

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

- Η εκτέλεση των πρώτων ηλεκτροσυγκολλήσεων
- Οι παράμετροι της ηλεκτροσυγκόλλησης
- Τα τεχνικά προβλήματα
- Οι ρηγματώσεις και η σημασία του υδρογόνου
- Ο ποιοτικός έλεγχος

7. ΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΙ Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- Να αντιληφθούν οι μαθητές ότι η ηλεκτροσυγκόλληση είναι μία εργασία που μπορεί να παρουσιάσει προβλήματα και γι' αυτό είναι απαραίτητος ο ποιοτικός έλεγχος.
- Να έρθουν σε πρώτη επαφή με την τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων, κάνοντας απλές συγκολλήσεις MMA¹.
- Να γνωρίζουν τον τρόπο που αντιμετωπίζονται τα τεχνικά προβλήματα των ηλεκτροσυγκολλήσεων και συγκεκριμένα τα εξής:
 - ⇒ Το φύσημα του τόξου (μαγνητικό ή θερμικό)
 - ⇒ Τις παραμορφώσεις
 - ⇒ Τις ρηγματώσεις και τη μεγάλη σημασία που έχει η παρουσία του υδρογόνου
- Να αντιληφθούν τη σημασία του ποιοτικού ελέγχου των ηλεκτροσυγκολλήσεων.
- Να πραγματοποιούν ποιοτικούς ελέγχους των συγκολλήσεων που εκτέλεσαν.

7-1. Η προετοιμασία των άκρων των τεμαχίων

Υπάρχουν τέσσερις τρόποι για να έρθουν σε επαφή τα προς συγκόλληση ελάσματα, χωρίς να γίνεται διαμόρφωση των άκρων τους. Οι τρόποι αυτοί φαίνονται στο σχήμα (7.1). Όταν η ηλεκτροσυγκόλληση γίνεται μόνο από τη μία πλευρά, οι τρόποι αυτοί μπορούν να εφαρμοστούν σε λαμαρίνες πάχους μέχρι 5 mm. Αν τα ελάσματα είναι μέχρι 10 mm, μπορεί να γίνεται ηλεκτροσυγκόλληση και από τις δύο πλευρές. Σε κάθε άλλη περίπτωση προηγείται η διαμόρφωση των άκρων των ελασμάτων, προκειμένου να εξασφαλιστεί η καλή συγκόλληση μέχρι τη ρίζα.



Σχήμα (7.1): Η επαφή των άκρων των ελασμάτων για πάχος μέχρι 5 mm

Η πλέον συνήθης περίπτωση ηλεκτροσυγκόλλησης είναι η (Α) του σχήματος (7.1). Σ' αυτήν η απόσταση που θα αφηθεί μεταξύ των προς συγκόλληση ελασμάτων, στην οριζόντια συγκόλληση, πρέπει να είναι με βάση τον πίνακα (7.1). Το διάκενο υπάρχει, επειδή **το πλάτος της ραφής της ηλεκτροσυγκόλλησης πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το ύψος διείσδυσης** εντός του μετάλλου. Αν δεν εφαρμοστεί αυτός ο κανόνας, υπάρχει ο κίνδυνος ρηγματώσης κατά μήκος της ραφής. Στα λεπτά ελάσματα το ύψος της ραφής ταυτίζεται με το πάχος του ελάσματος.

¹ Δεν εξαντλείται το θέμα των συγκολλήσεων MMA, το οποίο θα αποτελέσει το κύριο αντικείμενο του επόμενου κεφαλαίου 8.

Πίνακας (7.1): Απόσταση ελασμάτων χωρίς προετοιμασία των άκρων (mm)				
Πάχος ελασμάτων (mm)	< 2	2-3	3-4	4-5
Διάκενο σε επίπεδη ή οριζόντια θέση	0	1	2	3
Διάκενο σε θέση κατακόρυφη ή ουρανού	0	1	1,5	2

Οι επιφάνειες γύρω από τις άκρες που πρόκειται να ηλεκτροσυγκολληθούν, πρέπει να καθαρίζονται από σκουριές και ακαθαρσίες με τροχό ή συρματόβουρτσα. Καθαρισμός σε πλάτος 10-20 mm εκατέρωθεν της θέσης της ραφής είναι υπεραρκετός.

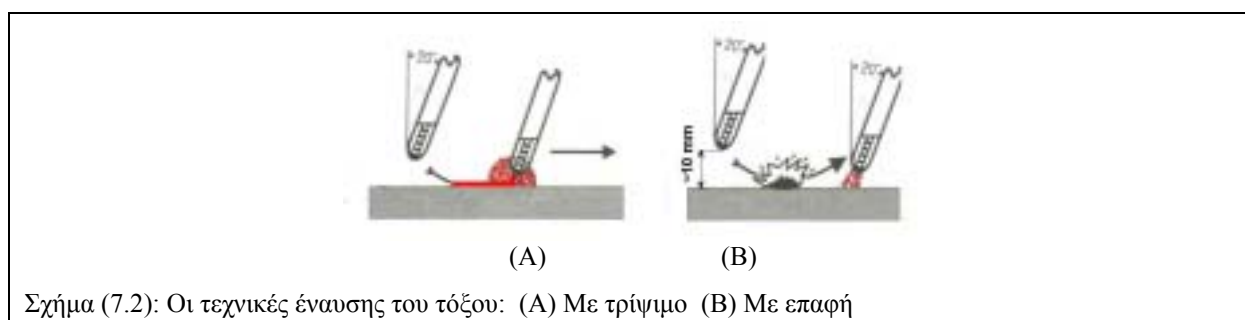
Στη συνέχεια, πρέπει να εξεταστεί μήπως υπάρχουν οργανικά υπολείμματα (κυρίως λάδια) πάνω στην προς συγκόλληση περιοχή. Όταν είναι πολύ λίγα, σχηματίζουν ένα λεπτό φιλμ και συχνά αγνοούνται, επειδή καίγονται εύκολα. Όμως, ακόμη και σε ασήμαντη ποσότητα, προξενούν πολύ μεγάλη ζημιά στην ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης, επειδή αποτελούν πηγή δημιουργίας υδρογόνου που εισέρχεται στη λίμνη συγκόλλησης.

Σημαντική επισήμανση: Όπως θα αναπτυχθεί παρακάτω, ακόμη και σε πολύ μικρές περιεκτικότητες στο μέταλλο, το υδρογόνο γίνεται αιτία ρηγματώσεως της ηλεκτροσυγκόλλησης. Γι' αυτό, τα τυχόν οργανικά υπολείμματα πρέπει να καθαρίζονται. Το υγρό καθαρισμού δεν πρέπει να περιέχει οργανικές ουσίες ή άλλους υδρογονάνθρακες (επειδή περιέχουν υδρογόνο).

7-2. Οι τεχνικές έναυσης και διατήρησης του τόξου

Η περιοχή που θα χρησιμοποιηθεί για την έναυση, πρέπει να είναι επιμελώς καθαρισμένη με τροχό ή συρματόβουρτσα και, ενδεχομένως, και με το κατάλληλο καθαριστικό. Αν η έναυση δε γίνει σωστά, ενδέχεται να κολλήσει το ηλεκτρόδιο πάνω στο μέταλλο βάσης. Υπάρχουν δύο τρόποι για την έναυση του τόξου:

- Με το τρίψιμο του ηλεκτροδίου πάνω στο μέταλλο βάσης. Θυμίζει τον τρόπο που ανάβει ένα σπύρτο και φαίνεται στην περίπτωση (A) του σχήματος (7.2). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως, όταν η συγκόλληση γίνεται με **ρεύμα AC** ή όταν έχουμε **βασικά ηλεκτρόδια**². Σε ρεύμα DC χρησιμοποιείται από τους αρχάριους ηλεκτροσυγκολλητές, επειδή είναι λιγότερο πιθανό να κολλήσει το ηλεκτρόδιο.
- Με το άγγιγμα του ηλεκτροδίου πάνω στο μέταλλο βάσης και το απότομο σήκωμα. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στην περίπτωση (B) του σχήματος (7.2).



Σχήμα (7.2): Οι τεχνικές έναυσης του τόξου: (A) Με τρίψιμο (B) Με επαφή

Επειδή απομακρύνουμε το ηλεκτρόδιο με ακαριαία κίνηση, συνήθως δημιουργείται ένα μακρύ τόξο. Πλησιάζουμε λίγο το ηλεκτρόδιο, για να έχουμε το σωστό μήκος τόξου.

Αν τυχόν κολλήσει το ηλεκτρόδιο στο μέταλλο βάσης, η αντίδραση θα πρέπει να είναι άμεση. Συνήθως αρκεί να γίνει μία απότομη κίνηση προς την αντίθετη κατεύθυνση ή προς τα

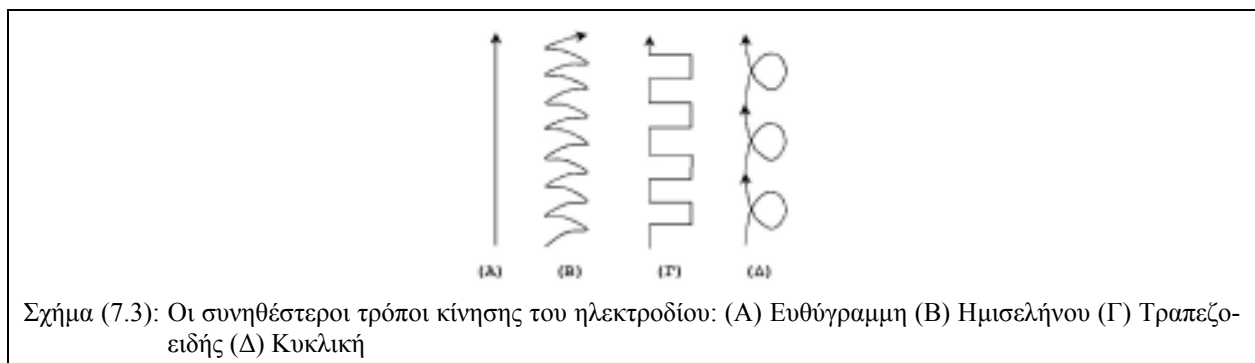
² Ηλεκτρόδια με χαμηλή περιεκτικότητα σε υδρογόνο. Θα αναφερθούμε σ' αυτά στο κεφάλαιο 8.

πλάγια για να ξεκολλήσει. Αν δεν ξεκολλήσει, πρέπει να πατήσουμε **αμέσως** τη λαβίδα της τσιμπιδας και να **απελευθερώσουμε** το ηλεκτρόδιο, αλλιώς θα έχουμε ένα ισχυρό βραχυκύκλωμα που θα καταστρέψει το ηλεκτρόδιο, ενώ ενδέχεται να **προκαλέσει και βλάβη στη μηχανή**.

7-3. Οι παράμετροι της ηλεκτροσυγκόλλησης

Το ηλεκτρόδιο πρέπει να κινείται, με σταθερό χέρι και σταθερό μήκος τόξου. Η καλή ποιότητα ηλεκτροσυγκόλλησης απαιτεί καλό συνδυασμό των παρακάτω **παραμέτρων**:

- Του **ηλεκτροδίου**, δηλαδή της διαμέτρου, του είδους της πάστας, της χημικής σύστασης κτλ.
- Της **έντασης του ρεύματος** (αναγράφεται στη συσκευασία των ηλεκτροδίων).
- Του **μήκους του τόξου**. Στα περισσότερα είδη ηλεκτροδίων είναι περίπου όση και η διάμετρος του ηλεκτροδίου³.
- Της **ταχύτητας και του τρόπου κίνησης** του ηλεκτροδίου. Το ηλεκτρόδιο μπορεί να κινείται με διάφορους τρόπους, οι κυριότεροι από τους οποίους φαίνονται στο σχήμα (7.3).

