

Noutăți în tehnologia materialelor

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

Noutăți în tehnologia materialelor / Gheorghe Amza, Zoia Apostolescu,
Dan Nițoi, ... - București : Editura Academiei Oamenilor de Știință din
România, 2011

Bibliogr.

Index

ISBN 978-606-8371-49-8

I. Amza, Gheorghe

II. Apostolescu, Zoia

III. Nițoi, Dan Florin

62.002.3

Editura Academiei Oamenilor de Știință din România

Adresa: Splaiul Independenței, nr. 54, sectorul 5, cod 050094 București, România

Redactor: ing. Mihail CĂRUȚAȘU

Documentarist: ing. Ioan BALINT

Coperta: ing. sist. Adrian Nicolae STAN

**Copyright © Editura Academiei Oamenilor de Știință din România,
București, 2011**

Gheorghe Amza

Zoia Apostolescu

Dan Nițoi

Liviu Morar

Ionel Sarbu

Noutăți în tehnologia materialelor



Editura Academiei Oamenilor de Știință din România

București

2011

Cuprins

1. Rolul și importanța tehnologiei. Principiile tehnologiei	
1.1 Generalități	7
1.2 Principiile tehnologiei	8
1.2.1. Principiul multidimensional	8
1.2.2. Principiul eficienței	16
1.2.3. Principiul informației	25
2. Noutăți în obținerea materialelor	
2.1. Generalități	29
2.2. Clasificarea proprietăților materialelor	29
2.3. Elaborarea materialelor metalice	31
2.4. Alegerea materialului optim pentru confecționarea unei piese	35
2.5. Tendințe și perspective privind utilizarea materialelor	40
2.6. Materialul și procedeele de transformare ale acestuia	43
3. Tendințe moderne în turnarea materialelor	
3.1. Generalități	47
3.2. Clasificarea procedeele de turnare	49
3.2.1. Criterii de clasificare	49
3.2.2. Procedee de turnare	50
3.3. Procedee speciale de turnare	54
3.3.1. Turnarea prin expulzarea progresivă a jetului de aliaj topit	54
3.3.2. Turnarea prin matrițare lichidă	56
3.3.3. Turnarea cu modele ușor volatile	57
3.3.4. Turnarea în forme vidate	58
3.3.5. Turnarea în forme ceramice cu pereți subțiri	60
3.3.6. Turnarea în forme hibride	61
3.3.7. Turnarea în forme criogenice	62
3.3.8. Turnarea în câmp ultrasonor	64
3.3.9. Turnarea prin retopire în baie de zgură	66
3.3.10. Obținerea prin turnare a materialelor cu proprietăți speciale	70
3.4. Tendințe și perspective în obținerea semifabricatelor prin turnare	71
4. Procedee moderne de deformare plastică	
4.1. Introducere	73
4.2. Procedee speciale de laminare	75
4.2.1. Laminarea țevelor	75
4.2.3. Laminarea inelelor	78
4.2.4. Laminarea roților de vagoane	78
4.2.5. Laminarea burghiilor	79
4.2.6. Laminarea prin forjare	80
4.2.7. Laminarea roților dințate	81
4.2.8. Laminarea în câmp ultrasonic	81
4.3. Procedee speciale de extrudare	84
4.3.1. Extrudarea hidrostatică	84
4.3.2. Extrudarea prin explozie	85

