dacă diametrele D și D_r au fost decupate cu ștanță-bloc (v. fig. 8.9). În aceste cazuri, după îndepărtarea dispozitivului de împachetare, miezul rămîne presat datorită scoabelor de strîngere.

În această stare, miezul se bobinează și se impregnează, rezultînd, din cauza accesibilității crescute, o productivitate ridicată, după care miezul statorului (rotorului) bobinat se presează în carcasă (sau pe arbore) încălzită în prealabil în cuptor.

Aceste metode elimină operația de strunjire a miezului și duc la creșterea productivității muncii, dar solicită dispozitive de împachetat voluminoase și de aceea se utilizează, în cazul mașinilor mici și mijlocii, la producția de serie mare sau de masă. În acest caz, pachetul statoric bobinat și impregnat poate deveni piesă de schimb pentru reparații.

La statoarele motoarelor mari de înaltă tensiune se aplică, din motive economice, și *împachetarea în dispozitiv*, cu baza de împachetare diametrul exterior, miezul fiind consolidat cu 6—8 bride sudate de inelele de presare pe generatoarea miezului. Această metodă permite atît strunjirea diametrului interior pe strunguri mai mici, cît și bobinarea și impregnarea în exteriorul carcasei. Este mai economică și mai productivă decît împachetarea în carcasă, dar reclamă, de asemenea, un număr mare de dispozitive voluminoase găsind aplicabilitate la producția de serie mare.

Pentru miezurile magnetice, divizate, canalele radiale de ventilație au un rol foarte important în timpul funcționării mașinii, ajutînd la răcirea acesteia : de aceea, lățimea canalelor b_v (v. fig. 8.7) trebuie respectată și după asamblarea mașinii. În cazul mașinilor sincrone normale sau de c.c., cînd numai miezul magnetic de pe o singură armătură (stator sau rotor) este divizat, respectarea distanțelor dintre canale are o importanță mică, deoarece ponderea mai mare pentru ventilație o are numărul de canale ale

miezului. Pentru mașinile asincrone, însă cu aceeași geometrie a ambelor miezuri magnetice (stator și rotor), este absolut necesară, pentru asigurarea lățimii canalului b_v, o suprapunere perfectă a pachetelor celor două miezuri.

În acest caz, trebuie acordată o atenție deosebită (în limita toleranțelor normale) respectării acelorași distanțe atît dintre canalele statorului cît și dintre cele ale rotorului. Pentru aceasta se folosește o anumită *bază de cotare*, însă aceeași la ambele miezuri. În figura 8.21 este dat un exemplu de cotare a miezurilor divizate suprapuse (pentru mașinile asincrone). Se observă că nu se folosește cotarea în linie (în lanț), ci cotarea cu o extremitate comună.

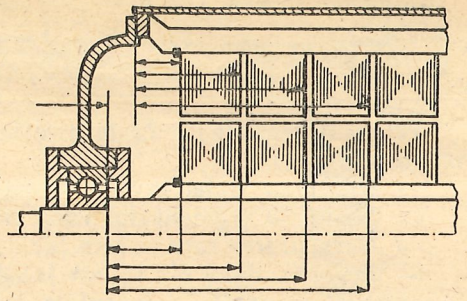


Fig. 8.21. Baza de cotare la împachetarea miezurilor magnetice divizate, suprapuse.

8.2.1.2. **Miezuri magnetice pentru $D > 1\,100$ mm (din segmente).** Dacă diametrul exterior stator D_e (pentru miezurile statorului) sau exterior rotor D_r (pentru miezurile rotorului) depășește lățimea maximă a tablei silicioase (1 100 mm), atunci tola nu mai poate fi obținută din întreg, pentru realizarea circumferinței miezului fiind necesare segmentele de tolă (fig. 8.22, *a*).

Pentru realizarea miezului din segmenți trebuie să se respecte următoarele :

— segmentul să aibă un număr întreg de crestături ;

— marginile segmentului să cadă întotdeauna pe mijlocul crestăturilor și nu al dinților ;

— găurile pentru tijele de strîngere și fixare a segmentului, precum și numărul de crestături ale acestuia să permită împachetarea prin decalare a straturilor de segmente ; acest lucru este necesar pentru ca la îmbinarea între ele a segmentelor să nu se creeze așa-zisul *întrefier de îmbinare*, care ar duce la nesimetria, pe diferiți poli, a circuitului magnetic.

În funcție de posibilitatea decalării între ele a straturilor de segmente, se deosebesc :

— *împachetarea întrețesută*, cînd decalarea straturilor se face cu o jumătate de segment (fig. 8.22, *a* axa X—X) ; în acest caz, pe circumferința miezului magnetic trebuie să existe un număr întreg de segmente, iar axa X—X să treacă pe mijlocul unei crestături ;

— *împachetarea în spirală*, cînd decalarea straturilor este diferită de o jumătate de segment ; în acest caz, pe circumferința miezului magnetic există un număr fracționar de segmente, fracțiunea constituind tocmai decalajul dintre îmbinările segmentelor (de exemplu 1/5, 1/3 etc.).

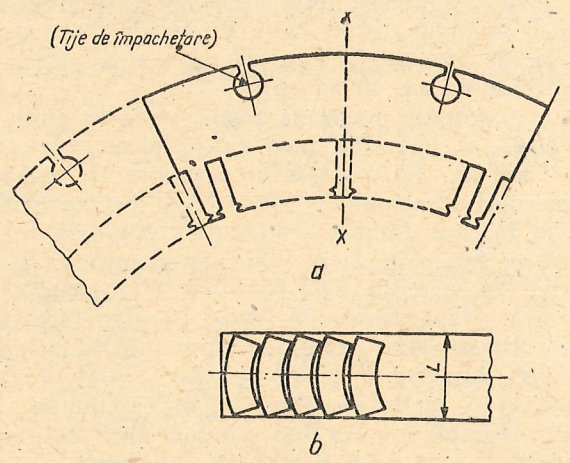


Fig. 8.22. Segment de tolă-stator.

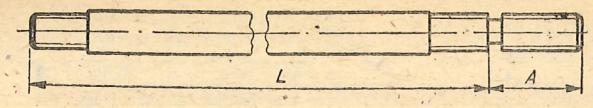


Fig. 8.23. Tijă de împachetare.

Procesul tehnologic de fabricație a miezurilor magnetice din segmente este următorul :

— *Debitarea* tablei în fîșii de lățime L (fig. 8.22).

— *Ștanțarea* segmentului care, de obicei, se face cu o ștanță-bloc.

— *Debavurarea* care se face identic ca la tolele normale (dacă este cazul).

— *Izolarea,* dacă s-a folosit tablă silicioasă neizolată (laminată la cald) sau *recoacerea* pentru segmentele din tablă silicioasă laminată la rece cu cristale orientate (pentru mașinile foarte mari).

— *Împachetarea* care se face tot în poziție verticală și de regulă în ordinea poziționării reperelor în desenul de miez (v. fig. 8.6 și 8.7). Și în acest caz, pentru împachetare sînt necesare o serie de repere ca : segment terminal, segment cu distanțori, pene de împachetare și tije de împachetare.

De regulă, tijele de împachetare servesc la fixarea segmentelor, folosindu-se cel puțin două tije pentru un segment.

În majoritatea cazurilor, cu ajutorul lor se fac și presările miezului (intermediare și finale) în special cînd lungimea acestuia nu este prea mare ($l_g < 2$ m). De aceea, tijele sînt prevăzute, la unul din capete — corespunzător ultimei presări — cu o prelungire filetată, care, după presarea finală, se taie și se aruncă (prelungirea A, fig. 8.23).

— *Ajustarea* miezului, constînd dintr-o serie de operații, și anume : îndreptarea și refacerea unor deformări de tole, sudarea piuliților, găuriri, filetări, scoaterea penelor de împachetare, calibrarea crestăturilor, suflarea etc.

— *Controlul* miezului prin măsurarea pierderilor în fier, a căror valoare trebuie să fie apropiată de cea estimată prin calcule.

— *Lăcuirea,* prin pulverizarea lacului, fiind vorba de miezuri magnetice cu diametre mari.

8.2.2. MIEZURI MAGNETICE PENTRU FLUX CONSTANT

Din această categorie fac parte :

— miezul magnetic stator de la mașinile de c.c., compus din polii principali și jugul-stator, care, de regulă, este și carcasa mașinii ; polii auxiliari sau de comutație sînt, de asemenea, străbătuți de flux constant în timp, produs de c.c. al mașinii ;

— miezul magnetic rotor de la mașinile sincrone normale (cu polii pe rotor), compus din polii rotorului și jugul rotor.

8.2.2.1. **Polii mașinilor electrice.** Deoarece în aceste miezuri nu se produc pierderi principale în fier, ele se pot construi din oțel masiv, prin turnare sau forjare. Pentru reducerea volumului de prelucrări, se execută din oțel masiv numai polii de dimensiuni mici și cu forme geometrice simple, cum sînt, de exemplu, *polii auxiliari* de la mașinile de c.c. În figura 8.24 se reprezintă cîteva tipuri de forme constructive de poli auxiliari. Se observă că aceștia se pot confecționa chiar din tablă laminată cu grosimea corespunzătoare lățimilor b_{mk} sau b'_{mk} ale polilor ; deoarece aceste lățimi sînt, de obicei, mici, iar la prinderea lor de carcasă se prevede și un întrefier suplimentar reglabil δ_{k1}, nu mai este necesară rotunjirea acestei fețe după curbura carcasei care ar fi destul de complicată.

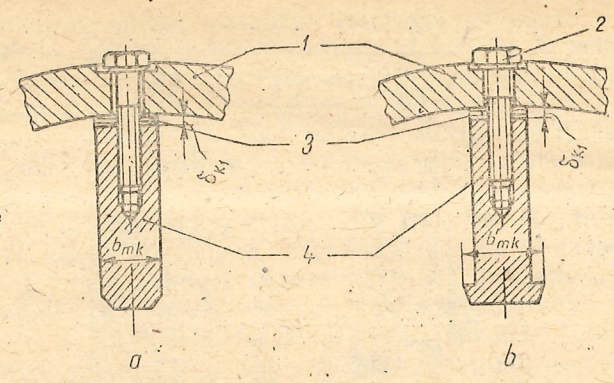


Fig. 8.24. Forme constructive pentru polii auxiliari :
1 — carcasă ; *2* — șurub de prindere pol ; *3* — adaosuri pentru întrefierul reglabil (din tablă de fier sau alamă) ; *4* — pol auxiliar.

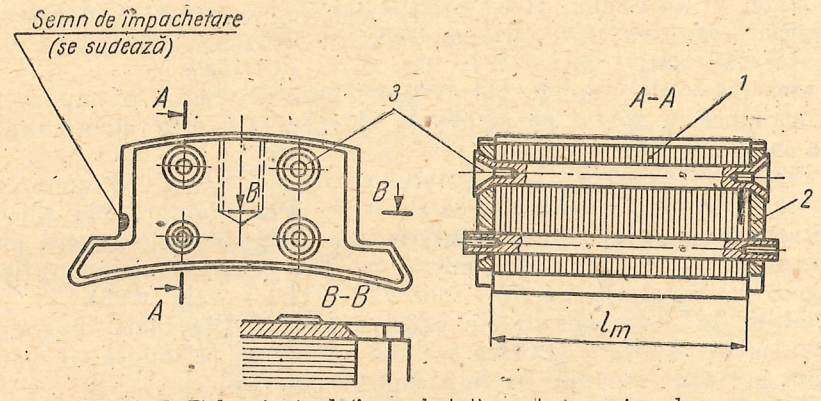


Fig. 8.25. Pol principal (împachetat) pentru mașina de c.c. :
1 — tolă normală pol ; *2* — tolă frontală ; *3* — tijă de strîngere.

Procesul tehnologic de fabricație a unui pol de oțel masiv este următorul :

— *Debitarea,* cînd polul este confecționat din tablă groasă ; dacă este turnat sau forjat (de obicei, în matriță), această operație dispare.

— *Prelucrarea fețelor.*

— *Găurirea + filetarea.*

— *Ajustarea.*

Polii principali ai mașinii de c.c. și polii rotorului la mașina sincronă au forme constructive mult mai complicate.

De aceea, acești poli se construiesc prin împachetare din tole ștanțate din tablă de oțel cu grosimea de 1—2,5 mm.

În figura 7.25 este reprezentat un pol principal pentru o mașină de c.c. iar în figura 8.26 un pol rotor pentru o mașină sincronă, ambii construiți din tole împachetate.

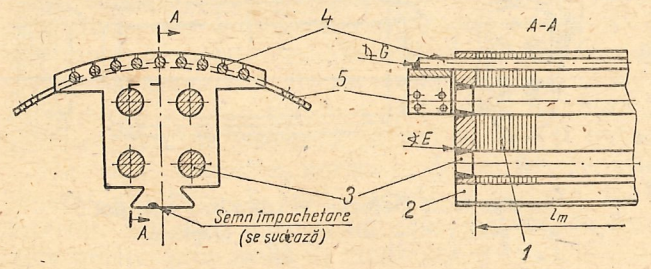


Fig. 8.26. Pol rotor (împachetat) pentru mașina sincronă :
1 — tolă normală pol ; *2* — tolă frontală ; *3* — tijă de strîngere ; *4* — bară de amortizare (sau pornire) ; *5* — segment de scurtcircuitare.

După împachetare, strîngerea polilor se poate face fie cu tije de strîngere *3*, găurite la capetele frontale și care se răsfrîng sub presă (fig. 8.25), fie cu tije de strîngere, sudate de tolele frontale *2* (fig. 8.26).

Polii rotorului la mașinile sincrone sînt prevăzuți în piesele polare cu găuri în care se introduc barele *4*, scurtcircuitate la ambele capete cu segmentele *5*, constituind *colivia de amortizare*, care, pentru motoarele sincrone, servește și drept *colivie de pornire* în asincron. Cel mai frecvent, aceste bare sînt confecționate din CuE la generatoare și din alamă la motoare, iar segmentele de scurtcircuitare, numai din CuE. Barele se lipesc din segment cu aliaj din cupru fosforos și argint.

Procesul tehnologic de fabricație a polilor împachetați este următorul :

— *Tăierea* tablei în fîșii (fig. 8.27).

— *Ștanțarea* tolelor.

— *Debavurarea* tolelor. Recent, debavurarea nu mai este necesară.

Împachetarea + sortarea, care cuprind următoarele faze :

— așezarea tolei frontale *2* (v. fig. 8.26) inferioare ;

— așezarea tolelor normale pol *1*, ținînd cont de semnul de împachetare ;

— introducerea tijelor de strîngere, care se face prin lovire sau prin apăsare cu presa.

— *Presarea + asigurarea*, cu ajutorul presei, cu o forță corespunzătoare unei presiuni, de obicei, mai mare ca cea de la miezurile din tablă silicioasă. La miezurile lungi se fac și presări intermediare. Asigurarea strîngerii polului cu tijele de strîngere se obține cu miezul în stare presată (sub presă) fie prin răsfrîngere (v. fig. 8.25), fie prin sudare electrică (v. fig. 8.26).

Rigidizare pol, care constă din sudarea electrică pe toată lungimea l_m a polului (v. fig. 8.25) ; se realizează astfel un cordon de sudură cît mărimea orificiului prevăzut ca semn de împachetare pol.

— *Asamblarea barelor* de amortizare (numai la polii de mașină sincronă), care constă din următoarele faze :

— introducerea barelor de amortizare ;

— sudarea barelor cu segmentul de scurtcircuitare ;

— *Găurire + filetare.*

— *Ajustarea + curățirea* polilor.

În funcție de modul de împachetare, în special cînd lungimea este mare, și la polii împachetați este posibilă apariția unor defecte de asamblare (fig. 8.28). Pentru evitarea lor se folosesc dispozitivele de împachetare a polilor, care ghidează tolele după lățime, asigurînd realizarea cotelor și formei polului. Aceste dispozitive trebuie să mențină polul în stare presată pînă se execută sudarea sau bordurarea (răsfrîngerea) tijelor de strîngere. Deoarece un astfel de dispozitiv este destul de complicat, el trebuie să poată fi folosit

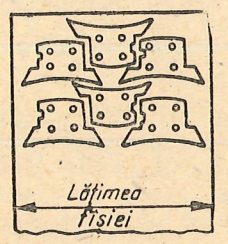


Fig. 8.27. Planul de ștanțare a tolelor pentru pol.

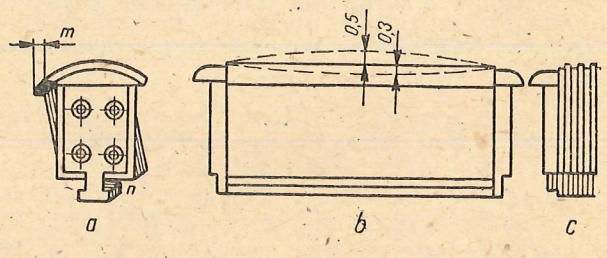


Fig. 8.28. Defecte de asamblare la pol : *a* — elice ; *b* — curbură ; *c* — pieptene.

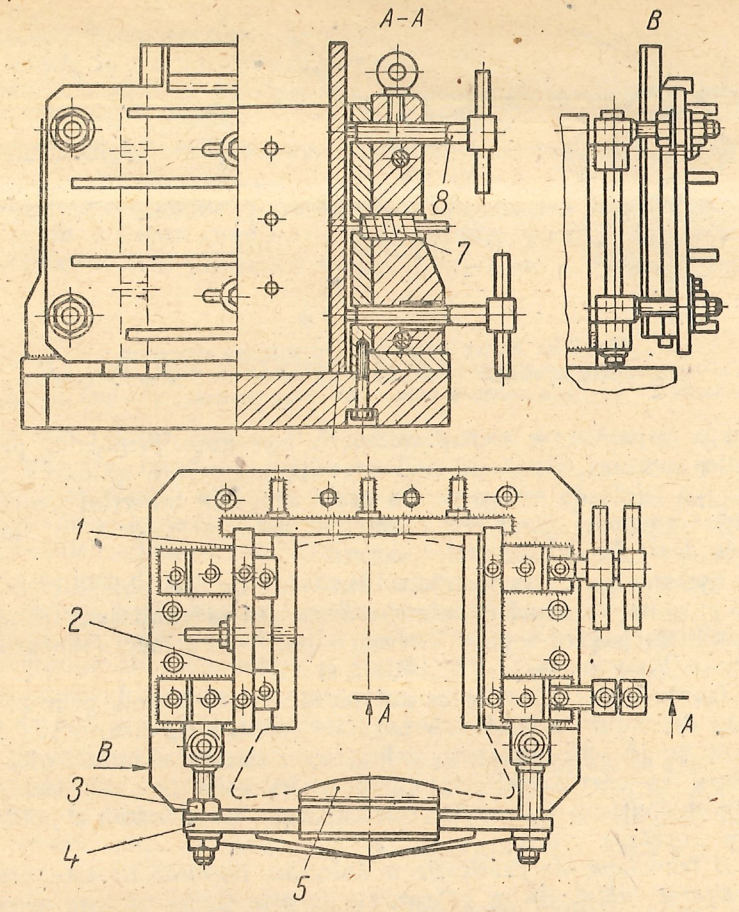


Fig. 8.29. Dispozitiv universal pentru împachetarea polilor : *1* — placă laterală ; *2* — adaos schimbabil ; *3* — piulițe pentru reglare ; *4* — placă pentru reglare ; *5* — limitator talpă polară ; *6* — placă de strîngere ; *7* — arcuri de revenire ; *8* — șuruburi de strîngere.

la asamblarea unor poli cu aceeași tolă dar de lungimi diferite, sau cu adaosuri speciale, și la alte tipuri de tole pol. Un exemplu de dispozitiv universal pentru împachetarea polilor este reprezentat în figura 8.29.

Pentru simplificarea tehnologiei, tola frontală a polului se confecționează din 5—10 tole normale, sudate între ele electric prin puncte.

8.2.2.2. **Jugurile magnetice pentru flux constant.** La mașinile de c.c., jugul magnetic, prin care se închid liniile de cîmp de la un pol la altul, îl constituie chiar carcasa mașinii, care poate fi din fontă sau oțel turnat sau din tablă groasă de oțel, îndoită și sudată. O construcție asemănătoare au și jugurile magnetice ale rotoarelor mașinilor sincrone cu poli mulți (de turație mică), a căror prindere se face cu șuruburi (în construcția de mașini electrice, jugurile rotoarelor se mai numesc și butuci).

În cazul mașinilor normale, de regulă, se utilizează butuc împachetat separat din tole, și, apoi, presat pe arbore după prelucrarea diametrului interior. Astfel de butuci sînt reprezentanți în figura 8.30 în varianta prinderii polului prin coadă de rîndunică și în „T".