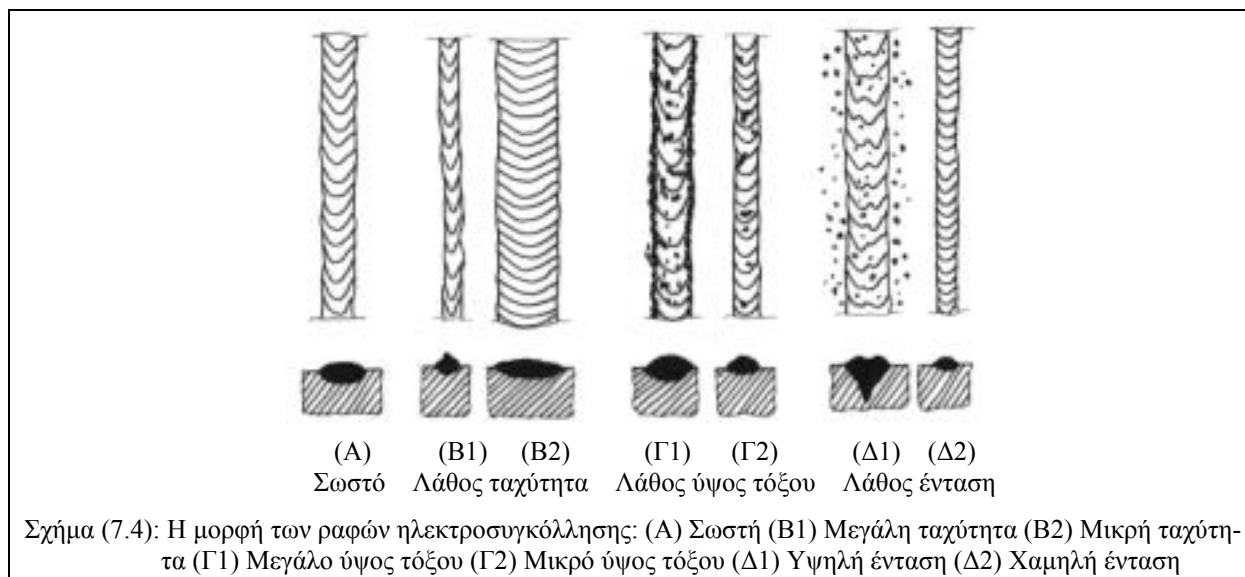


Σχήμα (7.3): Οι συνηθέστεροι τρόποι κίνησης του ηλεκτροδίου: (Α) Ευθύγραμμη (Β) Ημισελήνου (Γ) Τραπεζοειδής (Δ) Κυκλική

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω φαίνεται στην αρχή δύσκολος. Όμως δεν είναι, επειδή η εμφάνιση της συγκόλλησης είναι αυτή που οδηγεί στο τι θα πρέπει να γίνει. Η σωστή εμφάνιση πρέπει να είναι όπως στο σχήμα (7.4), περίπτωση (Α). Η επιφάνεια της ραφής είναι λεία, χωρίς πόρους, πιτσιλίσματα ή υπολείμματα σκουριάς και η επικαλυπτική σκουριά πρέπει να **αφαιρείται εύκολα**. Ανάλογα με το σφάλμα που γίνεται, έχουμε διαφορετική εμφάνιση και προβαίνουμε σε αντίστοιχες διορθωτικές κινήσεις. Αναλυτικότερα:

- Αν η **ταχύτητα** κίνησης είναι **μεγάλη**, η ραφή θα είναι στενή, λεπτή και πολύ αντιαισθητική, όπως φαίνεται στην περίπτωση (Β1). Η σκουριά θα απομακρύνεται σχετικά δύσκολα.
- Αν η **ταχύτητα** κίνησης είναι **μικρή** (Β2), θα έχουμε μία πεπλατυσμένη αλλά σχετικά εμφανίσιμη και ανθεκτική ραφή. Γίνεται όμως σπατάλη υλικού και χρόνου.
- Αν το **ύψος του τόξου** είναι **μεγάλο** (Γ1), η ραφή θα είναι πλατειά με πιτσιλίσματα. Επίσης, κατά την ηλεκτροσυγκόλληση, είναι πολύ πιθανό το τόξο να αποκλίνει από την πορεία του.
- Αν έχουμε **μικρό ύψος τόξου** (Γ2), η ραφή θα είναι στενή και αντιαισθητική. Η σκουριά θα απομακρύνεται δύσκολα και είναι πιθανό να αφήνει υπολείμματα που να μην αφαιρούνται.
- Αν η **ένταση** του ρεύματος είναι **υψηλή** (Δ1), θα υπάρχει ένας σχεδόν συνεχής κεντρικός κρατήρας κατά μήκος της ραφής. Επίσης, θα έχουμε πιτσιλίσματα.
- Αν έχουμε **χαμηλή ένταση** ρεύματος (Δ2), η ραφή θα είναι στενή και ψηλή. Η πάστα θα απομακρύνεται σχετικά δύσκολα.

³ Εκτός των βασικών που είναι στο ήμισυ της διαμέτρου.



Για την εκτέλεση καλής ραφής, ο ηλεκτροσυγκολλητής οφείλει, κατά διαστήματα, να αφαιρεί την πάστα και να ελέγχει τη μορφή της ραφής. Αν χρειάζεται, εκτελεί τις τυχόν απαιτούμενες διορθώσεις στις παραμέτρους που προαναφέρθηκαν: **διάμετρος ηλεκτροδίου + ένταση ρεύματος + μήκος τόξου + κίνηση ηλεκτροδίου.**

Το πρόβλημα σε κάθε περίπτωση μπορεί να διορθωθεί με έναν από τους εξής δύο τρόπους:

- Με την απευθείας διόρθωση της παραμέτρου που παρουσιάζει το πρόβλημα.
- Με την επέμβαση σε μία από τις άλλες παραμέτρους.

Αν π.χ. η εμφάνιση της ραφής υποδηλώνει υψηλή ένταση ρεύματος, η προφανής λύση είναι η μείωση του ηλεκτρικού ρεύματος. Αν όμως θέλουμε να έχουμε υψηλό βαθμό παραγωγικότητας, μπορούμε να δοκιμάσουμε να διορθώσουμε την κατάσταση με επέμβαση σε μία από τις άλλες παραμέτρους, π.χ. με την ταχύτερη κίνηση του ηλεκτροδίου.

7-4. Τα τεχνικά προβλήματα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση

Στο κεφάλαιο (1) αναπτύχθηκαν ορισμένα προβλήματα τα οποία οφείλονται στον τρόπο που είναι από τη φύση τους κατασκευασμένα τα μέταλλα. Η αντιμετώπισή τους γίνεται με την επιλογή του κατάλληλου υλικού και σε ορισμένες περιπτώσεις με την εφαρμογή προθέρμανσης. Τα κυριότερα από αυτά τα προβλήματα υπενθυμίζονται στον πίνακα (7.2).

Πίνακας (7.2): Προβλήματα στη ΖΕΘ κατά την ηλεκτροσυγκόλληση λόγω της κατασκευής των μετάλλων			
A/A	Ονομασία	Περιγραφή - Συνέπειες	Παράγραφος
1	Αλλαγή της κρυσταλλικής δομής	Το μέγεθος των κόκκων στη ΖΕΘ αλλάζει με συνέπεια τη μείωση της αντοχής, ιδίως όταν $\pi(C) > 0,2\%$.	1-5
2	Ρηγματώσεις από ακαθαρσίες (κυρίως S και P)	Οι ακαθαρσίες στο μέταλλο σχηματίζουν εύθραυστες ενώσεις στα όρια των κόκκων που γίνονται αιτία ρηγματώσεων.	1-10
3	Δημιουργία φυσαλίδων	Παράγονται αέρια, κυρίως CO_2 και άζωτο που σχηματίζουν φυσαλίδες που αποτελούν σημεία έναρξης της θραύσης.	1-12
4	Γήρανση	Ο χάλυβας γίνεται εύθραυστος. Οφείλεται κυρίως στο άζωτο και επηρεάζει τους χάλυβες με $\pi(C) < 0,15\%$.	1-13
5	Σε χρωμιούχους χάλυβες: κατακρήμνιση καρβιδίων	Σχηματίζονται καρβίδια του χρωμίου που συγκεντρώνονται στα όρια των κόκκων και κάνουν το μέταλλο εύθραυστο.	1-15

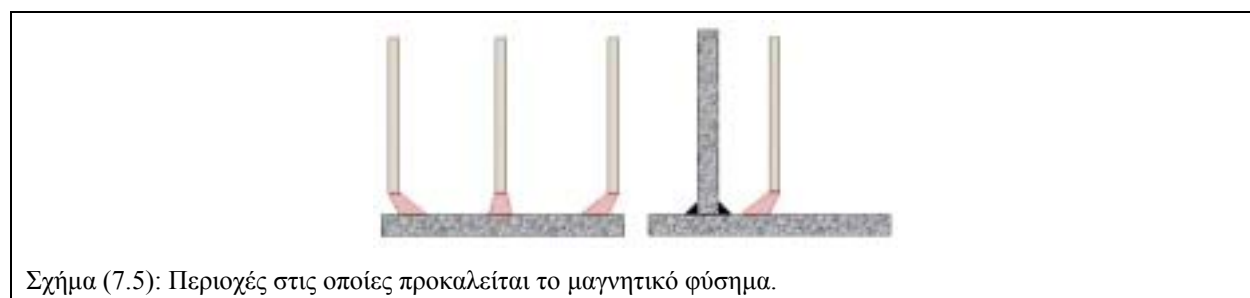
Στην ηλεκτροσυγκόλληση αντιμετωπίζουμε και άλλα τεχνικά προβλήματα, τα οποία περιγράφονται συνοπτικά στον πίνακα (7.3). Εδώ, σε αντίθεση με τα προβλήματα που οφείλονται στην υφή των μετάλλων, ο ηλεκτροσυγκολλητής μπορεί να τα αντιμετωπίσει.

Πίνακας (7.3): Τα προβλήματα ηλεκτροσυγκόλλησης τα οποία πρέπει να αντιμετωπίσει ο ηλεκτροσυγκολλητής			
A/A	Ονομασία	Περιγραφή – Συνέπειες	Αντιμετώπιση
1	Το φύσημα του τόξου (μαγνητικό ή θερμικό φύσημα)	Το τόξο, ξεφεύγει από την πορεία του, με αποτέλεσμα την κακή ποιότητα συγκόλλησης.	Με αλλαγή του σημείου γείωσης, με την κατάλληλη κλίση του ηλεκτροδίου ή με ρεύμα AC.
2	Θερμικές παραμορφώσεις	Από τη θερμότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης παραμορφώνονται τα εξαρτήματα και ιδίως οι λαμαρίνες μικρού πάχους.	Με την εκτέλεση της ραφής με μικρού μήκους κορδόνια κατά αποστάσεις.
3	Ρηγματώσεις εξ αιτίας του υδρογόνου (προέρχεται κυρίως από την υγρασία της ατμόσφαιρας)	Το υδρογόνο έχει μεγάλη διαλυτότητα στον ωστενίτη αλλά μικρή στο φερρίτη. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία φυσαλίδων κατά την ψύξη.	Με την εφαρμογή προστατευτικής ατμόσφαιρας γύρω από τη συγκόλληση ή με τη χρήση βασικών ηλεκτροδίων.
4	Ρηγμάτωση από άλλες αιτίες (εκτός του υδρογόνου)	Η χημική σύσταση, οι ακαθαρσίες, η ταχεία ψύξη, τυχόν κοίλη μορφή της ραφής και η πολύ βαθιά διείσδυση, είναι οι συνήθεις αιτίες.	Σωστή επιλογή μετάλλου και ηλεκτροδίου, εφαρμογή προθέρμανσης, ελεγχόμενος βαθμός ψύξης, καλός σχεδιασμός της ραφής.

