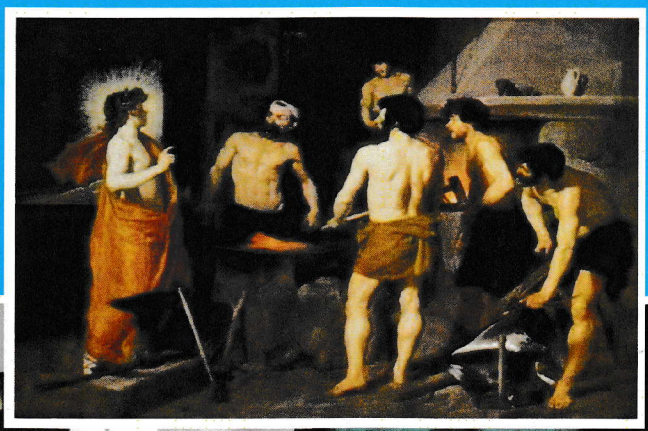
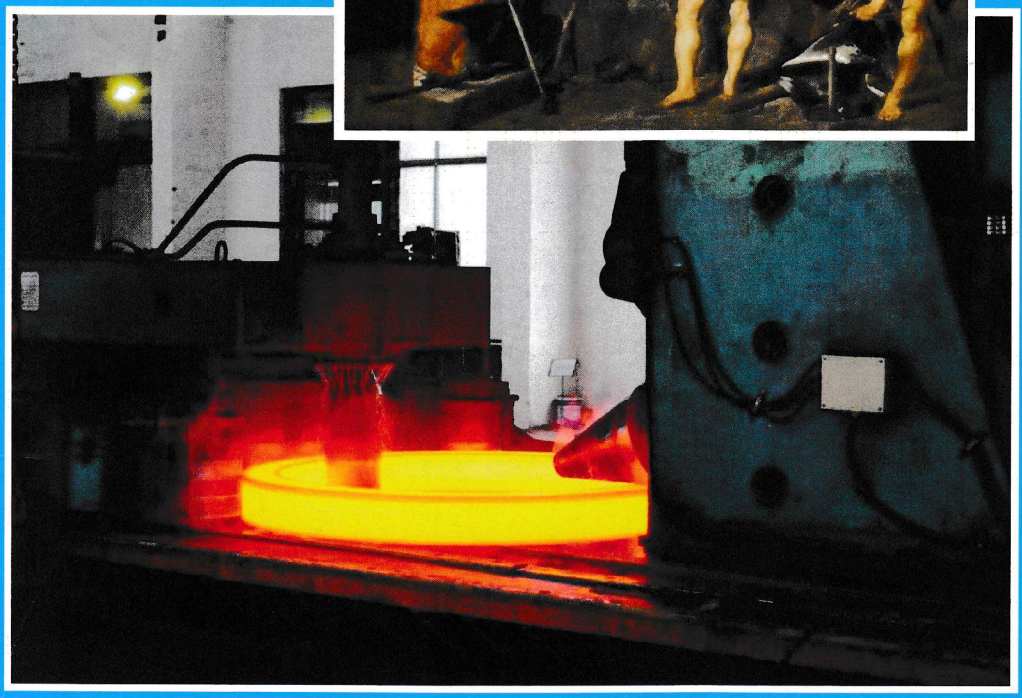
Nicolae CĂNĂNĂU

Dinel TĂNASE

TEHNOLOGIA DEFORMĂRII PLASTICE





GUP

Galati University Press

III 20949 d.21

Prof. dr. ing. NICOLAE CĂNĂNĂU
Conf. dr. ing. DINEL TĂNASE

TEHNOLOGIA DEFORMĂRII PLASTICE



C-290623R

290623



GALATI UNIVERSITY PRESS
2010

Copyright © 2010 Galati University Press
Toate drepturile rezervate. Nicio parte a acestei publicații nu poate fi reprodusă în nicio formă fără acordul scris al editurii.

Colecția *Științe Inginerești*

Galati University Press – Cod CNCSIS 281
Editura Universității "Dunărea de Jos"
Str. Domnească, nr. 47, 800008 – Galați, ROMANIA
Tel. 0336 13 01 39; Fax: 00 40 236 46 13 53
gup@ugal.ro

Referenți științifici:
Prof.dr.ing. Dumitru NICOARĂ
Prof.dr.ing. Viorel MUNTEANU

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
CĂNĂNĂU, NICOLAE
Tehnologia deformării plastice / Nicolae Cănănău, Dinel Tănase. - Galați : Galați University Press, 2010
ISBN 978-606-8008-72-1

I. Tănase, Dinel

621.97.07:669

Tipărit la Atelierul de multiplicare al Universității "Dunărea de Jos".