4.3.3. Extrudarea în câmp ultrasonor	85
4.3.4. Prelucrarea prin forjare – extrudare	87
4.4. Procedee speciale de tragere	88
4.5. Procedee speciale de matrițare	89
4.6. Procedee speciale de prelucrare a tablelor	97
4.6.1. Prelucrarea tablelor cu ajutorul cauciucului	97
4.6.2. Ambutisarea cu încălzirea locală a flanșei	98
4.6.3. Prelucrarea hidrolică a tablelor	99
4.6.4. Prelucrarea electrohidraulică a tablelor	100
4.6.5. Prelucrarea magnetodinamică a tablelor	101
4.6.6. Prelucrarea prin explozie a tablelor	103
4.6.7. Prelucrarea tablelor în câmp ultrasonor	1054
5. Procedee moderne de sudare	107
5.1. Generalități	108
5.2. Principiul fizic al sudării	109
5.3. Clasificarea procedeelor de sudare	110
5.4. Macrostructura și microstructura unei îmbinări sudate	114
5.5. Sudarea cu plasmă	114
5.5.1. Generalități. Scheme de principiu	115
5.5.2. Particularități ale sudării cu plasmă	116
5.6. Sudarea prin topire cu energie de radiație	117
5.6.1. Sudarea cu fascicul de electroni	119
5.6.2. Sudarea cu fascicul de fotoni	123
5.7. Sudarea prin presiune cu ultrasunete	127
5.8. Sudarea prin difuzie	128
5.9. Sudarea prin explozie	128
6. Procedee speciale de prelucrare	131
6.1. Generalități	132
6.2. Prelucrarea dimensională prin eroziune electrică (electroeroziunea)	132
6.2.1. Schema de principiu	133
6.2.2. Posibilitățile de utilizare a prelucrării prin electroeroziune	135
6.3. Prelucrarea dimensională prin electrochimie	135
6.3.1. Schema de principiu a procedeului	136
6.3.2. Posibilitățile de utilizare a prelucrării dimensionale prin electrochimie	137
6.4. Prelucrarea dimensională prin eroziune complexă (prelucrarea anodo-mecanică)	137
6.4.1. Schema de principiu a procedeului	138
6.4.2. Posibilități de utilizare a prelucrării dimensionale prin eroziune complexă	138
6.5. Prelucrarea dimensională prin eroziune cu ultrasunete	138
6.5.1. Schema de principiu a procedeului	141
6.5.2. Posibilitățile de utilizare ale prelucrării dimensionale cu ultrasunete	142
6.6. Prelucrarea dimensională cu plasma	142
6.6.1. Schema de principiu	144
6.6.2. Posibilitățile de utilizare a prelucrării dimensionale cu plasmă	145
6.7. Prelucrarea dimensională prin eroziune cu radiații	145
6.7.1. Generalități	145
6.7.2. Prelucrarea cu fascicul de electroni	147
6.7.3. Prelucrarea dimensională prin eroziune cu fascicul de fotoni	151
Bibliografie	

CAPITOLUL 1. ROLUL ȘI IMPORTANȚA TEHNOLOGIEI. PRINCIPIILE TEHNOLOGIEI

1.1. Generalități

Lexiconul tehnic român atribuie cuvântului „tehnologie” două sensuri:

- știința metodelor și mijloacelor de prelucrare a materialelor;
- ansamblul proceselor, metodelor, procedeelelor, operațiilor etc. utilizate în scopul obținerii unui anumit produs cu o anumită utilitate socială.

Analizând cele două definiții și luând în considerare și alte sensuri întâlnite în texte de specialitate, se constată că semnificația termenului „tehnologie” a evoluat de la sensul restrâns al științei metodelor de producție, la înțelesul larg al științei tehnicilor umane. Se poate spune că asistăm la o dublă expansiune a noțiunii de tehnologie:

- o *expansiune a conținutului* care, limitat inițial la metodele de muncă, a înglobat treptat și mijloacele tehnice de producție pentru ca, în ultima vreme, să cuprindă o sistematizare științifică a tuturor cunoștințelor necesare elaborării unor scheme logice, coerente, care să constituie sistemele tehnologice moderne;

- o *expansiune a domeniului de acțiune* care, limitat inițial la producția de bunuri materiale, a inclus apoi prestațiile de servicii cu caracter tehnic (reparațiile, transporturile, gospodăria casnică etc.), pentru ca astăzi să se extindă și în sfera producției spirituale (creațiile artistice, organizarea timpului liber, sportul, turismul etc.).

Având în vedere aceste fenomene se poate afirma că tehnologia este *știința aplicării tuturor științelor*. O definiție mai pe scurt și cuprinzătoare ar fi: *tehnologia este știința care studiază toate transformările la care este supusă substanța în procesele tehnologice de lucru și modalitatea conducerii acestor transformări în vederea obținerii produselor necesare societății, în condiții tehnico-economice optime.*

Datorită ariei foarte largi pe care o cuprinde și a multitudinii de fenomene pe care le folosește tehnologia, se pune întrebarea dacă tehnologia este sau nu o știință. Răspunsul vine imediat, dacă admitem că la baza ei stau o serie de legi și principii general valabile, care o deosebesc de celelalte științe.

Tehnologia se deosebește de celelalte științe prin următoarele:

- este o *știință tehnică aplicativă* deoarece urmărește un scop practic nemijlocit (sunt foarte multe cunoștințe despre gama largă de fenomene ale naturii, dar pentru a le utiliza în vederea realizării de produse este necesară această știință –

tehnologia). De exemplu, legea gravitației se cunoaște de peste 300 de ani, dar utilizarea ei în vederea obținerii de produse utile societății a fost posibilă numai odată cu dezvoltarea tehnologiilor cosmice;