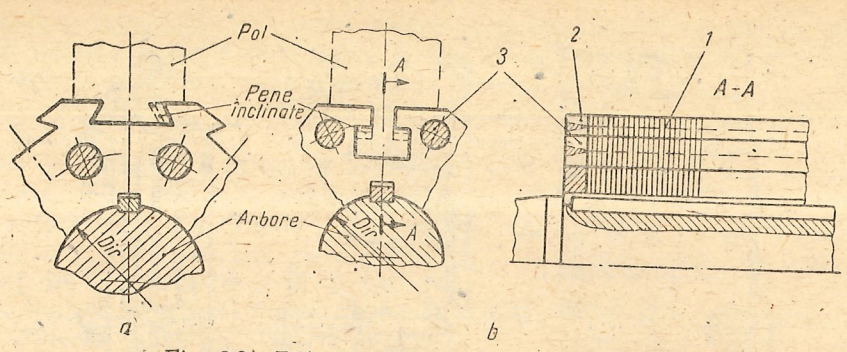


Fig. 8.30. Butuc rotor pentru mașina sincronă :
a — pentru prinderea polului cu coadă de rîndunică ; *b* — pentru prinderea polului cu coadă în T ; *1* — tolă normală butuc ; *2* — tolă frontală ; *3* — tijă de strîngere.

Pentru o împachetare corespunzătoare, așa încît prinderea prin coadă de rîndunică sau în „T" să nu mai necesite prelucrări, ghidarea tolelor se face direct pe tijele de strîngere. În acest scop, ca material pentru tije se folosesc bare rotunde, trase, cu diametrul nominal tolerat în limite mult mai strînse decît în cazul barelor normale.

Tolele normale butuc se ștanțează din tablă de oțel obișnuit cu grosimea de circa 3 mm ; se va acorda o atenție deosebită mărimii conturului ștanțat dintr-o lovitură, pentru a nu fi necesare prese prea mari (conturul accentuat — cu o linie groasă — fig. 8.30, *a*, *b*).

Tolele frontale ale butucilor se pot obține, ca și la poli, prin asamblarea prin puncte de sudură a 5—8 tole normale (pentru rigidizare) sau din tablă cu grosimea de 15—25 mm, prin debitare cu flacără oxiacetilenică (copiere după desen). În cazul debitării, dimensiunile tolei frontale trebuie astfel stabilite încît conturul locașurilor pentru cozile de prindere a polilor să nu necesite prelucrări :

Procesul tehnologic de fabricație a butucilor împachetați este următorul :

— *Debitarea tablei*, fie în pătrat, fie în alte figuri în care să se înscrie tola normală (cerc, hexagon, octogon etc.).

— *Ștanțarea tolei* normale butuc cu următoarele faze :

— *ștanțarea diametrului interior*, care servește și la centrarea tolei pentru operațiile următoare. De obicei, acest diametru poate fi chiar D_{ir} (fig. 8.30) sau mai mic, deoarece, după împachetare, butucul se prelucrează din nou, pentru realizarea cotei de presare pe arbore ;

— *ștanțarea conturului*, care, pentru evitarea unei ștanțe-bloc, se face utilizîndu-se o ștanță cu decuparea parțială. Pentru aceasta, ștanța trebuie prevăzută cu posibilitatea rotirii tolei după fiecare ștanțare, cu un unghi $\alpha = \frac{360}{2p}$, corespunzător deschiderii dintre doi poli ($2p$ — numărul de poli).

Procedeul este următorul :

— se ghidează tola pe D_{ri} și canalul de pană respectiv ;

— se ștanțează conturul parțial corespunzător unui pol format dintr-o latură și un locaș pentru coadă pol (conturul cu linie groasă, fig. 8.30) ;

— se rotește tola cu un unghi α și se ștanțează conturul parțial al celui de-al doilea pol și așa mai departe pînă se ștanțează toată tola normală.

— *Împachetarea butucului*, care se face în poziție verticală, tolele ghidîndu-se pe tijele de strîngere. Ordinea este următoarea (fig. 8.30) :

— se așază tola frontală *2* inferioară ;

— se introduc tijele de strîngere *3* ;

— se așază tolele normale *1* ;

— se așază tola frontală superioară.

— *Presarea butucului*, care poate fi precedată de mai multe presări intermediare.

— *Sudarea* tijelor de strîngere, care se face cu butucul în stare presată (sub presă).

— *Strunjirea* cotelor de asamblare pe arbore (D_{ir}) ; dacă lungimea este mare, se fac două trepte de presare, pentru a micșora frecarea la asamblare.

— *Ajustarea* + alte prelucrări (găuri, filetări etc.), dacă sînt prevăzute în desen.

8.3. MIEZURILE MAGNETICE PENTRU TRANSFORMATOARE

Acestea sînt miezuri pentru flux variabil, fiind magnetizate ciclic. Deoarece masa miezului magnetic deține ponderea în masa totală a transformatorului, este importantă utilizarea tolelor cu pierderi specifice reduse. Datorită faptului că liniile de flux magnetic se închid în lungul jugului și coloanelor, este posibilă utilizarea tolelor din tablă laminată la rece cu cristale orientate, cu grosimea de 0,3—0,35 mm și izolație ceramică (carlit) sau oxizi ; de asemenea, se mai poate utiliza și tabla laminată la cald puternic aliată.

Din punct de vedere constructiv, miezul magnetic pentru transformatoare se compune din coloanele *1* (fig. 8.31, *b*), al căror număr depinde de tipul și de numărul de faze ale transformatorului și jugurile *2*, care servesc la închiderea liniilor de cîmp magnetic între coloane.

Avînd în vedere că, la locurile de îmbinare între coloane și juguri, trebuie să se evite apariția unui întrefier parazit (de îmbinare) δ_i (fig. 8.31; *a*), cît și din motive de asamblare (fig. 8.31, *b*), se folosește asamblarea miezurilor din tole, așezate țesut, straturile de tole alternînd (fig. 8.32, *a* și *b* și 8.33, *a*, *b*).

Se observă însă că, în această zonă de îmbinare, liniile de cîmp magnetic, pe anumite porțiuni au direcția perpendiculară pe cea a orientării cristalelor (zonelor hașurate, fig. 8.32), ceea ce duce la creșterea pierderilor în fier și a curentului de magnetizare. De aceea, metoda expusă se folosește, în special, în cazul tolelor din tablă laminată la cald ; pentru tolele din tablă laminată la rece cu cristale orientate, modul de asamblare prin țesirea lor este indicat în figura 8.34 (pentru un miez trifazat).

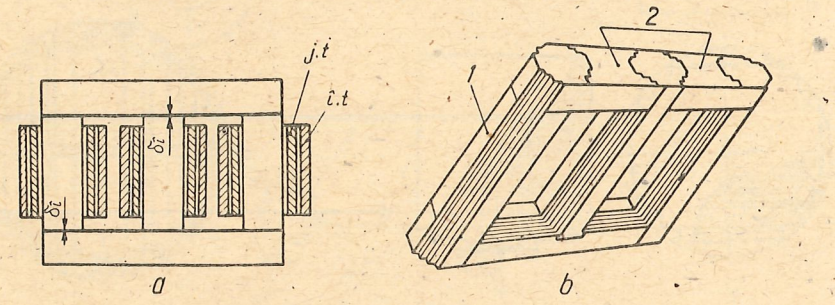


Fig. 8.31. Asamblarea jugurilor cu coloanele, la un miez magnetic pentru transformatoare :
a — miez magnetic din tole simplu suprapuse (cu bobine) ; *j.t.* — bobină de joasă tensiune ; *î.t.* — bobină de înaltă tensiune ; *b* — miez magnetic asamblat prin țeserea tolelor.

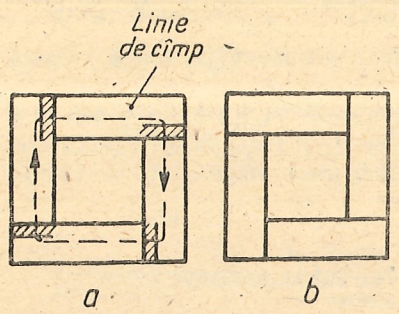


Fig. 8.32. Straturi de tole consecutive (alternînd) la un miez magnetic pentru un transformator monofazat.

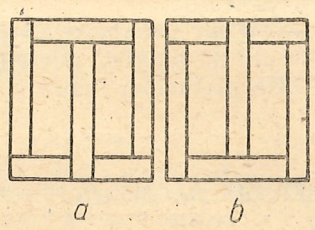


Fig. 8.33. Straturi de tole consecutive (alternînd) la un miez magnetic pentru un transformator trifazat.

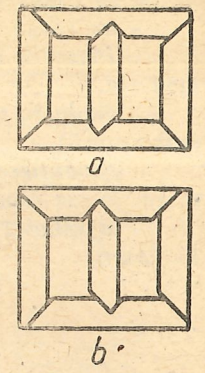


Fig. 8.34. Două straturi succesive de tole ale unui miez trifazat asamblat prin teșirea la 45°.

8.3.1. CLASIFICAREA MIEZURILOR MAGNETICE PENTRU TRANSFORMATOARE

Aceste miezuri se clasifică după mai multe criterii.

— *După forma constructivă a coloanei*, se deosebesc :

— miezuri cu secțiune dreptunghiulară ;

— miezuri cu secțiunea în trepte (fig. 8.35 și 8.36).

Secțiunea dreptunghiulară se folosește, în special, la transformatoarele mici (pînă la circa 5 kVA). La cele în trepte se urmărește înscrierea secțiunii coloanei într-un cerc, astfel încît spațiul să fie utilizat cît mai bine (coeficient de umplere cu fier al cercului cît mai mare).

După modul de răcire a miezului, se deosebesc:

— miezuri compacte — fără canale (fig. 8.35, *a*) ;

— miezuri divizate — cu canale (fig. 8.36), folosite la transformatoarele mari, prin canale circulînd uleiul de răcire.

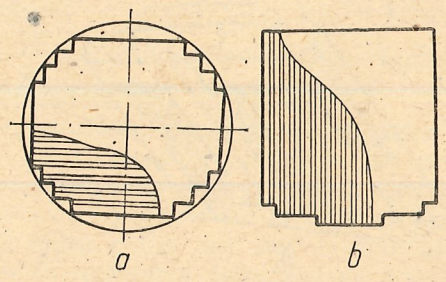


Fig. 8.35. Secțiunile miezului unui transformator :
a — secțiunea coloanei ; *b* — secțiunea jugului.

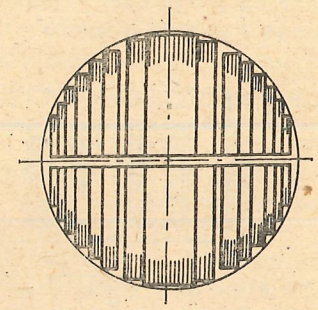


Fig. 8.36. Secțiune prin coloanele miezurilor de transformator cu două canale longitudinale și un canal trnsversal.

După forma tolei utilizate, se deosebesc :

— miezuri împachetate din tole simple (debitate din benzi) ;

— miezuri împachetate din tole profil (v. fig. 8.39 și 8.40) ;

— miezuri spiralizate (v. fig.8.46).

După numărul de coloane, se deosebesc :

— miezuri cu două coloane (v. fig. 8.32) ;

— miezuri cu trei coloane (v. fig. 8.31) ;

— miezuri cu cinci coloane ;

— miezuri cu manta (v. fig. 8.41).

După felul strîngerii miezului, se deosebesc :

— miezuri cu strîngere mecanică (buloane, tije, sudate etc.) ;

— miezuri lipite (cu lac de încleiere).

8.3.2. PROCESUL TEHNOLOGIC DE FABRICAȚIE A MIEZURILOR MAGNETICE PENTRU TRANSFORMATOARE

Din punctul de vedere al procesului tehnologic de fabricație, cel mai indicat criteriu de clasificare a miezurilor este cel după forma tolei, deoarece permite o grupare rațională a operațiilor necesare.

8.3.2.1. **Miezuri magnetice din tole simple.** Se vor face referiri la miezurile împachetate din tole simple obținute din benzi de diferite lățimi. Acestea sînt cele mai folosite la transformatoarele de puteri medii și mari și comportă următoarele operații :

— *Debitarea în benzi* a tablei.

— *Debitarea + ștanțarea* tolei cu ajutorul unei mașini automate de debitat (fig. 8.37, *a*). Mașina execută următoarele operații :

— debavurarea ;

— debitarea la lungime ;

— stivuirea și sortarea automată a tolelor, în funcție de sensul unghiului sub care se debitează tola (pe dreapta sau pe stînga).

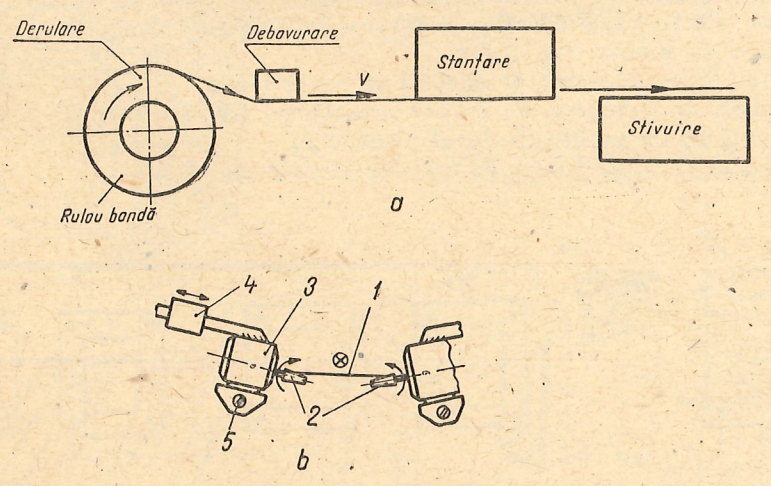


Fig. 8.37. Schema mașinii pentru debitat tole de transformator (automată) :
a — ordinea operațiilor executate ; *b* — debavurarea ; *1* — tolă ; *2* — pietre abrazive ; *3* — motor electric ; *4* — contragreutate ; *5* — articulație.

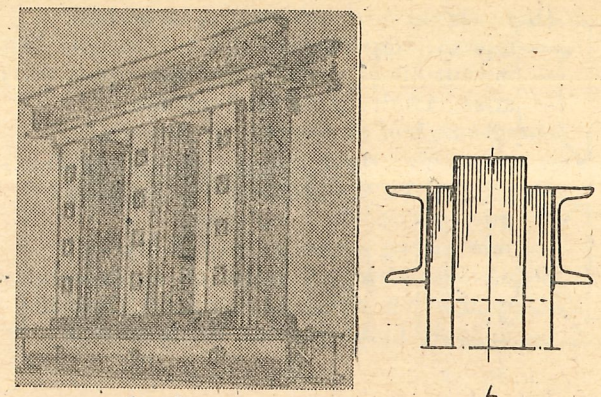


Fig. 8.38. Miez pentru transformator de 10 000 kVA cu grinzi din oțel profilat :
a — vedere ; *b* — modul de izolare a grinzilor față de jug.

— *Recoacerea* rolelor, care are drept scop refacerea structurii cristalografice și a proprietăților electromagnetice modificate ca urmare a proceselor de tăiere, ștanțare sau îndoire a tolelor.

— *Împachetarea* miezului care se face în poziția orizontală, așezîndu-se tolă cu tolă și respectîndu-se întocmai numărul de trepte și dimensiunile acestora. La strîngerea miezului, conform soluției constructive alese, se vor avea în vedere următoarele :

— dacă se folosesc buloane de strîngere se vor izola bine de masa miezului ;

— se vor izola, de asemenea, de miez și grinzile de presare a jugului care se fac, de obicei, din oțel profilat (fig. 8.38) ;

— la miezurile lipite, polimerizarea lacului de încleiere se face cu miezul în stare presată ; după aceea se va îndepărta surplusul de lac.

— *Controlul tehnic* al împachetării, prin măsurarea pierderilor în fier (la transformatoarele mari).

8.3.2.2. **Miezuri împachetate din tole profil.** Asemenea miezuri se folosesc la transformatoarele mici și la aparate (electromagneți) și pot fi din tole profil U sau L (pentru transformatoare normale cu două coloane, fig. 8.39), din tole profil E (fig. 8.40) sau din tole din întregul (pentru transformatoare în manta, fig. 8.41).

Fixarea (presarea) acestor miezuri se poate realiza prin :
— nituri de strîngere, cu capete presate (v. fig. 8.39, *a*) ;
— șuruburi cu piulițe (în locul niturilor) ;
— scoabe la miezuri mici, cu tole neperforate (fig. 8.42).

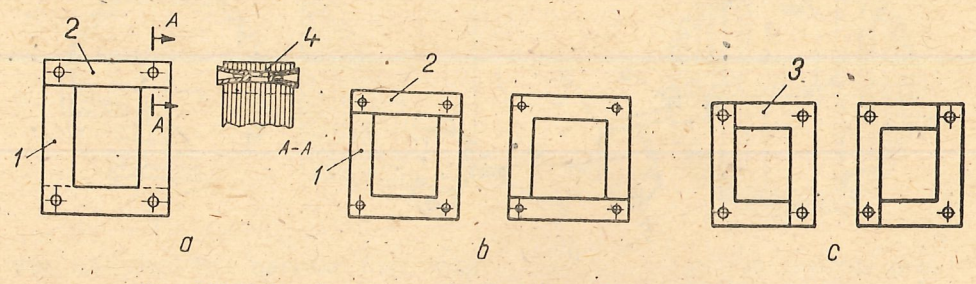


Fig. 8.39. Miez din tole profil U și I (sau L) și strîngerea lui :
a — miez împachetat și strîngerea lui ; *b* — modul de țesere a tolelor U și I ; *c* — modul de țesere a tolelor L ; *1* — tolă profil U ; *2* — tolă profil I ; *3* — tolă profil L ; *4* — nit de strîngere cu capete presate (răsfrînte).

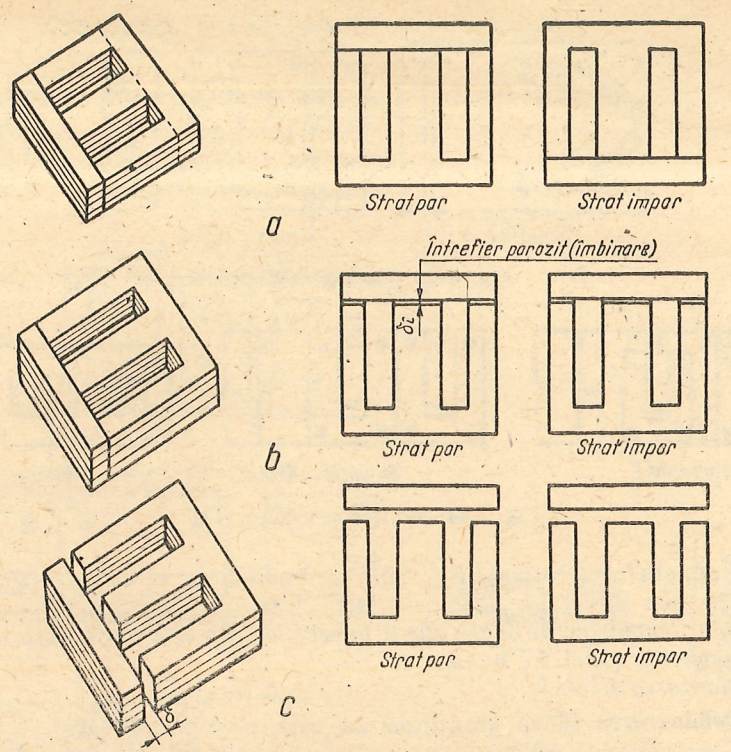


Fig. 8.40. Moduri de împachetare a miezurilor din tole profil E :
a — prin țesere ; *b* — prin simpla suprapunere, cu întrefier de îmbinare ; *c* — prin simpla suprapunere, cu întrefier util.

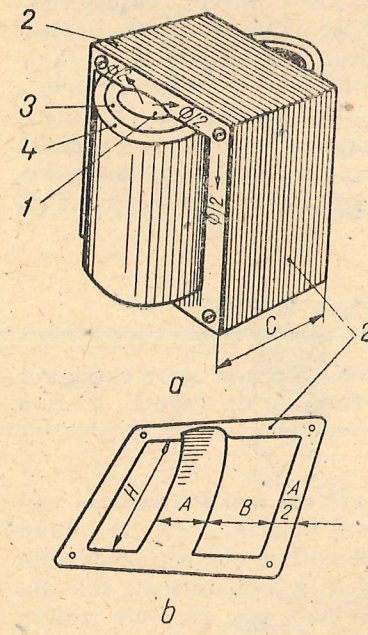
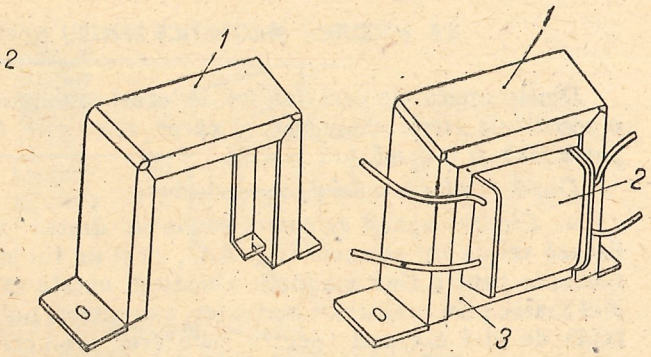


Fig. 8.41. Transformator monofazat în manta :
a — transformator (vedere) ; *b* — tolă miez ; *1* — spațiu prevăzut în carcasa bobinei pentru împachetare miez ; *2* — tolă miez ; *3* — bobină primară ; *4* — bobină secundară.

