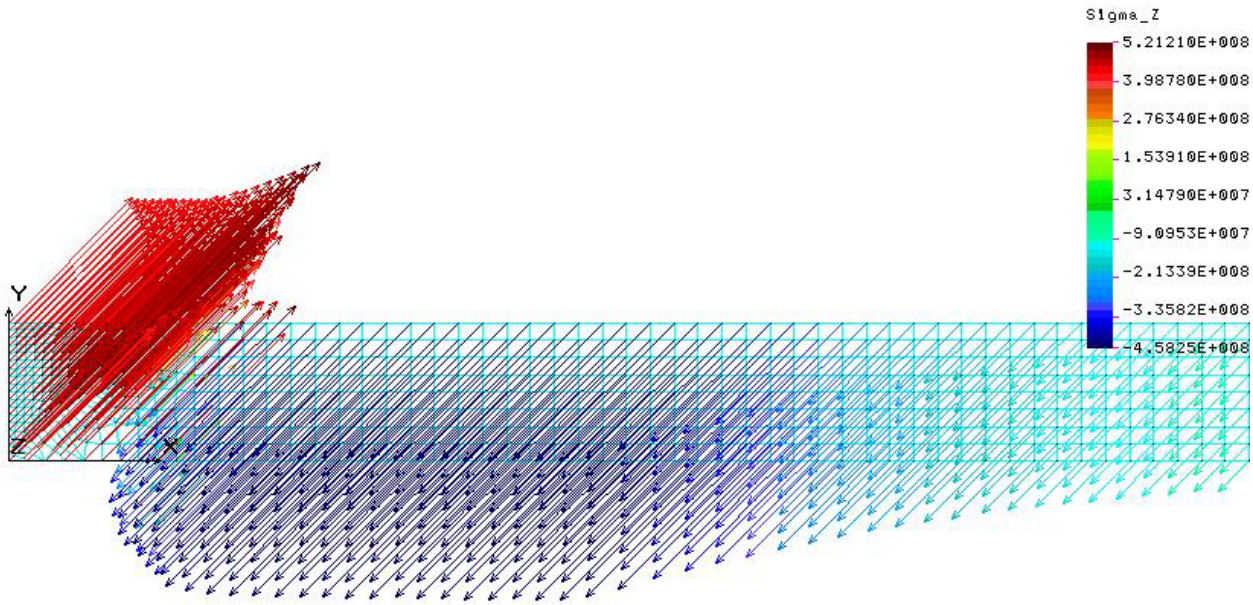
CICLURI TERMO-MECANICE ÎN ÎMBINĂRILE SUDATE

Octavian MIRCEA



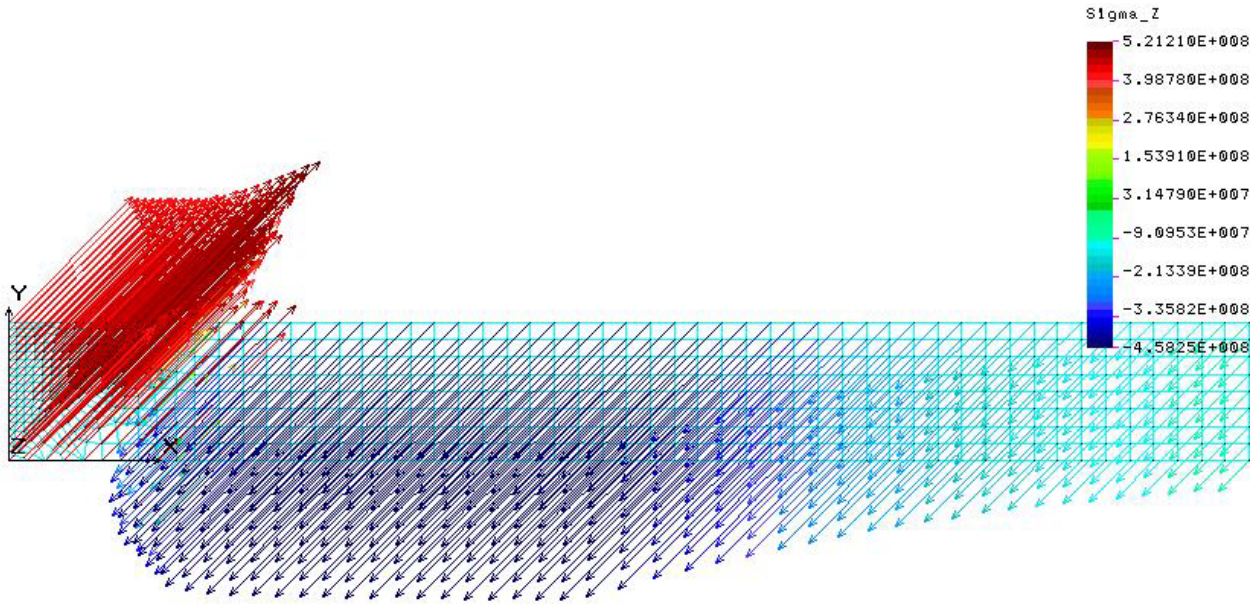
Editura Fundatiei Universitare
„Dunărea de Jos" Galați, 2007