7-5. Το φύσημα του τόξου

Το τόξο μπορεί να αποκλίνει από την πορεία του εξ αιτίας ηλεκτρομαγνητικών ή θερμικών φαινομένων. Η απόκλιση αυτή αποκαλείται **φύσημα του τόξου**⁴. Όταν παρουσιάζεται το φύσημα του τόξου, το μέταλλο δεν εναποτίθεται εκεί όπου το θέλουμε. Ακόμη, έχουμε πιτσιλίσματα και, γενικότερα, κακή ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης.

Όταν το φύσημα οφείλεται σε ηλεκτρομαγνητικά αίτια, τότε ονομάζεται **μαγνητικό φύσημα** και είναι αυτό που δημιουργεί τα περισσότερα προβλήματα. Δε θα επεκταθούμε στην επιστημονική εξήγηση και ερμηνεία του φαινομένου. Το μόνο που μας ενδιαφέρει είναι ότι παρουσιάζεται, συνήθως, σε μεγάλη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος DC (άνω των 200 A).

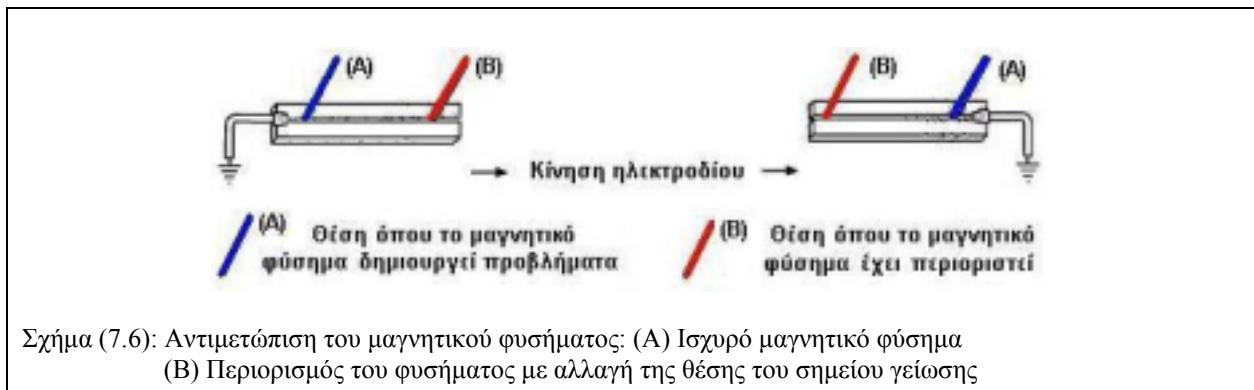


Σχήμα (7.5): Περιοχές στις οποίες προκαλείται το μαγνητικό φύσημα.

Για να μπορέσει ο ηλεκτροσυγκολλητής να αντιμετωπίσει το μαγνητικό φύσημα, χρειάζεται να γνωρίζει τα αποτελέσματά του. Συγκεκριμένα, συμβαίνουν τα εξής:

- Το τόξο τείνει να απομακρυνθεί από το σημείο γείωσης.
- Το τόξο τείνει να έλκεται προς την πλευρά που υπάρχει η περισσότερη μάζα, όπως φαίνεται στο σχήμα (7.5). Όταν το τόξο εφαρμόζεται στο μέσο της επιφάνειας, δε δημιουργείται μαγνητικό φύσημα. Στα άκρα όμως το φαινόμενο είναι έντονο.

⁴ Αγγλικός όρος: arc blow



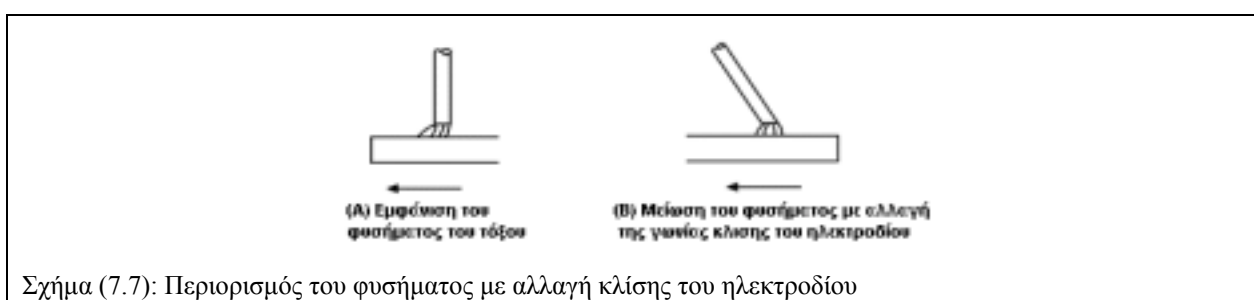
Με το συνδυασμό των δύο παραπάνω μεθόδων, μπορεί να περιοριστεί το φύσημα του τόξου με την επιλογή της κατάλληλης θέσης του σημείου γείωσης. Στο σχήμα (7.6), στις θέσεις (A) έχουμε ισχυρό μαγνητικό φύσημα, ενώ στις (B) αυτό έχει περιοριστεί. Η λύση είναι να ξεκινήσει η συγκόλληση με το σημείο γείωσης κοντά στο σημείο εκκίνησης και, όταν εμφανιστεί το φύσημα του τόξου, να μεταφερθεί στην αντίθετη θέση.

Η απόκλιση του τόξου ενδέχεται να έχει και θερμικά αίτια. Αυτό είναι το **θερμικό φύσημα** και οφείλεται στο ότι το τόξο τείνει να έρχεται σε επαφή με τη θερμότερη περιοχή, δηλαδή με το λουτρό συγκόλλησης και δείχνει «απροθυμία» στο να μετακινηθεί προς την ψυχρότερη περιοχή του μετάλλου.

Όταν παρουσιαστεί το φύσημα, αντιμετωπίζεται με διάφορους τρόπους, αλλά δύσκολα εκμηδενίζεται πλήρως. Η αντιμετώπισή του δεν μπορεί να γίνει ακολουθώντας αυστηρά κάποιους κανόνες. Γι' αυτό η εμπειρία του ηλεκτροσυγκολλητή έχει τον πρώτο λόγο.

Εκτός από την αλλαγή της θέσης του σημείου σύνδεσης της γείωσης, άλλοι απλοί τρόποι αντιμετώπισης του φαινομένου είναι:

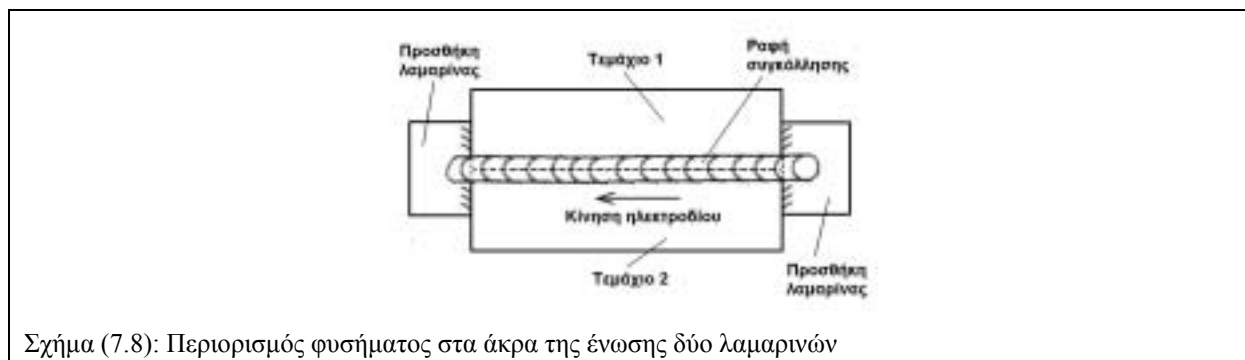
- Με τη χρήση ρεύματος AC, ιδίως όταν η ένταση του ρεύματος υπερβαίνει τα 250 A.
- Με τη μετακίνηση του ηλεκτροδίου υπό γωνία αντίθετη του φύσηματος. Η τεχνική αυτή φαίνεται στο σχήμα (7.7).



Περισσότερο δύσκολες τεχνικές για τη μείωση του φύσηματος είναι οι εξής:

- Ενώνοντας τα προς συγκόλληση τεμάχια, όταν αυτά δεν είναι σε καλή επαφή ή δεν είναι καν σε επαφή. Η ένωση γίνεται εκτελώντας πονταρισίες κατά διαστήματα.
- Με τη μείωση της έντασης του ρεύματος ή με τη μείωση του ύψους του τόξου ή με ταυτόχρονη εφαρμογή και των δύο. Στην περίπτωση αυτή, ενδεχομένως να χρειαστεί και αλλαγή της ταχύτητας κίνησης του ηλεκτροδίου.
- Τυλίγοντας το καλώδιο γείωσης γύρω από το τεμάχιο. Αυτό εξουδετερώνει εν μέρει τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα που προκαλούν το μαγνητικό φύσημα.

- Με τη χρησιμοποίηση βοηθητικών λαμαρινών στα άκρα της υπό κατασκευή ραφής, όπως φαίνεται στο σχήμα (7.8). Αυτές θα πρέπει να έχουν το ίδιο πάχος με τα τεμάχια.



Σχήμα (7.8): Περιορισμός φυσημάτος στα άκρα της ένωσης δύο λαμαρινών

7-6. Θερμικές παραμορφώσεις

Η θέρμανση που αναπτύσσεται κατά την ηλεκτροσυγκόλληση, μπορεί να έχει ως συνέπεια τη δημιουργία εσωτερικών τάσεων. Αυτές εμφανίζονται, όταν θα κρυώσει το μέταλλο και είναι η αιτία των παραμορφώσεων που παρατηρούνται. Αν τα τεμάχια δεν είναι ελεύθερα να κινηθούν (δηλαδή να παραμορφωθούν) οι εσωτερικές τάσεις, σε ακραίες περιπτώσεις, μπορούν να προκαλέσουν μέχρι και τη ρηγμάτωση των συγκολλήσεων. Στο σχήμα (7.9), βλέπουμε μερικές συνέπειες από παραμορφώσεις λαμαρινών κατά την ηλεκτροσυγκόλληση.

