

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

2^η Έκδοση

Γρηγόρης Ν. Χαϊδεμενόπουλος
Καθηγητής
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 - ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ.....	1
1.1 Η σημασία των συγκολλήσεων.....	1
1.2 Ο σκοπός του βιβλίου	2
1.3 Η επιστήμη και τεχνολογία των συγκολλήσεων με μια ματιά.....	2
1.4 Η δομή του βιβλίου.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 - ΟΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ.....	19
2.1 Συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια (SMAW)	19
2.1.1 Εισαγωγή	19
2.1.2 Βασικές αρχές της μεθόδου	20
2.1.3 Ηλεκτρόδια για συγκολλήσεις χαλύβων.....	20
2.2 Συγκόλληση TIG-GTAW.....	24
2.2.1 Εισαγωγή	24
2.2.2 Συγκόλληση TIG με συνεχές ρεύμα.....	26
2.2.3 Συγκόλληση TIG με εναλλασσόμενο ρεύμα	27
2.2.4 Οι βασικές συνδέσεις στις συγκολλήσεις TIG.....	28
2.2.5 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συγκολλήσεων TIG	30
2.3 Συγκόλληση MIG-GMAW.....	31
2.3.1 Εισαγωγή	31
2.3.2 Μεταφορά μετάλλου κατά τη συγκόλληση MIG	32
2.3.3 Σύρμα συγκόλλησης.....	34
2.4 Συγκόλληση με βυθισμένο τόξο (SAW)	34
2.4.1 Εισαγωγή	34
2.4.2 Χαρακτηριστικά της μεθόδου	34
2.5 Συγκόλληση με σωληνωτά ηλεκτρόδια (FCAW).....	36
2.5.1 Εισαγωγή	36
2.5.2 Βασικά χαρακτηριστικά της μεθόδου.....	36

2.6 Συγκολλήσεις μεσαίων και χαμηλών θερμοκρασιών (Brazing και Soldering)..	36
2.7 Επιλογή μεθοδου συγκόλλησης	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 - ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΣΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ..... 45

3.1 Εισαγωγή	45
3.2 Η θερμότητα που παράγεται από το ηλεκτρικό τόξο	45
3.3 Το πρόβλημα της μετάδοσης θερμότητας.....	47
3.4 Θερμοκρασιακές κατανομές – Λύσεις Rosenthal	50
3.5 Θερμοκρασιακές κατανομές – Παραδείγματα.....	53
3.6 Ρυθμός ψύξης – Λύσεις Adams	58
3.7 Υπολογισμός θερμοκρασιακών κατανομών με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.....	62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 - ΠΑΡΑΜΕΝΟΥΣΕΣ ΤΑΣΕΙΣ 63

4.1 Εισαγωγή	63
4.2 Ισορροπία των παραμενουσών τάσεων	64
4.3 Παραμένουσες τάσεις από εξαναγκασμένη συναρμογή	64
4.4 Παραμένουσες τάσεις από ανομοιόμορφη κατανομή πλαστικών παραμορφώσεων.....	65
4.5 Κατανομές παραμενουσών τάσεων	69
4.6 Παράγοντες που επιδρούν στις παραμένουσες τάσεις.....	73
4.7 Επιδράσεις των παραμενουσών τάσεων στη μηχανική συμπεριφορά.....	74
4.8 Μέτρηση των παραμενουσών τάσεων.....	77
4.8.1 Τεχνικές χαλάρωσης τάσεων	77
4.8.2 Τεχνικές περιθλασιμετρίας.....	81
4.8.3 Τεχνικές ρηγμάτωσης	81
4.9 Έλεγχος και μείωση των παραμενουσών τάσεων.....	81
4.10 Ανάλυση του προβλήματος των τριών ράβδων.....	82

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ 87

5.1 Εισαγωγή	87
5.2 Οι βασικές παραμορφώσεις στις συγκολλήσεις.....	88
5.3 Μεταβατική παραμόρφωση του μετάλλου κατά τη συγκόλληση.....	89
5.4 Εγκάρσια συστολή	91
5.5 Γωνιακή μεταβολή σε συγκολλήσεις συμβολής	96
5.6 Γωνιακή μεταβολή σε αυχενικές συγκολλήσεις	97
5.7 Διαμήκης συστολή και διαμήκης καμπτική παραμόρφωση	102
5.8 Παραμορφώσεις λυγισμού	103
5.9 Περιορισμός των παραμορφώσεων στις συγκολλήσεις.....	105
5.9.1 Έλεγχος των παραμορφώσεων κατά τον σχεδιασμό	105
5.9.2 Μείωση των παραμορφώσεων μετά τη συγκόλληση	107