UNIVERSITATEA „DUNĂREA DE JOS” DIN GALAȚI
FACULTATEA DE MECANICĂ

Editura Fundației Universitare „Dunărea de Jos” din Galați
este acreditată CNCSIS

Revizia Ştiințifică:

Prof. Dr. Ing. Emil CONSTANTIN



Editura Fundatiei Universitare
„Dunărea de Jos” Galați, 2007
ISBN 978-973-627-386-5

www.editura.ugal.ro
editura@ugal.ro

CUPRINS

INTRODUCERE..... 4
1. CICLURI TERMICE LA SUDARE
1.1. Surse de căldură la sudare..... 5
1.1.1. Importanța studierii câmpurilor termice la sudare..... 5
1.1.2. Tipuri de surse termice la sudare..... 5
1.1.3. Puterea surselor termice pentru sudare 7
1.2. Legi de propagare a căldurii..... 9
1.2.1. Legea conducției căldurii..... 9
1.2.2. Legea transferului de căldură prin convecție..... 10
1.2.3. Legea transferului de căldură prin radiație..... 10
1.2.4. Ecuația câmpului de conducție a căldurii..... 11
1.2.5. Condiții inițiale şi la limită..... 12
1.2.6. Valorile caracteristicilor termice de material..... 12
1.3. Simplificări ale modelului geometric şi ale aportului de căldură..... 16
1.3.1. Simplificări ale geometriei..... 16
1.3.2. Simplificări spațiale ale sursei de căldură..... 17
1.4. Câmpuri termice globale..... 24
1.4.1. Surse momentane staționare..... 24
1.4.2. Surse deplasabile..... 27
1.4.3. Sursele cu distribuție gaussiană..... 32
1.4.4. Surse de mare putere cu deplasare rapidă..... 34
1.4.5. Saturarea cu căldură şi egalizarea temperaturi..... 36
1.4.6. Efectul dimensiunilor finite..... 39
1.5. Concluzii..... 41
2. DEFORMAȚII ŞI TENSIUNI REZIDUALE.
2.1 Câmpul elastic de tensiune termică..... 43
2.2. Câmpul de tensiune termică elastoplastic..... 46
2.3. Ecuațiile de bază ale termomecanicii..... 48
2.4. Valorile caracteristicilor termomecanice ale materialului..... 52
2.5. Geneza tensiunilor remanente..... 61
2.5.1. Deformații la încălzirea şi răcirea unei bare. Trasarea diagramei termomecanice ε-T..... 63
2.5.2. Deformații la încălzirea şi răcirea unei plăci cu crestături..... 67
2.5.3. Formarea deformațiilor şi tensiunilor în îmbinarea sudată..... 73
2.6. Metode de calcul a tensiunilor remanente..... 75
2.6.1. Metoda de calcul a lui Nikolaev..... 75
2.6.2. Metoda de calcul a lui Trociun..... 79
2.7.Concluzii..... 83
3. MODELAREA CÂMPULUI TERMIC CU ELEMENTE FINITE
3.1. Introducere. Noțiuni generale..... 85
3.2. Utilizarea elementelor finite în transferul termic..... 88
3.3. Câmpul termic pentru o îmbinare sudată cap la cap folosind modelarea cu elemente finite utilizând o sursă staționară..... 93