Fig. 8.42. Fixarea tolelor cu scoabă :
1 — scoabă de fixare ; *2* — bobine ; *3* — miez.



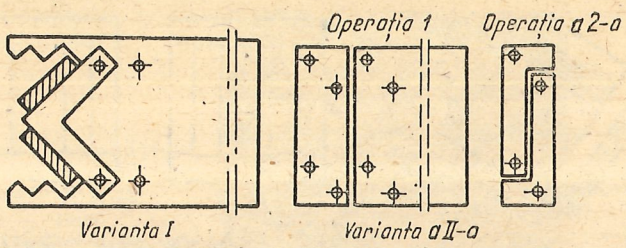


Fig. 8.43. Ștanțarea tolelor L.

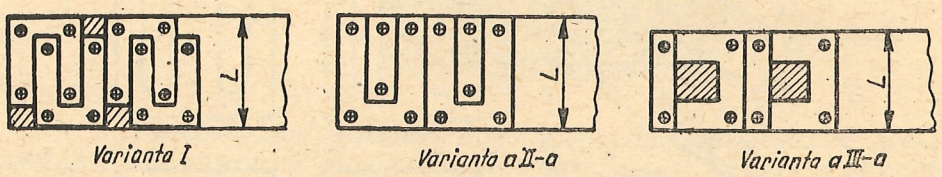


Fig. 8.44. Ștanțarea tolelor U și I.

La împachetarea miezurilor, pentru închiderea circuitului magnetic se folosesc și tole profil I.

Procesul tehnologic de fabricație a miezurilor din tole profil este următorul :

— *Debitarea* tolei în benzi.

— *Ștanțarea tolei.*

— *Debavurarea* (dacă ștanțarea nu este corespunzătoare).

— *Împachetarea + strîngerea,* care, de obicei, se fac direct cu asamblarea bobinei (v. fig. 8.41 și 8.42) sau separat și apoi se introduce bobina (la cele fără țeserea tolelor și electromagneți).

8.3.2.3. **Miezuri magnetice spiralizate.** Aceste miezuri se folosesc, de obicei, în construcția unor transformatoare speciale de mică putere, transformatoare de curent etc. Ele sînt realizate din bandă de tablă silicioasă, înfășurată în spirală, sub formă toroidală, ovală sau dreptunghiulară (fig. 8.46, *a, b*) divizate (fig. 8.46, *c*) și împerecheate pentru a forma un miez în manta (fig. 8.46, *d*). Miezurile spiralizate divizate se asamblează ușor cu bobinele, dar au un întrefier parazit de îmbinare, pe cînd miezurile nedivizate necesită realizarea bobinării conductelor chiar pe miez, cu mașini speciale de bobinat. Tehnologia de fabricare a miezurilor este simplă și constă din spiralizare, lipire și, pentru cele divizate, tăiere.

8.4. MIEZURILE MAGNETICE PENTRU APARATE ELECTRICE

Dintre aparatele care folosesc miezuri magnetice, cea mai mare categorie o constituie electromagneții, al căror miez este format, de regulă, dintr-o parte fixă și o armătură mobilă.

După felul curentului, se deosebesc :

— *Electromagneți de curent continuu,* dintre care cel mai frecvent se utilizează cei de tip solenoid (fig. 8.47, *a*) și de tip clapetă (fig. 8.47, *b*). Fiind realizate pentru flux magnetic constant, aceste miezuri se confecționează din oțel masiv prin prelucrări mecanice, sau uneori pot fi împachetate din tole din tablă de oțel obișnuit (pentru reducerea prelucrărilor), sau din tole izolate

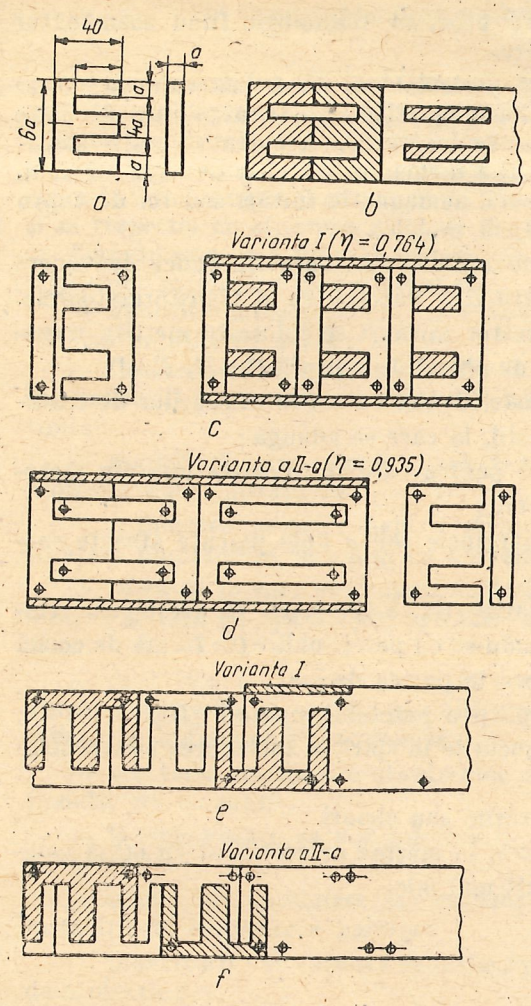


Fig. 8.45. Ștanțarea tolelor E și I :
a — construcția tolelor ; *b* — planul de tăiere al benzii ; *c, d* — eficacitatea economică a planului de tăiere ; *e, f* — ștanțarea fără deșeu.

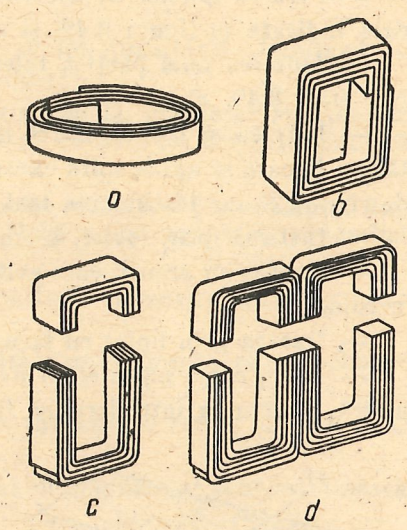


Fig. 8.46. Miezuri magnetice spiralizate (forme constructive).

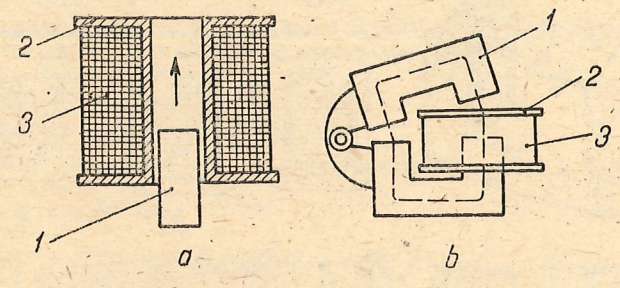


Fig. 8.47. Electromagneți de c.c. :
a — tip solenoid ; *b* — tip clapetă ; *1* — miez magnetic ; *2* — carcasa bobinei ; *3* — bobină.

(pentru mărirea vitezei de răspuns), procesul tehnologic fiind asemănător cu cel al polilor mașinilor electrice.

La electromagneții de c.c. există pericolul ca, după întreruperea curentului, miezul magnetic să păstreze un magnetism remanent, destul de mare și, ca urmare, armătura mobilă să nu se desprindă. Aceasta se evită asigurîndu-se între armături, chiar în poziția închis, un întrefier de circa 0,1 mm, cu ajutorul unor distanțiere din material nemagnetic (nituri sau foi de cupru fixate în capătul interior al armăturii mobile).

— *Electromagneți de curent alternativ* (fig. 8.48), care din punct de vedere funcțional au miezul magnetic pentru flux variabil ca și transformatoarele. De aceea, pentru confecționarea acestor miezuri se folosește metoda împachetării din tole de tablă silicioasă, de obicei, tole profil (L, U, E, I).

Procesul tehnologic de fabricație este identic cu cel al miezurilor de transformatoare împachetate din tole profil, la care se adaugă :

— *Fixarea spirelor în scurtcircuit*, pentru care se folosește una din metodele indicate în figura 8.49, și anume :

— îndoirea unei părți a tolei marginale sau a unei plăcuțe atașate special (fig. 8.49, *a*) ;

— baterea și lățirea spirei în canal (fig. 8.49, *b*, *c*), în acest caz, crestătura în care se așază spira executîndu-se cu pereți oblici (în formă de coadă de rîndunică cu deschiderea mai mare în partea de jos) ;

— turtirea, prin lovire, a unei părți a peretelui canalului (fig. 8.49, *d*) ;

— fixarea cu arcuri, care evită șocurile în spiră la închiderea electromagnetului ;

— fixarea prin lipire cu lacuri, rășini sau cleiuri.

— *Rectificarea suprafețelor de lucru*, la mașina de rectificat cu masă magnetică, pentru ca întrefierul să fie cît mai mic.

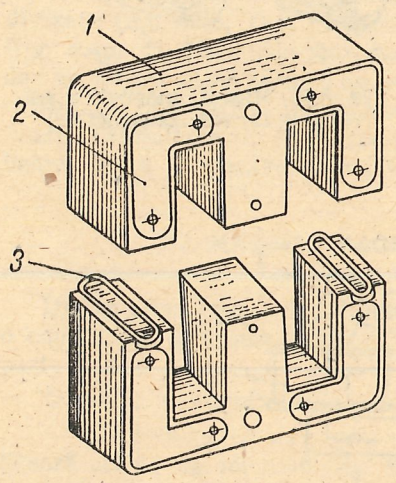


Fig. 8.48. Miez pentru electromagneți de c.a. :
1 — tolă miez ; *2* — flanșă de împachetare ; *3* — spiră în scurtcircuit.

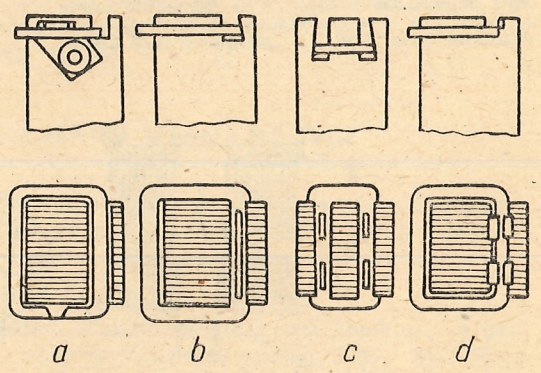


Fig. 8.49. Metode de fixare a spirei în scurtcircuit.

8.5. MĂSURI DE TEHNICĂ A SECURITĂȚII MUNCII LA FABRICAREA MIEZURILOR MAGNETICE

Avînd în vedere că, la fabricarea miezurilor magnetice din tole împachetate, sînt necesare, așa cum s-a văzut, o serie de operații cu o gamă foarte variată de utilaje, ca : mașini de debitat, prese pentru ștanțat, mașini de debavurat, cuptoare pentru recoaceri, mașini de sudat, prese de împachetat etc. este absolut necesar ca personalul ce efectuează aceste operații să cunoască și să respecte, cu strictețe, regulile de protecție a muncii și N.T.S.

Ținîndu-se seama de cele arătate, în procesul tehnologic de fabricație a miezurilor magnetice este necesar să se respecte următoarele :

— depozitarea materialelor și a ștanțelor să se facă în locuri bine stabilite, nu pe căile de acces ;

— fiecare mașină și utilaj să fie în stare perfectă de funcționare (fără improvizații) și prevăzute cu instrucțiunile N.T.S. aferente, afișate la loc vizibil ;

— muncitorii care manipulează tabla sau tolele să poarte mănuși de protecție corespunzătoare ;

— acționarea preselor pentru ștanțare să fie bimanuală simultană (să ștanțeze numai cînd se apasă cu ambele mîini) ;

— în cazul în care acționarea se face prin pedală, montarea ștanței trebuie să se facă cu apărătoare speciale care să nu permită accidentarea mîinilor ;

— dacă la aceeași presă lucrează mai mulți muncitori (de exemplu, doi), atunci acționarea să nu fie posibilă decît dacă apasă amîndoi, cu ambele mîini, pe butoanele de acționare ;

— scoaterea tolelor din ștanțe-bloc să se facă cu unelte special confecționate, nu cu mîna ;

— la debavurare se vor folosi atît apărătoarele mașinii cît și ochelarii de protecție ;

— cuptoarele de izolare sau recoacere a tolelor vor trebui prevăzute cu instalații de evacuare a gazelor ;

— muncitorii vor executa sudurile numai cu mănușile și ochelarii (masca) de protecție ;

— toate utilajele cu acționare electrică trebuie legate la prize de pămînt corespunzătoare.

EXERCIȚII, APLICAȚII

8.1. Miezul magnetic al statorului unei mașini asincrone este confecționat din tole de tablă silicioasă laminată la rece cu cristale neorientate.
Tola are următoarele dimensiuni :
— diametrul exterior $D_e = 560$ mm ;
— diametrul interior $D = 420$ mm ;
— numărul de crestături $Z_1 = 54$;
— dimensiunile crestăturii (considerată dreptunghiulară) ;
— lățimea $b_c = 11$ mm ;
— înălțimea $h_c = 35$ mm.
Să se calculeze :
a) Forța de presare inițială și normală a miezului.
b) Numărul de presări necesare, știind că miezul magnetic este de construcție divizat, avînd șapte pachete de cîte 50 mm fiecare.

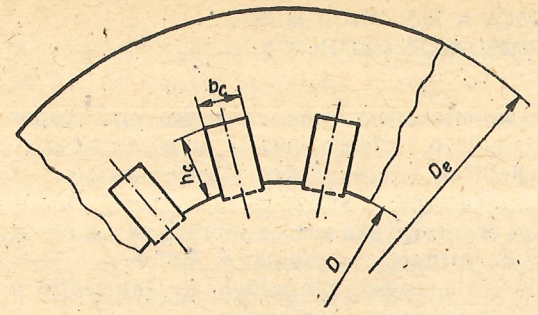


Fig. 8.50.

c) Numărul tolelor necesare și lungimea netă (de fier) a miezului magnetic.

Se va lucra cu valorile medii ale presiunii și coeficientului de umplere.
Răspuns : a) 192 kN și 148 kN ; b) 3 presări ; c) 334 mm ; 700 tole.

8.2. Pentru tola din problema 8.1 să se determine forța necesară ce trebuie s-o dezvolte presa pe care se ștanțează aceasta, în următoarele cazuri :

a) Ștanțarea separată a fiecărui diametru și pas cu pas a crestăturilor.

b) Ștanțarea cu ștanță-bloc, dintr-o singură lovitură, a întregii tole.

c) Dacă ștanța-bloc este în trepte, cum trebuie asociate treptele pentru o echilibrare a forțelor de tăiere și de cîte ori se reduce forța presei față de cazul b ?

Se va considera $\tau_f = 400$ MPa.

Rezolvare :

— Tola finită, cu dimensiunile corespunzătoare este reprezentată în figura 8.50. Fiind din tablă silicioasă pentru mașini rotative, grosimea ei este $s = 0{,}5$ mm.

a) Pentru D_e, conform relației (7.6), forța presei rezultă :

$$F_{p1} = 1{,}15F_t = 1{,}15 \cdot 1{,}25A\tau_f = 1{,}15 \cdot 1{,}25 \cdot 880 \cdot 400 = 506\,000 \text{ N} = 506 \text{ kN},$$

în care :

$$A = \pi D_e s = \pi \cdot 560 \cdot 0{,}5 = 880 \text{ mm}^2.$$

— Pentru diametrul interior D, ținînd cont că deja crestăturile sînt ștanțate, rămînînd doar porțiunile dinților (fig. 8.50), rezultă :

$$F_{p2} = 1{,}15 \cdot 1{,}25A\tau_f = 1{,}15 \cdot 1{,}25 \cdot 362 \cdot 400 = 208\,000 \text{ N} = 208 \text{ kN},$$

în care :

$$A = (\pi D - Z_1 b_c)s = (\pi \cdot 420 - 54 \cdot 11) \cdot 0{,}5 = 362 \text{ mm}^2.$$

— Pentru crestătură, ștanțarea făcîndu-se după conturul punctat (cu întrîndul respectiv în partea dinspre întrefier) :

$$F_{p3} = 1{,}15 \cdot 1{,}25A\tau_f = 1{,}15 \cdot 1{,}25 \cdot 46 \cdot 400 = 26\,500 \text{ N} = 26{,}5 \text{ kN},$$

în care :

$$A = 2(h_c + b_c)s = 2(11 + 35) \cdot 0{,}5 = 46 \text{ mm}^2.$$

OBSERVAȚIE : Dacă n-ar fi fost ștanțate crestăturile înaintea lui D (ceea ce procesul tehnologic de ștanțare pas cu pas nu permite), atunci la calculul lui F_{p2} ar fi trebuit să se ia întregul contur al diametrului (πD).

b) În acest caz, forța presei trebuie să asigure ștanțarea întregului contur al tolei, adică secțiunea :

$$A = [\pi D_e + (\pi D - Z_1 b_c) + Z_1(2h_c + b_c)]s = (\pi D_e + \pi D + 2Z_1 h_c s = (\pi \cdot 560 +$$
$$+ \pi \cdot 420 + 2 \cdot 54 \cdot 35) \cdot 0{,}5 = 3\,430 \text{ mm}^2.$$

Forța presei rezultă :

$$F_{p4} = 1{,}15 \cdot 1{,}25A\tau_f = 1{,}51 \cdot 1{,}25 \cdot 3\,430 \cdot 400 = 1\,975\,000 \text{ N} = 1\,975 \text{ kN}.$$

c) Din figura 8.50 reiese evident că în treapta 1 trebuie ștanțat D_e, iar în treaptă a 2-a, conturul interior (al crestăturilor și al diametrului D).

În acest caz, forța presei pentru treapta a 2-a rezultă :

$$F_{p5} = F_{p4} - P_{p1} = 1\,975 - 506 = 1\,469 \text{ kN},$$

adică o micșorare a forței față de cazul b de :

$$\frac{F_{p4}}{F_{p5}} = \frac{1\,975}{1\,469} = 1{,}345 \text{ ori}.$$

OBSERVAȚIE. Din punctul de vedere al echilibrării forței presei este posibilă și următoarea asociere pe trepte :

— treapta 1 : exteriorul tolei (πD_e) + interiorul (πD) ;
— treapta a 2-a : conturul crestăturilor.

În acest caz, construcția ștanței este foarte complicată, ceea ce se evită.

CAPITOLUL 9

TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A ÎNFĂȘURĂRILOR MAȘINILOR ȘI APARATELOR ELECTRICE

9.1. GENERALITĂȚI

Se numește *înfășurare* ansamblul format din conductoare electrice cu izolațiile respective, dispuse, după anumite criterii, pe un miez magnetic, constituind astfel căile parcurse de curentul electric. Secțiunea conductoarelor și dispunerea lor pe miezul magnetic depind de intensitatea și frecvența curentului ce trece prin ele, în timp ce grosimea izolației depinde, în primul rînd, de valoarea tensiunii electrice.

Tehnologia înfășurărilor, prin particularitățile specifice pe care le prezintă diferă substanțial de tehnologia restului pieselor M.A.E. Aceasta se explică prin faptul că în construcția înfășurărilor se întîlnesc două materiale de bază : conductoare și electroizolante.

9.2. CONDUCTOARE PENTRU ÎNFĂȘURĂRI

Conductoarele pentru înfășurări, utilizate la fabricația M.A.E., se realizează din materiale bune conductoare de electricitate și se livrează izolate sau neizolate. Utilizarea conductoarelor neizolate se justifică numai în cazul conductoarelor cu secțiune mare (bare), a căror fasonare în timpul procesului tehnologic ar distruge izolația, sau la care procesul tehnologic impune izolarea în timpul bobinării.