- este *dependentă de timp și de spațiu* deoarece oricare descoperire a legilor naturii este făcută utilă societății printr-o anumită tehnologie, iar modul de utilitate este perfecționat în timp tot de o tehnologie (de exemplu: ideea calculatorului este cunoscută cu mii de ani înainte de Cristos, dar atingerea performanțelor actuale, în forma actuală de prezentare, a fost posibilă numai datorită evoluției tehnologiei). Dependența de spațiu se bazează pe modul cum gândesc și acționează oamenii locului de muncă respectiv, pe experiența acestora, pe posibilitățile concrete ale locului de muncă și, mai ales, pe scopul urmărit (de exemplu: autoturisme se fac și în România și în Germania și în Rusia, dar tehnologia de fabricație este diferită cu toate că se lucrează la același produs, cu aceleași destinații și utilitate socială);

- *nu rezolvă problema realizării unui singur produs*, ea rezolvă problemele obținerii unei producții industriale, de serie diversificată, cu aceeași utilitate socială, devenind în acest fel o condiție esențială a dezvoltării societății umane. Această caracteristică a tehnologiei a condus în ultima vreme la apariția expresiei: „tehnologia este principala cale de risipă prin care omenirea își consumă resursele” - ținând cont de semnalul de alarmă tras de criza de energie, criza de materii prime, criza de protecție și criza de încredere. În același timp a apărut însă și expresia: „tehnologia – principală sursă de economie”, pentru că numai prin valorificarea imenselor resurse de economii ascunse în tehnologie, prin îmbunătățirea cercetării tehnologice și optimizarea proceselor de producție este posibilă soluționarea crizei energetice, de materii prime, crizei de protecție și crizei de încredere, care de fapt formează o *criză tehnologică*. Eforturile tehnologiei sunt canalizate acum în două direcții cunoscute: pe de o parte, reducerea consumurilor și, pe de alta, crearea de noi resurse;

- *aplică toate legile celorlalte științe ale naturii* în vederea transformării substanței în produse social utile, dar este guvernată și de o serie de principii care fundamentează orice tehnologie. Aceste principii sunt: *principiul multidimensional, principiul eficienței, principiul informației și altele*.

1.2. Principiile tehnologiei

1.2.1. Principiul multidimensional

Orice tehnologie este o sumă de procese multidimensionale, cu foarte mulți parametri, rezultați din interacțiunea concretă a unor materiale reale cu mijloacele de transformare ale acestora. Pentru a înțelege multitudinea de factori care apar într-o tehnologie trebuie definit *procesul de producție*.

1.2.1.1. Procesul de producție

Pentru existența sa și pentru progresul societății omul crează în permanență în urma unor procese de muncă *bunuri materiale și spirituale*. Rezultatele proceselor de muncă în care omul acționează asupra obiectelor muncii (materiale, piese etc.) cu ajutorul mijloacelor de muncă (scule, mașini-unelte, aparate etc.) poartă denumirea de *produse*.

Noțiunea de produs este foarte largă, ea cuprinzând mijloacele de producție (mașini, utilaje, scule, aparate etc.), bunurile materiale naturale (minerale, vegetale, animale), bunurile de consum etc. Orice produs este o sumă de *reper*, fiecare reper caracterizându-se prin proprietăți și prin formă (Figura 1.1). Proprietățile rezultă din natura materialului cu o anumită structură și compoziție chimică, iar forma se obține în urma interacțiunii cu mijloacele de transformare. Forma și proprietățile sunt implicate sau implică un anumit rol funcțional.

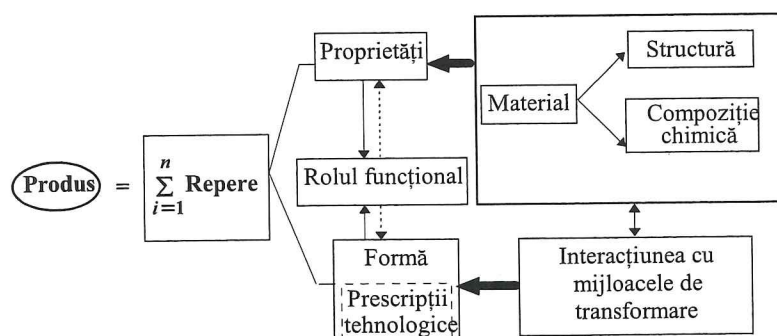


Figura 1.1: Structura unui produs.

Crearea oricărui produs este rezultatul unui proces de producție, definit ca fiind un proces tehnico-economic complex, care cuprinde întreaga activitate desfășurată într-un loc de muncă (Figura 1.2).

Componenta principală a unui proces de producție o constituie *procesele de bază*, care contribuie direct la transformarea materiilor prime în produse finite, ca de exemplu: obținerea de semifabricate turnate, forjate, sudate etc., prelucrarea prin așchiere a semifabricatelor pentru obținerea pieselor finite, tratamentele termice sau termochimice, asamblarea pieselor și subansamblelor reprezentând produsul finit, repararea și recondiționarea acestuia în vederea recăpătării sau schimbării rolului funcțional.

