

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ MMA

- Εμβάθυνση στην τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων MMA
- Θέσεις συγκόλλησης
- Η προετοιμασία των προς συγκόλληση άκρων
- Η τυποποίηση επενδυμένων ηλεκτροδίων
- Πρακτικές οδηγίες για καλές συγκολλήσεις
- Ο τρόπος χρήσης των βασικών ηλεκτροδίων
- Συγκολλήσεις ανοξειδωτων χαλύβων MMA
- Συγκολλήσεις αλουμινίου MMA
- Συγκολλήσεις χυτοσιδήρου MMA

8. ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ MMA

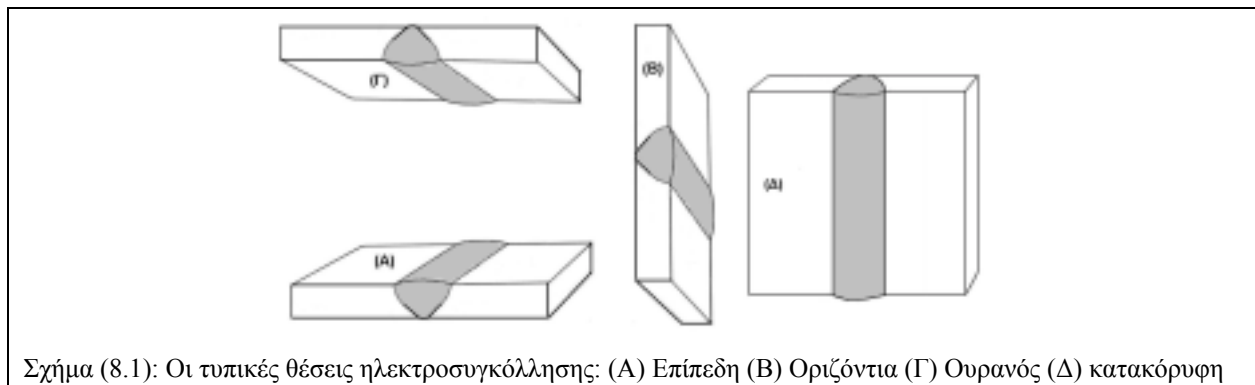
Στόχοι:

- Να γνωρίζουν πολύ καλά οι μαθητές τις τεχνικές των συγκολλήσεων MMA.
- Να μάθουν την τυποποίηση των ηλεκτροδίων και πώς, με βάση αυτή, να επιλέγουν το κατάλληλο ηλεκτρόδιο.
- Να πραγματοποιούν συγκολλήσεις με βασικά ηλεκτρόδια.
- Να εκτελούν ηλεκτροσυγκόλληση σε διάφορες θέσεις.
- Να εκτελούν συγκολλήσεις ανοξειδωτων χαλύβων, αλουμινίου και χυτοσιδήρου με MMA.

8-1. Οι θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης

Στο κεφάλαιο 3 είχαμε αναφερθεί, γενικά, στις θέσεις συγκόλλησης και στις συναρμογές των άκρων των προς συγκόλληση τεμαχίων. Στην παράγραφο αυτή θα επαναλάβουμε ορισμένες βασικές έννοιες και θα αναφερθούμε λεπτομερέστερα σε ορισμένα σημεία που έχουν ιδιαίτερη σημασία για τις ηλεκτροσυγκολλήσεις.

Οι βασικές θέσεις συγκόλλησης είναι τέσσερις και στην πιο απλή μορφή τους φαίνονται στο σχήμα (8.1). Έχουμε την **επίπεδη θέση**, την **οριζόντια**, τον **ουρανό** και την **κατακόρυφη**.



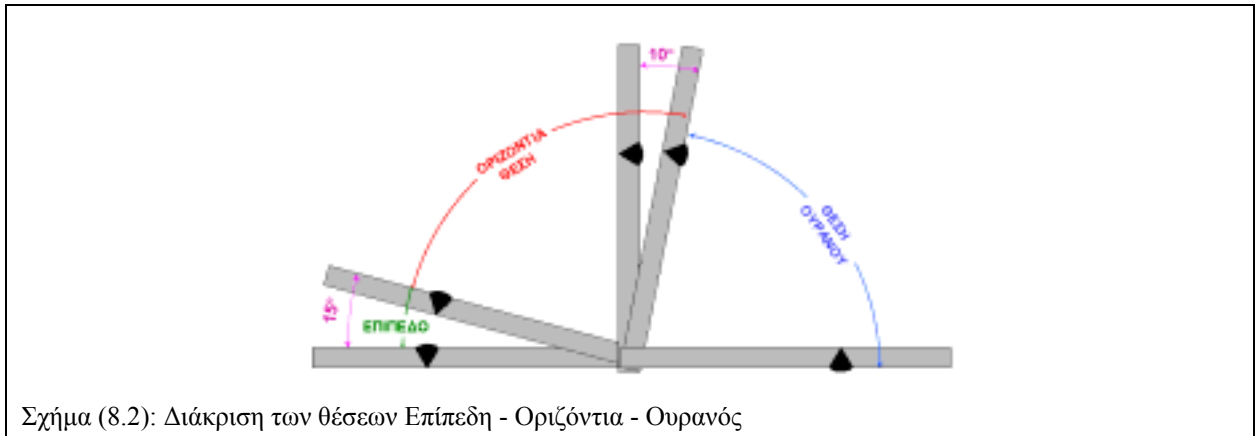
Σχήμα (8.1): Οι τυπικές θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης: (Α) Επίπεδη (Β) Οριζόντια (Γ) Ουρανό (Δ) κατακόρυφη

Η **κατακόρυφη** θέση διακρίνεται σε **ανεβατή**, όταν μετακινούμε το ηλεκτρόδιο προς τα άνω και **κατεβατή**, όταν το μετακινούμε προς τα κάτω. Έτσι οι θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης ανέρχονται συνολικά σε **πέντε**. Οι πλέον δύσκολες είναι του ουρανού και η κατεβατή και για την εκτέλεσή τους ορισμένοι μόνο τύποι ηλεκτροδίων μπορούν να χρησιμοποιηθούν.

Παρατήρηση: Στην τυποποίηση κατά ISO-6947, καθορίζονται ακόμη δύο θέσεις που είναι η **γωνιακή επίπεδη** και η **γωνιακή ουρανού**, δηλαδή οι **εξωραφές**. Έτσι οι θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης, σύμφωνα με το ISO-6947, ανέρχονται συνολικά σε **επτά** (7). Η διάκριση αυτή όμως, στην πράξη, δε διαφοροποιεί τίποτε. Ο ίδιος τύπος ηλεκτροδίου χρησιμοποιείται τόσο στην επίπεδη όσο και στη γωνιακή επίπεδη. Αντίστοιχα, με το ίδιο ηλεκτρόδιο αντιμετωπίζονται οι περιπτώσεις ουρανού και γωνιακής ουρανού.

Οι θέσεις του σχήματος (8.1) είναι τυπικές. Αν όμως τα προς συγκόλληση ελάσματα έχουν άλλη γωνία, π.χ. 25°, τότε ποια είναι η θέση συγκόλλησης; Να σημειωθεί ότι:

Η αναγνώριση της θέσης συγκόλλησης είναι βασική, για να γίνει η επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροδίου.



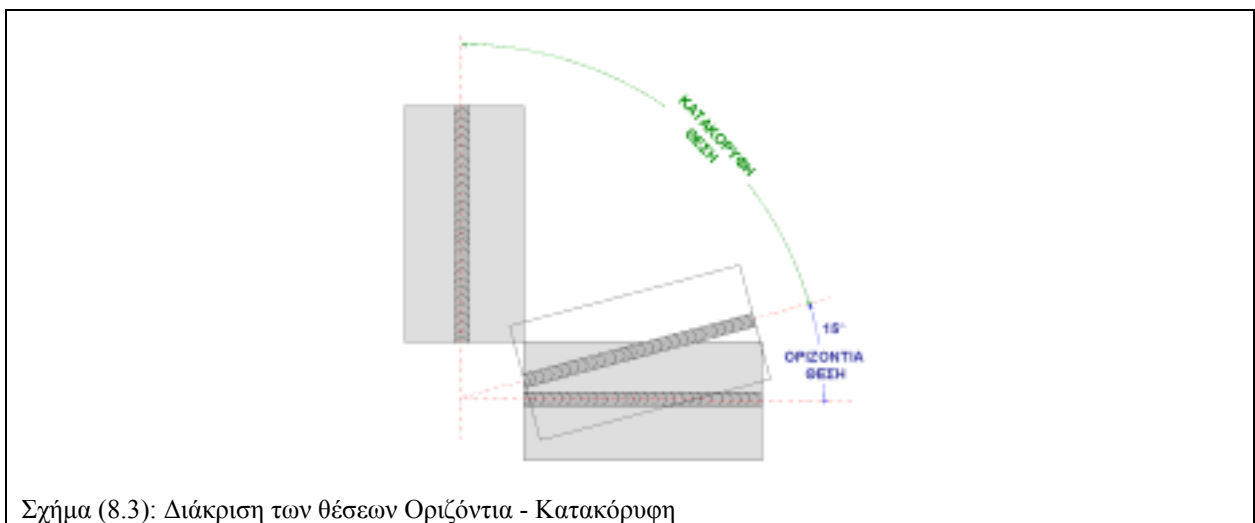
Σχήμα (8.2): Διάκριση των θέσεων Επίπεδη - Οριζόντια - Ουρανός

Ας υποθέσουμε τα δύο ελάσματα πάνω σε μία επίπεδη επιφάνεια, π.χ. σε μια κόλλα χαρτί που στο μέσο της έχουμε χαράξει μία ευθεία που συμβολίζει τη ραφή συγκόλλησης. Αρχίζουμε να περιστρέφουμε την επιφάνεια με άξονα τη ραφή. Όπως φαίνεται στο σχήμα (8.2) έχουμε:

- **Επίπεδη** θέση: Μέχρι και τις 15° , τα ελάσματα θεωρούνται ότι εξακολουθούν να βρίσκονται στην επίπεδη θέση.
- **Οριζόντια** θέση: Συνεχίζουμε να περιστρέφουμε την επιφάνεια. Όταν τα ελάσματα είναι σε επιφάνεια που αποκλίνει από την οριζόντια περισσότερο από 15° και δεν περνάει από την κατακόρυφο περισσότερο από 10° (δηλαδή τη θέση 100°), θεωρούμε ότι βρίσκονται σε οριζόντια θέση.
- **Ουρανός**: Όταν η απόκλιση από την οριζόντια θέση υπερβεί τις 100° (δηλαδή 10° από την κατακόρυφο), τότε έχουμε συγκόλληση ουρανού.

Τίθεται, επίσης, το ερώτημα μέχρι ποια γωνία κλίσης η ραφή θεωρείται ότι είναι σε οριζόντια θέση (μετά την οποία θεωρείται ότι είναι στην κατακόρυφη θέση). Φέρνουμε την υποτιθέμενη ραφή στην τυπική **οριζόντια θέση**, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.1). Αρχίζουμε να την περιστρέφουμε, διατηρώντας την κατακόρυφο. Όπως βλέπουμε στο σχήμα (8.3) έχουμε:

- **Οριζόντια** θέση: Όταν η ραφή συγκόλλησης αποκλίνει από την πραγματική οριζόντια μέχρι και 15° .
- **Κατακόρυφη** θέση: Όταν η ραφή συγκόλλησης αποκλίνει από την οριζόντια περισσότερο από 15° .



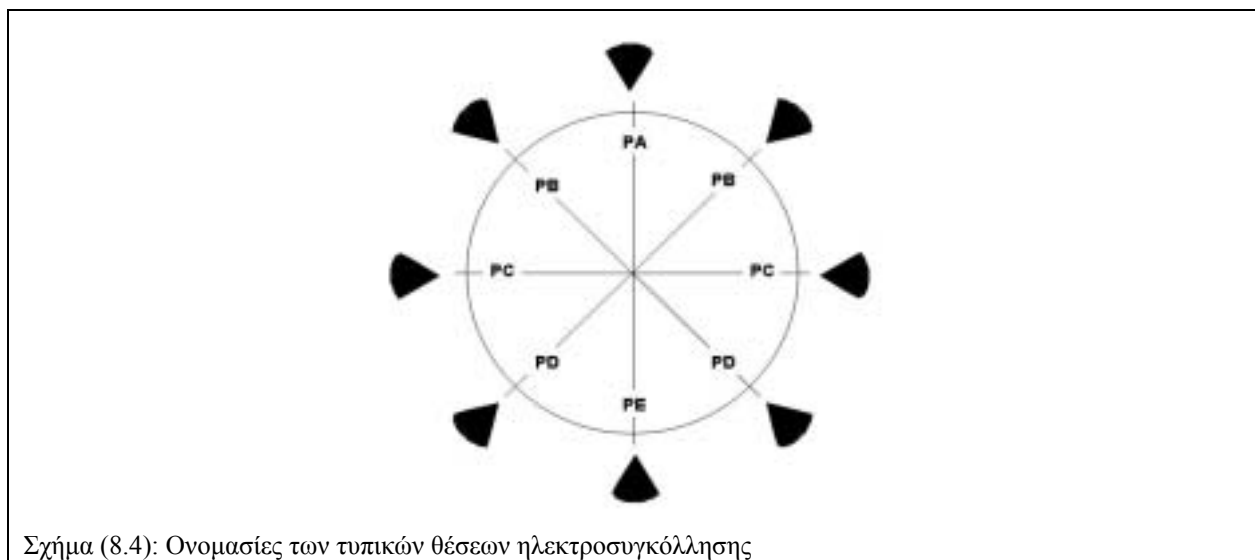
Σχήμα (8.3): Διάκριση των θέσεων Οριζόντια - Κατακόρυφη

Από εδώ και πέρα στο βιβλίο, για το συμβολισμό της θέσης συγκόλλησης, θα χρησιμοποιούμε μόνο τους συμβολισμούς κατά ISO-6947. Όπως ήδη γνωρίζουμε, η κάθε θέση ηλεκτροσυγκόλλησης έχει ένα συμβολισμό με δύο γράμματα¹. Το πρώτο γράμμα είναι το **P**² και μετά ακολουθεί ένα από τα **A, B, C, D, E, F, G**. Ισχύουν οι εξής συμβολισμοί:

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

Η θέση ανάμεσα στο PA και PC χαρακτηρίζεται ως **PB** (γωνιακή επίπεδη), ενώ μεταξύ του PE και του PF ως **PD** (γωνιακή ουρανού). Υπενθυμίζουμε, επίσης, ότι οι γωνιακές ραφές ονομάζονται και **εξωραφές**, ενώ οι άλλες ονομάζονται **εσωραφές**.

Στο σχήμα (8.4) βλέπουμε το χαρακτηρισμό των θέσεων. Είναι φανερό ότι οι θέσεις έχουν ονομαστεί με μία λογική σειρά και γι' αυτό δεν είναι δύσκολη η απομνημόνευσή τους.



Σχήμα (8.4): Ονομασίες των τυπικών θέσεων ηλεκτροσυγκόλλησης

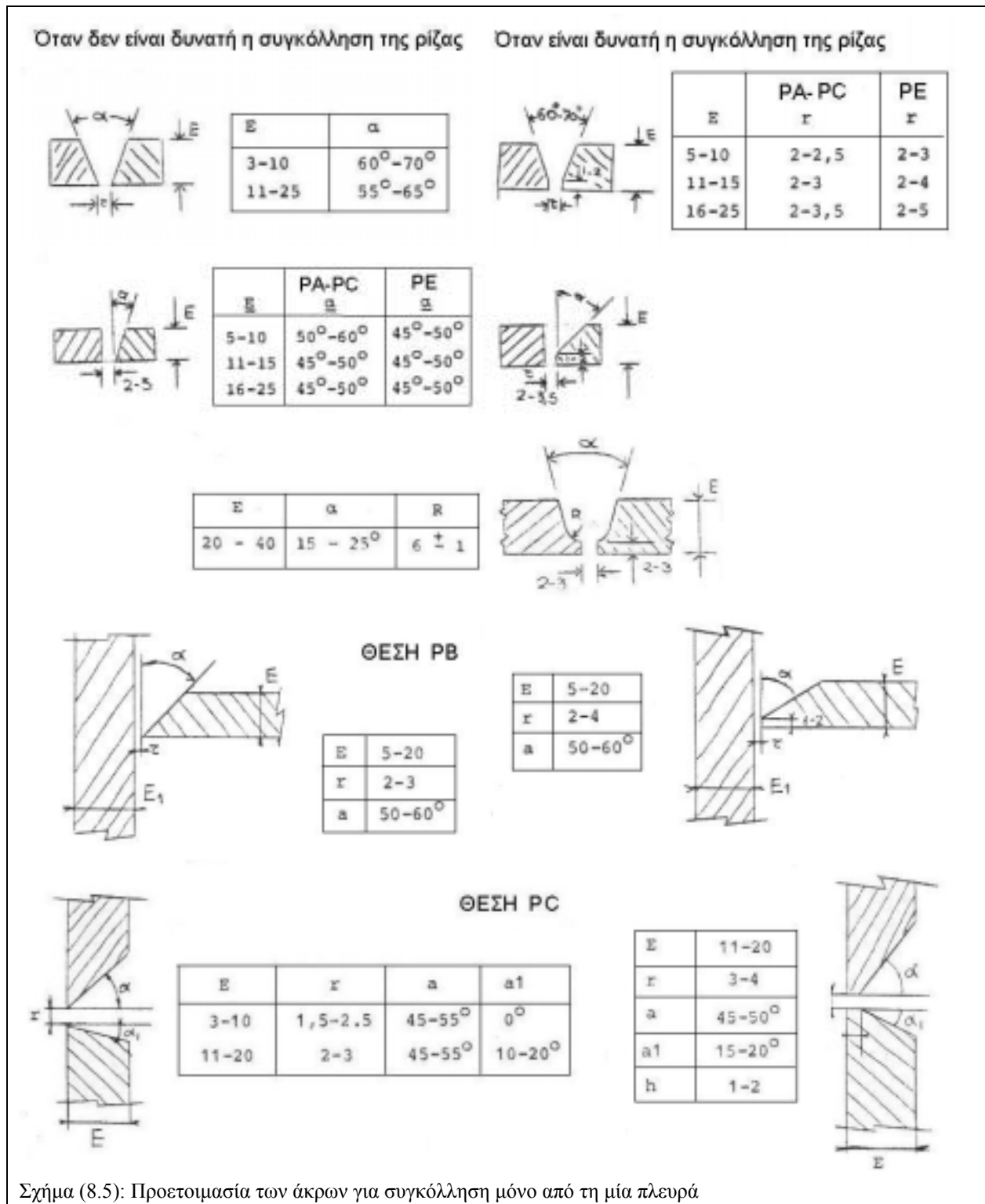
8-2. Η προετοιμασία των άκρων

Όταν τα ελάσματα είναι μεγάλου πάχους, γίνεται προετοιμασία των άκρων τους, με σκοπό να εξασφαλιστεί η καλή συγκόλληση μέχρι τη ρίζα. Όταν η συγκόλληση γίνεται μόνο από τη μια πλευρά, η προετοιμασία γίνεται με τους τρόπους που φαίνονται στο σχήμα (8-5), ενώ, όταν γίνεται και από τις δύο πλευρές, με τους τρόπους που φαίνονται στο σχήμα (8.6).

Οι λοξοτομές των ελασμάτων, που φαίνονται στα σχήματα (8.5) και (8.6) μπορούν, να γίνουν με μηχανουργικά μέσα (στη φρέζα) ή με οξυγονοκοπή ή με πλάσμα. Ο πλέον συνήθης τρόπος για τους ανθρακούχους χάλυβες είναι η οξυγονοκοπή και στις άλλες περιπτώσεις το πλάσμα. Σε πολύ μικρά μήκη συγκόλλησης, π.χ. για τη συγκόλληση δύο τεμαχίων προφίλ μορφοσιδήρου, η λοξοτομή μπορεί να γίνει και με τροχό χειρός.

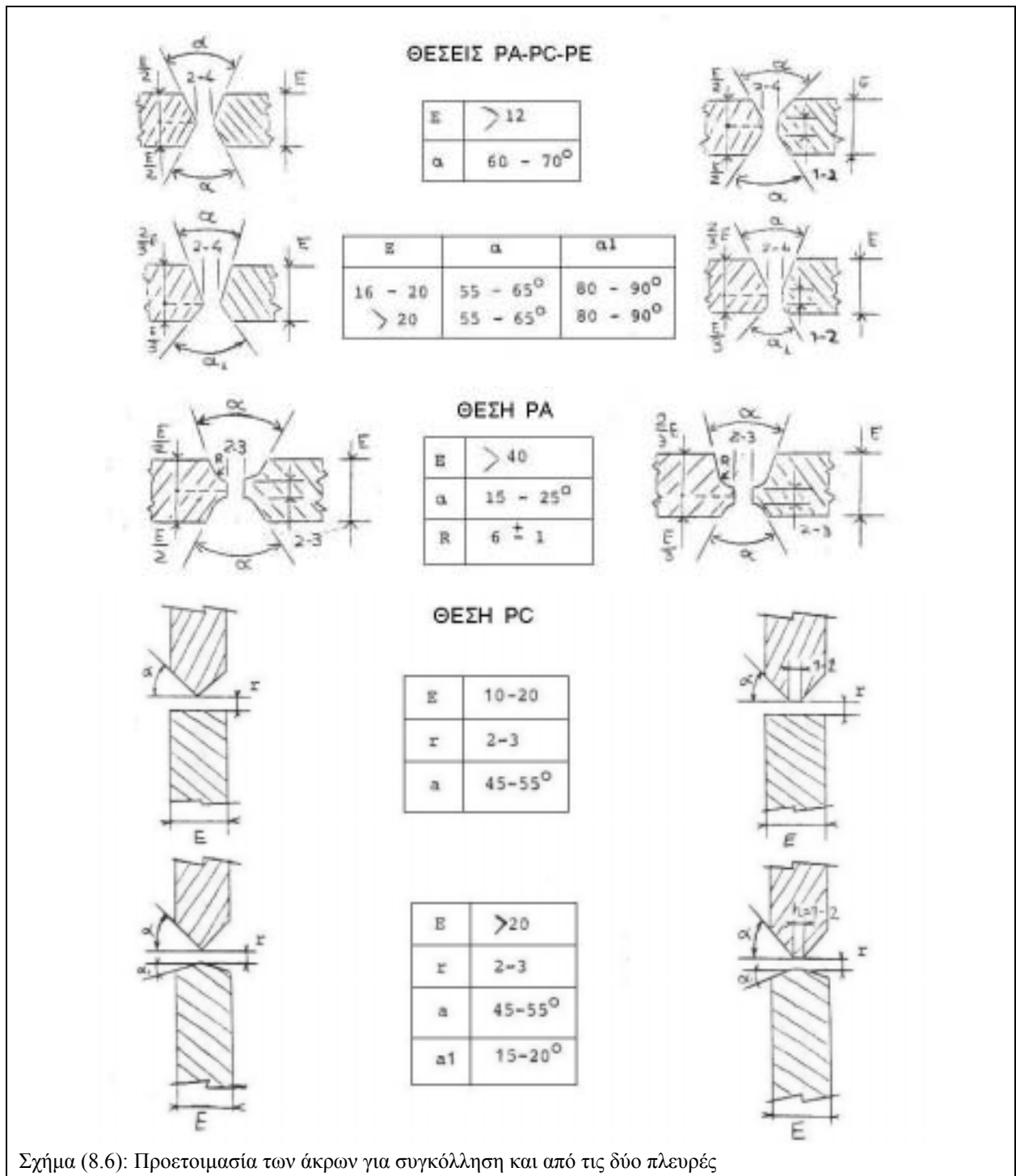
¹ Με βάση το πρότυπο ISO-6947

² Από τη λέξη Position = θέση

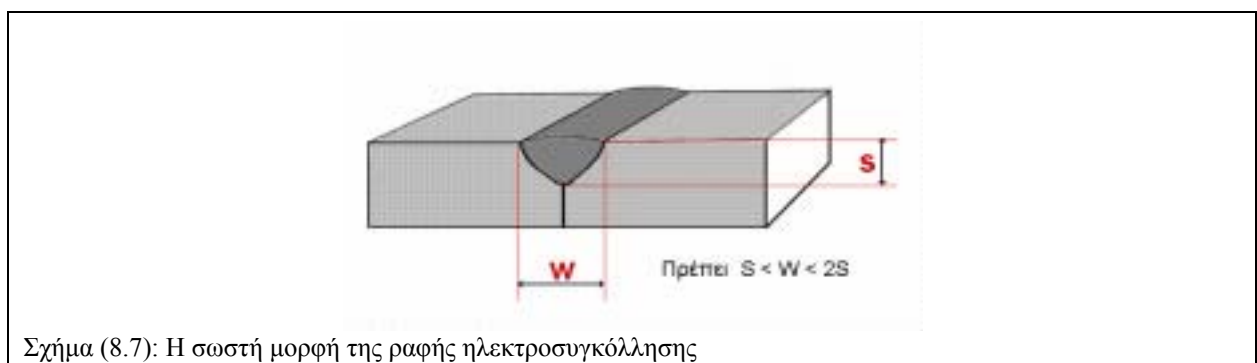


Σχήμα (8.5): Προετοιμασία των άκρων για συγκόλληση μόνο από τη μία πλευρά

Όλοι οι τρόποι προετοιμασίας των άκρων θα πρέπει να εξασφαλίζουν ότι το πλάτος της ηλεκτροσυγκόλλησης θα είναι μεγαλύτερο από το βάθος διείσδυσης, που για μονόπλευρη συγκόλληση, συνήθως είναι όσο και το πάχος του ελάσματος, ενώ για αμφίπλευρη, ίσο με το ήμισυ του πάχους. Αυτό φαίνεται στο σχήμα (8.7). Αν δεν εφαρμοστεί αυτός ο κανόνας, υπάρχει κίνδυνος ρηγμάτωσης κατά μήκος της συγκόλλησης. Για το λόγο αυτό, η γωνία α των σχημάτων (8.5) και (8.6) πρέπει να είναι τουλάχιστον 45°.



Σχήμα (8.6): Προετοιμασία των άκρων για συγκόλληση και από τις δύο πλευρές



Σχήμα (8.7): Η σωστή μορφή της ραφής ηλεκτροσυγκόλλησης

8-3. Οι τρόποι κοπής και προετοιμασίας των προς συγκόλληση άκρων

(α) Με μηχανουργικά μέσα

Η προετοιμασία των άκρων με μηχανουργικά μέσα γίνεται σχετικά σπάνια. Τα άκρα των κυλινδρικών τεμαχίων προετοιμάζονται στον τόρνο και των επίπεδων στη φρέζα. Η φρέζα προσφέρεται ως μέσο διαμόρφωσης, ιδίως όταν τα άκρα πρέπει να προετοιμαστούν σε μορφή U.

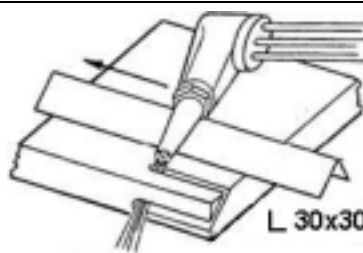
(β) Με οξυγονοκοπή

Η οξυγονοκοπή αναπτύχθηκε στο κεφάλαιο 5.8. Υπενθυμίζουμε ότι γίνεται με οξειδωτική φλόγα οξυγόνου-ασετιλίνης και κόβει το μέταλλο με την οξείδωση (κάψιμο). Για το λόγο αυτό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ανοξειδωτους χάλυβες ή σε κράματα αλουμινίου ή χαλκού, επειδή αυτά δεν οξειδώνονται. Η προετοιμασία των άκρων, για την επίτευξη της επιθυμητής γωνίας και του σχήματος της κοπής, γίνεται και με τη χρήση ειδικών συσκευών, όπως αυτή που βλέπουμε στο σχήμα (8.8).



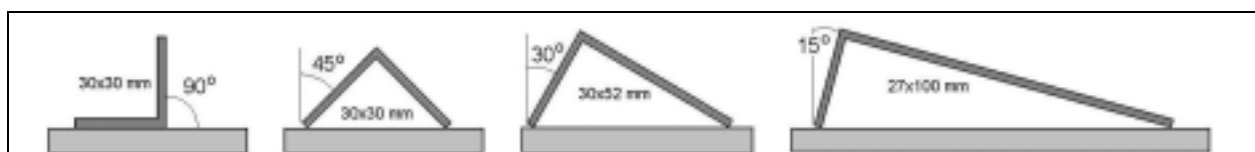
Σχήμα (8.8): Η χρήση ειδικής συσκευής για τη διαμόρφωση των προς συγκόλληση άκρων με οξυγονοκοπή

Ένας τρόπος που, επίσης, χρησιμοποιείται πολύ, όταν πρόκειται να κάνουμε φρέζα 45° , σε ευθεία γραμμή (που είναι και το πλέον συνηθισμένο), είναι με τη χρήση μιας ισοσκελούς γωνίας από προφίλ μορφοσιδήρου ως οδηγού. Η τεχνική αυτή φαίνεται στο σχήμα (8.9).



Σχήμα (8.9): Η χρήση ισοσκελούς γωνίας από μορφοσίδηρο για τη διαμόρφωση άκρου υπό γωνία 45°

Αν επιθυμούμε διαμόρφωση των άκρων σε άλλη γωνία εκτός των 45° , μπορεί να διαμορφωθεί η κατάλληλη ανισοσκελής γωνία, κόβοντας κατά μήκος το ένα σκέλος. Τη σχέση γωνίας - πλευρών τη βλέπουμε στο σχήμα (8.10).