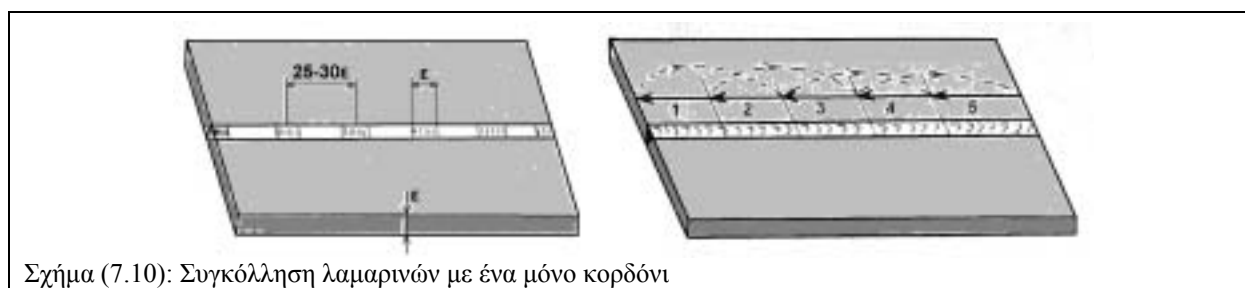


Σχήμα (7.9): Παραμορφώσεις λαμαρινών κατά την ηλεκτροσυγκόλληση

Για την αντιμετώπιση των παραμορφώσεων ακολουθούνται διάφορες τεχνικές. Εδώ θα περιγράψουμε ορισμένες από αυτές. Δεν έχει τόσο σημασία η περιγραφή των τεχνικών, όσο ο τρόπος με τον οποίο σκέπτεται ο ηλεκτροσυγκολλητής, για να αποφευχθούν οι παραμορφώσεις.

(α) Συγκόλληση δύο λαμαρινών μικρού πάχους: Στην περίπτωση αυτή απαιτείται μόνο ένα κορδόνι. Η διαδικασία φαίνεται στο σχήμα (7.10) και έχει ως εξής:

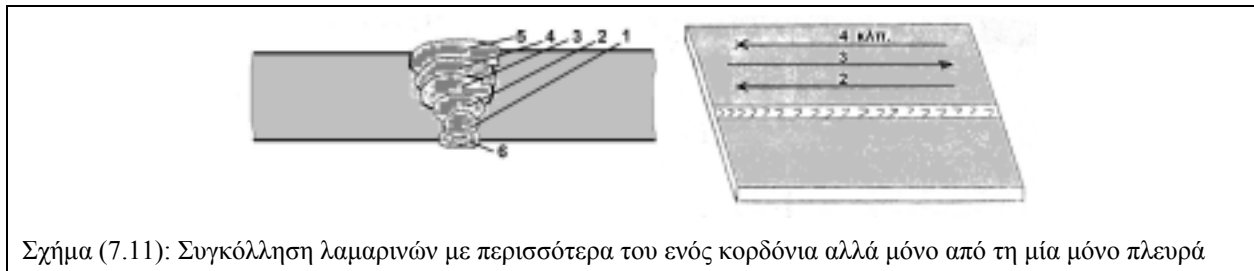
- Κάνουμε μικρές πονταρισιές που μπορούν να απέχουν μεταξύ τους από 25 μέχρι 35 φορές το πάχος του ελάσματος.
- Με τις πονταρισιές, η λαμαρίνα έχει χωριστεί σε τμήματα που στο σχήμα (7.10) φαίνονται αριθμημένα από το 1 μέχρι το 5. Τα συγκολλούμε με την εξής σειρά: 1-3-5-2-4



Σχήμα (7.10): Συγκόλληση λαμαρινών με ένα μόνο κορδόνι

(β) Συγκόλληση λαμαρινών μεγάλου πάχους, όταν απαιτούνται περισσότερα του ενός κορδόνια, αλλά μόνο από τη μία πλευρά:

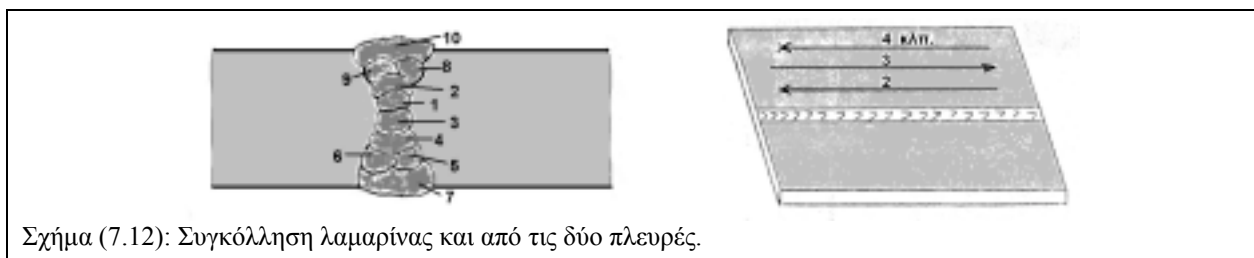
- Για το πρώτο κορδόνι ακολουθούμε την προηγούμενη διαδικασία.
- Τα υπόλοιπα κορδόνια τα περνάμε με τη σειρά που φαίνεται στο σχήμα (7.11). **Τα επιπλέον κορδόνια προϋποθέτουν πολύ καλό καθαρισμό της σκουριάς της πάστας.**
- Στο τέλος, γυρίζουμε ανάποδα το τεμάχιο, **τροχίζουμε τη ρίζα**, επειδή εκεί η πρόσφυση και η καθαρότητα της ένωσης είναι πολύ κακή. Μετά εκτελούμε την τελευταία ραφή που στο σχήμα (7.11) έχει τον αριθμό (6). Αυτή είναι καλύτερα να γίνεται με TIG.



Σχήμα (7.11): Συγκόλληση λαμαρινών με περισσότερα του ενός κορδόνια αλλά μόνο από τη μία μόνο πλευρά

(γ) Συγκόλληση λαμαρινών μεγάλου πάχους, όταν απαιτούνται κορδόνια και από τις δύο πλευρές:

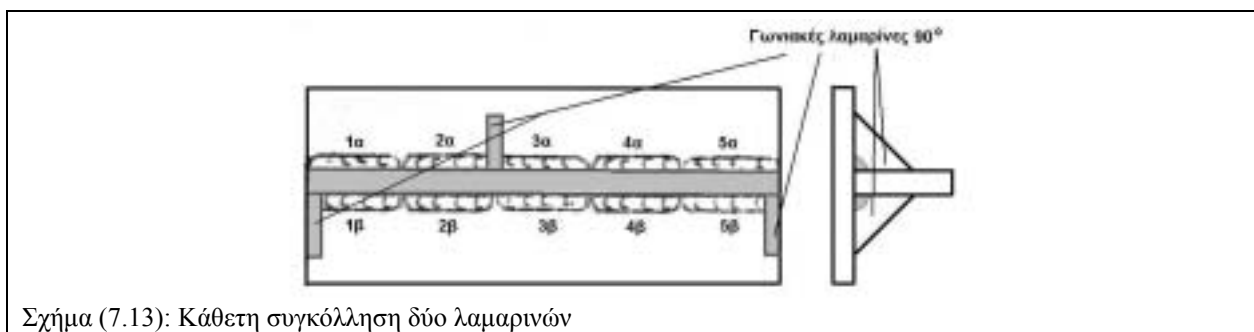
- Για το πρώτο κορδόνι ακολουθούμε την διαδικασία του σχήματος (7.10).
- Τα υπόλοιπα κορδόνια τα περνάμε με τη σειρά που φαίνεται στο σχήμα (7.12).



Σχήμα (7.12): Συγκόλληση λαμαρίνας και από τις δύο πλευρές.

(δ) Κάθετη συγκόλληση δύο λαμαρινών: Η διαδικασία φαίνεται στο σχήμα (7.13). Ακολουθούμε τα εξής βήματα:

- Ποντάρουμε δύο γωνιακά ελάσματα κοντά στις άκρες, για να διατηρούνται οι λαμαρίνες στην κάθετη θέση κατά τη διάρκεια της ηλεκτροσυγκόλλησης. Αν το μήκος είναι μεγάλο, μπορεί να χρειαστεί και ένα ακόμη γωνιακό έλασμα στο μέσον.
- Συγκρατούμε τα τεμάχια στη θέση τους, εκτελώντας πονταρίσματα και από τις δύο μεριές.

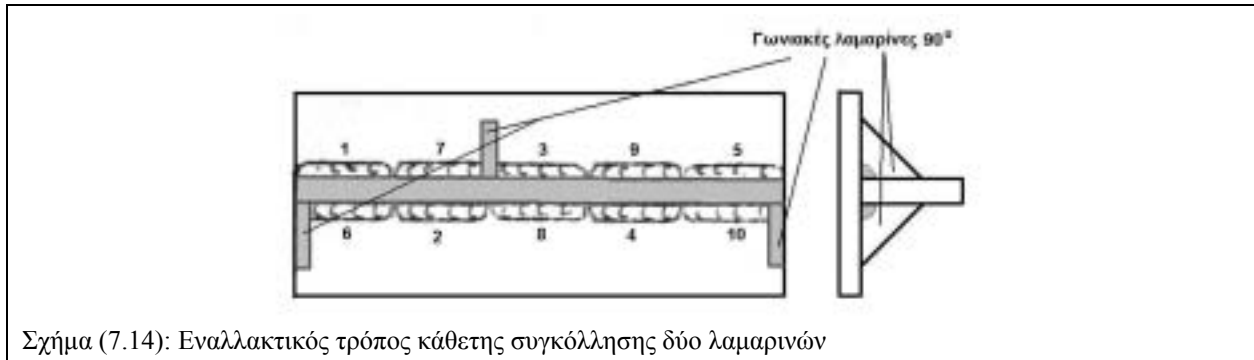


Σχήμα (7.13): Κάθετη συγκόλληση δύο λαμαρινών

- Η σειρά των συγκολλήσεων είναι:

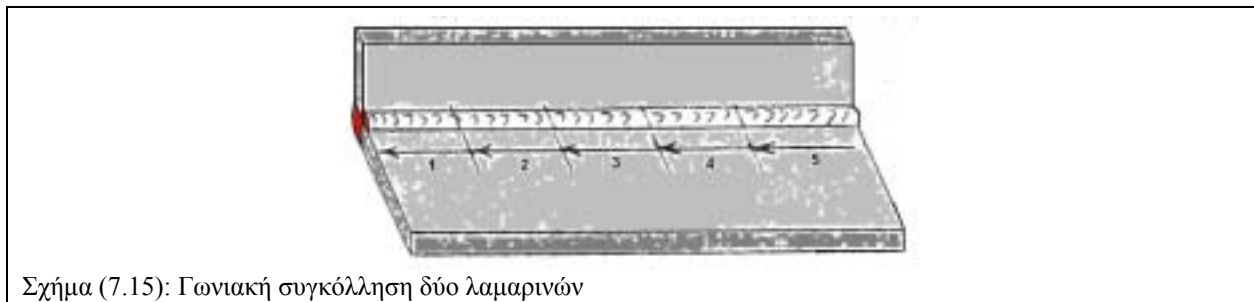
$$(1^a - 1^b) - (3^a - 3^b) - (5^a - 5^b) - (2^a - 2^b) - (4^a - 4^b)$$

- Εναλλακτική λύση στη σειρά των συγκολλήσεων φαίνεται στο σχήμα (7.14).
- Αν απαιτούνται και άλλα κορδόνια, τα περνάμε με τη σειρά του σχήματος (7.11).
- Αφαιρούμε τις γωνίες-οδηγούς και εκτελούμε τη συγκόλληση στα μικρά τμήματα στα οποία η παρουσία των γωνιών κάλυπτε τα σημεία της συγκόλλησης.



