

Επιστήμη και Τεχνολογία

Συγκολλήσεων

Ενότητα 2: Μέθοδοι Συγκόλλησης

Γρηγόρης Ν. Χαϊδεμενόπουλος

Πολυτεχνική Σχολή

Μηχανολόγων Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σκοποί ενότητας

- Εισαγωγή στις βασικές μεθόδους συγκόλλησης
- Τρόποι επιλογής συγκόλλησης

Περιεχόμενα ενότητας

1. Συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια (SMAW)
2. Συγκόλληση TIG ή GTAW
3. Συγκόλληση MIG ή GMAW
4. Συγκόλληση με βυθισμένο τόξο (SAW)
5. Επιλογή μεθόδου συγκόλλησης

atomic hydrogen welding.....AHW
bare metal arc welding.....BMAW
carbon arc welding.....CAW
-gas.....CAW-G
-shielded.....CAW-S
-twin.....CAW-T
electrode gas welding.....EGW
flux cored arc welding.....FCAW

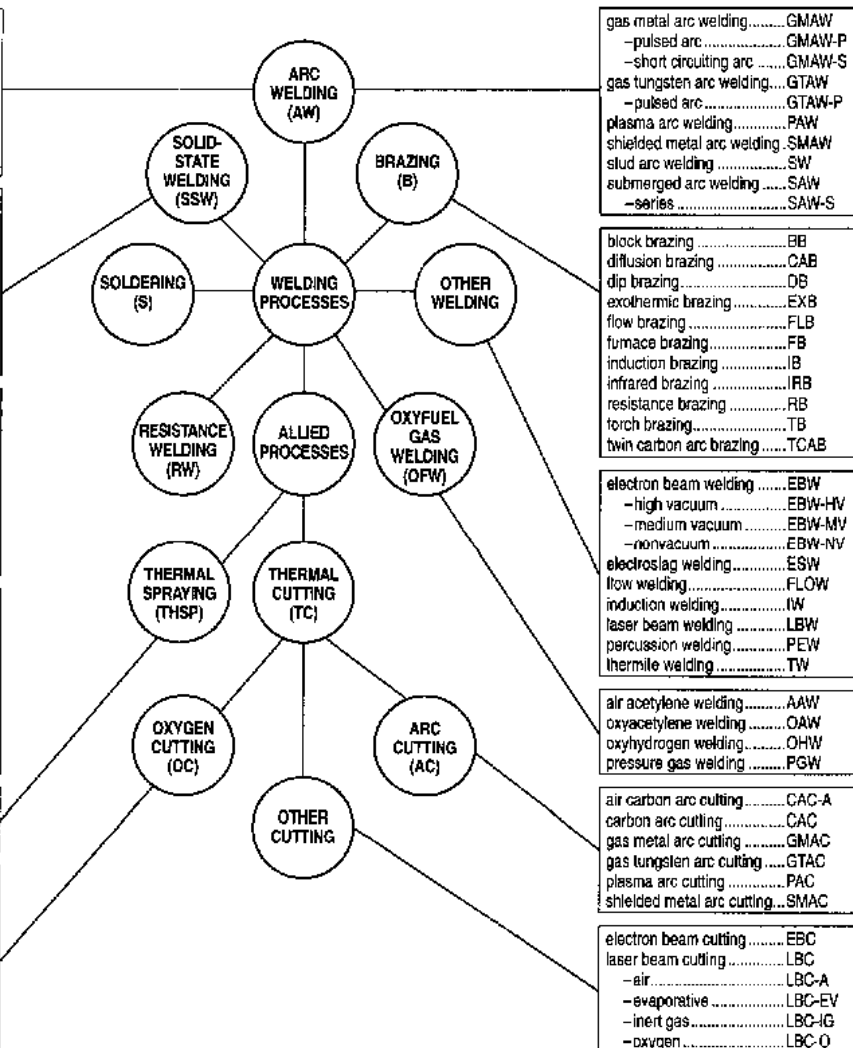
coextrusion welding.....CEW
cold welding.....CW
diffusion welding.....DFW
explosion welding.....EXW
forge welding.....FOW
friction welding.....FRW
hot pressure welding.....HPW
roll welding.....ROW
ultrasonic welding.....USW

dip soldering.....DS
furnace soldering.....FS
induction soldering.....IS
infrared soldering.....IRS
iron soldering.....INS
resistance soldering.....RS
torch soldering.....TS
ultrasonic soldering.....USS
wave soldering.....WS

flash welding.....FW
projection welding.....PW
resistance seam welding.....RSEW
-high frequency.....RSEW-HF
-induction.....RSEW-I
resistance spot welding.....RSW
upset welding.....UW
-high frequency.....UW-HF
-induction.....UW-I

arc spraying.....ASP
flame spraying.....FLSP
plasma spraying.....PSP

flux cutting.....FOC
metal powder cutting.....FOC
oxyfuel gas cutting.....OFC
-oxyacetylene cutting.....OFC-A
-oxyhydrogen cutting.....OFC-H
-oxynatural gas cutting.....OFC-N
-oxypropane cutting.....OFC-P
oxygen arc cutting.....AOC
oxygen lance cutting.....LOC



gas metal arc welding.....GMAW
-pulsed arc.....GMAW-P
-short circuiting arc.....GMAW-S
gas tungsten arc welding.....GTAW
-pulsed arc.....GTAW-P
plasma arc welding.....PAW
shielded metal arc welding.....SMAW
slud arc welding.....SW
submerged arc welding.....SAW
-series.....SAW-S

block brazing.....BB
diffusion brazing.....CAB
dip brazing.....DB
exothermic brazing.....EXB
flow brazing.....FLB
furnace brazing.....FB
induction brazing.....IB
infrared brazing.....IRB
resistance brazing.....RB
torch brazing.....TB
twin carbon arc brazing.....TCAB