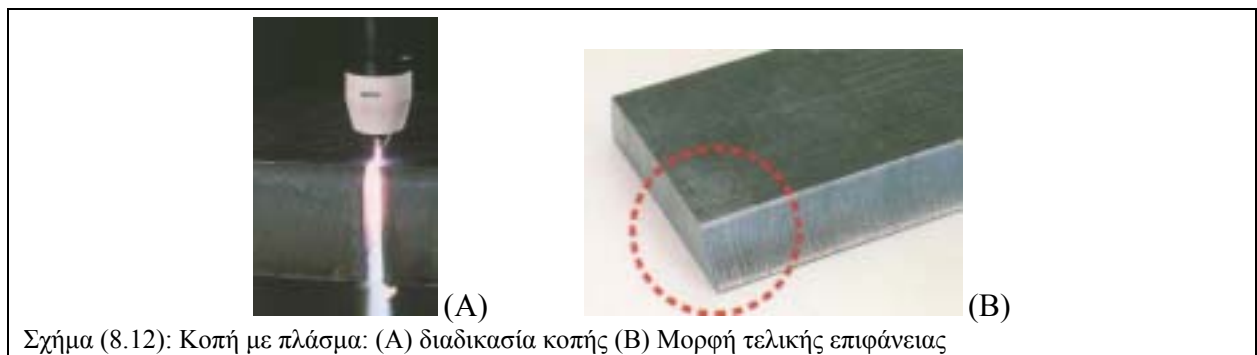
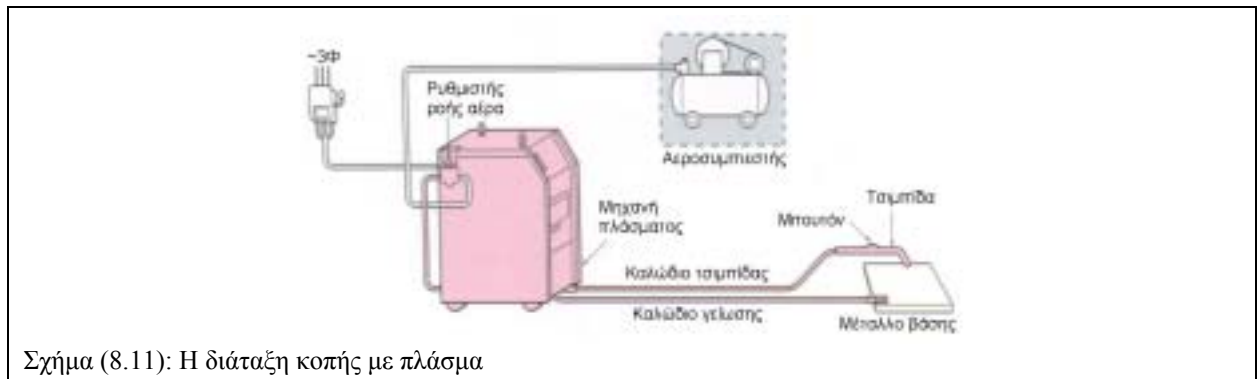


Σχήμα (8.10): Η χρήση γωνίας μορφοσιδήρου ως οδηγού κοπής.

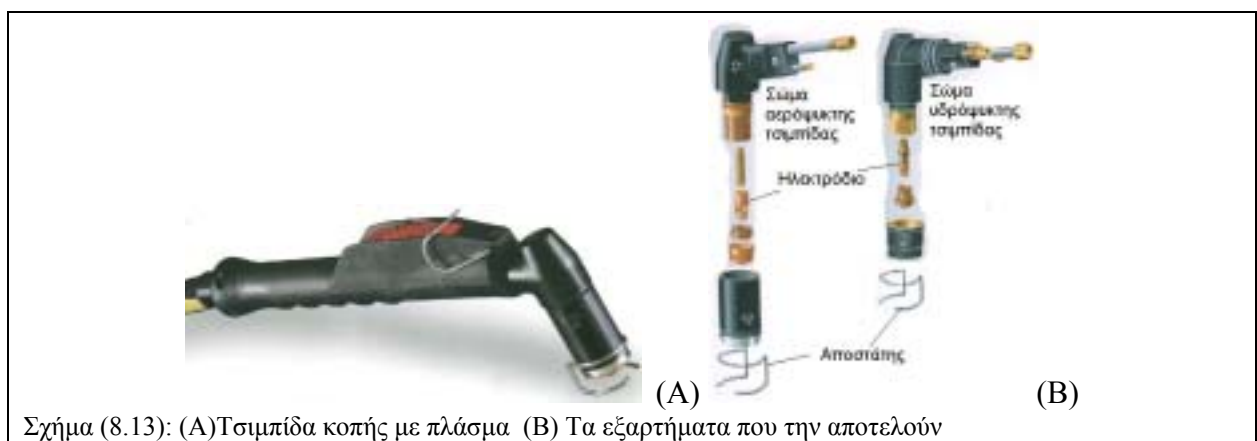
(γ) Με συσκευή πλάσματος

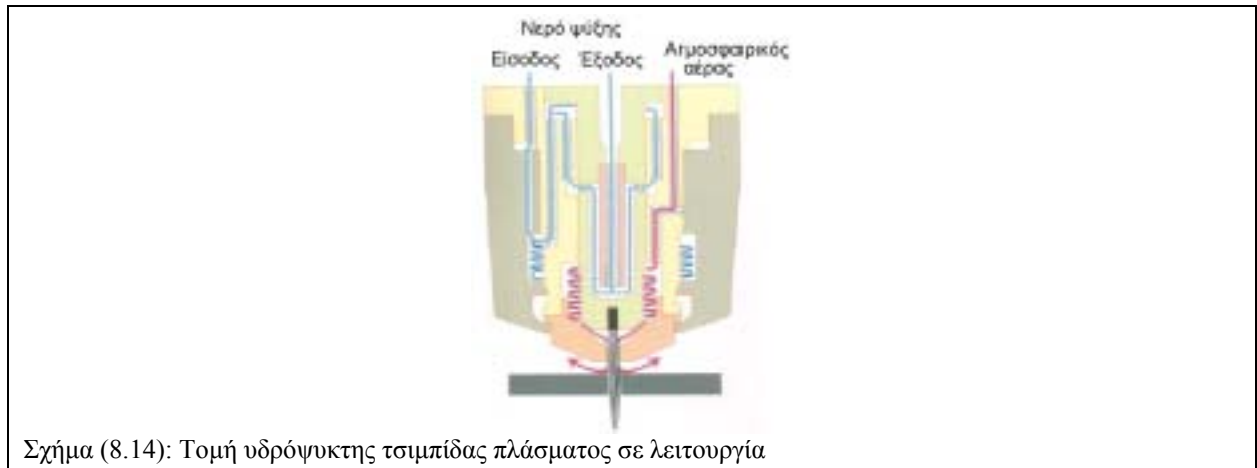
Με το πλάσμα γίνονται κοπές και λοξοτομές σε όλα τα μέταλλα, επειδή κόβει, λιώνοντας το μέταλλο και το απομακρύνει με αέριο υπό πίεση. Όμως οι συσκευές πλάσματος κοστίζουν πολύ. Κατά τα λοιπά, ο τρόπος κοπής με το πλάσμα δε διαφέρει πολύ από του οξυγόνου.

Η διάταξη κοπής φαίνεται στο σχήμα (8.11). Δε χρησιμοποιείται κάποιο ειδικό αέριο, όπως συμβαίνει κατά τη συγκόλληση πλάσματος, αλλά ο ατμοσφαιρικός αέρας υπό πίεση. Στο σχήμα (8.12) φαίνεται η διαδικασία της κοπής και η τελική επιφάνεια μιας τομής.



Στο σχήμα (8.13) βλέπουμε τη μορφή μιας τσιμπίδας κοπής με πλάσμα. Τσιμπίδες υπάρχουν αερόψυκτες και υδρόψυκτες. Ανάλογα με τον κατασκευαστή τους και το είδος τους, αποτελούνται από διάφορα εξαρτήματα, όπως φαίνεται στο (Β). Το ηλεκτρόδιο είναι εντελώς διαφορετικό από όσα είδαμε μέχρι τώρα και είναι αναλώσιμο (π.χ. αντικαθίσταται μετά από 100 m κοπής). Ο αποστάτης, όταν χρησιμοποιείται, εξασφαλίζει σταθερή απόσταση της τσιμπίδας από το μέταλλο βάσης. Η λειτουργία μιας υδρόψυκτης τσιμπίδας φαίνεται στο σχήμα (8.14).





Σχήμα (8.14): Τομή υδρόψυκτης τσιμπίδας πλάσματος σε λειτουργία

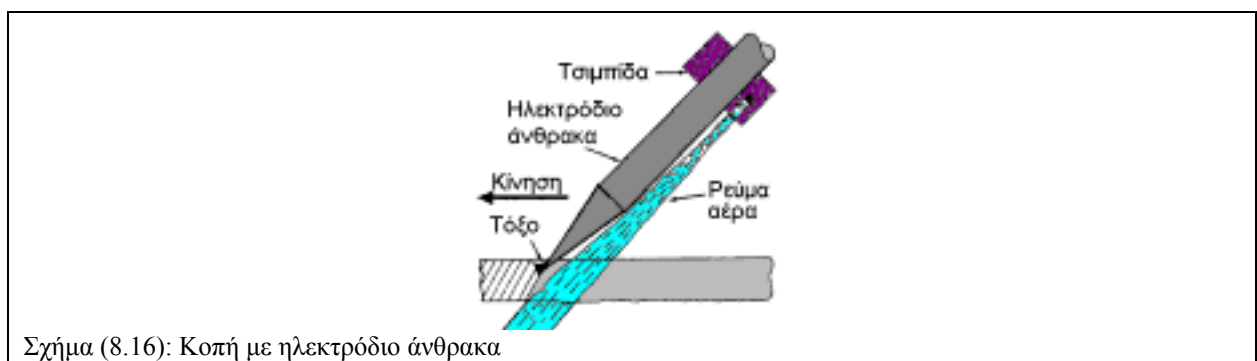
Μηχανές κοπής πλάσματος υπάρχουν μικρές φορητές, καθώς και μεγάλες για βαριές εργασίες. Στο σχήμα (8.15), βλέπουμε τέτοιες μηχανές.



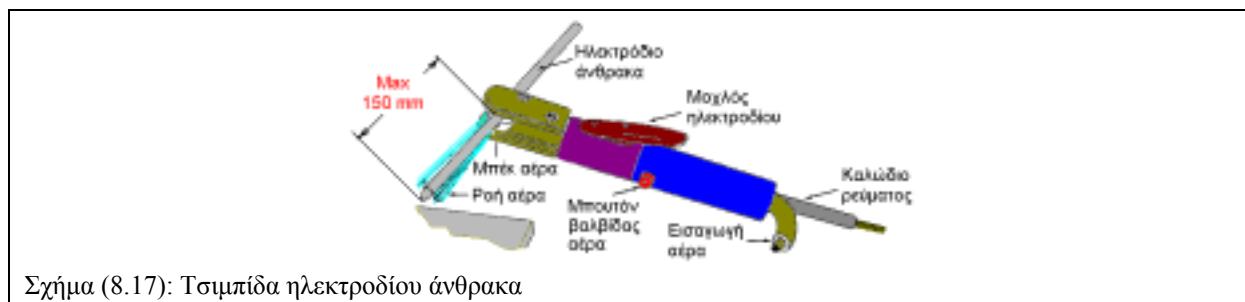
Σχήμα (8.15): Μηχανές κοπής με πλάσμα: (A) Μικρής ισχύος, φορητή (B) Μεγάλης ισχύος, τροχήλατη

(δ) Με ηλεκτρόδιο άνθρακα (γραφίτη)

Η τεχνική φαίνεται στο σχήμα (8.16). Το μέταλλο λιώνει κάτω από τη θερμότητα του τόξου και απομακρύνεται με ρεύμα ατμοσφαιρικού αέρα υπό πίεση. Η τσιμπίδα μοιάζει πολύ με τις τσιμπίδες MMA, αλλά, όπως βλέπουμε και στο σχήμα (8.17), έχει επιπλέον αναμονή σύνδεσης με τον αεροσυμπιεστή. Διαθέτει μπεκ εξόδου του αέρα και μπουτόν ανοίγματος της βαλβίδας του αέρα. Το άκρο του ηλεκτροδίου του άνθρακα πρέπει να είναι αιχμηρό.



Σχήμα (8.16): Κοπή με ηλεκτρόδιο άνθρακα



Σχήμα (8.17): Τσιμπίδα ηλεκτροδίου άνθρακα

Η κοπή με ηλεκτρόδιο άνθρακα (γραφίτη) γίνεται με μηχανές MMA, αλλά υπάρχει ένα σημείο που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή. Συγκεκριμένα, το ηλεκτρόδιο του άνθρακα είναι ελάχιστα αναλώσιμο, οπότε η λειτουργία της μηχανής δε διακόπτεται καθόλου και μπορεί να υπερθερμανθεί. Οι μηχανές MMA είναι κατασκευασμένες με την πρόβλεψη ότι γίνονται συνεχώς διακοπές (για αλλαγή του ηλεκτροδίου, εκ νέου έναυση του τόξου, αφαίρεση της πάστας κτλ.), οπότε δίνεται ο χρόνος στη μηχανή να κρυώσει. Δηλαδή, η κάθε μηχανή MMA, έχει ένα **συντελεστή χρήσης** (duty cycle) που εκφράζεται ως ποσοστό επί του ολικού χρόνου λειτουργίας. Αν η πινακίδα μιας μηχανής MMA αναφέρει ότι είναι κατάλληλη για ρεύμα 400 A, με συντελεστή χρήσης 50%, τότε το μέγιστο ρεύμα που μπορεί αυτή η μηχανή να φορτωθεί σε συνεχή λειτουργία είναι $0,5 \times 400 = 200$ A. Δηλαδή για κοπή με ηλεκτρόδιο του άνθρακα, δεν επιτρέπεται αυτή η μηχανή να ρυθμιστεί για ρεύμα πάνω από 200 A. Γενικότερα, οι μηχανές MMA, ικανότητας μικρότερη από 400 A, δεν είναι κατάλληλες για κοπή με ηλεκτρόδιο άνθρακα.

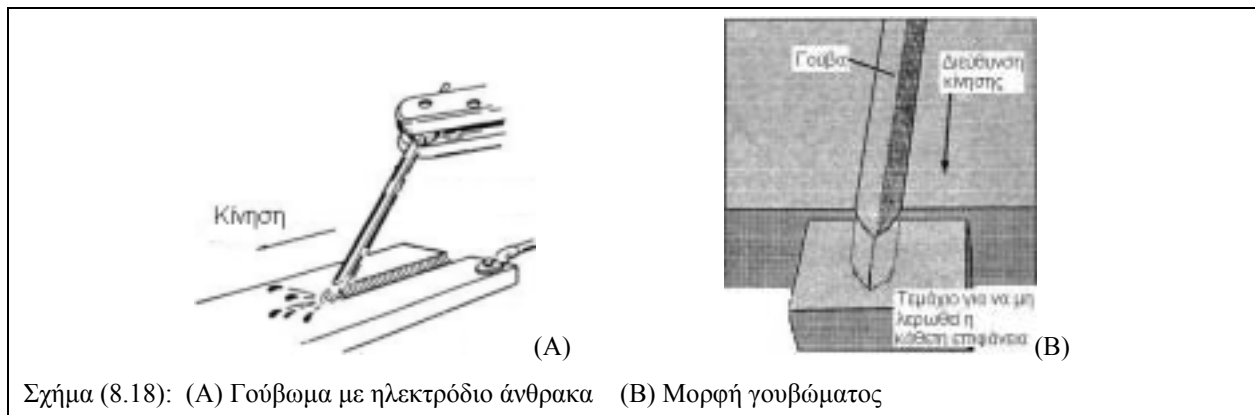
Για να αποφευχθεί η μεγάλη υπερθέρμανση του ηλεκτροδίου και η πρόωρη καταστροφή του, το άκρο του ηλεκτροδίου **δεν πρέπει να προεξέχει περισσότερο από 15 cm** από την τσιμπίδα. Μεγαλύτερη αντοχή στη φθορά έχουν τα ηλεκτρόδια άνθρακα που είναι επενδυμένα με χαλκό. **Στα γυμνά ηλεκτρόδια το ρεύμα πρέπει να είναι DCEN (DC-), ενώ στα ηλεκτρόδια με επένδυση χαλκού πρέπει να είναι AC.**

Τα ηλεκτρόδια άνθρακα υπάρχουν σε διάμετρο από 4 mm μέχρι 25,4 mm, αλλά τα πλέον χρήσιμα είναι με διαμέτρους 4, 5, 6,4 και 8 mm. Με διάμετρο 4 mm χρησιμοποιούν κυρίως για κοπή (σπάνια για γουβώματα). Οι επιτρεπόμενες εντάσεις του ρεύματος φαίνονται στον πίνακα (8-1). Στα ηλεκτρόδια με επένδυση χαλκού επιτρέπονται εντάσεις κατά 10% μεγαλύτερες.

mm	4	5	6,4	8
Ίντσες (")	5/32	3/16	1/4	5/16
Ένταση ρεύματος (A)	90 - 150	150 - 200	200 - 400	250 - 450
Πλάτος γουβώματος (mm)	-	~6,5	~8	~9,5
Μέγιστο βάθος γουβώματος (mm)	-	~8	~9,5	~12,5

Η μέθοδος είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για την κοπή χυτοσιδήρου, ή για το γούβωμα μιας επιφανείας³, δηλαδή για την αφαίρεση υλικού. Η τεχνική του γουβώματος φαίνεται στο σχήμα (8.18) και χρησιμοποιείται σε διάφορες περιπτώσεις (π.χ. ξήλωμα ελαττωματικής ραφής, αφαίρεση υλικού από τη ρίζα της συγκόλλησης ή από την περιοχή ενός ρήγματος κτλ.). Η περιοχή του γουβώματος, συνήθως, γεμίζεται με μέταλλο. Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ρεύματος τόσο μεγαλύτερο είναι το βάθος γουβώματος, ενώ το πλάτος είναι σχεδόν σταθερό.

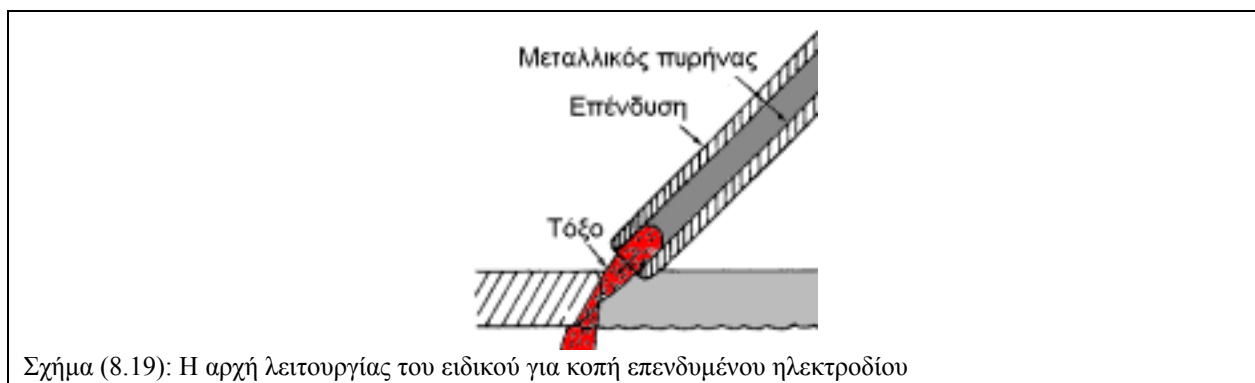
³ Αγγλικός όρος **gouging** = γούβωμα επιφανείας



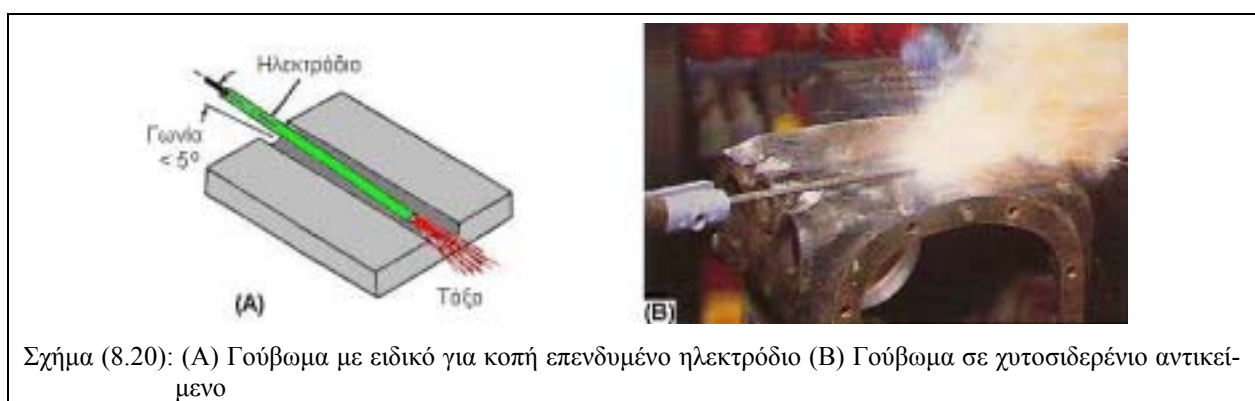
(δ) Με επενδυμένο ηλεκτρόδιο κοπής

Όλα τα επενδυμένα ηλεκτρόδια εκτελούν κοπή, αν αυξηθεί η ένταση του ρεύματος πάνω από ένα όριο. Ιδιαίτερα κατάλληλα είναι τα ηλεκτρόδια με επένδυση κυτταρίνης, που θα δούμε παρακάτω, επειδή παράγουν μεγάλη ποσότητα αερίων που απομακρύνουν το λιωμένο μέταλλο.

Η κοπή με τα συνηθισμένα επενδυμένα ηλεκτρόδια είναι λύση ανάγκης. Υπάρχουν τα ειδικά ηλεκτρόδια κοπής. Η διαφορά τους είναι ότι έχουν παχιά πάστα, ειδικού τύπου, η οποία καταναλώνεται πιο αργά από το μεταλλικό πυρήνα του ηλεκτροδίου και, έτσι, δημιουργείται μία κοιλότητα, όπως στο σχήμα (8.19). Στο εσωτερικό της κοιλότητας παράγονται αέρια που εξακοιτίζονται με πίεση από το άνοιγμα, διώχνοντας το λιωμένο μέταλλο.



Με τα ειδικά ηλεκτρόδια κοπής μπορεί να γίνει και γούβωμα, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.20). Το λιωμένο μέταλλο που πετάγεται από κάθε μία από τις δύο πλευρές του γουβώματος, όταν θα στερεοποιηθεί, θα παρουσιάζει πολύ χαλαρή πρόσφυση με το υπόλοιπο μέταλλο, λόγω της πάστας με την οποία έχει αναμιχτεί. Γι' αυτό απομακρύνεται πολύ εύκολα με το ματσакώνι.



8-4. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των επενδυμένων ηλεκτροδίων

Τα επενδυμένα ηλεκτρόδια υπάρχουν σε μήκη 350-450 mm και στις διαμέτρους που φαίνονται στον πίνακα (8-2). Η διάμετρος ενός ηλεκτροδίου μετρείται χωρίς την επένδυση, δηλαδή είναι η διάμετρος του μεταλλικού πυρήνα του ηλεκτροδίου.

Πίνακας (8-2): Ονομαστική διάμετρος επενδυμένων ηλεκτροδίων									
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

Στα ηλεκτρόδια δε μας ενδιαφέρει μόνο η διάμετρος. Μας ενδιαφέρουν κυρίως τα υλικά κατασκευής τους, οι ιδιότητές τους και ο τρόπος ονομασίας τους. Αυτά έχουν οργανωθεί μέσα από τη διαδικασία της **τυποποίησης** των ηλεκτροδίων.

Καλός ηλεκτροσυγκολλητής δεν είναι αυτός που γνωρίζει μόνο να εκτελεί καλές συγκολλήσεις. Οφείλει να γνωρίζει και την τυποποίηση των ηλεκτροδίων και **με βάση την τυποποίηση να προσδιορίζει το κατάλληλο ηλεκτρόδιο** για την κάθε περίπτωση.

8-5. Τι σημαίνει ο όρος τυποποίηση – Τι είναι τα πρότυπα

Για να αναφερθούμε στην τυποποίηση των ηλεκτροδίων, πρέπει πρώτα να εξηγήσουμε με λίγα, απλά λόγια τι είναι τυποποίηση και ποιους κανόνες ακολουθεί.

Τυποποίηση είναι η οργάνωση κάποιων πραγμάτων με οδηγίες που δίνονται στα **πρότυπα**. Πρότυπα είναι αυστηροί κανονισμοί που ισχύουν σε μία ή περισσότερες χώρες. Τα **ISO** είναι τα διεθνή πρότυπα που ισχύουν υποχρεωτικά και στην Ελλάδα. Πρότυπα που, επίσης, ισχύουν στη χώρα μας είναι τα ευρωπαϊκά **EN⁴** και τα εθνικά του **ΕΛΟΤ**. Σε άλλες χώρες ισχύουν άλλα εθνικά πρότυπα, π.χ. τα **DIN** ισχύουν στη Γερμανία και **δε** βρίσκουν εφαρμογή στην Ελλάδα.

Είναι λάθος να προδιαγράφεται με ξένα εθνικά πρότυπα (π.χ. με DIN) κάτι που υπάρχει σε πρότυπα ΕΛΟΤ, EN ή ISO.

Όταν για ένα θέμα υπάρχει πρότυπο ΕΛΟΤ, τότε αυτό υπερισχύει στη χώρα μας της αντίστοιχης EN, υπό την προϋπόθεση ότι η σύνταξή του έχει στηριχτεί στην εν λόγω EN και ως εκ τούτου, δεν μπορεί παρά να είναι **μεταγενέστερο** της EN. Οι EN, κάτω από τις ίδιες προϋποθέσεις, υπερισχύουν των αντίστοιχων ISO. Όμως **δεν** επιτρέπεται να συνταχθεί ένα Εθνικό πρότυπο που να έρχεται σε αντίθεση με την αντίστοιχη EN (μπορεί όμως να τη συμπληρώνει σε ό,τι αφορά τις ελληνικές συνθήκες) και ούτε μία EN μπορεί να έρχεται σε αντίθεση με το αντίστοιχο πρότυπο ISO. Μία τροποποίηση της EN, ακυρώνει το αντίστοιχο πρότυπο του ΕΛΟΤ και καθιστά υποχρεωτική την αναθεώρησή του.

Μόνο όταν δεν υπάρχει κανένα υποχρεωτικό για τη χώρα μας πρότυπο, που να καλύπτει το θέμα που μας ενδιαφέρει, μπορούμε να καταφύγουμε σε πρότυπα άλλων χωρών, π.χ. στα Γερμανικά (DIN) ή στα Αμερικάνικα πρότυπα (ANSI, AWS κτλ.).

8-6. Τι προβλέπεται για την τυποποίηση των ηλεκτροδίων

Τα ηλεκτρόδια έχουν χωριστεί σε κατηγορίες και για την καθεμιά από αυτές ισχύουν διαφορετικά πρότυπα. Οι κατηγορίες που θα μας απασχολήσουν είναι:

⁴ Το EN διαβάζεται στην Αγγλική **European Standard**

- Ανθρακούχων χαλύβων και ελαφρά κραματικών χαλύβων
- Ανοξείδωτων χαλύβων
- Αλουμινίου
- Χυτοσιδήρου

Λεπτομερώς θα αναπτυχθούν μόνο τα ηλεκτρόδια των ανθρακούχων χαλύβων και των ελαφρά κραματικών χαλύβων, τα οποία, κυρίως, μας ενδιαφέρουν και έχουν πολλές εφαρμογές. Όσον αφορά τα υπόλοιπα είδη ηλεκτροδίων, δηλαδή του αλουμινίου, των ανοξείδωτων χαλύβων και του χυτοσιδήρου, τα χρησιμοποιούμενα στην πράξη ηλεκτρόδια είναι ελάχιστα.

8-7. Η τυποποίηση των ηλεκτροδίων των ανθρακούχων χαλύβων και των ελαφρά κραματικών χαλύβων

Τα επενδυμένα ηλεκτρόδια ανθρακούχων χαλύβων και των ελαφρά κραματικών χαλύβων είχαν τυποποιηθεί με δύο διαφορετικούς τρόπους, που βρίσκονταν σε συνεχή αντιπαράθεση:

- Με τα πρότυπα **AWS-A5.1** (ανθρακούχων χαλύβων) και **AWS-A5.5** (ελαφρά κραματικών χαλύβων) της **American Welding Society**⁵
- Με το **ISO-2560**, έκδοση του **1973**, παρόμοιο με το οποίο είναι το Ευρωπαϊκό **EN-499**. Το τελευταίο έχει αποδοθεί στην ελληνική γλώσσα⁶ με την ονομασία **ΕΛΟΤ-499**, χωρίς καμία απολύτως τεχνική αλλαγή.

Η αντιπαράθεση μεταξύ των δύο συστημάτων φαίνεται να τελείωσε τον **Νοέμβριο του 2002** με τη νέα έκδοση του **ISO-2560**, η οποία αναγνωρίζει και τους δύο τρόπους, ως εξής:

- Τον **ISO-2560-A** που είναι απολύτως όμοιος με την **EN-499**.
- Τον **ISO-2560-B** που ακολουθεί τη μέθοδο της **AWS**, αλλά με την αντικατάσταση του συστήματος μονάδων **I-P** με το **SI** και με ορισμένες ακόμη μικρές τροποποιήσεις.

Αν και το σύστημα κατά **ISO-2560-A** περιγράφει λεπτομερέστερα τις ιδιότητες των ηλεκτροδίων, είναι κάπως περίπλοκο και απαιτεί επιστημονική κατάρτιση. Το **ISO-2560-B** είναι πολύ απλό και προσφέρεται ιδιαίτερα για τους τεχνίτες. Αυτό που χρειάζεται ένας ηλεκτροσυγκολλητής είναι να κάνει εύκολα και γρήγορα τη σωστή επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροδίου και σ' αυτό το σημείο, το **ISO-2560-B** τον καλύπτει πλήρως⁷.

8-8. Επενδυμένα ηλεκτρόδια κατά ISO-2560-B

Η τυποποίηση αυτή, βασικά, χρησιμοποιεί μόνο 4 αριθμούς π.χ. E4311. Μπορεί να ακολουθούν και άλλοι αριθμοί ή γράμματα που να δίνουν περισσότερες πληροφορίες. Οι κυριότερες όμως ιδιότητες περιγράφονται με τους 4 πρώτους αριθμούς.

