

PRELUCRAREA METALELOR ȘI ALIAJELOR PRIN DEFORMARE PLASTICĂ

1.NOȚIUNI GENERALE

La baza prelucrării prin deformare plastică a metalelor și aliajelor stă proprietatea de plasticitate, care definește capacitatea acestora de a căpăta deformații permanente sub acțiunea unor forțe exterioare.

La prelucrarea prin deformare plastică, modificarea formei unui semifabricat se face prin redistribuirea volumelor sale elementare sub acțiunea forțelor exterioare, prin urmare, exceptând unele pierderi inevitabile, datorită imperfecțiunii utilajelor, prelucrarea are loc fără îndepărtare de material.

Prelucrarea prin deformare plastică prezintă o serie de avantaje : obținerea unor proprietăți mecanice mai bune, datorită unei structuri mai omogene și mai bune; consum minim de material ; asigură o productivitate foarte ridicată ; conduce la obținerea unei game foarte largi de piese, cu configurații simple până la cele mai complexe , cu un număr minim de operații ; asigură obținerea unei precizii ridicate (mai ales la rece) cu o manoperă redusă etc. Datorită avantajelor sale, prelucrarea prin deformare plastică deține, ponderea cea mai mare în industria constructoare de mașini (peste 60% din piesele componente ale mașinilor, utilajelor și instalațiilor).

Procedeul prezintă și o serie de dezavantaje legate de : investițiile mari determinate de necesitatea unor forțe mari de deformare, complexitatea utilajelor, costul ridicat al sculelor etc.

2.LEGILE PRELUCRĂRII PRIN DEFORMARE PLASTICĂ

Comportarea metalelor și aliajelor în timpul deformării plastice respectă anumite legi stabilite pe cale teoretică și experimentală. Cunoașterea lor este absolut necesară pentru stabilirea unor măsuri practice care să conducă la realizarea piesei dorite în condițiile unui preț de cost scăzut și a unei productivități mari.

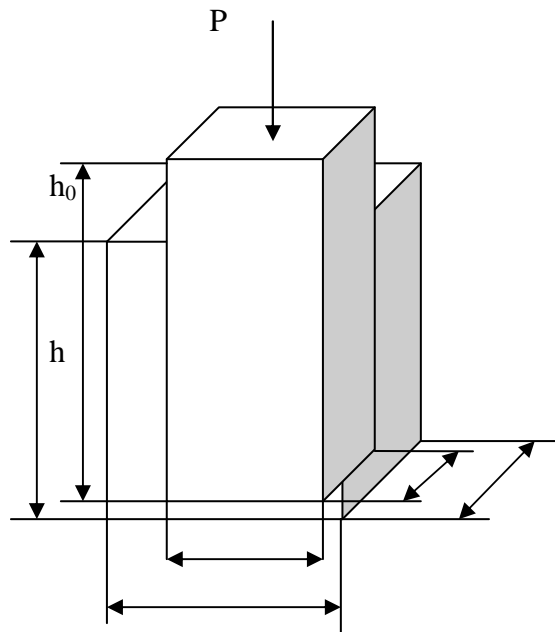
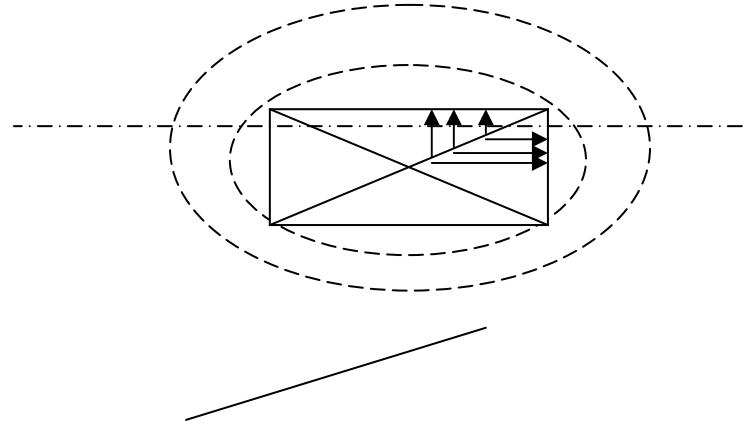


Fig. 1 Schema explicativă a legii volumului constant



Corp deformat

Fig. 2 Schema explicativă a legii rezistenței minime

Legea volumului constant. Făcând abstracție de unci pierderi de material prin ardere și prin îndesarea materialului cu goluri interioare, se poate considera că volumul se păstrează constant în timpul deformării. Semifabricatul inițial I, de volum $V_0 = a_0 b_0 h_0$, sub acțiunea forței P , capătă forma II (fig. 1) de volum $V = a b h$, respectându-se egalitatea $a_0 b_0 h_0 = abh = \text{constant}$.

