

ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΗΣΕΙΣ ΤΟΞΟΥ

1. Τα είδη των συγκολλήσεων τόξου

Όνομασία (προφορά)	Προσθήκη υλικού με:	Προστασία από την ατμόσφαιρα με:	Επεξηγηματική ονομασία
MMA (εμ-εμ-εί)	Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο	Πάστα, εξωτερικά του ηλεκτροδίου	Συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια
MIG/MAG (μίγκ-μάγκ)	Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο	Προστατευτικό αέριο	Συγκόλληση συμπαγούς σύρματος σε προστατευτική ατμόσφαιρα
FCAW (εφ-σι-άου)	Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο	Πάστα εσωτερικά του ηλεκτροδίου + (ενδεχομένως) προστατευτικό αέριο	Συγκόλληση σωληνωτού σύρματος γεμισμένου με πάστα
TIG (τίγκ)	Ράβδος	Προστατευτικό αέριο	Συγκόλληση με μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο σε προστατευτική ατμόσφαιρα
SAW³ (ζάου)	Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο	Πάστα, σε μορφή χύμα, που πέφτει πάνω στο λουτρό συγκόλλησης	Συγκόλληση βυθισμένου τόξου
PAW⁴ (πάου)	Ράβδος	Προστατευτικό αέριο, μέρος του οποίου είναι σε ιονισμένη μορφή (πλάσμα)	Συγκόλληση πλάσματος

2. Ηλεκτροσυγκολλήσεις με Επενδυμένο Ηλεκτρόδιο (MMA)

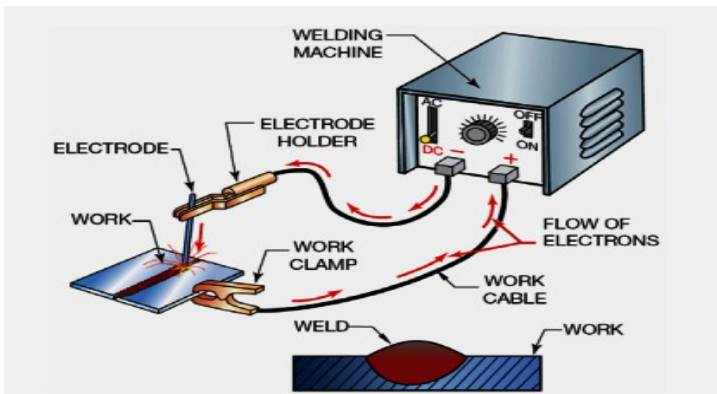
2.1. Περιγραφή συσκευής

Η συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια, είναι χειροκίνητη εργασία. Με την μέθοδο αυτή, η συγκόλληση των μεταλλικών τεμαχίων επιτυγχάνετε με την τήξη μιας μεταλλικής ράβδου που ονομάζεται ηλεκτρόδιο.

Για την εργασία αυτή χρησιμοποιείται μια ειδική συσκευή που ονομάζεται ηλεκτροσυγκόλληση (**Εικόνα 1**).

Η συσκευή αυτή αποτελείται (εξωτερικά) από τα παρακάτω εξαρτήματα:

1. καλώδιο και ακροδέκτη παροχής ηλεκτρικού ρεύματος AC (220V ή 380V)
2. καλώδιο και δαγκάνα γείωσης
3. καλώδιο και τσιμπίδα ηλεκτροδίου (DC ή AC)
4. διακόπτη on – off
5. ρυθμιστή έντασης ρεύματος εξόδου
6. λυχνία λειτουργίας



Εικ. 1. Συσκευή Ηλεκτροσυγκόλλησης MMA



Εικ. 2. Ηλεκτρικό τόξο

2.2. Αρχή λειτουργίας

Η λειτουργία της ηλεκτροσυγκόλλησης βασίζεται στο ηλεκτρικό τόξο. Το ηλεκτρικό τόξο δημιουργείται όταν μεταξύ δύο αγωγών που απέχουν ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους, υπάρχει ηλεκτρική τάση. Αν η ηλεκτρική τάση είναι πολύ μεγάλη (χιλιάδες βόλτ) τότε ιονίζεται το διάκενο μεταξύ των αγωγών, με αποτέλεσμα την διαπίδωση του ηλεκτρικού ρεύματος και την δημιουργία ηλεκτρικού τόξου. Το ηλεκτρικό τόξο προκαλεί έκλυση υψηλής θερμοκρασίας (**Εικόνα 2**).

Στην ηλεκτροσυγκόλληση τα στοιχεία του ηλεκτρικού ρεύματος μεταξύ των δύο αγωγών (γείωσης – τσιμπίδας) είναι:

- μορφή: **DC** (συνεχή) ή **AC** (εναλλασσόμενο)
- τάση : **20 – 90 V** (μικρή για λόγους ασφαλείας)
- έντασης: **50 – 1000 A**.

Με την τάση αυτή δεν είναι δυνατή η άμεση δημιουργία ηλεκτρικού τόξου. Στην ηλεκτροσυγκόλληση, το ηλεκτρικό τόξο δημιουργείται έμμεσα, με στιγμιαία βραχυκύκλωση των δύο αγωγών, που έχει σαν αποτέλεσμα τον τοπικό ιονισμό του αέρα, δημιουργώντας έτσι τις συνθήκες ηλεκτρικού τόξου και έκλυσης θερμοκρασίας έως 4000°C .

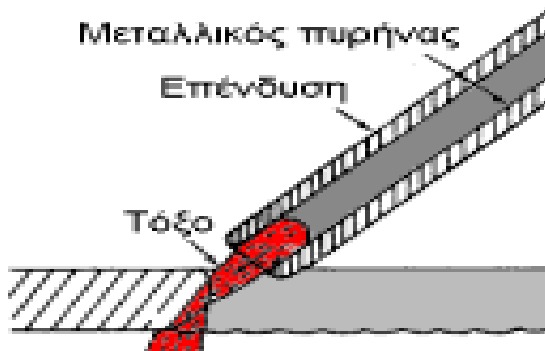
Με την θερμοκρασία αυτή επιτυγχάνεται η τήξη του ηλεκτροδίου που είναι προσαρμοσμένο στη τσιμπίδα της ηλεκτροσυγκόλλησης, που σαν ρευστό επικάθεται πάνω στα μεταλλικά τεμάχια που πρόκειται να συγκολληθούν. Με τριχοειδείς δυνάμεις διεισδύει στα διάκενα του κρυσταλλικού πλέγματος των τεμαχίων, που όταν ψυχθεί και στερεοποιηθεί επιτυγχάνει την ένωση – συγκόλληση τους (**ραφή**).

2.3. Περιγραφή Ηλεκτροδίου

Στη συγκόλληση τόξου με επικαλυμμένο ηλεκτρόδιο (MMA), το ηλεκτρόδιο αποτελείται από (Εικόνα 3) :

- τον μεταλλικό πυρήνα και

- την εξωτερική επικάλυψη (επένδυση).



Εικ. 3. Το ηλεκτρόδιο MMA



Εικ. 4. Τήξη ηλεκτροδίου MMA

Το τόξο σχηματίζεται μεταξύ της άκρης του ηλεκτροδίου και των προς συγκόλληση τεμαχίων, οπότε (Εικόνα 4) :

- ο **πυρήνας** λιώνει και σχηματίζει το τήγμα συγκόλλησης, που ψυχόμενο κάνει τη κόλληση.
- η **επικάλυψη** καίεται εκλύοντας αέρια για την προστασία του τόξου και παραγωγής πάστας για την προστασία του τήγματος της συγκόλλησης.

Ο σκοπός της επικάλυψης είναι:

- **τοπικός ιονισμός** (για διατήρηση τόξου)
- **δημιουργία αερίων προστασίας** (από υδρατμούς και οξυγόνο)
- **δημιουργία πάστας** (για επιβράδυνση ψύξης της ραφής)
- **αποξειδοτικό μέσο** (απομάκρυνση οξειδίων του μετάλλου)

Η πάστα πρέπει να απομακρύνεται στο τέλος κάθε ραφής.