CUPRINS

Pag.

1. NOȚIUNI DE TEORIA DEFORMĂRII PLASTICE
1.1 Starea de tensiuni
1.1.1 Starea de tensiuni într-un punct al corpului supus deformării.. 11
1.1.2 Tensiuni principale. Tensiuni pe o suprafață înclinată..... 15
1.1.3 Ecuații diferențiale de echilibru..... 19
1.1.4 Schemele stării de tensiuni..... 22
1.2 Starea de deformare a corpului
1.2.1 Deformații. Starea de deformare..... 23
1.2.2 Legătura dintre deplasări și deformații..... 24
1.2.3 Viteza de deformație..... 27
1.2.4 Relații între tensiuni și deformații..... 27
1.2.5 Lucrul mecanic specific la deformare..... 29
1.2.6 Starea limită. Criteriile plasticității..... 30
1.2.7 Legile deformării plastice..... 32

2. BAZELE FIZICE ALE DEFORMĂRII PLASTICE
2.1 Structura cristalină a materialelor metalice deformabile..... 38
2.2 Deformarea monocristalului ideal
2.2.1 Mecanismele deformării monocristalului ideal..... 39
2.2.2 Tensiunea tangențială critică de alunecare la monocristalul ideal..... 41
2.3 Deformarea monocristalului real
2.3.1 Imperfecțiuni în cristale..... 12
2.3.2 Formarea, gruparea și multiplicarea dislocațiilor..... 44
2.3.3 Interacțiuni ale dislocațiilor..... 45
2.3.4 Legea lui Schmidt la monocristalul real..... 48
2.3.5 Curba de ecruisare la monocristalul real..... 49
2.4 Deformarea materialelor metalice tehnice (policristaline)..... 50
2.5 Influența deformării asupra structurii și proprietăților materialelor metalice
2.5.1 Noțiuni generale..... 52
2.5.2 Influența deformării la rece asupra structurii și proprietăților. 53
2.5.3 Influența deformării la cald asupra structurii și proprietăților. materialelor metalice 54
2.6 Comportarea la deformare a materialelor metalice
2.2.1 Clasificarea materialelor după caracterul comportării la deformare..... 56
2.6.2 Definiția și indicatorii comportării la deformare..... 57
2.6.3 Comportarea la deformarea la rece. Curbe de ecruisare..... 58
2.6.4 Comportarea la deformarea la cald a materialelor metalice.... 58

2.6.5 Efectul termic al deformării plastice 61

3. REGIMUL TERMIC AL DEFORMĂRII PLASTICE
3.1 Diagrama temperaturii la deformarea la cald a materialelor metalice 63
3.2 Încălzirea materialelor metalice pentru deformare
3.2.1 Parametrii regimului de încălzire 64
3.2.2 Moduri de încălzire 69
3.2.3 Încălzirea şi răcirea semifabricatului în timpul deformării ... 70
3.2.4 Stabilirea parametrilor regimului de încălzire 72
3.3 Răcirea semifabricatelor după deformare 76
3.4 Fenomene nefavorabile produse la încălzire 77

4. TEHNOLOGIA LAMINĂRII
4.1 Noţiuni generale 79
4.2 Semifabricate şi produse laminate 81
4.3 Pregătirea semifabricatelor pentru laminare
4.3.1 Controlul şi curăţirea semifabricatelor 82
4.3.2 Încălzirea semifabricatelor pentru laminare 84
4.3.3 Răcirea produselor laminate 84
4.4 Bazele teoretice ale laminării cu avans longitudinal
4.4.1 Elemente geometrice ale zonei de deformare la laminare 85
4.4.2 Forţe în zona de deformare la laminare. Condiţia de prindere .. 87
4.4.3 Lăţirea la laminare 90
4.4.4 Avansul şi întârzierea la laminare 92
4.4.5 Stabilirea forţei la laminare 95
4.4.6 Calculul momentului şi puterii la laminare 103
4.4.7 Ciclul de laminare. Diagrama de variaţie a momentului 105
4.5 Elemente de construcţia şi funcţionarea laminoarelor
4.5.1 Construcţia şi funcţionarea laminorului 107
4.5.2 Clasificarea laminoarelor 110
4.6. Noţiuni de calibrare
4.6.1 Noţiuni generale 116
4.6.2 Elementele geometrice ale unui calibru 118
4.6.3 Sisteme de calibrare 120
4.6.4 Principii de calculul calibrelor 122
4.7 Procesul tehnologic al laminării
4.7.1 Aspecte generale privind tehnologia fabricaţiei produselor laminate 132
4.7.2 Exemple de procese şi fluxuri tehnologice de laminare 134
4.8 Tehnologia laminării ţevilor
4.8.1 Generalităţi 150