Legea coexistenței deformațiilor elastice și a celor plastice în timpul deformării. Deformarea plastică, de mărime ϵ_p , este însoțită întotdeauna de o deformare elastică, de mărime ϵ_e astfel încât deformația totală ϵ_t este $\epsilon_t = \epsilon_e + \epsilon_p$

După înlăturarea cauzei care a provocat deformarea, deformația-elastică dispare. Legea prezintă importanță practică mai ales în cazul prelucrării prin deformare la rece, unde ponderea deformațiilor elastice este mare, permițând proiectarea și executarea sculelor în așa fel încât piesa să rezulte cu configurația geometrică prescrisă.

Legea minimei rezistențe constă în aceea că deplasarea punctelor corpului deformat situate pe suprafața perpendiculară pe direcția forțelor exterioare, are loc după distanța cea mai mică la perimetrul secțiunii, între diferitele posibilități de deplasare ale punctelor M_t (fig.2), se alege aceea pe care rezistența întâmpinată este minimă. Legea prezintă o importanță practică deosebită, deoarece permite să se prevadă ce formă va căpăta un semifabricat supus unei anumite solicitări.

Legea apariției și echilibrării tensiunilor interne, în timpul deformării, datorită acțiunii sculelor, încălzirii neuniforme a materialului, neomogenității proprietăților fizico-chimice și mecanice, frânării mișcării dislocațiilor etc., apar tensiuni interne care se opun deformării și care tind să se echilibreze reciproc. Aceste tensiuni, rămase în piesă, se adaugă tensiunilor din timpul funcționării acestora, putând depăși rezistența la rupere și scoaterea lor din funcțiune. De aceea, pentru evitarea apariției acestor tensiuni se iau măsuri în vederea diminuării cauzelor care le-au produs (reducerea frecării, alegerea corectă a formei semifabricatului, încălzire uniformă etc.).

Legea similitudinii. Pentru aceleași condiții de deformare, la două corpuri geometrice asemenea, cu aceleași faze structurale, aceeași compoziție chimică și aceleași caracteristici mecanice, presiunile specifice de deformare p și p_1 sunt egale între ele, raportul forțelor de deformare F/F_1 este egal cu pătratul raportului mărimilor liniare l și l_1 , iar raportul lucrului mecanic necesar schimbării formei L/L_1 este egal cu cubul raportului mărimilor liniare ale corpului deformat :

$$p=p_1; F/F_1=(l/l_1)^2; L/L_1=(l/l_1)^3.$$

3. INFLUENȚA PRELUCRĂRII PRIN DEFORMARE PLASTICĂ ASUPRA PROPRIETĂȚILOR ȘI STRUCTURII METALULUI SUPUS DEFORMĂRII

Prelucrarea prin deformare modifică nu numai forma semifabricatului inițial, ci afectează în mod substanțial proprietățile și structura lui. Principalele fenomene care însoțesc prelucrarea prin deformare plastică sunt : ecruisarea, recristalizarea, apariția structurii fibroase, modificarea proprietăților mecanice etc.

A. Ecruisarea constă în creșterea rezistenței la rupere r_m și a durtății HB, concomitent cu scăderea rezilienței KCU, a alungirii relative A_r și a gîturii (proprietăți ce determină plasticitatea). Influența deformării la rece asupra proprietăților mecanice enumerate mai sus, la un oțel cu conținut mic de carbon, se vede în figura 3. De asemenea, apar modificări în structură, în sensul că grăunții se lungesc și respectiv se turtesc pe anumite direcții (fig. 4, b), iar unele proprietăți fizice (conductibilitatea electrică și termică proprietățile magnetice) și chimice (rezistența la coroziune) se schimbă. O importanță deosebită o are influența ecruisării asupra plasticității metalului, pentru că la un anumit grad de deformare, plasticitatea scade în mod substanțial, încît prelucrarea în continuare prin deformare plastică nu mai este posibilă, din cauza pericolului apariției crăpăturilor. Restabilirea plasticității metalului se poate face prin tratamentul termic de recoacere de recristalizare.