2.3.1. Διαστάσεις επενδυμένων ηλεκτροδίων

Τα επενδυμένα ηλεκτρόδια υπάρχουν σε μήκη 350-450 mm και στις διαμέτρους που φαίνονται στον Πίνακα που ακολουθεί. Η διάμετρος ενός ηλεκτροδίου μετριέται χωρίς την επένδυση, δηλαδή είναι η διάμετρος του μεταλλικού πυρήνα του ηλεκτροδίου.

mm	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,4	7	8
Ίντσες (")	1/16	5/64	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	9/32	5/16

Τα ηλεκτρόδια χωρίζονται σε κατηγορίες, ανάλογα με τη χρήση τους. Οι κυριότερες κατηγορίες είναι:

- Ανθρακούχων χαλύβων και ελαφρά κραματικών χαλύβων (είναι τα πιο κοινά)
- Ανοξειδωτων χαλύβων

- Αλουμινίου
- Χυτοσιδήρου

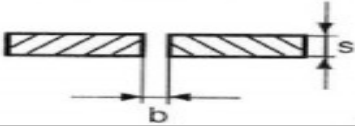
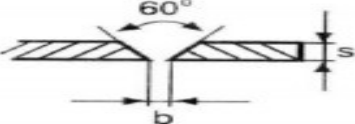
2.3.2. Επιλογή διαμέτρου ηλεκτροδίου , έντασης ρεύματος και διακένου

Για την εκτέλεση μιας σωστής η/σ, απαραίτητη προϋπόθεση είναι η επιλογή της κατάλληλης διαμέτρου (**d**) του ηλεκτροδίου, του διακένου των τεμαχίων (**b**), καθώς και η ρύθμιση της αντίστοιχης έντασης (**I**) του ρεύματος. Οι επιλογές αυτές γίνονται με βάση το πάχος (**s**) των τεμαχίων που θα συγκολληθούν, καθώς και το τρόπο της διαμόρφωσης των άκρων τους. Οι επιλογές αυτές φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες:

Πίνακας1. Επιλογή διαμέτρου και έντασης ρεύματος.

Συνιστώμενες τιμές για επιλογή ηλεκτροδίων και ένταση ρεύματος		
Πάχος ελάσματος mm	Ø ηλεκτροδίου mm	Ένταση ρεύματος A
2	2	50...70
3	3,25	100...150
4	3,25	100...150
5	4,0	150...200
6	4,0	150...200
8	4,0	150...200
10	4,0	150...200
12	4...5	150...250

Πίνακας 2. Επιλογής διακένου

Είδος ραφής	Τρόπος διαμόρφωσης άκρων	Διάκενο (b) mm	Πάχος ελάσματος (s) mm
I		=s	1 1.5 2
		=s/2	3 4 5
V		1.5	5 6 8 10
		2	12 14 16
		1.5	12 14 16 18 20 25

2.3.3. Τύποι ηλεκτροδίων

Τέσσερις (4) είναι οι κύριοι τύποι των ηλεκτροδίων, με βάσει την επένδυση τους:

- **Όξινα Ηλεκτρόδια** (Σύμβολο “A”)

Τα όξινα ηλεκτρόδια είναι μέσης ή χονδρής επικάλυψης.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ρεύμα συνεχές (DC) ή εναλλασσόμενο (AC).

Τα όξινα ηλεκτρόδια χρησιμοποιούνται σε βασικά υλικά υψηλής συγκολλησιμότητας.

Λόγω μειονεκτημάτων έχουν αντικατασταθεί σε μεγάλο βαθμό από τα ρουτιλιούχα ηλεκτρόδια.

- **Βασικά Ηλεκτρόδια** (Σύμβολο “B”)

Τα βασικά ηλεκτρόδια έχουν συνήθως παχύ στρώμα επικάλυψης που περιέχει σημαντικές ποσότητες ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3) ή άλλα οξείδια βάσεων και Φθόριο (CaF_2).

Η πάστα είναι πυκνή και απομακρύνεται σχετικά δύσκολα.

Τα βασικά ηλεκτρόδια εξασφαλίζουν:

- Υψηλή αντοχή σε κρούση σε χαμηλές θερμοκρασίες (μικρή περιεκτικότητα σε οξυγόνο)
- Ασφάλεια σε θερμορωγμές (δέσμευση θείου)
- Ασφάλεια σε Ψυχρορωγμές (μικρή περιεκτικότητα σε υδρογόνο)

- **Ηλεκτρόδια Σελουλόζης** (Σύμβολο “C”)

Τα ηλεκτρόδια αυτά περιέχουν μεγάλες ποσότητες οργανικών στοιχείων που καίγονται εύκολα και κατά τη διάσπαση τους παράγουν προστατευτικά αέρια.

Η ποσότητα της πάστας είναι μικρή και αφαιρείται εύκολα.

Τα ηλεκτρόδια αυτά χαρακτηρίζονται για την υψηλή τους διείδυση και για τη μέση έως μεγάλη ταχύτητα εναπόθεσης υλικού.

Τα ηλεκτρόδια αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε όλες τις θέσεις συγκόλλησης. Κυρίως όμως χρησιμοποιούνται σε θέση συγκόλλησης «κατεβατό».

- **Ηλεκτρόδια Ρουτιλίου** (Σύμβολο “R ή RR”)

Τα ηλεκτρόδια Ρουτιλίου περιέχουν περισσότερο από 50% Διοξείδιο του Τιτανίου (TiO_2). Λόγω των διαφορετικών τους εφαρμογών αλλά και των μηχανικών ιδιοτήτων η υποκατηγοριοποίηση γίνεται με βάση το πάχος της επικάλυψης.

- **R**: Η επικάλυψη είναι μεσαίου πάχους.

Αυτά τα ηλεκτρόδια είναι κατάλληλα για θέσης συγκόλλησης «κατεβατό» και «ουρανό».

- **RR**: Η επικάλυψη είναι μεγάλου πάχους.

Η πάστα είναι πυκνή αλλά αυτοαφαιρούμενη.

Η διείδυση είναι μικρή. Αυτά τα ηλεκτρόδια συνήθως χρησιμοποιούνται για οριζόντιες και κατακόρυφες γωνιακές συγκολλήσεις και για το γέμισμα φρεζών τύπου V.

Σύγκριση των διαφορετικών τύπων ηλεκτροδίου

Βασικός Τύπος	Όξινα A	Ρουτιλίου R	Βασικά B	Σελουλόζης C
Ρεύμα/ Πολικότητα	AC/DC ⁻	AC/DC ⁻	DC ⁺ /AC	AC/DC ⁺
Μεταφορά Υλικού	Μικρή Σταγόνα	Μικρή έως Χονδρή Σταγόνα	Μεσαία έως χονδρή Σταγόνα	Μεσαία έως χονδρή Σταγόνα
Γεφύρωση Διακένων	Μειωμένη	Μειωμένη ¹⁾ έως πολύ καλή	Καλή	Πολύ Καλή
Ρευστότητα Πάστας	Υψηλή	Μεσαία	Χαμηλή	- ²⁾
Μεταλλουργική Δράση	Υψηλή Περιεκτικότητα σε O ₂	Μεσαία Περιεκτικότητα σε O ₂	Χαμηλή Περιεκτικότητα σε O ₂	- ²⁾ -
Θέσεις Συγκόλλησης	w, h (s, q, ũ)	w, h, s, q ũ	w, h, s f ³⁾ , q, ũ	f [*] (w, h, s, q, ũ)
Μηχανικές Αντοχές Ραφής	Μέτριες	Μέτριες	Άριστες	Καλές
Επικινδυνότητα Ψυχρορωγμών	Ναι	Ναι	Όχι	Ναι
Οψη Ραφής/ Απομάκρυνση Πάστας	Καλή	Άριστη έως καλή	Καλή	Μέτρια