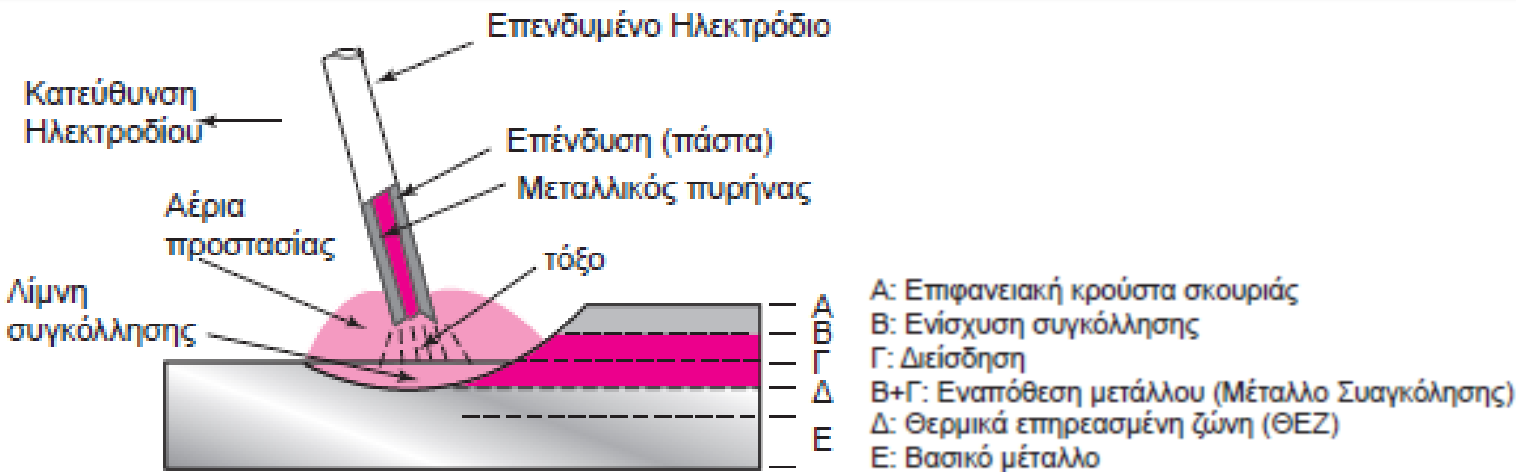
electron beam welding.....EBW
-high vacuum.....EBW-HV
-medium vacuum.....EBW-MV
-nonvacuum.....EBW-NV
electroslag welding.....ESW
flow welding.....FLOW
induction welding.....IW
laser beam welding.....LBW
percussion welding.....PEW
thermite welding.....TW

air acetylene welding.....AAW
oxyacetylene welding.....OAW
oxyhydrogen welding.....OHW
pressure gas welding.....PGW

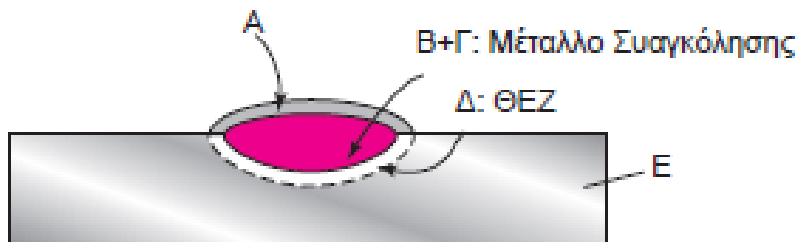
air carbon arc cutting.....CAC-A
carbon arc cutting.....CAC
gas metal arc cutting.....GMAC
gas tungsten arc cutting.....GTAC
plasma arc cutting.....PAC
shielded metal arc cutting.....SMAC

electron beam cutting.....EBC
laser beam cutting.....LBC
-air.....LBC-A
-evaporative.....LBC-EV
-inert gas.....LBC-IG
-oxygen.....LBC-O

Συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια (SMAW) 1 (1)



(α)

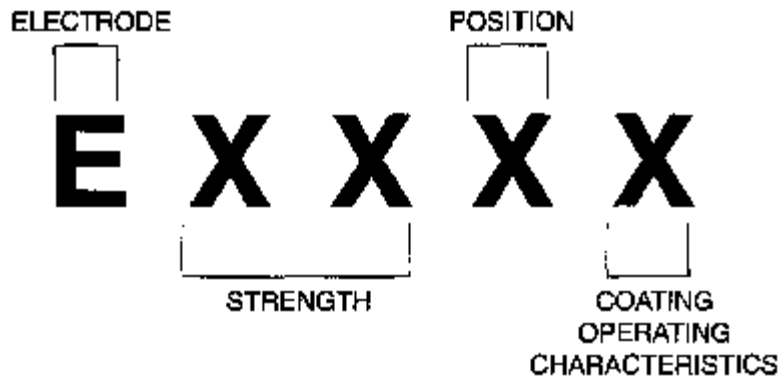


(β)

Σχήμα 1: (α) Σχηματική αναπαράσταση μεθόδου SMAW

(β) Εγκάρσια τομή στον άξονα συγκόλλησης

Συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια (SMAW) 1 (2)



Σχήμα 2: Ονοματολογία ηλεκτροδίων

Η ονοματολογία των ηλεκτροδίων ακολουθεί το σχήμα 2 όπου το γράμμα E σημαίνει ηλεκτρόδιο (Electrode). Τα δυο πρώτα ψηφία υποδεικνύουν την ελάχιστη αντοχή εφελκυσμού του μετάλλου συγκόλλησης σε μονάδες Ksi. Το τρίτο ψηφίο υποδεικνύει τη θέση συγκόλλησης. Ο συνδυασμός του τρίτου και τέταρτου ψηφίου καθορίζει την πολικότητα

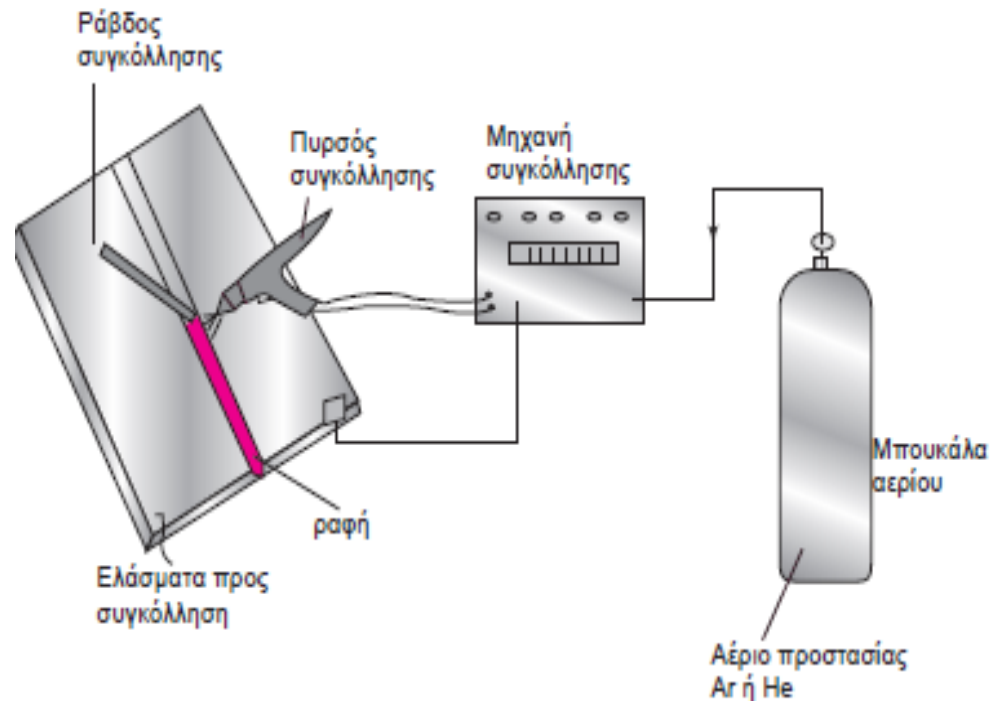
Συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια (SMAW) 1 (3)