⁵ Το AWS χρησιμοποιεί μονάδες του συστήματος **I-P** (αγγλοσαξονικό) ενώ τα ISO, EN και ΕΛΟΤ χρησιμοποιούν το **SI** (διεθνές σύστημα μονάδων). Η πράξη απέδειξε ότι η τυποποίηση κατά AWS, παρ' όλων το σύστημα μονάδων I-P, ήταν περισσότερο δημοφιλής σε σχέση με την EN-499, κυρίως λόγω της μεγάλης απλότητάς της και της ευκολίας απομνημόνευσης. Όλοι οι κατασκευαστές ηλεκτροδίων αναγράφουν, πάνω στη συσκευασία την ονομασία των ηλεκτροδίων και στα δύο αυτά συστήματα καθώς και σε αρκετά εθνικά (DIN, BS κτλ.).

⁶ Τα πρότυπα δε μεταφράζονται απλά σε μία άλλη γλώσσα, αλλά αποδίδονται σ' αυτήν προσεκτικά. Η απόδοση είναι μία επίπονη ομαδική εργασία επιτροπών.

⁷ Το ISO-2560-B κρίθηκε ως το πλέον κατάλληλο για τους στόχους του παρόντος βιβλίου και αναπτύσσεται λεπτομερώς. Για το ISO-2560-A, γίνεται μία σύντομη ανάπτυξη. Επίσης, επειδή κατά το χρόνο συγγραφής του βιβλίου το AWS-A5.1 ήταν σε ευρεία χρήση, γίνονται και σ' αυτό συνοπτικές αναφορές. Η διδασκαλία των ISO-2560-A και του AWS μπορεί να παραλειφθεί κατά την κρίση του καθηγητή.

Οι δύο πρώτοι αριθμοί, πολλαπλασιαζόμενοι επί 10, μας δίνουν την ελάχιστη αντοχή σε MPa⁸. Δηλαδή το ηλεκτρόδιο E4311 έχει ελάχιστη αντοχή 430 MPa. Τα δύο πρώτα ψηφία επιτρέπεται να σχηματίζουν μόνο έναν από τους αριθμούς: **43, 49, 55, 57**.

Τα επόμενα δύο ψηφία (3^ο και 4^ο) έχουν μεγαλύτερη σημασία, επειδή μας δίνουν το είδος της επένδυσης. Στον πίνακα (8.3) είναι συγκεντρωμένες όλες οι πληροφορίες από τα 3^ο και 4^ο ψηφία. Όπως βλέπουμε, από το είδος της επένδυσης εξαρτώνται τα εξής:

- Οι δυνατές θέσεις συγκόλλησης
- Το είδος του ρεύματος που απαιτείται (AC, DC+, DC-)
- Το βάθος της διείσδυσης

Αν π.χ. δεν μπορούμε να κάνουμε διαμόρφωση των άκρων, τότε μας χρειάζεται ένα ηλεκτρόδιο που να κάνει βαθιά διείσδυση. Αν όμως πρόκειται να συγκολληθούν λαμαρίνες μικρού ή μέτριου πάχους (μέχρι 5 mm), προτιμότερο είναι ένα ηλεκτρόδιο που να κάνει ρηχή διείσδυση.

- Η μορφή της επιφάνειας της ραφής (κοίλη, κυρτή ή επίπεδη)

Σε γωνιακές συγκολλήσεις είναι προτιμότερη η κοίλη ή η επίπεδη μορφή, ενώ σε ευθείες η κυρτή.

- Το μέγεθος επικάλυψης από την προστατευτική σκουριά, αν δηλαδή θα είναι παχιά ή λεπτή.

Το πάχος της επικάλυψης έχει σημασία ως προς την προστασία της συγκόλλησης από την ατμόσφαιρα. Όπως ήδη γνωρίζουμε, η προστασία επιτυγχάνεται τόσο από την παραγωγή αερίων όσο και από τη σκουριά της πάστας. Αν όμως η συγκόλληση γίνεται στο ύπαιθρο, είναι καλύτερα να επιλέξουμε ένα ηλεκτρόδιο που να αφήνει μία επικάλυψη τουλάχιστον μέτριου πάχους.

Μετά τα παραπάνω ψηφία ενδέχεται να ακολουθούν **A** ή **P** ή **AP**. Το **A** σημαίνει ότι δεν απαιτείται θερμική επεξεργασία μετά τη συγκόλληση και το **P** ότι απαιτείται. Αν απαιτείται αυτή, σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις είναι θέρμανση επί 60-75' στους 620±15°C. Αν υπάρχει το **AP**, τότε και οι δύο περιπτώσεις είναι αποδεκτές.

Μετά ενδέχεται να υπάρχει το **U**, το οποίο έχει σχέση με τη **δυσθραυστότητα**⁹. Το ISO-2560-B προβλέπει **ενέργεια θραύσης 27 J** σε θερμοκρασία που είναι διαφορετική για το κάθε είδος ηλεκτροδίου. Από έναν πίνακα που υπάρχει στο πρότυπο και από τον τύπο του ηλεκτροδίου, βρίσκεται η θερμοκρασία κατά την οποία το μέταλλο της ραφής πρέπει να παρουσιάζει **δυσθραυστότητα 27 J**. Όταν όμως υπάρχει το **U**, σημαίνει ότι θα υπάρχει **αυξημένη δυσθραυστότητα** και η ενέργεια θραύσης στη θερμοκρασία που αναφέρει ο πίνακας είναι **47 J** αντί **27 J**.

Στα **βασικά** ηλεκτρόδια ή ηλεκτρόδια **χαμηλού υδρογόνου**, το περιεχόμενο υδρογόνο πρέπει να είναι μέχρι 15 cm³ ανά 100 g εναποτιθέμενου μετάλλου. Γι' αυτό συχνά την ονομασία την ακολουθεί ένας συμβολισμός για το περιεχόμενο υδρογόνο π.χ. **E4318H10**. Το **H** σημαίνει υδρογόνο και ακολουθείται από **5** ή **10** ή **15** που συμβολίζει τη **μέγιστη δυνατή** περιεκτικότητα υδρογόνου, σε cm³ αερίου ανά 100 g εναποτιθέμενου μετάλλου.

⁸ 1 MPa = 1 Nt/mm²

⁹ **Δυσθραυστότητα** είναι η **ενέργεια θραύσης** που χρειάζεται για τη θραύση από κτύπημα ενός τυποποιημένου δοκιμίου κατασκευασμένου από το υπό εξέταση υλικό. Μετρίεται με τη βοήθεια ειδικών μηχανημάτων και η μονάδα μέτρησής της είναι το J. Μειώνεται όσο πέφτει η θερμοκρασία (το μέταλλο γίνεται περισσότερο εύθραυστο). Είναι μία κάπως δύσκολη έννοια στην οποία δε θα εμβαθύνουμε.

Πίνακας (8-3): Η σημασία 3^{ου} και 4^{ου} ψηφίου στην ονομασία κατά ISO-2560-B

3 ^ο +4 ^ο ψηφίο (1)	Είδος επένδυ- σης (2)	Θέσεις συ- γκόλλησης (3)	Είδος ρεύ- ματος (4)	Διείσ- δυση ¹⁰ (5)	Επιφά- νεία ⁸ (6)	Πάχος σκουριάς ⁸ (7)
03	Βασική + Ρουτιλίου	Όλες πλην της PG ¹¹	AC, DC+, DC-	Ρηχή	Κυρτή	Λεπτή
10	Κυτταρίνης - Νατρίου	Όλες	DC+	Πολύ βαθιά	Κοίλη	Λεπτή
11	Κυτταρίνης - Καλίου	Όλες	AC, DC+, DC-	Βαθιά	Κοίλη	Λεπτή
12	Ρουτιλίου - Νατρίου	Όλες πλην της PG ⁹	AC, DC-	Μέτρια	Κυρτή	Μέτρια
13	Ρουτιλίου - Καλίου	Όλες πλην της PG ⁹	AC, DC+, DC-	Ρηχή	Κυρτή	Μέτρια
14	Ρουτιλίου + Σιδηρόσκονη	Όλες πλην της PG ⁹	AC, DC+, DC-	Μέτρια	Επίπεδη	Παχιά
15	Βασική - Νατρίου	Όλες πλην της PG ⁹	DC+	Μέτρια	Κυρτή	Λεπτή
16	Βασική - Καλίου	Όλες πλην της PG ⁹	AC, DC+	Ρηχή	Κυρτή	Λεπτή
18	Βασική + Σιδηρόσκονη	Όλες πλην της PG ⁹	AC, DC+	Μέτρια	Κυρτή	Μέτρια
19	Ρουτιλίου + Οξειδίου	Όλες πλην της PG ⁹	AC, DC+, DC-	Μέτρια	Κυρτή	Μέτρια
20	Οξειδίου Fe	PA, PB	AC, DC-	Μέτρια	Επίπεδη	Παχιά
24	Ρουτιλίου + Σιδηρόσκονη	PA, PB	AC, DC+, DC-	Μέτρια	Επίπεδη	Πολύ παχιά
27	Οξειδίου Fe + Σιδηρόσκονη	PA, PB	AC, DC-	Μέτρια	Επίπεδη	Πολύ παχιά
28	Βασική + Σιδηρόσκονη	PA, PB, PC	AC, DC+	Μέτρια	Κυρτή	Παχιά
48	Βασικό	Όλες	AC, DC+	Μέτρια	Κυρτή	Λεπτή

Ερώτηση: Πολλές φορές θα δούμε συμβολισμούς όπως **E6011**. Τι σημαίνει το **60**, αφού ο αριθμός που μπορεί να υπάρχει είναι μόνο **43, 49, 55** ή **57**;

Απάντηση: Ο συμβολισμός **E6011** είναι κατά **AWS-A5.1** και το **60** σημαίνει αντοχή σε χιλιάδες psi. Πολλαπλασιάζοντας το 60 με το 7 βρίσκουμε την αντοχή σε MPa, δηλαδή, ο ηλεκτρόδιο αυτό έχει ελάχιστη αντοχή 60x7=420 MPa και είναι αντίστοιχο του **E4311**. Ο συμβολισμός κατά **AWS**, ξεχωρίζει, επειδή τα δύο πρώτα ψηφία είναι **60, 70, 80** κτλ., δηλαδή το δεύτερο ψηφίο είναι **0**.

Άλλες διαφορές μεταξύ ISO-2560-A και AWS-A5.1

Όταν το 3^ο ψηφίο είναι 1 ή 2, τότε το 3^ο και το 4^ο ψηφίο έχουν την ίδια ακριβώς σημασία και στα δύο συστήματα. Στο σύστημα **AWS**, όταν το 3^ο ψηφίο είναι 4 αντί για 1, υποδηλώνει ότι το ηλεκτρόδιο δεν είναι κατάλληλο για τη θέση PG. Υπάρχει επίσης το **H**, αλλά ακολουθείται από το **4, 8** ή το **16**. Π.χ. το **E4918H15** μπορεί να αντιστοιχεί κατά **AWS** στα **E7018H16** ή **E7048H16**.

¹⁰ Οι στήλες (5), (6), (7) δε συμπεριλαμβάνονται στο ISO-2560-A.

¹¹ Η θέση PG (κατακόρυφη κατεβατή), ενδέχεται και να επιτρέπεται, ανάλογα με τις οδηγίες του κατασκευαστή των ηλεκτροδίων. Όταν όμως δε γνωρίζουμε τι ισχύει, καλύτερα να θεωρούμε ότι η PG δεν επιτρέπεται.

8-9. Ας κάνουμε τα πράγματα πιο απλά

Ο πίνακας (8-3) είναι βασικός και οι ηλεκτροσυγκολλητές πρέπει να τον ξέρουν απέξω. Είναι όμως εύκολη η απομνημόνευσή του; Εκ πρώτης όψεως όχι, αλλά τα πράγματα είναι πολύ πιο απλά. Συγκεκριμένα, από τον πίνακα (8-3) βλέπουμε ότι έχουμε μόνο 4 είδη υλικών που χρησιμοποιούνται στην πάστα των ηλεκτροδίων, τα εξής:

- **Κυτταρίνη:** Εκτελείται συγκόλληση σε όλες τις θέσεις με βαθιά διείσδυση. Η ραφή έχει κοίλη μορφή. Μπορούν να γίνουν καλές συγκολλήσεις, ακόμη και όταν υπάρχουν σκουριές.
- **Ρουτίλιο**¹²: Μέτρια διείσδυση, αλλά εύκολη η χρήση των ηλεκτροδίων (μαλακό τόξο). Η ραφή είναι κυρτή. Τα προς συγκόλληση άκρα πρέπει να είναι χωρίς σκουριές.
- **Βασική επένδυση**¹³: Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που απαιτείται η συγκόλληση να έχει μεγάλη αντοχή. Η ραφή είναι κυρτή. Τα ηλεκτρόδια είναι δύσκολα στη χρήση τους και απαιτούν εμπειρία. Η προς συγκόλληση επιφάνεια πρέπει να είναι καθαρή.
- **Οξείδιο του Fe:** Δίνει επίπεδη επιφάνεια ραφής και προσφέρεται για γωνιακές συγκολλήσεις και επικαλύψεις ελασμάτων. Η λιωμένη πάστα είναι πολύ ρευστή και γι' αυτό τα ηλεκτρόδια είναι κατάλληλα μόνο για τις θέσεις PA και PB. Η ραφή είναι μέτριας αντοχής, επειδή περιέχει φυσαλίδες CO₂.

Ορισμένα από τα παραπάνω υλικά, συνδυαζόμενα μεταξύ τους, δημιουργούν και άλλους τύπους επένδυσης με ενδιάμεσες ιδιότητες. Επίσης, στα ηλεκτρόδια κυτταρίνης, ρουτιλίου και στα βασικά, προστίθεται ένας σταθεροποιητής τόξου ο οποίος βελτιώνει τις ιδιότητές τους. Υπάρχουν δύο είδη σταθεροποιητών:

- **Νάτριο** (υπό μορφή αλάτων): Αυξάνει τη διεισδυτικότητα, αλλά περιορίζει τις δυνατότητες χρήσης διαφορετικών ηλεκτρικών πηγών. Π.χ. η κυτταρίνη με σταθεροποιητή το Νάτριο (τύπος 10), είναι το πλέον διεισδυτικό ηλεκτρόδιο που υπάρχει, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο με ρεύμα DC+.
- **Κάλιο** (υπό μορφή αλάτων): Βελτιώνει το τόξο, καθιστά την ηλεκτροσυγκόλληση ευκολότερη, με λιγότερο θόρυβο και μικρότερη ένταση ρεύματος. Λειτουργεί με οποιοδήποτε ρεύμα (AC, DC+, DC-). Έτσι, το ηλεκτρόδιο ρουτιλίου, με σταθεροποιητή το κάλιο (τύπος 13), είναι πολύ εύκολο στη χρήση.

Στον πίνακα (8-3) βλέπουμε ότι υπάρχει ακόμη ένα πρόσθετο συστατικό, η **σιδηρόσκονη**. Αυτή αυξάνει την απόδοση του ηλεκτροδίου και εναποτίθενται μεγαλύτερες ποσότητες μετάλλου στον ίδιο χρόνο. Με μορφή σιδηρόσκονης, τοποθετούνται συνήθως και οι προσθήκες άλλων μετάλλων. Αν π.χ. το εναποτιθέμενο μέταλλο έχει 1% Ni, μπορεί αυτό να βρίσκεται στη σιδηρόσκονη και ο πυρήνας του ηλεκτροδίου να είναι απλός ανθρακούχος χάλυβας.

Παρατηρώντας τον πίνακα (8-3), βλέπουμε ότι είναι εύκολο να διαχωρίσουμε τη σημασία, του 3^{ου} και του 4^{ου} ψηφίου. Συγκεκριμένα:

- Όταν το 3^ο ψηφίο είναι **0, 1 ή 4**, το ηλεκτρόδιο είναι κατάλληλο για όλες τις θέσεις, πλην ενδεχομένως της PG (κατεβατής). Μόνο τα ηλεκτρόδια **κυτταρίνης** είναι πάντοτε κατάλληλα για τη θέση PG, καθώς και το μοναδικό ηλεκτρόδιο που έχει ως 3^ο ψηφίο το “4”. Τα άλλα ενδέχεται να **μην** είναι κατάλληλα για τη θέση PG, ανάλογα με τον κατασκευαστή.

¹² Ρουτίλιο είναι η ονομασία του διοξειδίου του Τιτανίου.

¹³ Η βασική επένδυση είναι συνδυασμός ανθρακικού και φθοριούχου ασβεστίου.

- Όταν το 3^ο ψηφίο είναι το **2**, τότε το ηλεκτρόδιο είναι κατάλληλο μόνο για τις θέσεις PA και PB με τη σχεδόν ασήμαντη εξαίρεση του τύπου 28 που προσφέρεται και για τη θέση PC. Διαθέτουν παχιά επένδυση και έχουν σιδηρόσκονη στην πάστα τους. Το τίμημα όμως είναι ο περιορισμός των θέσεων συγκόλλησης, επειδή η μεγάλη ποσότητα προστατευτικής σκουριάς ρέει πολύ εύκολα.

Μετά το διαχωρισμό της σημασίας του 3^{ου} ψηφίου, ο πίνακας (8-3), απλοποιείται στη μορφή του πίνακα (8-4).

Πίνακας (8-4): Η σημασία του 4 ^{ου} ψηφίου στην ονομασία κατά ISO-2560-B						
Είδος επένδυσης	4 ^ο ψηφίο	Προσθήκη	Είδος ρεύματος	Διείσδυση	Επιφάνεια	Πάχος σκουριάς
Κυτταρίνης	0	Νάτριο	DC+	Πολύ βαθιά	Κοίλη	Λεπτή
	1	Κάλιο	AC,DC+,DC-	Βαθιά		
Ρουτιλίου	2	Νάτριο	AC,DC-	Μέτρια	Κυρτή	Μέτρια
	3	Κάλιο	AC,DC+,DC-	Ρηχή		
	4	Σιδηρόσκονη	AC,DC+,DC-	Μέτρια	Επίπεδη	Παχιά
Βασική	5	Νάτριο	DC+	Μέτρια	Κυρτή	Λεπτή
	6	Κάλιο	AC,DC+	Ρηχή		
	8	Σιδηρόσκονη	AC,DC+	Μέτρια	Κυρτή	Μέτρια

Παρατήρηση: Για μεγαλύτερη απλοποίηση του πίνακα (8-4) δε συμπεριελήφθησαν ο τύπος 03 (βασικό-ρουτιλίου) και οι τύποι 19, 20 και 27 (περιέχουν οξείδιο του Fe). Τα ηλεκτρόδια αυτών των τύπων χρησιμοποιούνται πολύ λιγότερο.

8-10. Παραδείγματα επιλογής κατάλληλου ηλεκτροδίου

Με όσα αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και, ιδίως, με τη βοήθεια του πίνακα (8-4) μπορούμε να κάνουμε τις επιλογές μας, ανάλογα με τις συνθήκες συγκόλλησης και εκτελώντας απλούς συλλογισμούς.

Παράδειγμα 1^ο: Θέλουμε να συγκολλήσουμε καθαρές λαμαρίνες από St37 (αντοχή 370 Mpa), πάχους 3 mm σε προστατευμένο χώρο από ανέμους. Οι θέσεις συγκόλλησης δεν μπορούν να προκαθοριστούν. Οι συγκολλήσεις δεν πρόκειται να υποβληθούν σε πολύ ισχυρές καταπονήσεις.

Απάντηση: Δεν έχουμε ιδιαίτερες απαιτήσεις αντοχής, άρα τα δύο πρώτα ψηφία θα είναι 43. Αφού θέλουμε να μπορούμε να κολλήσουμε σε όλες τις θέσεις, το τρίτο θα είναι 1. Οι λαμαρίνες είναι μικρού πάχους, άρα προτιμότερη είναι μία ρηχή διείσδυση. Το πλέον κατάλληλο ηλεκτρόδιο είναι E4313.

Παράδειγμα 2^ο: Θέλουμε να συγκολλήσουμε λαμαρίνες, όπως παραπάνω, αλλά πάχους 6 mm. Είναι δύσκολη η προετοιμασία των άκρων καθώς και η αφαίρεση της σκουριάς.

Απάντηση: Χρειαζόμαστε βαθιά διείσδυση. Τα ηλεκτρόδια που κάνουν βαθιά διείσδυση είναι πρώτα το E4310 και μετά το E4311. Το ηλεκτρόδιο E4311 είναι μάλλον προτιμότερο, επειδή δεν έχουμε υπερβολικό πάχος λαμαρίνας και δέχεται ρεύμα DC- (ή AC, αν τυχόν χρειαστεί). Αφήνει λεπτή σκουριά, αλλά, αφού είμαστε σε προστατευμένο χώρο από ανέμους, δεν έχουμε πρόβλημα.

Παράδειγμα 3^ο: Θέλουμε να συγκολλήσουμε καθαρές λαμαρίνες από St37 (αντοχή 370 MPa), πάχους 3 mm, αλλά σε υπαίθριο, μη προστατευμένο χώρο. Η θέση συγκόλλησης είναι PB.

Απάντηση: Το E4313 φαίνεται κατάλληλο, αλλά, επειδή η συγκόλληση γίνεται στο υπαίθριο και η θέση είναι PB, προτιμότερο είναι το E4324, γιατί προσφέρει μεγάλο πάχος προστατευτικής σκουριάς.

Παράδειγμα 4^ο: Θέλουμε να συγκολλήσουμε σκουριασμένες επιφάνειες με δύσκολη προετοιμασία των άκρων, σε υπαίθριο μη προστατευμένο χώρο από ανέμους. Οι θέσεις συγκόλλησης ποικίλλουν.

Απάντηση: Οι σκουριασμένες επιφάνειες, με δυσκολία καθαρισμού, οδηγούν αυτομάτως σε ηλεκτρόδια κυτταρίνης. Τα E4310 και E4311 δεν είναι και τόσο κατάλληλα, αφού δεν προσφέρουν αρκετό πάχος σκουριάς. Μάλλον δε φαίνεται να υπάρχει η τέλεια λύση. Η λύση είναι το E4311, αλλά με μικρή ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου, για να καλύπτεται καλύτερα το λουτρό συγκόλλησης από τη σκουριά.

Τα πιο χρήσιμα ηλεκτρόδια: Τα E4311 και E4313 είναι τα ηλεκτρόδια με την πλέον διαδεδομένη χρήση. Έχοντας κάποιος στην αποθήκη του αυτά τα δύο ηλεκτρόδια και ένα τύπο βασικού ηλεκτροδίου (συνήθως το E4918), είναι εξοπλισμένος σχεδόν για οποιαδήποτε συνήθη εφαρμογή. Το E4311 είναι ιδανικό για περιφερειακές συγκολλήσεις σωλήνων, για γωνιακές συγκολλήσεις και για συγκολλήσεις σκουριασμένων επιφανειών που δεν μπορούν να καθαριστούν. Το E4313 είναι ιδανικό για συγκολλήσεις ελασμάτων και προφίλ μορφοσιδήρου, αλλά χρειάζεται καθαρή επιφάνεια. Το E4918 χρειάζεται για τις περιπτώσεις που απαιτείται πολύ καλή αντοχή της ραφής ηλεκτροσυγκόλλησης.

Αντιστοιχία με το σύστημα AWS: Τα E4311, E4313 και E4918 έχουν ως αντίστοιχα τα E6011, E6013 και E7018.

Τα «απλά» ηλεκτρόδια: Ο όρος «απλά» ηλεκτρόδια χρησιμοποιείται πολύ, αλλά ποια είναι η σημασία του; Στη βιβλιογραφία και στα πρότυπα ο όρος αυτός δεν αναφέρεται. Ένας επιτυχημένος ορισμός των απλών ηλεκτροδίων θα μπορούσε να είναι: «Δεν ξέρω τι είναι τα απλά ηλεκτρόδια». Συχνά όμως στο ερώτημα «Με τι ηλεκτρόδια κολλάτε;», η απάντηση που δίνεται είναι «με τα απλά». Πιθανόν, αυτός που δίνει μία τέτοια απάντηση, να υπονοεί ότι τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιεί δεν είναι βασικά ή ανοξείδωτα κτλ., αλλά και πάλι ο όρος «απλά» δεν προσδιορίζει κάτι το συγκεκριμένο, αφού αναφέρεται σε μία ποικιλία ηλεκτροδίων με πολύ διαφορετικές ιδιότητες μεταξύ τους. Γι' αυτό, αντί να λέμε «με απλά ηλεκτρόδια», είναι καλύτερα να γινόμαστε σαφείς: «με 4311» ή «με 4313». Αυτοί είναι δύο πολύ συνηθισμένοι τύποι ηλεκτροδίων που προσεγγίζουν μάλλον ικανοποιητικά την έννοια του «απλού» ηλεκτροδίου.

8-11. Ηλεκτρόδια ελαφρά κραματικού χάλυβα κατά ISO-2560-B

Το ISO-2560-B έχει τυποποιήσει τα είδη ηλεκτροδίων και στην περίπτωση κατά την οποία το εναποτιθέμενο μέταλλο είναι ελαφρά κραματικός χάλυβας (λεπτόκοκκος χάλυβας). Προς τούτο, υπάρχει ένας επιπλέον συμβολισμός, που ποικίλλει ανάλογα με το είδος και την ποσότητα των προσμίξεων. Η πρόσμιξη που πάντα υπάρχει είναι το Mn, σε ποσοστό μέχρι 1,2%, επειδή δεσμεύει το S. Επίσης, μπορεί να υπάρχουν προσμίξεις Mo, Ni, Cr και Cu.

- Παραδείγματα τέτοιων συμβολισμών:

E4916-NC = Το E4916 με προσθήκη 0,5%Ni και 0,4%Cu

E5518-4M2 = Το E5518 με 1,5% Mn και 0,4%Mo

- Τα σύμβολα που χρησιμοποιούνται είναι:
 - ✓ Το -x για το Mn, όπου x είναι ένας αριθμός.
 - ✓ Το -Nx για το Ni, όπου x είναι ένας αριθμός.
 - ✓ Ομοίως το -Mx για το Mo
 - ✓ Το -P1 που σημαίνει 1%Mn, 1%Ni, 0,5%Mo, 0,3%Cr, 0,1%V.
 - ✓ Το -C για το Cr ή το Cu. Ταυτόχρονη περιεκτικότητα σε Cu και Cr συμβολίζεται ως CC, ενώ, όταν υπάρχει μόνο ένα C, σημαίνει χαλκός. Το πρότυπο δε συμπεριλαμβάνει είδος χάλυβα με πρόσμιξη Cr, χωρίς την παρουσία Cu.

Ο αριθμός x δεν υπάρχει πάντοτε. Όταν υπάρχει, χρησιμοποιείται ως ενδεικτικό της ποσότητας των προσμίξεων. Π.χ. για το Ni, αρκεί να πολλαπλασιαστεί το x με το 0,5 για να έχουμε την περιεκτικότητα %. Τα -M2 και -M3 σημαίνουν αντίστοιχα 0,5%Mo και 0,4%Mo. Το -3 σημαίνει 1,5% Mn, ενώ το -1 σημαίνει μαγγάνιο 1%. Το -1 συνήθως παραλείπεται, επειδή όλα σχεδόν τα ηλεκτρόδια περιέχουν περί το 1% Mn.

Οι τυποποιημένοι ελαφρά κραματικοί χάλυβες που περιλαμβάνονται στο ISO-2560-B, είναι συγκεκριμένοι¹⁴. Ο συμβολισμός -G χρησιμοποιείται για κάθε μη τυποποιημένο συνδυασμό των προσμίξεων. Π.χ. E4910-G υποδηλώνει ελαφρά κραματικό χάλυβα, με προσμίξεις που δεν εντάσσονται σε κάποια από τις τυποποιημένες κατηγορίες.

Παρατήρηση: Πρακτικά, το μόνο που μπορεί να αντιλαμβάνεται ο ηλεκτροσυγκολλητής από την περιγραφή των προσμίξεων είναι αν υπάρχει αυξημένη ποσότητα Mn. Αν το Mn είναι σε αυξημένη περιεκτικότητα (σύμβολο -3), τότε το ηλεκτρόδιο είναι κατάλληλο και για ποιότητα χάλυβα με αυξημένη περιεκτικότητα σε S. Οι υπόλοιπες προσμίξεις βελτιώνουν την αντοχή σε θραύση, που όμως είναι ήδη γνωστή (από τα δύο πρώτα ψηφία του συμβολισμού), καθώς και τη δυσθραυστότητα, η οποία, όπως αναφέραμε, βρίσκεται με βάση έναν πίνακα (που περιέχεται στο κείμενο του προτύπου ISO-2560).

8-12. Ένα πλήρες παράδειγμα της τυποποίησης κατά ISO-2560-B

Ένας συμβολισμός που περιέχει όλα τα δυνατά ψηφία είναι:

ISO 2560-B-**E4918-N3AUH10**

Αυτός αναλύεται ως εξής:

E4918 : Αντοχή 490 MPa, κατάλληλο σε όλες της θέσεις πλην ενδεχομένως της PG, βασική επένδυση που περιέχει σιδηρόσκονη.

N3 : Το εναποτιθέμενο μέταλλο περιέχει 1,5% Νικέλιο.

A : Δε χρειάζεται θερμική κατεργασία μετά τη συγκόλληση¹⁵.

U : Υποδηλώνει ότι το εναποτιθέμενο μέταλλο έχει πολύ μεγαλύτερη αντοχή σε κρούση, σε σχέση με το απλό E4918-N3.

H10 : Το υδρογόνο είναι 10 cm^3 ανά 100 gr εναποτιθέμενου μετάλλου (το σύμβολο u-πάρχει μόνο στα βασικά ηλεκτρόδια).

¹⁴ Οι τυποποιημένες προσμίξεις είναι συνολικά 18, οι εξής: 1, P1, 1M3, 3M2, 3M3, N1, N2, N3, 3N3, N5, N7, N13, N2M3, NC, CC, NCC, NCC1, NCC2.

¹⁵ Αν το γράμμα ήταν **P**, όπως αναφέρθηκε, θα χρειαζόταν, μετά τη συγκόλληση, να θερμανθεί το τεμάχιο στους $620 \pm 15^\circ\text{C}$ επί 60-75 λεπτά. Οι μόνες εξαιρέσεις που υπάρχουν σ' αυτόν τον κανόνα, είναι οι προσμίξεις του τύπου N5 ή N7, όπου η θερμοκρασία είναι $605 \pm 15^\circ\text{C}$ και η N13 όπου είναι $600 \pm 15^\circ\text{C}$.