Procesele auxiliare ajută la buna desfășurare a proceselor de bază cuprinzând: construirea de scule, dispozitive și verificatoare (SDV-uri); întreținerea și repararea mașinilor și utilajelor folosite în cadrul proceselor de bază; transportul pieselor, semifabricatelor și materialelor pe teritoriul întreprinderii etc.

Pentru buna desfășurare a procesului de producție sunt necesare și alte activități, ca de exemplu, cele de *pregătire a proceselor de bază și auxiliare, activități de conducere și activități de desfacere și livrare*. Practic, un proces de producție nu se consideră încheiat până când produsele realizate nu au fost desfăcute pe piață și testate din punct de vedere al cerințelor.

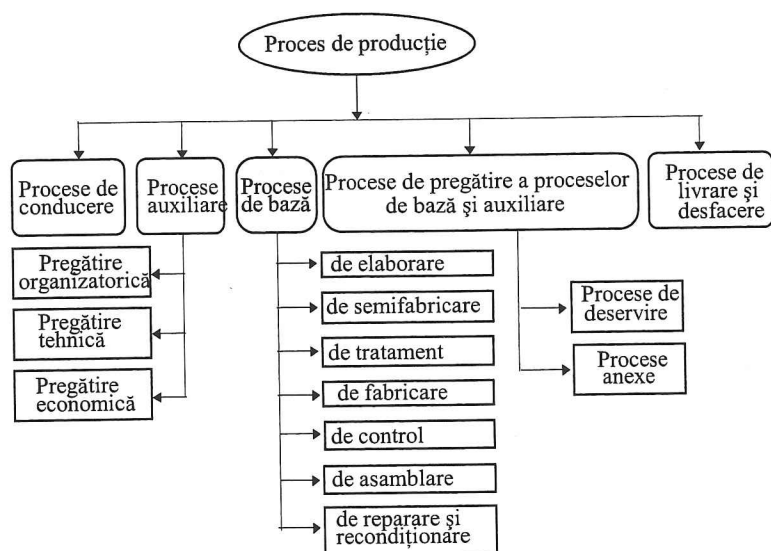


Figura 1.2: Structura unui proces de producție.

Fiecare din aceste procese este influențat de o serie de parametri $f_1, f_2, \dots, f_n$, astfel încât tehnologia de realizare a produsului este o funcție de forma:

$$T = F(f_1, f_2, \dots, f_n) \quad (1-1)$$

Schema generală de obținere a unui produs se prezintă în figura 1.3. Nu este obligatorie întotdeauna respectarea acestei ordini, în foarte multe situații sunt scurtcircuitări (I, II ... VI etc., depinde de produsul ce se vrea obținut și de scopul propus). De exemplu, în cazul I, când scopul final îl reprezintă obținerea unui semifabricat sunt necesare doar etapele 1 și 2. Când scopul final îl constituie obținerea unei piese turnate sau deformate se poate pleca de la un semifabricat inițial (cazul II) sau de la materia primă sub formă naturală (cazul III), scurtcircuitând anumite etape. De asemenea, se poate pleca de la un material sub formă primară (de exemplu, un lingou) și să se treacă direct la o prelucrare dimensională prin turnare sau deformare plastică (cazul IV).

În fiecare etapă de obținere a produsului interacționează foarte mulți parametri $g_1, g_2, \dots, g_i$, foarte multe variabile de material, de mașini și utilaje, de calificarea muncitorului, de natura prelucrării, de anotimp și chiar de starea de moment a muncitorului, astfel încât tehnologia devine o funcție de forma :

$$T = F[f_1(g_1, g_2, \dots, g_i), f_2(g_1, g_2, \dots, g_i), \dots, f_n(g_1, g_2, \dots, g_i)]. \quad (1-2)$$

O tehnologie optimă de obținere a unui produs presupune utilizarea unor metode de determinare a interdependențelor dintre multitudinea de parametri ce apar în fiecare etapă a procesului de transformare a substanței (metoda corelației multiple, metoda celor mai mici pătrate, metoda factorialelor etc.).

Pentru buna desfășurare a procesului de producție, întreprinderea constructoare de mașini, ca de altfel orice societate economică a unei ramuri a

oricărei economii, trebuie să dispună de o organizare corespunzătoare scopului propus (Figura 1.4). Produsele și procesele de producție sunt concepute, proiectate, organizate și conduse, din punct de vedere tehnico-economic, de specialiști cu calificare corespunzătoare.