4.8.2 Perforarea semifabricatului 151
4.8.3 Laminarea eboşei 156
4.8.3.1 Procedeul Stiefel de laminare a ţevilor 157
4.8.3.2 Procedeul Pilger de laminare a ţevilor 159
4.8.3.3 Laminarea ţevilor la laminor cu trei cilindri (procedeul Assel) 161
4.8.3.4 Producerea ţevilor pe linii cu banc împingător (procedeul Sossbank) 163
4.8.3.5 Principii de proiectare a tehnologiei de laminare a ţevilor (procedeul Stiefel). 165
4.9 Particularităţile laminării oţelurilor aliate şi aliajelor neferoase
4.9.1 Particularităţile laminării oţelurilor aliate 167
4.9.2 Particularităţile laminării metalelor şi aliajelor neferoase 168
4.10 Defectele şi controlul calităţii produselor laminate 170

5. TEHNOLOGIA TRAGERII ŞI TREFILĂRII
5.1 Noţiuni generale 175
5.2 Scule de tragere-trefilare 178
5.3 Semifabricate şi produse trase şi trefilate 180
5.4 Utilaje de tragere şi trefilare 180
5.5 Procesul tehnologic al tragerii şi trefilării 183
5.6 Defectele produselor trase şi trefilate 188

6. TEHNOLOGIA FORJĂRII
6.1. Noţiuni generale 189
6.2 Semifabricate destinate forjării
6.2.1 Materiale forjabile şi tipuri de semifabricate 189
6.2.2 Recepţia şi pregătirea semifabricatelor pentru forjare 196
6.3 Operaţii de forjare liberă
6.3.1 **Refularea** 197
6.3.1.1 Generalităţi 197
6.3.1.2 Neuniformitatea deformaţiei la refulare 198
6.3.1.3 Stabilirea forţei la refulare 200
6.3.1.4 Alegerea utilajului de deformare la refulare 205
6.3.1.5 Scule de refulare 206
6.3.2 **Întinderea** prin forjare 207
6.3.2.1 Generalităţi 207
6.3.2.2 Variante de întindere prin forjare 208
6.3.2.3 Gradul de deformare la întindere. Coroiajul. Stabilirea numărului de treceri 214
6.3.2.4 Dimensiunile semifabricatului la întindere Neuniformitatea deformaţiei 215

6.3.2.5 Forța și energia de deformare la întinderea prin forjare..... 220
6.3.2.6 Alegerea utilajului la întinderea prin forjare..... 221
6.3.2.7 Numărul de curse și timpul de forjare..... 222
6.3.2.8 Recomandări tehnologice la întinderea prin forjare..... 223
6.3.3 **Găurirea** prin forjare..... 225
6.3.3.1 Generalități. Variante de găurire prin forjare..... 225
6.3.3.2 Starea de tensiuni și de deformare la găurire..... 227
6.3.3.3 Calculul forței la găurire..... 229
6.3.3.4 Modificarea dimensiunilor semifabricatului la găurire..... 230
6.3.4 **Îndoirea** prin forjare..... 231
6.3.4.1 Noțiuni introductive. Variante de îndoire..... 231
6.3.4.2 Tensiuni și deformații la îndoire..... 234
6.3.4.3 Raza minimă la îndoire..... 237
6.3.4.4 Momentul eforturilor interioare la îndoire..... 238
6.3.4.5 Tensiuni remanente la îndoire..... 240
6.3.4.6 Stabilirea forței la îndoire..... 240
6.3.5 **Răsucirea** prin forjare..... 242
6.3.5.1 Noțiuni introductive..... 242
6.3.5.2 Unghiul de răsucire maxim..... 243
6.3.5.3 Momentul eforturilor interioare la răsucire..... 244
6.3.5.4 Tensiuni remanente la răsucire..... 245
6.3.5.5 Forța la răsucire..... 246
6.3.6 **Tăierea** prin forjare..... 247
6.3.6.1 Generalități..... 247
6.3.6.2 Principii pentru calculul forței la operația de tăiere..... 249
6.3.7 **Sudarea** prin forjare..... 253
6.4 Utilaje pentru forjarea liberă
6.4.1 Generalități..... 254
6.4.2 Tipuri de ciocane..... 256
6.4.3 Prese hidraulice..... 261
6.4.4 Scule, dispozitive și utilaje auxiliare..... 264
6.5 Procese tehnologice de forjare liberă
6.5.1 Variante de tehnologii de forjare liberă..... 268
6.5.2 Particularități ale forjării oțelurilor speciale..... 273