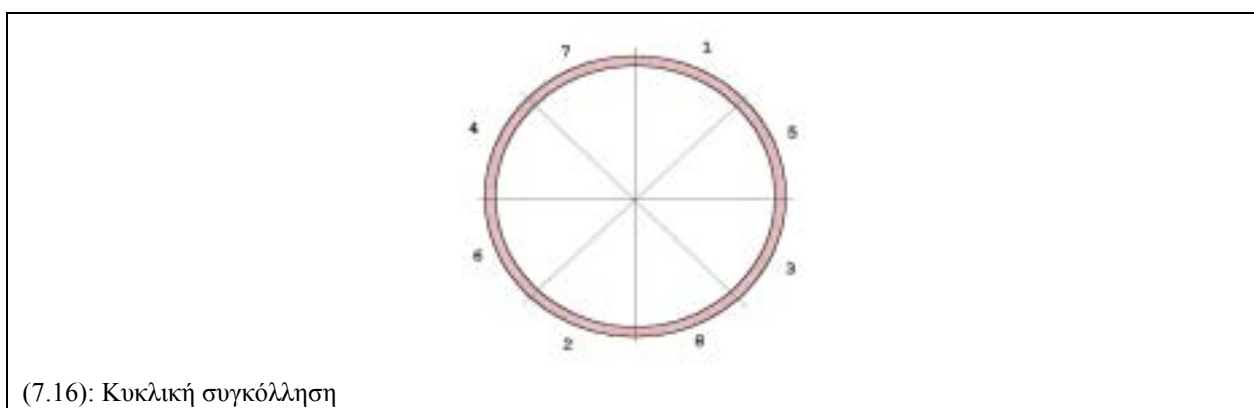
Σχήμα (7.14): Εναλλακτικός τρόπος κάθετης συγκόλλησης δύο λαμαρινών

(ε) Γωνιακή συγκόλληση δύο λαμαρινών: Βασικά ακολουθούμε την ίδια ακριβώς διαδικασία με αυτή της κάθετης συγκόλλησης των λαμαρινών. Η τεχνική φαίνεται στο σχήμα (7.15). Έχει περισσότερη δυσκολία, επειδή χρειάζεται πολλές μετακινήσεις του τεμαχίου κατά τη φάση της συγκόλλησης και από τις δύο μεριές⁵.



Σχήμα (7.15): Γωνιακή συγκόλληση δύο λαμαρινών

(στ) Κυκλική συγκόλληση. Η τεχνική φαίνεται στο σχήμα (7.16). Η διαδικασία που πρέπει να ακολουθηθεί, είναι προφανής. Η τεχνική αυτή εφαρμόζεται, κυρίως, στη συγκόλληση σωλήνων⁶.



(7.16): Κυκλική συγκόλληση

⁵ Υπάρχουν στο εμπόριο ιδιοσυσκευές που διευκολύνουν την εργασία.

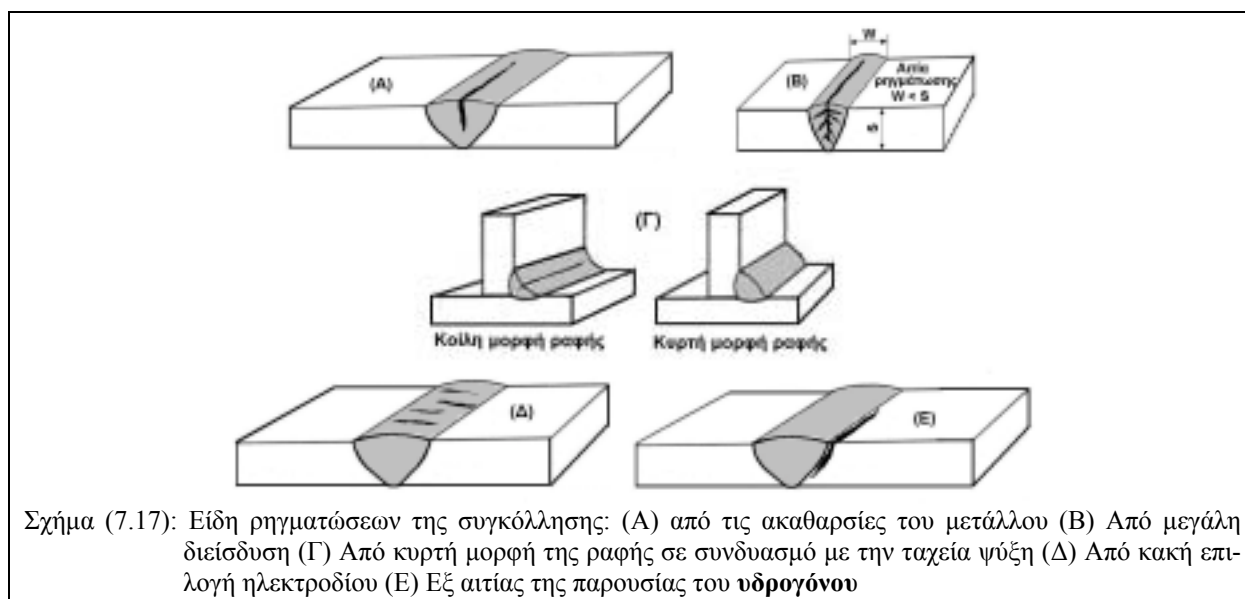
7-7. Οι ρηγματώσεις

Οι ρηγματώσεις αποτελούν έναν από τους μεγαλύτερους κινδύνους της ηλεκτροσυγκόλλησης και συχνά ανιχνεύονται δύσκολα. Διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

(α) Διαμήκης ρηγμάτωση πάνω στη συγκόλληση

Έχουν τη μορφή του σχήματος (7.17), περιπτώσεις (Α), (Β), (Γ). Προκαλείται από διάφορες αιτίες και συγκεκριμένα:

- ✓ Από τις ακαθαρσίες που υπάρχουν στο μέταλλο βάσης και στο εναποτιθέμενο μέταλλο. Η μορφή τους είναι όπως στην περίπτωση (Α). Ο λόγος που η ρηγμάτωση παρουσιάζεται στο κέντρο της ραφής είναι επειδή αυτή η περιοχή στερεοποιείται τελευταία, με αποτέλεσμα να συγκεντρώνονται εκεί όλες οι ακαθαρσίες του μετάλλου.
- ✓ Από μεγάλη διείσδυση του προστιθέμενου μετάλλου, που φαίνεται στην περίπτωση (Β), με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγάλο ύψος ραφής. **Το ύψος της ραφής δεν πρέπει να υπερβαίνει το πλάτος.**
- ✓ Από την ταχεία ψύξη της ραφής, όταν η επιφάνειά της είναι κοίλη, όπως στην περίπτωση (Γ).
- ✓ Από συνδυασμό όλων των παραπάνω.



(β) Κάθετη ρηγμάτωση πάνω στην ηλεκτροσυγκόλληση

Η μορφή είναι όπως η περίπτωση (Δ) του σχήματος (7.17). Προκαλείται από ασυμφωνία μετάλλου βάσης και ηλεκτροδίου. Συγκεκριμένα, όταν το εναποτιθέμενο μέταλλο παρουσιάζει πολύ διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες από το μέταλλο βάσης, καθώς συστέλλεται, δημιουργούνται τάσεις που μπορεί να το ρηγματώσουν. Καμιά φορά, μπορεί στο φαινόμενο αυτό να συμβάλει και η παρουσία υδρογόνου.

(γ) Διαμήκης ρηγμάτωση δίπλα στη συγκόλληση

Αυτή είναι η πλέον συνηθισμένη περίπτωση ρηγμάτωσης και φαίνεται στην περίπτωση (Ε) του σχήματος (7.17). Προκαλείται από την παρουσία υδρογόνου που είναι και η μοναδική αιτία της. Η θραύση επέρχεται, συνήθως, μετά από πολλές ώρες και γι' αυτό μόνο **μετά 48 ώρες** από τη συγκόλληση μπορούμε να είμαστε σίγουροι.

7-8. Η αντιμετώπιση ρηγματώσεων που δεν οφείλονται στο υδρογόνο

Η διαμήκης ρηγμάτωση στο μέσο της ραφής, περιπτώσεις (Α), (Β) και (Γ) του σχήματος (7.17), θα αντιμετωπιζόταν εύκολα, αν ξέραμε ποια ή ποιες από τις τρεις αιτίες την προκάλεσε.

Η περίπτωση (Α) είναι σχεδόν ανύπαρκτη στους χάλυβες με $\pi(C) \leq 0,15\%$. Όταν $\pi(C) > 0,15\%$, πρέπει να γίνεται επιλογή κατάλληλου μετάλλου βάσης με μικρή περιεκτικότητα θείου (S) και φωσφόρου (P) ($<0,04\%$). Το S δεσμεύεται από το Μαγγάνιο (Mn), και γι' αυτό όλα τα ηλεκτρόδια περιέχουν Mn. Δυστυχώς όμως, δεν υπάρχει τρόπος για τη δέσμευση του P.

Στην περίπτωση (Β) μειώνεται η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, για να μειωθεί η διείδυση, ή αλλάζει ο τρόπος διαμόρφωσης των προς συγκόλληση άκρων, ώστε να εξασφαλιστεί ότι το πλάτος εναπόθεσης του μετάλλου θα είναι τουλάχιστον όσο το ύψος.

Στην περίπτωση (Γ) εκτελείται άλλο ένα κορδόνι, για να πάρει η συγκόλληση κυρτή ή επίπεδη μορφή, ή αλλάζουμε τύπο ηλεκτροδίου. Για να συμβεί αυτή η ρηγμάτωση, πρέπει να υπάρχουν ακαθαρσίες στο μέταλλο βάσης (S ή P) σε μεγάλη περιεκτικότητα.

***Παρατήρηση:** Υπάρχουν ηλεκτρόδια που δημιουργούν μόνο κοίλη μορφή. Να μη δημιουργηθεί η εντύπωση ότι αυτά τα ηλεκτρόδια δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται. Απλά η ρηγμάτωση διευκολύνεται στην κοίλη μορφή, επειδή έχει μικρότερη αντοχή από την κυρτή.*

Η κάθετη ρηγμάτωση της περίπτωσης (Δ) του σχήματος (7.17) είναι σχετικά σπάνια, επειδή οφείλεται σε εσφαλμένη επιλογή του ηλεκτροδίου και, συγκεκριμένα, στη χρήση ηλεκτροδίου με **μικρότερη** ελαστικότητα από το μέταλλο βάσης, που πάντα, όμως, παρουσιάζει **μεγαλύτερη** αντοχή. Αν συμβεί, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρόδια με **μικρότερη** αντοχή.

7-9. Ο ρόλος του υδρογόνου στις ρηγματώσεις

Ο μεγαλύτερος κίνδυνος ρηγμάτωσης **προέρχεται από το υδρογόνο**. Αυτό διεισδύει στο υγρό μέταλλο και από εκεί στον ωστενίτη ο οποίος μπορεί να διαλύσει μεγάλη ποσότητα υδρογόνου. Όταν ο ωστενίτης αρχίζει να μετατρέπεται σε φερρίτη, που δεν έχει την ίδια ικανότητα διάλυσης υδρογόνου, τότε απελευθερώνεται το υδρογόνο και προκαλεί εσωτερικές τάσεις. Αυτές, αν το υδρογόνο είναι σε μεγάλη ποσότητα, οδηγούν στη ρηγμάτωση. Τα πράγματα είναι ακόμη χειρότερα, αν, κατά το μετασχηματισμό του ωστενίτη, έχουμε και δημιουργία μαρτενσίτη, επειδή αυτός δεν έχει καμία δυνατότητα διάλυσης του υδρογόνου. Η αποφυγή της δημιουργίας μαρτενσίτη γίνεται με την εφαρμογή αργού ρυθμού ψύξης.