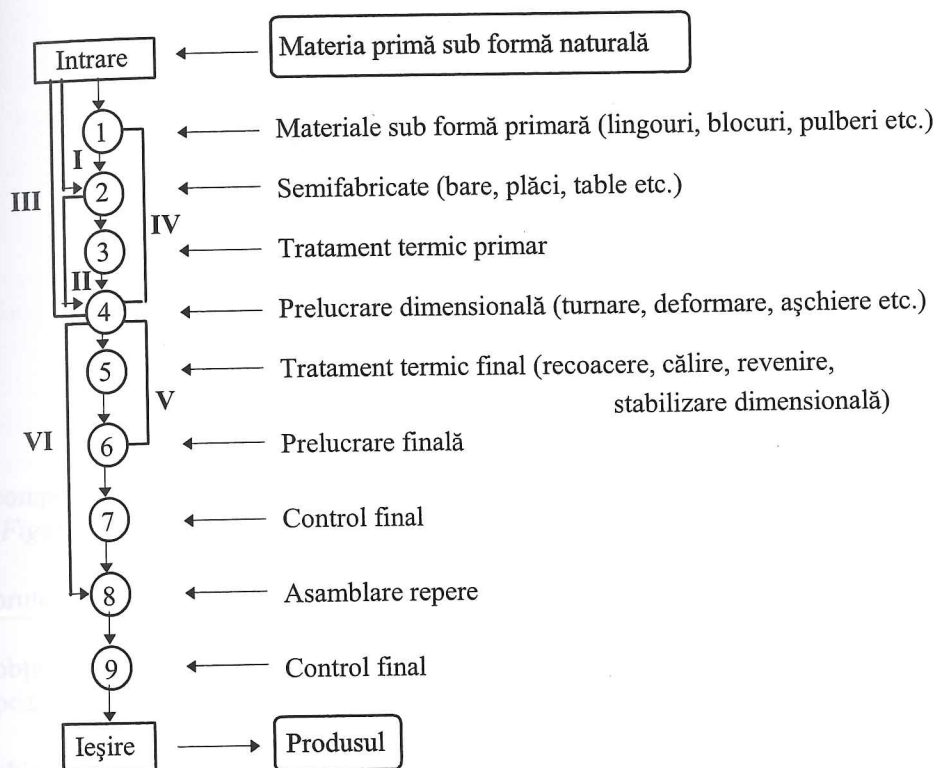


Figura 1.3: Schema generală de obținere a unui produs.

Componenta de bază în organizarea unei întreprinderi este *secția*. În funcție de profilul lor, secțiile pot fi: de *pregătire a fabricației* – în care se întocmește toată documentația necesară procesului de producție; de *bază* – în care se desfășoară o parte a procesului de producție (procesele de bază), în scopul obținerii unei părți a unui produs sau a întregului produs; *auxiliare* – în care se desfășoară procesele auxiliare; de *deservire* – în care se desfășoară procesele de deservire a secțiilor de bază sau auxiliare.

1.1.2.2. Procese tehnologice

Procesul tehnologic este o parte componentă a procesului de producție în decursul căruia se efectuează logic și treptat modificările și transformările materialelor necesare obținerii produsului. În cadrul procesului tehnologic, materia primă, cu proprietățile neadecvate utilizării directe, este supusă unui șir lung de transformări fizico-chimice în vederea obținerii unui produs cu proprietăți și funcții bine stabilite, conform cu o anumită utilitate socială.