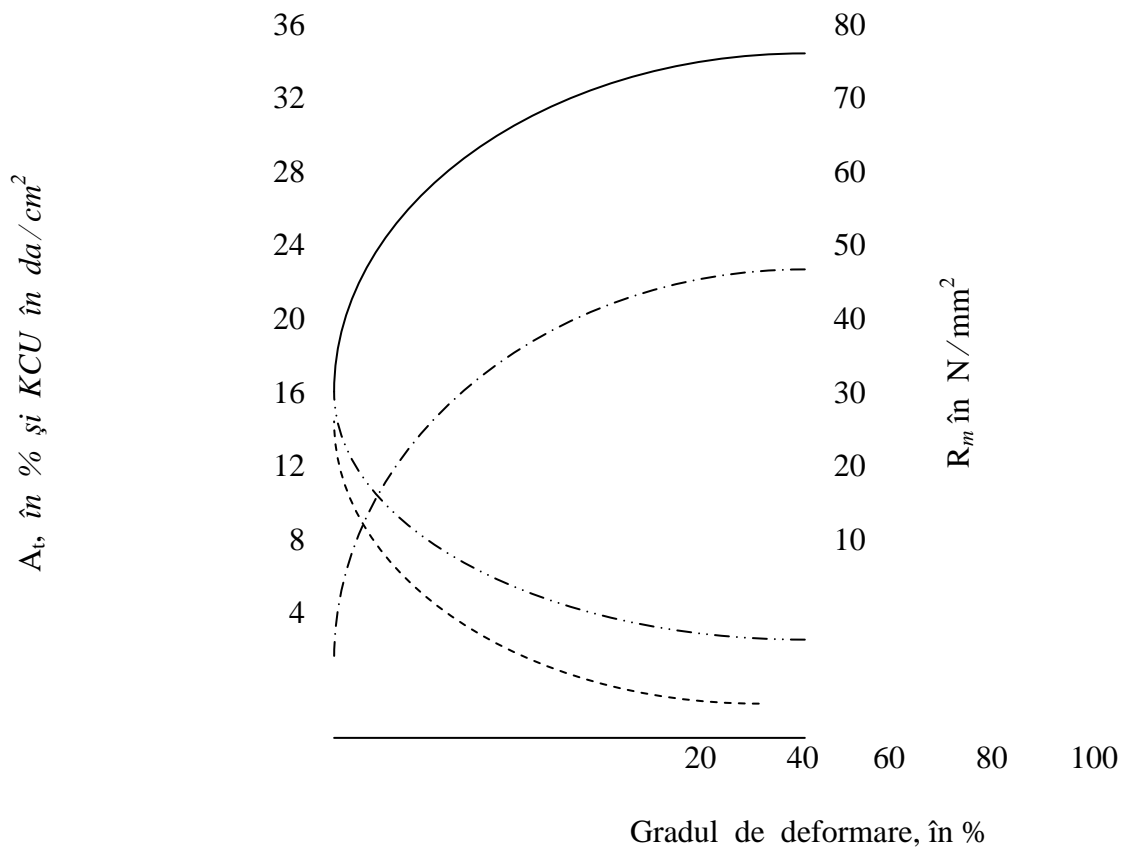


Fig. 3 - Influența deformării la rece asupra proprietăților materialului prelucrat prin deformare.

Unde am folosit notațiile: KCU -----
 HB -----
 R_m _____
 A_t -----



a

b

Fig. 4 - modificarea structurii interne a materialului supus deformării

Din punct de vedere practic, cunoașterea fenomenului de ecruisare ajută la dirijarea procesului de deformare și permite lărgirea gamei de utilizări a metalelor. Astfel, fără apariția ecruisării nu ar fi posibile unele operații ca ambutisarea și tragerea. În același timp, ecruisarea poate fi folosită pentru mărirea anumitor proprietăți mecanice ale unor metale și aliaje, cum sunt: aluminiul și aliajele sale, cuprul, unele alame și bronzuri, unele oțeluri inoxidabile (tabelul 1).