Το υδρογόνο προέρχεται κυρίως από την ατμόσφαιρα, όπου υπάρχει υπό μορφή υγρασίας (διασπάται σε υδρογόνο και οξυγόνο από τη θερμοκρασία του τόξου). Τυχόν υδρογονάνθρακες πάνω στο μέταλλο (λάδια κτλ.) που δεν έχουν καθαριστεί, αποτελούν σοβαρή πηγή υδρογόνου. Άλλες πηγές είναι το ίδιο το ηλεκτρόδιο που περιέχει υδρογόνο καθώς και η πάστα του.

7-10. Η πρόληψη των ρηγματώσεων εξ αιτίας του υδρογόνου

Το φαινόμενο ρηγμάτωσης εξ αιτίας του υδρογόνου αντιμετωπίζεται από τον ηλεκτροσυγκολλητή με τους εξής τρόπους:

- Με τη χρήση ηλεκτροδίων χαμηλού υδρογόνου. Τα επενδυμένα ηλεκτρόδια χαμηλού υδρογόνου ονομάζονται **βασικά ηλεκτρόδια**. Πρέπει όμως να χρησιμοποιούνται μόνο, όταν, πράγματι, είναι απαραίτητα, επειδή έχουν αρκετές δυσκολίες στη χρήση τους.
- Με τη συγκόλληση σε αδρανή ατμόσφαιρα χωρίς υδρογόνο.

- Με την προθέρμανση, επειδή μετά από αυτή η ψύξη του μετάλλου διαρκεί περισσότερο. Αυτό δίνει χρόνο στο υδρογόνο να απομακρυνθεί, επειδή ο μετασχηματισμός του ωστενίτη σε φερρίτη γίνεται πιο αργά και συγχρόνως δε σχηματίζεται μαρτενσίτης.

Το ερώτημα είναι πότε θα χρειαστεί να καταφύγουμε σε συγκόλληση χαμηλού υδρογόνου. Η απάντηση βρίσκεται στην κρισιμότητα της αντοχής της συγκόλλησης. Αν π.χ. πρόκειται να συγκολληθεί το φτερό ενός αυτοκινήτου, δεν υπάρχει θέμα ισχυρής συγκόλλησης. Αν όμως πρόκειται για το σασί ενός βαρέως οχήματος, τότε καλό είναι να σκεφτούμε να εκτελέσουμε συγκόλληση χαμηλού υδρογόνου, για να είμαστε σίγουροι. Ο κανόνας είναι:

Όταν πρόκειται για εξάρτημα που θα υποβληθεί σε ισχυρές καταπονήσεις, πρέπει να γίνεται συγκόλληση χαμηλού υδρογόνου.

Οι χάλυβες ωστενιτικής δομής δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα ρηγμάτωσης εξ αιτίας του υδρογόνου. Έχουν όμως πρόβλημα ρηγμάτωσης από άλλες αιτίες. Π.χ. οι ανοξείδωτοι χάλυβες παρουσιάζουν το πρόβλημα της κατακρήμνισης των καρβιδίων του χρωμίου.

7-11. Η παρουσία πόρων και λοιπών ελαττωμάτων

Η παρουσία **πόρων** στη ραφή μίας ηλεκτροσυγκόλλησης είναι σχεδόν αναπόφευκτη. Ευτυχώς όμως που οι πόροι σε αραιές αποστάσεις και σε μικρό αριθμό δε δημιουργούν προβλήματα. Αν είναι πυκνοί, μπορεί να αποτελέσουν θραύση κατά τη λειτουργία.

Υπάρχουν δύο ποιότητες ραφής. Αυτές είναι οι GRADE I για υψηλές απαιτήσεις και η GRADE II για συνήθεις απαιτήσεις. Στον πίνακα (7.5) βλέπουμε τι προβλέπεται για τις δύο αυτές ποιότητες. Η πλήρης ανίχνευση των πόρων γίνεται μόνο με ακτινογραφία ή με υπέρηχους. Με οπτικό έλεγχο είναι ορατοί μόνο οι επιφανειακοί πόροι. Αν αυτοί είναι πολλοί, είναι λογικό να συμπεράνουμε ότι και στο εσωτερικό της συγκόλλησης θα είναι πολύ περισσότεροι.

Πίνακας (7.5): Οι ποιότητες ηλεκτροσυγκόλλησης ανάλογα με τον αριθμό των επιτρεπόμενων πόρων					
Ποιότητα	Διάμετρος πόρων (mm)	Μέγιστος αριθμός πόρων ανά 150 mm	Ποιότητα	Διάμετρος πόρων (mm)	Μέγιστος αριθμός πόρων ανά 150 mm
GRADE I	1,2 – 1,6	8	GRADE II	1,6 – 2,0	14
	0,8 – 1,2	15		1,2 – 1,6	22
	0,4 – 0,8	22		0,4 – 1,2	44
	0,4 – 1,6	Συνολικά 18 ως εξής: 1,2 – 1,6 : 3 0,8 – 1,2 : 5 0,4 – 0,8 : 10		0,4 – 2,0	Συνολικά 27 ως εξής: 1,6 – 2,0 : 3 1,2 – 1,6 : 8 0,4 – 1,2 : 16

Μία πολύ σοβαρή ανωμαλία είναι **να μην υπάρχει επαρκής διείσδυση μέχρι τη ρίζα**. Στην περίπτωση αυτή η ρίζα τροχίζεται και γεμίζεται, κατά προτίμηση με TIG ή με βασικά ηλεκτρόδια. Σε συγκολλήσεις υψηλών απαιτήσεων το τρόχισμα και το γέμισμα της ρίζας μπορεί να είναι η προβλεπόμενη παραγωγική διαδικασία.

Άλλες ανωμαλίες είναι:

- Τα **καψίματα**: Υποδηλώνουν κακή έναυση του τόξου και ότι η συγκόλληση σ' αυτά τα σημεία μάλλον δεν είναι καλή.
- Τα **πιτσιλίσματα**: Δεν επηρεάζουν την αντοχή, αλλά δημιουργούν κακή εμφάνιση που ενδέχεται να έχει σημασία.

- Τα **κοιλώματα** και οι **προεξοχές**: Αυτές μπορούν να αποτελέσουν σημείο αρχής μιας θραύσης. Εντοπίζονται με οπτικό έλεγχο και επισκευάζονται εύκολα (τα κοιλώματα γεμίζονται και οι προεξοχές τροχίζονται).

7-12. Η προθέρμανση

Η προθέρμανση απαιτείται για τη συγκόλληση ορισμένων ειδών χαλύβων αλλά και άλλων μετάλλων. Περιορίζει πολύ τον κίνδυνο ρηγμάτωσης. Το ερώτημα «πότε χρειάζεται να εφαρμοστεί η προθέρμανση;» είναι δύσκολο να απαντηθεί. Απλές απαντήσεις θα μπορούσαν να είναι: «στα υλικά που συγκολλούνται δύσκολα» ή «όταν επιδιώκουμε συγκόλληση υψηλής αντοχής». Αν π.χ. πρόκειται για το σασί ενός οχήματος, καλό είναι να εφαρμοστεί η προθέρμανση.

Η προθέρμανση, συνήθως, εφαρμόζεται με φλόγα οξυγόνου-ασετιλίνης, εκατέρωθεν της προς συγκόλληση περιοχής και σε πλάτος τουλάχιστον 75 mm. Η θερμοκρασία της προθέρμανσης σε ανθρακούχους χάλυβες με πάχη μικρότερα των 20 mm δεν είναι κρίσιμη, αρκεί να είναι στην περιοχή 110-200°C. Στις άλλες όμως ποιότητες χαλύβων **θα πρέπει να δοθούν οδηγίες σχετικά με την εφαρμογή της απαιτούμενης προθέρμανσης**.

Η θερμοκρασία της προθέρμανσης μπορεί να μετρηθεί με ακρίβεια με ένα θερμομέτρο επαφής ή με τη βοήθεια ειδικών μαρκαδίων που το σημάδι τους επηρεάζεται από την αλλαγή της θερμοκρασίας. Ένας πρακτικός όμως τρόπος είναι το χρώμα του μετάλλου, σύμφωνα με τον πίνακα (7.4). Για να φανούν οι αλλαγές του χρώματος, **πρέπει να καθαριστεί καλά με τροχό**, ένα τμήμα τουλάχιστον της επιφανείας από τις σκουριές.

Πίνακας (7.4): Αναγνώριση της θερμοκρασίας προθέρμανσης ανθρακούχου χάλυβα από το χρώμα του μετάλλου

Χρώμα	Θερμοκρασία (°C)	Χρώμα	Θερμοκρασία (°C)
Σχεδόν καμία αλλαγή στο χρώμα	< 210	Μεταξύ καφέ και πορφυρού	265
Απαλό κίτρινο	220	Πορφυρό	275
Κίτρινο	230	Σκούρο μπλε	290
Χρυσάφι	245	Φωτεινό μπλε	300
Καφέ	255	Ανοιχτό μπλε	320

7-13. Ο ποιοτικός έλεγχος της ηλεκτροσυγκόλλησης

Ο έλεγχος των ηλεκτροσυγκολλήσεων ολοκληρώνεται **μετά από 48 ώρες τουλάχιστον** από την εκτέλεσή τους, επειδή η διαπίστωση τυχόν ρηγμάτωσης, λόγω του υδρογόνου, απαιτεί, όπως αναφέρθηκε, να παρέλθει διάστημα 48 ωρών. Η πρώτη φάση του ποιοτικού ελέγχου είναι η **οπτική επιθεώρηση**⁶. Μπορεί, μετά την απομάκρυνση της σκουριάς της πάστας, να εκτελεστεί πολύ εύκολα, ακόμη και από τον ίδιο τον ηλεκτροσυγκολλητή.

Το επόμενο στάδιο είναι οι **δοκιμές**. Για να εκτελεστούν απαιτείται ο κατάλληλος εξοπλισμός. Οι δοκιμές δε χρειάζονται πάντοτε. Αυτές εκτελούνται μόνον, όταν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις αντοχής και διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

- Τις **μη καταστρεπτικές δοκιμές**⁷
- Τις **καταστρεπτικές δοκιμές**⁸

⁶ Αγγλικός όρος: Visual inspection. Μπορεί να θεωρηθεί και ως ένα από τα είδη των μη καταστρεπτικών δοκιμών.

⁷ Nondestructive Testing

⁸ Destructive Testing

Η μεγαλύτερη όμως εγγύηση για την ποιότητα των ηλεκτροσυγκολλήσεων είναι ο τεχνίτης. Γι' αυτό, συχνά, **αντί για ποιοτικό έλεγχο, προηγείται των εργασιών η πιστοποίηση⁹ των ηλεκτροσυγκολλητών, η οποία γίνεται με αυστηρά προδιαγεγραμμένη διαδικασία.**

7-14. Η αποδοχή της ηλεκτροσυγκόλλησης μετά από τον έλεγχο

Το να μην παρουσιάζει μία ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης κάποια σφάλματα είναι δύσκολο, ακόμη και όταν πρόκειται για άριστους ηλεκτροσυγκολλητές. Το ερώτημα που τίθεται είναι αν, τελικά, γίνεται αποδεκτή ή όχι. Εδώ θα πρέπει να τονιστεί ότι:

Το πιο εύκολο για κάποιον που εκτελεί ποιοτικό έλεγχο είναι να απορρίπτει τα πάντα για να είναι σίγουρος.