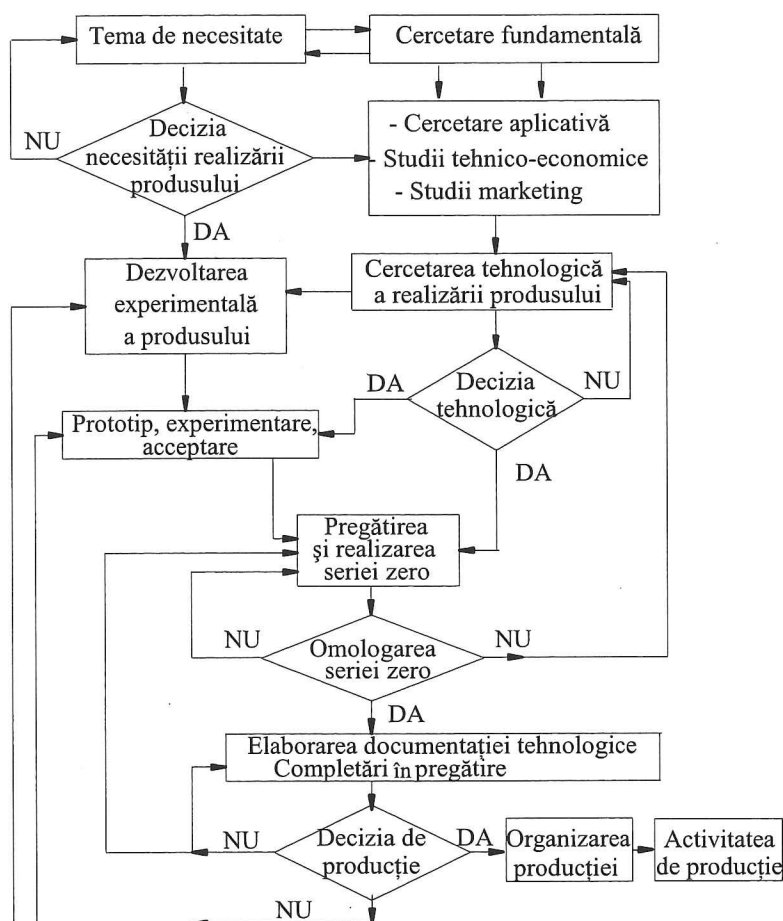


Figura 1.4: Schema organizării activității ingineresti într-o întreprindere industrială.

Transformările fizico-chimice efectuate au loc atât în *procesele tehnologice de extracție*, care se execută asupra resurselor naturale și au ca rezultat obținerea materialelor brute, cât și în *procesele tehnologice de fabricare* ce se exercită la început asupra materialelor brute și au ca rezultat obținerea produselor (Figura 1.5).

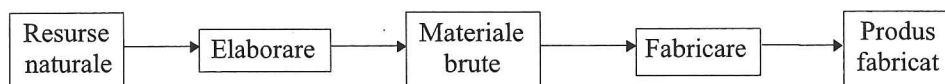


Figura 1.5: Schema generală a realizării produselor fabricate.

În funcție de scopul urmărit, procesele tehnologice utilizate în construcția de mașini și aparate pot conduce la:

- modificarea proprietăților fizico-chimice și fizico-mecanice ale materialelor;

– modificarea formei, dimensiunilor, poziției reciproce și calității suprafețelor semifabricatelor și pieselor.

Se pot deosebi astfel, următoarele categorii de procese tehnologice (Figura 1.6):

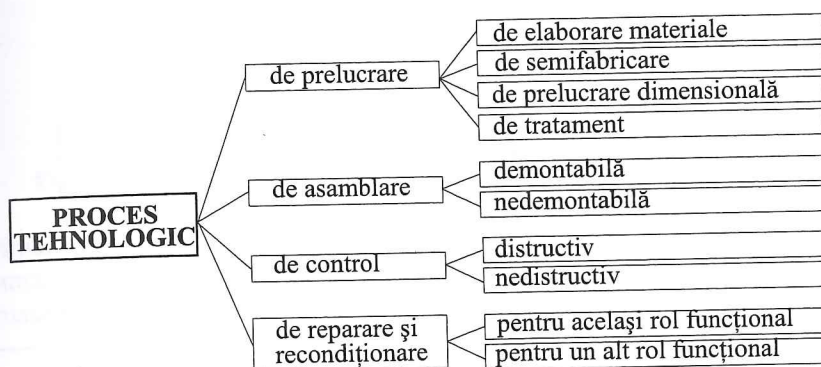


Figura 1.6: Principalele categorii de procese tehnologice.

– de *prelucrare*, prin care materiile prime își modifică treptat starea, compoziția, forma, dimensiunile, rugozitatea și poziția reciprocă a suprafețelor (Figura 1.7). Procesul tehnologic de prelucrare poate fi:

– de *elaborare* – se efectuează pentru a se extrage metale sau aliaje industriale brute (elaborare primară) sau de puritate înaltă (elaborare secundară);

– de *semifabricare și prelucrare dimensională* – se efectuează pentru obținerea de semifabricate sau piese, prin modificarea formei, dimensiunilor, poziției reciproce și calității suprafețelor;

– de *tratament* – se efectuează pentru modificarea proprietăților fizico-chimice și fizico – mecanice ale unui material, fie în întreaga masă, fie numai în straturile de suprafață;

– de *asamblare* – prin care piesele sunt grupate ordonat în subansamble și apoi în ansamble, de regulă reprezentând produsele finite (Figura 1.8);

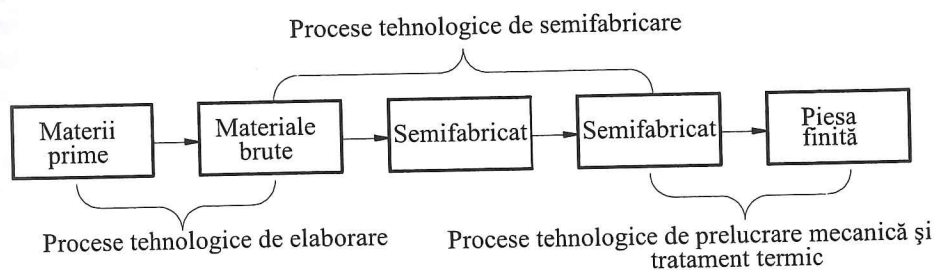


Figura 1.7: Structura procesului tehnologic de prelucrare.

