

Vlad Andrei CIUBOTARIU

**TABLE METALICE SUDATE PENTRU
COMPONENTELE AMBUTISATE LA RECE**

**ALMA MATER Bacău
2019**

CUPRINS

INTRODUCERE	7
CAPITOLUL 1	11
1. Stadiul actual al cercetărilor privind influența cordonului de sudură asupra calității și preciziei pieselor realizate prin ambutisare din table metalice sudate	
1.1. Aspecte generale privind deformarea tablelor metalice	
1.1.1. Generalități privind procesele de deformare plastică a tablelor metalice	11
1.1.2. Principiul și mecanica proceselor de deformare plastică la rece	12
1.1.2.1. Procesul de îndoire	12
1.1.2.2. Procesul de ambutisare	13
1.1.3. Factori de influență ai preciziei procesului de deformare a tablelor metalice	15
1.1.4. Concluzii privind procesul de deformare a tablelor metalice	16
1.2. Fenomene de instabilitate a formei și dimensiunilor pieselor obținute prin deformare plastică la rece a tablelor metalice	
1.2.1. Fenomenul de revenire elastică	16
1.2.2. Fenomenul de cutare	22
1.2.3. Fenomenul de gătuire	24
1.3. Problematika fabricării și utilizării tablelor metalice sudate	
1.3.1. Cerințe și particularități ale semifabricatelor din table metalice sudate	25
1.3.2. Principiul constructiv și structura semifabricatelor din table metalice sudate	26
1.3.3. Factori de influență privind sudabilitatea tablelor metalice	26
1.3.4. Procedee specifice și caracteristici principale ale sudării tablelor metalice	27
1.3.5. Defecte întâlnite frecvent la sudarea tablelor metalice	31
1.4. Domenii și modalități de utilizare a semifabricatelor din table metalice sudate	
1.4.1. Premisele apariției și domeniile de utilizare a tablelor metalice sudate	32
1.4.2. Tipuri de îmbinare a tablelor metalice sudate	33
1.4.3. Proprietăți mecanice și de deformabilitate a tablelor metalice sudate	36
1.4.3.1. Proprietățile mecanice	36
1.4.3.2. Duritatea	39
1.4.3.3. Proprietățile de deformabilitate ale tablelor metalice sudate	39
1.4.4. Fenomene specifice deformării tablelor metalice sudate	41
1.4.4.1. Curgerea materialelor	41
1.4.4.2. Controlul curgerii materialului	42
1.4.4.3. Fenomenul de revenire elastică în cazul tablelor metalice sudate	43
1.4.4.4. Distribuția tensiunilor și deformațiilor	45
1.4.5. Avantajele și dezavantajele utilizării tablelor metalice sudate	46
1.4.6. Concluzii privind problematica fabricării și utilizării tablelor metalice sudate	47
1.4.7. Concluzii privind proprietățile mecanice și de deformabilitate ale tablelor metalice sudate....	47
CAPITOLUL 2	49
2. Obiective și etape de realizare ale studiului	
2.1. Considerente importante pentru stabilirea obiectivelor	49
2.2. Obiective și etape urmărite în realizarea studiului	50

CAPITOLUL 3

3. Cercetări experimentale privind caracteristicile mecanice și de deformabilitate ale cordonului de sudură, materialelor de bază și ale ansamblului sudat

3.1. Analiza influenței cordonului de sudură asupra caracteristicilor mecanice ale tablelor metalice sudate

3.1.1. Materialele utilizate	53
3.1.2. Analiza pe baza testul de întindere uniaxială	53
3.1.2.1. Condiții de experimentare	53
3.1.2.2. Rezultatele testului de întindere uniaxială	55
3.1.2.3. Analiza rezultatelor	56
3.1.3. Analiza caracteristicilor mecanice ale cordonului de sudură obținute teoretic și experimental	57
3.1.3.1. Determinarea teoretică a curbelor tensiuni / deformații pentru cordonul de sudură	57
3.1.3.2. Determinarea experimentală a curbelor tensiuni / deformații pentru cordonul de sudură	59
3.1.3.3. Analiza comparativă a rezultatelor privind cordonul de sudură și ansamblul sudat	59
3.1.3.4. Analiza rezultatelor privind caracteristicile mecanice ale cordonului de sudură	60
3.1.4. Analiza caracteristicilor mecanice ale tablelor metalice sudate obținute prin simularea testului de întindere uniaxială	61
3.1.5. Analiza fenomenului de rupere în cazul testului de întindere uniaxiale	63
3.2. Analiza influenței cordonului de sudură asupra caracteristicilor de deformabilitate ale tablelor metalice sudate	
3.2.1. Curbele limită de deformare (CLD)	64
3.2.2. Metodologia de obținere și realizare a curbelor limită de deformare	65
3.2.3. Analiza rezultatelor obținute	68
3.2.3.1. Rezultatele obținute prin utilizarea rețelei de cercuri	68
3.2.3.2. Rezultatele obținute prin utilizarea analizei imaginii	70
3.2.3.3. Analiza comparativă a rezultatelor obținute prin cele două metode	71
3.3. Analiza influenței unor caracteristici ale cordonului de sudură și tablelor metalice sudate asupra comportării acestora la deformare	
3.3.1. Analiza influenței structurii suprafeței cordonului de sudură și a tablelor metalice sudate	73
3.3.2. Analiza influenței variației de temperatură generată în timpul deformării tablelor metalice sudate	77
3.3.3. Analiza influenței variației duriității materialelor în timpul deformării tablelor metalice sudate	80
3.4. Concluzii privind influența cordonului de sudură asupra caracteristicilor mecanice și de deformabilitate ale tablelor metalice sudate	81