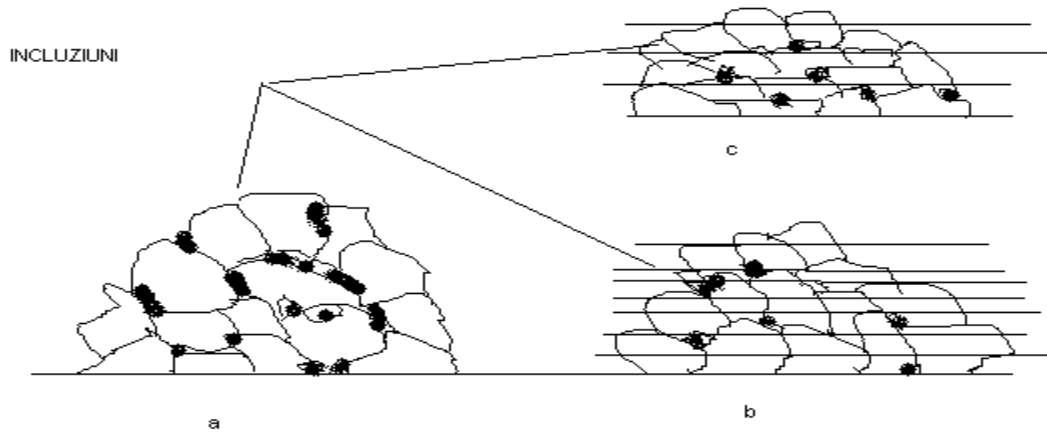


Fig. 5-Apariția structurii fibroase

TABELUL 1. Influența ecruisării asupra proprietăților mecanice ale unor metale și aliaje

Materialul	Starea	Rezistența la rupere, r_m [daN/mm ²]	Alungirea A_t [%]	Duritatea [HB]
Cupru	Recopt	20	45	38
	Ecruisat	44	6	105
Aluminiu	Recopt	8	42	20
	Ecruisat	18	5	47
Alamă	Recopt ă	27	50	80
	Ecruisată	38	15	140

Oțel moale	Recopt	42	31	130
	Ecruisat	84	6	250
Oțel inoxidabil cu 18% Cr ; 8% Ni	Recopt	61	8	200
	Ecruisat	182	5	650

B. Recristalizarea. La prelucrarea prin deformare plastică la cald, odată cu procesul de deformare are loc și procesul de recristalizare, care începe de la o anumită temperatură. În cazul metalelor pure, după Bocivar, recristalizarea are loc la o temperatură

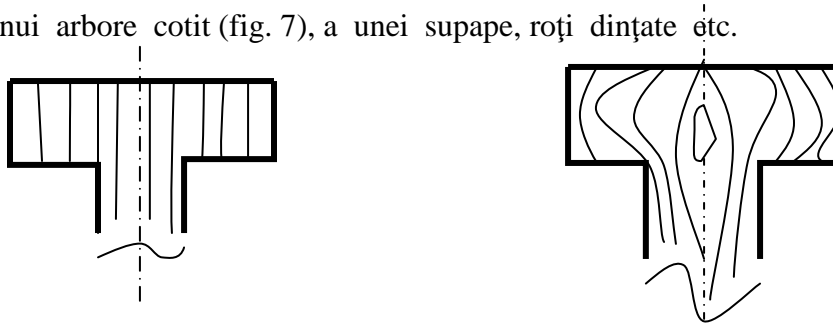
$$T_{recristalizare} \approx 0,4T_{topire} [^{\circ}\text{K}].$$

În metalul deformat apar centuri de recristalizare, în jurul cărora cresc *grăunți noi*, în locul celor deformați, iar metalul capătă o structură cu grăuți echiaxiali. Deoarece recristalizarea decurge în timp, structura finală a metalului va fi influențată nu numai de temperatură, ci și de viteza de deformare.

C. Apariția structurii fibroase, în urma prelucrării prin deformarea plastică la cald se constată că materialul capătă o macrostructură fibroasă, orientarea fibrelor fiind în direcția de curgere, în timpul deformării plastice grăunții cristalini inițiali (fig. 5, a) se deformează, lungindu-se (fig. 5, b) în direcția de curgere. Incluziunile ne metalice existente în structură vor suferi deformări și deplasări asemănătoare. Recristalizarea conduce la apariția unor noi grăunți cristalini, fără să afecteze redistribuirea incluziunilor ne metalice, care rămân deformate și orientate, împărțind metalul în fibre (fig. 5, c).