8-13. Επενδυμένα ηλεκτρόδια κατά ISO-2560-A¹⁶

Η μορφή της τυποποίησης κατά ISO-2560-B είναι η ίδια με την τυποποίηση κατά EN-499. Δίνει περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις ιδιότητες του ηλεκτροδίου, με αποτέλεσμα όμως να είναι αρκετά περίπλοκη. Η πλήρης περιγραφή ενός ηλεκτροδίου είναι της μορφής:

ISO 2560-A-**E4232NiB32H5**

Τα ψηφία και τα σύμβολα μετά το E, στον παραπάνω συμβολισμό, έχουν την εξής σημασία:

- Τα δύο πρώτα ψηφία, πολλαπλασιαζόμενα με το 10, δίνουν το ελάχιστο όριο ελαστικότητας σε MPa (προσοχή: **όχι** το όριο θραύσης). Στο παράδειγμα αυτό είναι 420 MPa. Οι αριθμοί που χρησιμοποιούνται είναι οι **35, 38, 42, 46, 50**. Δεν υπάρχει συγκεκριμένη αντιστοιχία ορίου ελαστικότητας και ορίου θραύσης, οπότε δεν είναι εύκολη η αντιστοίχιση με τα δύο πρώτα ψηφία του ISO-2560-B. Η αντιστοιχία όμως δεν είναι δυνατόν να βρισκεται εκτός των πλαισίων του πίνακα P5).
- | ISO-2560-A | ISO-2560-B |
|------------|------------|
| 35 | 43, 49 |
| 38 | 43, 49, 55 |
| 42 | 55, 57 |
| 46 | 55, 57 |
| 50 | 57 |
- Το τρίτο ψηφίο δίνει τη θερμοκρασία στην οποία το εναποτιθέμενο μέταλλο έχει **δυσθραυστότητα 47 J**. Όσο μεγαλύτερος είναι αυτός ο αριθμός, τόσο πιο ανθεκτικό είναι το μέταλλο σε κρούση. Η ακριβής σημασία του φαίνεται στον πίνακα (8-6). Στο παράδειγμα μας, το τρίτο ψηφίο είναι 3, οπότε η δυσθραυστότητα είναι τουλάχιστον 47 J, σε θερμοκρασία -20 °C. Δεν υπάρχει αντίστοιχο σύμβολο στο ISO-2560-B.

Πίνακας (8-6): Η σημασία του 3 ^{ου} ψηφίου κατά ISO-2560-A, θερμοκρασία στην οποία η δυσθραυστότητα είναι τουλάχιστο 47 J/cm ²								
3 ^ο ψηφίο	Z	A	2	3	4	5	6	7
Θερμοκρασία	Άγνωστη	20°C	0°C	-20°C	-30°C	-40°C	-50°C	-60°C

Πίνακας (8-7): Η πάστα του ηλεκτροδίου κατά ISO-2560-A		
Γράμμα	Είδος επένδυσης ηλεκτροδίου κατά ISO-2560-A	Αντιστοιχία με το ISO-2560-B
A	Οξινη	20
B	Βασική	15,16,18
C	Κυτταρίνης	10,11
R	Ρουτιλίου	12,13,14
RR	Ρουτιλίου με μεγάλο πάχος επένδυσης	24
RA	Οξινη - Ρουτιλίου	19
RB	Ρουτιλίου - Βασική	03
RC	Ρουτιλίου - Κυτταρίνης	-

- Τα ψηφία που ακολουθούν μας δίνουν τις **τυποποιημένες προσμίξεις** των ελαφρά κραματικών (λεπτόκοκκων) χαλύβων. Στο παράδειγμα έχουμε 2% Ni. Οι προβλεπόμενοι συμβολισμοί είναι:
 - ✓ Κανένας συμβολισμός: Μέχρι 1,4% Mn
 - ✓ Mo : 0,3-0,6% Mo
 - ✓ Mn : 1,4-2% Mn
 - ✓ xNi : Περιεκτικότητα περίπου x%Ni
 - ✓ Z : Οτιδήποτε άλλο δεν εμπίπτει σε μία τυποποιημένη σύσταση.

¹⁶ Η διδασκαλία του ISO-2560-A μπορεί να παραλειφθεί, κατά την κρίση του καθηγητή (λόγω της δυσκολίας και όχι επειδή δεν είναι χρήσιμο). Χρησιμοποιείται και ως υπόδειγμα για τις ομαδικές δραστηριότητες αυτού του κεφαλαίου.

Οι τυποποιημένοι συνδυασμοί είναι οι: Mo , $MnMo$, $1Ni$, $2Ni$, $3Ni$, $Mn1Ni$ και $1NiMo$. Ελάχιστη αντιστοίχιση υπάρχει με το ISO-2560-B και οι περισσότερες περιπτώσεις αντιστοίχισης θα πρέπει να γίνουν με το Z.

- Το επόμενο σύμβολο είναι ένα ή δύο γράμματα που υποδηλώνουν το είδος της πάστας του ηλεκτροδίου σύμφωνα με τον πίνακα (8-7). Στο παράδειγμα, το σύμβολο είναι B, άρα η πάστα είναι βασική.
- Το πρώτο ψηφίο αμέσως μετά το γράμμα δηλώνει την απόδοση του ηλεκτροδίου και το είδος του ρεύματος. Η σημασία του φαίνεται στον πίνακα (8-8). Αν το ηλεκτρόδιο, χωρίς την πάστα, έχει βάρος x , και ψ είναι το βάρος της σιδηρόσκονης στην πάστα, το εναποτιθέμενο μέταλλο θα είναι $x+\psi$. Ο λόγος $(x+\psi)/x$ ονομάζεται **απόδοση ηλεκτροδίου**. Η απόδοση μετριέται %, π.χ. είναι 120%. Στο παράδειγμα, το ψηφίο είναι το 3, άρα η απόδοση είναι 105-125%. Όταν λείπει αυτό το ψηφίο, η απόδοση είναι μικρότερη από 105%.
- Το επόμενο ψηφίο αναφέρεται στη θέση συγκόλλησης. Αυτή φαίνεται στον πίνακα (8-9).

Πίνακας 8.8: Η σημασία ψηφίου μετά το γράμμα της επένδυσης

Σύμβολο	Απόδοση %	Ρεύμα
1	≤ 105	AC, DC
2	≤ 105	DC
3	$>105, \leq 125$	AC, DC
4	$>105, \leq 125$	DC
5	$>125, \leq 160$	AC, DC
6	$>125, \leq 160$	DC
7	>160	AC, DC
8	>160	DC

Πίνακας (8-9): Η σημασία του 1^{ου} ψηφίου, μετά το γράμμα, κατά ISO

Ψηφίο	Θέσεις συγκόλλησης για τις οποίες προορίζεται το ηλεκτρόδιο
1	Κατάλληλο για συγκόλληση σε όλες τις θέσεις
2	Κατάλληλο για όλες τις θέσεις εκτός της PG
3	Κατάλληλο μόνο για PA και PB
4	Κατάλληλο μόνο για PA
5	Κατάλληλο για PA, PB και PG

- Τέλος, το σύμβολο **H** σημαίνει **περιεκτικότητα υδρογόνου** και ακολουθεί ο αριθμός **5, 10 ή 15** που υποδηλώνει τα cm^3 υδρογόνου ανά 100 gr εναποτιθέμενου μετάλλου. Ο συμβολισμός είναι ο ίδιος με του ISO-2560-B.

8-14. Ανοξειδωτά ηλεκτρόδια

(α) Η τυποποίηση κατά ISO-3581 ή κατά EN-1600

Η ονομασία είναι ακριβώς η ίδια και στα δύο συστήματα. Προηγείται το E και ακολουθούν μέχρι τρεις αριθμοί που δείχνουν αντίστοιχα την περιεκτικότητα σε Cr, Ni και Mo ως ποσοστό %. Π.χ. **E 19 9 3**, σημαίνει περιεκτικότητες περίπου: 19%Cr, 9%Ni και 3%Mo. Αν υπάρχουν και άλλες προσμίξεις, π.χ. Nb (νιόβιο), ακολουθεί στον ως άνω συμβολισμό χωρίς αναφορά ποσοστού. Π.χ. **E 19 9 Nb**.

Το συμβολισμό τον ακολουθεί, ενδεχομένως, το γράμμα **L**, που υποδηλώνει χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα. Η π(C) είναι βασικό σημείο στους ανοξειδωτούς χάλυβες, λόγω του φαινομένου της κατακρήμνισης των καρβιδίων του χρωμίου. Τέλος, ακολουθεί το σύμβολο της επένδυσης και του ρεύματος, όπως φαίνεται στον πίνακα (8-10).

Πίνακας (8-10): Επένδυση και είδος ρεύματος στα ανοξειδωτά ηλεκτρόδια κατά EN-1600

Σύμβολο	Επένδυση	Ρεύμα
B	Βασική	DC+
R	Ρουτιλίου	AC, DC+

(β) Η τυποποίηση κατά AWS-A5.4

Η ονομασία των ανοξείδωτων χαλύβων κατά AWS είναι πολύ απλή: ένας τριψήφιος αριθμός που δηλώνει την τυποποιημένη σύσταση του χάλυβα, η οποία βρίσκεται από πίνακες. Π.χ. **E308**, υποδηλώνει ότι ο πυρήνας του ηλεκτροδίου είναι από χάλυβα 308. Όταν υπάρχει και κάποια επιπλέον πρόσμιξη, που δεν αναφέρεται στην τυποποιημένη μορφή του χάλυβα, αυτή ακολουθεί το συμβολισμό του ηλεκτροδίου. Π.χ. το E308 με προσθήκη Mo, γράφεται **E308Mo**.

Το συμβολισμό τον ακολουθεί, ενδεχομένως, το γράμμα **L**, που υποδηλώνει χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα σε σχέση με την τυποποιημένη σύσταση του χάλυβα ή το **H** που σημαίνει αυξημένη. Τέλος, ακολουθεί ένας διψήφιος αριθμός σύμφωνα με τον πίνακα (8-11), που υποδηλώνει το είδος της επένδυσης και του ρεύματος. Τα είδη -16 και -17 ελάχιστα διαφορά έχουν. Το -17 παρουσιάζει καλύτερη συμπεριφορά, ενώ το -16 μεγαλύτερη διεύθυνση. Και οι δύο περιπτώσεις, στο EN-1600, αντιστοιχούν στο R.

Πίνακας (8-11): Επένδυση και είδος ρεύματος στα ανοξείδωτα ηλεκτρόδια κατά AWS-A5.4

Σύμβολο	Επένδυση	Ρεύμα
-15	Βασική	DC+
-16	Ρουτιλίου	AC, DC+
-17	Ρουτιλίου-Οξίνη	AC, DC+

(γ) Τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα ανοξείδωτα ηλεκτρόδια

Οι περισσότερες εργασίες σε ανοξείδωτους χάλυβες μπορούν να γίνουν με τέσσερα μόνο είδη ανοξείδωτων ηλεκτροδίων, τα οποία φαίνονται στον πίνακα (8-12). Για τις εφαρμογές τους θα αναφερθούμε στην παράγραφο των συγκολλήσεων ανοξείδωτων χαλύβων.

Πίνακας (8-12): Οι πλέον συνηθισμένοι τύποι ανοξείδωτων ηλεκτροδίων							
Ονομασία κατά		Χημική σύσταση					
EN-1600	AWS-A5.4	C %	Cr %	Ni %	Mo %	Nb%	Mn %
E 19 9 L x	E308L-yy	< 0,04	18-21	9-11	-	-	< 2,5
E 23 12 L x	E309L-yy	< 0,04	22-25	12-14	-	-	< 2,5
E 19 12 3 L x	E316L-yy	< 0,04	17-20	11-14	2-3%	-	< 2,5
E 19 9 Nb L x	E347-yy	< 0,08	18-21	9-11	-	0,5-1%	< 2,5

Το x είναι B ή R, με βάση τον πίνακα (8-10)
Το yy είναι -15 ή -16 ή -17, με βάση τον πίνακα (8-11)

8-15. Ηλεκτρόδια αλουμινίου

Οι σειρές των κραμάτων αλουμινίου φαίνονται στον πίνακα (8-13). Παρατηρούμε ότι δεν είναι όλα τα κράματα αλουμινίου συγκολλησιμα. Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αλουμινίου γίνονται ως επί το πλείστο με MIG/MAG ή με TIG. Οι συγκολλήσεις αλουμινίου με ηλεκτρόδια είναι σχετικά λίγες και συνήθως όχι ιδιαίτερα μεγάλων απαιτήσεων.

Πίνακας (8-13): Οι σειρές των κραμάτων του αλουμινίου		
Σειρά	Βασική σύσταση	Παρατηρήσεις
1xxx	Al	Σχεδόν καθαρό αλουμίνιο - Έχει μικρή αντοχή.
2xxx	Al + Cu	Δε συγκολλούνται - Αεροναυπηγική χρήση.
3xxx	Al + Mn	
4xxx	Al + Si	
5xxx	Al + Mg	
6xxx	Al + Mg + Si	Επιδέχεται θερμικές κατεργασίες (π.χ. ανόπτηση).
7xxx	Al + Zn	Δε συγκολλούνται πλην των 7003, 7005, 7039.

Για την κατασκευή υλικών συγκόλλησης αλουμινίου, χρησιμοποιούνται κυρίως τα τρία κράματα αλουμινίου που φαίνονται στον πίνακα (8-14). Επενδυμένα ηλεκτρόδια αλουμινίου υπάρχουν μόνο από τα δύο πρώτα είδη και είναι τα **E1100, E4043 και E4047**. Περισσότερο χρήσιμος είναι ο τύπος E4043, ο οποίος παρουσιάζει καλή διείδυση¹⁷. Επιπλέον, το 4043 είναι το καταλληλότερο κράμα για τη συγκόλληση των κραμάτων αλουμινίου της σειράς 6xxx που είναι τα πλέον διαδεδομένα σε χρήση.

Πίνακας (8-14): Τα πιο χρήσιμα κράματα στη συγκόλληση αλουμινίου			
Όνομασία	Ιδανικό για	Κατάλληλο επίσης για	Ακατάλληλο για
1100	1xxx		Οτιδήποτε άλλο
4043, 4047	6xxx	1xxx, 3xxx, 4xxx, 5xxx	5052, 7xxx
5356	5xxx	3xxx, 4xxx, 6xxx, 7xxx	1xxx

8-16. Ηλεκτρόδια χυτοσίδηρου

Δεν υπάρχει τυποποίηση κατά ISO ή EN, οπότε ακολουθούμε την τυποποίηση κατά AWS. Υπάρχουν πέντε τύποι ηλεκτροδίων για χυτοσίδηρο¹⁸ που φαίνονται στον πίνακα (8-15). Οι πλέον χρήσιμοι είναι οι δύο πρώτοι, δηλαδή οι ENiFe-CI και ENi-CI.

Πίνακας (8-15): Ηλεκτρόδια χυτοσίδηρου κατά AWS		
Όνομασία	Βασική σύσταση	Χαρακτηριστικά εναποτιθέμενου μετάλλου
ENiFe-CI	55%Ni - 45%Fe	Επιδέχεται μηχανουργική κατεργασία
ENi-CI	Ni	Πολύ καλό για μηχανουργική κατεργασία
ESt	Fe	Πολύ σκληρό - μη κατεργάσιμο
ECI	Fe	Εναποθέτει φαιό χυτοσίδηρο (κατεργάσιμος)
ENiCu-B	70%Ni - 30%Cu (κράμα Μονέλ)	Ιδανικό για μηχανουργική κατεργασία, αλλά ρηγματώνεται εύκολα.

8-17. Η εκτέλεση καλών συγκολλήσεων με επενδυμένα ηλεκτρόδια

Σ' αυτή και στις δύο επόμενες παραγράφους θα αναπτυχθούν οι τεχνικές με τις οποίες πραγματοποιούνται καλές ηλεκτροσυγκολλήσεις με επενδυμένα ηλεκτρόδια. Ακολουθώντας προσεκτικά αυτές τις οδηγίες, ακόμη και νέοι ηλεκτροσυγκολλητές μπορούν να εκτελέσουν ικανοποιητικές συγκολλήσεις¹⁹.

Για να επιτύχουμε καλή ποιότητα ηλεκτροσυγκόλλησης, θα πρέπει να προσέξουμε τα εξής:

- Όταν είναι δυνατόν να επιλέξουμε το χάλυβα που θα χρησιμοποιηθεί, να προτιμούνται χάλυβες κατάλληλοι για συγκόλληση με $\pi(C) < 0,15\%$, $\pi(Si) < 0,1\%$, $\pi(S) < 0,04\%$, $\pi(P) < 0,04\%$.
- Αν $\pi(S)$ ή $\pi(P) > 0,04\%$, να χρησιμοποιούνται βασικά ηλεκτρόδια, μικρής διαμέτρου και πολλά κορδόνια.

¹⁷ Στα σύρματα, όπως θα δούμε στο επόμενο κεφάλαιο, προτιμότερο υλικό συγκόλλησης είναι το 5356, το οποίο όμως δεν υπάρχει υπό μορφή ηλεκτροδίου.

¹⁸ Ο συμβολισμός CI σημαίνει Cast Iron = χυτοσίδηρος

¹⁹ Από το σημείο αυτό πρέπει στις ασκήσεις να γίνονται καλές ηλεκτροσυγκολλήσεις. Οι ασκήσεις του κεφαλαίου 7, δεν είχαν απαιτήσεις ποιότητας, καθώς οι στόχοι ήταν η προσαρμογή στην τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων, ο εντοπισμός των προβλημάτων και των σφαλμάτων και η διαδικασία ποιοτικού ελέγχου.

- Να γίνεται σωστή επιλογή της διαμέτρου του ηλεκτροδίου ανάλογα με το πάχος των προς συγκόλληση λαμαρινών. Η μέγιστη διάμετρος του ηλεκτροδίου (όταν θέλουμε να εκτελέσουμε τη ραφή με ένα μόνο πέρασμα), πρέπει είναι σύμφωνα με τον πίνακα (8-16).
- Όταν απαιτούνται πολλά κορδόνια, στη ρίζα να χρησιμοποιείται πιο λεπτό ηλεκτρόδιο και με κάπως μεγάλη ένταση ρεύματος, για να επιτευχθεί καλή διείσδυση. Να υπάρχει και ένα μικρό διάκενο στη ρίζα. Τα γεμίσματα να γίνονται με το αμέσως μεγαλύτερο ηλεκτρόδιο από αυτό της ρίζας και το τελείωμα, για την καλύτερη αισθητική εμφάνιση, με το ακόμη αμέσως μεγαλύτερο. Π.χ. Στη ρίζα Φ2,5, τα γεμίσματα με Φ3,2 και στο τελείωμα Φ4.
- Η μικρή διάμετρος ηλεκτροδίου και τα πολλά κορδόνια δίνουν συγκόλληση μεγάλης αντοχής. Η μεγάλη διάμετρος ηλεκτροδίου και τα λίγα κορδόνια δίνουν συγκόλληση χαμηλού κόστους (λιγότερα εργατικά).
- Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος να είναι μέσα στις προδιαγραφές του κατασκευαστή του. Ενδεικτικά, οι εντάσεις των πλέον χρησιμοποιούμενων ηλεκτροδίων δίνονται στον πίνακα (8-17).

Πίνακας (8-16): Επιλογή ηλεκτροδίου για την εκτέλεση της ηλεκτροσυγκόλλησης με ένα μόνο πέρασμα με ηλεκτρόδια **ρουτιλίου** ή **κυτταρίνης**

Πάχος ελάσματος mm	Μέγιστη διάμετρος ηλεκτροδίου
< 2	1,6
2	2
3	2,5
4	2,5 ή 3,2
5	3,2 ή 4

Πίνακας (8-17): Ενδεικτικές τιμές των εντάσεων του ρεύματος ηλεκτροσυγκόλλησης για διάφορες ποιότητες και διαμέτρους ηλεκτροδίων

Τύπος ηλεκτροδίου	Διάμετρος mm (")					
	2 (5/64)	2,5 (3/32)	3,2 (1/8)	4 (5/32)	5 (3/16)	6 (1/4)
E4310 (Κυτταρίνης)		40-80	75-125	110-200	130-230	220-360
E4313 (Ρουτιλίου)		75-110	90-150	140-200	170-250	230-350
E4918 (Βασικό)	50-80	80-110	110-150	140-200	200-260	220-340
E4043 (Αλουμινίου)		50-70	70-100	100-130	120-150	
E308L (Ανοξείδωτο)	40-55	55-75	75-100	100-130	130-170	
ENiFe-CI (Χυτοσιδ.)		70-100	100-130	130-150	150-170	

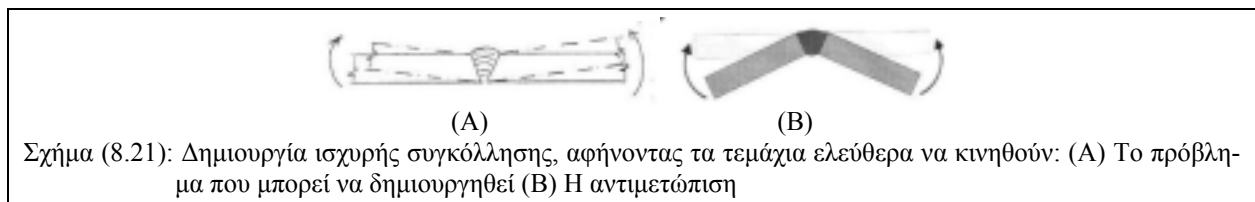
- Αν το πάχος των λαμαρινών υπερβαίνει τα 5 mm, να προσπαθούμε, κατά το δυνατόν, να κάνουμε συγκόλληση σε θέση PA.
- Αν το πάχος των λαμαρινών είναι μεγαλύτερο από 5 mm, να προηγείται η προετοιμασία των άκρων προς συγκόλληση, ώστε να εξασφαλίζεται καλή διείσδυση μέχρι τη ρίζα. Αν είναι μέχρι 5 mm, να αφήνεται το διάκενο που φαίνεται στον πίνακα (8-18).

Πίνακας (8-18): Απόσταση ελασμάτων χωρίς προετοιμασία των άκρων

Πάχος ελασμάτων (mm)	< 2	2-3	3-4	4-5
Διάκενο σε οριζόντια ραφή (mm)	0	1	2	3
Διάκενο σε κατακόρυφη ραφή	0	1	1,5	2

- Αν διαπιστωθεί φύσημα τόξου, πρέπει να αντιμετωπιστεί άμεσα. Η εύκολη λύση είναι η δοκιμή με ρεύμα AC. Λεπτομερέστερα αναφερθήκαμε στην παράγραφο (7-7).

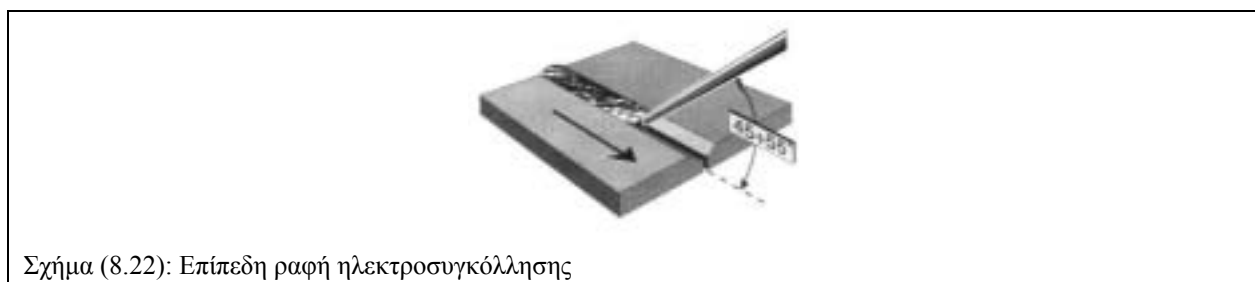
- Να προηγείται καλός καθαρισμός με συρματόβουρτσα. Αν δεν είναι δυνατόν να γίνει σωστός καθαρισμός, να χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια κυτταρίνης.
- Αν υπάρχουν λάδια ή άλλης μορφής οργανικά κατάλοιπα, να χρησιμοποιείται απολιπαντικό χωρίς υδρογονάνθρακες, π.χ. ανόργανα οξέα ή συνήθη απορρυπαντικά του εμπορίου.
- Σε κατακόρυφη θέση ή σε ουρανό με ηλεκτρόδια ρουτιλίου ή κυτταρίνης, τα ηλεκτρόδια να είναι διαμέτρου μέχρι 5 mm. Με βασικά, η διάμετρος να είναι μέχρι 4 mm.
- Για στεγανές συγκολλήσεις να χρησιμοποιείται το ηλεκτρόδιο E4310. Η διάμετρος του ηλεκτροδίου να είναι μέχρι 5 mm στις θέσεις PA, PB, PC και μέχρι 3,2 mm στη θέση PF.
- Όταν απαιτείται πολύ ισχυρή συγκόλληση, να μη δένονται τα τεμάχια, αλλά να μένουν ελεύθερα να κινηθούν. Αλλιώς δημιουργούνται εσωτερικές τάσεις που μειώνουν την αντοχή της συγκόλλησης. Όμως, η πήξη του λουτρού συγκόλλησης, τείνει να δώσει στα ελάσματα μορφή σχήματος V, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.21), περίπτωση (A). Το φαινόμενο περιορίζεται με τις τεχνικές που αναπτύχθηκαν στην παράγραφο (7-7). Αν δεν μπορούν να εφαρμοστούν, η κατάσταση αντιμετωπίζεται δίνοντας στα προς συγκόλληση ελάσματα μία ελαφρά κλίση, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.21), περίπτωση (B).



- Όταν δεν είναι εφαρμόσιμες οι παραπάνω οδηγίες, τότε, για τη δημιουργία ισχυρής συγκόλλησης, γίνεται προθέρμανση των τεμαχίων, οπότε η πήξη του λουτρού συγκόλλησης γίνεται με πιο αργούς ρυθμούς, χωρίς τη δημιουργία εσωτερικών τάσεων.
- Τα πιτσιλίσματα δεν επηρεάζουν την αντοχή της ηλεκτροσυγκόλλησης, αλλά επηρεάζουν την εμφάνισή της. Ο καθαρισμός τους αυξάνει το κόστος ηλεκτροσυγκόλλησης.

8-18. Συγκολλήσεις με ηλεκτρόδια κυτταρίνης ή ρουτιλίου

Στην κατηγορία αυτή ανήκει το ευρύτετης χρήσης ηλεκτρόδιο E4313 (ρουτιλίου) και τα, επίσης, πολύ χρήσιμα E4310 και E4311 (κυτταρίνης). Οι τεχνικές που αναφέρονται εφαρμόζονται και σε όλους τους άλλους τύπους ηλεκτροδίων (π.χ. στα όξινα) πλην των βασικών, όπου υπάρχουν ορισμένες διαφοροποιήσεις που θα αναφερθούν μετά την ολοκλήρωση της παρούσας ανάπτυξης. Το ιδανικό ύψος του τόξου είναι όσο και η διάμετρος του ηλεκτροδίου. Στις συγκολλήσεις με ηλεκτρόδια κυτταρίνης και ρουτιλίου ακολουθούνται οι εξής βασικές τεχνικές:

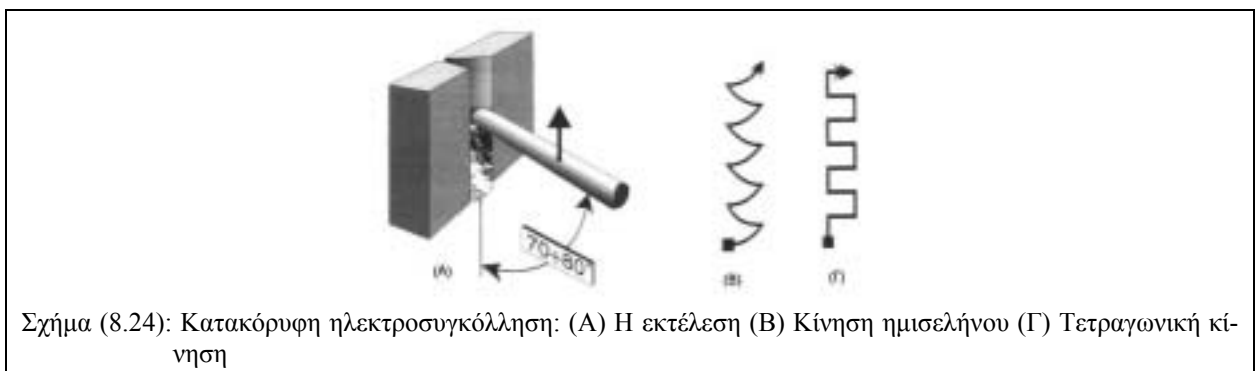


- **Επίπεδη ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης (PA):** Το ηλεκτρόδιο πρέπει να έχει κλίση 45-55° ως προς το επίπεδο, όπως στο σχήμα (8.22).



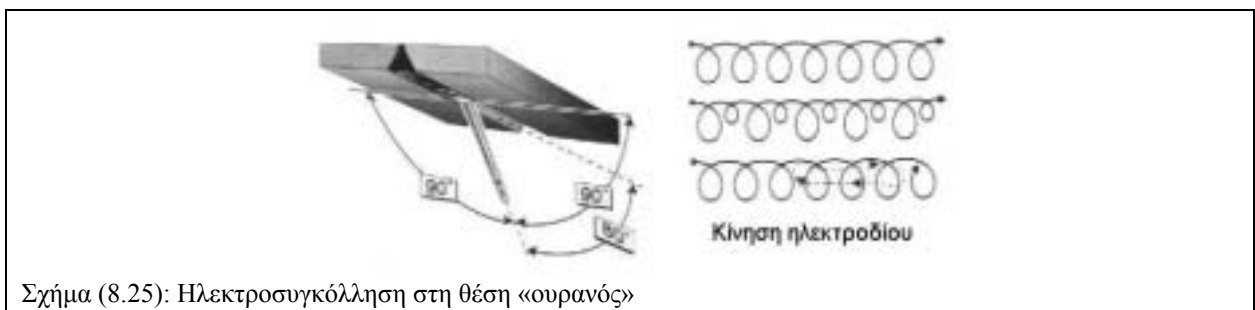
Σχήμα (8.23): Οριζόντια ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης

- **Οριζόντια ραφή (PC):** Για πάχη μέχρι και 4 mm είναι προτιμότερο να μην προηγείται προετοιμασία των άκρων (χωρίς φρέζα). Η γωνία κίνησης του ηλεκτροδίου να είναι όπως στο σχήμα (8.23).