Πιν.2.1 Ηλεκτρόδια για την συγκόλληση ανθρακούχων χαλύβων

Κωδικός AWS-ASTM	Επένδυση Ηλεκτροδίου	Ρεύμα Πολικότητα	Θέση Συγκόλλησης
E6010	Κυτταρίνη, νάτριο	ΣΡΗΘ	E, K, Y, O
E6011	Κυτταρίνη, κάλιο	ΣΡΗΘ, ΕΡ(ΑC)	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

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

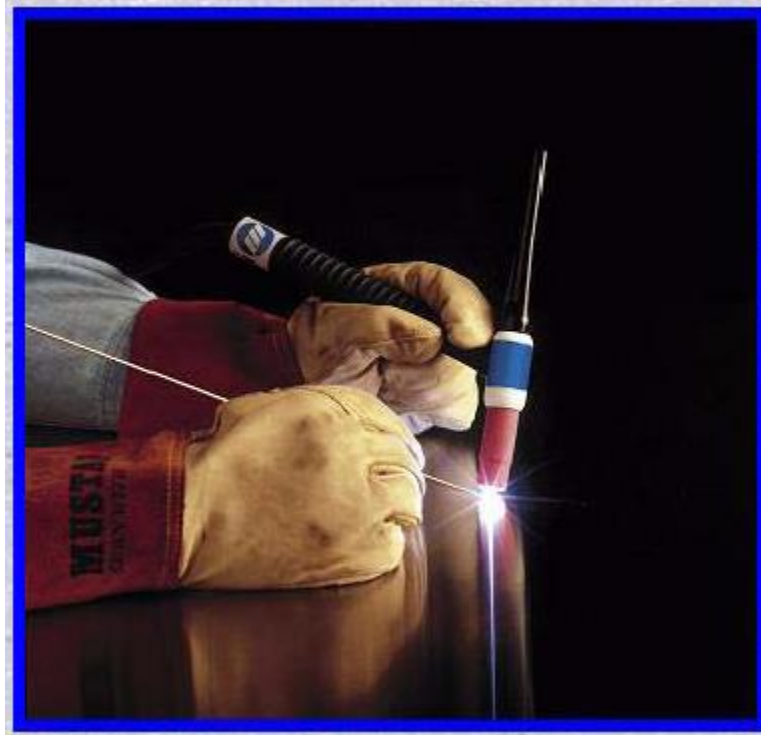
Συγκόλληση TIG ή GTAW 2 (1)



Η συγκόλληση GTAW-TIG είναι μια μέθοδος κατά την οποία το ηλεκτρικό τόξο σχηματίζεται μεταξύ ενός μη-αναλισκόμενου ηλεκτροδίου από βολφράμιο (W) και του προς συγκόλληση μετάλλου. Η συγκόλληση προστατεύεται από συνεχή ροή αδρανούς αερίου. Στη λίμνη συγκόλλησης προστίθεται εάν απαιτείται πρόσθετο συγκολλητικό υλικό, που προέρχεται από μια ράβδο συγκόλλησης. Η συγκόλληση TIG αναφέρεται και ως συγκόλληση GTAW.

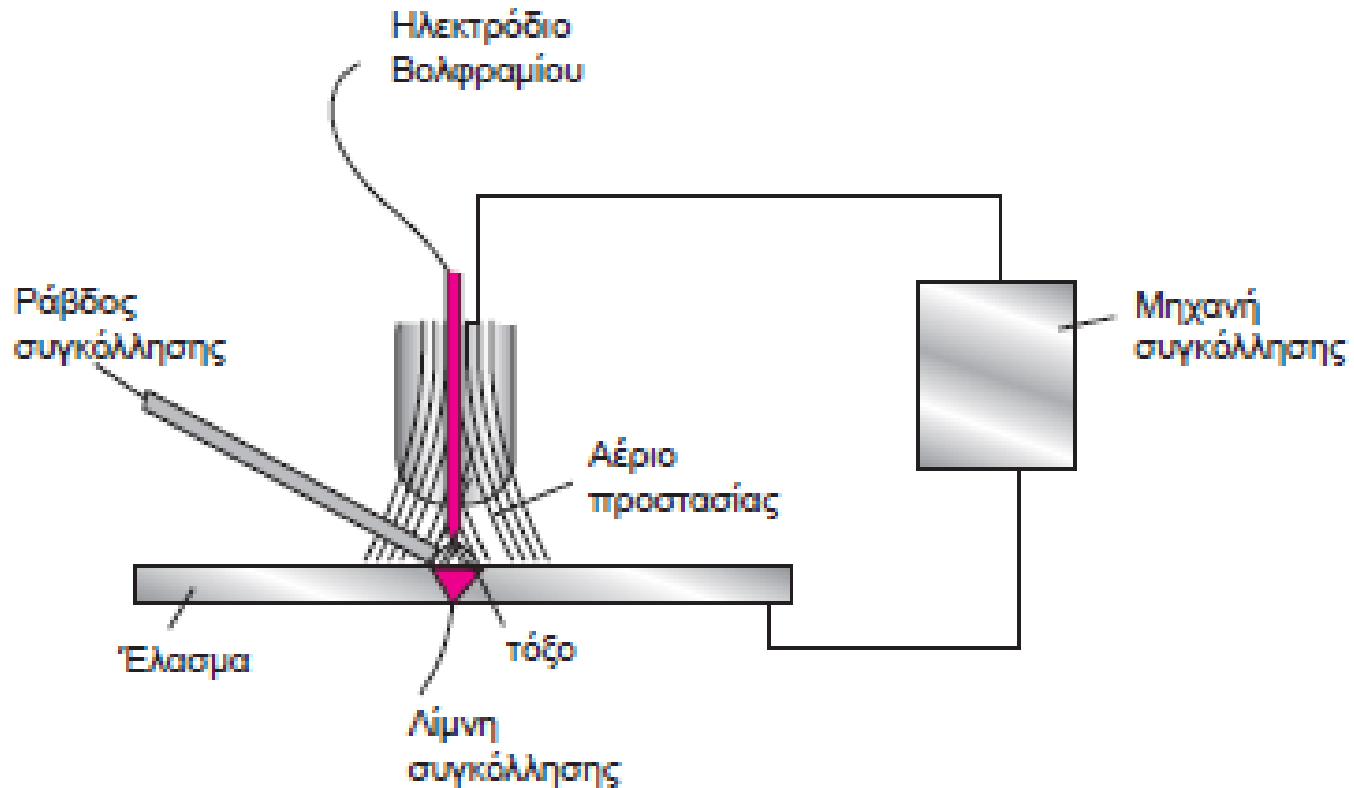
Σχήμα 3: Σχηματική αναπαράσταση μεθόδου TIG-GTAW