D. Modificarea proprietăților mecanice. Prelucrarea prin deformare are o influență mare și stabilă asupra următoarelor caracteristici : reziliența, gătuirea, rezistența la oboseală și lungirea relativă. Din cauza existenței structurii fibroase, aceste proprietăți sunt mai bune în direcția longitudinală decât în direcția transversală. Practic, cunoașterea acestor modificări ale proprietăților mecanice este foarte importantă în proiectarea pieselor și a procesului tehnologic de execuție. Este bine ca direcția eforturilor de întindere și compresiune care apar în timpul funcționării piesei să coincidă cu direcția fibrelor, iar direcția eforturilor de forfecare să fie perpendiculară pe direcția

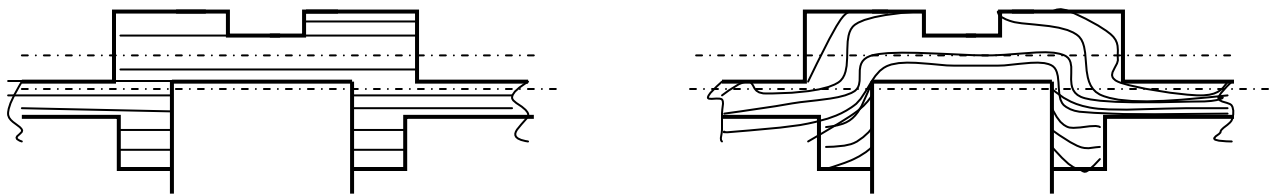
fibrelor. De exemplu, un șurub obținut prin așchiere are o macro-structură nesatisfăcătoare, eforturile de forfecare din capul șurubului fiind orientate de-a lungul fibrelor (fig. 6, a). Acest dezavantaj se înlătură dacă același șurub este obținut prin forjare cu refularea capului (fig. 6, b), permițând mărirea rezistenței de cca 10 ori, datorită orientării favorabile a fibrelor cu execuția unui arbore cotit (fig. 7), a unei supape, roți dințate etc.



a. Prin așchiere

b. Prin deformare plastică

Fig.6 Direcția fibrelor în cazul prelucrării unui șurub



a. Prin așchiere

b. Prin deformare plastică

Fig.7 Direcția fibrelor în cazul prelucrării unui arbore cotit

4. CLASIFICAREA PROCEDEELOR DE PRELUCRARE PRIN DEFORMARE PLASTICĂ

Procedeele de prelucrare prin deformare plastică se pot clasifica după mai multe criterii :

- după temperatura la care are loc deformarea : *la rece*, când deformarea este însoțită de ecruisare fără recristalizare și *la cald*, când recristalizarea se produce complet, fără urme de ecruisare;

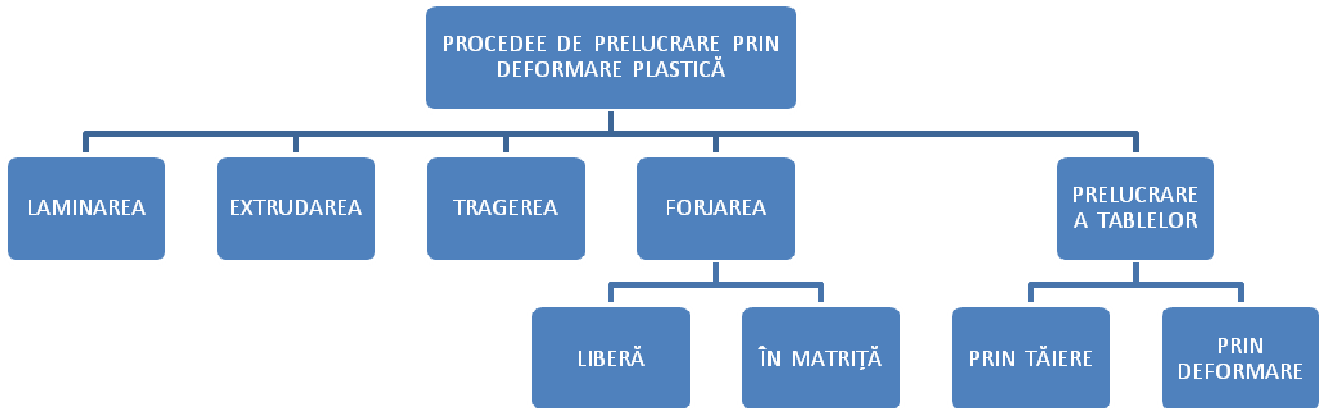


Fig. 8. Clasificarea procedeelor de prelucrare prin deformare plastica

— după viteza de deformare : ca viteze mici de deformare (pentru $v_d < 10$ m/s) și cu viteze mari de deformare (pentru $v_d > 10$ m/s);

— după natura operației de deformare : de degroșare ; de prefinisare și de finisare.