Δυστυχώς υπάρχουν ελεγκτές που εκτελούν ποιοτικό έλεγχο με στόχο την απόρριψη. Τίποτε γι' αυτούς δε μοιάζει να είναι σωστό. Και φυσικά, η επιχείρηση που έχει τέτοιους ελεγκτές, μάλλον δεν έχει και πολύ μέλλον. Ο ελεγκτής θα πρέπει να εξετάζει τα πράγματα πάντοτε σε σχέση με τη λειτουργία που θα εκτελέσει το αντικείμενο και έχοντας υπόψη του την καταπόνηση στην οποία θα υποβληθεί η ηλεκτροσυγκόλληση. Επίσης, σε περίπτωση απόρριψης, θα πρέπει να εξετάσει μήπως το τεμάχιο είναι επισκευάσιμο.

Όταν όμως ο ελεγκτής αμφιβάλλει για την ποιότητα μίας ραφής, αυτή πρέπει να απορρίπτεται. Η αποδοχή μιας ελαττωματικής συγκόλλησης μπορεί να έχει ολέθριες συνέπειες. Αν π.χ. πρόκειται για το σασί ενός οχήματος, μπορεί να χαθούν ανθρώπινες ζωές.

7-15. Η οπτική επιθεώρηση

Ο ηλεκτροσυγκολλητής εξετάζει κατά διαστήματα τη ραφή που εκτελεί και προβαίνει σε διορθωτικές κινήσεις. Τέτοιες είναι:

- Η αλλαγή της έντασης ή της τάσης του ρεύματος
- Το μήκος του τόξου
- Η ταχύτητα με την οποία μετακινεί το ηλεκτρόδιο
- Η αλλαγή του ηλεκτροδίου (ποιότητας ή διαμέτρου)

Μετά την ολοκλήρωση της ηλεκτροσυγκόλλησης, το τεμάχιο ελέγχεται και για τυχόν άλλες ατέλειες οι οποίες δεν είναι εύκολα ορατές κατά τη φάση της ηλεκτροσυγκόλλησης. Προηγείται καθαρισμός με συρματόβουρτσα και από τις δύο πλευρές της ραφής και σε πλάτος τουλάχιστον 10 mm. Στη συνέχεια γίνεται οπτική επιθεώρηση, για να διαπιστωθεί αν τυχόν υπάρχουν οι παρακάτω ατέλειες:

- Αν τα κορδόνια της συγκόλλησης έχουν τις σωστές διαστάσεις και τη σωστή μορφή.
- Αν παρουσιάζονται επιφανειακοί πόροι. Αποτελούν ένδειξη για πολύ περισσότερους πόρους στο εσωτερικό.
- Αν υπάρχουν κρατήρες ή προεξοχές.
- Αν έχει γίνει διείσδυση ως τη ρίζα.
- Μήπως κάπου δεν υπάρχει επαρκής συγκόλληση.
- Αν παρουσιάζονται καψίματα.

⁹ Qualification

- Αν υπάρχουν παραμορφώσεις στα τεμάχια.
- Αν τα τεμάχια έχουν τις σωστές διαστάσεις.
- Αν υπάρχουν ρωγμές (με τη χρήση ενός μεγεθυντικού φακού).

7-16. Οι μη καταστρεπτικές δοκιμές

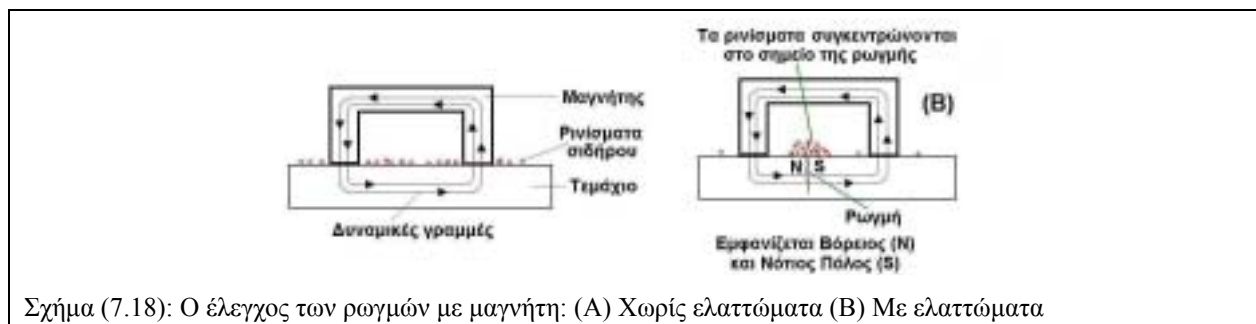
Οι μη καταστρεπτικές δοκιμές ανιχνεύουν ελαττώματα, αλλά δεν εγγυώνται τίποτε για την αντοχή και, γενικά, για τις μηχανικές ιδιότητες της ηλεκτροσυγκόλλησης. Αυτές είναι οι εξής:

(α) Ο έλεγχος για ρωγμές με τη βοήθεια διεισδυτικών υγρών.

Τα διεισδυτικά υγρά διεισδύουν μέσα στην τυχόν υπάρχουσα ρωγμή και τη χρωματίζουν, κάνοντάς την ορατή. Η επιφάνεια πρώτα καθαρίζεται με ένα κατάλληλο διαλυτικό και μετά εφαρμόζεται το διεισδυτικό υγρό (συνήθως σε σπρέι). Ο χρόνος που απαιτείται για τη διείσδυση προδιαγράφεται από τον κατασκευαστή και μπορεί να είναι από λίγα λεπτά μέχρι και μία ώρα. Μετά, το τεμάχιο πλένεται για να αφαιρεθεί το πλεονάζον διεισδυτικό υγρό. Για άλλα υγρά αρκεί ο ψεκασμός με νερό, ενώ για άλλα απαιτείται ειδικό διαλυτικό. Αν τυχόν υπάρχουν ρωγμές, εμφανίζονται χρωματισμένες.

(β) Ο έλεγχος για ρωγμές με τη βοήθεια μαγνήτη ή ηλεκτρομαγνήτη

Ο έλεγχος αυτός μπορεί να γίνεται μόνο σε υλικά με ισχυρές μαγνητικές ιδιότητες. Η αρχή της λειτουργίας αυτής της μεθόδου φαίνεται στο σχήμα (7.18). Όταν εφαρμόζεται ένας μαγνήτης πάνω σε μία μεταλλική επιφάνεια, οι μαγνητικές γραμμές οδεύουν κανονικά, όπως φαίνεται στην περίπτωση (Α) του σχήματος. Όταν όμως υπάρχει μία ατέλεια, όπως στην περίπτωση (Β), οι μαγνητικές γραμμές διακόπτονται και εμφανίζονται Βόρειος και Νότιος πόλος, οι οποίοι έλκουν τα ρινίσματα σιδήρου που έχουμε σκορπίσει στην επιφάνεια που ελέγχουμε.



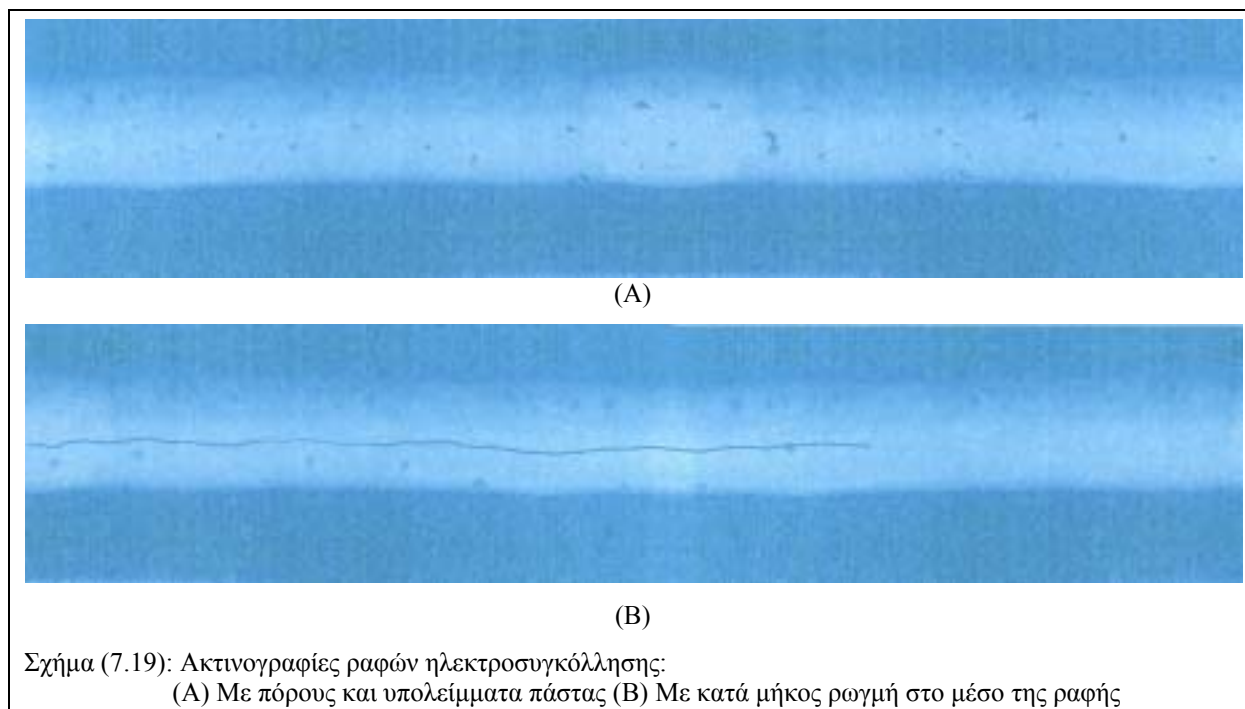
Σχήμα (7.18): Ο έλεγχος των ρωγμών με μαγνήτη: (Α) Χωρίς ελαττώματα (Β) Με ελαττώματα

Ο ηλεκτρομαγνήτης, επειδή δεν είναι μόνιμα μαγνητισμένος, διευκολύνει τον έλεγχο. Συγκεκριμένα, μόλις εφαρμόσουμε το ρεύμα, αν η συγκόλληση είναι καλή, δε θα συμβεί κάτι παράξενο. Αν όμως υπάρχουν ρωγμές, τα ρινίσματα θα μετακινηθούν απότομα (πάνω στη ρωγμή).

(γ) Η ακτινογραφία¹⁰

Με την ακτινογραφία ανιχνεύονται όλες σχεδόν οι βλάβες που μπορεί να έχει μία ηλεκτροσυγκόλληση και ιδίως οι πόροι. Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό και ειδικός εξοπλισμός τον οποίο διαθέτουν μόνο οι πολύ καλά οργανωμένες εταιρείες που εκτελούν συγκολλήσεις υψηλών απαιτήσεων. Στο σχήμα (7.19), φαίνονται ακτινογραφίες συγκολλήσεων.

¹⁰ Προφανώς, στα πλαίσια των εργαστηριακών ασκήσεων του βιβλίου, δεν είναι δυνατόν να γίνονται έλεγχοι με ακτινογραφίες ή με υπερήχους.



(δ) Ο έλεγχος με υπερήχους (ultrasonic)¹¹

Η αρχή λειτουργίας είναι ότι ο υπέρηχος αντανακλάται πάνω στο σημείο που παρουσιάζεται ελάττωμα. Έτσι καθίσταται δυνατή η ανίχνευση, ακόμη και πολύ μικρών ελαττωμάτων τα οποία φαίνονται σε μία οθόνη και αποτυπώνονται σε ένα γραφικό διάγραμμα. Ο χειρισμός του μηχανήματος, καθώς και η ανάγνωση του διαγράμματος, απαιτεί εξειδικευμένο προσωπικό.