3.3.1 Date utilizate în analiza cu element finit a câmpului termic……..... 94
3.3.2. Cicluri termice teoretice……..... 99
3.4. Termografirea îmbinării sudate……..... 111
3.4.1. Generalități despre termografia în infraroşu……..... 111
3.4.2. Emisivitatea materialelor……..... 114
3.5. Cicluri termice termografiate……..... 115
3.6. Curbe de eroare…… ……..... 118
3.7. Concluzii……..... 119
4. MODELAREA STĂRII DE TENSIUNI ŞI DEFORMAȚII DIN ÎMBINĂRILE SUDATE
4.1. Considerații teoretice şi ipoteze de calcul……..... 121
4.2. Distribuția şi variația tensiunilor, deformațiilor,deplasărilor şi deformatelor pentru modelarea cu caracteristici de material constante……..... 121
4.2.1. Tensiuni normale pe direcție transversală pe cordon……... 121
4.2.2. Tensiuni tangențiale pe direcție transversală pe cordon. …… 126
4.2.3. Deplasarea pe direcția x……..... 128
4.2.4. Deplasarea pe direcția y……..... 130
4.2.5. Deformația termică transversală…… 132
4.2.7. Deformația plastică …… 133
4.2.9. Deformația totală pe direcția x……..... 135
4.2.10. Deformația totală pe direcția y……..... 136
4.3. Distribuția şi variația tensiunilor, deformațiilor, deplasărilor şi deformatelor în cazul modelării cu caracteristici de material variabile cu temperatura……..... 137
4.3.1. Generalități……..... 137
4.3.2. Tensiuni normale pe direcție transversală pe cordon ……... 139
4.3.3. Tensiuni tangențiale pe direcție transversală pe cordon ……. 140
4.3.4. Deformația termică transversală……... 141
4.3.5. Deformația plastică ……..... 142
4.3.6. Deformația totală pe direcția x……..... 143
4.3.7. Deformația totală pe direcția y……..... 143
4.4. Concluzii……..... 144
5. SIMULAREA CICLURILOR TERMICE
5.1 Tehnica experimentală……..... 146
5.1.1. Stabilirea tehnologiei de sudare……..... 146
5.1.2. Încercările mecanice……..... 148
5.1.2.a. Încercarea de tracțiune……..... 148
5.1.2.b. Încercarea de rupere la încovoiere prin şoc……..... 148
5.1.2.c. Încercarea de duritate……..... 149
5.1.2.d. Analiza macroscopică……..... 151
5.1.2.e. Analiza microscopică……..... 151
5.2. Standuri de simulare……..... 152
5.2.1. Stand cu încărcare monoaxială şi reacție controlată……..... 152
5.2.2. Stand cu încărcare biaxială controlată……..... 160
5.3. Metodica de simulare……..... 163
5.4. Etalonarea termograf termocuplu……..... 164
5.5. Determinări experimentale la simularea pe stand……..... 166
5.5.1. Încercarea la tracțiune……..... 171
5.5.2. Încercarea de duritate……..... 173
5.5.3. Analiza microscopică……..... 174
5.6. Concluzii……..... 174

6. STUDIUL COMPARATIV AL STĂRII DE TENSIUNI ŞI DEFORMAȚII DIN ÎMBINAREA REALĂ ÎN RAPORT CU TENSIUNILE ŞI DEFORMAȚIILE DETERMINATE EXPERIMENTAL
6.1. Cicluri termice teoretice şi termografiate în puncte şi zone ale îmbinării sudate studiate……..... 176
6.2. Tensiuni şi deformații teoretice şi experimentale 180
6.3. Concluzii……..
7. ANALIZA PROPRIETĂȚILOR ÎMBINĂRII SUDATE PRIN SIMULARE PE EPRUVETE UNIDIRECȚIONALE
7.1. Compararea valorilor durității pe epruvete experimentale şi de simulare……..... 183
7.2. Asimilarea caracteristicilor mecanice şi de plasticitate ale îmbinării sudate pe baza rezultatelor obținute pe epruvetele de simulare…… 187
7.3. Concluzii……..
BIBLIOGRAFIE……... 190