Συγκόλληση TIG ή GTAW 2 (2)



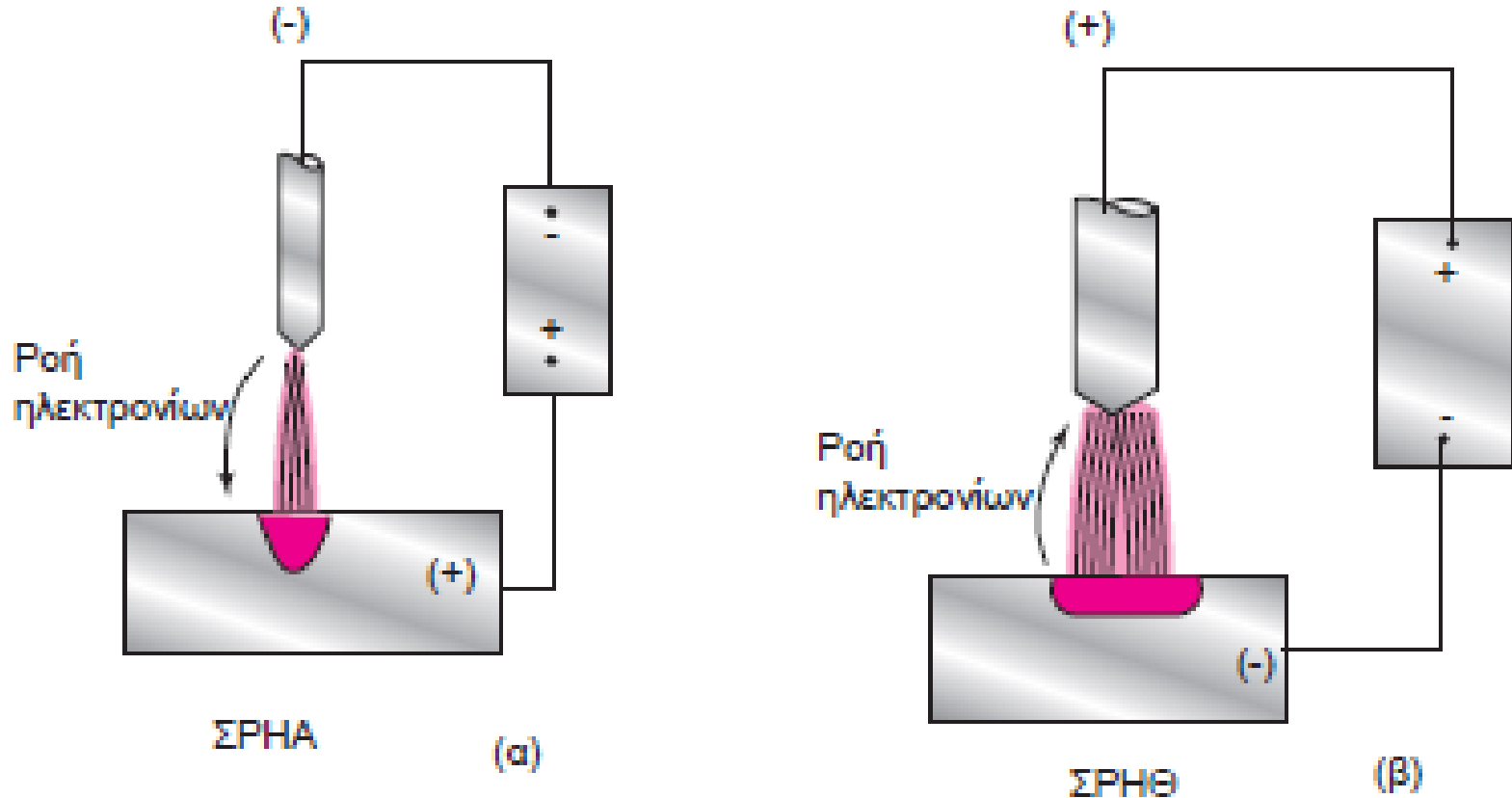
Σχήμα 4: Μέθοδος GTAW-TIG

Συγκόλληση TIG ή GTAW 2 (3)



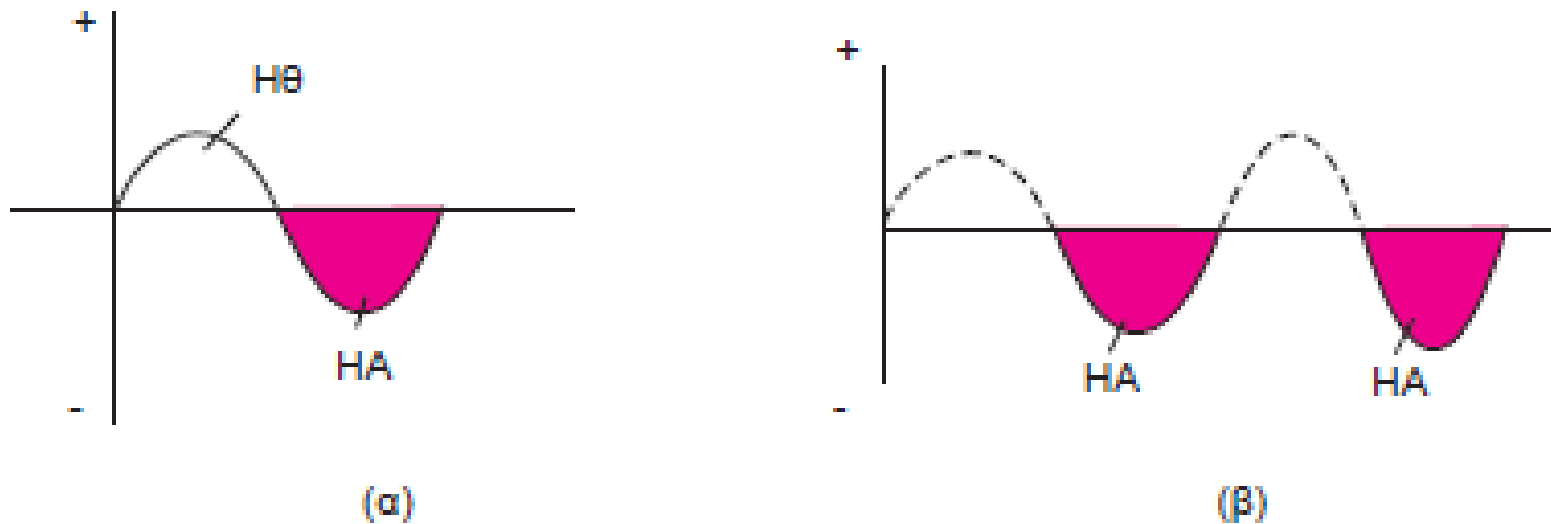
Σχήμα 5: Συγκόλληση TIG-GTAW

Συγκόλληση TIG ή GTAW 2 (4)