9.2.1. MATERIALE PENTRU CONDUCTOARE

Materialele pentru conductoare trebuie să îndeplinească următoarele condiții :

— să aibă o rezistivitate ρ cît mai mică ;
— rezistivitatea să varieze cît mai puțin cu temperatura ;

— să aibă o rezistență mecanică corespunzătoare ;
— să aibă un grad ridicat de tehnologicitate ;
— să fie cît mai rezistente la acțiunea agenților chimici ;
— să aibă cost cît mai scăzut.

Principalele materiale utilizate pentru fabricarea conductoarelor pentru înfășurare sînt : cuprul, aluminiul și aliajele cuprului.

Cuprul este materialul care răspunde cel mai bine cerințelor expuse mai sus. Calitățile lui conductoare sînt dependente de puritatea pe care o are. De aceea, în majoritatea cazurilor, se folosește cuprul obținut pe cale electrolitică (CuE) sau pe cale termică (Cu9).

Principalele proprietăți ale cuprului sînt :

— rezistivitatea $\rho = 0{,}0175 \frac{\Omega mm^2}{m}$ la 20°C ;
— este suficient de rezistent mecanic ;
— este suficient de rezistent la acțiunea agenților chimici ;
— are un grad ridicat de tehnologicitate în funcție de gradul de ecruisare prezentat, și anume :
— moale (m) pentru conductoare de bobine ;
— semitare (1/2 t) pentru bare conductoare ;
— tare (t) pentru barele conductoare ale colectoarelor ;
— costul este acceptabil pentru industrie, deși se prezintă ca un material deficitar.

Aluminiul este al doilea material care răspunde cerințelor impuse și care se folosește pe o scară din ce în ce mai largă. El se caracterizează prin :

— rezistivitate mai mare cu circa 70% față de cea a cuprului (în aceleași condiții) ;
— rezistență mecanică și la agenți chimici mai mică decît a cuprului ;
— grad ridicat de tehnologicitate, în afară de lipituri care se execută mai greu ;
— densitate mică — de circa patru ori mai mică decît a cuprului, ceea ce din punctul de vedere al greutății este un mare avantaj.

Datorită rezistivității mai mari a rezistenței mecanice mai reduse decît a cuprului, cît și datorită tehnologiilor pretențioase de sudare și lipire, aluminiul se folosește mai mult la transformatoare. La mașinile electrice rotative, unde spațiul de bobinare este foarte limitat, aluminiul se folosește mai puțin, în special la realizarea coliviilor motoarelor asincrone fără regimuri dificile de funcționare.

Se menționează însă că aluminiul este un metal care se obține cu un consum de energie foarte mare (pe cale electrolitică).

Aliajele cuprului sînt folosite frecvent la înfășurările M.A.E., în special pentru piesele de legătură. Ele se împart în două grupe :

— alama (aliaj cupru-zinc), folosită pentru bare conductoare la coliviile de pornire ;
— bronzul (aliaj cupru-staniu), folosit, în special, pentru piese turnate ; inele colectoare, portperii, mufe și cleme pentru bobine de aparate și transformatoare etc.

Rezistivitatea acestor aliaje este mult mai mare decît a cuprului (de peste patru ori).

9.3. IZOLAȚIA ÎNFĂȘURĂRILOR

Izolația înfășurărilor are un rol primordial în asigurarea performanțelor M.A.E. Materialele electroizolante asigură, de fapt, calitățile impuse înfășurărilor în ceea ce privește comportarea față de tensiune cît și evacuarea căldurii produse prin pierderi Joule. De aceea, izolația înfășurărilor trebuie să aibă următoarele calități :

— rigiditate dielectrică corespunzătoare tensiunii de lucru ;
— rezistivitate de volum și superficială mare ;
— conductibilitate termică bună ;
— stabilitate termică corespunzătoare clasei de izolație a înfășurărilor ;
— să nu fie higroscopică (să nu absoarbă umezeala) și să nu adere praful pe ea etc.

9.3.1. CLASIFICAREA MATERIALELOR ELECTROIZOLANTE

După natura și *compoziția chimică*, se deosebesc :

— materiale electroizolante *organice* pe bază de celuloză, ca : hîrtia, bumbacul, mătasea etc., precum și lacurile oleobituminoase și uleiurile minerale ;
— materialele electroizolante *anorganice* pe bază de mică, sticlă, diferite rășini sintetice etc.

După limita admisibilă a temperaturii de lucru, conform STAS 624-60, materialele electroizolante sînt grupate (în ordinea crescătoare a limitei), în șapte clase de izolații : Y, A, E, B, F, H și C.

Cu cît limita temperaturii admisibile este mai ridicată, cu atît și clasa de izolație este mai bună, permițînd solicitări electromagnetice (densități de curent și inducții magnetice) mai mari și deci mașini și aparate cu un consum de materiale și cost mai scăzut.

După modul de formare și *prelucrare* a acestora, se deosebesc :

— *materiale termoplastice*, care se pot aduce la forma dorită numai la cald. La rece, se întăresc, iar la cald, se înmoaie pentru o nouă prelucrare ;
— *materiale termorigide sau termoreactive*, care, încălzite la o anumită temperatură, și presate, capătă definitiv forma dorită (devenind rigide), fără ca o nouă operație de formare să mai poată fi repetată. Exemplu : rășinile fenolformaldehidice, poliesterice, epoxidice etc. Rigidizarea se datorește faptului că rășinile, la o temperatură și o perioadă de timp dată, polimerizează ;
— *masele de turnare*, care sînt un amestec compus din masa de turnare propriu-zisă — o rășină sintetică și întăritorul sau catalizatorul cu care se amestecă masa de turnare pentru a se întări (polimeriza).

Timpul de întărire, sub influența catalizatorului, este în funcție de temperatură — iar timpul în care poate fi utilizată masa de turnare, după amestecarea rășinii cu întăritorul, este numai de cîteva ore.

Dintre masele de turnare cunoscute, cele mai folosite sînt *araldítul*, care este o rășină epoxidică, și *electropasta*.

După gradul de omogenitate, se deosebesc :

— *materiale electroizolante simple sau omogene*, care au în componența lor numai un singur material, ca, de exemplu : foi de mică, hîrtie, sticlă etc. În mod obișnuit, materialele electroizolante simple nu se folosesc la înfășurări singure, ci alternînd cu alte materiale ;

— *materiale electroizolante combinate*, care sînt combinații de materiale omogene, calitățile lor corespunzătoare materialelor asociate. Ca exemple de materiale combinate se amintesc : micafoliul, micabanda, sticlomicafoliul, foliile combinate etc.

La materialele combinate, de obicei, unele din materiale au rol de suporturi (rol mecanic), altele, de izolație (rol electric), iar altele de acoperire (rol de protecție).

De regulă, clasa de izolație a materialelor combinate este impusă de clasa de izolație a componentei cu rol de izolație (electric).

Marea majoritate a materialelor utilizate în fabricația înfășurărilor M.A.E. sînt materiale combinate.

9.3.2. MATERIALE ELECTROIZOLANTE FOLOSITE LA ÎNFĂȘURĂRILE M.A.E.

În cele ce urmează se prezintă cîteva din materialele cele mai frecvent utilizate în fabricile constructoare de M.A.E.

Materialele electroizolante pe bază de celuloză (organice) sînt folosite așa cum s-a mai spus, în special, la transformatoare ; dintre acestea se întîlnesc :

— firele de bumbac, folosite mai mult ca bandă pentru consolidare ;
— mătasea de diverse calități și grosimi, pentru izolarea spirelor ;
— hîrtia, foi cu grosimi mici (sub 0,1 mm) ;
— preșpanul, foi de diferite grosimi (de la 0,1—la 2 mm) și formate ;
— cartonul special de transformatoare cunoscut sub denumirea englezească de „transformerboard" (la noi trafoboard), un material nou cu calități electrice și mecanice foarte bune. Aceste materiale sînt în clasa de izolație A.

Materialele electroizolante pe bază de solzi de mică sînt :

— micafoliul, solzi de mică lipiți cu diverse lacuri pe hîrtie ;
— micabandă, solzi de mică lipiți cu diverse lacuri pe bandă de mătase ;
— micanită, solzi de mică lipiți între ei cu diverse lacuri.

De obicei, aceste materiale au ca loc de încleiere șelacul și sînt în clasa de izolație B.

Costul este foarte ridicat, deoarece se folosesc numai solzii mari de mică, restul de mică, ce formează marea majoritate, constituie deșeuri.

Materialele electroizolante pe bază de hîrtie de mică măcinată (samica). Realizarea hîrtiei de mică prin procedeul „samica" (măcinarea fulgilor de mică) a constituit un pas deosebit de important în fabricarea materialelor electroizolante. Acest material are calitățile izolante ale fulgilor de mică, însă la un cost mai redus și asigură o mai bună uniformitate a grosimii izolației. Lipirea hîrtiei de mică cu diverse lacuri, în anumite cantități și pe anumite suporturi, a dus la obținerea unei game largi de asemenea materiale în cadrul aceleiași clase de izolație (de regulă F) sau în clase diferite.

Materialele electroizolante pe bază de fire de sticlă cuprind :

— benzile și țesăturile de sticlă, neimpregnate și impregnate ;
— materiale de fretare (strîngere) — poliglas — din fire de sticlă încleiate cu lacuri din rășini poliesterice.

Prin încălzire, poliglasul devine termodurcisabil (se întărește la cald) ; se folosește la bandajarea capetelor frontale ale înfășurărilor rotorice și înlocuiește cu mult succes fretarea cu sîrmă de oțel.

Materiale izolante pe bază de rășină poliesterică. Afară de lacurile poliesterice, de o largă utilizare se bucură și materialele fibroase obținute din poliesteri, și anume :

— benzi de poliester numite benzi de contracție, cu grosimi și lățimi diferite, care au proprietatea de a se contracta la cald (10—30% și chiar mai mult) ;
— sfori de poliester cu diametre de la 1 la 15 mm și mai mari cu aceleași proprietăți de contracție ;
— pîslă (fetru) din lînă artificială poliesterică cu foarte largi utilizări ca material de tasare.

Clasele de izolație sînt B sau F, în funcție de rășina folosită.

Materialele stratificate din țesături sau folii și rășină sînt :

— pertinaxul, straturi presate de hîrtie și rășină fenolformaldehidică sau melamină (clasă de izolație E) ;
— stratitexul, straturi presate de țesături și aceleași rășini formaldehidice (clasă de izolație E) ;
— sticlostratitexul, țesături de sticlă presate și diferite rășini epoxidice (clasă de izolație F).

Izolații de crestătură. În afară de produsele combinate pe bază de hîrtie de mică care se folosește, în general, ca material de izolare, pentru înfășurări, mai există și alte materiale foarte răspîndite, destinate izolării miezurilor magnetice și, în special, a crestăturilor, și anume :

HMH, folie de mică (M) între două folii de hostafan (H), care are grosimea de 0,25 mm (izolație clasă B) ;

NMN — Nomex-Myller-Nomex, folie groasă de 0,22 și 0,32 mm. Prin corelare cu lac corespunzător este folosit în clasa de izolație F ;

— hîrtii de azbest de un tip special între care se află o folie de myller. Clasa de izolație este B sau F, în funcție de lacul folosit.

Lacurile electroizolante mai importante sînt :

Lacurile de impregnare, care se găsesc sub diferite combinații chimice și pot aparține unor clase de izolații diferite. Ele pot fi :

— lacuri oleobituminoase cu solvent benzină sau white-spirt și pot merge pînă la clasa de izolație B ;
— lacuri ALM oleogliptalice cu solvenți speciali sau lacuri fără solvenți, în care caz sînt asemănătoare maselor de turnare, fiind compuse dintr-o rășină și un întăritor cu aceleași caracteristici tehnologice ca cele expuse la masele de turnare, adică : lacuri epoxidice, poliesterice etc.

Lacurile de acoperire, destinate pentru protecția superficială (de suprafață) a înfășurărilor, împotriva pătrunderii umidității și a aderării prafului, prin realizarea unei suprafețe foarte lucioase și compacte (fără fisuri).

Rășini pentru impregnare. În ultima perioadă a căpătat o tot mai largă răspîndire impregnarea înfășurărilor în rășini epoxidice, siliconice sau de alt tip, utilizînd pentru izolarea bobinelor materiale poroase sau rășini compatibile chimic.

9.3.3. SCHEME DE IZOLAȚIE

Prin schemă de izolație se înțelege ansamblul de materiale electroizolante și modul lor de dispunere, folosite la izolarea unei înfășurări (pornind de la conductorul electric pînă la corpul față de care se izolează).

Cele mai cunoscute scheme de izolație sînt :

— schemele de izolație în crestătură ale mașinilor electrice rotative ;

— schemele de izolație pentru capetele de bobine ale mașinilor electrice rotative ;

— schemele de izolație pentru înfășurările transformatoarelor ;

— schemele de izolație pentru aparatele de măsurat.

Schemele de izolație aparțin anumitor clase de izolație ; ele depind, deci, de evoluția materialelor electroizolante.

9.4. TEHNOLOGIA DE FABRICAȚIE A BOBINELOR MAȘINILOR ȘI APARATELOR ELECTRICE

Așa cum s-a mai spus, înfășurarea constituie pentru curentul electric drumul sau calea de curent. În ansamblul său, înfășurarea rezultă prin legarea între ele într-un anumit mod a unor elemente separate, numite *bobine*.

La trecerea curentului prin înfășurare apare o solenație, care, în conformitate cu legea circuitului magnetic, produce un cîmp magnetic. Pentru ca acest cîmp magnetic să fie cît mai mare, este necesar ca înfășurarea să se găsească chiar pe miezul magnetic respectiv.

În funcție de forma constructivă a miezului magnetic rezultă, deci, și forma bobinelor, care pot fi :

— *concentrate*, cînd toate spirele sînt la un loc, într-un spațiu anume rezervat și corelat cu dimensiunile bobinei ;

— *repartizate* în crestături anume prevăzute din construcția miezului.

Deoarece cel mai tipic exemplu de bobine concentrate îl constituie bobinele pentru polii magnetici ai mașinilor electrice, acestea mai poartă și denumirea de *bobine polare*.

Bobinele de transformatoare, deși din punctul de vedere al formei sînt asemănătoare cu cele concentrate, datorită unor particularități constructive esențiale, vor fi tratate separat.

9.4.1. FABRICAREA BOBINELOR CONCENTRATE (POLARE)

Din această categorie fac parte bobinele pentru polii mașinilor electrice rotative (de excitație), bobinele pentru aparatele electrice (fără cele toroidale) și bobinele pentru transformatoarele mici (sub 5 kVA).

Forma acestora poate fi rotundă sau dreptunghiulară, în funcție de forma miezului.

Conductoarele din care se execută bobinele pot fi :

— sîrmă rotundă, cînd secțiunea conductorului este $S_{Cu} < 6$ mm² ;

— sîrmă profilată, cînd secțiunea conductorului este de 6 mm² $< S_{Cu} <$ < 20 mm² ;

— bare profilate, cînd secțiunea conductorului $S_{Cu} > 20$ mm².

Desigur, această împărțire este orientativă.

În funcție de tensiunea de lucru, solicitările electrice și mecanice la care sînt supuse în timpul funcționării și al confecționării, bobinele se realizează din conductoare rotunde sau profilate, izolate cu email sau cu email și fire de sticlă ; grosimea bilaterală a izolației conductorului variază între 0,1 și 0,15 mm pentru email și între 0,3 și 0,5 mm pentru E2S (email + 2 straturi de sticlă), în funcție de dimensiunile conductoarelor.

Bobinele realizate din bare îndoite pe muchie utilizează, de obicei, conductoare neizolate, deoarece în timpul formării izolația acestora s-ar distruge. De altfel, bobinele din bare se realizează după o tehnologie diferită de cea a bobinelor din sîrmă.

9.4.1.1. Bobine concentrate din sîrmă (rotundă sau profilată). La rîndul lor, acestea prezintă mai multe variante constructive, și anume :

— *Bobine depănate direct pe miezul magnetic izolat* (fig. 9.1).

— *Bobine depănate pe carcasă izolantă* (fig. 9.2, *a*). Acest tip de bobină este utilizat, mai ales, la aparatele electrice.

Procesul tehnologic de fabricație al bobinelor cu carcasă este următorul :

— *confecționarea carcasei*, care poate fi obținută :

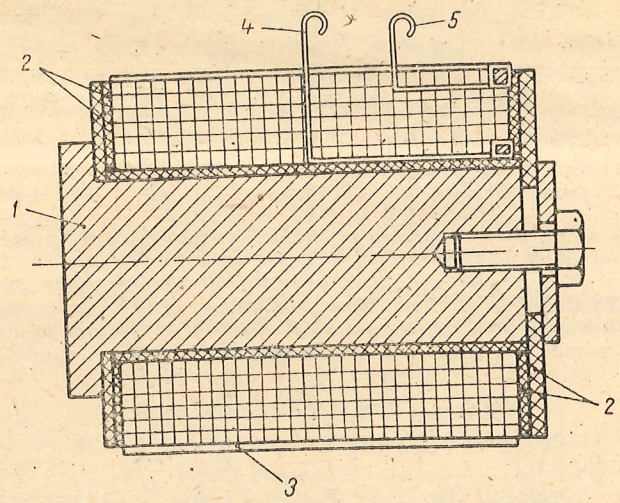


Fig. 9.1. Bobină concentrată depănată direct pe miez : *1* — miez magnetic ; *2* — izolație miez ; *3* — izolație exterioară ; *4* — clemă intrare ; *5* — clemă ieșire.

— prin asamblarea din materiale izolante stratificate și lipite cu lacuri de încleiere (fig. 9.2, *b*) ;

— prin presare din materiale plastice termorigide sau termoplastice (fig. 9.2, *c*) ;

— *depănarea bobinei*. Pentru aceasta se lipește mai întîi clema de intrare. În timpul depănării, firul trebuie bine întins, prin trecerea lui printr-o filieră puțin distanțată de mașină cu strîngerea reglabilă și bacuri de pîslă pentru protecția izolației.

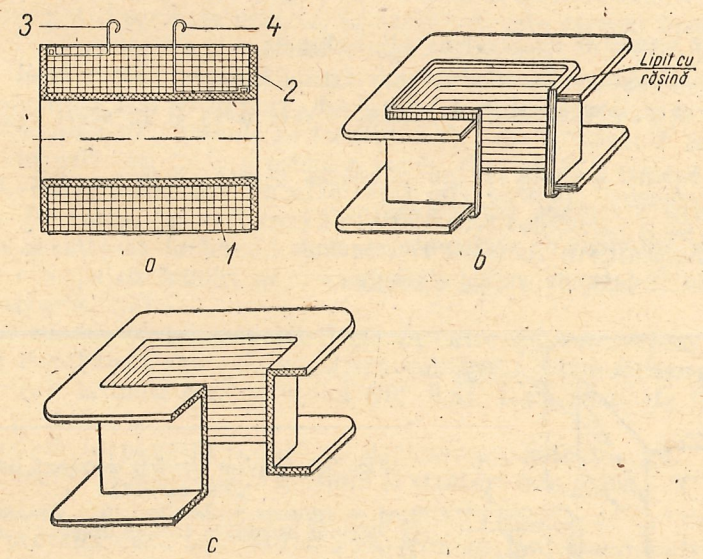


Fig. 9.2. Bobină concentrată depănată pe carcasă : *a* — bobina și carcasa ; *1* — bobină ; *2* — carcasă ; *3* — clemă de ieșire ; *4* — clemă de intrare ; *b* — carcasă confecționată din stratificate ; *c* — carcasă din mase de turnare.

Clema de ieşire se fixează mecanic, lăsîndu-se la început cîteva spire slabe, care apoi se strîng bine peste clemă (fig. 9.1 şi fig. 9.2, *a*);

— *impregnarea bobinei*;

— *curăţirea* + *acoperirea* cu lacuri prevăzute pentru clasa de izolaţie folosită.

OBSERVAŢII

1. Pentru depănarea acestor bobine se utilizează maşini de depănat de diferite tipuri în funcţie de putere, turaţie şi construcţie.

2. Deşi în literatura de specialitate, uneori, maşinile de depănat mai sînt numite şi maşini de bobinat, în lucrare se va folosi termenul de *maşină de depănat* pentru maşina care execută depănarea spirelor şi termenul *maşină de bobinat* pentru maşina care execută bobinarea (introducerea bobinei pe miezul magnetic respectiv), eliminîndu-se astfel confuziile.

— *Bobine depănate fără carcasă.* Acestea sînt bobinele cu cea mai largă întrebuinţare. Depănarea lor se face pe un şablon montat la o maşină de depănat.

Şablonul (fig. 9.3) se execută din lemn sau din metal (de obicei, din aluminiu). El este tăiat în două părţi după un plan înclinat în raport cu axa, pentru a uşura scoaterea bobinei, eliminîndu-se astfel loviturile care ar putea deteriora bobina sau şablonul.