– de *control* – prin care se determină precizia geometrică și calitatea semifabricatelor, pieselor și respectiv a produselor, în conformitate cu documentația tehnologică;

– de *reparare și recondiționare* – prin care pieselor sau subansamblelor care s-au degradat în timp, ca urmare a solicitărilor din timpul funcționării, li se restabilesc caracteristicile inițiale.

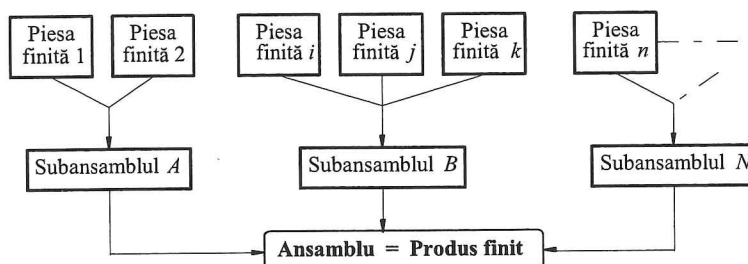


Figura 1.8: Schema unui proces tehnologic de asamblare.

$$\begin{aligned}
 \text{Proces tehnologic} &= \sum_{i=1}^l \text{Operatii}_i = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \text{Faze}_j = \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n \text{Treceri}_k = \\
 &= \sum_{i=1}^l \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^n \sum_{p=1}^q \text{Mănuiri}_p
 \end{aligned}$$

Figura 1.9: Structura generală a unui proces tehnologic.

Elementul de bază al oricărui proces tehnologic îl constituie *operația tehnologică*, definită ca fiind o activitate ordonată și limitată în timp, efectuată de către un muncitor sau o echipă de muncitori fără întrerupere, la un singur loc de muncă, cu uneltele și utilajele necesare, asupra unui sau mai multor materiale sau obiecte, în scopul modificării proprietăților fizico – chimice, formei, dimensiunilor, netezimii și aspectului suprafețelor. Operațiile la rândul lor se subdivid în *faze*, care sunt deci părți ale operației și care se realizează într-o singură așezare și poziție a piesei de prelucrat, cu aceleași unelte de lucru și cu același regim de lucru. În timpul fazelor de lucru operatorul execută *treceri* și *mănuiri* (totalitatea mișcărilor efectuate în timpul lucrului). Prin urmare, orice proces tehnologic are structura generală prezentată în Figura 1.9.

De exemplu, un proces tehnologic de obținere a unei piese finite presupune parcurgerea mai multor etape de prelucrare a unui *semifabricat inițial* (Figura 1.10).

Semifabricatul poate fi definit ca fiind o bucată de material mai mult sau mai puțin apropiată ca formă de piesa care urmează a fi obținută și care a suferit o serie de prelucrări înainte de a se ajunge la piesa finită. De regulă, ultimele operații aplicate semifabricatului au ca scop îndepărtarea unui surplus de material, prin așchiere, pentru a se obține precizia geometrică necesară și gradul de netezime cerut.

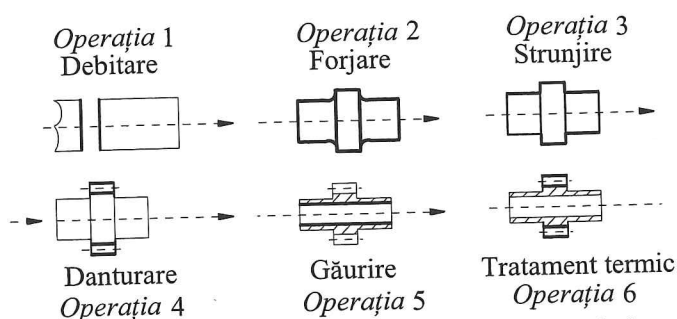


Figura 1.10: Succesiunea operațiilor de obținere a unei piese finite.