¹⁾ Εξαρτάται από τη διάμετρο του Ηλεκτροδίου

²⁾ Σχεδόν απουσία πάστας

³⁾ Μόνο σε ειδικούς τύπους

2.3.4. Κριτήρια επιλογής ηλεκτροδίου

Ανάλογα με τις απαιτήσεις της ηλεκτροσυγκόλλησης γίνεται και η αντίστοιχη επιλογή του ηλεκτροδίου με βάσει:

- Ο σχεδιασμός του προφίλ της συγκόλλησης
- Η επιθυμητή αντοχή σε εφελκυσμό
- Η σύσταση του βασικού μετάλλου
- Ο επιθυμητός ρυθμός εναπόθεσης υλικού
- Ο τύπος ρεύματος που θα χρησιμοποιηθεί
- Η επιθυμητή διείσδυση
- Το πάχος του μετάλλου
- Η προδιαγραφή της συγκόλλησης

2.4. Κωδικοποίηση Ηλεκτροδίων

Τα επενδυμένα ηλεκτρόδια ανθρακούχων χαλύβων και των ελαφρά κραματικών χαλύβων είχαν τυποποιηθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους:

- Με το **ISO2560 B**.
- Με το **AWSA** του οργανισμού συγκολλήσεων των Η.Π.Α.

- Επενδυμένα ηλεκτρόδια κατά ISO-2560-B

Η τυποποίηση αυτή, χρησιμοποιεί μόνο 4 αριθμούς π.χ. E4311 και ακολουθούν άλλοι αριθμοί ή γράμματα που να δίνουν περισσότερες πληροφορίες.

Οι ιδιότητες που περιγράφονται με τους 4 πρώτους αριθμούς είναι:

- Οι δύο πρώτοι αριθμοί, πολλαπλασιαζόμενοι επί 10, μας δίνουν την μέγιστη αντοχή σε MPa. Δηλαδή το ηλεκτρόδιο E4311 έχει μέγιστη αντοχή 430 MPa.
- Τα επόμενα δύο ψηφία (3ο και 4ο) μας δίνουν το είδος της επένδυσης.

Μετά τα παραπάνω ψηφία ενδέχεται να ακολουθούν **A** ή **P** ή **AP**.

το **A** σημαίνει ότι δεν απαιτείται θερμική επεξεργασία μετά τη συγκόλληση
το **P** ότι απαιτείται.

το **AP**, τότε και οι δύο περιπτώσεις είναι αποδεκτές.

• Κωδικοποίηση Ηλεκτροδίων κατά AWSA

Κωδικός AWS-ASTM	Επένδυση Ηλεκτροδίου	Ρεύμα Πολικότητα	Θέση Συγκόλλησης
E6010	Κυτταρίνη, νάτριο	ΣΡΗΘ	E, K, Y, O
E6011	Κυτταρίνη, κάλιο	ΣΡΗΘ, ΕΡ(AC)	E, K, Y, O
E6012	Οξ. Τιτανίου, νάτριο	ΣΡΗΑ, ΕΡ	E, K, Y, O
E6013	Οξ. Τιτανίου, κάλιο	ΣΡΗΑ, ΕΡ	E, K, Y, O
E6014	Σκόνη σιδήρου, οξ. τιτανίου	ΣΡΗΑ, ΕΡ	E, K, Y, O
E7016	Χαμηλού υδρογόνου, κάλιο	ΣΡΗΘ, ΕΡ	E, K, Y, O
E7018	Χαμηλού υδρογόνου, σκόνη σιδήρου	ΣΡΗΘ, ΕΡ	E, O
E6020	Οξ. σιδήρου	ΣΡΗΘ, ΣΡΗΑ, ΕΡ	E, O
E7024	Σκόνη σιδήρου, οξ. τιτανίου	ΣΡΗΘ, ΣΡΗΑ, ΕΡ	E, O
E6027	Σκόνη σιδήρου, οξ. σιδήρου	ΣΡΗΘ, ΣΡΗΑ, ΕΡ	E, O

Πιν.2.1 Ηλεκτρόδια για την συγκόλληση ανθρακούχων χαλύβων

Σημείωση: ΣΡΗΘ = Συνεχές ρεύμα ηλεκτρόδιο θετικό, ΣΡΗΑ= Συνεχές ρεύμα ηλεκτρόδιο
 ό, ΕΡ = εναλλασσόμενο ρεύμα, Ε= επίπεδη θέση, Κ= κάθετη θέση, Υ= υπεράνω
 (ουρανός), Ο= οριζόντια θέση

- Το Ε δηλώνει επενδυμένο ηλεκτρόδιο
- Τα 2 ψηφία που ακολουθούν πολλαπλασιαζόμενα με 7, δείχνουν την αντοχή της συγκόλλησης σε Μρα
- Τα επόμενα 2 ψηφία δίνουν τον τύπο της επένδυσης

2.5. Εκτέλεση εργασίας η/σ MMA

Η εργασία αυτή εκτελείται σε επί μέρους στάδια τα οποία είναι:

2.5.1. Προετοιμασία επιφανειών συγκόλλησης.

- **Διαμόρφωση των άκρων:** Ανάλογα με το πάχος των τεμαχίων που θα συγκολληθούν, πρέπει να γίνει και η αντίστοιχη διαμόρφωση των άκρων με

βάση των **πίνακα 2**. Τα συνήθη προφίλ διαμόρφωσης είναι: **I, V, X, Y, K**

- **Καθαρισμός επιφανειών συγκόλλησης:** Προϋπόθεση για κάθε είδους συγκόλληση είναι ο μηχανικός καθαρισμός των συγκολλούμενων επιφανειών. Πριν από κάθε ραφή, οι επιφάνειες πρέπει να καθαρίζονται με πανί ή στουπί για απομάκρυνση ακαθαρσιών (σκόνες, λίπη, υγρασία κλπ) και να τρίβονται με λειαντικό τροχό, σφυρί (ματσακόνι) ή γυαλόχαρτο για την απομάκρυνση σκουριάς ή πάστας.

2.5.2. Τοποθέτηση συγκολλούμενων τεμαχίων.

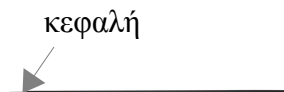
Τα τεμάχια που θα συγκολληθούν πρέπει να τοποθετούν και να στερεωθούν στην σωστή απόσταση και θέση, σε μέρος στεγνό, καλά αεριζόμενο και φωτιζόμενο, όσο το δυνατόν πιο άνετο για τον συγκολλητή, όπως στον πάγκο εργασίας, ή αλλού. Πρέπει να απομακρυνθούν από τη θέση συγκόλλησης κάθε εύφλεκτο ή εκρηκτικό υλικό, αλλά και κάθε αντικείμενο που πιθανόν να εμποδίσει την εργασία.

2.5.3. Τοποθέτηση ηλεκτροδίου και γείωσης.

- Η τσιμπίδα είναι ένας μονωμένος σφιγκτήρας. Πιέζοντας τον μοχλό, ανοίγει η έδρα και τοποθετούμε την κεφαλή του ηλεκτροδίου (Εικόνα 5 και 6)



Εικ. 5. η τσιμπίδα



Εικ. 6. το ηλεκτρόδιο



Εικ. 7. η γείωση

- Η γείωση είναι και αυτή ένας σφιγκτήρας, χωρίς όμως μόνωση. Η γείωση στερεώνεται σε ένα από τα τεμάχια που θα συγκολληθούν (Εικόνα 7).

2.5.4. Εκκίνηση συσκευής η/σ

- Η σύνδεση της συσκευής στο ηλεκτρικό δίκτυο, γίνεται ανάλογα με τον τύπο της, μονοφασική ή τριφασική. (Εικ 8).



Μονοφασική σύνδεση



Εικ. 8.