CAPITOLUL 4

4. Contribuții teoretice și experimentale privind influența cordonului de sudură asupra caracteristicilor dimensionale ale pieselor cu profil U rectangular, profil V și profil U circular

4.1. Analiza experimentală a influenței cordonului de sudură asupra preciziei dimensionale a pieselor realizate din table metalice sudate

4.1.1. Aspecte generale	84
4.1.2. Echipamentele și aparatura utilizată	85
4.1.3. Condiții și parametri de realizare a încercărilor experimentale	86
4.1.4. Rezultate obținute în urma încercărilor experimentale	87
4.1.4.1. Măsurarea abaterilor dimensionale	87
4.1.4.2. Analiza parametrilor revenirii elastice	91
4.1.5. Concluzii privind rezultatele încercărilor experimentale	94

4.2. Analiza prin simulare a influenței cordonului de sudură asupra preciziei dimensionale a pieselor realizate din table metalice sudate	
4.2.1. Platforma software ETA/Dynaform® – prezentare	95
4.2.2. Metodologia de simulare și rezultatele obținute în urma simulării procesului de obținere a pieselor cu profil U rectangular, profil V și profil U circular	96
4.2.2.1. Modelul geometric utilizat	96
4.2.2.2. Rezultatele obținute prin simulare	97
4.2.2.2.1. Rezultatele obținute prin simulare utilizând forța de reținere de 45 kN	98
4.2.2.2.2. Rezultatele obținute prin simulare utilizând forța de reținere de 60 kN	103
4.2.2.2.3. Rezultatele obținute prin simulare utilizând forța de reținere de 75 kN	108
4.2.2.3. Analiza comparativă a distribuției tensiunilor echivalente din cordonul de sudură față de tablele metalice omogene din componența ansamblului sudat	112
4.2.2.4. Analiza comparativă a variației grosimii cordonului de sudură în funcție de forțele de reținere și profilul piesei obținute	116
4.3. Concluzii privind influența cordonului de sudură asupra caracteristicilor dimensionale a pieselor ambutisate cu profil U rectangular, V și profil U circular	
4.3.1. Concluzii privind rezultatele cercetărilor experimentale	117
4.3.2. Concluzii privind rezultatele cercetărilor prin simulare	118
4.3.2.1. Concluzii privind utilizarea forței de reținere de 45 kN	118
4.3.2.2. Concluzii privind utilizarea forței de reținere de 60 kN	119
4.3.2.3. Concluzii privind utilizarea forței de reținere de 75 kN	120
CAPITOLUL 5	121
5. Cercetări teoretice și experimentale privind influența cordonului de sudură asupra caracteristicilor de rezistență ale unor componente realizate din piese obținute prin ambutisarea tablelor metalice sudate	
5.1. Noțiuni generale privind rezistența la solicitările cvasi-stactice și dinamice a structurilor tubulare realizate din table metalice subțiri	
5.1.1. Comportamentul structurilor tubulare cu pereți subțiri la solicitările cvasi-stactice și dinamice cu șoc	121
5.1.2. Deformarea structurilor tubulare cu pereți subțiri și absorbția de energie	124
5.2. Analiza experimentală a comportamentului structurilor tubulare cu pereți subțiri realizate din table metalice sudate	
5.2.1. Metodologia de testare și echipamentele utilizate	127
5.2.2. Analiza structurilor tubulare realizate din table metalice omogene	127
5.2.2.1. Rezultatele testelor experimentale privind solicitările cvasi-stactice	128
5.2.2.1.1. Structuri realizate prin sudare în puncte la un interval de 20 mm	129
5.2.2.1.2. Structuri realizate prin sudare în puncte la un interval de 10 mm	130
5.2.2.1.3. Structuri realizate prin lipirea cu soluție adezivă cu polimeri modificați	132
5.2.2.1.4. Structuri realizate prin nituire cu două elemente de prindere	133
5.2.2.2. Rezultatele testelor experimentale privind solicitările dinamice cu șoc	135
5.2.2.2.1. Structuri realizate prin sudare în puncte la un interval de 20 mm	136
5.2.2.2.2. Structuri realizate prin sudare în puncte la un interval de 10 mm	137
5.2.2.2.3. Structuri realizate prin lipirea cu soluție adezivă cu polimeri modificați	139
5.2.2.2.4. Structuri realizate prin nituire cu două elemente de prindere	140
5.2.3. Analiza structurilor realizate din table metalice sudate	143
5.2.3.1. Rezultatele testelor experimentale în cazul solicitărilor cvasi-stactice	143
5.2.3.2. Rezultatele testelor experimentale privind solicitările dinamice cu șoc	145
5.3. Concluzii privind caracteristicile de rezistență ale structurilor tubulare realizate din table metalice omogene	150
5.4. Concluzii privind caracteristicile de rezistență ale structurilor tubulare realizate din table metalice sudate	151

