

PRELUCRAEA METALELOR PRIN LAMINARE

Definirea laminarii: procedeul de prelucrare prin deformare plastica continua a materialelor metalice la cald si mai rar la rece;

Particularitati (caracteristici):

- fortele de deformare se aplica prin intermediul unor scule de forma cilindrica, numite cilindri de laminare sau valturi;
- deformarea si avansul materialului au loc datorita rotirii in sens opus a valturilor;
- schema de principiu a laminarii – **Fig. 1:**

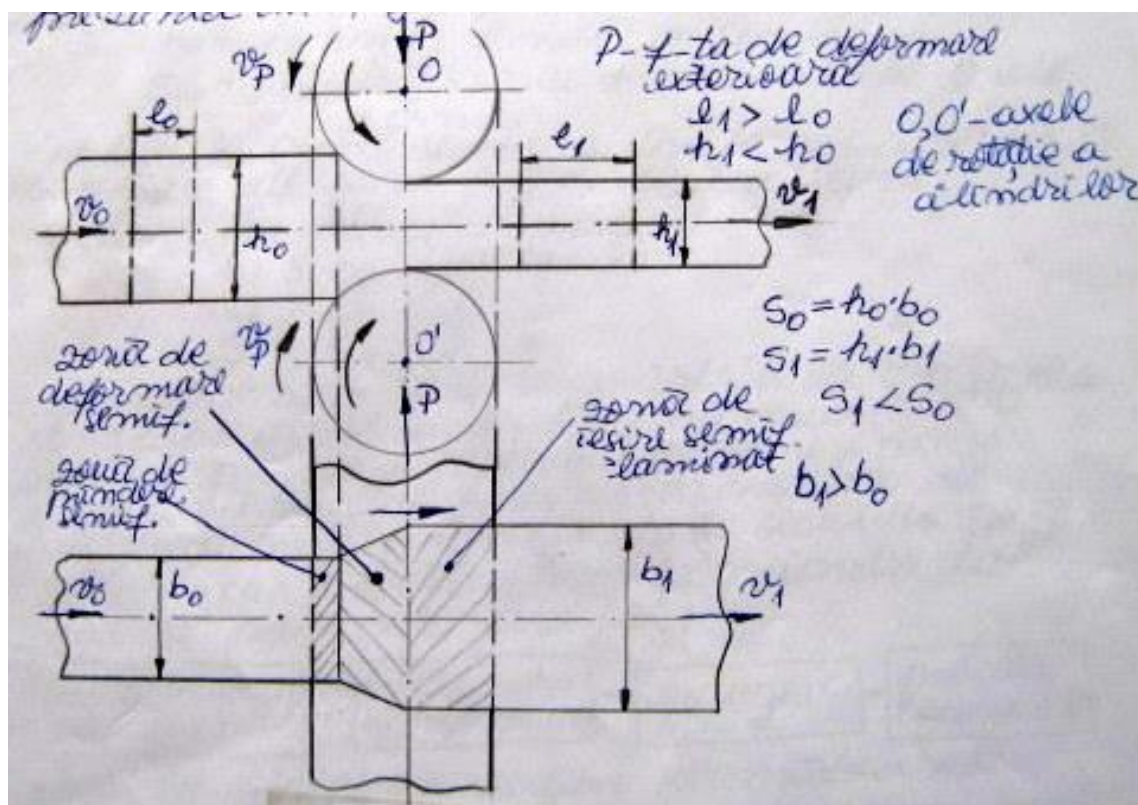


Fig.1

unde:

- P – forta exterioara de deformare aplicata semifabricatului;
- $v_0 < v_1$ – vitezele semifabricatului la intrare, respectiv la iesirea dintre valturi;
- v_p – viteza periferica de rotatie a valturilor (viteza de laminare);

Dimensiunile semifabricatului la intrarea intre valturi:

- h_0 – inaltimea initiala a semifabricatului de pornire;
- l_0 – lungimea initiala a semifabricatului;

- b_0 – latimea initiala a semifabricatului;
- $S_0 = h_0 \cdot b_0$ – sectiunea transversala initiala a semifabricatului;

Dimensiunile semifabricatului la iesirea dintre valuri:

- h_1 – inaltimea finala a semifabricatului;
- l_1 – lungimea finala a semifabricatului;
- b_1 – latimea finala a semifabricatului;
- $S_1 = h_1 \cdot b_1$ – sectiunea transeversala finala a semibaricatului;

Relatii intre dimesiunile liniare initiale si finale ale semifabricatuuli:

- $h_1 < h_0$;
- $b_1 > b_0$;
- $l_1 > l_0$;
- $S_1 < S_0$;

Scopul laminarii: obtinerea dintr-un semifabricat de pornire cu dimensiuni mari ale sectiunii initiale (S_0) a unui produs laminat de lungime mai mare ($l_1 > l_0$) si sectiune finala $S_1 < S_0$ printr-o reducere semnificativa a sectiunii initiale;

Schema de principiu a procesului de laminare la cald – Fig.2:

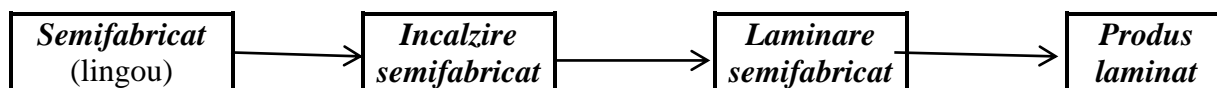


Fig. 2

Exemple de produse obtinute prin laminare (in sectiune transversala) – Fig. 3:

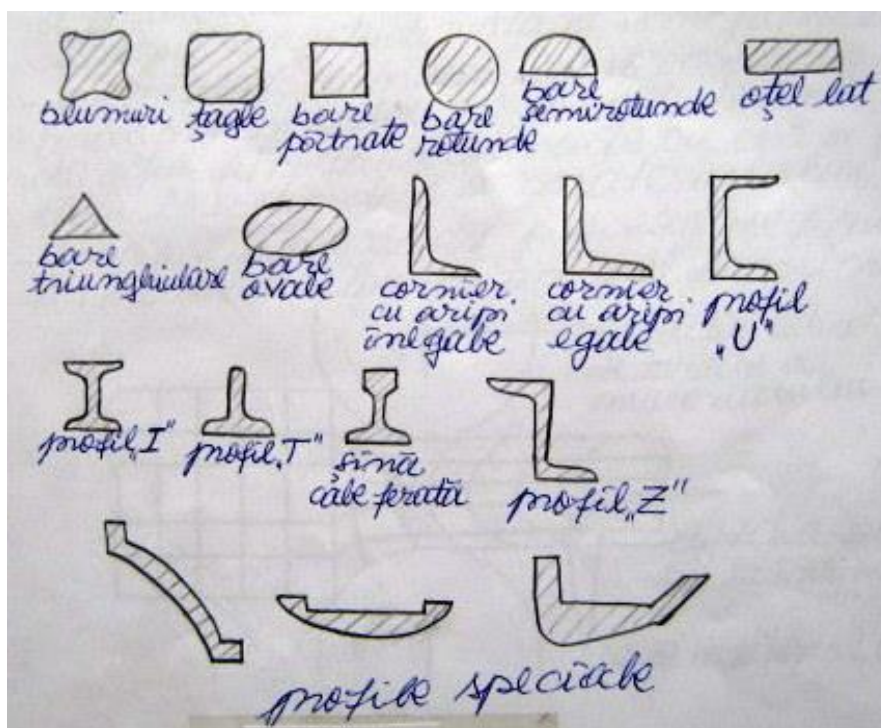


Fig. 3

Obs. - procesul de laminare are loc cu respectarea legii constantei volumului de material intrare – iesire:

$$V = h_0 \cdot b_0 \cdot l_0 = h_1 \cdot b_1 \cdot l_1;$$

adica:

$$V = S_0 \cdot l_0 = S_1 \cdot l_1 = \text{constant};$$

Textura (fibrozarea) si proprietatile produselor laminate:

- **consecinta laminarii asupra macrostructurii produsului laminat:** se produce o fibrozare a materialului pe directia principala de laminare (longitudinala) – **Fig. 4:**

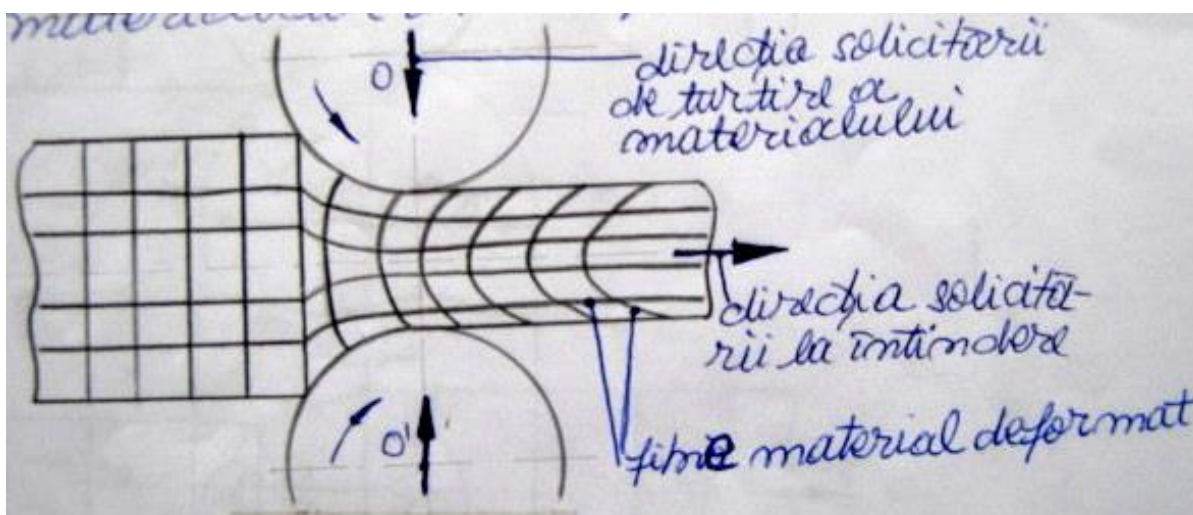


Fig. 4

- **proprietatile mecanice ale laminatului:** vor avea valori maxime in sectiunea longitudinala, unde directia de fibrozare coincide cu cea a solictarii la intindere a materialului;

- **studiul texturarii (fibrozarii) laminatului:** se realizeaza cu ajutorul trasarii unei retele rectangulare longitudinale (*coroiaj*) pe suprafata materialului, care evidentiaza ca materialul s-a deformat turtindu-se si deplasandu-se spre inainte, cu atat mai mult cu cat fibrele sunt mai aproape de suprafata de contact cilindru - material (**Fig. 4**);

- **uniformitatea deformatiei in sectiune transversala:** este cu atat mai mare cu cat raportul dintre diametrul cilindrului si reducerea sectiunii este mai mare;

Defomarea in procesul de laminare:

➤ aspectul deformarii materialului in sens vertical intre 2 clindrii – **Fig. 5:**