Τριφασική σύνδεση

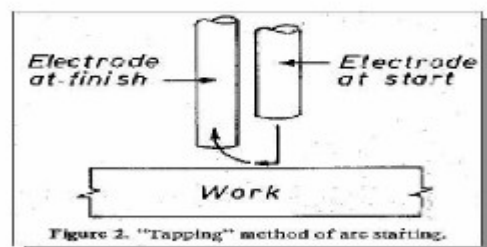
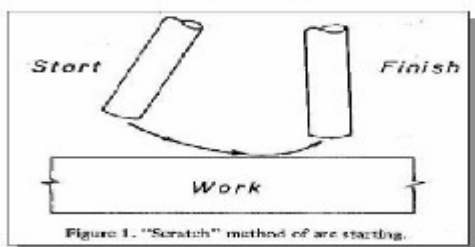
Η ρύθμιση της έντασης του ρεύματος λειτουργίας γίνεται από τον αντίστοιχο επιλογέα και πάντα σε συνάρτηση με το πάχος του ελάσματος που θα συγκολληθεί και την διάμετρο του ηλεκτροδίου. (Πίνακας 1).

- Η εκκίνηση της συσκευής γίνεται βάζοντας τον διακόπτη λειτουργίας στη θέση ON.

2.5.5. Η Εργασία.

- **Η έναυση του τόξου:** Όπως αναφέρθηκε το ηλεκτρικό τόξο στην η/σ γίνεται έμμεσα, με βραχυκύκλωμα. Υπάρχουν δύο τεχνικές έναυσης που περιγράφονται στην Εικόνα 9.

- Άναμμα με ξύσιμο (όπως ένα σπύρτο)
- Άναμμα με κτύπημα

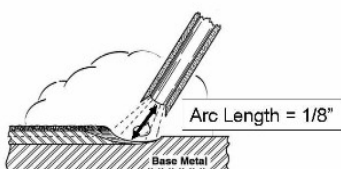


Εικ. 9. Έναυση ηλεκτρικού τόξου η/σ

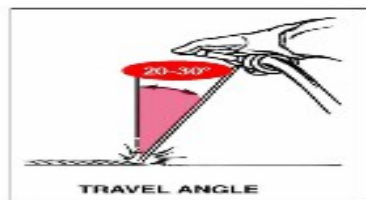
1ος τρόπος : Ο χειριστής, κρατώντας την τσιμπίδα, ξύνει με το ηλεκτρόδιο το έλασμα στην περιοχή που θα ξεκινήσει την συγκόλληση, δημιουργώντας έτσι σπινθήρα βραχυκυκλώματος και έναρξη ηλεκτρικού τόξου λειτουργίας.

2ος τρόπος : Ο χειριστής, κρατώντας την τσιμπίδα, κτυπά με το ηλεκτρόδιο το έλασμα στην περιοχή που θα ξεκινήσει την συγκόλληση, δημιουργώντας έτσι σπινθήρα βραχυκυκλώματος και έναρξη ηλεκτρικού τόξου λειτουργίας. Ο τρόπος αυτός είναι πιο διαδεδομένος.

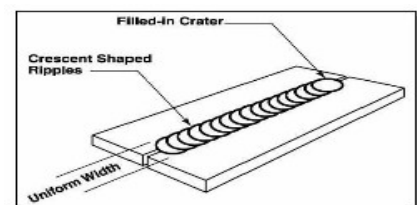
- **Μήκος τόξου:** είναι η απόσταση που πρέπει να έχει το ηλεκτρόδιο από την επιφάνεια συγκόλλησης. Η απόσταση αυτή είναι πολύ σημαντική για την ποιότητα της συγκόλλησης. Πρέπει να είναι ~ 3mm και να διατηρείται σταθερή (Εικόνα 10). Έτσι εάν :



Εικ. 10. Μήκος τόξου



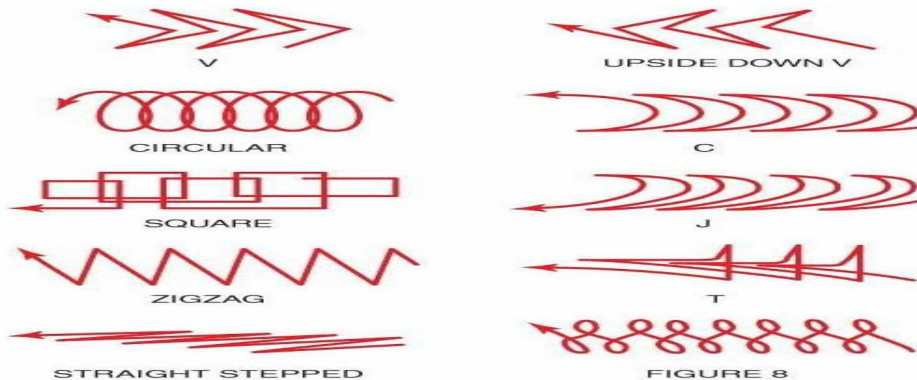
Εικ. 11. Γωνία ηλεκτροδίου



Εικ. 12. Ταχύτητα ηλεκτροδίου

- το τόξο είναι < 3mm το ηλεκτρόδιο κολλά στο έλασμα.
- το τόξο είναι > 3mm τότε το τόξο είναι αδύναμο και η κόλληση θα είναι κοίλη και με πόρους.

- **Γωνία ηλεκτροδίου:** Για να υπάρχει καλή οπτική επαφή του χειριστή με την επιφάνεια συγκόλλησης, το ηλεκτρόδιο πρέπει να έχει μια κλίση περίπου 30° .
- **Ραφή :** Η κίνηση του ηλεκτροδίου στην επιφάνεια συγκόλλησης, δεν πρέπει να είναι ευθεία. Για καλύτερη απόθεση συγκολλητικού υλικού και για συμπαγή συγκόλληση, ο χειριστής επιλέγει μια τεθλασμένη κίνηση του ηλεκτροδίου. Οι πιο συνηθισμένες τεχνικές φαίνονται στην Εικόνα 13.

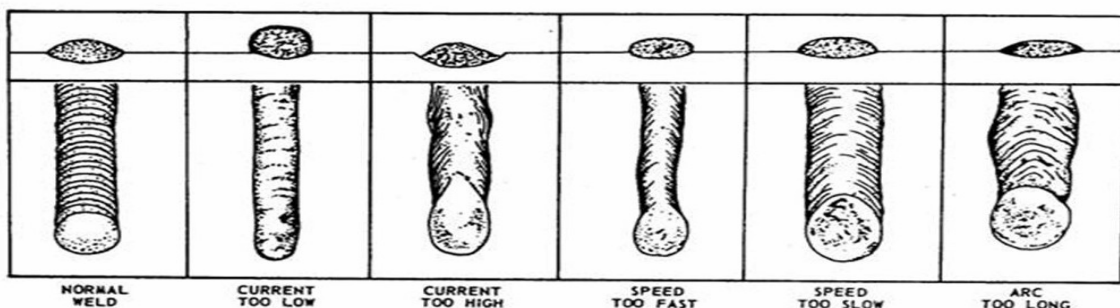


Εικ. 13. Τεχνικές ραφής

- **Ταχύτητα κόλλησης:** Η ταχύτητα με την οποία ο χειριστής κινεί το ηλεκτρόδιο κατά την διεύθυνση της συγκόλλησης, είναι καθοριστική για την ποιότητα της κόλλησης (Εικόνα 12). Έτσι εάν :
 - η ταχύτητα είναι μεγάλη, η ραφή είναι λεπτή και ανομοιόμορφη
 - η ταχύτητα είναι μικρή, η ραφή είναι παχιά με πλεονάζων υλικό

2.6. Ελαττώματα η/σ

Η ποιότητα της η/σ καθορίζεται κυρίως από την ένταση του ρεύματος, το μήκος του τόξου και την ταχύτητα κόλλησης. Όταν οι παράγοντες αυτοί δεν είναι σωστοί, η συγκόλληση παρουσιάζει προβλήματα που φαίνονται στην Εικόνα 14.