Σχήμα (8.24): Κατακόρυφη ηλεκτροσυγκόλληση: (Α) Η εκτέλεση (Β) Κίνηση ημισελήνου (Γ) Τετραγωνική κίνηση

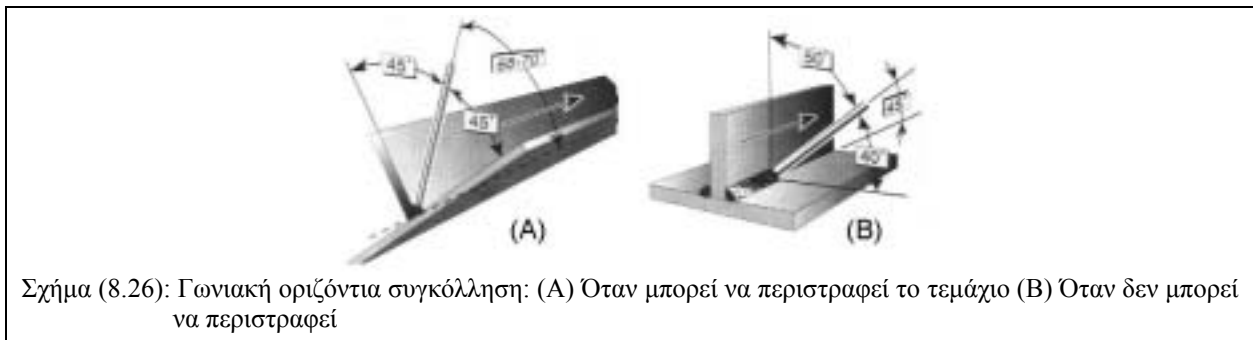
- **Κατακόρυφη ραφή (PF):** Η τεχνική φαίνεται στο σχήμα (8.24). Για πάχη μέχρι 4 mm, το φρεζάρισμα των άκρων δεν είναι απαραίτητο. Η οριζόντια γωνία του ηλεκτροδίου πρέπει να είναι 90-120° και η κατακόρυφη 70-80°. Σε μικρά πάχη λαμαρινών είναι καλύτερα να κολλάμε σε PG (κατεβατό), αν φυσικά το επιτρέπει το ηλεκτρόδιο, ενώ σε μεγάλα πάχη σε PF (ανεβατό). Το ρεύμα θα πρέπει να είναι 10-15% μικρότερο από ό,τι στην επίπεδη ραφή. Η κίνηση θα πρέπει να γίνεται είτε με τη μέθοδο της ημισελήνου είτε με του τετραγώνου, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.24), αλλά με λίγη επιμονή στο άκρο της κάθε κίνησης. Η διείσδυση δύσκολα μπορεί να είναι πολύ καλή και γι' αυτό, όταν είναι δυνατόν, θα πρέπει να περνάμε ένα ακόμη κορδόνι από την πίσω πλευρά.



Σχήμα (8.25): Ηλεκτροσυγκόλληση στη θέση «ουρανό»

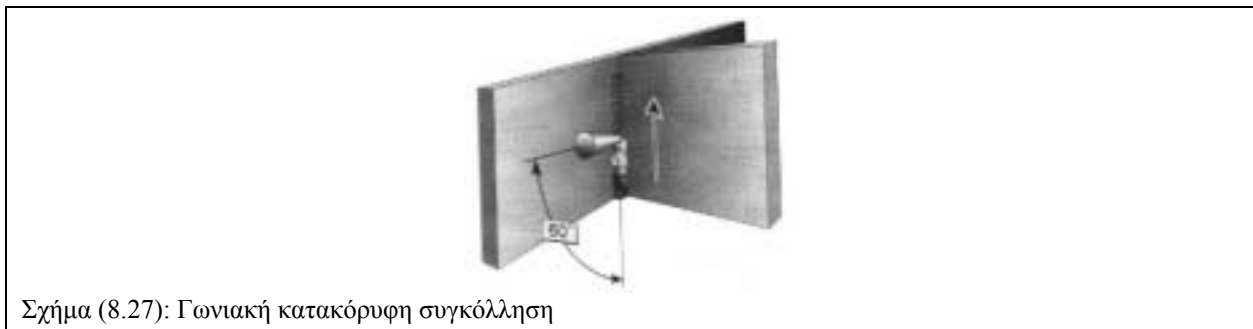
- **Συγκόλληση ουρανού (PD ή PE):** Η ένταση του ρεύματος θα πρέπει να είναι **κατά το δυνατόν χαμηλότερη**. Για να επιτευχθεί καλή διείσδυση μέχρι τη ρίζα, πρέπει να γίνεται προετοιμασία των άκρων ακόμη και σε μικρά πάχη (άνω των 3 mm). Οι κινήσεις πρέπει να είναι κυκλικές, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.25). Το ηλεκτρόδιο πρέπει να σχηματίζει γωνία περίπου 80°, δηλαδή σχεδόν κάθετη, πράγμα που υποχρεώνει τον ηλεκτροσυγκολλητή να είναι

πολύ προσεκτικά προστατευμένος. Μία σταγόνα τηγμένου μετάλλου έχει θερμοκρασία τουλάχιστον 2000°C. Η σωματική βλάβη που θα μπορούσε να προκληθεί από αυτήν είναι πολύ μεγάλη, τα λάθη δε συγχωρούνται!



Σχήμα (8.26): Γωνιακή οριζόντια συγκόλληση: (Α) Όταν μπορεί να περιστραφεί το τεμάχιο (Β) Όταν δεν μπορεί να περιστραφεί

- **Γωνιακή οριζόντια συγκόλληση (PB):** Το ιδανικό είναι να περιστραφεί το τεμάχιο, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.26), περίπτωση (Α), για να γίνει η ηλεκτροσυγκόλληση επίπεδη. Όμως η γωνία του ηλεκτροδίου πρέπει να είναι περίπου 65-70° αντί για 45-55°. Όταν αυτό δεν είναι δυνατόν, η συγκόλληση γίνεται κρατώντας το ηλεκτρόδιο, όπως φαίνεται στην περίπτωση (Β), δηλαδή η γωνία κίνησης είναι η συνήθης (45-55°) και το ηλεκτρόδιο κινείται σε ένα επίπεδο ελάχιστα πιο κάτω από το επίπεδο της διχοτόμου.



Σχήμα (8.27): Γωνιακή κατακόρυφη συγκόλληση

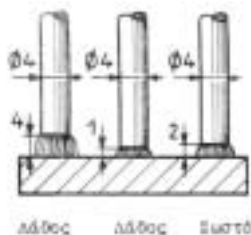
- **Γωνιακή κατακόρυφη συγκόλληση (PF):** Ισχύουν οι οδηγίες που αναφέρθηκαν στην κάθετη συγκόλληση με κίνηση ηλεκτροδίου σε μορφή ημισελήνου ή τετραγωνική. Το ρεύμα συγκόλλησης πρέπει να είναι ισχυρότερο και, συγκεκριμένα, περίπου όσο και στην επίπεδη συγκόλληση. Το ηλεκτρόδιο πρέπει να έχει γωνία περίπου 60° ως προς την κατακόρυφο, όπως στο σχήμα (8.27).

Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι ο κάθε ηλεκτροσυγκολλητής έχει το δικό του τρόπο, για να εκτελεί καλές ηλεκτροσυγκολλήσεις. Τα παραπάνω είναι κανόνες για το ξεκίνημα. Όσο μεγαλώνει η πείρα του ηλεκτροσυγκολλητή τόσο βελτιώνεται και η τεχνική του.

8-19. Οι συγκολλήσεις με βασικά ηλεκτρόδια

Οι τεχνικές με τα βασικά ηλεκτρόδια, αν και στα περισσότερα σημεία τους μοιάζουν με τις τεχνικές των ηλεκτροδίων ρουτιλίου και κυτταρίνης, έχουν και σοβαρές διαφορές. Αυτές είναι:

- Το ιδανικό ύψος του τόξου είναι μόλις το ήμισυ από τη διάμετρο του ηλεκτροδίου σε αντίθεση με τα άλλα ηλεκτρόδια. Αυτό το βλέπουμε και στο σχήμα (8.28).
- Το ηλεκτρόδιο είναι πάντοτε σε σχεδόν κάθετη θέση, σε όλες τις θέσεις συγκόλλησης. Αυτό το βλέπουμε στο σχήμα (8.29).



Σχήμα (8.28): Το ύψος του τόξου στα βασικά ηλεκτρόδια

Σχήμα (8.29): Η γωνία κλίσης του ηλεκτροδίου στα βασικά ηλεκτρόδια

- Η ταχύτητα με την οποία πρέπει να γίνεται η συγκόλληση με βασικά ηλεκτρόδια είναι στα 2/3 περίπου από ό,τι γίνεται με τα ηλεκτρόδια ρουτιλίου ή κυτταρίνης. Όταν η ταχύτητα είναι κανονική, το καταλαβαίνουμε, επειδή η σκουριά αφαιρείται εύκολα, ενώ, αν είναι μεγάλη, αφαιρείται δύσκολα.
- Παρόλο που η ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου είναι πιο μικρή, η εναποτιθέμενη ποσότητα μετάλλου στη μονάδα του χρόνου είναι η ίδια. Γι' αυτό απαιτείται πιο λεπτό ηλεκτρόδιο, όταν η ραφή γίνεται με ένα μόνο πέρασμα. Ο πίνακας (8-19) δίνει τις προτεινόμενες τιμές διαμέτρου των ηλεκτροδίων.
- Όταν γίνεται κατακόρυφη συγκόλληση, να προτιμάται η κίνηση του ηλεκτροδίου με τη μέθοδο της ημισελήνου, που φαίνεται στο σχήμα (8-24), περίπτωση (B).
- Όταν ανοιχτεί το κουτί, θα πρέπει τα ηλεκτρόδια να διατηρούνται σε ειδικό φούρνο προθέρμανσης και συντήρησης των ηλεκτροδίων και, αν τυχόν πάρουν υγρασία, πρέπει να αποξηρανθούν. Η διαδικασία αναπτύσσεται στην επόμενη παράγραφο.

Πίνακας (8-19): Επιλογή ηλεκτροδίου για την εκτέλεση της ηλεκτροσυγκόλλησης με ένα μόνο πέρασμα με **βασικά** ηλεκτρόδια

Πάχος ελάσματος mm	Μέγιστη διάμετρος ηλεκτροδίου
2	1,6
3	2
4	2,5
5	3,2

8-20. Η διατήρηση των ηλεκτροδίων

Το κουτί συσκευασίας των ηλεκτροδίων τα προστατεύει από την υγρασία. Μετά το άνοιγμα, αν τα ηλεκτρόδια δεν καταναλωθούν σε συγκεκριμένο χρόνο, πρέπει να λαμβάνονται μέτρα συντήρησής τους.

(α) Η συντήρηση και η ξήρανση των βασικών ηλεκτροδίων

Τα βασικά ηλεκτρόδια δίνουν συγκολλήσεις μεγάλης αντοχής, αλλά για να το επιτύχουν πρέπει να είναι απαλλαγμένα από υγρασία. Γι' αυτό διατίθενται σε στεγανά κουτιά. Όταν ανοιχτεί ένα κουτί, θα πρέπει να καταναλωθούν μέσα σε πολύ περιορισμένο χρονικό διάστημα, αλλιώς πρέπει να τοποθετηθούν σε ειδικό φούρνο συντήρησης ηλεκτροδίων. Αν αυτή η βασικότερη προϋπόθεση δεν μπορεί να τηρηθεί, είναι καλύτερα να μη χρησιμοποιηθούν βασικά ηλεκτρό-

δια αλλά ηλεκτρόδια ενός άλλου τύπου, π.χ. ρουτιλίου. Αλλιώς η συγκόλληση που θα προκύψει θα είναι πολύ κατώτερης ποιότητας από ό,τι θα ήταν με μη βασικά ηλεκτρόδια. Ο κανόνας είναι:

Όταν δεν υπάρχουν τα μέσα για να διατηρηθούν ξηρά τα βασικά ηλεκτρόδια, τότε είναι καλύτερα να μη χρησιμοποιούνται.

Το χρονικό διάστημα που μπορούν να κρατηθούν τα ηλεκτρόδια εκτός φούρνου εξαρτάται από την αντοχή του ηλεκτροδίου. Για παράδειγμα, τα ηλεκτρόδια E4918 μπορούν να χρησιμοποιηθούν μέχρι και 4 ώρες μετά το άνοιγμα του κουτιού, ενώ τα ηλεκτρόδια υψηλής αντοχής E5718 μπορούν να κρατηθούν μόνο για 60 λεπτά.



Σχήμα (8.30): Σταθεροί φούρνοι συντήρησης ή ξήρανσης βασικών ηλεκτροδίων

Μετά το χρονικό αυτό διάστημα, τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται σε φούρνους συντήρησης, όπου η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή στους 110-150°C. Ο ηλεκτροσυγκολλητής τα παίρνει λίγα-λίγα και τα χρησιμοποιεί. Υπάρχουν σταθεροί φούρνοι, όπως στο σχήμα (8.30), που προορίζονται για σταθερές θέσεις εργασίας, καθώς, επίσης, και φορητοί που τους παίρνει μαζί του ο ηλεκτροσυγκολλητής, όπως αυτοί του σχήματος (8.31). Οι φορητοί φούρνοι έχουν μικρή αντίσταση και συνήθως ο θερμοστάτης τους δεν υπερβαίνει τους 110°C (η ελάχιστη απαιτούμενη).



Σχήμα (8.31): Φορητοί φούρνοι συντήρησης βασικών ηλεκτροδίων

Όταν ανοιχτεί ένα κουτί ηλεκτροδίων και παραμείνει επί μακρό χρονικό διάστημα στην ατμόσφαιρα, δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιηθεί, αν προηγουμένως δεν ξηραθούν τα ηλεκτρόδια. Το ίδιο θα πρέπει να γίνει και όταν ένα κουτί βρεθεί να έχει κάποιο μικρό άνοιγμα από κτύπημα. Γι' αυτό, τα κουτιά των βασικών ηλεκτροδίων πρέπει να επιθεωρούνται πριν ανοιχτούν, για να διαπιστωθεί ότι η συσκευασία τους δεν έχει υποστεί κάποια βλάβη. Επίσης, δε θα πρέπει να υπάρχουν σημεία αποκόλλησης πάστας από τα ηλεκτρόδια (ένδειξη απορρόφησης υγρασίας).

Η ξήρανση ακολουθεί ορισμένη διαδικασία. Τα ηλεκτρόδια αραιώνονται για να καταστεί δυνατή η ξήρανσή τους (σε αντίθεση με τη συντήρηση που μπορούν να μουν στο φούρνο ως έχουν). Η ξήρανση των ηλεκτροδίων επιτυγχάνεται σε θερμοκρασία της τάξεως των 250-400°C. Η θερμοκρασία αυτή ποικίλλει ανάλογα με το είδος των ηλεκτροδίων και θα πρέπει να τηρηθούν οι οδηγίες του κατασκευαστή. Η εφαρμογή της όμως δε θα πρέπει να είναι απότομη, για να μην υποστούν τα ηλεκτρόδια βλάβη, αλλά και ούτε να διαρκέσει περισσότερο από ό,τι χρειάζεται. Τυπική διαδικασία είναι να παραμένουν επί 30 λεπτά στο 50% της τελικής θερμοκρασίας και μετά επί 1-3 ώρες στην τελική θερμοκρασία ξήρανσης.

Κατά την ξήρανση ενδέχεται μερικά ηλεκτρόδια να υποστούν βλάβη. Αυτή μπορεί να είναι απευθείας ορατή πάνω στη πάστα τους (σπασίματα), ή να γίνεται αντιληπτή κατά την ηλεκτροσυγκόλληση από την ανώμαλη λειτουργία του τόξου. Αυτά τα ηλεκτρόδια πρέπει να απορρίπτονται ως άχρηστα.

(β) Η συντήρηση των μη βασικών ηλεκτροδίων

Κανένας άλλος τύπος ηλεκτροδίου δεν έχει την ανάγκη υπερβολικής ξήρανσης, όπως συμβαίνει με τα βασικά. Το αντίθετο μάλιστα, κάποια χαμηλή υγρασία, ενδέχεται να είναι απαραίτητο να υπάρχει στην πάστα τους για να λειτουργήσουν σωστά. Όμως, υψηλή υγρασία θα προκαλέσει και σ' αυτά προβλήματα.

Ο καλύτερος τρόπος συντήρησης των μη βασικών ηλεκτροδίων είναι μετά το άνοιγμα του κουτιού τους, τα ηλεκτρόδια που δε θα καταναλωθούν εντός της ημέρας να τοποθετούνται σε φούρνο με θερμοκρασία της τάξεως των 40-50°C. Μεγαλύτερη θερμοκρασία δε θα πρέπει να εφαρμοστεί, διότι θα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της υγρασίας της πάστας τους κάτω από το επιτρεπόμενο όριο.

8-21. Η συγκόλληση των ανοξειδωτων χαλύβων

Όπως αναφέρθηκε, για τις περισσότερες περιπτώσεις συγκόλλησης ανοξειδωτων χαλύβων, αρκούν τέσσερις τύποι ηλεκτροδίων: E308-L, E309-L, E316-L και E347. Ο καθένας από αυτούς χρησιμοποιείται για συγκεκριμένη περίπτωση εφαρμογής. Αναλυτικότερα:

- Το E199L (E308L) είναι το **τυπικό** ηλεκτρόδιο με το οποίο συγκολλούνται οι ωστενιτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες και χυτοχάλυβες (αυτοί που περιέχουν Cr και Ni). Δεν είναι κατάλληλο μόνο, όταν περιέχονται στο χάλυβα και άλλες προσμίξεις και ιδίως το Mo.
- Το E19123L (E316L) προορίζεται για τη συγκόλληση ανοξειδωτων χαλύβων και χυτοχαλύβων που, εκτός από Cr, Ni περιέχουν και Mo.
- Το E2312L (E309L) είναι το ηλεκτρόδιο με το οποίο μπορεί να συγκολληθεί απλός ανθρακούχος χάλυβας με ανοξειδωτους χάλυβες ή διαφορετικά είδη ανοξειδωτων χαλύβων μεταξύ τους. Η συγκόλληση, φυσικά, δε θα είναι μεγάλων απαιτήσεων.
- Ο τύπος E199Nb (E347) είναι ο ιδανικός για τη συγκόλληση των σταθεροποιημένων ανοξειδωτων χαλύβων²⁰. Έχει την ίδια χημική σύσταση με το E199 (E308), με επιπλέον Nb.

Τέλος, θα πρέπει να σημειωθεί ότι με το E199L (E308L) μπορούν να συγκολληθούν και οι σταθεροποιημένοι χάλυβες, αλλά στη ΖΕΘ είναι πιθανό να έχουμε πρόβλημα. Αντίστοιχα, με το E199Nb (E347) μπορούν να συγκολληθούν και μη σταθεροποιημένοι χάλυβες.

8-22. Οι συγκολλήσεις αλουμινίου

Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αλουμινίου, συνήθως, γίνονται με MIG και γι' αυτό θα μας απασχολήσουν, ιδιαίτερος, στο επόμενο κεφάλαιο. Παρ' όλον ότι οι συγκολλήσεις που γίνονται με ηλεκτρόδιο αλουμινίου, δε θεωρούνται μεγάλων απαιτήσεων, ένας έμπειρος ηλεκτροσυγκολλητής είναι σε θέση να επιτύχει εξαιρετικές συγκολλήσεις. Η τεχνική συγκόλλησης του αλουμινίου δεν είναι δυσκολότερη από την τεχνική της συγκόλλησης του χάλυβα. Ίσως μάλιστα να είναι και

²⁰ Όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο 1-15, οι χάλυβες που περιέχουν χρώμιο, αντιμετωπίζουν κατά την ηλεκτροσυγκόλληση το πρόβλημα της κατακρήμνισης των καρβιδίων του χρωμίου. Το πρόβλημα αυτό περιορίζεται με την προσθήκη Nb (νιόβιο) ή Ta (ταντάλιο) ή Ti. Το ποσοστό Nb + Ta + Ti είναι κάτω του 1%.

πολύ πιο εύκολη. Είναι όμως τελείως διαφορετική. **Το λάθος που κάνουν οι ηλεκτροσυγκολλητές είναι ότι προσπαθούν να κολλήσουν το αλουμίνιο σαν να ήταν χάλυβας.** Πρέπει να μάθουν την τεχνική από την αρχή και να εξασκηθούν σ' αυτήν σαν να μη γνώριζαν πολλά πράγματα για ηλεκτροσυγκολλήσεις.

Τα βασικότερα σημεία που πρέπει να έχει υπ' όψη του ο ηλεκτροσυγκολλητής, που κολλάει αλουμίνιο με επενδυμένο ηλεκτρόδιο, είναι τα εξής:

- **Πρέπει να προηγείται καθαρισμός από τη σκουριά με συρματόβουρτσα, επειδή η σκουριά του αλουμινίου έχει σημείο τήξης σχεδόν 1400°C υψηλότερο από το καθαρό μέταλλο (2000°C έναντι 630°C).**
- **Η συρματόβουρτσα, που έχει χρησιμοποιηθεί σε χάλυβα, δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε αλουμίνιο.**
- **Το ηλεκτρόδιο πρέπει να κινείται γρήγορα, λόγω του χαμηλού σημείου τήξης του αλουμινίου.**
- **Για την αποφυγή των ρηγματώσεων, το καλύτερο είναι να εφαρμόζεται προθέρμανση αλλά όχι άνω των 110°C.**
- Η ηλεκτροσυγκόλληση αλουμινίου με επενδυμένα ηλεκτρόδια πρέπει να **ολοκληρώνεται με ένα και μοναδικό πάσο.** Προς τούτο πρέπει να επιλέγεται η κατάλληλη διάμετρος του ηλεκτροδίου. Η διείδυση μέχρι τη ρίζα, λόγω του χαμηλού σημείου τήξης του αλουμινίου, είναι πολύ πιο εύκολη.
- **Υπάρχει κίνδυνος να δημιουργηθούν κοίλες περιοχές (κρατήρες) που αποτελούν αιτία ρηγματώσεων.** Για την αποφυγή αυτών, πρέπει η κίνηση του ηλεκτροδίου να γίνεται με, κατά το δυνατόν, **σταθερή ταχύτητα**, προσέχοντας την εναπόθεση του μετάλλου. **Η μορφή της ραφής να είναι ελαφρά κυρτή ή τουλάχιστον επίπεδη.**

Το πλέον χρήσιμο ηλεκτρόδιο αλουμινίου είναι το **E4043** (κράμα Al-Si με $\pi(\text{Si})=5\%$). Είναι κατάλληλο για συγκόλληση σχεδόν όλων των συγκολλησίμων τύπων αλουμινίου, ιδίως της σειράς 6xxx που είναι από τα πλέον χρησιμοποιούμενα αλουμίνια. Το E4043 μπορεί να συγκολλήσει ακόμη και τα αλουμίνια των σειρών 1xxx και 5xxx (με εξαίρεση το 5052), τα οποία όμως χρησιμοποιούνται πολύ λιγότερο από τη σειρά 6xxx. Στις περιπτώσεις που απαιτείται μεγαλύτερη μηχανική αντοχή χρησιμοποιείται το **E4047** (έχει $\pi(\text{Si})=12\%$).

Όταν πρόκειται για καθαρό αλουμίνιο της σειράς 1xxx, ενδέχεται να έχουν σημασία οι ηλεκτρικές ιδιότητες στο σημείο της ένωσης. Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιείται το **E1100**. Για τη συγκόλληση αλουμινίων της σειράς 5xxx ο καταλληλότερος τύπος είναι το **5356**, όπως φαίνεται και στον πίνακα (8-13). Αλλά επενδυμένο ηλεκτρόδιο με 5356 δεν κατασκευάζεται. Το 5356 υπάρχει μόνο σε σύρμα για MIG/MAG και σε ράβδους για την TIG. Τέλος, δε θα πρέπει να ξεχνάμε ότι τα αλουμίνια των σειρών 2xxx και 7xxx δε συγκολλούνται (πλην ελάχιστων εξαιρέσεων).

8-23. Η συγκόλληση του χυτοσιδήρου

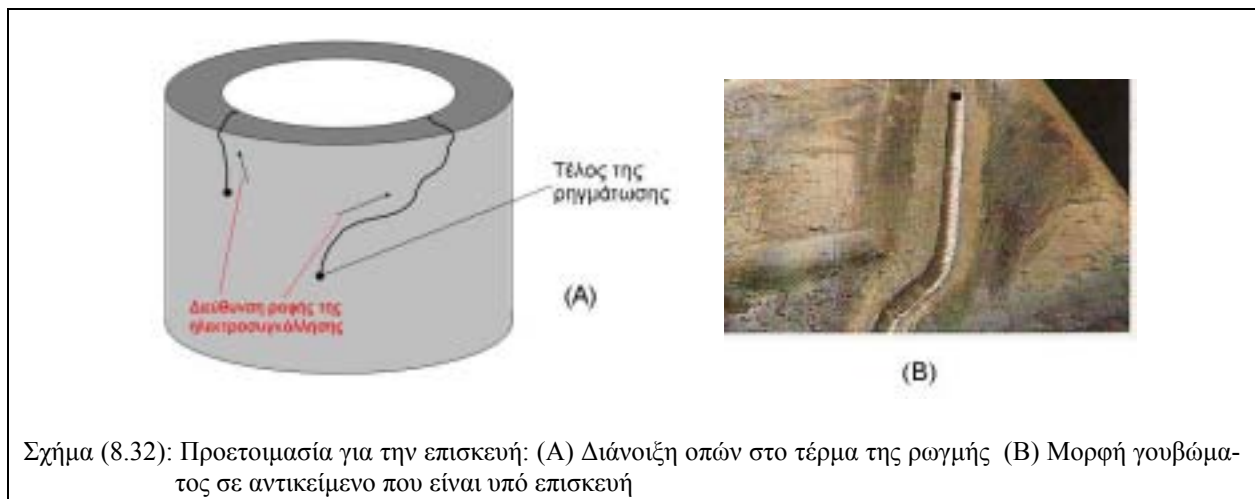
Ο χυτοσίδηρος στην ανάγκη μπορεί να συγκολληθεί και με βασικά ηλεκτρόδια, όπως το E4918, αλλά η συγκόλληση θα είναι πολύ σκληρή, εύθραυστη και μη κατεργάσιμη. Η συγκόλληση του χυτοσιδήρου είναι μία πολύ δύσκολη εργασία και το αποτέλεσμα της ποτέ δεν είναι σίγουρο. Τα κυριότερα προβλήματα είναι:

- Ο άνθρακας υπεισέρχεται στη δομή του σιδήρου και τον κάνει **εύθραυστο και μη κατεργάσιμο**. Συνήθως δημιουργείται λευκός χυτοσίδηρος με πολλές ρηγματώσεις.
- Υπάρχει **διαφορά στη θερμική συμπεριφορά τεμαχίου και συγκόλλησης** με αποτέλεσμα τη ρηγμάτωση (διαφορετικές διαστολές – συστολές).

Η τεχνική της εκτέλεσης καλών ηλεκτροσυγκολλήσεων χυτοσιδήρου **βασίζεται στην ιδιότητα του νικελίου (Ni) να μη σχηματίζει καρβίδια**. Έτσι, ο άνθρακας που υπεισέρχεται στη δομή του Ni, δεν έχει καμία σχεδόν επίπτωση στην αντοχή της ηλεκτροσυγκόλλησης.

Για να επισκευαστεί ένα τεμάχιο χυτοσιδήρου, πρέπει να εντοπιστεί **επακριβώς η θέση της ρωγμής ή των ρωγμών**. Για να είμαστε σίγουροι, καλύτερα είναι να χρησιμοποιήσουμε κάποιο διεισδυτικό υγρό. Όταν βρεθεί το τέλος της κάθε ρωγμής, **πρέπει να ανοιχτεί μία τρύπα**, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.32). Η τρύπα αυτή αρκεί να είναι διαμέτρου Φ5 mm και σκοπό έχει τη διακοπή της συνέχισης της ρηγμάτωσης. Αλλιώς η ρηγμάτωση ενδέχεται, ακόμη και μετά τη συγκόλληση, να συνεχίζεται στο υπόλοιπο τεμάχιο.

Μετά τον εντοπισμό της ρωγμής, πρέπει να επακολουθήσει η δημιουργία της φρέζας. Αυτή γίνεται με τροχό και καθαρίζεται προσεκτικά. Στα σημεία που δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο τροχός, η φρέζα μπορεί να δημιουργηθεί με ηλεκτρόδιο κοπής²¹. Για την αποφυγή υπερθέρμανσης, ανοίγουμε με το ηλεκτρόδιο κοπής **μικρού μήκους φρέζες** ή εργαζόμαστε με διακοπές.



Σχήμα (8.32): Προετοιμασία για την επισκευή: (Α) Διάνοιξη οπών στο τέρμα της ρωγμής (Β) Μορφή γουβώματος σε αντικείμενο που είναι υπό επισκευή

Διακρίνουμε δύο είδη συγκόλλησης του χυτοσιδήρου: την **ψυχρή** και τη **θερμή**. Η ψυχρή δεν έχει πολλές πιθανότητες επιτυχίας, αλλά η θερμή εφαρμόζεται δύσκολα και δεν μπορεί να εφαρμοστεί πάντοτε.