Dimensiunile spaţiului pentru depănare (canalul şablonului) se determină în funcţie de dimensiunile la care trebuie realizată bobina. La bobinele dreptunghiulare se va avea în vedere că spirele sînt mai strînse la colţuri, iar la mijloc se produce o umflare. Determinarea secţiunii S a bobinei se va face deci luînd în considerare coeficientul de umflare $\alpha_u \approx 1{,}03—1{,}05$.

În cazul înfăşurării în straturi, grosimea g şi lăţimea h ale bobinei, şi deci ale şablonului (fig. 9.3, *b*) sînt:

$$g = n_2 d_{iz}; \quad h = n_1 d_{iz} \alpha_u, \tag{9.1}$$

unde:

n_1 este numărul de straturi ale bobinei;

n_2 — numărul de conductoare într-un strat.

Întinderea conductorului la depănare este dată şi în acest caz de filiere speciale.

Ieşirile bobinei trebuie să îndeplinească următoarele condiţii:

— să aibă secţiunea corespunzătoare;

— să fie suficient de rezistente mecanic;

— să fie izolate de restul spirelor.

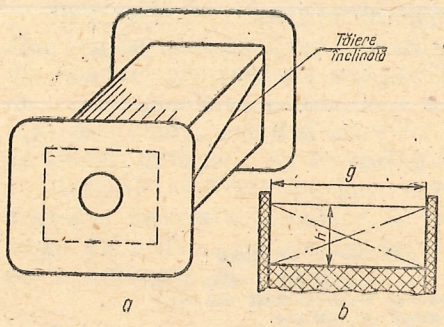


Fig. 9.3. Şablon pentru depănat bobine fără carcasă:
a — şablonul propriu-zis; *b* — canalul şablonului (spaţiul în care se depănă bobina).

Ele se execută obişnuit cu cleme din bandă de cupru, cu grosimea de 0,5—1,5 mm şi lăţimea de 10—20 mm astfel încît să fie satisfăcute condiţiile de mai sus.

Procesul tehnologic de fabricaţie a bobinelor depănate pe şablon este următorul:

— se prind intrările şi ieşirile şi se depănă bobina conform cazului precedent;

— se scoate bobina, prin desfacerea şablonului, şi se consolidează apoi astfel:

— bobinele care nu sînt prevăzute a fi izolate la exterior se înfăşoară rar cu bandă de contracţie pentru consolidare (fig. 9.5, *a*);

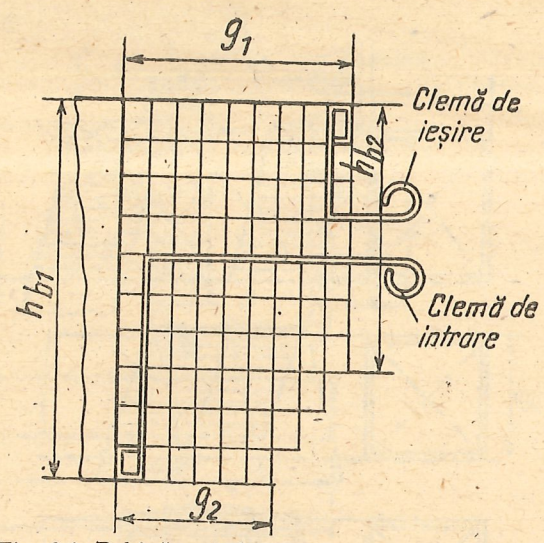


Fig. 9.4. Bobină avînd ieşirile cu cleme consolidate de spirale proprii.

— bobinele care sînt prevăzute a fi izolate se înfăşoară $1 \times 1/2$ suprapus sau $2 \times 1/2$ suprapus (fig. 9.5, *c*) cu micabandă poroasă peste care se înfăşoară un strat cap la cap (fig. 9.5, *b*) de bandă de contracţie. În prealabil, denivelările şi golurile bobinei se umplu cu chit izolant;

— se impregnează sub vid şi presiune, conform indicaţiilor procesului de impregnare cu lacul prevăzut (de obicei, lac poliesteric sau epoxidic);

— se curăţă surplusul de lac şi se face controlul calităţii bobinei.

În ultimul timp, legăturile de ieşire se execută, din ce în ce mai frecvent, din însuşi conductorul bobinei (fig. 9.6). Se elimină astfel lipiturile şi izolările clemelor care pot fi surse de defecte. În acest caz, este necesar însă să se prevadă spaţiul pentru ieşirea la exterior a legăturilor, precum şi consolidarea lor.

9.4.1.2. **Bobine concentrate din bare.** Aceste bobine pot fi de formă rotundă sau dreptunghiulară şi se împart, după modul de bobinare, în:

a. Bobine din bare depănate pe lat (fig. 9.7), care se execută din conductor izolat sau neizolat. La o grosime a conductorului de 3—4 mm şi o rază de curbură relativ mică, izolaţia exterioară este puternic tensionată şi tinde să se rupă. De aceea, în acest caz, nu se foloseşte conductor izolat.

Situaţia aceasta se întîlneşte mai ales la bobinele dreptunghiulare unde se execută cîte patru îndoiri pe o spiră (cele patru colţuri) cu raze de îndoire R mici (fig. 9.7).

În cazul conductorului neizolat, izolarea între spire se obţine, de obicei, cu fîşie de micabandă sau sticlostratitex subţire, a cărei lăţime este puţin mai mare decît lăţimea conductorului (fig. 9.8). Izolarea poate fi realizată prin două procedee:

— introdusă (depănată) o dată cu depănarea conductorului. Procedeul este folosit atunci cînd numărul de spire şi straturi este mare:

— introdusă după depănare, caz în care este necesar ca în timpul depănării să se prevadă nişte fîşii de tablă cu grosimea puţin mai mare decît grosimea izolaţiei ce urmează a se introduce. Procedeul este folosit cînd bobina este într-un strat sau cel mult două, deoarece introducerea izolaţiei se poate face prin părţile laterale.

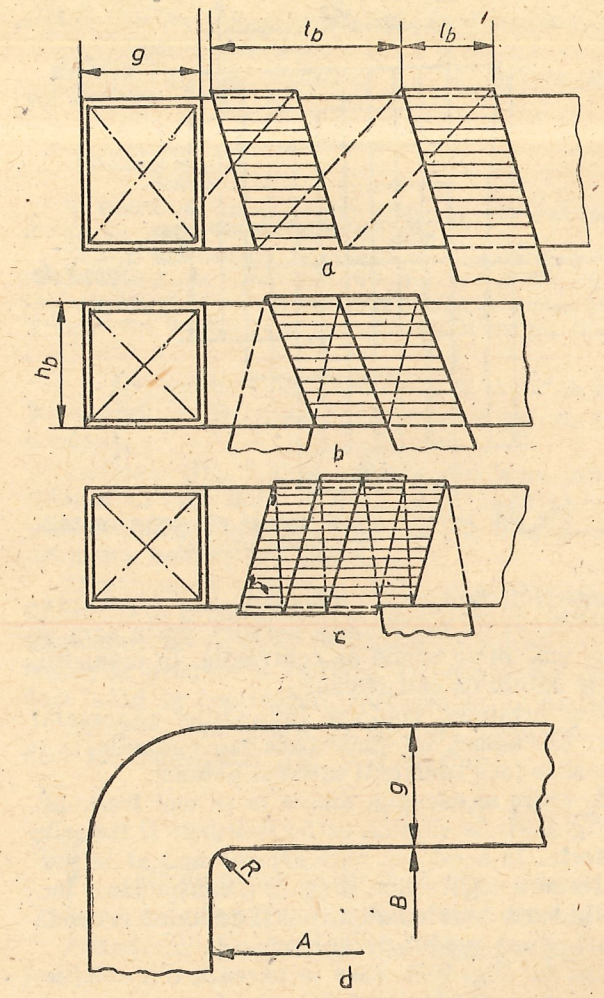


Fig. 9.5. Izolarea bobinelor :
a — cu bandă înfăşurată rar ; *b* — cu bandă înfăşurată cap la cap ; *c* — cu bandă 1/2 suprapusă ; *d* — dimensiunile bobinei.

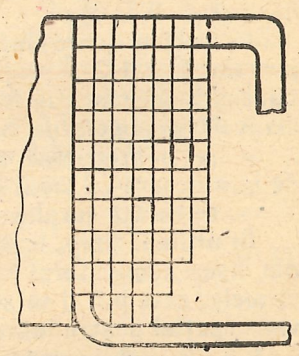


Fig. 9.6. Bobină concentrată cu ieşirile din conductorul propriu.

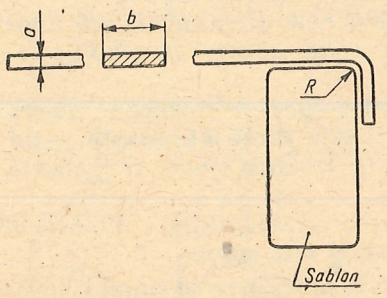


Fig. 9.7. Depănarea pe lat a conductoarelor bobinelor concentrate.

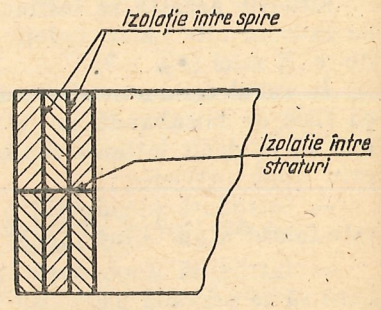


Fig. 9.8. Bobină din bare depănate pe lat.

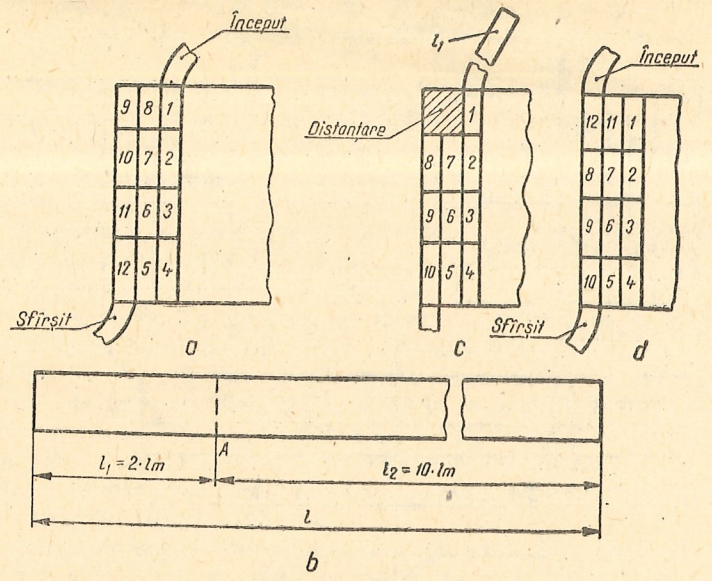


Fig. 9.9. Ieşirile la bobinele din bare depănate pe lat cu mai multe spire şi straturi.

La aceste bobine, din cauza secţiunii mari a conductorului, ieşirile nu mai pot fi scoase la exterior cu bandă de cupru printre conductoarele bobinei, în acest caz fiind necesar ca atît prima cît şi ultima spiră să se găsească la exteriorul bobinei.

Din acest punct de vedere, la aceste tipuri de bobine, sînt posibile două cazuri, şi anume :

— *bobine cu mai multe spire şi straturi* (fig. 9.9). Spira *1* (început) a bobinei realizate în mod obişnuit (fig. 9.9, *a*) va trebui scoasă în locul spirei *9*. Numărul total de spire ale bobinei se consideră $w_p = 12$.

Pentru aceasta, pe lungimea totală l a conductorului bobinei (fig. 9.9, *b*) se trasează la un capăt o lungime cît două spire de bobină (spirele 8 + 9), $l = 2l_m$, l_m fiind lungimea medie a unei spire a bobinei.

Depănarea se începe cu l_2, prinzîndu-se conductorul în punctul trasat *A* şi deplasîndu-se spirele 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 şi 10, iar în vechiul loc, lăsat liber, al spirelor 8 şi 9, se introduc distanţori cu aceleaşi dimensiuni (fig. 9.9, *c*).

Se consolidează spira 10 (care va fi sfîrşitul bobinei), se desface de pe platoul maşinii şablonul cu bobina şi se întoarce (după ce se scot distanţorii, care sînt, de obicei, din lemn) ; se depănă apoi şi celelalte două spire 11 şi 12 din conductorul rămas nedepănat de lungimea $l_1 = 2l_m$ (în acelaşi sens, deoarece s-a întors şablonul) şi astfel spira 12 devine început (fig. 9.9, *d*) ;

— *bobine cu mai multe spire, însă numai în două straturi* (fig. 9.10, *a*, *b*). La bobina depănată în două straturi (doi galeţi) jumelate apare o situaţie similară cu cea precedentă. De exemplu, bobina are $w_p = 12$ spire, fiecare strat avînd şase spire. Este necesar, ca şi în cazul anterior, ca începutul aflat în interiorul bobinei la spira 1 să treacă la exterior, la spira 6 (fig. 9.10, *a*).

În acest scop, lungimea totală l a conductorului necesar pentru o bobină se împarte în două părţi egale (în general, aceste părţi pot fi neegale, dacă

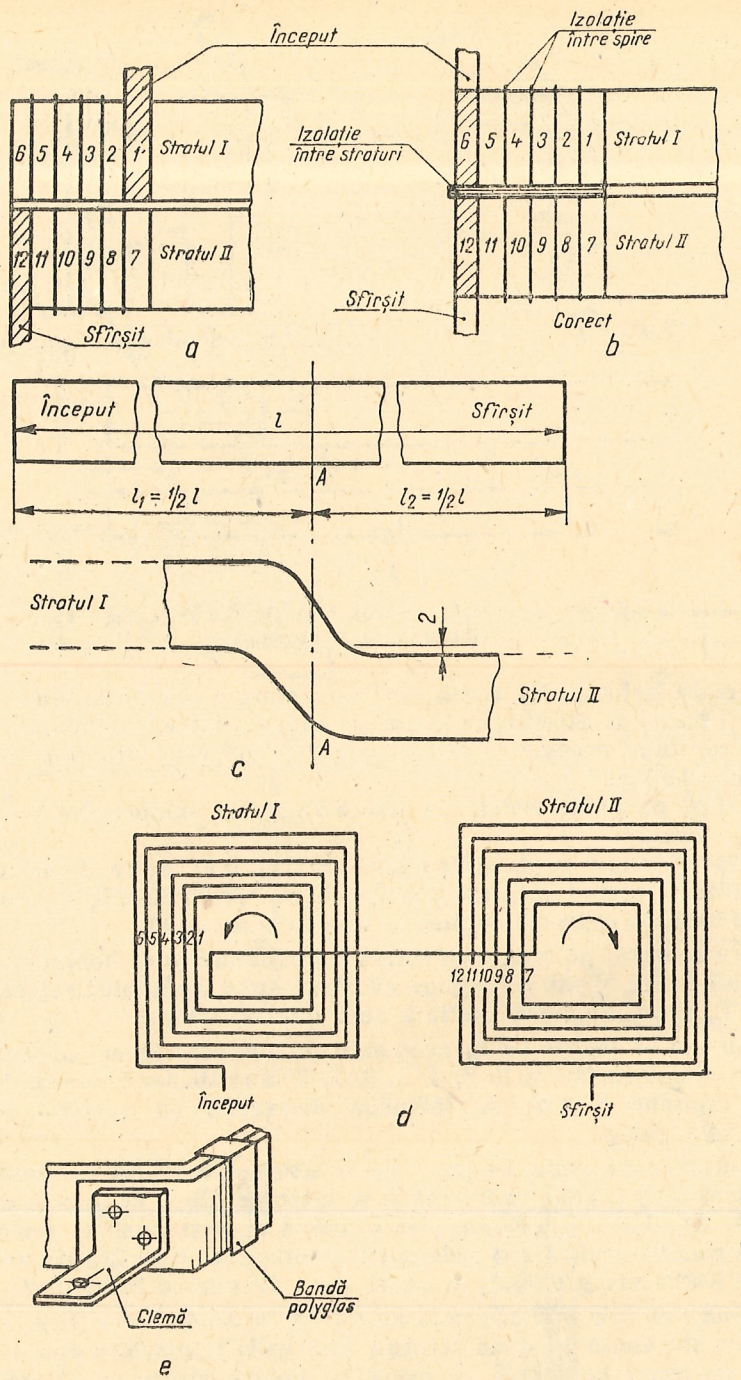


Fig. 9.10. Ieșirile bobinelor concentrate din bare depănate pe lat în două straturi și mai multe spire pe strat (galeți jumelați) :

a — depănarea normală a bobinei ; *b* — depănarea corectă a bobinei (cu ambele capete la exterior) ; *c* — pregătirea conductorului pentru depănare ; *d* — schema de înscriere a galeților ; *e* — prinderea clemei și consolidarea ultimei spire.

numerele de spire ale fiecărui strat nu sînt egale). La locul de împărțire *A* se execută o îngenunchere (un S) care face trecerea între cele două straturi (fig. 9.10, *c*).

Pentru depănarea stratului *I* se prinde conductorul în punctul *A* de șablon și se deapănă în sensul normal primele șase spire (de la 1 la 6, fig. 9.10, *b*), la capătul primei jumătăți a conductorului constituindu-se astfel (la spira 6) începutul bobinei (cealaltă jumătate se strînge și se leagă provizoriu de platoul mașinii pentru evitarea accidentelor).

Pentru a menține același sens al curentului pe întreaga bobină, este necesar ca depănarea stratului *II* (restul spirelor de la 7 la 12) să se facă în sens invers față de stratul *I* (fig. 9.10, *d*).

Deoarece la schimbarea sensului de rotație al mașinii de depănat ar trebui schimbat și locul filierei de întindere a conductorului, este mai indicat să se întoarcă șablonul cu bobina și să se continue, în același sens de rotație, depănarea celorlalte spire din stratul *II* (de la 7 la 12). Capătul celeilalte jumătăți va constitui de data aceasta (la spira 12), sfîrșitul bobinei (fig. 9.10, *b*).

Procesul tehnologic de fabricație a bobinelor din bare depănate pe lat cuprinde aceleași operații ca la cele din bare depănate pe muchie (v. punctul b) cu particularitățile menționate mai sus.

b. Bobine din bare depănate pe muchie (fig. 9.11). De obicei, aceste bobine se execută din conductor neizolat, avînd în vedere diferența mare de întindere și comprimare între exteriorul și interiorul barei, la curbură. De aceea, este necesar a se corela grosimea *a* și lățimea *b* ale conductorului cu raza de îndoire *R* a spirei, astfel încît să nu apară ruperi de material la curburi. Această corelare este dată de relația stabilită experimental *v* ($b > a$) :

$$R \geqslant 0{,}05\,\frac{b^2}{a}\ [\text{mm}]. \qquad (9.2)$$

De regulă, bobinele din bare depănate pe muchie sînt într-un strat și neizolate, ceea ce permite o răcire bună și uniformă a tuturor spirelor. În

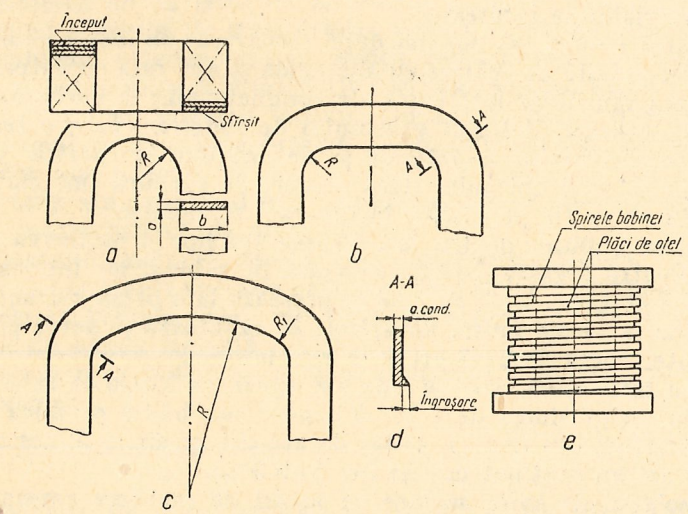


Fig. 9.11. Formarea spirelor la bobinele din bare depănate pe muchie :

a — cap de bobină semirotundă ; *b* — cap de bobină drept cu colțurile rotunde ; *c* — cap de bobină combinată cu două raze de îndoire ; *d* — suprаîngroșarea spirei la îndoirea de la curbură ; *e* — introducerea plăcilor de oțel pentru calibrarea spirelor.