După particularitățile tehnologice se pot clasifica conform schemei din figura 8.

5. ÎNCĂLZIREA MATERIALELOR METALICE ÎN VEDEREA PRELUCRĂRII PRIN DEFORMARE PLASTICĂ

Încălzirea metalelor în vederea prelucrării prin deformare plastică are o mare importanță, deoarece calitatea produselor realizate depinde în foarte mare măsură de alegerea unui regim corect de încălzire, încălzirea are drept scop reducerea forței de deformare, prin mărirea plasticității și scăderea existenței la curgere, reducerea duratei de deformare, reducerea gabaritului și greutateii utilajului folosit, obținerea unei structuri care să asigure o deformare ușoară etc. O încălzire uniformă a semifabricatului și alegerea temperaturii optime de deformare asigură pierderi minime prin oxidare, ardere și decarburare, evită apariția fisurilor și a tensiunilor termice interne etc.

Principalii parametri ai regimului de încălzire sunt : temperatura de încălzire, viteza de încălzire și

durata încălzirii.

a) *Temperatura de încălzire.*

Se alege în funcție de natura și compoziția chimică a materialului încălzit (tabelul 2). După cum se vede în acest tabel și în figura 9, deformarea se poate realiza într-un interval de temperaturi delimitat în partea superioară de temperatura de început de deformare T_{id} , iar în partea inferioară de temperatura de sfârșit de deformare T_{sd} , care practic este ceva mai mare decât temperatura de recristalizare T_R . Ridicarea temperaturii de încălzire este limitată de fenomenul de supraîncălzire, care dă o structură grosolană și în special arderea metalului. La oțel, temperatura de început de deformare trebuie să fie cu cca 200°C mai joasă decât cea de topire (fig. 10), pentru a evita supraîncălzirea și arderea.