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 - ΤΟ ΜΕΤΑΛΛΟ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ 109

6.1	Εισαγωγή	109
6.2	Στερεοποίηση μετάλλου συγκόλλησης – Μορφολογία των κόκκων	110
6.3	Προβλήματα που σχετίζονται με τη στερεοποίηση του μετάλλου συγκόλλησης...	120
6.4	Μέταλλο συγκόλλησης ανθρακοχαλύβων (με χαμηλή περιεκτικότητα άνθρακα) και χαμηλά κραματωμένων χαλύβων	127
6.5	Μέταλλο συγκόλλησης των ωστενιτικών ανοξείδωτων χαλύβων	130

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 - Η ΘΕΡΜΟΕΠΗΡΕΑΣΜΕΝΗ ΖΩΝΗ 139

7.1	Εισαγωγή	139
7.2	Η ΘΕΖ στους ανθρακοχάλυβες	141
7.3	Η ΘΕΖ στους χαμηλά κραματωμένους χάλυβες βαφής και επαναφοράς	145
7.4	Μηχανισμοί υποβάθμισης και προσβολής στη ΘΕΖ των χαλύβων	147
7.4.1	Ψυχρή ρηγμάτωση	148
7.4.2	Ρηγμάτωση επαναθέρμανσης	151
7.4.3	Διαστρωματική ρηγμάτωση	153
7.4.4	Εργοδιάβρωση	155
7.4.5	Προσβολή από υδρογόνο σε χαμηλές θερμοκρασίες	156
7.4.6	Προσβολή από υδρογόνο σε υψηλές θερμοκρασίες	158
7.5	Η ΘΕΖ στους ωστενιτικούς ανοξείδωτους χάλυβες – Ευαισθητοποίηση	159
7.6	Η ΘΕΖ στις συγκολλήσεις των κραμάτων αλουμινίου	162

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 - ΑΣΥΝΕΧΕΙΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΜΗ-ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ 169

8.1	Εισαγωγή	169
8.2	Ασυνέχειες των συγκολλήσεων	170
8.3	Μη-καταστρεπτικός έλεγχος των συγκολλήσεων	177
8.3.1	Οπτικός έλεγχος (visual inspection)	177
8.3.2	Έλεγχος με διεισδυτικά υγρά (liquid penetrant inspection)	177
8.3.3	Έλεγχος με μαγνητικά σωματίδια (magnetic particle inspection)	178
8.3.4	Έλεγχος με υπέρηχους (ultrasonic inspection)	180
8.3.5	Έλεγχος με δινορεύματα (Eddy Current Inspection)	181
8.3.6	Ραδιογραφικός έλεγχος (radiographic inspection).....	182

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9 - ΘΡΑΥΣΗ ΚΑΙ ΚΟΠΩΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ 185

9.1	Εισαγωγή	185
9.2	Ψαθυρή θραύση των συγκολλήσεων	186
9.2.1	Αναδρομή σε προηγούμενες αστοχίες από ψαθυρή θραύση	186
9.2.2	Μετάβαση από την όλκιμη στην ψαθυρή συμπεριφορά	190
9.2.3	Στοιχεία από τη μηχανική των θραύσεων	191

9.2.4 Ψαθυρή θραύση των συγκολλήσεων	195
9.2.5 Αντιμετώπιση της ψαθυρής θραύσης στις συγκολλήσεις	197
9.3 Κόπωση στις συγκολλήσεις.....	199
9.3.1 Στοιχεία από την κόπωση των μετάλλων	200
9.3.2 Παράγοντες που επιδρούν στην κόπωση των συγκολλήσεων.....	205
9.3.3 Υπολογισμός διάρκειας ζωής συγκολλητών λεπτομερειών	210
9.3.4 Αντιμετώπιση της κόπωσης στις συγκολλήσεις.....	211
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10 - ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ	213
10.1 Εισαγωγή	213
10.2 Περιγραφή παραμέτρων WPS.....	213
10.3 Ο σκοπός ενός WPS	216
10.4 Πιστοποίηση και έγκριση ενός WPS.....	217
10.5 Πιστοποίηση συγκολλητών.....	218
10.6 Παράδειγμα WPS – PQR – Welder Qualification	218
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	227
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ.....	229