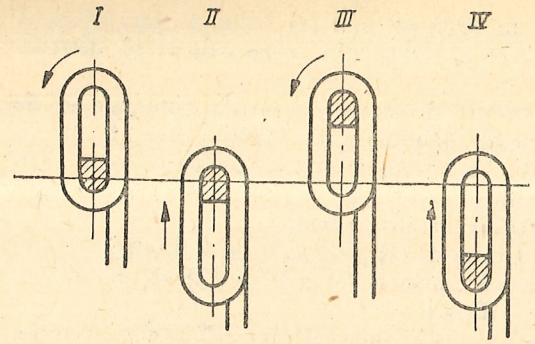


Fig. 9.12. Schema depănării barelor pe muchie.

condiții grele de funcționare a produsului, ele se pot însă izola.

Depănarea bobinelor din bare de secțiune mare (peste 60 mm²) se realizează pe mașini speciale de depănat, cu axa de rotire verticală. Construcția acestor mașini este bazată pe principiul ca bara să păstreze tot timpul depănării o poziție tangențială la șablon și să deplaseze rectiliniu (fig. 9.12). De aceea, șablonul execută alternativ o mișcare de rotație în jurul centrului și o mișcare rectilinie, iar conductorul este menținut cu latura mare a secțiunii perpendiculară pe suprafața laterală a șablonului.

— La înfășurarea unei spire, șablonul efectuează următoarele mișcări:

I — șablonul începe să se rotească în jurul centrului părții hașurate cu 180° și ajunge în poziția a *II*-a;

II — șablonul se deplasează pe o traiectorie rectilinie pînă cînd partea nehașurată ajunge în poziția părții hașurate;

III — șablonul se rotește cu 180°;

IV — șablonul efectuează o mișcare rectilinie.

Procesul tehnologic de fabricație a bobinelor din bare depănate pe muchie este următorul:

— depănarea conductorului (cu mașina menționată). Depănarea poate să nu țină seama de numărul de spire, deoarece spirala rezultată poate fi tăiată ulterior, în bobine cu numărul de spire necesar;

— recoacerea bobinei (pentru înmuierea cuprului), deoarece în timpul depanării materialul se întărește;

— decaparea (curățirea) bobinei după recoacere; se face pe cale chimică în băi speciale, urmată de spălare cu apă caldă și apă rece curgătoare;

— ajustarea muchiilor interioare ale conductorului la curbură. Operația este necesară deoarece, datorită procesului de îndoire, apare o tendință de îngroșare a conductorului la interior și de subțiere la partea exterioară (fig. 9.11, *d*). În mod obișnuit, dacă razele de curbură sînt mari, această ajustare poate să nu fie prevăzută în procesul tehnologic;

— calibrarea bobinei, pentru îndreptarea spirelor și obținerea dimensiunilor finite. Pentru aceasta, bobina se așază pe șablon, iar între spire se introduc plăci de oțel (fig. 9.11, *e*), apoi se presează la o presă hidraulică. După presare, bobina ia forma finită, iar spirele se calibrează și devin plane. Calibrarea se poate repeta de 2—3 ori dacă este nevoie;

— izolarea între spire, care se face, de obicei, cu hîrtie de azbest electrotehnic simplu, cu grosimea de 0,25—0,3 mm, sau hîrtie de mică măcinată (între două țesături din fire de sticlă) de aceeași grosime. Azbestul electrotehnic folosit are un conținut mic de fier (sub 3%).

Lipirea izolației de spiră se face cu lacuri de încleiere corespunzătoare clasei de izolație a materialului electroizolant.

Pentru izolarea între spire, se pot folosi următoarele metode:

— utilizarea unor fîșii dreptunghiulare de izolație care să cuprindă suprafața totală a bobinei (fig. 9.13, *a*). Fîșiile se înmoaie în lacul de încleiere

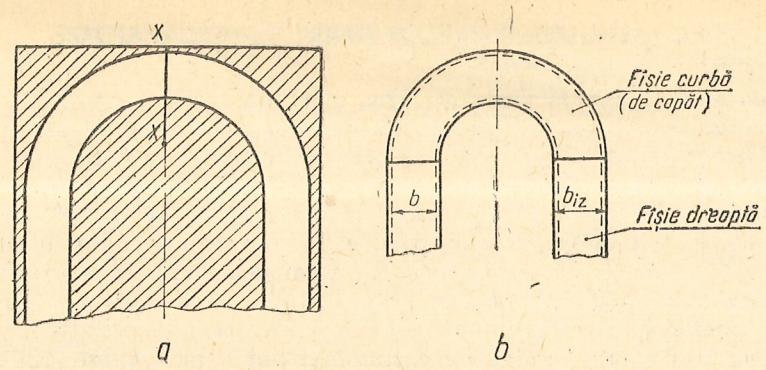


Fig. 9.13. Izolarea între spire a bobinelor din bare depănate pe muchie:

a — cu fîșii dreptunghiulare de izolație cu lățimea cît a bobinei; *b* — cu fîșii izolante cu lățimea cît a conductorului.

și se introduce între spire (pentru trecerea spirei dintr-un plan în altul se prevede în fîșie, la un capăt, tăietura X—X).

Se strînge apoi bobina în dispozitiv (pentru respectarea înălțimii) și se introduce la uscat în cuptor pentru polimerizarea lacului. După polimerizare se taie surplusul de material izolant (partea hașurată din fig. 9.13, *a*) și se ajustează bobina.

Metoda reclamă un consum mare de material izolant și operații de ajustare. De aceea, se aplică la bobinele cu dimensiuni interioare mici;

— utilizarea unor fîșii izolante cu o lățime b_{iz}, puțin mai mare decît lățimea b a conductorului, pe toată lungimea desfășurată a spirei (fig. 9.13, *b*). La capete se folosesc fîșii curbe realizate prin ștanțare. La locul de îmbinare dintre fîșiile drepte și fîșiile curbe (la capăt) pătrunde lacul de încleiere și formează o bună peliculă izolantă (introducerea fîșiilor între spire se face după înmuierea lor în lacul de încleiere).

În timpul operației de izolare între spire cu fîșii izolante, bobina se află deja pe șablonul interior, pentru menținerea izolațiilor și asigurarea (după uscare) a dimensiunilor interioare ale acesteia. Se presează și, apoi, se usucă bobina pentru polimerizarea lacului. După uscare, se ajustează exteriorul bobinei numai pentru îndepărtarea surplusului de lac polimerizat, nu și a izolațiilor puțin ieșite.

— Metoda are avantajul unui consum redus de material izolant și diminuează operația masivă de ajustare.

Dezavantajul metodei constă însă în productivitatea mai scăzută și necesitatea unor ștanțe speciale pentru tăiatul izolației de capăt;

— izolarea bobinei (dacă este prevăzută); se face cu 2—3 straturi 1/2 suprapuse de bandă izolantă;

— impregnarea bobinelor (numai pentru cele izolate), care se face sub vid și presiune.

OBSERVAȚII

1. La bobinele care nu sînt prevăzute a fi, în final, izolate, izolația primelor și ultimelor două spire se va întări prin înfășurarea cu micabandă poroasă, iar pentru consolidare, bobina se va înfășura cu un strat de bandă izolantă-rară.

2. Pentru a nu se obține deșeuri multe de conductor, se admite sudarea barelor, dar numai pe porțiunea dreaptă, numărul lor însă nu trebuie să depășească 3—4 suduri pentru o bobină.

Cu toate că bobinele transformatoarelor (de forță) sînt asemănătoare cu cele concentrate, ele sînt tratate separat deoarece prezintă anumite particularități constructive esențiale. Acestea se datoresc atît tensiunilor ridicate și foarte ridicate la care sînt supuse bobinele (tensiuni nominale de ordinul zecilor și sutelor de kV, astfel că problemele de izolație ocupă un loc deosebit în tehnologia de execuție), cît și datorită modului lor de răcire și izolare — în ulei de transformator. De asemenea, datorită eforturilor electrodinamice care apar la scurtcircuite bruște din rețea, bobinele sînt foarte solicitate mecanic, necesitînd consolidări specifice (v. fig. 6.22).

În funcție de sensul de depănare, bobinele pot fi pe dreapta (fig. 9.14, *a*) sau pe stînga (fig. 9.14, *b*).

Depănarea unei bobine pe dreapta sau pe stînga se face atunci cînd începe din stînga, respectiv din dreapta șablonului privit din partea tamburului de pe care se desfășoară sîrma.

După forma constructivă, înfășurările transformatoarelor, deci și bobinele sînt : cilindrice, spiralate, în galeți și continue.

9.4.2.1. **Bobine cilindrice.** Aceste bobine (fig. 9.15) sînt utilizate, de obicei, la transformatoarele de puteri și tensiuni mici (pînă la 400 kVA și 500 V). Deoarece spirele învecinate pe direcție axială sînt strîns lipite unele de altele, bobinele au aspectul unui cilindru, de unde și denumirea lor.

Bobinele cilindrice se execută din condensator profilat, izolat sau neizolat ; în unele cazuri se utilizează unul sau mai multe conductoare neizolate, în paralel, bobinate în unul sau mai multe straturi. În funcție de dimensiunile conductorului, se folosesc sau nu, inele de egalizare din materiale izolante.

Procesul tehnologic de fabricație este următorul :

— se izolează conductoarele dacă bobinele se execută din conductoare neizolate ;

— se depănă conductorul pe șablon sau direct pe cilindrul izolant ;

— se întărește izolația spirelor de capăt prin înfășurarea suplimentară cu bandă izolantă ;

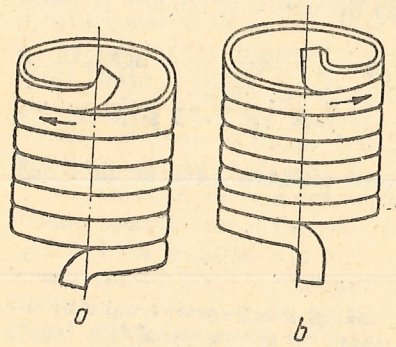


Fig. 9.14. Sensul de depănare la bobinele pentru transformator :
a — sensul de depănare pe dreapta ;
b — sensul de depănare pe stînga.

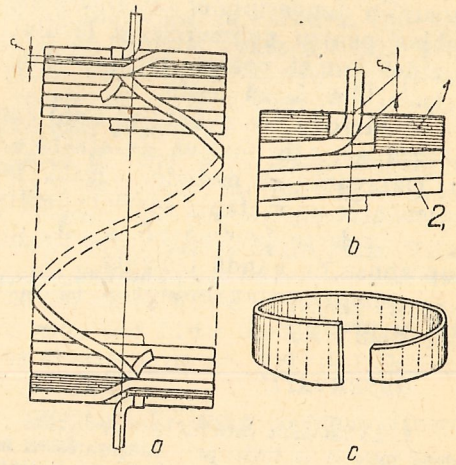


Fig. 9.15. Bobină cilindrică într-un strat :
a — fără inel de egalizare ; *b* — cu inel exterior de egalizare ; *e* — inel de egalizare din pertinax.

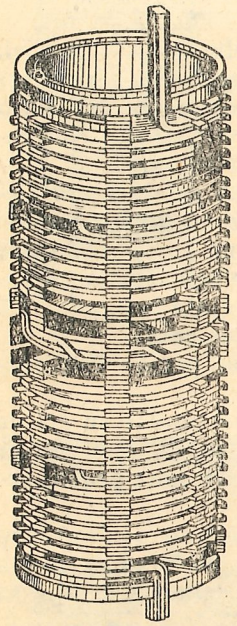


Fig. 9.16. Bobină spiralată.

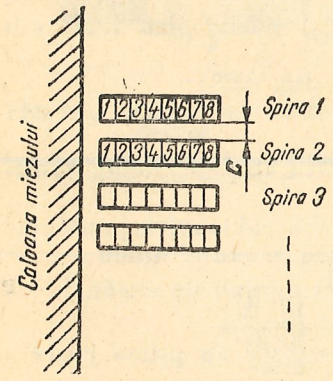


Fig. 9.17. Schemă de bobină spiralată cu 8 conductoare în paralel.

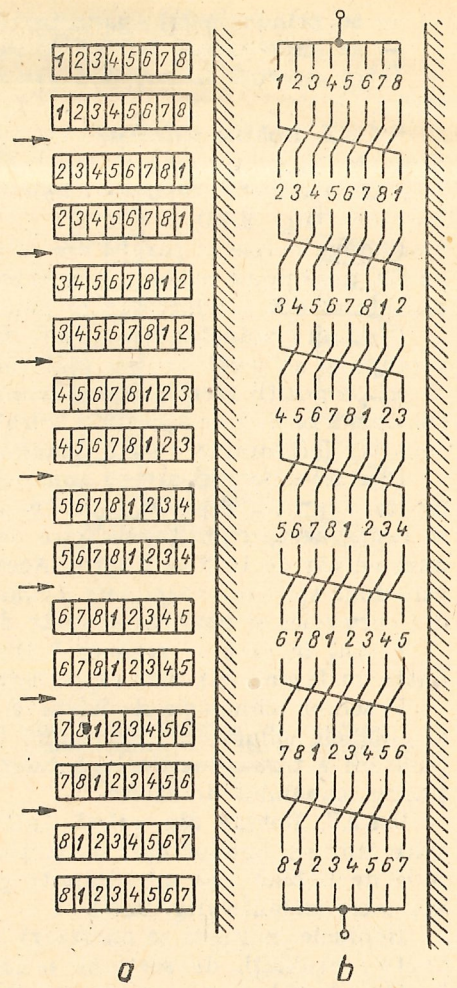


Fig. 9.18. Bobină spiralată compusă din 16 spire înfășurate cu 8 conductoare în paralel :
a — secțiune prin înfășurare (săgețile indică locul de transpunere) ;
b — schema.

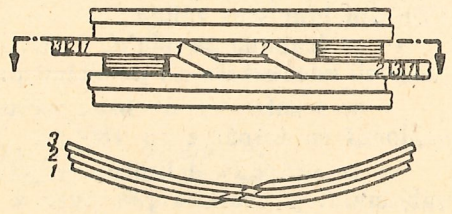


Fig. 9.19. Realizarea practică, în timpul depănării, a transpunerii.

— se prinde inelul egalizator de prima și ultima spiră ;
— se impregnează bobina (dacă este prevăzută în documentație).

Între straturi se pot lăsa anumite distanțe care constituie canalele de răcire.

9.4.2.2. **Bobine spiralate.** La transformatoarele mari, pentru îmbunătățirea răcirii se distanțează spirele, creîndu-se între ele canale radiale prin care circulă uleiul. Astfel, o bobină cilindrică se transformă într-o bobină spiralată (fig. 9.16).

Conductoarele în paralel din care se compune spira sînt izolate și dispuse, pe lat, unul peste celălalt, cum se arată schematic în figura 9.17, în care s-au considerat opt conductoare în paralel.

Cînd un conductor real este format din mai multe conductoare în paralel, suprapuse, se caută ca, pe înălțimea coloanei, fiecare conductor elementar să ocupe poziții identice, prin schimbarea pe o porțiune egală din înălțimea coloanei a ordinii de așezare și spirală. Această schimbare se numește *transpunere*, iar înfășurarea poartă denumirea de *înfășurare cu transpoziții.*

Pentru exemplificare se consideră că o bobină cu opt conductoare elementare în paralel are în total 16 spire. Rezultă că fiecare conductor trebuie să ocupe aceeași poziție în spiră pe o înălțime din coloană corespunzătoare unui număr de 16/8 = 2 spire. Acest lucru se realizează efectuîndu-se la fiecare două spire o transpunere a conductoarelor așa cum se arată în figura 9.18, din care reies și pozițiile ocupate de fiecare conductor elementar.

Modul în care se realizează transpoziția (de exemplu, pentru trei conductoare în paralel), este reprezentat în figura 9.19.

Procesul tehnologic de fabricație a acestor bobine este similar cu cel de la bobinele cilindrice, intervenind în plus, în timpul depanării, operația de realizare a transpunerilor și intercalare a distanțorilor între spire pentru obținerea canalului de răcire.

9.4.2.3. **Bobine din galeți.** Înfășurările de înaltă tensiune, realizate cu spire multe și conductoare de secțiune mică, se divizează pe lungime într-o serie de bobine mai mici numite galeți, separate prin canale cu distanțori sau inele izolante (fig. 9.20).

Bobinele în galeți se realizează din conductori rotunzi și uneori din conductori profilați, de secțiune mică.

Modul de legare a galeților și tensiunea dintre ei U_{ig} sînt indicate în figura 9.1, *a*, cînd galeții se așază normal sau în figura 9.21, *b*, cînd fiecare al doilea galet trebuie întors.

Un galet tipic pentru sîrma profilată este însuși *galetul plan dublu* sau *jumelat* (fig. 9.22).

Depănarea acestui galet jumelat se face astfel (fig. 9.23) :

— se taie de pe tamburul cu conductorul de bobinaj o lungime necesară executării întregului galet dublu ;

— se înfășoară pe rola de înmagazinare *1*, alăturată șablonului, jumătate din lungimea tăiată ;

— se deapănă pe rola de înmagazinare *1*, alăturată șablonului, jumătatea lungimii conductorului, rezultînd jumătatea a doua a galetului dublu ;

— se scoate rola de înmagazinare *1* de pe axul mașinii de depănat, iar șablonul se întoarce cu 180° ;

— se deapănă definitiv de pe rola de înmagazinare cu prima parte a șablonului și cealaltă jumătate a galetului dublu.

În felul acesta, înscrierea celor doi galeți componenți rămîne la interior, iar cele două capete ale galetului jumelat, la exterior.

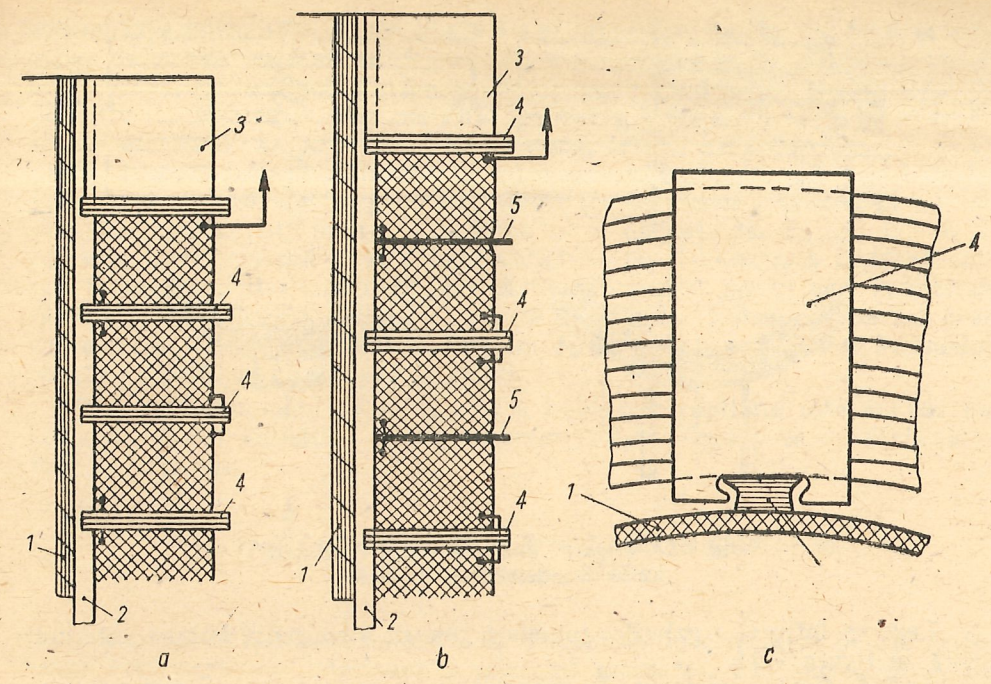


Fig. 9.20. Bobină în galeți :
a — galeți separați prin distanțori ; *b* — galeți separați și prin distanțori și prin inele izolante ; *c* — secțiune transversală prin canal ; *1* — cilindru izolant ; *2* — pană longitudinală ; *3* — piesă terminală izolantă ; *4* — distanțor ; *5* — inel izolant.

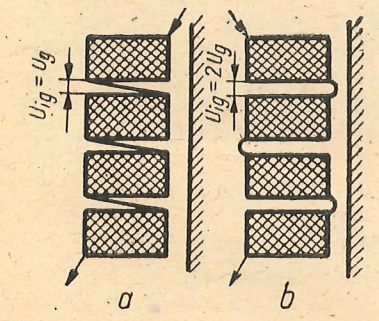


Fig. 9.21. Metode de legare a galeților :
a — galeți neîntorși ; *b* — fiecare al doilea galet întors.

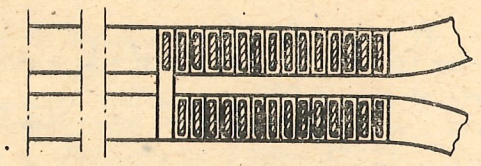


Fig. 9.22. Galet plan dublu (jumelat).