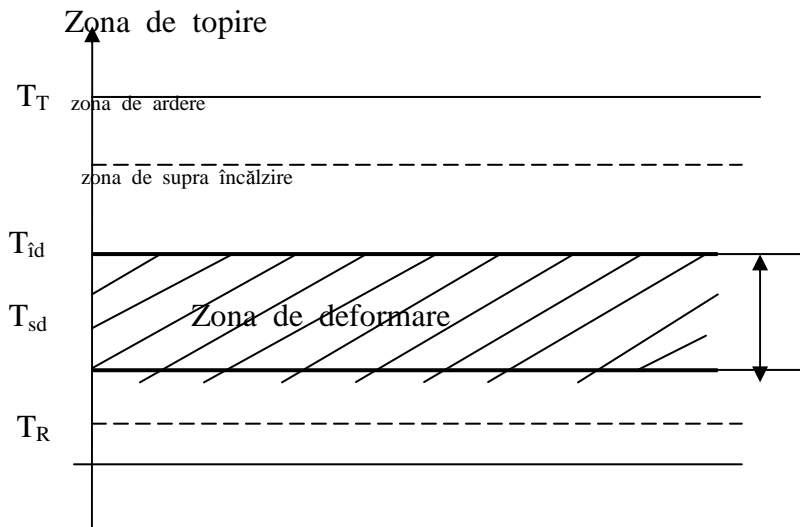


Fig.9 Alegerea zonei de încălzire în vederea prelucrării prin deformare plastică

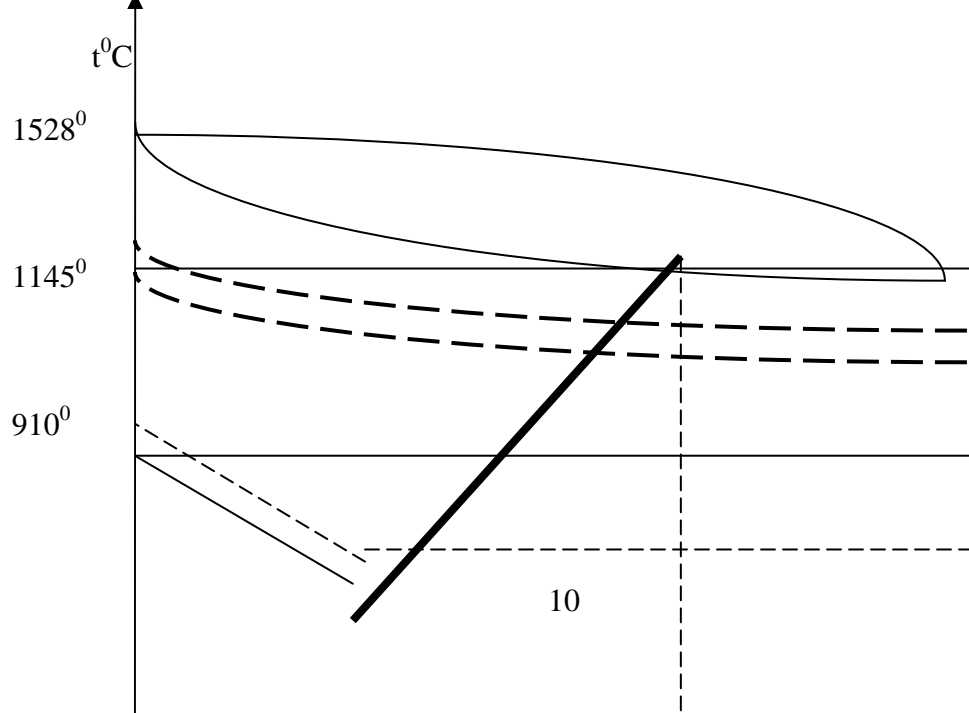




Fig.10 Alegerea zonei de încălzire în vederea deformării unui oțel

Tabelul 2. Alegerea domeniului de încălzire și de deformare în funcție de compoziția chimică.

Temperatura [°C]	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
Materialul													
Aluminiul													
Aliaje de Al													
Aliaje de Mg													
Cupru													
Alamă													
Oțel cu % C mic													
Oțel cu % C mediu													
Oțel cu % C mare													
Oțel cu Mn													
Oțel cu Ni													
Oțel cu Cr-Ni													
Oțel inoxidabil													

Nichel													
Aliaj monel													
Titan													

b) Viteza de încălzire.

Depinde de o serie de factori: tipul instalației de încălzire folosite, proprietățile fizice ale materialului, starea naturală înainte de încălzire, temperatura din spațiul de lucru al cuptorului, acțiunea chimică reciprocă între mediul de încălzire și material etc. Din punct de vedere economic este de dorit ca viteza de încălzire să fie cât mai mare, însă ea este limitată de pericolul apariției crăpăturilor ca urmare a dilatării diferite a straturilor de material situate pe direcția transmiterii căldurii.

c) Durata încălzirii.

Este un parametru care depinde direct de cei doi enumerați mai sus. În principal însă, durata încălzirii depinde de forma și dimensiunile semi-fabricatelor, de modul de așezare a acestora pe vatra cuptorului și de tipul instalației de încălzire.

Pentru toate metodele de încălzire se recomandă o preîncălzire lentă timp de 2/3 din durata încălzirii și o încălzire rapidă până la atingerea temperaturii de început de deformare, în practică, pentru determinarea rapidă a duratei încălzirii t , în cuptoarele cu vatră, se utilizează o relație empirică de forma

$$t = K_1 K_2 d \sqrt{d} \text{ [h]},$$

în care: $K_1 = 10 \dots 20$, în funcție de masa semifabricatului;

$K_2 = 1 \dots 4$, în funcție de modul de așezare pe vatra cuptorului;

d — dimensiunea principală a semifabricatului, în m.

Încălzirea se realizează în cuptoare de încălzire cu flacără (cu combustibil lichid, solid sau gazos) și în cuptoare electrice (cu rezistențe, prin inducție, cu rezistență prin contact).

6. OPERAȚII DE PRELUCRARE A METALELOR PRIN DEFORMARE PLASTICĂ

LAMINAREA este procedeul de prelucrare prin deformare plastică, la cald sau la rece, realizat prin trecerea forțată a materialului prin spațiul dintre doi cilindri care se rotesc în sensuri contrare sau în același sens.

EXTRUDAREA este procedeul de prelucrare prin deformare plastică ce constă în trecerea forțată a materialului, datorită împingerii, prin orificiul unei scule cu dimensiunile secțiunii transversale mai mici decât cele ale semi-fabricatului inițial.