7. FORJAREA ÎN MATRIȚĂ
7.1 Noțiuni introductive
7.1.1 Principiul matrițării..... 279
7.1.2 Clasificarea matrițării..... 281
7.2 Elemente de structura matriței..... 281
7.3 Noțiuni de teoria matrițării
7.3.1 Stabilirea dimensiunilor pragului canalului de bavură..... 286

7.3.2 Stabilirea forței la matrițare 290
7.3.3 Rezistența la deformare la forjarea în matriță..... 296
7.3.4 Stabilirea lucrului mecanic la matrițare..... 298
7.4 Stabilirea piesei matrițate și a semifabricatului inițial
7.4.1 Stabilirea desenului piesei matrițate..... 299
7.4.2 Stabilirea semifabricatului de pornire..... 300
7.4.3 Stabilirea fazelor de deformare la matrițare..... 302
7.5 Mașini și utilaje de matrițare
7.5.1 Ciocane și prese de matrițare..... 305
7.5.2 Mașini și utilaje speciale de matrițare..... 310
7.6 Matrițarea la ciocane
7.6.1 Clasificarea pieselor matrițate la ciocane..... 318
7.6.2 Forme și dimensiuni ale locașurilor de matrițare..... 320
7.6.2.1 Locașuri finisoare și preliminare..... 320
7.6.2.2 Locașuri pregătitoare..... 321
7.6.3 Amplasarea locașurilor în matriță..... 325
7.6.4 Ghidarea și centrarea matrițelor..... 326
7.6.5 Dimensionarea matrițelor..... 328
7.6.6 Alegerea ciocanului de matrițare..... 329
7.7 Matrițarea la prese
7.7.1 Matrițarea la prese cu excentric și manivelă..... 330
7.7.2 Matrițarea la prese hidraulice..... 336
7.7.3 Matrițarea la presele de fricțiune..... 339
7.8 Matrițarea la mașini de forjat orizontal
7.8.1 Generalități..... 342
7.8.2 Condiții pentru refularea la mașina de forjat orizontal..... 344
7.8.3 Stabilirea fazelor de matrițare..... 346
7.8.4 Locașuri la matrițarea pe mașina de forjat orizontal..... 348
7.8.5 Amplasarea locașurilor în blocul de matriță..... 352
7.9 Operații ulterioare matrițării
7.9.1 Debavurarea și perforarea pieselor matrițate..... 355
7.9.2 Curățirea, îndreptarea și calibrarea pieselor matrițate..... 356
7.9.3 Tratamentul termic al pieselor forjate și matrițate..... 358
7.9.4 Controlul calității pieselor forjate și matrițate..... 359
7.10 Deformarea plastică severă..... 362
7.10.1 Metode de deformare plastică severă..... 362
7.10.2. Influența SPD asupra structurii și proprietăților..... 367
7.11 Exploatarea matrițelor..... 370
7.12 Organizarea tehnologică a sectoarelor de forjare și matrițare..... 373
8. TEHNOLOGIA EXTRUZIUNII
8.1 Noțiuni generale..... 375
8.2 Noțiuni de teoria extrudării..... 378

8.2.1 Starea de tensiuni şi deformare la extrudare..... 378
8.2.2 Stabilirea forţei la extrudare..... 379
8.3 Echipamente şi utilaje de extrudare
8.3.1 Elementele active ale dispozitivelor de extrudare..... 387
8.3.2 Utilaje de extrudare..... 390
8.4 Procesul tehnologic al extrudării
8.4.1 Extrudarea la cald a profilelor..... 393
8.4.2 Extrudarea la cald a pieselor..... 396
8.4.3 Obţinerea prin extrudare la rece a pieselor..... 397