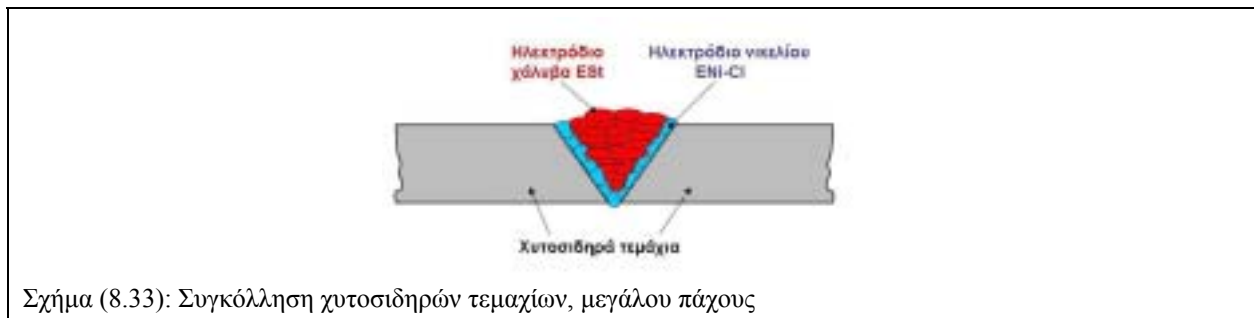
(α) Η ψυχρή συγκόλληση του χυτοσιδήρου

Η συγκόλληση γίνεται με κρύο το τεμάχιο. Χρειάζεται να έχουμε οπλιστεί με υπομονή και να είμαστε σίγουροι ότι η προσπάθεια αξίζει τον κόπο. Πρέπει να προσέχουμε τα εξής σημεία:

- Να χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια κατά το δυνατόν μικρής διαμέτρου.
- Το τόξο να είναι βραχύ και η ένταση του ρεύματος κατά το δυνατόν χαμηλή.
- Η συγκόλληση εκκινεί από το σημείο που ανοίχτηκε η οπή τερματισμού της ρηγμάτωσης (σχήμα 8.32).

²¹ Θα αναφερθούμε σε αυτά στο κεφάλαιο των τεχνικών κοπής μετάλλων.

- Σε μικρά πάχη είναι προτιμότερο το ηλεκτρόδιο **ENi-CI**, ενώ σε μεγάλα πάχη το **ENiFe-CI**. Αν απαιτείται ιδιαίτερα καλή δυνατότητα μηχανουργικής κατεργασίας, κατάλληλο είναι το ENiCu-B αλλά η συγκόλληση κινδυνεύει περισσότερο από ρηγματώσεις. **Ουδέποτε** χρησιμοποιείται το ηλεκτρόδιο **ECl** που εναποθέτει φαιό χυτοσίδηρο.
- Στα μεγάλα πάχη επενδύουμε τις πλευρές του τεμαχίου με ηλεκτρόδιο Ni και γεμίζουμε με ένα πιο φθινό ηλεκτρόδιο, όπως το E4918 ή το ESt. Η τεχνική αυτή φαίνεται στο σχήμα (8.33).
- Για χυτοσιδήρους που δε συγκολλούνται εύκολα, είναι προτιμότερο το ESt, αλλά αυτό δίνει επιφάνεια δύσκολα κατεργάσιμη.



Σχήμα (8.33): Συγκόλληση χυτοσιδηρών τεμαχίων, μεγάλου πάχους

- Να γίνεται πολύ καλός καθαρισμός γύρω από την περιοχή ηλεκτροσυγκόλλησης και απολίπανση.
- Για να αποφευχθεί η υπερθέρμανση, η ραφή πραγματοποιείται με μικρού μήκους κορδόνια (λίγα cm το καθένα) που απέχουν αρκετά μεταξύ τους. Πριν να συνεχίσουμε τη ραφή, περιμένουμε λίγα λεπτά για να κρυώσει. Αν η ραφή έχει μεγάλο μήκος, κολλάμε εν τω μεταξύ κάπου πιο μακριά.
- Για να συνεχίσουμε τη ραφή συγκόλλησης, ανάβουμε το τόξο πάνω στο μέταλλο της ραφής, ποτέ πάνω στο χυτοσίδηρο.

(β) Η θερμή συγκόλληση

Η θερμή ηλεκτροσυγκόλληση είναι ασφαλέστερη ως προς το αποτέλεσμά της. Το μέταλλο της ραφής είναι σχεδόν όμοιο με το μέταλλο βάσης και κατεργάζεται εύκολα. Με αυτήν μπορούν να επισκευαστούν και τυχόν ανωμαλίες του χυτού, όπως π.χ. κοιλώματα. Δε χρειάζεται να έχουμε ιδιαίτερη υπομονή, εργαζόμαστε με κανονικούς ρυθμούς. Πάντοτε γίνεται προθέρμανση του τεμαχίου. Ισχύουν τα εξής:

- Χρησιμοποιείται **μόνο** το ηλεκτρόδιο **ECl**, το οποίο εναποθέτει απευθείας φαιό χυτοσίδηρο.
- Η θερμοκρασία προθέρμανσης θα πρέπει να είναι της τάξεως των 700-800°C. Προσοχή στις οδηγίες του κατασκευαστή του ηλεκτροδίου, ιδίως σε ότι αφορά την προθέρμανση.
- Η εργασία, από τη στιγμή που θα ξεκινήσει, πρέπει να ολοκληρωθεί. Δεν επιτρέπεται η διακοπή της.
- Η θερμοκρασία πρέπει να είναι κατά το δυνατόν ομοιόμορφη και να διατηρείται σε όλη τη διάρκεια της συγκόλλησης.
- Η ψύξη πρέπει να γίνεται **με αργό ρυθμό** σε χώρο χωρίς ρεύματα αέρα. Στις δύσκολες περιπτώσεις, τα τεμάχια σκεπάζονται με ζεστή άμμο ή στάχτη, για να καθυστερήσει η ψύξη τους.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Η σωστή αναγνώριση της θέσης ηλεκτροσυγκόλλησης είναι απαραίτητη για την επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροδίου.
- Οι τυπικές θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης είναι οι: PA (επίπεδη), PB (γωνιακή επίπεδη), PC (οριζόντια), PD (γωνιακή ουρανού), PE (ουρανός), PF (κατακόρυφη ανεβατή), PG (κατακόρυφη κατεβατή).
- Τα ηλεκτρόδια υπάρχουν σε μήκη 300-450 mm και σε τυποποιημένες διαμέτρους (mm): 1,6 – 2 – 2,5 – 3,2 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8
- Ο καλός ηλεκτροσυγκολλητής γνωρίζει την τυποποίηση των ηλεκτροδίων και με βάση αυτήν επιλέγει το κατάλληλο ηλεκτρόδιο.
- Τυποποίηση είναι η οργάνωση με βάση τα πρότυπα. Στην Ελλάδα ισχύουν τα πρότυπα ISO, EN και ΕΛΟΤ. Μόνο όταν δεν υπάρχει πρότυπο ISO, EN, ΕΛΟΤ, επιτρέπεται η χρήση άλλου προτύπου, π.χ. AWS.
- Τα ηλεκτρόδια των ανθρακούχων και των ελαφρά κραματικών χαλύβων έχουν τυποποιηθεί με το πρότυπο ISO-2560:2002, με δύο τρόπους: Τον «Α» που είναι ο ευκολότερος και ακολουθεί τη μέθοδο της AWS και το «Β» που είναι όπως του προτύπου EN-499.
- Τα ηλεκτρόδια με επένδυση ρουτιλίου έχουν ομαλή λειτουργία, με επένδυση κυτταρίνης έχουν μεγάλη διεισδυτικότητα, ενώ τα βασικά χρησιμοποιούνται, όταν απαιτείται μεγάλη αντοχή.
- Για τις περισσότερες περιπτώσεις ηλεκτροσυγκολλήσεων ανθρακούχων χαλύβων, αρκούν τα ηλεκτρόδια 4311, 4313 και 4918.
- Το ηλεκτρόδιο E199L είναι το τυπικό ηλεκτρόδιο των ανοξειδωτων χαλύβων. Οι ανοξειδωτοι χάλυβες, στις συνήθεις εφαρμογές, καλύπτονται με τέσσερις (4) μόνο τύπους ηλεκτροδίων.
- Σχεδόν όλες οι περιπτώσεις ηλεκτροσυγκόλλησης αλουμινίου καλύπτονται με το ηλεκτρόδιο E4043.
- Ο χυτοσίδηρος καλύπτεται με δύο κυρίως ηλεκτρόδια, τα ENiFe-CI και ENi-CI, ενώ υπάρχουν τρεις ακόμη τύποι με λιγότερη χρήση.
- Για να επιτύχουμε καλή συγκόλληση, πρέπει να ακολουθούμε ορισμένους κανόνες, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι: χάλυβας με $\pi(P)$, $\pi(S) < 0,04\%$, σωστή επιλογή των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης και κατάλληλη προετοιμασία των άκρων.
- Όταν απαιτούνται συγκολλήσεις υψηλής αντοχής, χρησιμοποιούμε βασικά ηλεκτρόδια, τα οποία είναι όμως δυσκολότερα στη χρήση.
- Τα βασικά ηλεκτρόδια, μετά το άνοιγμα του κουτιού τους, πρέπει να διατηρούνται σε ειδικούς φούρνους.
- Η συγκόλληση του αλουμινίου δεν είναι δυσκολότερη από του χάλυβα. Απλά η τεχνική είναι πολύ διαφορετική.
- Η ηλεκτροσυγκόλληση του χυτοσιδήρου ακολουθεί ειδικές τεχνικές και διακρίνεται σε ψυχρή και θερμή.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Ποιες είναι οι τυπικές θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης και πώς συμβολίζονται;
2. Όταν το επίπεδο είναι κεκλιμένο ή το κατακόρυφο επίπεδο ξεφύγει από τις 90°, πώς επιλέγουμε το κατάλληλο ηλεκτρόδιο;
3. Ποιες είναι οι τυποποιημένες διαμέτροι των ηλεκτροδίων;
4. Τι σημαίνει ο όρος τυποποίηση και ποια είναι τα πρότυπα που ισχύουν στην Ελλάδα;
5. Πώς έχουν τυποποιηθεί οι ανθρακούχοι και οι ελαφρά κραματικοί χάλυβες;
6. Ποια είναι η σημασία των δύο πρώτων ψηφίων του συμβολισμού κατά ISO-2560-A; Ποιες τιμές επιτρέπονται;
7. Τι καταλαβαίνουμε αμέσως από το 3^ο ψηφίο του συμβολισμού κατά ISO-2560-A;
8. Κάντε πίνακα με τη σημασία του 4^{ου} ψηφίου του συμβολισμού κατά ISO-2560-A, όταν αυτό έχει τιμές: 0,1,2,3,4,5,6,8.
9. Περιγράψτε τη σημασία του συμβολισμού:
 10. ISO 2560-B-E5516-N7AUH5
11. Περιγράψτε τη σημασία του συμβολισμού²²:
 12. ISO 2560-A-E4921NiB32H10
13. Ονομάστε τους 4 τύπους ηλεκτροδίων ανοξειδωτων χάλυβων, που κυρίως χρησιμοποιούνται, και αναφέρατε τις χρήσεις τους.
14. Ποιο είναι το κυρίως χρησιμοποιούμενο ηλεκτρόδιο αλουμινίου και γιατί;
15. Ποια είναι τα δύο περισσότερο χρησιμοποιούμενα ηλεκτρόδια χυτοσιδήρου;
16. Αναφέρατε, πολύ συνοπτικά, τουλάχιστον 10 από τους κανόνες εκτέλεσης καλών ηλεκτροσυγκολλήσεων χάλυβα.
17. Πόσο είναι το κανονικό ύψος του τόξου στα ηλεκτρόδια ρουτιλίου και κυτταρίνης και πόσο στα βασικά ηλεκτρόδια;
18. Αναφέρατε, πολύ συνοπτικά, τουλάχιστον 4 από τις κυριότερες διαφορές που παρουσιάζει η τεχνική της συγκόλλησης με βασικά ηλεκτρόδια, σε σχέση με τα άλλα ηλεκτρόδια.
19. Πώς πρέπει να συντηρούνται τα βασικά ηλεκτρόδια και πώς τα απλά;
20. Περιγράψτε την τεχνική της συγκόλλησης αλουμινίου.
21. Περιγράψτε την τεχνική της ψυχρής συγκόλλησης χυτοσιδήρου.
22. Περιγράψτε την τεχνική της θερμής συγκόλλησης χυτοσιδήρου.

²² Μόνο αν έχει διδαχτεί το αντίστοιχο κεφάλαιο.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Πώς θα αντιληφθείτε ότι η ονομασία ενός ηλεκτροδίου είναι κατά AWS και πως θα τη μετατρέψετε κατά ISO-2560-B;
2. Σας δίνονται τα ηλεκτρόδια κατά AWS: E11018 και E9018. Ποια είναι τα αντίστοιχά τους κατά ISO-2560-B; Τι παρατηρείτε;
3. Σας ζητάνε να συγκολλήσετε με έναν τύπο ηλεκτροδίου του οποίου σας δίνουν την ονομασία κατά DIN. Τι θα τους πείτε;
4. Γιατί έχει σημασία, αν η επικαλυπτική σκουριά του λουτρού συγκόλλησης είναι παχιά ή λεπτή;
5. Έχετε να κάνετε συγκόλληση σε ένα σημείο οχήματος που δοκιμάζεται πολύ σε κρούσεις κατά την πορεία του πάνω στην άσφαλο. Από πλευράς αντοχής σας καλύπτει το E4313. Βρήκατε ότι έχετε ηλεκτρόδια E4918 και E4918U. Ποιο από τα δύο είναι καλύτερο να χρησιμοποιήσετε;
6. Σας δίνουν να συγκολλήσετε σκουριασμένες λαμαρίνες πάχους 6 mm και διαπιστώνεται ότι είναι πολύ δύσκολος ο τοπικός καθαρισμός τους. Ποιο ηλεκτρόδιο θα χρησιμοποιήσετε;
7. Περιγράψτε τις ιδιότητες που αναμένετε ότι θα έχει ένα ηλεκτρόδιο με πάστα από μείγμα ρουτιλίου-κυτταρίνης με σταθεροποιητή το κάλιο (υπόδειξη: δείτε και τον πίνακα 8-9).
8. Τι αντιλαμβάνεστε, όταν κάποιος σας λει ότι κολλάει με απλά ηλεκτρόδια;
9. Θέλετε να οργανώσετε την αποθήκη των υλικών σας και, για να μην τρέχετε κάθε φορά για ηλεκτρόδια, αποφασίσατε να επιλέξετε κάποια για να τα έχετε σε πρώτη ανάγκη. Ποιους τύπου ηλεκτροδίων θα διαλέγατε, ώστε να καλύψετε τις ηλεκτροσυγκολλήσεις ανθρακούχων χαλύβων, ανοξείδωτων χαλύβων, αλουμινίου και χυτοσιδήρου, έτσι ώστε να είσαστε καλυμμένος, έχοντας τον ελάχιστο δυνατό αριθμό διαφορετικών τύπων;
10. Τι αντιλαμβάνεστε από το δεύτερο μέρος του συμβολισμού του ηλεκτροδίου E5718-N13P;
11. Ποιο σύστημα τυποποίησης σας διευκολύνει καλύτερα; Ποιο πρέπει να χρησιμοποιείτε; Να αιτιολογηθούν οι απαντήσεις.
12. Τα 4 ηλεκτρόδια των ανοξείδωτων χαλύβων, κατά σειρά κόστους αγοράς από το φθηνότερο στο ακριβότερο, έχουν ως εξής: E199L, E2312L, E19123L, E199Nb. Ποιο πιστεύετε ότι είναι το περισσότερο χρήσιμο από αυτά; Ποιο θα αποφασίζατε να βάλετε στην αποθήκη σας, λαμβάνοντας υπ' όψη και το κόστος αγοράς τους;
13. Πήρατε από την αποθήκη σας ένα κουτί ηλεκτρόδια E4918 και διαπιστώσατε ότι από κακό χειρισμό ήταν σπασμένη σε κάποιο σημείο η συσκευασία τους. Τι πρέπει να κάνετε;
14. Σας ζήτησαν να επισκευάσετε μία ρωγμή σε εξάρτημα χυτοσιδήρου, το οποίο μετά θα πάει για κατεργασία στον τόρνο. Ποια ηλεκτρόδια μπορείτε να χρησιμοποιήσετε;

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εισαγωγικές πληροφορίες

Η καλή γνώση της τυποποίησης των ηλεκτροδίων είναι προϋπόθεση, για να γίνεται η επιλογή του κατάλληλου ηλεκτροδίου. Όμως η τυποποίηση είναι κάτι που συνεχώς βελτιώνεται. Επίσης, το βιβλίο αυτό δεν επεκτείνεται στην τυποποίηση όλων των ειδών των ηλεκτροδίων. Αυτό είναι το κύριο αντικείμενο των ομαδικών δραστηριοτήτων που ακολουθούν. Δηλαδή οι μαθητές θα ψάξουν να βρουν τι ισχύει για την τυποποίηση των ηλεκτροδίων κατά το χρόνο της διδασκαλίας του βιβλίου²³. Η κάθε ομάδα θα συντάξει τεχνική έκθεση. Οι τεχνικές εκθέσεις θα είναι μέσα σε δύο το πολύ σελίδες. Ως υπόδειγμα για τον τρόπο ανάπτυξης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η παράγραφος 8-13 που αναπτύσσει, με λίγα λόγια, το ISO-2560-A.

Εργασία 1

Έλεγχος της ισχύος του προτύπου ISO-2560, διερεύνηση για τυχόν αλλαγές

Υπόδειξη: επικοινωνήστε με τη βιβλιοθήκη του ΕΛΟΤ. Η έκδοση που χρησιμοποιήθηκε είναι του 2002. Αν υπάρχει νεότερη έκδοση, εξετάστε αν υπάρχουν αλλαγές στην ονομασία των ηλεκτροδίων (η αλλαγή του προτύπου δε σημαίνει αλλαγή και στην ονομασία των ηλεκτροδίων).

Εργασία 2

Ηλεκτρόδια ανοξειδωτων χαλύβων

Η καλή συγκόλληση των ανοξειδωτων χαλύβων εξαρτάται από τη σωστή επιλογή του ηλεκτροδίου. Υπάρχουν πολλά είδη ανοξειδωτων χαλύβων και όχι μόνο οι χρωμιονικελιούχοι. Το πρότυπα που ισχύουν είναι τα ISO-3581 (έκδοση 2003), το EN-1600 και το ΕΛΟΤ-1600.

Εργασία 3

Ηλεκτρόδια για χάλυβες υψηλής αντοχής και χάλυβες αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες

Τα πρότυπα για χάλυβες υψηλής αντοχής είναι τα EN-757 και ΕΛΟΤ-757, ενώ για τους χάλυβες αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες τα EN-1599 και ΕΛΟΤ-1599.

Εργασία 4

Έρευνα της αγοράς

Συγκέντρωση καταλόγων ηλεκτροδίων από προμηθευτές ηλεκτροδίων (τουλάχιστον 3 κατάλογοι). Διαπίστωση των τύπων ηλεκτροδίων που αναφέρονται στους καταλόγους (τα οποία προφανώς έχουν και τη μεγαλύτερη κίνηση). Εντοπισμός ηλεκτροδίων που δεν ακολουθούν καμία τυποποίηση, όπως π.χ. είναι τα ηλεκτρόδια κοπής και γουβώματος (κατά το χρόνο συγγραφής του βιβλίου δεν υπήρχε κανένα απολύτως πρότυπο που να αναφέρεται σ' αυτά).

Εργασία 5

Συσκευές κοπής με πλάσμα

Τα ηλεκτρόδια των συσκευών κοπής πλάσματος δεν ακολουθούν ακόμη καμία τυποποίηση. Να γίνει έρευνα αγοράς γι' τις συσκευές αυτές και τα αναλώσιμα μέρη τους.

²³ Το κόστος των προτύπων είναι πολύ μικρό και γι' αυτό είναι σκόπιμο να προμηθευτεί το εργαστήριο μία πλήρη σειρά προτύπων και να την ανανεώνει. Πρέπει να υπάρχει τουλάχιστον το ISO-2560, ενώ, κατά τα λοιπά, να προμηθευθούν τα πρότυπα του ΕΛΟΤ, επειδή είναι στα Ελληνικά. Πλήρης κατάλογος των προτύπων, που έχουν σχέση με τις συγκολλήσεις, υπάρχει στη βιβλιογραφία. Τονίζεται ότι η φωτοτύπηση προτύπων απαγορεύεται.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ΑΣΚΗΣΗ 8-1

Κοπή και γούβωμα με ηλεκτρόδιο άνθρακα

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει:

- Να μπορούν να χρησιμοποιούν το ηλεκτρόδιο άνθρακα.
- Να γνωρίζουν τη σημασία της χρήσης του σωστού ρεύματος (DC-, DC+, AC).

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Για την άσκηση αυτή απαιτείται μία μεγάλη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης, ικανή να κόψει μέταλλα με ηλεκτρόδιο άνθρακα. Κοιτάμε πρώτα την πινακίδα της μηχανής. Αν δεν αναφέρεται το ρεύμα για **συντελεστή χρησιμοποίησης** (duty cycle) 100%, υπολογίζουμε το γινόμενο του συντελεστή χρησιμοποίησης με το μέγιστο ρεύμα ηλεκτροσυγκόλλησης. Πρέπει να είναι τουλάχιστον 160 A. Επίσης, το ηλεκτρόδιο του άνθρακα **χρησιμοποιείται μόνο με ρεύμα DC-**.

Η άσκηση κοπής με ηλεκτρόδιο του άνθρακα είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί συγχρόνως με την επόμενη, αφ' ενός επειδή έχουν αλληλοκάλυψη (και στις δύο προβλέπεται συγκόλληση με λάθος ρεύμα) και αφ' ετέρου για να υπάρχουν αρκετές θέσεις εργασίας για τους μαθητές.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA, ικανότητας τουλάχιστον 160 A για συντελεστή χρησιμοποίησης 100%
- Τσιμπίδα MMA για ηλεκτρόδιο άνθρακα (με ακροφύσια παροχής αέρα)
- Αεροσυμπιεστής που να παρέχει αέρα πίεσης τουλάχιστον 6 bar.
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Τρία ηλεκτρόδια άνθρακα διαμέτρου 4 mm
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 5 mm, 25 x 25 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Οι μαθητές θα λάβουν όλα τα μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας που έλαβαν στην άσκηση (6-3).
Προσοχή: όχι ζελέ στα μαλλιά ή άδετα μαλλιά.
- Πρέπει να υπάρχει καλός εξαερισμός στην αίθουσα ή σύστημα απαγωγής αναθυμιάσεων.
- Δεδομένου ότι δεν είναι ακόμη οι μαθητές εξοικειωμένοι με τις αναθυμιάσεις, θα γίνονται διαλείμματα. Προς τούτο, σε κάθε θέση εργασίας θα εναλλάσσονται δύο μαθητές.

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-1).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-1
Είδος εργασίας: Κοπή-γούβωμα με ηλεκτρόδιο άνθρακα		Ένταση ρεύματος:100-150 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. Το γυαλί να έχει βαθμό προστασίας 14.
2	<ul style="list-style-type: none"> Προετοιμασία 	<ul style="list-style-type: none"> Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματοβουρτσα ή τροχό την επιφάνεια. Τοποθετούμε το τεμάχιο οριζόντια, έτσι ώστε ο χώρος κάτω από την περιοχή κοπής να είναι κενός. Συνδέουμε το σώμα γείωσης στο τεμάχιο. Τροχίζουμε δύο ηλεκτρόδια άνθρακα, έτσι ώστε να γίνουν μυτερά. Το ύψος του κώνου να είναι 8-12 mm.
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση της κοπής με ρεύμα DC- (ο αρνητικός πόλος στην τσιμπίδα) 	<ul style="list-style-type: none"> Ανοίγουμε τη μηχανή και τον αεροσυμπιεστή. Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 140 A, DC-. Τοποθετούμε το πρώτο ηλεκτρόδιο, έτσι ώστε, το μυτερό άκρο του να απέχει περίπου 12 cm από τη τσιμπίδα. Η κοπή θα γίνει, κόβοντας όσο πιο άκρη μπορούμε (οικονομία στη λαμαρίνα). Εκκινούμε το τόξο και το κρατάμε για λίγο. Ρυθμίζουμε το ύψος του τόξου ανάλογα με το αποτέλεσμα της κοπής. Αν χρειάζεται, σταματάμε και διορθώνουμε την ένταση του ρεύματος κατά ± 10 A.
4	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση της κοπής με ρεύμα DC+ (ο θετικός πόλος στην τσιμπίδα) 	<ul style="list-style-type: none"> Τοποθετούμε το δεύτερο ηλεκτρόδιο Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 140 A, DC+. Επαναλαμβάνουμε όλα τα παραπάνω βήματα. Παρατηρούμε τη δυσκολία σταθεροποίησης του τόξου. Μόλις ολοκληρωθεί η κοπή και αφήσουμε το τεμάχιο να κρυώσει, ελέγχουμε την επιφάνεια. Διαπιστώνουμε ότι υπάρχει μαύρο ανθρακούχο κατάλοιπο κατά μήκος της κοπής. Ελέγχουμε το ηλεκτρόδιο και το συγκρίνουμε με το ηλεκτρόδιο που έγινε η κοπή με DC-. Βλέπουμε ότι το ηλεκτρόδιο με DC- είχε μικρή ομοιόμορφη φθορά και παρέμεινε αιχμηρό, ενώ με το DC+ είχε μεγάλη φθορά και δε διατήρησε τη μορφή του.
5	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση της κοπής με ρεύμα AC 	<ul style="list-style-type: none"> Τοποθετούμε το τρίτο ηλεκτρόδιο. Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 140 A, AC. Επαναλαμβάνουμε όλα τα βήματα που έγιναν στο 4. Τι συμπεράσματα προκύπτουν αυτή τη φορά;
6	<ul style="list-style-type: none"> Γούβωμα λαμαρίνας 	<ul style="list-style-type: none"> Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 120 A, DC-. Τοποθετούμε το πρώτο ηλεκτρόδιο. Εκκινούμε το τόξο και το κρατάμε για λίγο. Τοποθετούμε λοξά το ηλεκτρόδιο και ρυθμίζουμε το ύψος του τόξου ανάλογα με το αποτέλεσμα του γουβώματος (να μη γίνεται κοπή). Εκτελούμε το γούβωμα. Αν χρειάζεται, σταματάμε και διορθώνουμε την ένταση του ρεύματος κατά ± 20 A.
7	<ul style="list-style-type: none"> Τέλος της άσκησης 	<ul style="list-style-type: none"> Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.

ΑΣΚΗΣΗ 8-2

Η χρήση των ηλεκτροδίων κυτταρίνης

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν:

- Τη χρήση των ηλεκτροδίων κυτταρίνης και να εκτελούν συγκολλήσεις με αυτά.
- Ποία είναι η σημασία της χρήσης του σωστού ρεύματος (DC-, DC+, AC).

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Στο κεφάλαιο 7 έγιναν ασκήσεις με ηλεκτρόδια ρουτιλίου του τύπου E4313 (κατά AWS: E6013) που παρουσιάζουν πολύ μαλακό τόξο. Στην άσκηση αυτή θα γίνει εξάσκηση με ηλεκτρόδια κυτταρίνης και μάλιστα με τον τύπο E4310 που είναι περισσότερο δύσκολα ηλεκτρόδια στη χρήση τους. Το ηλεκτρόδιο αυτό πραγματοποιεί τη βαθύτερη διείσδυση από κάθε άλλο ηλεκτρόδιο και κολλάει ακόμη και σκουριασμένες επιφάνειες. Μία όμως ιδιαιτερότητα του ηλεκτροδίου **E4310** είναι ότι **μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο με ρεύμα DC+**, πράγμα που το καθιστά ιδανικό, για να αντιληφθούν οι μαθητές τις επιπτώσεις από λάθος επιλογή ηλεκτρικού ρεύματος.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA, ικανότητας τουλάχιστον 140 A
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια τους
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4310 κατά ISO-2560-B, διαμέτρου 3,2 mm, μήκους 350 mm (κατά AWS είναι το E6010)
- Δύο σκουριασμένα τεμάχια λαμαρίνας πάχους 5 mm, 10 x 20 cm (για κάθε μαθητή)
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Τα ίδια με την άσκηση (8-1)

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-2).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-2
Είδος εργασίας: Συγκόλληση με ηλεκτρόδιο 4310 (κυτταρίνης)		Ένταση ρεύματος: 90-110 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. Το γυαλί να έχει βαθμό προστασίας 11.
2	<ul style="list-style-type: none"> Προετοιμασία 	<ul style="list-style-type: none"> Καμία (αφήνουμε τα τεμάχια όπως είναι με τη σκουριά).
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση της συγκόλλησης με ρεύμα DC+ (ο θετικός πόλος στην τσιμπίδα) 	<ul style="list-style-type: none"> Ανοίγουμε τη μηχανή. Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 100 A, DC+. Λαμβάνουμε το ένα τεμάχιο λαμαρίνας. Ρυθμίζουμε το ύψος του τόξου περίπου όση και η διάμετρος του ηλεκτροδίου και την ταχύτητα κοπής τόση, ώστε να έχουμε καλές ραφές (να ξεκολλάει άνετα η σκουριά). Εκτελούμε στην επιφάνεια της λαμαρίνας αρκετές ευθείες ραφές μέχρι να εξασκηθούμε στη χρήση του ηλεκτροδίου. Αν χρειαστεί, χρησιμοποιούμε και την πίσω μεριά. Προσέχετε το χαρακτηριστικό ομαλό ήχο, που κάνει το ηλεκτρόδιο, για να τον συγκρίνετε με τον ήχο που θα κάνει μετά, όταν θα εφαρμοστεί λάθος πολικότητα. Αν χρειάζεται, σταματάμε και διορθώνουμε την ένταση του ρεύματος κατά ± 10 A.
4	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση της συγκόλλησης με ρεύμα DC- (ο αρνητικός πόλος στην τσιμπίδα) 	<ul style="list-style-type: none"> Λαμβάνουμε το δεύτερο τεμάχιο λαμαρίνας. Επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω βήματα, προσέχοντας τον ανώμαλο θόρυβο και τη δυσκολία σταθεροποίησης του τόξου. Εκτελούμε δύο-τρεις ραφές σε μία προσπάθεια να σταθεροποιήσουμε την κατάσταση. Συγκρίνουμε τις δύο λαμαρίνες και βγάζουμε τα συμπεράσματά μας σχετικά με την ποιότητα της συγκόλλησης.
5	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση της συγκόλλησης με ρεύμα AC 	<ul style="list-style-type: none"> Χρησιμοποιώντας το δεύτερο τεμάχιο λαμαρίνας, επαναλάβετε όλα τα βήματα που έγιναν στο 4. Τι παρατηρείτε;
6	<ul style="list-style-type: none"> Επαναλαμβάνουμε μερικές φορές με DC-, DC+ και AC 	<ul style="list-style-type: none"> Γυρίζουμε στην πίσω μεριά το δεύτερο τεμάχιο λαμαρίνας. Εκτελούμε ραφές, διαδοχικά με DC+, DC-, AC (η μία δίπλα στην άλλη) και συγκρίνουμε τις ραφές, τον ήχο και το τόξο. Επαναλαμβάνουμε όσες φορές χρειάζεται, για να καταλάβουμε καλά τις διαφορές.
7	<ul style="list-style-type: none"> Συγκόλληση λαμαρινών 	<ul style="list-style-type: none"> Τοποθετούμε τα δύο κομμάτια-πλάι πλάι σε απόσταση 2,5-3 mm. Τα φέρνουμε όσο μπορούμε καλύτερα στη θέση αυτή, επειδή έχουν ίσως πετσικάρει και τα ποντάρουμε. Έχουμε τώρα κοντά δύο σκουριασμένα και, πιθανόν, πετσικαρισμένα τεμάχια λαμαρίνας, πάχους 5 mm, χωρίς προετοιμασία άκρων. Ιδανική εφαρμογή για ένα ηλεκτρόδιο βαθιάς διείδυσης. Εκτελούμε τη συγκόλληση. Ελέγχουμε τη διείδυση στην πίσω πλευρά (στη ρίζα).
8	<ul style="list-style-type: none"> Ποιοτικός έλεγχος 	<ul style="list-style-type: none"> Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε.
9	<ul style="list-style-type: none"> Τέλος της άσκησης 	<ul style="list-style-type: none"> Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.