TRAGEREA este procedeul de prelucrare prin deformare plastică ce constă în trecerea forțată a materialului prin deschiderea unei matrițe a cărei secțiune transversală este mai mică decât cea a semifabricatului inițial, sub acțiunea unei forțe de tracțiune.

FORJAREA este procedeul de prelucrare prin deformare plastică ce constă în modificarea formei unui semifabricat datorită creării unei stări tensionale în volumul metalului, prin lovire sau prin presare, însoțită de curgerea metalului pe diferite direcții.

PRELUCRAREA TABLELOR

PRELUCRAREA ȚEVILOR

7. NORME DE TEHNICA SECURITĂȚII MUNCII LA FORJARE ȘI TRATAMENTE

TERMICE

În încăperile unde se lucrează cu flacăra deschisă nu trebuie să existe materiale inflamabile, pardoseala să fie ignifugă și nealunecoasă, să existe materiale pentru stingerea incendiilor. De asemenea, trebuie să existe un punct de prim ajutor, unde să poată fi tratată o arsură sau aplicat un pansament etc.

Prinderea pieselor se va face având pe mâini mănuși (de piele sau azbest) și prin intermediul unor clește.

În caz că radiațiile calorice sunt prea mari se va așeza o perdea, paravan între sursa de căldură și muncitor.

La forjă sânt obligatorii bocancii cu talpă de lemn. Dacă nu se folosesc aceștia, este obligatoriu ca la instalațiile electrice (motorul ventilatorului, pompe etc.) să se utilizeze podețe electroizolante.

Hainele forjorilor vor fi confecționate din materiale naturale, cele sintetice fiind interzise.

Orice piesă caldă va fi bine prinsă, pentru a se evita căderea pe picioarele celui ce o duce sau pe ale unui coleg.

Locul de depozitare a pieselor calde va fi marcat vizibil și inscripționat.

După terminarea lucrului se vor stinge toate sursele de foc, iar dacă materialele fierbinți nu se pot răci se vor lua măsuri ca ele să nu provoace incendii..

Echipamentul de protecție la forjare — în afara bocancilor cu talpă de lemn — este compus din șorț și ochelari cu oglindă pentru foc.

În caz de arsură se administrează un calmant și dacă rana nu este acoperită se poate face un pansament cu hidrocortizon, jecolan, jecozinc sau bioxiteracor.

Dacă arsura este de gradul II sau III (vezicule sau plagă deschisă), rănitul se va duce la un medic.

Același lucru se va face și în cazul în care rana este acoperită sau ceva s-a lipit de ea. Fiecare ins trebuie să aibă grijă deosebită de sănătatea lui.

CUPRINS

PRELUCRAREA METALELOR PRIN DEFORMARE
PLASTICĂ

1.NOȚIUNI GENERALE.....	1
2.LEGILE PRELUCRĂRII PRIN DEFORMARE PLASTICĂ.....	2
3. INFLUENȚA PRELUCRĂRII PRIN DEFORMARE PLASTICĂ ASUPRA PROPRIETĂȚILOR ȘI STRUCTURII METALULUI SUPUS DEFORMĂRII.....	5
4. CLASIFICAREA PROCEDEELOR DE PRELUCRARE PRIN DEFORMARE PLASTICĂ.....	11
5. ÎNCĂLZIREA MATERIALELOR METALICE ÎN VEDEREA PRELUCRĂRII PRIN DEFORMARE PLASTICĂ.....	12
6. OPERAȚII DE PRELUCRARE A METALELOR PRIN DEFORMARE PLASTICĂ.....	16

7.NORME DE TEHNICA SECURITĂȚII MUNCII LA FORJARE ȘI TRATAMENTE TERMICE.....17

BIBLIOGRAFIE

- Calea Gheorghe, Tehnologie mecanică,
Editura didactică și pedagogică , București -1992;
- Mihai Voicu, Mașini și utilaje industriale,
Editura didactică și pedagogică, București- 1982;
- N. Atanasiu, Utilajul și tehnologia lucrărilor mecanice,
Editura didactică și pedagogică, București-1992;
- Ion Gheorghe, Utilajul și tehnologia meseriei- Tehnologia asamblării și montajului,
Editura didactică și pedagogică, București-1992;
- N. Brădeanu, Mașini și utilaje din industria minieră,
Editura didactică și pedagogică, București-1980;
- Ștefan Silviu Mitrea, Protecția muncii,
Editura didactică și pedagogică, R.A. -București , 1994