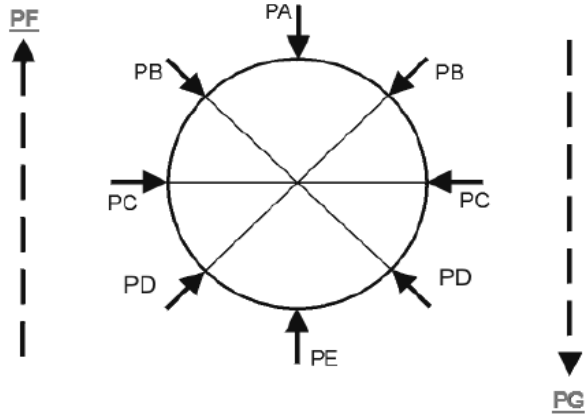


Εικ. 14. Ελαττώματα και αιτίες η/σ

2.7. Θέσεις Ηλεκτροσυγκολλήσεων

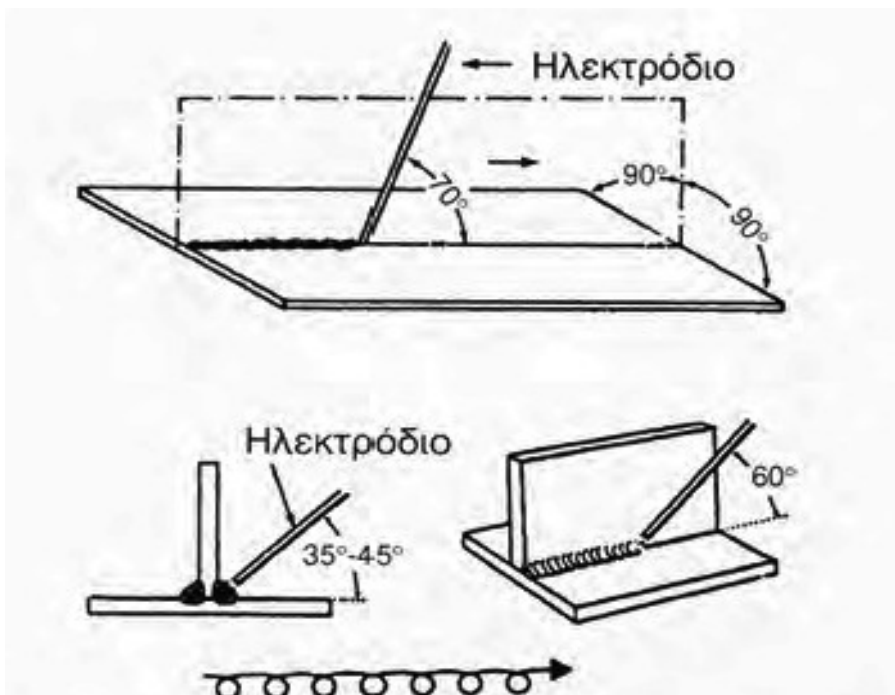
Το επίπεδο της επιφάνειας συγκόλλησης δεν είναι πάντα επίπεδο και πάνω στο πάγκο εργασίας. Ο χειριστής πολλές φορές είναι αναγκασμένος να συγκολλήσει επιφάνειες που μπορεί να έχουν οποιαδήποτε θέση στον χώρο. Αυτό κάνει τη συγκόλληση πιο επίπονη και με μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας. Οι θέσεις αυτές παρουσιάζονται παρακάτω:

- **PA:** Επίπεδη
- **PC:** Οριζόντια
- **PF:** Κατακόρυφη ανεβατή
- **PG:** Κατακόρυφη κατεβατή
- **PE:** Ουρανός



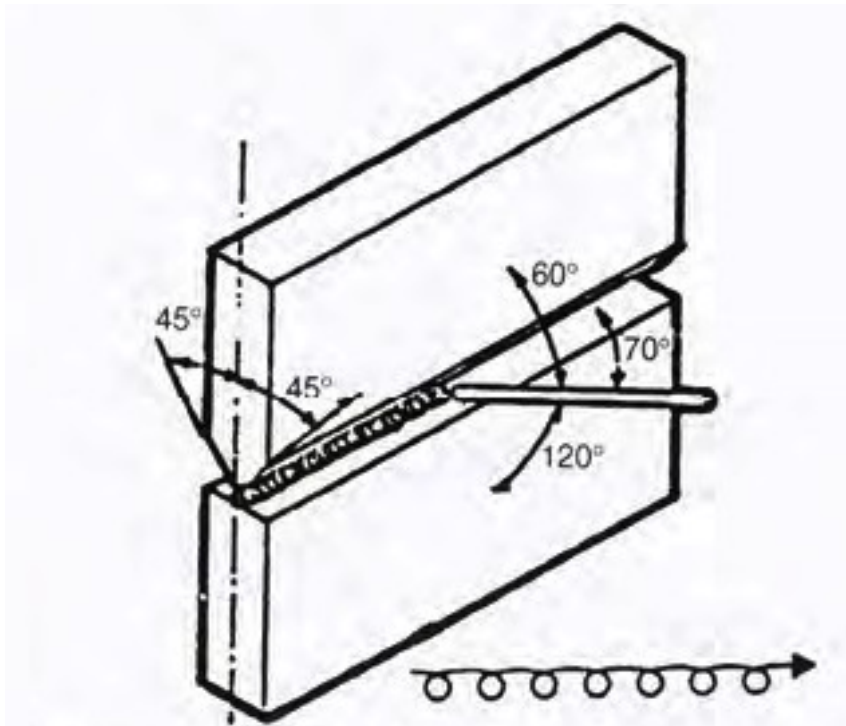
Οι τεχνικές που εφαρμόζονται στις διάφορες θέσεις συγκόλλησης, φαίνονται παρακάτω:

- για επίπεδες και γωνιακές συγκολλήσεις:



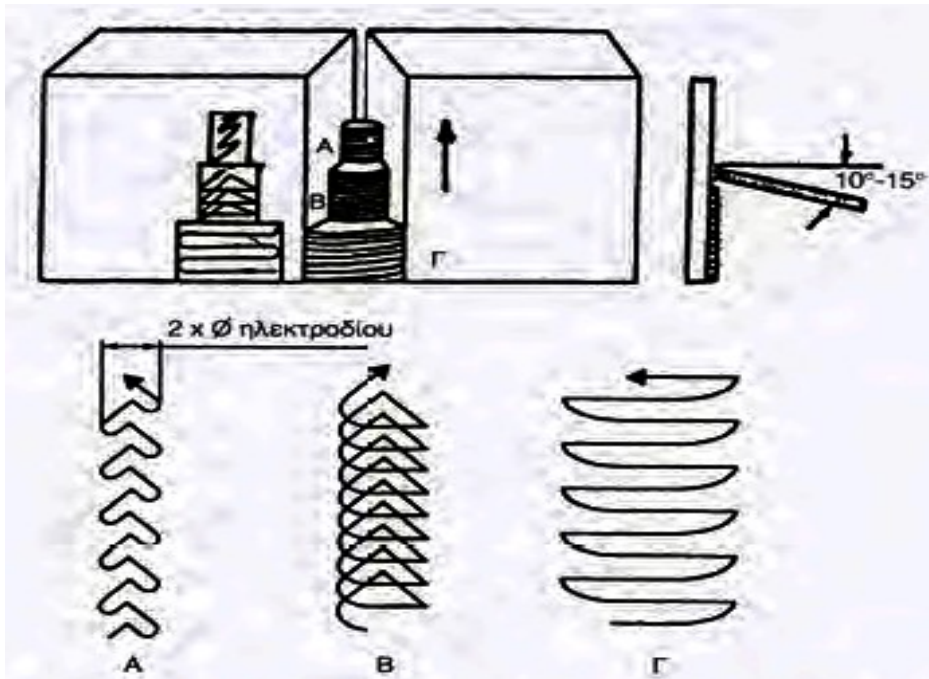
κλίση και γωνία κίνησης ηλεκτροδίου σε επίπεδη και γωνιακή συγκόλληση