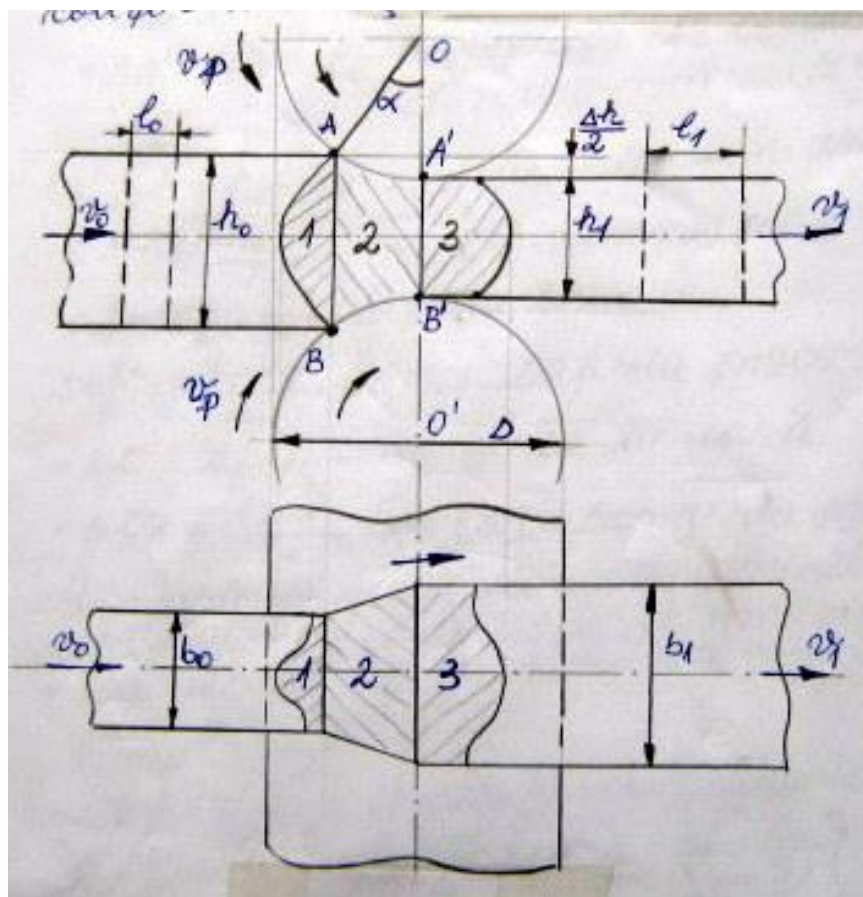


Fig. 5

➤ *spatiul de deformare este compus din 3 zone (Fig. 5):*

- **zona 1** – numita zona de prindere a materialului;
- **zona 2** – numita zona de deformare a materialului;
- **zona 3** – numita zona de iesire a materialului dintre cindrii;

Elementele geometrice ale zonei de deformare – Fig. 5:

- **arcele AA' si BB'** – arcele de prindere a materialului;
- **α** – unghiul de prindere a materialului;
- **$AA' = BB' = l_c$** – lungimea de contact cilindru - material;
- **$\Delta h = h_0 - h_1$** – reducerea liniara; **h_0** , respectiv **h_1** - inaltimea initiala, respectiv finala a semibaricatlui la intrarea si iesirea din zona de deformare; **$h_0 > h_1$** ;
- **$\Delta h \% = (h_0 - h_1) / h_0 \cdot 100, [\%]$** – reducera procentuala;
- **$\Delta b = b_1 - b_0$** – latirea liniara; **b_0** , respectiv **b_1** – latimea initiala, respectiv finala a semifabricatului la intrarea si iesirea din zona de deformare; **$b_1 > b_0$** ;
- **$\Delta b \% = (b_1 - b_0) / b_0$** – latirea procentuala;
- **$\Delta l = l_1 - l_0$** - lungirea liniara; **l_0** , respectiv **l_1** – lungimea initiala, respectiv finala a materialului la intrarea si iesirea din zona de deformare ;
- **$\Delta l = (l_1 - l_0) / l_0 \cdot 100, [\%]$** – lungirea procentuala;

Alte marimi ce caracterizeaza laminarea:

- **Coefficientul de laminare λ :**

$$\lambda = l_1/l_0 > 1$$

deoarece conform legii constantei volumului in timpul deformarii:

$$V = S_0 \cdot l_0 = S_1 \cdot l_1 \Rightarrow \lambda = l_1/l_0 = S_0/S_1 > 1 \text{ caci } S_0 > S_1;$$

• **Raportul vitezelor materialului la intrarea (v_0) si iesirea (v_1) dintre cilindrii -** considerand volumul (V) de material laminat raportat la unitatea de timp (t):

$$V/t = (l_0 \cdot S_0)/t = v_0 \cdot S_0 \text{ si } v/t = (l_1 \cdot S_1)/t = v_1 \cdot S_1 \text{ unde } v_0 = l_0/t \text{ si } v_1 = l_1/t \Rightarrow \\ V/t = v_0 \cdot S_0 = v_1 \cdot S_1 \Rightarrow S_0/S_1 = v_1/v_0 = \lambda > 1 \Rightarrow v_1 > v_0;$$

- **Gradul de laminare R :**

$$R = \Delta S/S_0 \cdot 100 = (S_0 - S_1)/S_0 \cdot 100, [\%]$$

- **Viteza de laminare sau viteza periferica a cilindrilor (v_p)** trebuie sa fie mai mare sau egala cu viteza de iesire a materialului dintre cilindrii (v_1); -:

$$v_p \geq v_1$$

Conditia laminarii:

- Cilindrii de laminare realizeaza atat deformarea cat si avansul semifabricatului datorita fortelor de frecare dintre cilindrii si material;
- Geometria (repartizarea) fortelor ce actioneaza in zona de deformare – **Fig. 6:**

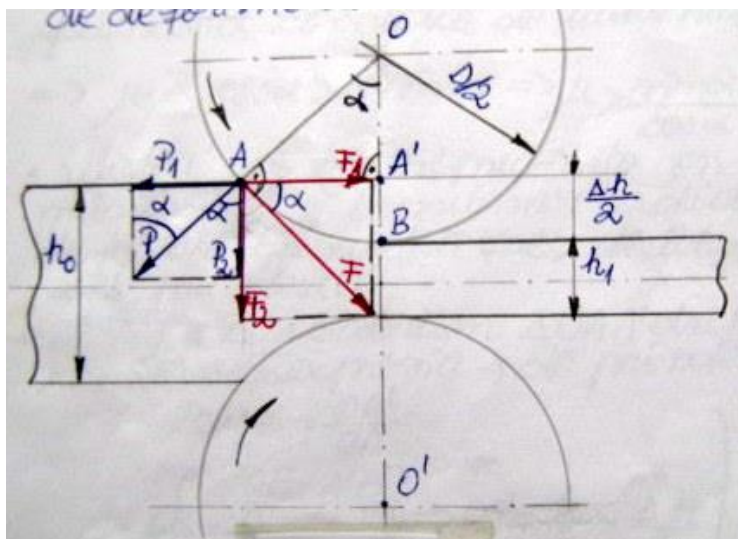


Fig. 6

- $OA = OB = D/2$; D – diametrul cilindrilor de laminare;

- P – forta de deformare (laminare);
- F – forta de frecare intre cilindrii si material; μ - coeficientul de frecare cilindrii-material;

$$F = \mu \cdot P$$

- α – unghiul de prindere a materialului intre cilindrii;
- Δh – reducerea liniara a materialului;

➤ Pentru ca laminarea sa decurga normal e necesar satisfacerea conditiei:

- $F_1 > F_2$ (materialul sa fie prins si antrenat de cilindrii), respectiv:

$$\mu > \tan \alpha;$$

conditia minima de laminare, adica coeficientul de frecare cilindrii-material trebuie sa fie mai mare decat tangenta unghiului de prindere a materialului intre cilindrii; F_1 – componenta axiale a fortei de frecare; P_1 – componenta axiale a fortei de deformare;