Dimensiunile semifabricatului sunt întotdeauna mai mari decât cele corespunzătoare piesei finite, prin urmare masa semifabricatului M_{sf} este mai mare decât masa piesei finite M_{pf}

$$M_{sf} > M_{pf} \quad (1-3)$$

Se definește astfel noțiunea de *randament de utilizare a materialului* η_M ca un raport între masa piesei finite și întreaga masă de material ce se consumă pentru realizarea ei:

$$\eta_M = \frac{M_{pf}}{M_{sf}} \times 100 \quad [\%] \quad (1-4)$$

Randamentul de utilizare a materialului este funcție de procedeul tehnologic și de numărul de produse ce se vrea realizat.

Bineînțeles că nu întotdeauna este posibilă obținerea unui randament maxim, pentru că în final el stabilește o anumită tehnologie de prelucrare (de exemplu, randamentul de utilizare a materialului la piesa din Figura 1.10 este 0,4 dacă se folosește așchierea din bară laminată; 0,65 la turnare; 0,75 la matrițare; 0,85 dacă s-ar obține prin sudare din două părți componente etc.) b, obținut prin turnare, care la rândul lui este mai puțin bun decât semifabricatul din Figura 1.11. c, obținut prin matrițare de precizie etc. (Figura 1.11), deoarece surplusul de material care trebuie îndepărtat, denumit *adaos de prelucrare*, necesită în acest scop mai mult timp, mai multă energie și un consum mai mare de scule.

Un semifabricat este cu atât mai bun din punct de vedere al randamentului de utilizare a materialului, cu cât el se apropie mai mult de piesa finită, atât ca formă, cât și ca dimensiuni. De exemplu, semifabricatul din Figura 1.11. a, (debitat dintr-o bară laminată) este mai puțin bun decât semifabricatul din figura 1.11.

Piesa finită poate fi considerată ca fiind unitatea de bază a unui produs, iar obținerea pieselor finite – scopul direct al majorității proceselor tehnologice aplicate în construcția de mașini și aparate. Orice piesă poate fi caracterizată prin trei elemente: *compoziție*, *structură* și *formă*.

Compoziția piesei este corespunzătoare de fapt compoziției materialului piesei care precede în general structura și forma.

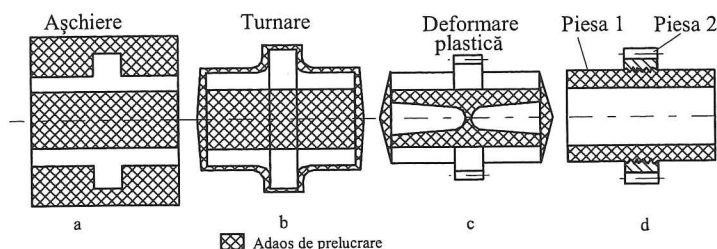


Figura 1.11. Dependența randamentului de utilizare al materialului η_M de procedeul tehnologic:

a - așchiere; b - turnare; c - deformare plastică (matrițare); d - sudare.

Ea se poate realiza în două moduri:

- prin schimbare de stare fizică, incluzând starea lichidă;
- fără schimbare de stare fizică (în stare solidă).

Structura piesei trebuie să asigure proprietățile impuse, fie de procesul de prelucrare, fie de condițiile de exploatare. Ea poate fi deci:

- o *structură de prelucrare*, care să confere materialului o prelucrabilitate optimă;
- o *structură de utilizare*, care să confere materialului proprietățile optime cerute de funcționarea pieselor.

În practică, la multe categorii de materiale metalice este posibil să se modifice structura prin tratamente termice, astfel încât la început ea să fie o structură de prelucrare (obținută de exemplu printr-o recoacere) și, apoi, o structură de utilizare (rezultată de exemplu, în urma unui tratament termic de călire – revenire).

Forma piesei este un element complex și include: configurația, întinderea și poziția reciprocă a suprafețelor care delimitează piesa, dimensiunile și precizia dimensională, gradul de netezime a suprafețelor. Forma piesei se poate obține:

- prin schimbarea stării fizice a materialului piesei (cazul turnării pieselor din materiale metalice lichide);
- prin schimbarea stării chimice simultan cu obținerea compoziției (cazul pieselor din materiale plastice termoreactive);
- prin redistribuirea materialului (cazul prelucrării prin deformare plastică);
- prin aglomerare de pulberi;
- prin îndepărtare de material (cazul prelucrării prin așchiere);
- prin adăugare de material (cazul îmbinării prin sudare, lipire sau cel al metalizării etc.).

1.2.2. Principiul eficienței

Tehnologia trebuie să permită în momentul aplicării ei realizarea nivelului maxim de eficiență pentru care a fost proiectată. În limbaj obișnuit, aceasta înseamnă a produce mai bine, mai repede, mai mult, mai ieftin și la momentul oportun. Aceste trăsături se regăsesc în principalii indicatori de eficiență: costul,