- για οριζόντιες συγκολλήσεις:



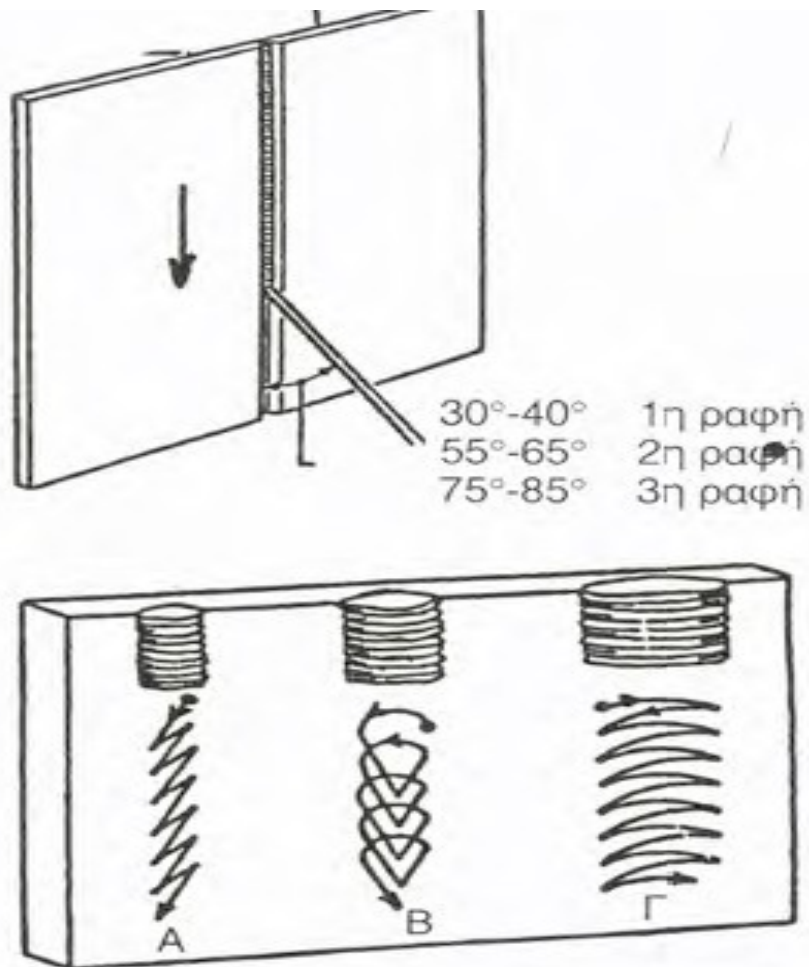
κλίση και γωνία κίνησης ηλεκτροδίου σε οριζόντια συγκόλληση

- για ανεβατή συγκόλληση:



κλίση και κίνησης ηλεκτροδίου σε ανεβατή συγκόλληση

- για κατεβατή συγκόλληση:



κλίση και κίνησης ηλεκτροδίου σε κατεβατή συγκόλληση

2.8. Επιλογή μορφής ηλεκτρικού ρεύματος εργασίας

Ηλεκτρικό ρεύμα εργασίας είναι αυτό που δίνει η συσκευή της η/σ **μεταξύ γείωσης και τσιμπίδας**. Το κάθε είδος ηλεκτροσυγκόλλησης, καθώς και το κάθε ηλεκτρόδιο, απαιτεί το κατάλληλο είδος ρεύματος. Οι κατασκευαστές ηλεκτροδίων, αναφέρουν στη συσκευασία τη μορφή του ρεύματος που πρέπει να εφαρμοστεί. Σε βασικές γραμμές ισχύουν τα εξής:

(α) Επιλογή της κατάλληλης μορφής ηλεκτρικού ρεύματος

- **Συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα:** είναι κατάλληλο για όλες σχεδόν τις περιπτώσεις.
- **Εναλλασσόμενο ρεύμα:** χρησιμοποιείται κατά τη MMA, όταν επιδιώκουμε μεγάλη εναπόθεση μετάλλου ή όταν η επένδυση των ηλεκτροδίων περιέχει

σιδηρόσκονη ή στην περίπτωση που παρουσιαστεί μαγνητικό φύσημα .

- **Παλμικό ρεύμα:** χρησιμοποιείται στην TIG αλλά το συναντάμε και στη MIG/MAG.

(β) Επιλογή της πολικότητας, όταν έχουμε ρεύμα DC

Αν η τσιμπίδα συνδεθεί:

- στην κάθοδο (-) το τόξο έχει έχει θερμοκρασία περίπου 3500°C, ενώ
- στην άνοδο (+) το τόξο έχει έχει θερμοκρασία περίπου 2500°C.

Για το λόγο αυτό, έχει σημασία αν θα έχουμε το (+) ή το (-) στο ηλεκτρόδιο. Γενικά ισχύουν τα εξής:

- Αν επιδιώκουμε μεγάλη τήξη στο μέταλλο βάσης με σκοπό την καλή ανάμειξη, τότε έχουμε το (-) στο ηλεκτρόδιο. Η σύνδεση αυτή ονομάζεται **κανονική** ή **άμεση** ή **αρνητική**. Οι περισσότερες συγκολλήσεις ανθρακούχων χαλύβων ανήκουν σε αυτή την κατηγορία. Συμβολίζεται με **DC⁻**.
- Αν θέλουμε να μην έχουμε έντονη ανάμειξη μετάλλου βάσης και μετάλλου ηλεκτροδίου, έχουμε το (+) στο ηλεκτρόδιο. Η σύνδεση αυτή ονομάζεται **αντίθετη** ή **θετική**. Εφαρμόζεται στην αναγόμωση χαλύβων ή όταν θέλουμε να περιοριστεί η ΖΕΘ (π.χ. ειδικοί χάλυβες). Συμβολίζεται με **DC⁺**.

2.9. Μέσα Ατομικής Προστασίας Ηλεκτροσυγκολλητή

- μάσκα για ηλεκτροσυγκόλληση
- άσπρα γυαλιά
- δερμάτινη ποδιά
- δερμάτινα γάντια
- δερμάτινα παπούτσια



3. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

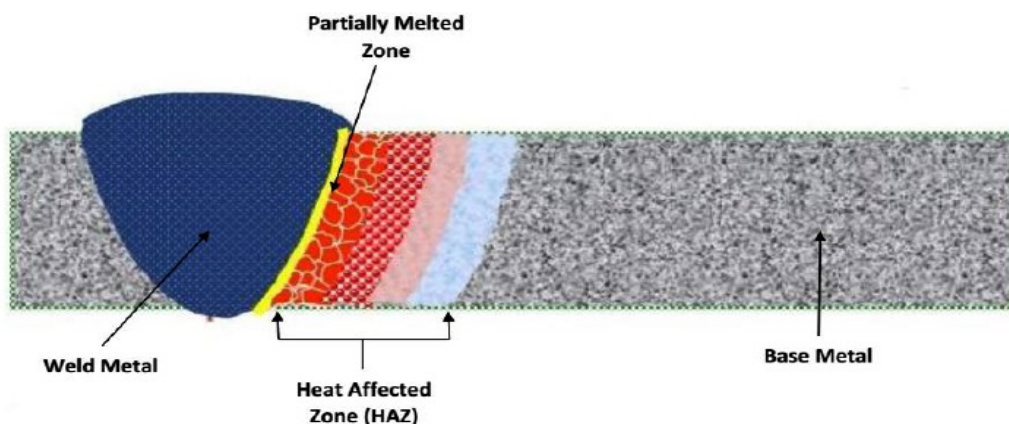
1. Γενικές πληροφορίες

Χρονολογία	Ιστορικά Γεγονότα
4000 π.Χ.	Συγκόλληση χρυσού για κατασκευή κοσμημάτων
3000 π.Χ.	Χρήση του χαλκού και με μια μορφή συγκόλλησης για την κατασκευή κοσμημάτων και όπλων
1500 π.Χ.	Συγκόλληση σιδήρου με σφυρηλάτηση έπειτα από θέρμανση.
60 μ.Χ.	Πρώτη φορά στην ιστορία έγινε χρήση αλατιού για προστασία από την οξείδωση και κατανοήθηκε βάση του χρωματισμού το στάδιο οξείδωσης.
1782 μ.Χ.	Ο Lichtenberg ανακάλυψε το ηλεκτρικό τόξο
1867 μ.Χ.	Ο Elihu Thomson ανακάλυψε την συγκόλληση με αντίσταση
1881 μ.Χ.	Ο Bernados και Olszewski χρησιμοποίησαν το ηλεκτρικό τόξο για την συγκόλληση
1891 μ.Χ.	Ανακαλύφθηκε η ασετυλίνη (βασικό στοιχείο της συγκόλλησης με φλόγα)
1907 μ.Χ.	Ο O. Kjellberg χρησιμοποίησε επικαλυμμένα ηλεκτρόδια
1936 μ.Χ.	Η πρώτη συγκόλληση με εναλλασσόμενο ρεύμα
1940 μ.Χ.	Ο R. Meredith ανακάλυψε την μέθοδο TIG
1950 μ.Χ.	Ο A.J. Stohr ανακάλυψε την μέθοδο συγκόλλησης με δέσμη ηλεκτρονίων
1960 μ.Χ.	Ανακαλύφθηκε η μέθοδος συγκόλλησης με δέσμη φωτός (laser)
1991 μ.Χ.	Το TWI ανακάλυψε την τεχνική Friction Stir

Κύριες περιοχές της συγκόλλησης

Η συγκόλληση αποτελείται από τέσσερα περιοχές όπως μπορούμε να διακρίνουμε και στην παρακάτω εικόνα. Οι περιοχές αυτές είναι:

- Το μέταλλο συγκόλλησης (weld metal)
- Η ζώνη μερικής τήξης (partially melted zone)
- Η θερμικά επηρεασμένη ζώνη ΘΕΖ (heat affected zone, HAZ)
- Το μέταλλο βάσης (base metal)



Η θερμικά επηρεασμένη ζώνη (ΘΕΖ), είναι η περιοχή της συγκόλλησης στην οποία δεν έχουμε τήξη, αλλά λόγω των υψηλών θερμοκρασιών έχουμε αλλαγή στη

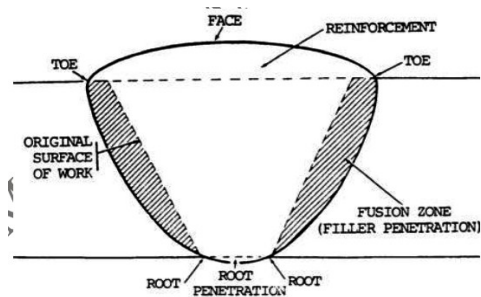
μικροδομή και την κοκκομετρία. Οι μεταβολές στη μικροδομή που λαμβάνουν χώρα στη ΘΕΖ είναι:

- Ανόπτηση και ανακρυστάλλωση
- Ανάπτυξη των κόκκων
- Διαλυτοποίηση και επανακαθίζηση δευτερευουσών φάσεων
- Διεύρυνση δευτερευουσών φάσεων
- Σχηματισμός μαρτενσίτη στους χάλυβες

Οι μεταβολές αυτές στη μικροδομή του υλικού επιφέρουν την εξασθένηση του υλικού και την ψαθυροποίησή του.

Κάθε συγκόλληση, ανεξαρτήτως της προετοιμασίας των ακμών, χαρακτηρίζεται από ορισμένα μέρη όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα. Τα μέρη αυτά είναι:

- Λουτρό (weld)
- Ρίζα (root)
- Πόδας (toe)
- Πρόσωπο (cap / face)



Συμβολισμοί και ονοματολογία των μεθόδων συγκόλλησης

Το Ευρωπαϊκό πρότυπο EN DIN 24063, το οποίο κωδικοποιεί τις μεθόδους συγκόλλησης είναι αυτό που φαίνεται στο παρακάτω πίνακα:

Κωδικός	Μέθοδος
111	Μέθοδος με επικαλυμμένο ηλεκτρόδιο (MMA/SMAW)
114	Μέθοδος επικαλυμμένου σύρματος χωρίς αέριο προστασίας (FCAW-NG)
121	Μέθοδος βυθιζόμενου τόξου με σύρμα κυκλικής διατομής (SAW)
122	Μέθοδος βυθιζόμενου τόξου με σύρμα τετραγωνικής διατομής (SAW)
131	Μέθοδος με προστασία αδρανούς αερίου και καταναλισκόμενο σύρμα (MIG/GMAW)
135	Μέθοδος με προστασία δραστικού αερίου και καταναλισκόμενο σύρμα (MAG/GMAW)
141	Μέθοδος με προστασία αδρανούς αερίου και μη-καταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο (TIG/GTAW)
151	Μέθοδος συγκόλλησης με πλάσμα (PAW)
751	Μέθοδος συγκόλλησης με δέσμη φωτός (LBW)
76	Μέθοδος συγκόλλησης με δέσμη ηλεκτρονίων (EBW)

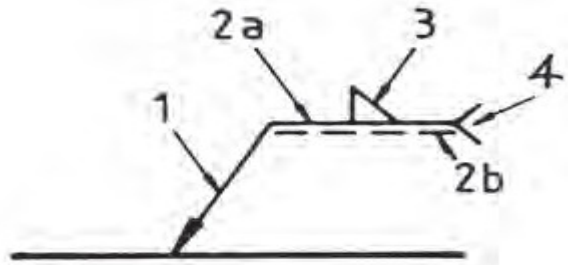
2. Ονομασία και Σύμβολα Συγκολλήσεων

ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒ.	ΕΡΜΗΝΕΙΑ	ΟΝΟΜΑΣΙΑ	ΣΥΜΒ.	ΕΡΜΗΝΕΙΑ
Ραφή με αναθιπλωμένες ακμές(90°) 1			Ραφή σπής 11		
Ραφή Ι 2			Σημειακή ραφή 12		
Ραφή V 3			Γραμμική ραφή 13		
Ραφή HV 4			Τραπεζοειδής ραφή 14		
Ραφή Υ 5			Ημιαπαιζοειδής ραφή 15		
Ραφή ΗΥ 6			Μετωπική ραφή 16		
Ραφή U 7			Επιφανειακή ραφή 17		
Ραφή ΗU 8			Λοξή ραφή 18		
Απόκλιση ραφής 9			Ραφή με αναθιπλωμένες ακμές(180°) 19		
Λοξονική ραφή 10			Επίσπρωση 20		

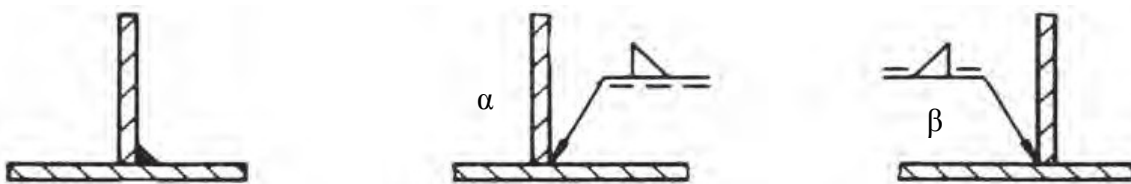
3. Σύμβολα αναφοράς

Τα σύμβολα αναφοράς χρησιμοποιούνται στα σχέδια συγκολλήσεων, για να δώσουν πληροφορίες σχετικές με το είδος και το πάχος των συγκολλήσεων, καθώς και για το μήκος τους, όταν αυτό απαιτείται. Σχεδιάζονται πάντοτε με λεπτή συνεχή γραμμή. Στο παρακάτω σχήμα δίδονται τα επί μέρους στοιχεία του συμβόλου αναφοράς.