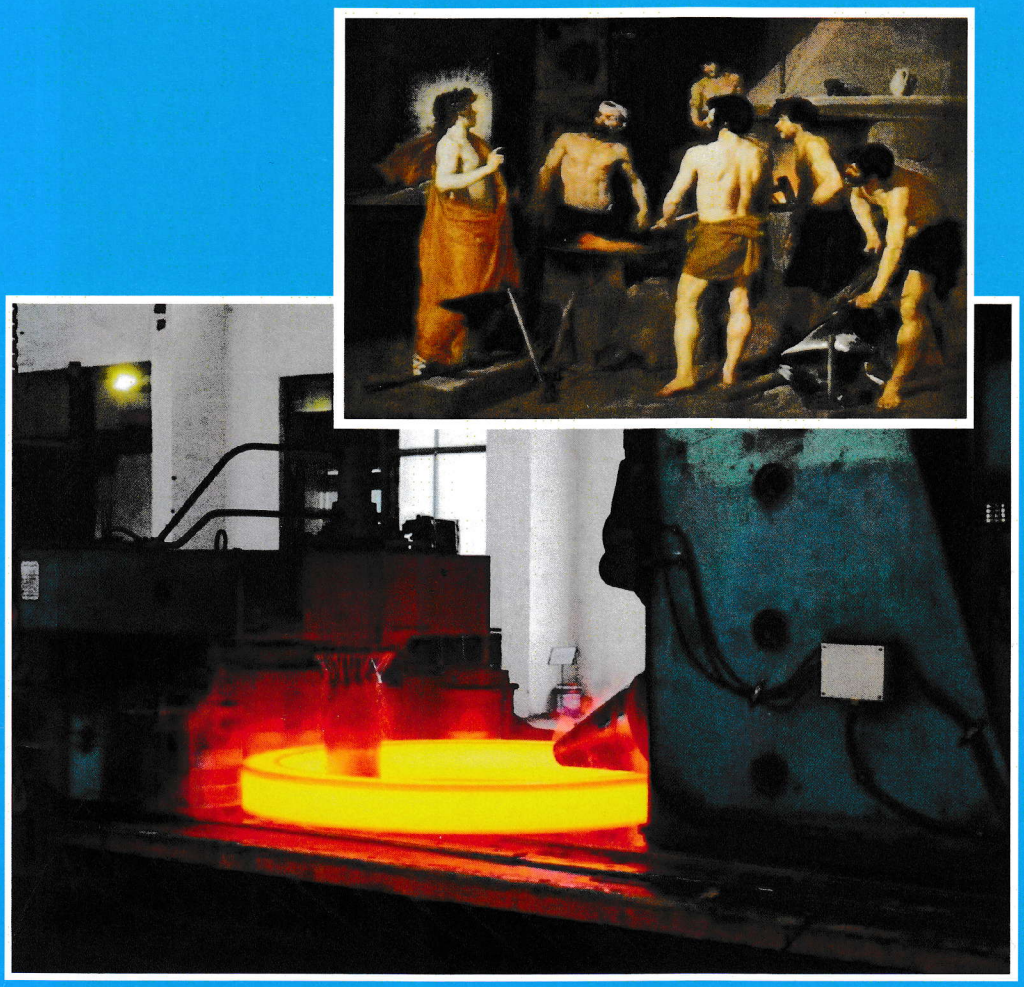
9. TEHNOLOGIA PRELUCRĂRII PIESELOR DIN TABLE ŞI BENZI (Ştanţare şi matriţare)
9.1 Operaţii de ştanţare şi matriţare
9.1.1 Operaţii de tăiere..... 401
9.1.2 Operaţii de îndoire şi răsucire..... 403
9.1.3 Ambutisarea..... 404
9.1.4 Operaţii de fasonare..... 405
9.1.5 Operaţii de asamblare prin presare..... 406
9.2 Noţiuni teoretice asupra operaţiilor de ştanţare şi matriţare
9.2.1 Noţiuni teoretice asupra tăierii..... 407
9.2.2 Noţiuni teoretice asupra îndoirii..... 411
9.2.3 Noţiuni teoretice asupra ambutisării..... 413
9.3 Ştanţe şi matriţe
9.3.1 Clasificarea ştanţelor şi matriţelor..... 421
9.3.2 Exemple de ştanţe şi matriţe..... 421
9.3.4 Elementele active ale ştanţelor şi matriţelor..... 427
9.4 Utilaje pentru prelucrarea prin ştanţare şi matriţare..... 428
9.5 Principii de proiectare a tehnologiei de ştanţare şi matriţare..... 433

BIBLIOGRAFIE 443

Nicolae CĂNĂNĂU

Dinel TĂNASE

TEHNOLOGIA DEFORMĂRII PLASTICE



Galati University Press