Σχήμα 6: (α) Πολικότητα ΣΡΗΑ: στενή συγκόλληση με μεγάλη διείδυση, (β) πολικότητα ΣΡΗΘ: ευρεία συγκόλληση με μικρή διείδυση

Συγκόλληση TIG ή GTAW 2 (5)



Σχήμα 7: (α) Τα τμήματα ΣΡΗΘ και ΣΡΗΑ ενός πλήρους κύκλου συγκόλλησης ΕΡ, (β) Ανόρθωση του ΕΡ

Συγκόλληση TIG ή GTAW 2 (6)

Πίνακας 2: Μέθοδοι συγκόλλησης TIG

Μέταλλο	ΣΡΗΑ	ΣΡΗΘ	ΕΡ
Χάλυβες	E	O	O
Χυτοσίδηροι	E	O	K (Σημ.1)
Ανοξείδωτοι χάλυβες	E	O	K (Σημ.1)
Κράματα υψηλών θερμοκρασιών	E	O	K (Σημ.1)
Πυρίμαχα μέταλλα	E	O	O
Κράματα αλουμινίου			
<0.6mm	O (Σημ.2)	K	E
>0.6mm	O (Σημ.2)	O	E
Χυτά αλουμινίου	O (Σημ.2)	O	E
Κράματα χαλκού			
Ορείχαλκοι	E	O	K (Σημ.1)
Μπρούντζοι	E	O	O
Κράματα μαγνησίου			
<3mm	O (Σημ.2)	K	E
>3mm	O (Σημ.2)	O	E
Χυτά μαγνησίου	O (Σημ.2)	O	E

E: Εξαιρετική

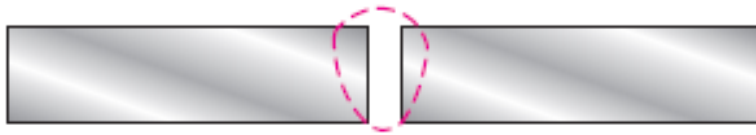
K: Καλή

O: Δεν συνιστάται

Σημ.1: Με ένταση ρεύματος κατά 25% υψηλότερη από ΣΡΗΑ

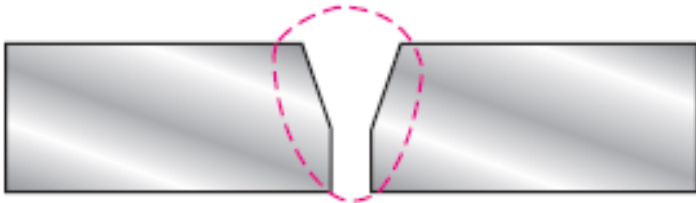
Σημ.2: Εκτός αν προηγηθεί μηχανικός ή χημικός καθαρισμός

Συγκόλληση TIG ή GTAW 2 (6)

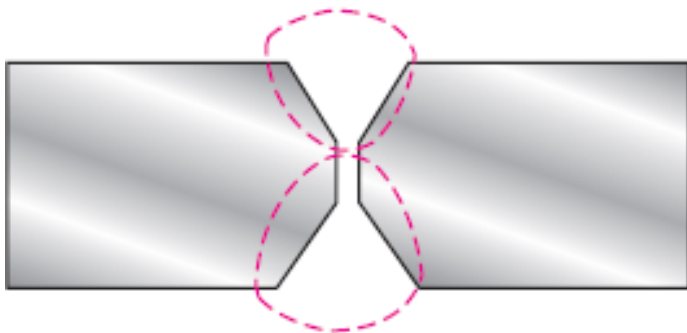


(α)

Σύνδεση συμβολής



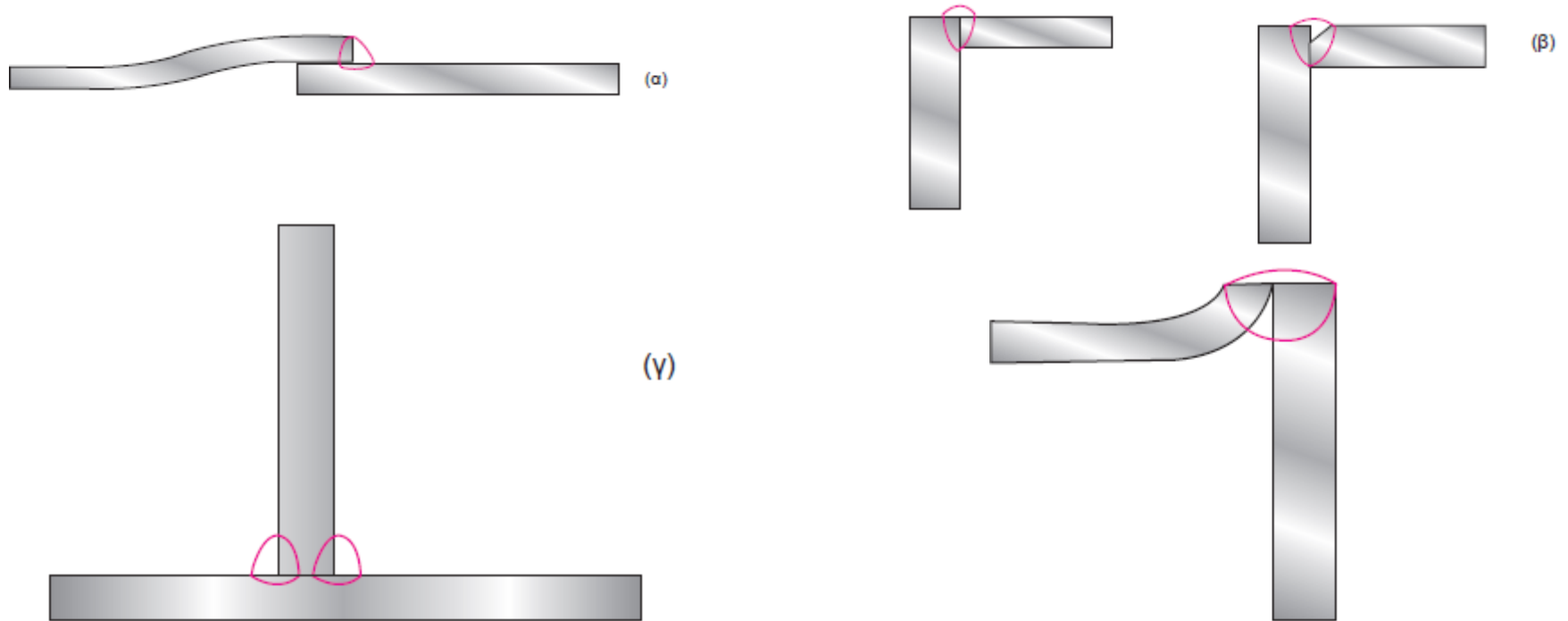
(β)