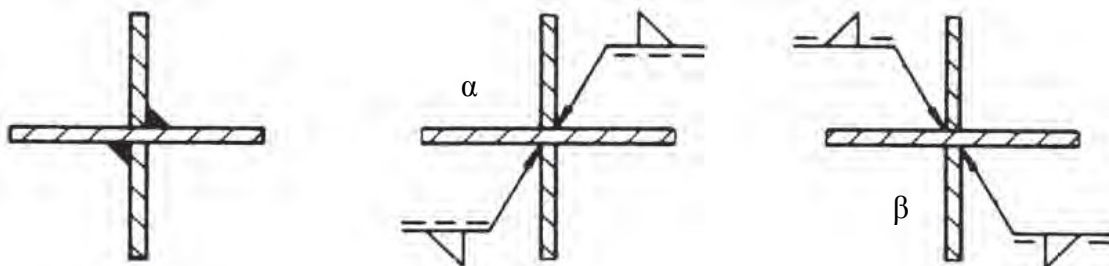
- 1 γραμμή ένδειξης ραφής,
- 2 (a, b) γραμμή αναφοράς,
- 3 είδος συγκόλλησης,
- 4 πρόσθετες πληροφορίες



- Η γραμμή ένδειξης ραφής (1) έχει στο άκρο της ένα βέλος, που υποδεικνύει τη θέση της ραφής.
- Η γραμμή αναφοράς (2) αποτελείται από δύο παράλληλες γραμμές, μία συνεχή (a) και μία διακεκομμένη (b).
- Το είδος της συγκόλλησης (3), σύμφωνα με τον παραπάνω πίνακα, τοποθετείται:
 - πάνω από τη γραμμή αναφοράς, όταν το βέλος δείχνει την πλευρά της συγκόλλησης,
 - κάτω από τη γραμμή αναφοράς, όταν το βέλος δείχνει την απέναντι πλευρά της συγκόλλησης.
- Στις πρόσθετες πληροφορίες (4) αναγράφονται πρόσθετα χρήσιμα στοιχεία.

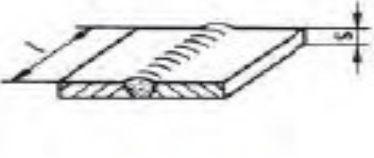
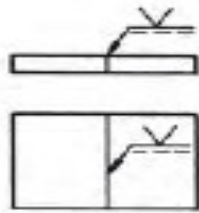
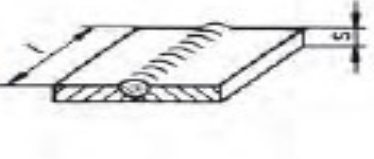
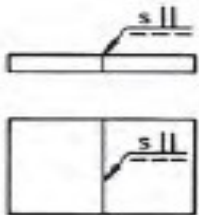

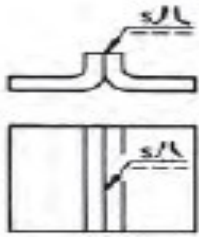
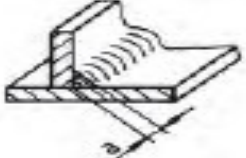
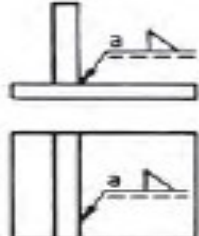


Συμβολισμός απλής αυχενικής ραφής α) ραφή στην πλευρά του βέλους, β) ραφή στην απέναντι πλευρά του βέλους



Συμβολισμός διπλής αυχενικής ραφής α) ραφές στην πλευρά του βέλους, β) ραφές στην απέναντι πλευρά του βέλους

Παραδείγματα σχεδίασης συγκολλήσεων

Α/Α	ΕΡΜΗΝΕΙΑ	ΣΧΕΔΙΟ
1	 <p>Ραφή V</p>	
2	 <p>Ραφή I</p>	
3	 <p>Ραφή με αναδεδωμένους ακμές (50°)</p>	
4	 <p>Αυχενική ραφή</p>	

4. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

Στο πλαίσιο των εργαστηρίων του Η/Σ, θα εκτελεστούν οι παρακάτω εργαστηριακές ασκήσεις:

A/A	Εξάμ	Τίτλος
1	A	Περιγραφή και έλεγχος συσκευής.
2	A	Έναυσμα τόξου – Γραμμές τήξης ηλεκτροδίου
3	A	Διάφοροι τύποι ραφών
4	B	Επίπεδη συγκόλληση ελασμάτων
5	B	Οριζόντια συγκόλληση ελασμάτων
6	B	Κάθετη (ανεβατή - κατεβατή) συγκόλληση ελασμάτων
7	Γ	Στεγανή συγκόλληση φλάντζας σε σωλήνα
8	Γ	Συγκόλληση άξονα
9	Γ	Αναγόμευση άξονα

Περιγραφή Ασκήσεων

Άσκηση 1η

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι να διαπιστωθεί η γνώση των σπουδαστών:

1. στη περιγραφή της συσκευής
2. στην επιλογή του σωστού ηλεκτροδίου
3. στην επιλογή του κατάλληλου ρεύματος συγκόλλησης
4. στην επιλογή της κατάλληλης πολικότητας
5. στην επιλογή διακένου και στη διαμόρφωση προφίλ συγκόλλησης.

Άσκηση 2η

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι:

1. Ο έλεγχος για καταλληλότητα της συσκευής
2. Η χρήση των Μ.Α.Π.
3. Η τοποθέτηση του ηλεκτροδίου και η ρύθμιση της συσκευής.
4. Η έναυση και η δημιουργία τόξου

Άσκηση 3η

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι:

1. η χρήση των βοηθητικών εργαλείων
2. η προετοιμασία των δοκιμίων
3. η εκτέλεση των κυριότερων τεχνικών ραφής
4. η απομάκρυνση της πάστας

Άσκηση 4η

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι:

1. Η επιλογή του διάκενου
2. το ποντάρισμα των δοκιμίων
3. η συγκόλληση σε επίπεδη θέση
4. η αντικατάσταση ηλεκτροδίου και οι επιπτώσεις στην ποιότητα της ραφής.

Άσκηση 5η

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι:

1. η τοποθέτηση και η συγκράτηση των δοκιμίων σε οριζόντια θέση
2. η θέση και η κίνηση του ηλεκτροδίου στην οριζόντια συγκόλληση.

Άσκηση 6η

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι:

1. η τοποθέτηση και η συγκράτηση των δοκιμίων σε κάθετη θέση
2. η επιλογή ηλεκτροδίου για α) *κατεβατή* ή β) *ανεβατή* συγκόλληση
3. η ρύθμιση του ρεύματος για α) *κατεβατή* ή β) *ανεβατή* συγκόλληση
4. η κίνηση του ηλεκτροδίου στην α) *κατεβατή* ή β) *ανεβατή* συγκόλληση.

Άσκηση 7η

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι:

1. η διαμόρφωση της *τάπας*
2. οι προϋποθέσεις στεγανής συγκόλλησης
3. η εξωτερική συγκόλληση *τάπας* σε σωλήνα

Άσκηση 8η

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι:

1. η αφαίρεση των καταπονημένων διατομών
2. η ανάγκη της δημιουργίας κεντρικού πυρήνα σε κάθε διατομή
3. ο υπολογισμός του μήκους των κεντρικών πυρήνων
4. η ευθυγράμμιση των τμημάτων
5. η τεχνική της συγκόλλησης

Άσκηση 9η

Σκοπός της άσκησης αυτής είναι:

1. η διαμόρφωση της προς αναγόμωση επιφάνειας
2. η εκτίμηση του αριθμού των στρώσεων
3. η τεχνική της αξονικής και της περιμετρικής αναγόμωσης.