ΑΣΚΗΣΗ 8-3

Συγκόλληση με προετοιμασία των άκρων και εξάσκηση με το ηλεκτρόδιο 4311

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Στην άσκηση αυτή οι μαθητές θα κάνουν την πρώτη τους μικρή σιδηροκατασκευή που θα τη χρησιμοποιήσουν, στη συνέχεια, στο κυρίως μέρος της άσκησης.
- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης, οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν να εκτελούν συγκολλήσεις στις οποίες απαιτούνται πολλά κορδόνια και να χρησιμοποιούν σωστά το ηλεκτρόδιο 4311.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Αν και στην τεχνολογία των αυτοκινήτων, οι μεγάλου πάχους συγκολλήσεις είναι σπάνιες, οι μαθητές πρέπει να γνωρίζουν πώς να τις εκτελούν. Η άσκηση μπορεί να εκτελεστεί με λαμαρίνες πάχους 20 mm που θα προετοιμαστούν όπως στο σχήμα (8.34), με τη χρήση οξυγονοκοπής, ή με την εναλλακτική λύση που γίνεται προσομοίωση με γωνίες 30 x 30 mm.

Η ανάπτυξη της άσκησης έχει γίνει με την προσομοίωση της προετοιμασίας των άκρων. Θα χρησιμοποιηθούν δύο τεμάχια γωνίας μορφοσιδήρου 30 x 30 mm, μήκους 30 cm και δύο μικρότερα μήκους 10 cm για τη βάση στήριξης. Η κατασκευή θα είναι όπως στο σχήμα (8.34).

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA, ικανότητας 140 A
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4311 κατά ISO-2560-B, διαμέτρου Φ2,5, Φ3,2 και Φ4 (κατά AWS είναι το E6011)
- Ένα τεμάχιο προφίλ μορφοσιδήρου 30 x 30 mm, μήκους 80 cm περίπου (ανά μαθητή)
- Τροχός
- Πριόνι κοπής μετάλλων μηχανουργείου
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Τα ίδια με την άσκηση (8-1)

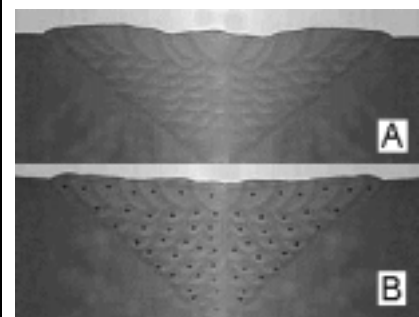
Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-3).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-3
Είδος συγκόλλησης: MMA με ηλεκτρόδια 4311		Ένταση ρεύματος: 60-140 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. Το γυαλί να έχει βαθμό προστασίας 11.
2	<ul style="list-style-type: none"> Προετοιμασία 	<ul style="list-style-type: none"> Κόβουμε με οξυγόνο τη γωνία σε μήκη 30, 30, 10 και 10 cm. Τροχίζουμε τα τεμάχια των 30 cm, από τη μία πλευρά για το σχηματισμό του σημείου της ρίζας, όπως στο σχήμα (8.34). Τοποθετούμε τα τεμάχια και τα συνδέουμε με πονταρίσματα. Συνδέουμε το σώμα γείωσης στο ως άνω διαμορφωθέν τεμάχιο.
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση της συγκόλλησης της ρίζας 	<ul style="list-style-type: none"> Ανοίγουμε τη μηχανή, ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 70 A, DC-. Βάζουμε στην τσιμπίδα ηλεκτρόδιο 2,5 mm. Συγκολλούμε μερικά cm της ρίζας με γρήγορες κινήσεις μπρος-πίσω. Η σωστή συγκόλληση της ρίζας έχει μεγάλη σημασία. Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. Ελέγχουμε μήπως χρειάζεται αλλαγή στην ένταση του ρεύματος και γενικότερα αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές. Αν χρειάζεται διορθώνουμε την ένταση του ρεύματος κατά ± 10 A. Συνεχίζουμε με αυτόν τον τρόπο μέχρι να τελειώσουμε τη ρίζα.
4	<ul style="list-style-type: none"> Συνέχιση της συγκόλλησης 	<ul style="list-style-type: none"> Βάζουμε στην τσιμπίδα ηλεκτρόδιο 3,2 mm. Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 90 A, DC-. Συνεχίζουμε να κολλάμε, δημιουργώντας ραφές εναλλάξ, αριστερά, δεξιά και στο κέντρο, μέχρι να φθάσουμε μερικά χιλιοστά πιο κάτω από την τελική επιφάνεια. Να γίνεται καλός καθαρισμός και απομάκρυνση της σκουριάς.
5	<ul style="list-style-type: none"> Αποπεράτωση της συγκόλλησης 	<ul style="list-style-type: none"> Βάζουμε στην τσιμπίδα ηλεκτρόδιο 4 mm. Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 120 A, DC-. Συνεχίζουμε να κολλάμε, με τον ίδιο τρόπο, μέχρι να φθάσουμε στην τελική επιφάνεια.
6	<ul style="list-style-type: none"> Ποιοτικός έλεγχος 	<ul style="list-style-type: none"> Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει μόνο ο οπτικός έλεγχος. Κόβουμε το τεμάχιο με το μηχανικό πριόνι, καθαρίζουμε καλά την τομή και ελέγχουμε την επιφάνεια που έχει σχηματιστεί. Η μορφή της επιφανείας πρέπει να είναι όπως στο σχήμα (8-35^A).
7	<ul style="list-style-type: none"> Τέλος της άσκησης 	<ul style="list-style-type: none"> Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.



Σχήμα 8.34: Η προετοιμασία και η εκτέλεση της άσκησης – Η προσομοίωση των προς συγκόλληση τεμαχίων με σιδηρογωνίες



Σχήμα 8.35: Η μορφή της τομής: (A) Η σωστή μορφή μιας τομής (B) Τομή κακής συγκόλλησης

ΑΣΚΗΣΗ 8-4

Εκτέλεση συγκόλλησης με βασικά ηλεκτρόδια

Επιδιωκόμενος στόχος

- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να είναι σε θέση να εκτελεί συγκόλληση με βασικά ηλεκτρόδια.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Η ηλεκτροσυγκόλληση με βασικά ηλεκτρόδια παρουσιάζει αρκετές διαφορές από αυτή που γνωρίσαμε με ηλεκτρόδια ρουτιλίου και κυτταρίνης. Μία από τις δυσκολίες είναι η ανάγκη διατήρησης μικρού ύψους τόξου, στο μισό περίπου από τη διάμετρο του ηλεκτροδίου. Το ηλεκτρόδιο είναι σε κάθετη σχεδόν θέση και η ταχύτητα στα 2/3 περίπου αυτής που είχαμε συνηθίσει. Τα ηλεκτρόδια διατηρούνται σε φούρνο στους 110°C. Αν έχουν παρέλθει περισσότερες από 4 ώρες από το άνοιγμα του κουτιού των ηλεκτροδίων, απαιτείται ξήρανση. Χρήσιμο είναι να διαβάσετε ξανά τις οδηγίες της παραγράφου (8-19).

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4918 κατά ISO-2560-B, διαμέτρων 2,5 και 3,2 mm (κατά AWS είναι το E7018)
- Φούρνος διατήρησης ηλεκτροδίων (αρκεί ένας μικρός φορητός)
- Τρία τεμάχια λαμαρίνας πάχους 5 mm, τα δύο 5 x 20 cm και το ένα 20 x 20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-4).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (8-1).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-4
Είδος συγκόλλησης: MMA με βασικά ηλεκτρόδια		Ένταση ρεύματος: 60-110 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. Να υπάρχουν γυαλιά με βαθμό προστασίας 10 και 11.
2	<ul style="list-style-type: none"> Προετοιμασία 	<ul style="list-style-type: none"> Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματόβουρτσα ή τροχό την επιφάνεια της λαμαρίνας 20 x 20. Ομοίως γύρω από την προς συγκόλληση επιφάνεια των τεμαχίων 5 x 20 cm (θα συγκολληθούν μεταξύ τους). Ανοίγουμε τις συσκευασίες των ηλεκτροδίων και τα τοποθετούμε στο φούρνο διατήρησης, στους 110°C.
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 20x20 cm με ηλεκτρόδιο 2,5 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Ανοίγουμε τη μηχανή. Επιλέγουμε τη μάσκα με ΒΠ 10. Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 70 A, DC-. Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο 2,5 mm. Συνδέουμε το τεμάχιο 20x20 στη γείωση. Εκτελούμε δοκιμαστική ραφή μήκους 10-15 cm. Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. Ελέγχουμε αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές. Αλλάζουμε παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης και δοκιμάζουμε να εκτελέσουμε άλλη ραφή. Συνεχίζουμε, εκτελώντας δοκιμαστικές ραφές, μέχρι να καλυφθούν τα 2/3 της επιφάνειας της λαμαρίνας. Στο υπόλοιπο τμήμα της λαμαρίνας εκτελούμε κανονικές ραφές, με τις πλέον κατάλληλες παραμέτρους.
4	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 20x20 cm με ηλεκτρόδιο 3,2 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Επιλέγουμε τη μάσκα με ΒΠ 11. Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 100 A, DC-. Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο 3,2 mm. Γυρνάμε τη λαμαρίνα ανάποδα και επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία.
5	<ul style="list-style-type: none"> Συγκόλληση των δύο τεμαχίων διαστάσεων 5x20 cm 	<ul style="list-style-type: none"> Ποντάρουμε τα τεμάχια σε απόσταση 3 mm μεταξύ τους. Με ηλεκτρόδιο 3,2 mm εκτελούμε το 1/3 της ραφής. Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. Ελέγχουμε αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές και διορθώνουμε, αν χρειάζεται, την ένταση του ρεύματος. Συνεχίζουμε μέχρι να φθάσουμε στα 2/3 της ραφής, οπότε εκτελούμε εκ νέου καθαρισμό και διορθώσεις. Ολοκληρώνουμε τη ραφή. Κολλάμε με τον ίδιο τρόπο και την πίσω πλευρά.
6	<ul style="list-style-type: none"> Ποιοτικός έλεγχος 	<ul style="list-style-type: none"> Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει ο οπτικός έλεγχος και ο έλεγχος με ηλεκτρομαγνήτη.
7	<ul style="list-style-type: none"> Τέλος της άσκησης 	<ul style="list-style-type: none"> Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.
8	<ul style="list-style-type: none"> Σε επόμενο μάθημα, μετά από 48 ώρες τουλάχιστον 	<ul style="list-style-type: none"> Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διεσδυτικό υγρό στη ραφή και από τις δύο πλευρές. Λίγο πριν από το τέλος του μαθήματος, ή πριν από το διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό και εξετάζουμε για ρωγμές.

ΑΣΚΗΣΗ 8-5

Εκτέλεση συγκόλλησης με ανοξείδωτα ηλεκτρόδια

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν:

- Να εκτελούν συγκόλληση με ανοξείδωτα ηλεκτρόδια.
- Να έχουν αντιληφθεί τις επιπτώσεις από τη χρήση εσφαλμένης φοράς του ηλεκτρικού ρεύματος στα ανοξείδωτα ηλεκτρόδια.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Η ηλεκτροσυγκόλληση ανοξείδωτων χαλύβων προϋποθέτει τη σωστή επιλογή του ηλεκτροδίου. Στο βιβλίο αυτό καλύψαμε μόνο το θέμα των ωστενιτικών ανοξείδωτων χαλύβων που είναι και οι πλέον συνηθισμένοι (χρωμιονικελιούχοι της σειράς 18/8). Επίσης, έχει προβλεφθεί και η ομαδική δραστηριότητα 2, στην οποία θα εξεταστεί η ηλεκτροσυγκόλληση όλων των ειδών των ανοξείδωτων χαλύβων. Κατά τα λοιπά η ηλεκτροσυγκόλληση με ανοξείδωτα ηλεκτρόδια με επένδυση ρουτιλίου ή βασική, δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες διαφορές ως προς την τεχνική της, σε σχέση με αυτή που γνωρίσαμε με τα ηλεκτρόδια των ανθρακούχων χαλύβων με αντίστοιχες επενδύσεις. Η βασικότερη διαφορά που υπάρχει είναι ότι το ρεύμα που απαιτείται είναι DC+ και ουδέποτε το DC-. Στα ανοξείδωτα ηλεκτρόδια ρουτιλίου είναι δυνατή η χρήση και του AC (όχι όμως και στα βασικά). Παρ' όλη την ομοιότητα με την ηλεκτροσυγκόλληση των ανθρακούχων χαλύβων, η συγκόλληση με ανοξείδωτα ηλεκτρόδια είναι μία εμπειρία που είναι απαραίτητο να την έχουν οι μαθητές. Στην άσκηση αυτή θα γίνει χρήση μόνο ηλεκτροδίων ρουτιλίου.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E199LR (ρουτιλίου) κατά EN-1600, σε διαμέτρους 2,5 και 3,2 mm (το αντίστοιχο κατά AWS είναι το E308L-16)
- Τρία ανοξείδωτα τεμάχια λαμαρίνας πάχους 5 mm, από χρωμιονικελιούχο χάλυβα με χαμηλή περιεκτικότητα άνθρακα, π.χ. X10CrNi188 ή X8CrNi199, τα δύο διαστάσεων 5x20 cm και ένα 10x20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Ανοξείδωτη συρματοβουρτσα, μαλακή
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (8-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-5).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-5
Είδος συγκόλλησης: MMA με ανοξειδωτα ηλεκτρόδια		Ένταση ρεύματος: 60-100 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. Οι μάσκες να έχουν βαθμό προστασίας (BΠ) 10 και 11.
2	<ul style="list-style-type: none"> Προετοιμασία 	<ul style="list-style-type: none"> Καθαρίζουμε καλά με την ανοξειδωτη συρματόβουρτσα την επιφάνεια της λαμαρίνας 10 x 20. Ομοίως γύρω από την προς συγκόλληση επιφάνεια των τεμαχίων 5 x 20 cm (θα συγκολληθούν μεταξύ τους).
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 10x20 cm με ηλεκτρόδιο 2,5 mm Διαπίστωση των προβλημάτων αν χρησιμοποιηθεί λάθος ρεύμα. 	<ul style="list-style-type: none"> Ανοίγουμε τη μηχανή. Επιλέγουμε τη μάσκα με BΠ 10. Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 65 A, DC+. Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο 2,5 mm. Συνδέουμε το τεμάχιο 10x20 στη γείωση. Εκτελούμε δοκιμαστική ραφή μήκους 10-15 cm. Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. Ελέγχουμε αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές. Αλλάζουμε παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης και δοκιμάζουμε να εκτελέσουμε άλλη ραφή. Συνεχίζουμε, εκτελώντας δοκιμαστικές ραφές μέχρι να καλυφθεί το 1/2 της επιφάνειας της λαμαρίνας. Δοκιμάζουμε να εκτελέσουμε ραφή με ρεύμα DC-. Δοκιμάζουμε να εκτελέσουμε ραφή με ρεύμα AC. Στο υπόλοιπο τμήμα της λαμαρίνας εκτελούμε κανονικές ραφές με DC+, με τις πλέον κατάλληλες παραμέτρους.
4	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 10x20 cm με ηλεκτρόδιο 3,2 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Επιλέγουμε τη μάσκα με BΠ 11. Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 90 A, DC+. Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο 3,2 mm. Γυρνάμε τη λαμαρίνα ανάποδα και επαναλαμβάνουμε την υπόλοιπη διαδικασία, όπως παραπάνω.
5	<ul style="list-style-type: none"> Συγκόλληση των δύο τεμαχίων διαστάσεων 5x20 cm 	<ul style="list-style-type: none"> Ποντάρουμε τα τεμάχια σε απόσταση 3 mm μεταξύ τους. Με ηλεκτρόδιο 3,2 mm εκτελούμε το 1/3 της ραφής. Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. Ελέγχουμε αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές και διορθώνουμε, αν χρειάζεται, την ένταση του ρεύματος. Συνεχίζουμε μέχρι να φθάσουμε στα 2/3 της ραφής, οπότε εκτελούμε εκ νέου καθαρισμό και διορθώσεις. Ολοκληρώνουμε τη ραφή. Κολλάμε με τον ίδιο τρόπο και την πίσω πλευρά.
6	<ul style="list-style-type: none"> Ποιοτικός έλεγχος 	<ul style="list-style-type: none"> Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει μόνο ο οπτικός έλεγχος (εξηγήστε το λόγο που δε γίνεται ο μαγνητικός)
7	<ul style="list-style-type: none"> Τέλος της άσκησης 	<ul style="list-style-type: none"> Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.
8	<ul style="list-style-type: none"> Σε επόμενο μάθημα, μετά από 48 ώρες τουλάχιστον 	<ul style="list-style-type: none"> Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διεσδυτικό υγρό στη ραφή και από τις δύο πλευρές. Λίγο πριν από το τέλος του μαθήματος, ή πριν από το διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό και ελέγχουμε για ρωγμές .

ΑΣΚΗΣΗ 8-6

Εκτέλεση συγκόλλησης με ηλεκτρόδια αλουμινίου

Επιδιωκόμενος στόχος

- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει να γνωρίζουν να εκτελούν συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια αλουμινίου.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Σπάνια γίνονται συγκολλήσεις αλουμινίου με επενδυμένα ηλεκτρόδια. Είναι όμως μία αναγκαστική λύση, όταν δεν εκτελούνται συχνά στο χώρο εργασίας συγκολλήσεις αλουμινίου. Επίσης, αν η συγκόλληση γίνεται σε ανοικτό χώρο, ή αν το σημείο είναι τέτοιο που φθάνει μόνο το ηλεκτρόδιο, η χρήση του ηλεκτροδίου είναι η μοναδική λύση.

Για να κολλήσει οι μαθητές αλουμίνιο, πρέπει να ξεχάσουν ό,τι έχουν μάθει για τη συγκόλληση των χάλυβων. Το μόνο που γνωρίζουν είναι τα μέτρα ασφαλείας, όπως όταν τελείωσε η διδασκαλία του κεφαλαίου 6. Πρέπει να μελετήσουν ξανά την παράγραφο (8-22). Τα βασικότερα σημεία είναι ο καλός καθαρισμός της επιφάνειας με ανοξειδωτή συρματόβουρτσα, που να μην έχει χρησιμοποιηθεί σε χάλυβα και ότι το ηλεκτρόδιο κινείται πιο γρήγορα. Τα προς συγκόλληση τεμάχια πρέπει να είναι σε επαφή, δε χρειάζεται κενό για να εξασφαλιστεί η καλή διείσδυση, επειδή το σημείο τήξης του αλουμινίου είναι χαμηλό. Επίσης, περιοριζόμαστε σε ένα μόνο πάσο. Επειδή κολλάμε με μεγαλύτερη ταχύτητα από ό,τι στο χάλυβα, χρειαζόμαστε ηλεκτρόδιο μεγαλύτερης διαμέτρου. Τα ελάσματα που θα συγκολληθούν είναι πάχους 3 mm και, αν κολλάγαμε χάλυβα, από τον πίνακα (8-16) θα επιλέγαμε ηλεκτρόδιο 2,5 mm. Επειδή πρόκειται για αλουμίνιο, θα πάρουμε το αμέσως μεγαλύτερο ηλεκτρόδιο, το 3,2 mm. Το ρεύμα πρέπει να είναι DC+. Απαιτείται φούρνος διατήρησης των ηλεκτροδίων, επειδή η πάστα τους είναι υγροσκοπική.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια 2,5 και 3,2 mm, τύπου E4043 κατά AWS-A5.10 (δεν υπάρχει ISO ή EN)
- Φούρνος διατήρησης ηλεκτροδίων (αρκεί ένας μικρός φορητός)
- Πέντε τεμάχια λαμαρίνας αλουμινίου πάχους 3 mm, τα τέσσερα 5x20 cm και ένα 20x20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Ανοξειδωτή συρματόβουρτσα, που να μην έχει χρησιμοποιηθεί σε χάλυβα.
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (8-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-6).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-6
Είδος συγκόλλησης: MMA με ηλεκτρόδια αλουμινίου		Ένταση ρεύματος: 50-90 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. Το γυαλί της μάσκας να έχει βαθμό προστασίας 10.
2	<ul style="list-style-type: none"> Προετοιμασία 	<ul style="list-style-type: none"> Καθαρίζουμε καλά με την ανοξειδωτή συρματόβουρτσα την επιφάνεια της λαμαρίνας 10 x 20. Ομοίως, γύρω από την προς συγκόλληση επιφάνεια των τεμαχίων 5 x 20 cm (θα συγκολληθούν μεταξύ τους). Τοποθετούμε τα ηλεκτρόδια στο φούρνο συντήρησης.
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 20x20 cm με ηλεκτρόδιο 2,5 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Ανοίγουμε τη μηχανή. Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 60 A, DC+. Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο 2,5 mm. Συνδέουμε το τεμάχιο 20x20 στη γείωση. Εκτελούμε δοκιμαστική ραφή μήκους 10-15 cm. Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. Ελέγχουμε αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές. Αλλάζουμε παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης και δοκιμάζουμε να εκτελέσουμε άλλη ραφή. Συνεχίζουμε, εκτελώντας δοκιμαστικές ραφές μέχρι να καλυφθούν τα 2/3 της επιφάνειας της λαμαρίνας. Στο υπόλοιπο τμήμα της λαμαρίνας εκτελούμε κανονικές ραφές με DC+, με τις πλέον κατάλληλες παραμέτρους.
4	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση δοκιμαστικών ραφών πάνω στη λαμαρίνα 20x20 cm με ηλεκτρόδιο 3,2 mm 	<ul style="list-style-type: none"> Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 80 A, DC+. Τοποθετούμε ηλεκτρόδιο 3,2 mm. Γυρνάμε τη λαμαρίνα ανάποδα και επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία.
5	<ul style="list-style-type: none"> Συγκόλληση των τεσσάρων τεμαχίων διαστάσεων 5x20 cm μεταξύ τους, ώστε να σχηματιστεί ένα τεμάχιο 20 x 20 cm. 	<ul style="list-style-type: none"> Ποντάρουμε τα 4 τεμάχια 5 x 10, σε επαφή μεταξύ τους. Δημιουργούνται τρεις ραφές προς συγκόλληση. Με ηλεκτρόδιο 3,2 mm εκτελούμε το 1/3 της μιας ραφής Σταματάμε, καθαρίζουμε τη σκουριά. Ελέγχουμε αν είναι σωστή η διεύθυνση μέχρι τη ρίζα και αν οι παράμετροι συγκόλλησης ήταν σωστές. Διορθώνουμε, αν χρειάζεται, την ένταση του ρεύματος. Συνεχίζουμε μέχρι να φθάσουμε στα 2/3 της ραφής, οπότε εκτελούμε εκ νέου καθαρισμό και διορθώσεις. Ολοκληρώνουμε τη ραφή. Συνεχίζουμε με τον ίδιο τρόπο με τη δεύτερη ραφή. Τελειώνουμε, κολλώντας και την τρίτη ραφή.
6	<ul style="list-style-type: none"> Ποιοτικός έλεγχος 	<ul style="list-style-type: none"> Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει μόνο ο οπτικός έλεγχος.
7	<ul style="list-style-type: none"> Τέλος της άσκησης 	<ul style="list-style-type: none"> Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.
8	<ul style="list-style-type: none"> Σε επόμενο μάθημα, μετά από 48 ώρες τουλάχιστον 	<ul style="list-style-type: none"> Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διευσδυτικό υγρό στις τρεις ραφές. Λίγο πριν από το τέλος του μαθήματος, ή πριν από το διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό και ελέγχουμε για ρωγμές.

ΑΣΚΗΣΗ 8-7

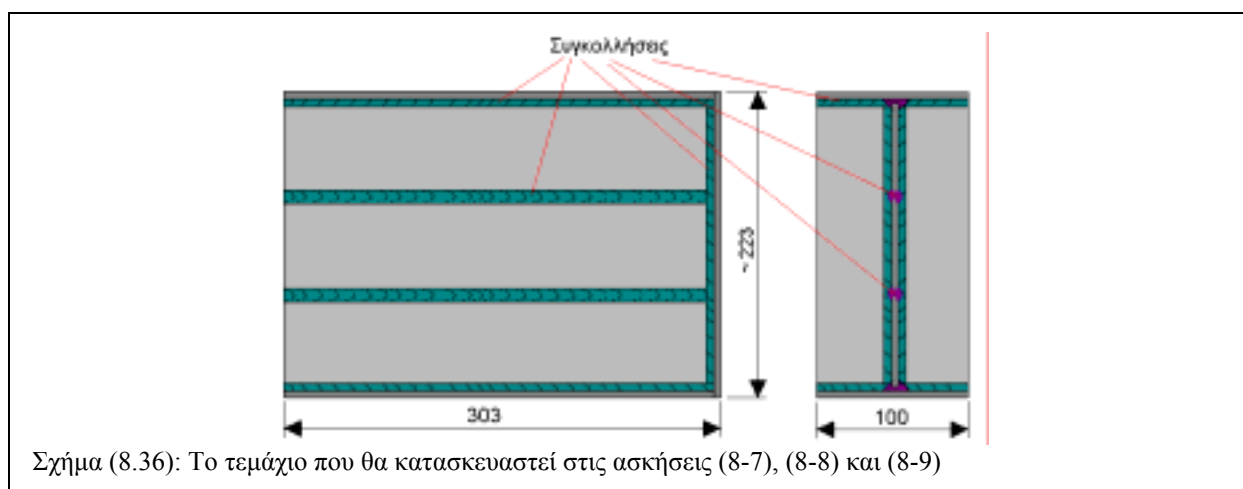
Εκτέλεση κατασκευής από ελάσματα που θα συνδεθούν με πονταρίσματα

Επιδιωκόμενος στόχος

- Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης θα πρέπει να έχουν αντιληφθεί οι μαθητές πώς προετοιμάζεται μία κατασκευή που προορίζεται να ηλεκτροσυγκολληθεί.

Περιγραφή του υπό κατασκευή τεμαχίου

Στην άσκηση αυτή και στις δύο επόμενες θα κατασκευαστεί ένα αντικείμενο από ελάσματα. Η ηλεκτροσυγκόλλησή του θα γίνει, εκτελώντας συγκολλήσεις σε όλες τις δυνατές θέσεις. Το τεμάχιο, όπως θα είναι, όταν θα έχει ολοκληρωθεί, φαίνεται στο σχήμα (8.36). Ο ρόλος του; Μία θήκη χαρτιού μεγέθους A4, που δεν κινδυνεύει να πάρει φωτιά, κατάλληλη για συνεργείο.



Θα χωριστούν οι μαθητές σε ομάδες ανά δύο και η κάθε ομάδα, ακολουθώντας τις οδηγίες των σχημάτων (8.37) και (8.38), θα φτιάξει **δύο** όμοια τεμάχια (επειδή από την επόμενη άσκηση ο κάθε μαθητής θα εργάζεται ανεξάρτητα, με το δικό του τεμάχιο). Αν ο αριθμός των μαθητών είναι μονός, μία ομάδα θα έχει τρία μέλη και θα φτιάξει **τρία** τεμάχια. Το κάθε τεμάχιο, όπως αυτό θα έχει διαμορφωθεί στο τέλος της παρούσας άσκησης, φαίνεται στο σχήμα (8.37). Δύο πιθανές απορίες που θα έχουν οι μαθητές είναι οι εξής:

(α) Γιατί αλλού έχουν οι λάμες απόσταση 1,5 mm, αλλού 2 mm και αλλού καθόλου;

(β) Τα ενδιάμεσα πονταρίσματα ανά 100 mm σε τι χρησιμεύουν;

Απαντήσεις:

(α) Όπως βλέπουμε από τον πίνακα (7-1) για πάχος λαμαρίνας 3 mm, πρέπει να μείνει κενό 2 mm για οριζόντια συγκόλληση ή 1,5 mm για κατακόρυφη. Επειδή το τεμάχιο προορίζεται για την εκπαίδευση των μαθητών σε όλες τις θέσεις συγκόλλησης, αλλού έχουμε 2 και αλλού 1,5 mm. Όσον αφορά την ένωση της βάσης (του τεμαχίου με μήκος 223 mm) με τα υπόλοιπα τεμάχια, αυτή, επειδή θα συγκολληθεί και από τις δύο μεριές είναι σαν να έχει πάχος $3/2 = 1,5$ mm. Και με βάση τον πίνακα (7-1), για πάχος μέχρι 2 mm, δεν αφήνουμε κενό.