(γ)

Σχήμα 8: Συνδέσεις συμβολής (α) απλή (β) μονό V (γ) διπλό V

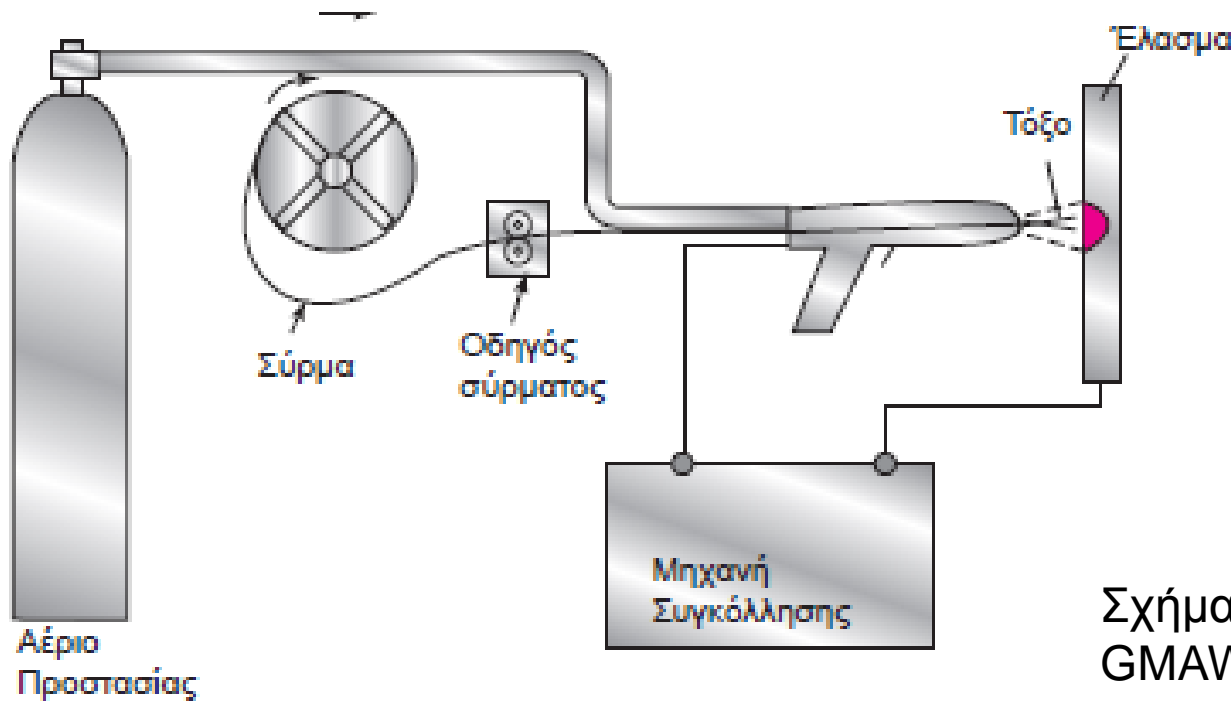
Συγκόλληση TIG ή GTAW 2 (7)



Σχήμα 9: (α) Σύνδεση με επικάλυψη (β) Γωνιακές συνδέσεις, (γ) Αυχενική Τα, (δ) σύνδεση ακμών

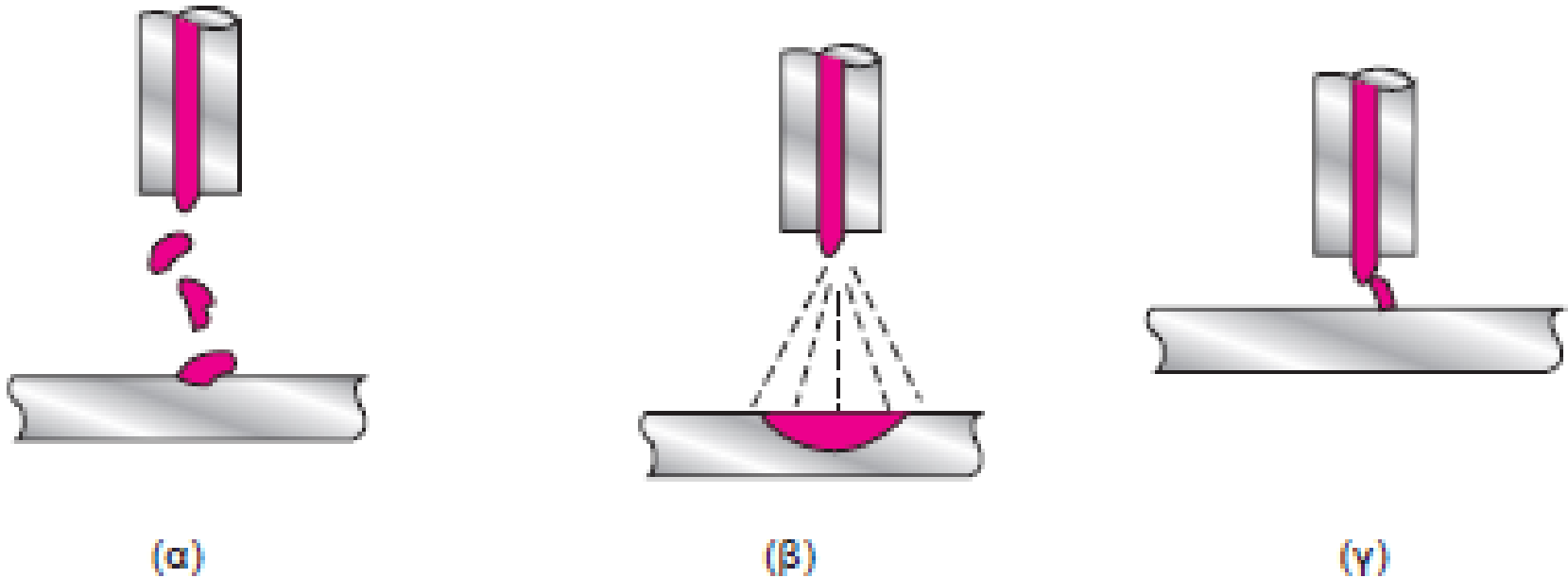
Συγκόλληση MIG ή GMAW 3 (1)

Η συγκόλληση MIG ή SMAW είναι μια μέθοδος κατά την οποία το ηλεκτρικό τόξο σχηματίζεται μεταξύ ενός αναλισκόμενου ηλεκτροδίου και του προς συγκόλληση μετάλλου ενώ ταυτόχρονα η λίμνη συγκόλλησης προστατεύεται από συνεχή ροή αδρανούς αερίου.