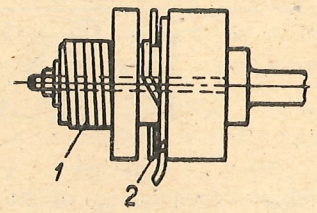


Fig. 9.33. Modul de depănare a galeților jumelați.

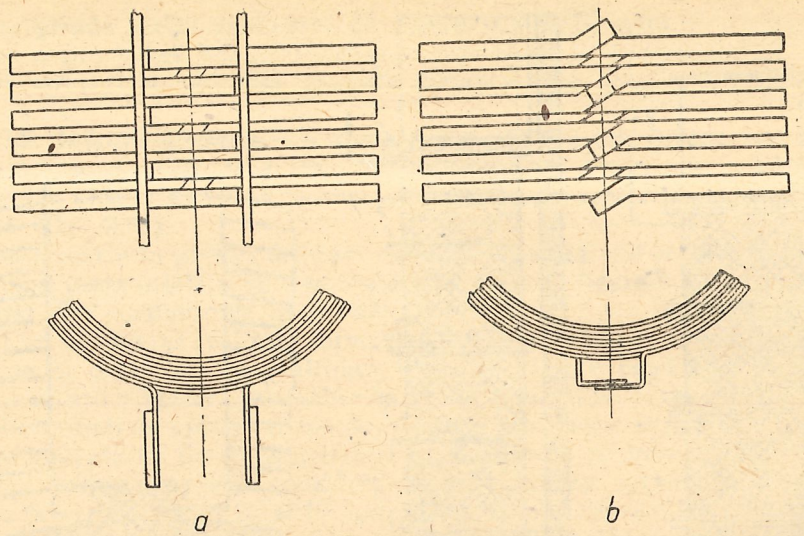


Fig. 9.24. Legarea galeților dubli (jumelați) :
a — în paralel ; *b* — în serie.

Legarea între ei a galeților jumelați, pentru a constitui bobina, este indicată în figura 9.24.

9.4.2.4. **Bobine continue.** În practică, în special, la înfășurările din aluminiu, se folosesc foarte frecvent bobine executate în mod similar cu cele realizate prin înscrierea galeților jumelați (fig. 9.24, *b*), însă de data aceasta galeții sînt depănați în mod continuu, evitîndu-se lipirile de înscriere ale galeților dubli.

Se obțin astfel bobine continue al căror principiu de construcție este indicat în figura 9.25, *a—i*. Executarea bobinei începe cu depănarea provizorie a primului galet, care se compune, de exemplu, din șase spire (fig. 9.25, *a*). Aceste spire sînt numerotate în figură în ordinea înfășurării, spira *1* fiind jos. La următoarele spire (după prima) ale galetului, întinderea conductorului este puțin slăbită, ele urmînd a fi răsturnate în așa fel încît (depănarea definitivă) spira *6* să fie jos, iar spira *1*, care va constitui începutul bobinei, să fie sus (fig. 9.25, *b—g*). După efectuarea răsturnării, se deapănă definitiv al doilea galet — spirele de la *7—12* (*II* în fig. 9.25, *h*). După aceasta, se îndoaie trecerea spre galetul următor, se trece conductorul în jos și se deapănă provizoriu al treilea galet, de la spira *13* la spira *18* (fig. 9.25, *i*). Întinderea spirelor acestui galet se slăbește puțin, deoarece și el se răstoarnă ca primul galet, obținîndu-se înserierea cu al doilea galet de sus, iar cu al patrulea (care urmează să se depene definitiv) jos. Se constată astfel că spirele tuturor galeților impari trebuie să fie răsturnate, galeții pari în schimb rămînînd nemodificați. De aceea, pentru ca sfîrșitul bobinei să fie tot deasupra (ca și începutul constituit de spira *1*), la proiectarea acestor înfășurări se ia, de regulă, un număr par de galeți.

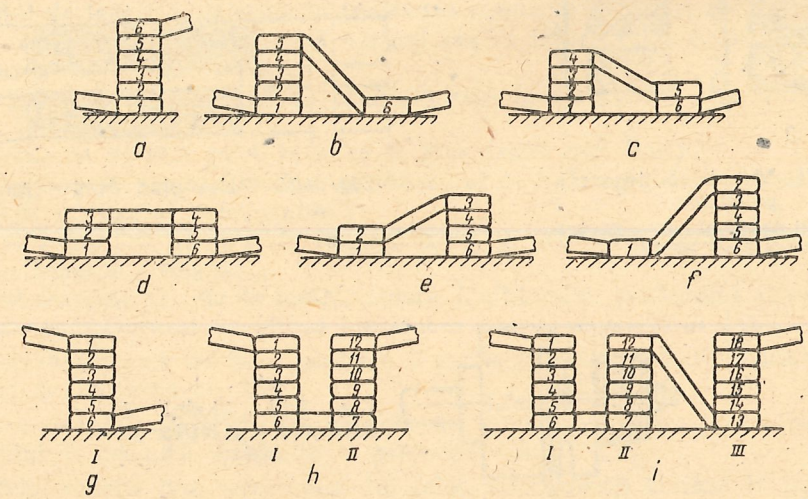


Fig. 9.25. Principiul depănării unei bobine continue, cu un singur conductor.

Procesul tehnologic de fabricație a bobinelor continue este similar cu cel al bobinelor cilindrice cu conductoare izolate, depănarea — făcîndu-se însă ca mai sus.

9.4.3. FABRICAREA BOBINELOR REPARTIZATE ÎN CRESTĂTURI, PENTRU MAȘINILE ROTATIVE

Acest tip de bobine urmează a fi distribuite în crestături pe circumferința exterioară sau interioară a miezului magnetic. Ele sînt numite, pe scurt, *bobine repartizate.*

În funcție de tipul conductorului folosit, se deosebesc următoarele tipuri de bobine repartizate : din sîrmă rotundă, din conductor profilat și din bare.

9.3.4.1. **Bobine din sîrmă rotundă.** La aceste bobine se utilizează conductoare izolate cu email clasă B(EPU), sau cu email clasă F(ET) sau în cazul cînd se impun caracteristici mecanice și electrice deosebite, cu email și unul (ES) sau cu email și două (E2S) straturi de fire din sticlă.

Deoarece spirele acestor bobine se pot introduce în crestături de diferite forme, iar capătului de bobină i se poate da ușor forma dorită se mai numesc și *bobine moi.*

Se utilizează, în special, la înfășurările mașinilor de joasă tensiune ($U_N < 1\,000$ V) și la puteri mici care au spire multe și secțiune mică (curent mic).

În ultimul timp, datorită marilor avantaje tehnologice pe care le prezintă, bobinele moi au început să fie folosite din ce în ce mai mult și la mașinile de puteri medii (pînă la 100 kW și chiar mai mari 200—300 kW), însă tot la joasă tensiune. În acest caz, pentru realizarea secțiunii mari a conductorului real, este necesară folosirea mai multor fire în paralel (pînă la maximum 10—12 fire), concomitent cu punerile în paralel și din schema înfășurării. Se are în vedere însă că nu este indicată folosirea unui conductor cu diametrul mai mare de circa 2,5 mm.

În funcție de pașii bobinei, de numărul de straturi ale înfășurării și de dispunerea capetelor frontale ale bobinelor, se deosebesc două tipuri de înfășurări cu bobine moi, și anume :

— înfășurare cu *bobine neegale* (concentrice), de obicei, într-un strat, ale cărui bobine se deapănă pe șabloane de forma celor din figura 9.26, *a*, cînd pașii bobinelor sînt diferiți. Numărul de șabloane diferite N_S se deter-

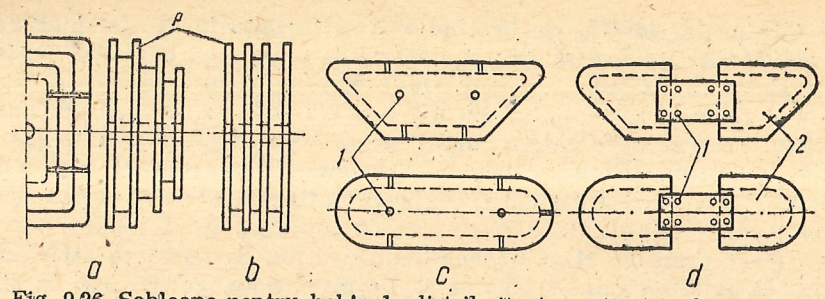


Fig. 9.26. Şabloane pentru bobinele distribuite (repartizate) ale maşinilor electrice rotative :
a — şabloane în trepte pentru bobinele neegale ; *b* şi *c* — şabloane pentru bobinele egale ; *d* — şabloane cu lungime reglabilă.

mină ca produsul dintre q (numărul de crestături pe pol şi fază) şi numărul de planuri (etaje) ale părţilor frontale n_p, adică :

$$N_S = qn_p. \tag{9.3}$$

Numărul grupelor de bobine, în acest caz (înfăşurare într-un strat), este :

$$k = 3p\,; \tag{9.3, a}$$

— înfăşurare cu *bobine egale* într-un strat sau în două straturi, cînd bobinele au un singur pas şi se deapănă pe şabloane fixe de forma celor din figura 9.26, *b*, *c*, sau reglabile (fig. 9.26, *d*).

După cum se observă, şabloanele sînt astfel construite încît să se poată depăna un număr q de bobine, eliminîndu-se astfel lipiturile dintre bobinele aceleiaşi grupe.

Dacă lăţimea şablonului este egală cu pasul mediu al bobinei, atunci τ_m (1 — stator ; 2 — rotor) este :

$$R = \frac{\tau_{m1\cdot 2}}{2}\ [\text{m}]. \tag{9.4}$$

Procesul tehnologic de fabricaţie constă în simpla depănare a bobinelor pe şabloanele respective. Pentru scoaterea lor de pe şabloane se desfac mai întîi buloanele *1*, apoi, fie se scot o dată cu plăcile *p* (la şabloanele fixe), fie prin apropierea capetelor *2* (la şabloanele reglabile).

9.4.3.2. **Bobine din conductor profilat.** Aceste bobine se utilizează la maşini electrice de puteri mari (peste 100 kW) şi de tensiune joasă sau înaltă ($U_N > 1$ kV), cu crestături deschise. Se realizează din conductor profilat, izolat cu email tereftelic (PET) sau cu email şi două straturi de fire din sticlă (PE2S). Depănarea conductoarelor se face pe lat, bobinele avînd mai multe spire aşezate pe un rînd (fig. 9.27, *a*, *d*) sau pe două rînduri (fig. 9.27, *c*), cu modul de dispunere a conductoarelor indicat în figura 9.27, *a*. La bobinele cu două rînduri se preferă varianta a V-a, la care tensiunea maximă dintre conductoarele alăturate nu depăşeşte jumătate din tensiunea bobinei şi nu prezintă dificultăţi tehnologice deosebite.

Depănarea bobinei se face pe şabloane de forma celor prezentate în figura 9.26, *c*, *d*, cîte o singură bobină, nu q bobine, ca la cele moi. Întinderea conductorului în timpul depănării se obţine prin trecerea lui prin filiere speciale, care să nu-i deterioreze izolaţia.

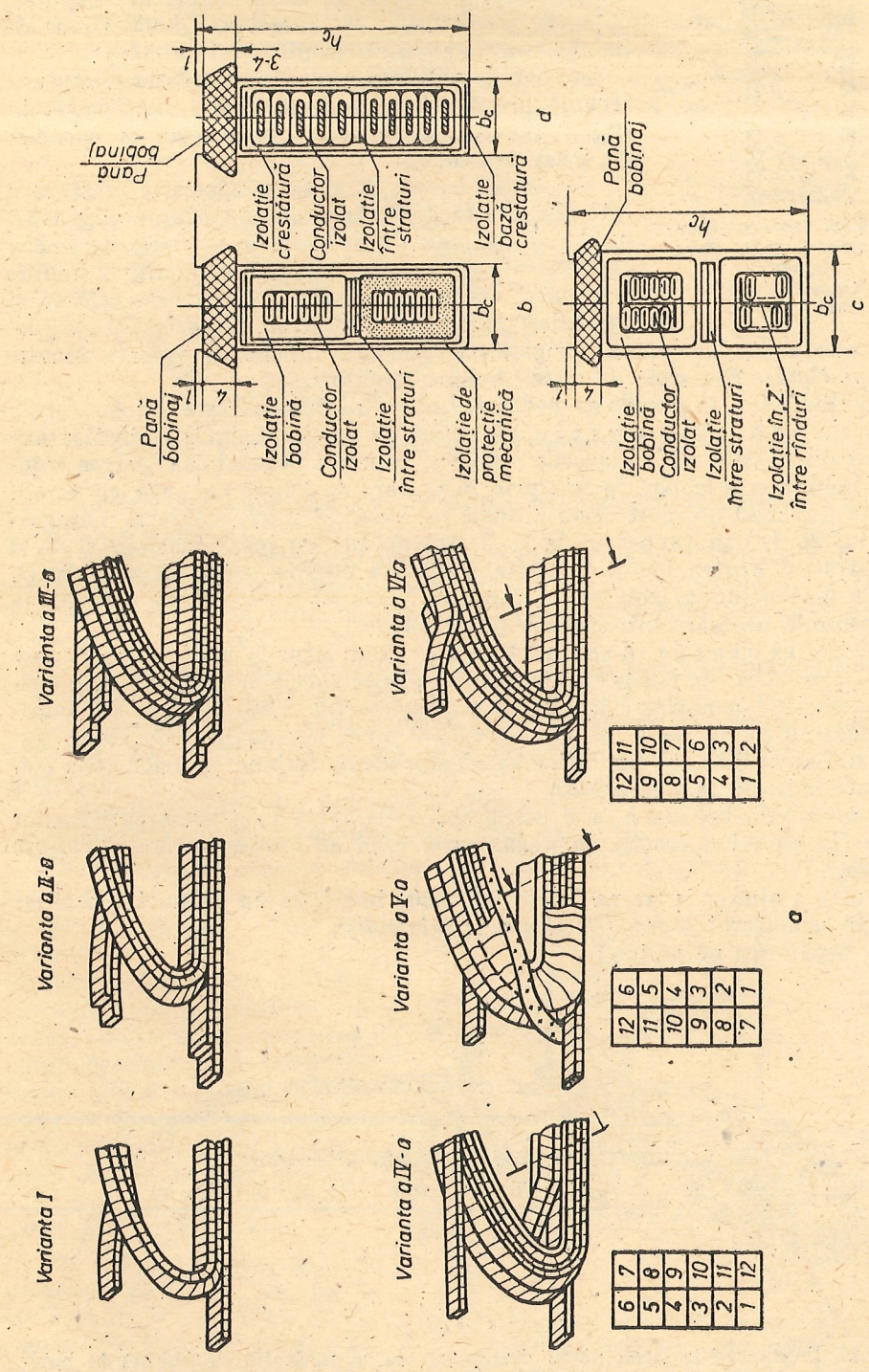


Fig. 9.27. Variante de dispunere a conductoarelor profilate în bobină şi în crestătură

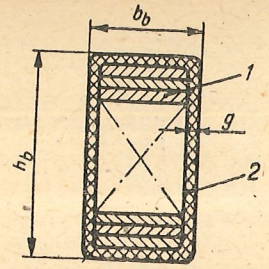


Fig. 9.28. Izolarea laturilor active prin micanizare :
1 — conductor izolat ; 2 — teacă izolantă.

În funcție de modul în care se poate realiza izolația dintre bobină și masa miezului magnetic (izolația crestăturii), se deosebesc două tipuri de bobine din conductor profilat, și anume :

— *bobine neizolate*, în care caz izolația crestăturii trebuie prevăzută separat din folie electroizolantă (fig. 9.27, *d*) ; se folosesc, în special, la mașinile de joasă tensiune ;

— *bobine izolate*, în care caz izolația crestăturii este constituită de însăși izolația bobinei (fig. 9.27, *b*, *c*) ; se folosesc, în special, la mașinile de înaltă tensiune din care cauză mai sînt denumite și bobine tip înaltă tensiune, la care trebuie bine izolate și capetele frontale ale bobinelor. Deoarece, după izolare, aceste bobine capătă o rigiditate mecanică suficientă, se mai numesc și *secții rigide*. Ele sînt, de altfel, bobine prefabricate.

La rîndul lor, *în funcție de modul de izolare*, bobinele izolate pot fi :

— cu izolație continuă, cînd, pe toată lungimea ei desfășurată (partea din crestătură — laturile active și capetele bobinei sau partea frontală), bobina este izolată la fel : prin înfășurare cu bandă izolantă corespunzătoare (în mod obișnuit diverse benzi pe bază de mică, conform paragrafului 9.3.2), 1/2 suprapusă de la 1—3 straturi pentru joasă tensiune și de la 5—7 straturi pentru înaltă tensiune. Pentru a elimina umflăturile izolației, laturile active (după izolare) sînt supuse operației de calibrare (presare la dimensiunile necesare introducerii în crestătură) ;

— cu izolație discontinuă cînd laturile active sînt izolate cu teacă izolantă (de micafoliu sau benzi izolante speciale) obținută prin operația denumită *micanizare* și a cărei grosime g (fig. 9.28) depinde de tensiunea mașinii (la $U_N = 6\,000$ V, $g = 1{,}6$—2 mm), iar părțile frontale se izolează cu banda izolantă similar cu cazul precedent. Îmbinarea celor două izolații este indicată în figura 9.29.

Dimensiunile bobinei h_b și b_b se obțin foarte precis prin presarea laturilor active (în cursul operației de micanizare) cînd se folosesc prese și calibre speciale.

Pentru a ajunge la forma finită (fig. 9.30), bobinele din conductor profilat necesită următorul *proces tehnologic de fabricație* :

— depănarea pe șablon ;

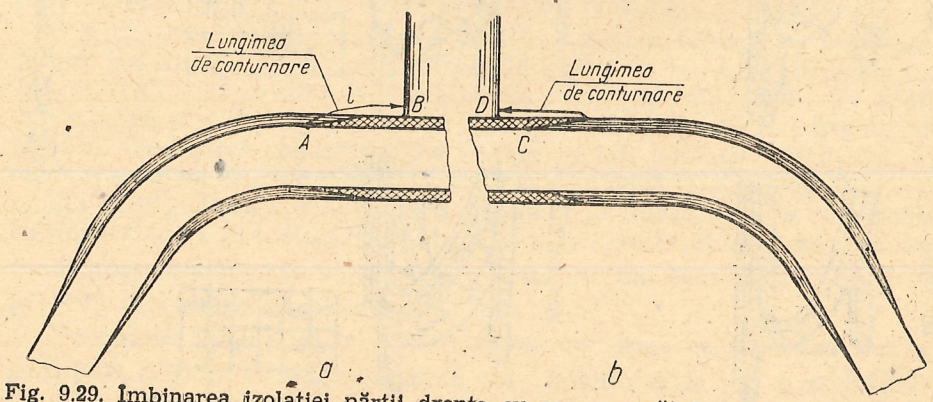


Fig. 9.29. Îmbinarea izolației părții drepte cu cea a capătului de bobină la bobinele cu izolație discontinuă (teacă izolantă) :
a — prin con direct ; *b* — prin con invers.

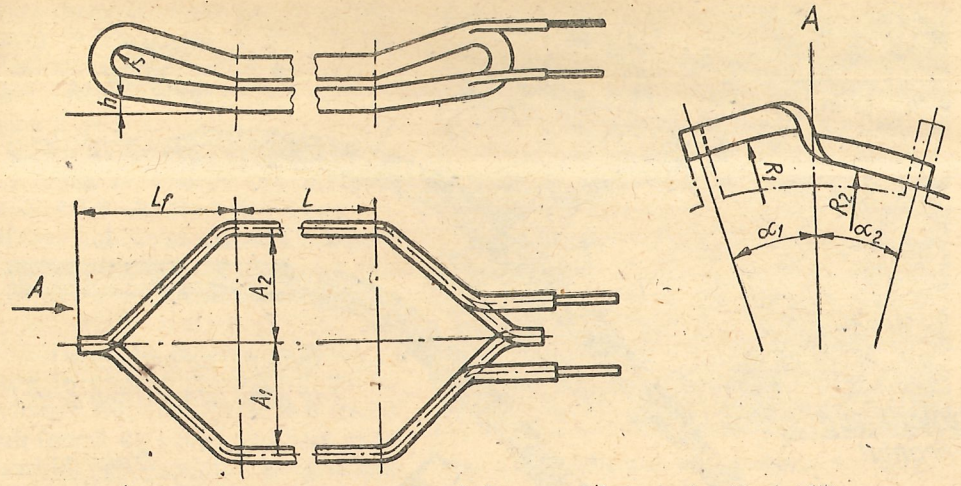


Fig. 9.30. Forma finită a unei bobine prefabricate (secție rigidă).