- expresia unghiului de prindere α :

$$\cos \alpha = 1 - \Delta h / D - \text{conditia limita de laminare};$$

Expresia de calculul a numarului de treceri „n” la laminarea la cald:

$$n = (\log S_0 - \log S_n) / \log \lambda;$$

unde: S_0 – sectiunea initiala a semifabricatului; S_n – sectiunea finala a produsului laminat dupa „n” treceri; λ – coeficientul de laminare corespunzator numarului de treceri „n”: $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n = \lambda$;

Fora si momentul de laminare:

- $P = p_m \cdot A_c$ - forta de laminare;

unde: $p_m = n_t \cdot R_m$ – presiunea medie necesara laminarii; n_t – coeficient dependent de temperatura de laminare; R_m – rezistenta mecanica la ruperea a mterialului, [daN/mm²]; $A_c = l_c \cdot b_m$ – aria proiectiei orizontale a zonei de deformare, [mm²]; l_c – lungimea de contact cilindrii-material in zona de deformare; b_m – latimea medie a materialului in zona de deformare;

- $M_l = M_d + M_f + M_t$ – momentul de laminare;

unde:

- $M_d = 2 \cdot P \cdot \varphi \cdot l_c$ – momentul de deformare; φ – coeficient dependent de temperatura de laminare; l_c – lungimea de contact cilindrii-material in proiectie orizontala;
- $M_f = \mu \cdot P \cdot d$ – momentul de frecare; μ – coeficientul de frecare cilindrii-material; d – diametrul fusului cilindrului;
- M_t – momentul de tractiune;
-

Construcția și clasificarea laminoarelor

- Schema de principiu a unui laminor – Fig. 7:

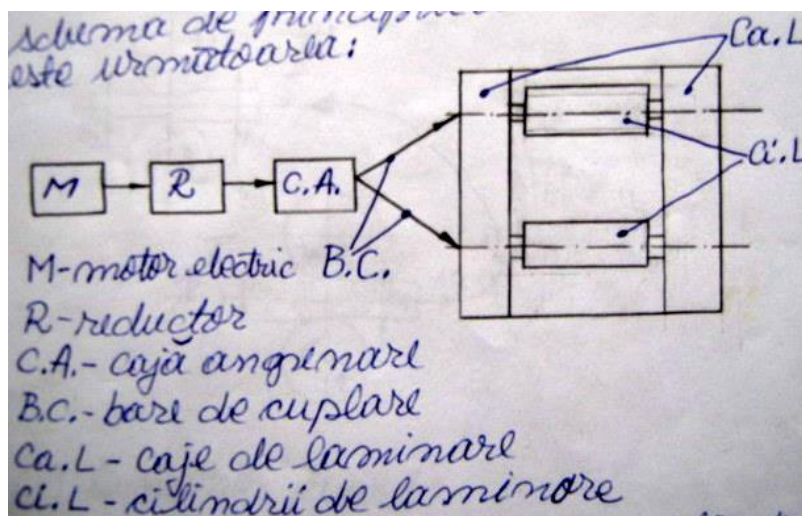


Fig. 7

Legenda: M – motor electric; R – reductor; C.A. – casă de angrenare; B.C. – bare de cuplare; Ca.L – caje de laminare; Ci.L – cilindrii de laminare;

- Clasificarea laminoarelor în funcție de așezarea și numărul cilindrilor – Fig. 8.a, b, c, d și e:

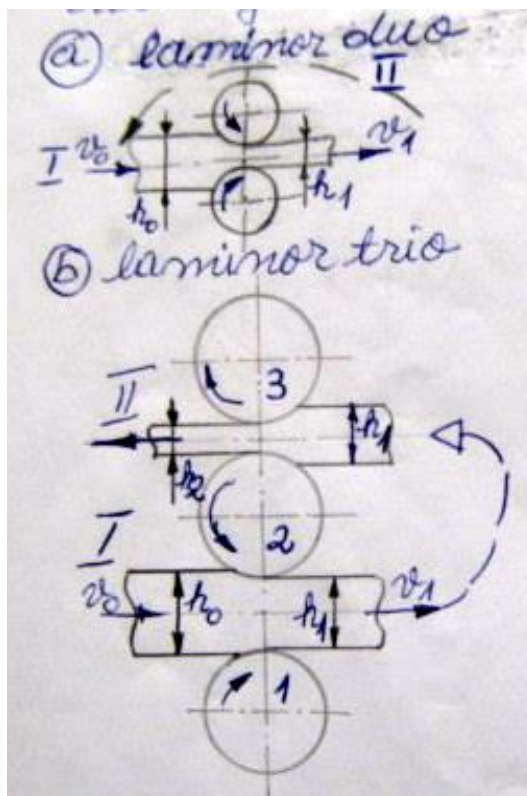


Fig. 8. a, b

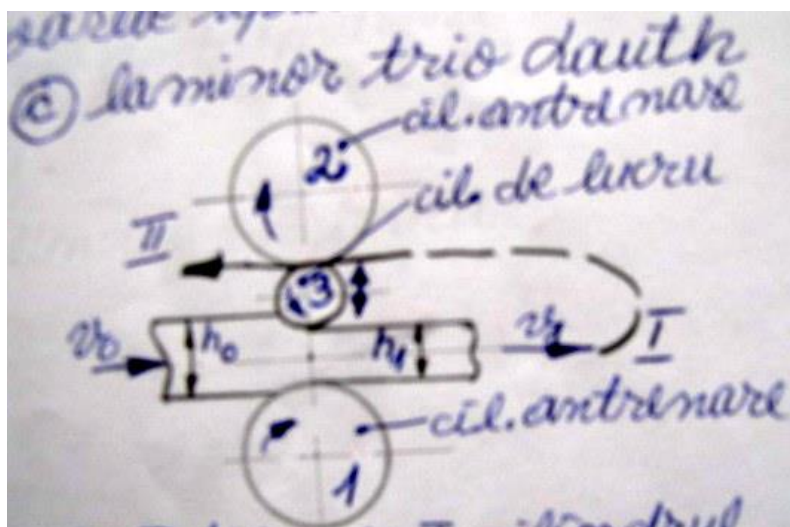


Fig. 8.c

Obs.: dupa trecerea I, cilindrul 3 este coborat pentru a se realiza trecerea II; - cilindrul de lucru 3 se roteste datorita frecarii cu cilindrul 1 sau 2; cilindrul 3 are diametrul mai mic decat al cilindrului 1, respectiv 2;