5.5. Concluzii privind influența cordonului de sudură asupra caracteristicilor de rezistență ale structurilor tubulare realizate din table metalice sudate	151
CAPITOLUL 6	153
6. Contribuții teoretice și experimentale privind diminuarea influenței negative a cordonului de sudură asupra preciziei dimensionale și rezistenței pieselor realizate din table metalice sudate	
6.1. Etape, condiții principale de aplicare și rezultate ale aplicării metodei Taguchi pentru determinarea parametrilor optimali ai procesului de obținere a pieselor realizate din table metalice sudate	
6.1.1. Etape și condiții de aplicare	153
6.1.2. Aplicarea metodei Taguchi cu matrice ortogonală de tipul 2^3	155
6.1.2.1. Aplicarea metodei pentru piesele cu profil U rectangular	155
6.1.2.1.1. Selectarea factorilor de influență ai procesului de deformare	155
6.1.2.1.2. Întocmirea planului experimental și stabilirea funcțiilor de dependență	156
6.1.2.1.3. Determinarea parametrilor dimensionali optimi ai sculelor	160
6.1.2.2. Aplicarea metodei pentru piesele cu profil V	161
6.1.2.2.1. Selectarea factorilor de influență ai procesului de deformare	161
6.1.2.2.2. Întocmirea planului experimental și stabilirea funcțiilor de dependență	163
6.1.2.2.3. Determinarea parametrilor dimensionali optimi ai sculelor	167
6.1.2.3. Aplicarea metodei pentru piesele cu profil U circular	168
6.1.2.3.1. Selectarea factorilor de influență ai procesului de deformare	168
6.1.2.3.2. Întocmirea planului experimental și stabilirea funcțiilor de dependență	169
6.1.2.3.3. Determinarea parametrilor dimensionali optimi ai sculelor	173
6.2. Etape, condiții principale de aplicare și rezultate ale aplicării Algoritmilor Genetici pentru determinarea parametrilor optimali de rezistență ai structurilor tubulare realizate din table metalice sudate	174
6.2.1. Utilizarea Algoritmilor Genetici pentru îmbunătățirea comportamentului structurilor tubulare realizate din table metalice sudate la solicitări dinamice cu șoc	175
6.2.2. Rularea Algoritmului Genetic	176
6.2.3. Validarea rezultatelor	179
6.3. Concluzii privind aplicarea metodelor Taguchi și Algoritmi Genetici în cazul deformării tablelor metalice sudate	
6.3.1. Concluzii privind aplicarea metodei Taguchi	180
6.3.2. Concluzii privind aplicarea Algoritmilor Genetici	183
CAPITOLUL 7	184
7. Concluzii generale, contribuții originale și direcții viitoare de studiu	
7.1. Concluzii generale	
7.1.1. Concluzii privind stadiul actual al cercetărilor referitoare la influența cordonului de sudură asupra caracteristicilor de calitate și precizie a pieselor ambutisate realizate din table metalice sudate....	184
7.1.2. Concluzii privind influența cordonului de sudură asupra caracteristicilor mecanice și de deformabilitate ale tablelor metalice sudate	185
7.1.3. Concluzii privind influența cordonului de sudură asupra caracteristicilor de calitate ale pieselor cu profil U rectangular, profil V și profil U circular	187
7.1.3.1. Concluzii privind rezultatele cercetărilor experimentale	187
7.1.3.2. Concluzii privind rezultatele cercetărilor prin simulare	188
7.1.4. Concluzii privind influența cordonului de sudură asupra caracteristicilor de rezistență ale structurilor tubulare realizate din table metalice sudate	189

7.1.5. Concluzii privind aplicarea metodei Taguchi pentru determinarea parametrilor optimali ai procesului de obținere a pieselor realizate din table metalice sudate	190
7.1.6. Concluzii privind aplicarea Algoritmilor Genetici pentru determinarea parametrilor optimali de rezistență a structurilor tubulare realizate din table metalice sudate	192
7.2. Contribuții originale	192
7.3. Direcții viitoare de studiu	194
BIBLIOGRAFIE	195