— dezizolarea conductorului, la ieșirile bobinei, prin curățire cu o perie de sîrmă din oțel ;

— izolarea de protecție și consolidare care se face cu bandă rezistentă mecanic (bandă de contracție), înfășurată rar pe laturile active și cap la cap în părțile frontale. Are drept scop protejarea și consolidarea spirelor pentru operațiile următoare ;

— formarea bobinei sau tragerea la pas, care se face cu o mașină specială cu acționare pneumatică de tipul celei din figura 9.31.

Cu acestea, practic este încheiat procesul tehnologic pentru bobinele neizolate. La *bobinele izolate* mai sînt necesare în continuare următoarele operații :

— rigidizarea spirelor (pe partea activă) ;

— izolarea coturilor bobinei (fig. 9.32, *a*).

La bobinele de izolație continuă, în cadrul acestei operații se efectuează izolarea completă a bobinei ;

— micanizarea laturilor active (fig. 9.33) cu hîrtie de mică măcinată ce se înfășoară la cald (cca 200°C), un număr de straturi corespunzător grosimii g a tecii. Se scoate latura bobinei și se răcește în timp ce este strînsă la dimensiunile necesare de o presă cu pereți răciți, prin circulație de apă, obținîndu-se astfel teaca izolantă.

În ultimul timp, în loc de micafoliu, pentru obținerea tecii izolante se folosește o bandă specială înfășurată în mai multe straturi 1/2 suprapuse în funcție de grosimea

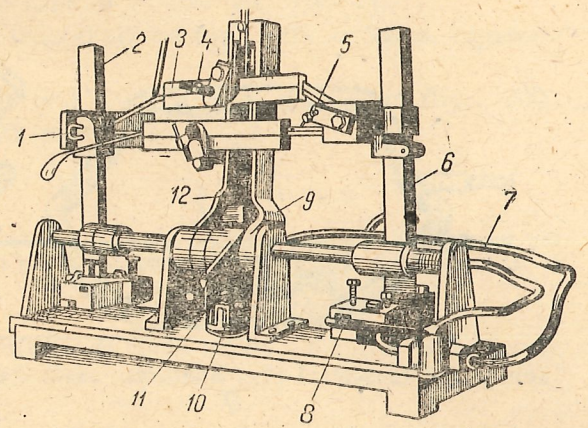


Fig. 9.31. Dispozitiv (mașină) de format și întins bobine cu acționare pneumatică :
1 — camă frontală ; *2* și *6* — coloane ; *3* — placă ; *4* și *5* — șuruburi ; *7* — țevi pentru aer ; *8* — manivelă aer ; *9* și *12* — pîrghii ; *10* și *11* — roți dințate.

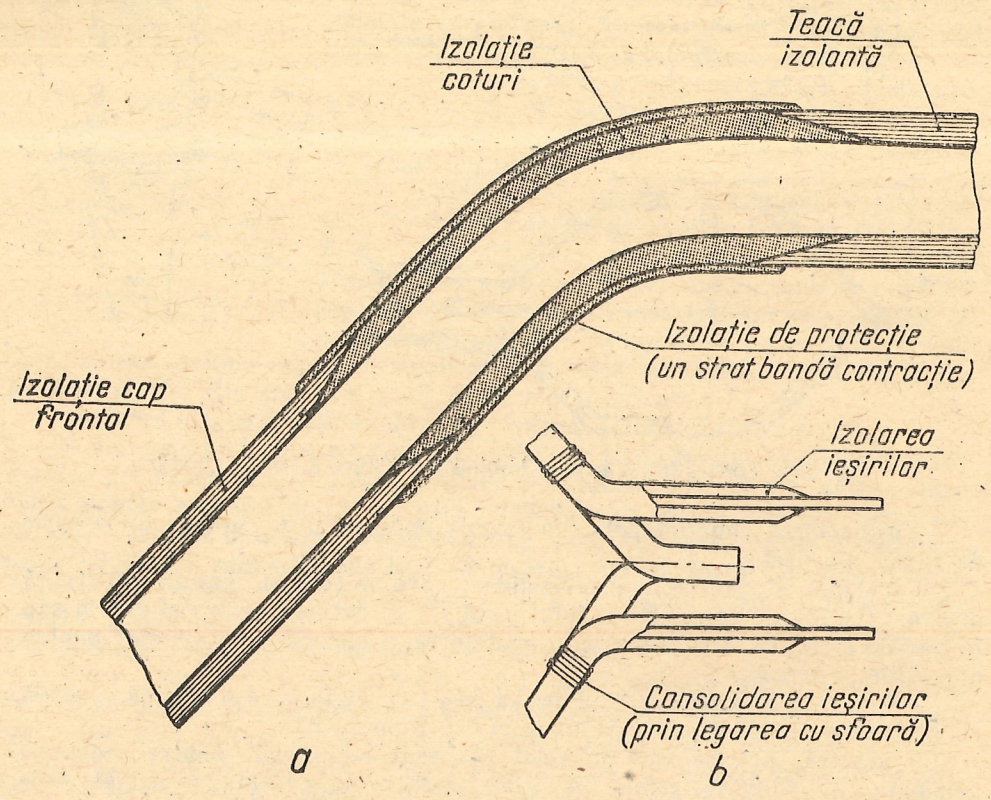


Fig. 9.32. Izolarea coturilor în cazul conului invers și a ieșirilor bobinelor tip înaltă tensiune :
a — cotul și capul bobinei ; *b* — ieșirile și consolidarea lor.

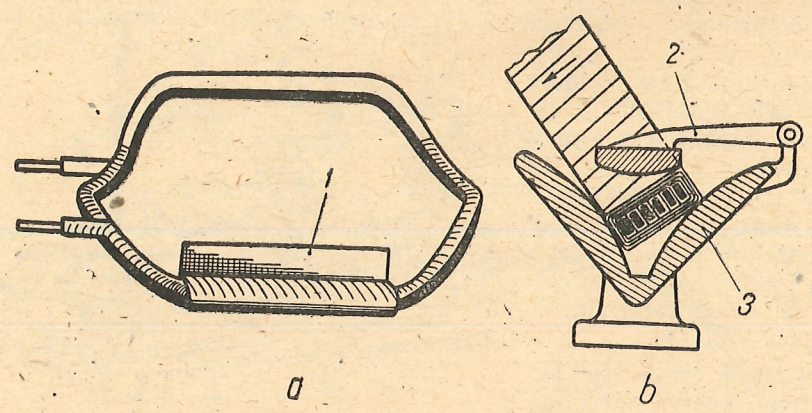


Fig. 9.33. Realizarea tecii izolante prin micanizare :
a — înfășurarea laturii active, cu folie electroizolantă ; *b* — stringerea izolației după înfășurare, prin rotire și călcare la cald.

tecii, urmată și ea (după înfășurare) de răcire în stare presată. Realizarea unei astfel de micanizări este reprezentată în figura 9.34 ;

— izolarea părții frontale și a ieșirilor bobinei (v. fig. 9.32, *b*).

9.4.3.3. **Bobine din bare.** Aceste bobine se execută din bare dreptunghiulare, de obicei din cupru de secțiune mare ($S_{Cu} < < 20$ mm²), izolate (PE2S) sau neizolate, caz în care izolarea se face în cadrul procesului de fabricație. Conductoarele se livrează sub formă de colaci sau uneori pe tambur, cu lungimi și greutăți diferite.

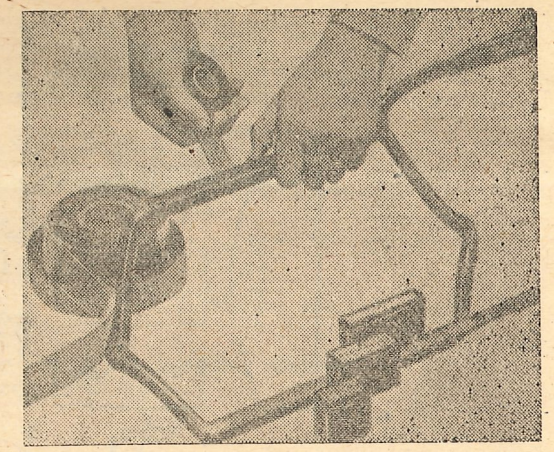


Fig. 9.34. Realizarea tecii izolante din bandă.

După forma constructivă, dictată, de regulă, de forma crestăturii miezului magnetic (în care se introduce la bobinare), se deosebesc următoarele tipuri de bobine din bare :

— *Bobine din bare continue*, cînd ambele laturi ale spirei sînt dintr-o bucată continuă, fără mufe de înseriere (fig. 9.35).

Dacă se folosește conductor izolat, în timpul formării se protejează izolația prin aplicarea unei izolații din bandă cap la cap în porțiunile supuse eforturilor, sau după formare se reface izolația în zonele în care a fost deteriorată.

Procesul tehnologic de fabricație a bobinelor din bare continue este următorul :

— debitarea barei la lungimea desfășurată a bobinei (fig. 9.36, *a*) ;

— deizolarea capetelor (cînd bara este izolată) și cositorirea lor (dacă legăturile între bobine se fac prin lipituri moi — cositorire) ;

— îndoirea în U (la circa 1/2 din lungime — fig. 9.36, *b*) ;

— îndoirea în V și formarea capului frontal (fig. 9.36, *c*) ;

— formarea celuilalt capăt frontal al bobinei, prin îndoirea capetelor barei (fig. 9.36, *d*) ;

— curbarea capetelor cu ajutorul dispozitivului de curbat (fig. 9.37) ;

— izolarea bobinei (dacă este prevăzută).

OBSERVAȚIE

În cazul unei producții în serie, pentru formarea și curbarea capetelor de bobine se pot folosi dispozitive cu suprafețe cilindrice (fig. 9.39) ; forma și dimensiunile bobinei rezultă, în acest caz, mult mai precise.

— *Bobine din bare separate* cînd cele două laturi ale spirei se formează separat, fiecare constituind o bară, spira rezultînd prin înserierea lor, la unul din capete.

În funcție de modul de bobinare, barele pot fi formate (fasonate) la ambele capete (fig. 9.39, *a*, *b*), sau fasonate numai la un capăt (fig. 9.40). Fasonarea celuilalt urmează să se efectueze în timpul bobinării (după introducerea în crestătură).

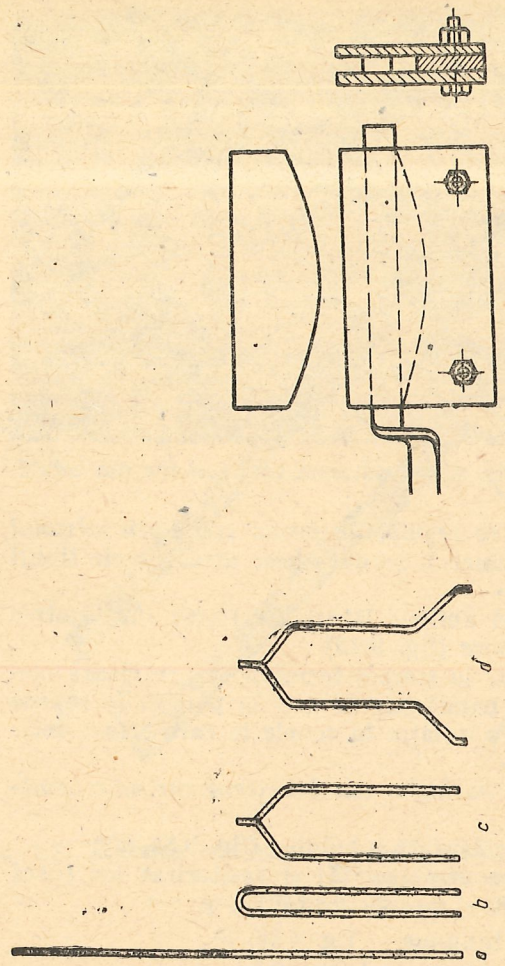


Fig. 9.36. Fazele de formare a unei bobine din bară continuă.

Fig. 9.37. Dispozitiv de curbat capetele bobinelor din bare.

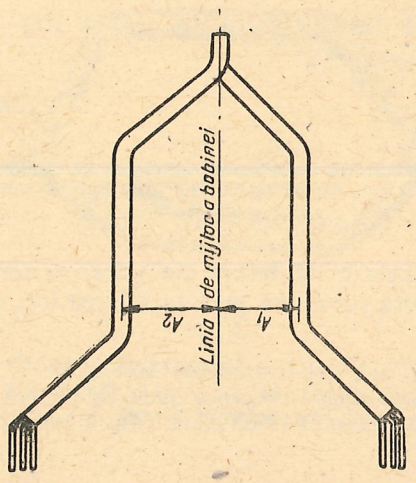


Fig. 9.35. Bobină din bară continuă pentru o mașină de curent continuu.

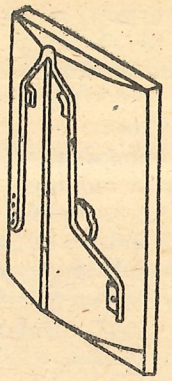


Fig. 9.40. Bare fasonate la un singur capăt.

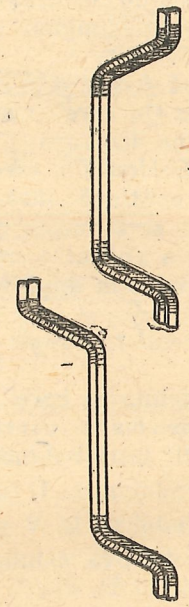


Fig. 9.39. Bare fasonate la ambele capete.

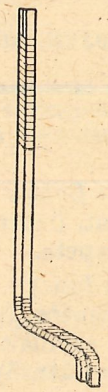


Fig. 9.38. Dispozitiv cilindric pentru formarea bobinelor din bare.

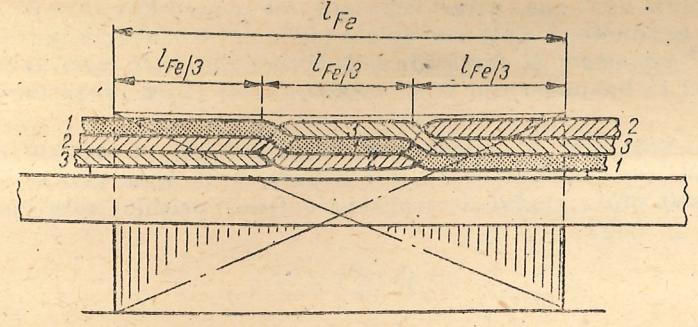
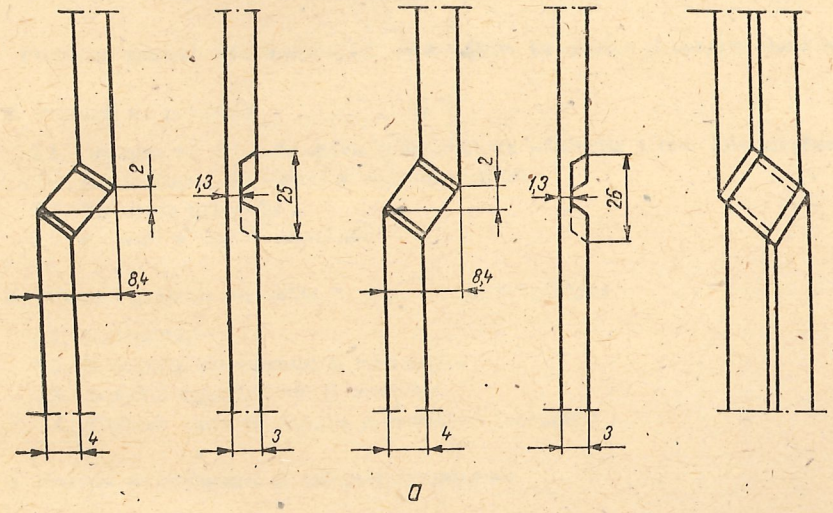


Fig. 9.41. Transpunerea pe lungimea miezului magnetic a trei conductoare în paralel.



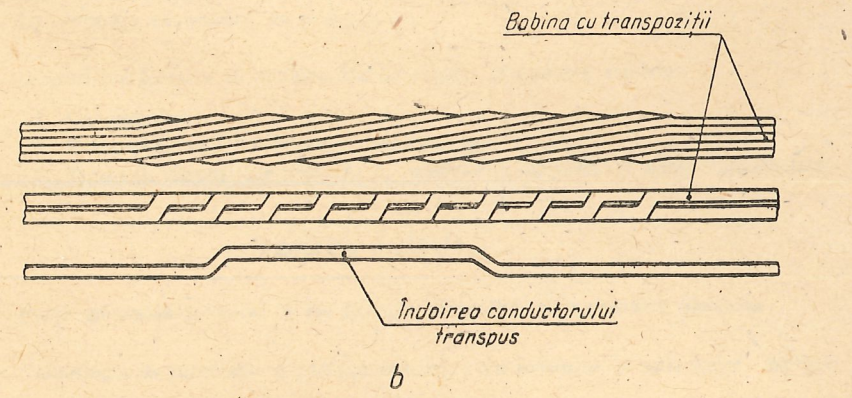


Fig. 9.42. Realizarea transpozițiilor :
a — cu deformarea profilului conductorului ; *b* — fără deformarea profilului conductorului.

Ca și barele continue, barele separate pot fi neizolate față de masă (cînd se folosește conductor izolat) sau izolate (cu izolație continuă sau discontinuă).

Procesul tehnologic de fabricație a bobinelor din bare separate este asemănător cu cel al bobinelor din bare continue, mai puțin operațiile de îndoire la U și V.

În cazul mașinilor de puteri mari conductoarele au secțiuni mari, realizate din mai multe conductoare (fire) în paralel. În acest caz, se folosesc bobine cu *transpoziții*; modul de realizare a transpozițiilor este indicat în figurile 9.41 și 9.42.

CUPRINS

Cap. 1. Introducere 3

PARTEA ÎNTÎI

Probleme generale ale tehnologiei construcțiilor de mașini și aparate electrice 5

Cap. 2. Procesul de producție 5

2.1. Orgazinarea și desfășurarea procesului de producție într-o întreprindere constructoare de mașini și aparate electrice 5
2.2. Tipuri de producție 7
2.3. Procesul și fluxul tehnologic 8

Cap. 3. Principii generale de elaborare a proceselor tehnologice 12

3.1. Generalități 12
3.2. Întocmirea documentației tehnologice 13
3.3. Aspectul organizatoric și economic 15
3.4. Alegerea variantei optime a procesului tehnologic 15

Cap. 4. Precizia de prelucrare și calitatea suprafețelor 17

4.1. Generalități 17
4,2. Calitatea suprafețelor prelucrate mecanic 21
3.4. Precizia economică de prelucrare 22

Cap. 5. Dispozitive folosite în construcția de mașini și aparate electrice 23

5.1. Generalități 23
5.2. Elementele componente ale dispozitivelor 26
5.3. Tipuri de dispozitive utilizate în construcția mașinilor și aparatelor electrice 27

PARTEA A DOUA

Părți mecanice folosite în construcția mașinilor și aparatelor electrice . . 30

Cap. 6. Tehnologia de fabricație a părților mecanice ale mașinilor și aparatelor electrice 30

6.1. Tehnologia de fabricație a arborilor 30
6.2. Tehnologia de fabricație a carcaselor 35
6.3. Tehnologia de fabricație a scuturilor 38

6.4. Tehnologia de fabricație a lagărelor 40
6.5. Tehnologia de fabricație a cuvelor și schelelor transformatoarelor . . . 43
6.6. Măsuri de tehnică a securității muncii la prelucrarea părților mecanice ale mașinilor și aparatelor electrice 47

Cap. 7. Prelucrarea metalelor prin tăiere și prin deformare la rece 48

7.1. Generalități 48
7.2. Operații de ștanțare și de deformare. Ștanțe și matrițe 48
7.3. Măsuri de tehnică a securității muncii la prelucrarea metalelor prin tăiere și prin deformare la rece 55

PARTEA A TREIA

Tehnologia de fabricație a părților active ale mașinilor și aparatelor electrice . 57

Cap. 8. Tehnologia de fabricație a miezurilor magnetice 57

8.1. Generalități 57
8.2. Miezurile magnetice pentru mașinile electrice rotative 63
8.3. Miezurile magnetice pentru transformatoare 78
8.4. Miezurile magnetice pentru aparate electrice 83
8.5. Măsuri de tehnică a securității muncii la fabricarea miezurilor magnetice 85

Cap. 9. Tehnologia de fabricație a înfășurărilor mașinilor și aparatelor electrice . . . 87

9.1. Generalități 87
9.2. Conductoare pentru înfășurări 87
9.3. Izolația înfășurărilor 89
9.4. Tehnologia de fabricație a bobinelor mașinilor și aparatelor electrice . . 92

Coli de tipar 7,5. B.T. 23.III.1989
Format 16/70×100. Apărut 1989

I. P. „Oltenia" Craiova
Str. M. Viteazul nr. 4
Republica Socialistă România
Plan 19595/10/1989