(β) Η κατασκευή μετά θα ηλεκτροσυγκολληθεί. Για να μην παραμορφωθεί, θα πρέπει η ηλεκτροσυγκόλληση να γίνει με μικρές συγκολλήσεις που η κάθε μία να έχει μήκος 25-35 φορές το πάχος της λαμαρίνας (βλέπε παράγραφο 7-7, περίπτωση α). Στην προκειμένη περίπτωση έχουμε πάχος λαμαρίνας 3 mm, οπότε τα ενδιάμεσα πονταρίσματα μπορούν να είναι σε αποστάσεις από 75-105 mm. Επιλέχτηκε να είναι σε αποστάσεις των 100 mm.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

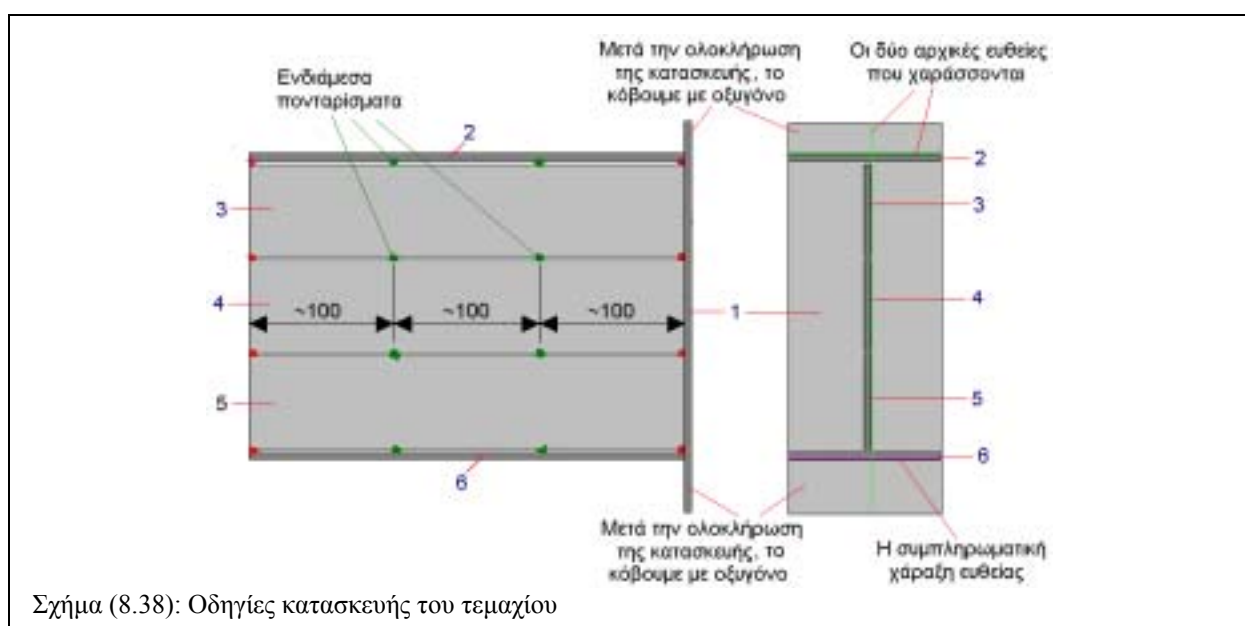
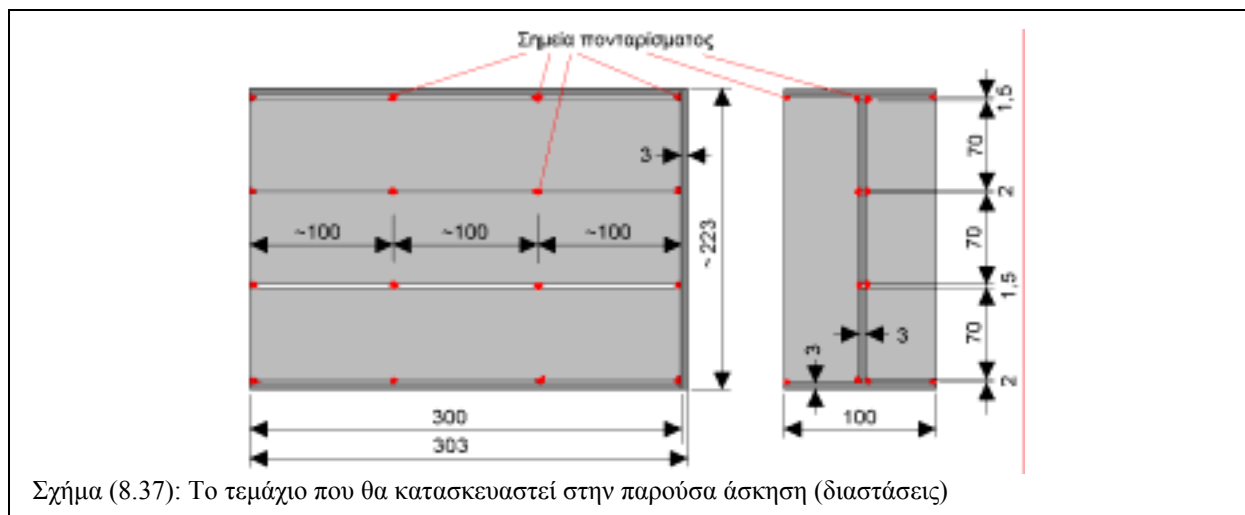
- Μηχανή για συγκόλληση MMA, ικανότητας 140 A
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4313 κατά ISO-2560-B, διαμέτρου 2,5 mm (κατά AWS είναι τα E6013)
- Έξι λάμες από ανθρακούχο χάλυβα, πάχους 3 mm, μήκους 30 cm. Οι τρεις θα έχουν πλάτος 70 mm και οι άλλες τρεις 100 mm (ανά μαθητή).
- Υλικά χαράξεων: χάρακας μηχανουργείου, γράφτης, διαβήτη, γωνία, κιμωλίες
- Τροχός, σφυρί καθαρισμού της σκουριάς και συρματόβουρτσα

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Τα ίδια με την άσκηση (8-1)

Πορεία εργασίας

- Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες ανά δύο.
- Η κάθε ομάδα λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-7).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες και έχοντας μπροστά τους τα σχήματα (8-37) και (8.38)



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-7
Είδος συγκόλλησης: Εκτέλεση κατασκευής από ελάσματα		Ένταση ρεύματος: 60-140 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. Το γυαλί να είναι αυτόματης σκίασης με βαθμό προστασίας 11.
2	<ul style="list-style-type: none"> Προετοιμασία 	<ul style="list-style-type: none"> Αριθμούμε τις λάμες των 10 cm ως 1,2,6 και των 7 cm ως 3,4,5. Καθαρίζουμε με τροχό τη μία επιφάνεια τη λάμας Νο 1, και τις άλλες περιφερειακά σε πλάτος 10 mm από την άκρη τους. Συμφωνούμε ποιος θα έχει το ρόλο του τεχνίτη και ποιος του βοηθού. Στη δεύτερη κατασκευή θα αντιστραφούν οι ρόλοι. Το κάθε τεμάχιο ανήκει στον τεχνίτη. Αν η ομάδα έχει τρία μέλη, στην πρώτη φάση θα είναι δύο τεχνίτες με έναν βοηθό.
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση χαράξεων 	<ul style="list-style-type: none"> Στερεώνουμε τη λάμα Νο 1 (των 10 cm) στον πάγκο. Συνδέουμε το σώμα γείωσης στην ως άνω λάμα. Ο τεχνίτης καλύπτει με κιμωλία τη λάμα Νο 1 και χαράσσει μία ευθεία στο μέσο και μία κάθετη σ' αυτήν, όπως αυτές που φαίνονται με πράσινο χρώμα στο σχήμα (8.38). Χρησιμοποιώντας τις λάμες ως οδηγούς και το γράφτη, βρίσκει, σύμφωνα με το σχήμα (8.38), τη θέση το τεμαχίου Νο 6 και χαράσσει την κάθετη ευθεία που ορίζει τη θέση του (τη μωβ).
4	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση της κατασκευής 	<ul style="list-style-type: none"> Ο βοηθός ανοίγει τη μηχανή, ρυθμίζει το ρεύμα στα 70 A, DC και βάζει στηντσιμπίδα ηλεκτρόδιο 2,5 mm. Ο τεχνίτης, ακουμπάει τη λάμα 2 κάθετα (με τη βοήθεια της γωνίας), πάνω στη θέση που έχει προηγουμένως χαράξει και ο βοηθός κάνει δύο μικρές πονταρισίες στις δύο κάτω άκρες, για να συνδέσει τις λάμες 1 και 2. Συνεχίζουν με τον ίδιο τρόπο, τοποθετώντας τις λάμες 3,4,5. Ο τεχνίτης ελέγχει με το χάρακα ότι οι λάμες 3,4,5 στο πάνω μέρος τους είναι σε ευθεία γραμμή και ότι δεν έχουν ξεφύγει από την κάθετο. Επίσης, ελέγχει τις μεταξύ τους αποστάσεις (αλλού είναι 1,5 και αλλού 2 mm). Αν όλα έχουν καλώς, ο βοηθός ενώνει τις λάμες 2,3,4,5 ποντάροντας στο πάνω μέρος τους. Ο τεχνίτης τοποθετεί κάθετα το τεμάχιο 6 στην προβλεπόμενη θέση και ο βοηθός το ποντάρει στο κάτω μέρος με το τεμάχιο 1 και στο πάνω με το τεμάχιο 5.
5	<ul style="list-style-type: none"> Σημάδεμα των ενδιάμεσων πονταρισμάτων 	<ul style="list-style-type: none"> Ο τεχνίτης χαράσσει τις λάμες 3,4,5 σε σημεία ανά 100 περίπου mm, που θα χρησιμεύσουν ως οδηγοί κατά την ηλεκτροσυγκόλληση, όπως φαίνονται στο σχήμα (8.38). Ο βοηθός ποντάρει αυτά τα σημεία.
6	<ul style="list-style-type: none"> Κοπή με οξυγόνο 	<ul style="list-style-type: none"> Ο τεχνίτης κόβει με οξυγόνο τα τμήματα της λάμας 1 που περισσεύουν, όπως φαίνεται στο σχήμα (8.38).
7	<ul style="list-style-type: none"> Κατασκευή του δεύτερου τεμαχίου 	<ul style="list-style-type: none"> Ο τεχνίτης και ο βοηθός αντιστρέφουν τους ρόλους τους και επαναλαμβάνουν τα βήματα 3 μέχρι 6.
8	<ul style="list-style-type: none"> Τέλος της άσκησης 	<ul style="list-style-type: none"> Οι μαθητές γράφουν με ηλεκτροσυγκόλληση τα αρχικά του ονόματός τους πάνω στα τεμάχιά τους Μαζεύουν και παραδίδουν τον εξοπλισμό. Σκουπίζουν καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.

ΑΣΚΗΣΗ 8-8

Ηλεκτροσυγκόλληση σε διάφορες θέσεις με ηλεκτρόδια κυτταρίνης, ρουτιλίου και βασικά

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει:

- Να είναι σε θέση να εκτελούν συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια όλων των τύπων, δηλαδή κυτταρίνης, ρουτιλίου, βασικά, σε όλες τις θέσεις ηλεκτροσυγκόλλησης.
- Να έχουν ολοκληρωμένη εικόνα για τον τρόπο που λειτουργούν οι τρεις κυριότεροι τύποι των επενδυμένων ηλεκτροδίων σε κάθε θέση ηλεκτροσυγκόλλησης.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Από τον πίνακα (8-16) βλέπουμε ότι η λαμαρίνα 3 mm, όταν πρόκειται να συγκολληθεί με ηλεκτρόδιο ρουτιλίου ή κυτταρίνης, θα πρέπει το ηλεκτρόδιο να είναι διαμέτρου 2,5 mm. Αντίστοιχα, από τον πίνακα (8-19), όταν χρησιμοποιείται βασικό ηλεκτρόδιο, θα πρέπει να έχει διάμετρο 2 mm.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

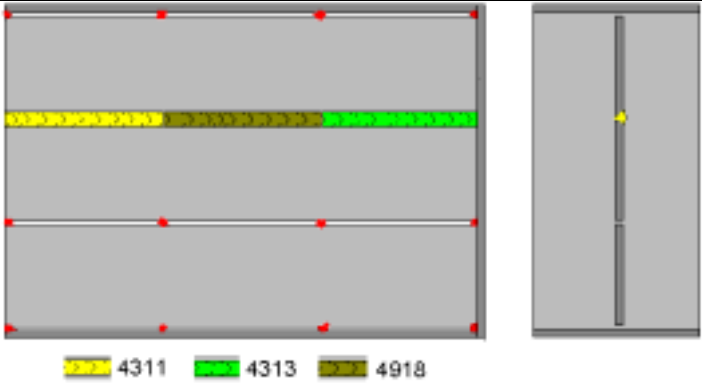
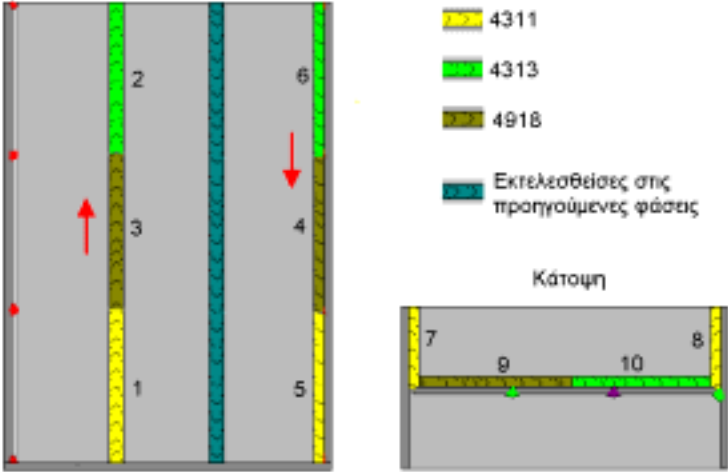
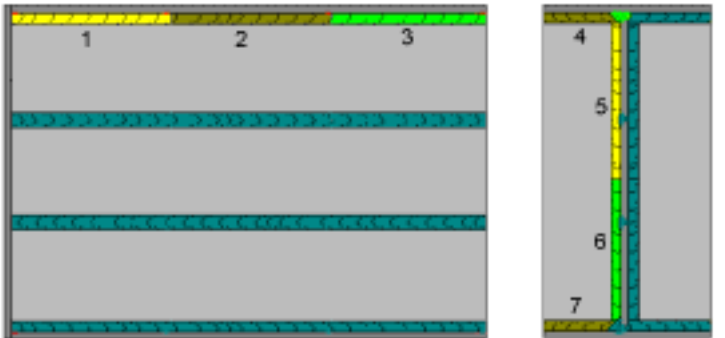
- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια 2,5 των τύπων E4311 και E4313 (κατά AWS: E6011 και E6013) και 2 mm του τύπου E4918 (κατά AWS: E7018)
- Φούρνος διατήρησης των βασικών ηλεκτροδίων (αρκεί ένας μικρός φορητός).
- Το τεμάχιο που συναρμολογήθηκε στην προηγούμενη άσκηση.
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (8-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-8).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-8
Είδος συγκόλλησης: MMA σε διάφορες θέσεις		Ένταση ρεύματος: 40-110 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. Να υπάρχουν γυαλιά με βαθμό προστασίας 10 και 11.
2	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση οριζόντιας ραφής συγκόλλησης Θέση PC <p>Το ρεύμα ρυθμίζεται ως εξής: E4311-2,5 mm : 40-80 A E4313-2,5 mm : 75-110 A E4918-2 mm: 50-80 A</p> <p>Αρχίστε με μία μέση τιμή και αυξομειώνετε, αν το αποτέλεσμα δεν είναι ικανοποιητικό. Πάνω από 80 A να χρησιμοποιείτε τη μάσκα με ΒΠ 11.</p>	 <p>Σχήμα (8.39): Ηλεκτροσυγκόλληση σε θέση PC</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση κατακόρυφων ηλεκτροσυγκολλησεων και επίπεδης γωνιακής (εξωραφή) <p>Θέσεις: PF (ανεβατή) PG (κατεβατή) PB (επίπεδη γωνιακή)</p>	 <p>Σχήμα (8.40): Συγκόλληση σε θέσεις PF, PG, PB</p>
4	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση συγκόλλησης ουρανού (γωνιακή) Θέση PD <p>Τμήματα 1-2-3 <i>Το ρεύμα να είναι σχεδόν στη χαμηλότερη δυνατή τιμή του.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση μιας ραφής που περιλαμβάνει τρεις διαφορετικές θέσεις τις: PB, PF, PD. <p>Τμήματα 4-5-6-7</p>	 <p>Σχήμα (8.41): Συγκόλληση σε θέσεις PD, PF, PB</p>
6	<ul style="list-style-type: none"> Ποιοτικός έλεγχος 	<ul style="list-style-type: none"> Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε (οπτικός, μαγνητικός).
7	<ul style="list-style-type: none"> Τέλος της άσκησης 	<ul style="list-style-type: none"> Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.

ΑΣΚΗΣΗ 8-9

Επισκευή τεμαχίου μετά από ποιοτικό έλεγχο

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης οι μαθητές θα πρέπει:

- Να μπορούν να επισκευάσουν ένα εξάρτημα μετά τον ποιοτικό του έλεγχο.
- Να έχουν εξασκηθεί αρκετά καλά στη συγκόλληση με βασικά ηλεκτρόδια.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4918 κατά ISO-2560-B, διαμέτρου 2 mm (κατά AWS είναι το 7018)
- Γουβωτικά ηλεκτρόδια ή ηλεκτρόδιο άνθρακα. Αν επιλέξουμε ηλεκτρόδιο άνθρακα, απαιτείται και αεροσυμπιεστής.
- Φούρνος διατήρησης ηλεκτροδίων (αρκεί ένας μικρός φορητός).
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Ηλεκτρομαγνήτης μορφής Π
- Μεγεθυντικός φακός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (8-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-9).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-9
Είδος συγκόλλησης: MMA με βασικά ηλεκτρόδια		Ένταση ρεύματος: 50-80 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. Μάσκα με βαθμό προστασίας (BII) 10.
2	<ul style="list-style-type: none"> Προετοιμασία 	<ul style="list-style-type: none"> Παίρνουμε το τεμάχιο που συγκολλήθηκε στην προηγούμενη άσκηση και απλώνουμε το διεισδυτικό υγρό στις ραφές. Ανοίγουμε τη συσκευασία των βασικών ηλεκτροδίων και τα τοποθετούμε στο φούρνο διατήρησης, στους 110°C.
3	<ul style="list-style-type: none"> Τροχίσματα – προετοιμασία για τις επισκευές (εκμεταλλευόμαστε το χρόνο μέχρι να δώσει αποτελέσματα το διεισδυτικό υγρό) 	<ul style="list-style-type: none"> Παίρνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου που συντάχθηκε στο προηγούμενο μάθημα και το μελετάμε προσεκτικά. Δίνουμε ιδιαίτερη προσοχή στη διείσδυση στη ρίζα της ηλεκτροσυγκόλλησης. Τροχίζουμε τη ρίζα της ηλεκτροσυγκόλλησης, όπου αυτή δεν παρουσιάζει ικανοποιητική διείσδυση. Στα σημεία όπου δεν πιάνει ο τροχός, χρησιμοποιούμε γουβωτικό ηλεκτρόδιο ή ηλεκτρόδιο άνθρακα. Εκτελούμε παρόμοια προετοιμασία, όπου αλλού υπάρχουν προβλήματα, σύμφωνα με το φύλλο ποιοτικού ελέγχου.
4	<ul style="list-style-type: none"> Ολοκλήρωση του ποιοτικού ελέγχου 	<ul style="list-style-type: none"> Μόλις συμπληρωθεί ο προβλεπόμενος χρόνος, καθαρίζουμε το διεισδυτικό υγρό και εξετάζουμε για ρωγμές. Προετοιμάζουμε τις τυχόν ρωγμές για επισκευή, όπως παραπάνω (τροχίσματα ή γουβώματα).
5	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση της επισκευής του τεμαχίου 	<ul style="list-style-type: none"> Οι επισκευές να γίνουν σε κάποια δύσκολη θέση ηλεκτροσυγκόλλησης, π.χ. PF, PG, PD. Ανοίγουμε τη μηχανή και ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 70 A, DC-. Κολλάμε τη ρίζα (όπου έχουμε τροχίσει) καθώς, επίσης, και τα άλλα τα σημεία που προετοιμάστηκαν για επισκευή.
6	<ul style="list-style-type: none"> Νέος ποιοτικός έλεγχος 	<ul style="list-style-type: none"> Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει οπτικός έλεγχος και έλεγχος με ηλεκτρομαγνήτη μόνο των περιοχών που επιδιορθώθηκαν.
7	<ul style="list-style-type: none"> Ολοκλήρωση της επισκευής 	<ul style="list-style-type: none"> Γίνεται η επιδιόρθωση των τυχόν νέων προβλημάτων, εκ νέου ποιοτικός έλεγχος κτλ. μέχρι να ολοκληρωθεί η εργασία.
8	<ul style="list-style-type: none"> Τρόχισμα των συγκολλήσεων, ώστε να γίνουν επίπεδες 	<ul style="list-style-type: none"> Τροχίζουμε όλες τις συγκολλήσεις από την πλευρά της ρίζας (που είναι η εμφανής πλευρά του τεμαχίου, όπου θα ακουμπάμε τα χαρτιά A4). Αυτό γίνεται και για αισθητικούς λόγους (καλύτερη τελική εμφάνιση). Ελέγχουμε την τροχισμένη ρίζα για τυχόν ύπαρξη πόρων. Αν χρειαστεί, την επισκευάζουμε εκ νέου.
9	<ul style="list-style-type: none"> Τρόχισμα των υπολοίπων συγκολλήσεων 	<ul style="list-style-type: none"> Αν υπάρχει χρόνος, τροχίζονται και οι ηλεκτροσυγκολλήσεις από την άλλη πλευρά, από αυτή που είναι η ρίζα και γίνεται έλεγχος για τυχόν πόρους και επισκευή.
10	<ul style="list-style-type: none"> Τέλος της άσκησης 	<ul style="list-style-type: none"> Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.

ΑΣΚΗΣΗ 8-10

Συγκόλληση ανοξείδωτου χάλυβα με προετοιμασία των άκρων με συσκευή πλάσματος

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Στην άσκηση αυτή οι μαθητές θα πραγματοποιήσουν κοπή με πλάσμα και θα προετοιμάσουν τα προς συγκόλληση άκρα.
- Θα εκτελέσει συγκόλληση ανοξείδωτου χάλυβα με πολλαπλά κορδόνια.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Η κάθε συσκευή κοπής με πλάσμα έχει τις ιδιαιτερότητές της, ανάλογα με τον κατασκευαστή. Δεν υπάρχει ακόμη καμία τυποποίηση. Μέχρι και τα ηλεκτρόδια διαφέρουν. Γι' αυτό, πριν από την άσκηση, θα γίνει ενημέρωση των μαθητών για τη συσκευή κοπής με πλάσμα που διαθέτει το εργαστήριο. Για τις ανάγκες της άσκησης αρκεί μία μικρή φορητή μηχανή κοπής με πλάσμα.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή κοπής πλάσματος
- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Αεροσυμπιεστής
- Τσιμπίδα MMA, τσιμπίδα πλάσματος και σώματα γείωσης με τα καλώδια τους
- Μία γωνία 30x50 (ως οδηγό κοπής υπό γωνία)
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ωτοασπίδες (οι συσκευές κοπής με πλάσμα κάνουν πολύ θόρυβο).
- Υλικά χάραξης: κιμωλίες, γράφτης, μεταλλικός χάρακας
- Ηλεκτρόδια τύπου E199LR (ρουτιλίου) κατά EN-1600, σε διαμέτρους 2,5 και 3,2 mm (το αντίστοιχο κατά AWS είναι το E308L-16)
- Ένα ανοξείδωτο τεμάχιο λαμαρίνας από χρωμιονικελιούχο χάλυβα με χαμηλή περιεκτικότητα άνθρακα, π.χ. X10CrNi188 ή X8CrNi199, πάχους 12-15 mm, διαστάσεων 20x25 cm.
- Διάφορα ρετάλια ή τεμάχια από προηγούμενες εργαστηριακές ασκήσεις
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Ανοξείδωτη συρματόβουρτσα, μαλακή
- Διεισδυτικό υγρό, σε σπρέι
- Μεγεθυντικός φακός

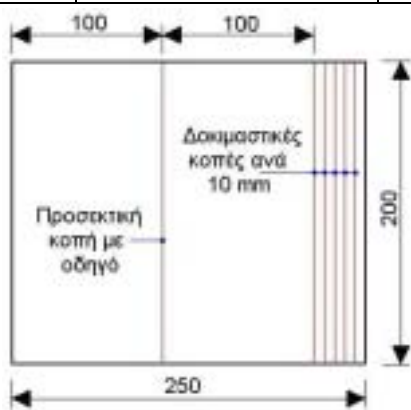
Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Τα ίδια με την άσκηση (8-1)

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (8-10).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

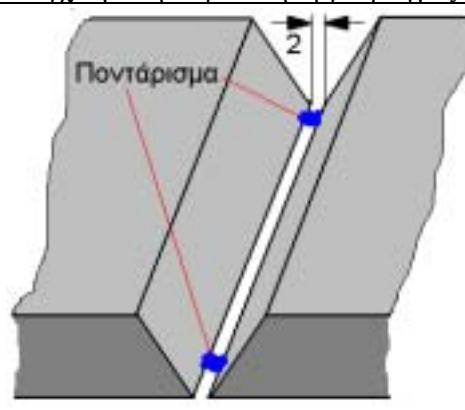
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8		Υπόδειγμα άσκησης 8-10
Κοπή με πλάσμα / συγκόλληση με ανοξείδωτα ηλεκτρόδια		Ένταση ρεύματος: 60-100 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρα ασφαλείας (όπως στην άσκηση 6-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουμε καλώδια και εξοπλισμό. Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. Οι μάσκες να έχουν βαθμό προστασίας (ΒΠ) 10 και 11.
2	<ul style="list-style-type: none"> Προετοιμασία 	<ul style="list-style-type: none"> Καθαρίζουμε καλά με την ανοξείδωτη συρματόβουρτσα την επιφάνεια της ανοξείδωτης λαμαρίνας 20 x 25 cm.
3	<ul style="list-style-type: none"> Χάραξη της λαμαρίνας 	<ul style="list-style-type: none"> Με τα υλικά χάραξης, χαράσσουμε στην επιφάνεια της ανοξείδωτης λαμαρίνας τις ευθείες κοπής σύμφωνα με το σχήμα (8-42).
4	<ul style="list-style-type: none"> Κοπή με πλάσμα 	<ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουμε τη τσιμπίδα, αντικαθιστούμε, αν χρειάζεται, το ηλεκτρόδιο κοπής και το μπεκ. Εκκινούμε τη μηχανή και τον αεροσυμπιεστή, κάνουμε τις απαραίτητες ρυθμίσεις σύμφωνα με το manual της μηχανής γιατί η κάθε μηχανή κοπής με πλάσμα έχει τις δικές της ιδιαιτερότητες. Με τη μάσκα ΒΠ 11, εκτελούμε δοκιμαστικές κοπές σε ρετάλια. Κόβουμε τη ανοξείδωτη λαμαρίνα στα σημεία που την έχουμε χαράξει για δοκιμαστικές κοπές. Μένει ένα τεμάχιο 20x20 cm. Κόβουμε το τεμάχιο 20x20 στη μέση, πολύ προσεκτικά και χρησιμοποιώντας την γωνία οδηγό, όπως στο σχήμα (8.43^A).
5	<ul style="list-style-type: none"> Σχηματισμός φρέζας για τη συγκόλληση. 	<ul style="list-style-type: none"> Χρησιμοποιώντας τη γωνία οδηγό σχηματίζουμε τη φρέζα στα δύο τεμάχια 10x20 που προέκυψαν, όπως στο σχήμα (8.43^B). <i>Ερώτηση: Γιατί σχηματίσαμε έτσι τη φρέζα; Δείτε πρώτα το σχήμα (8.5)</i>
6	<ul style="list-style-type: none"> Συγκόλληση των δύο τεμαχίων διαστάσεων 10x20 cm 	<ul style="list-style-type: none"> Ποντάρουμε τα τεμάχια όπως στο σχήμα (8.44). Με τη μάσκα ΒΠ 10 και ηλεκτρόδιο 2,5 mm εκτελούμε τη συγκόλληση τη ρίζας. Καθαρίζουμε τη σκουριά της πάστας. Με τη μάσκα ΒΠ 11 και ηλεκτρόδιο 3,2 mm εκτελούμε τα υπόλοιπα κορδόνια της συγκόλλησης.
7	<ul style="list-style-type: none"> Ποιοτικός έλεγχος 	<ul style="list-style-type: none"> Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει οριστεί να το ελέγξει. Συμπληρώνουμε το φύλλο ποιοτικού ελέγχου του τεμαχίου που αναλάβαμε να ελέγξουμε. Θα γίνει μόνο ο οπτικός έλεγχος.
8	<ul style="list-style-type: none"> Τέλος της άσκησης 	<ul style="list-style-type: none"> Μαζεύουμε και παραδίδουμε τον εξοπλισμό. Σκουπίζουμε καλά το χώρο γύρω από τη θέση εργασίας.
9	<ul style="list-style-type: none"> Σε επόμενο μάθημα, μετά από 48 ώρες τουλάχιστον 	<ul style="list-style-type: none"> Πριν την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διεισδυτικό υγρό στη ραφή και από τις δύο πλευρές. Λίγο πριν το τέλος του μαθήματος, ή πριν από κάποιο διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό και ελέγχουμε τη συγκόλληση για ρωγμές.



Σχήμα 8.42: Χάραξη



Σχήμα 8.43: Κοπή



Σχήμα 8.44: Ποντάρισμα τεμαχίων