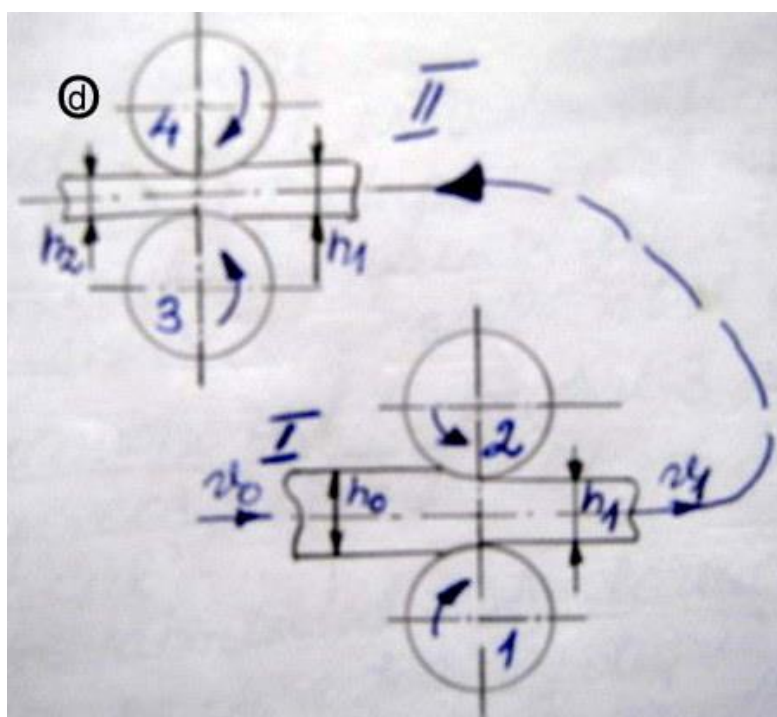


Fig. 8.d. Laminor dublu duo;

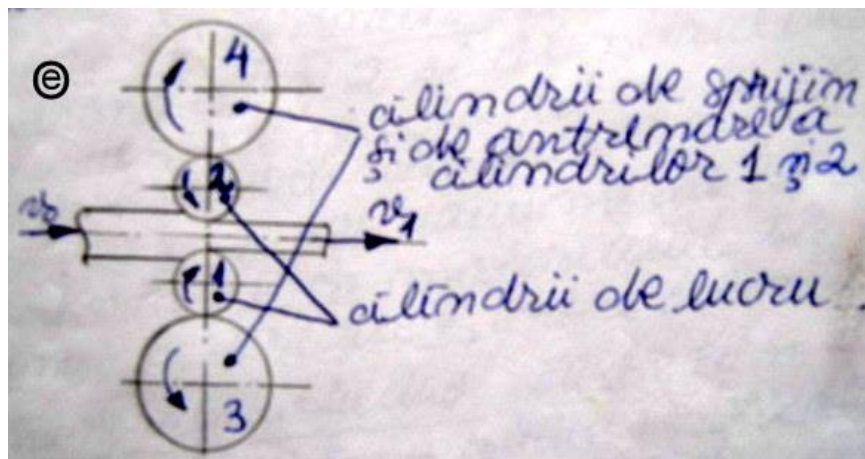


Fig. 8.e. *Laminor cuarto*

Descrierea pricipalelor tipuri de laminoare – Fig. 8.a, b, c, d si e :

a. **laminorul duo reversibil** are in componenta sa 2 cilindrii orizontali situati in acelasi plan vertical; materialul este laminat intre cilindrii pe directia **I**, dupa care este trecut peste cilindrul superior pe directia **II** si este introdus din nou intre cilindrii;

b. **laminorul trio** are 3 cilindrii orizontali de aceiasi dimesiune, situati in plan vertical; semifabricatul este laminat intre cilindrii **1** si **2** pe directia **I**, dupa care este introdus intre cilindrii **2** si **3** pentru laminarea pe directia **II**;

c. **laminorul trio Lauth** consta din cilindrii de antrenare **1** si **2** si cilindrul de lucru **3**; cilindrul **3** este liber (neactionat de motorul electric), si se roteste datorita frecarii cu cilindrul **1** sau **2**; cilindrul **3** dupa laminarea pe directia **I** este coborat pentru ca materialul sa fie laminat pe directia **II**, intre cilindrii **2** si **3**;

d. **laminorul dublu duo** consta din 4 cilindrii orizontali situati in 2 plane verticale diferite; semifabricatul este laminat intre cilindrii **1** si **2** pe directia **I**, dupa care este introdus intre cilindrii **2** si **4** pentru laminarea pe directia **II**;

e. **laminorul cuarto** are 4 cilindrii orizontali situati in acelasi plan vertical:

- 2 cilindrii de lucru – **1** si **2** – si 2 cilindrii de sprijin – **3** si **4** – antrenati de la motor;
- Cilindrii de lucru au diametrul mai mic decat cilindrii de sprijin;
- Cilindrii de lucru se rotesc datorita frecarii lor cu cilindrii de sprijin;
- Cilindrii de sprijin maresc rigiditatea si robustetea cajei de lucru (laminare).