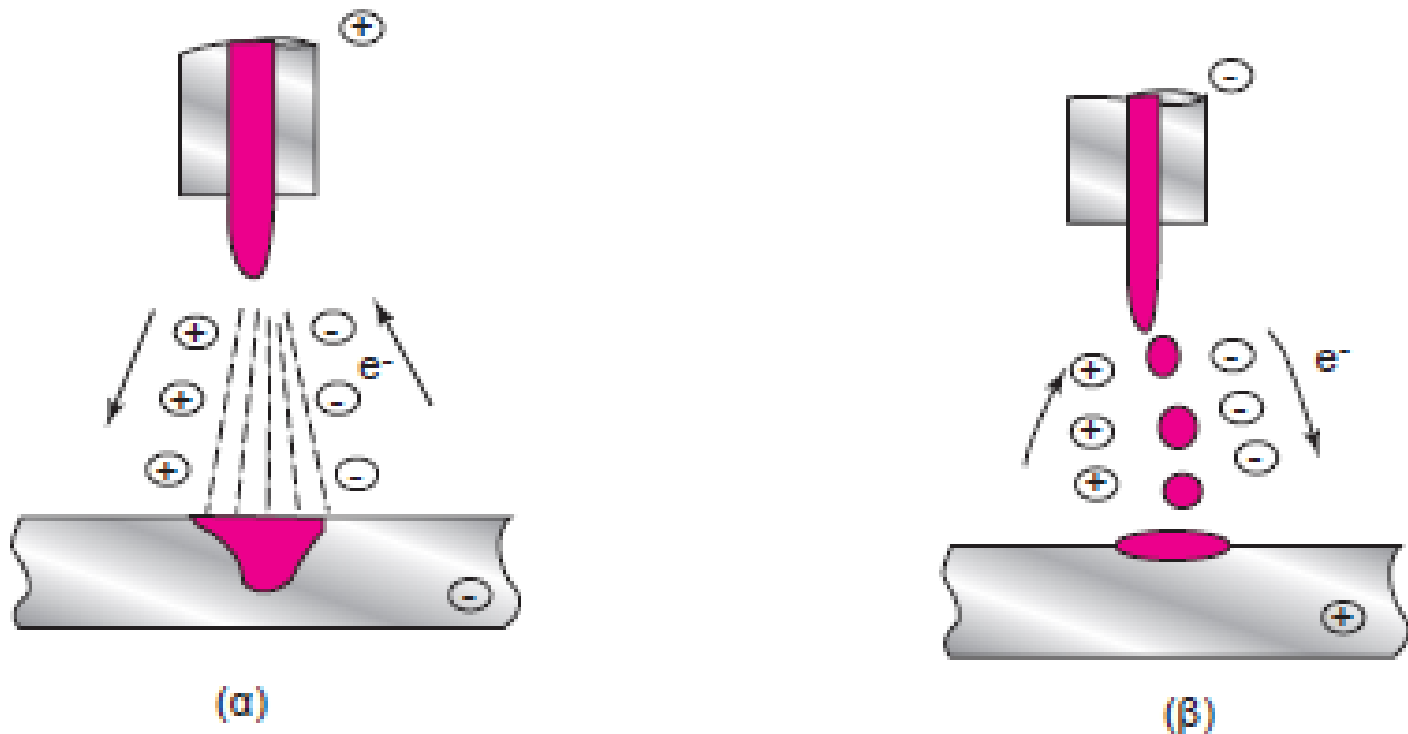
Σχήμα 10: Διάταξη μεθόδου GMAW/MIG

Συγκόλληση MIG ή GMAW 3 (2)



Σχήμα 11: Μεταφορά μετάλλου κατά την συγκόλληση (α) μεταφορά με σταγόνες (β) μεταφορά με σπρέι (γ) μεταφορά με βραχυκύκλωμα

Συγκόλληση MIG ή GMAW 3 (3)



Σχήμα 12: Επίδραση της πολικότητας στη μεταφορά μετάλλου (α) ΣΡΗΘ (β) ΣΡΗΑ

Συγκόλληση MIG ή GMAW 3 (4)



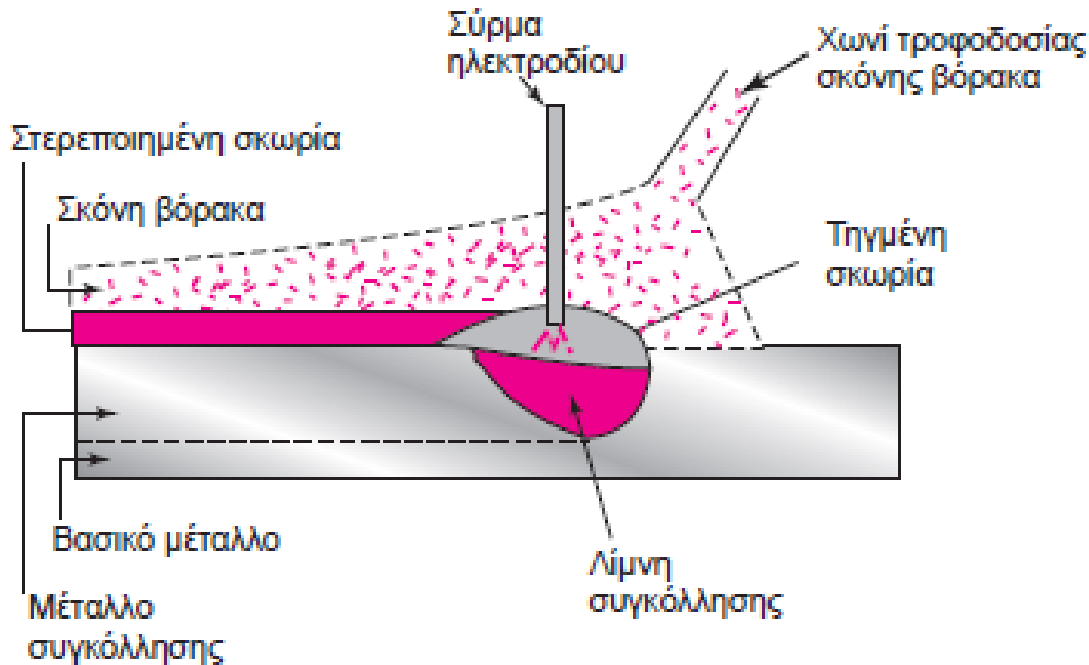
Η επιλογή ενός σύρματος συγκόλλησης για τη μέθοδο MIG εξαρτάται από πολλούς παράγοντες:

- Η επίτευξη παραπλήσιας χημικής σύστασης μεταξύ μετάλλου συγκόλλησης και βασικού μετάλλου
- Έλεγχος μεταλλουργικών χαρακτηριστικών συγκόλλησης
- Αποξειδωση του μετάλλου συγκόλλησης
- Σταθερότητα ηλεκτρικού τόξου και μεταφοράς μετάλλου

Σχήμα 13: Συγκόλληση GMAW-MIG

Συγκόλληση με βυθισμένο τόξο 4 (1)

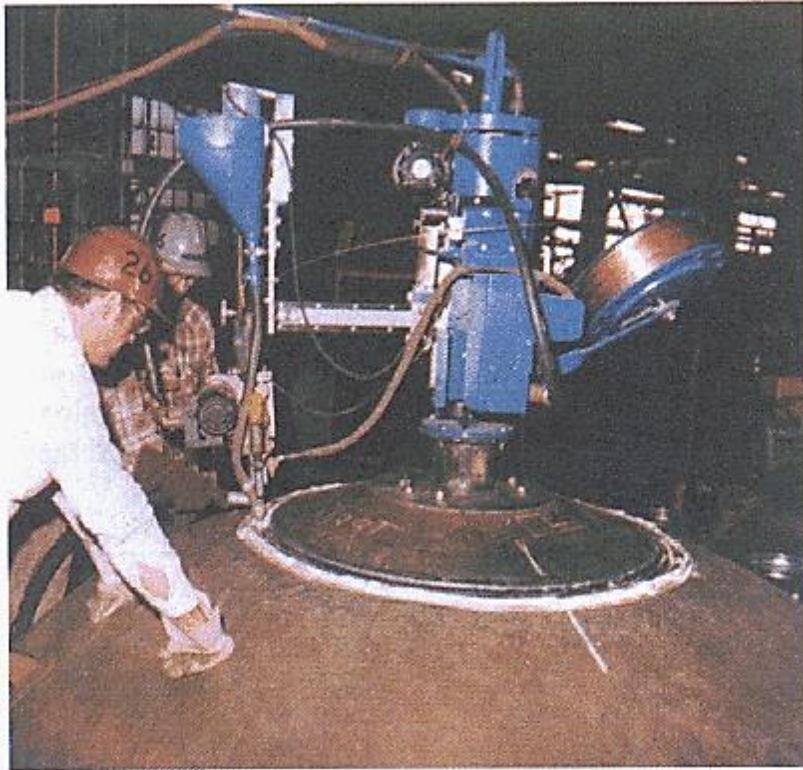
Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της συγκόλλησης με βυθισμένο τόξο είναι τα εξής:



- Ρόλος της σκόνης
- Μετάδοση θερμότητας
- Τύπος ηλεκτρικού ρεύματος

Σχήμα 14: Συγκόλληση με βυθισμένο τόξο (SAW)

Συγκόλληση με βυθισμένο τόξο 4 (2)



Πλεονεκτήματα

- Υψηλή παραγωγικότητα, η οποία μάλιστα μπορεί να αυξηθεί περαιτέρω με τη χρήση πολλαπλών κεφαλών συγκόλλησης.
- Είναι δυνατόν να συγκολληθούν ελάσματα μεγάλου πάχους.
- Η καθαρότητα και ποιότητα μετάλλου είναι υψηλή με εγκλείσματα και πορώδες σε εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα.
- Η κάλυψη του ηλεκτρικού τόξου καθιστά μη αναγκαία τη χρήση προστατευτικού αδρανούς αερίου

Σχήμα 15: Συγκόλληση SAW σε καπάκι δοχείου πίεσης

Συγκόλληση με βυθισμένο τόξο 4 (3)

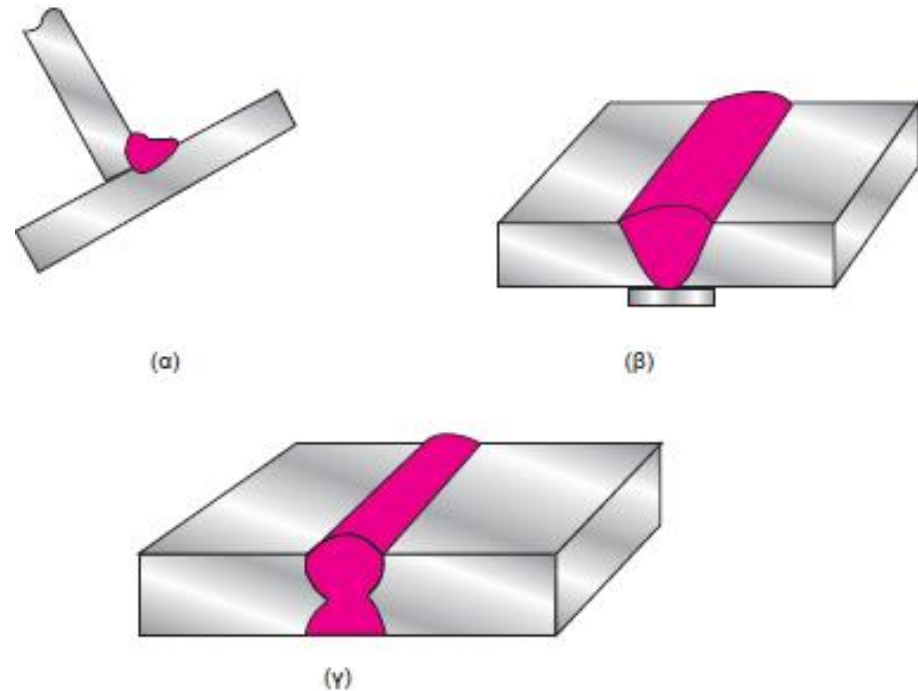


Μειονεκτήματα

- Λόγω της βαρύτητας η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο σε επίπεδη και οριζόντια θέση συγκόλλησης
- Ο μεγάλος ρυθμός εισαγωγής θερμότητας είναι δυνατόν να προκαλέσει αύξηση των παραμορφώσεων

Σχήμα 16: Συγκόλληση βυθισμένου τόξου σε ναυπηγείο

Επιλογή μεθόδου συγκόλλησης 5 (1)



Οι κυριότερες απαιτήσεις της της σύνδεσης

- Ο ρυθμός εναπόθεσης μετάλλου συγκόλλησης
- Η διείσδυση
- Η ικανότητα συγκόλλησης σε δύσκολες θέσεις
- Η ταχύτητα συγκόλλησης

Σχήμα 17: (α), (β) Συνδέσεις που απαιτούν σημαντική πλήρωση με μέταλλο συγκόλλησης (γ) Σύνδεση που απαιτεί μεγάλη διείσδυση