7-17. Οι καταστρεπτικές δοκιμές¹¹

Σ' αυτές καταστρέφονται κάποια τεμάχια, προκειμένου να διαπιστωθεί η ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης. Βρίσκουν εφαρμογή σε βιομηχανική παραγωγή συγκολλητών τεμαχίων. Έτσι, π.χ. για κάθε 100 όμοια τεμάχια λαμβάνουμε το ένα και το καταστρέφουμε, για να ελέγξουμε τις μηχανικές ιδιότητες των ηλεκτροσυγκολλήσεων. Οι ιδιότητες που μας ενδιαφέρουν είναι κυρίως η **σκληρότητα**, η αντοχή σε **εφελκυσμό** και η αντοχή σε **κρούση**. Για την εκτέλεσή τους απαιτείται ειδικός εργαστηριακός εξοπλισμός.

Με τις καταστρεπτικές δοκιμές αισθανόμαστε πολύ πιο σίγουροι για το αποτέλεσμα, αλλά δεν μπορούμε να τις εφαρμόσουμε οποτεδήποτε. Αν π.χ. πρόκειται για επισκευή του σασί ενός οχήματος, δεν μπορούμε να κάνουμε καταστρεπτικό έλεγχο.

7-18. Το φύλλο του ποιοτικού ελέγχου

Μετά από κάθε άσκηση θα γίνεται ποιοτικός έλεγχος. Θα συμπληρώνεται φωτοαντίγραφο από το συνημμένο φύλλο. Ο έλεγχος δε θα γίνεται από τον ίδιο το μαθητή που εκτέλεσε την ηλεκτροσυγκόλληση αλλά από κάποιον συμμαθητή του. Η ολοκλήρωση του ελέγχου θα γίνεται στο επόμενο μάθημα, έτσι ώστε να έχουν παρέλθει οι 48 ώρες που απαιτούνται, για να εμφανιστούν οι τυχόν ρηγματώσεις.

¹¹ Η λεπτομερής ανάπτυξη των καταστρεπτικών δοκιμών ξεφεύγει από τους στόχους του βιβλίου.

ΦΥΛΛΟ ΠΟΙΟΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ		A/A ΑΣΚΗΣΗΣ..... ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ.....
A. ΟΠΤΙΚΗ ΕΠΙΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ		
A/A	ΣΗΜΕΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ
1	Μορφή κορδονιών της συγκόλλησης	
2	Όμοιο πλάτος των κορδονιών	
3	Παρουσία επιφανειακών πόρων	
4	Ύπαρξη κρατήρων ή προεξοχών	
5	Διείσδυση ως τη ρίζα της συγκόλλησης	
6	Σημεία με ανεπαρκή συγκόλληση	
7	Ύπαρξη σημείων με κανίματα	
8	Ύπαρξη παραμορφώσεων	
9	Λάθος διαστάσεις τεμαχίου	
10	Διαπίστωση επιφανειακών ρωγμών	
11	Ύπαρξη πιτσιλισμάτων	
B. ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΕΠΤΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΕΣ		
B1. ΔΟΚΙΜΗ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΗ		
1	Υλικό (μαγνήτης ή ηλεκτρομαγνήτης)	
2	Τοποθέτηση - Άπλωμα σιδηρόσκονης	
3	Εφαρμογή ηλεκτρικού ρεύματος (μόνο για ηλεκτρομαγνήτη)	
4	Διαπιστώσεις	
B2. ΔΟΚΙΜΗ ΜΕ ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΟ ΥΓΡΟ		
1	Ονομασία διεισδυτικού υγρού	
2	Χρόνος απαιτούμενος για τη διείσδυση	
3	Ο καθαρισμός επιφανείας έγινε με	
4	Η εφαρμογή έγινε την (ώρα)	
5	Η επιφάνεια καθαρίστηκε την (ώρα)	
6	Διαπιστώσεις που έγιναν	
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		
1	Το τεμάχιο είναι (αποδεκτό – απορριπτό – επισκευάσιμο).	
2	Αν το κάνατε αποδεκτό, ενώ έχει ατέλειες, αιτιολογήσατε την απόφασή σας. Αν είναι απορριπτό, αιτιολογήσατε. Αν είναι επισκευάσιμο, αναφέρατε τα σημεία που χρειάζονται επισκευές. Θα το στέλνατε σε εξωτερικό εργαστήριο για άλλους ελέγχους και ποίους; (Αν ο χώρος δεν επαρκεί, κάντε ξεχωριστή έκθεση και συρράψτε την με το παρόν)	
3	Θεωρείτε ότι ήταν πραγματικά απαραίτητες οι μη καταστρεπτικές δοκιμές;	
Ο ΜΑΘΗΤΗΣ ΠΟΥ ΕΚΑΝΕ ΤΟΝ ΕΛΕΓΧΟ		ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ
(Όνομα – Επώνυμο – Υπογραφή)		

ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Χωρίς προετοιμασία των άκρων, μπορούν να συγκολληθούν λαμαρίνες πάχους μέχρι 5 mm. Μέχρι 2 mm μπορούν να είναι σε επαφή. Σε πάχος > 2mm πρέπει να υπάρχει διάκενο.
- Πριν από την ηλεκτροσυγκόλληση, τα άκρα πρέπει να καθαρίζονται με συρματοβουρτσα ή τροχό. Τυχόν οργανικά κατάλοιπα καθαρίζονται με το κατάλληλο ανόργανο υγρό.
- Οι μέθοδοι έναυσης του τόξου είναι:
 - (α) Με τρίψιμο, σε ρεύμα AC ή με βασικά ηλεκτρόδια
 - (β) Με άγγιγμα του ηλεκτροδίου και απότομο σήκωμα
- Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης είναι:
 - (α) Η διάμετρος του ηλεκτροδίου
 - (β) Η ένταση του ρεύματος
 - (γ) Το μήκος του τόξου
 - (δ) Η ταχύτητα και ο τρόπος κίνησης του ηλεκτροδίου
- Τα τεχνικά προβλήματα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση είναι:
 - (α) Αυτά που οφείλονται στη σύσταση και τη δομή του μετάλλου.
 - (β) Αυτά που οφείλονται στην ακολουθούμενη τεχνική και τα οποία αντιμετωπίζονται.
- Η απόκλιση του τόξου από την πορεία του ονομάζεται φύσημα. Διακρίνεται σε μαγνητικό φύσημα και σε θερμικό φύσημα.
- Οι κυριότεροι τρόποι αντιμετώπισης του φύσηματος είναι:
 - (α) Με αλλαγή της θέσης του σημείου γείωσης
 - (β) Με εφαρμογή ρεύματος AC
 - (γ) Με το ηλεκτρόδιο υπό γωνία αντίθετη του φύσηματος
- Η θερμότητα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση δημιουργεί παραμορφώσεις, ιδίως στα λεπτά ελάσματα. Αντιμετωπίζεται με την εκτέλεση κορδονιών μικρού μήκους.
- Οι ρηγματώσεις είναι τριών ειδών:
 - (α) Διαμήκης πάνω στη συγκόλληση που έχει διάφορα αίτια
 - (β) Κάθετη ρηγμάτωση (σπάνια)
 - (γ) Διαμήκης δίπλα από τη συγκόλληση, που οφείλεται στη διείδυση του υδρογόνου.
- Οι ρηγματώσεις του υδρογόνου αντιμετωπίζονται ως εξής:
 - (α) Με βασικά ηλεκτρόδια (χαμηλού υδρογόνου)
 - (β) Με τη συγκόλληση που γίνεται σε αδρανή ατμόσφαιρα
 - (γ) Με την εφαρμογή προθέρμανσης
- Πρόβλημα είναι και οι πόροι της ραφής που ανιχνεύονται με ακτινογραφία ή με υπέρηχους .
- Ο ποιοτικός έλεγχος μίας ηλεκτροσυγκόλλησης μπορεί να περιλαμβάνει:
 - (α) Οπτική επιθεώρηση
 - (β) Μη καταστρεπτικές δοκιμές
 - (γ) Καταστρεπτικές δοκιμές, που εκτελούνται μόνο σε βιομηχανική παραγωγή τεμαχίων.
- Κατά την οπτική επιθεώρηση εξετάζονται κυρίως τα εξής: η μορφή των ραφών, αν υπάρχουν επιφανειακοί πόροι, κρατήρες, καψίματα, αν έχει γίνει διείδυση μέχρι τη ρίζα κτλ.
- Οι μη καταστρεπτικές δοκιμές κυρίως είναι:
 - (α) Ο έλεγχος με διειδυτικό υγρό
 - (β) Ο έλεγχος με μαγνήτη
 - (γ) Η ακτινογραφία και οι υπέρηχοι

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Πώς προετοιμάζονται τα προς συγκόλληση άκρα, όταν οι λαμαρίνες είναι μέχρι 5 mm;
2. Κάντε πίνακα του διακένου που πρέπει να υπάρχει μεταξύ των προς συγκόλληση λαμαρινών, όταν το πάχος είναι μέχρι 5 mm.
3. Ποιες είναι οι τεχνικές έναυσης του τόξου και πού χρησιμοποιείται η κάθε μία;
4. Ποιες είναι οι παράμετροι της ηλεκτροσυγκόλλησης;
5. Ποια είναι τα τεχνικά προβλήματα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση, τα οποία οφείλονται στον τρόπο που είναι κατασκευασμένα τα μέταλλα; (μόνο ονομαστικά)
6. Ποια είναι τα τεχνικά προβλήματα, τα οποία οφείλονται στον τρόπο που εκτελείται μία ηλεκτροσυγκόλληση;
7. Τι ονομάζουμε φύσημα τόξου, ποια είδη φύσηματος έχουμε και ποίο είδος προκαλεί τα περισσότερα προβλήματα;
8. Αναφέρατε πέντε (5) τουλάχιστον τρόπους αντιμετώπισης του φύσηματος του τόξου.
9. Τι είναι οι θερμικές παραμορφώσεις;
10. Πώς θα συγκολλήσετε δύο λαμαρίνες μικρού πάχους, για να μη παραμορφωθούν κατά τη συγκόλληση;
11. Πώς θα συγκολλήσετε δύο λαμαρίνες κάθετα, έτσι ώστε να μην έχουμε παραμορφώσεις;
12. Πώς γίνεται μία κυκλική συγκόλληση;
13. Ποια είδη ρηγματώσεων έχουμε και πού οφείλεται το καθένα;
14. Πώς δημιουργούνται οι ρηγματώσεις εξ αιτίας του υδρογόνου;
15. Με ποιους τρόπους αποφεύγονται οι ρηγματώσεις υδρογόνου;
16. Πόσο χρονικό διάστημα απαιτείται για να εμφανιστούν όλες οι ρηγματώσεις;
17. Πότε καταφεύγουμε σε συγκόλληση με βασικά ηλεκτρόδια;
18. Ποιες είναι οι ποιότητες ηλεκτροσυγκολλήσεων ανάλογα με τον επιτρεπόμενο αριθμό των πόρων;
19. Πότε απαιτείται προθέρμανση πριν από την ηλεκτροσυγκόλληση και πώς εφαρμόζεται;
20. Ποια είναι τα είδη του ποιοτικού ελέγχου;
21. Τι περιλαμβάνει η οπτική επιθεώρηση;
22. Ποιες είναι οι μη καταστρεπτικές δοκιμές; (συνοπτικά)

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Γιατί πρέπει να γίνεται προετοιμασία των άκρων των προς συγκόλληση τεμαχίων;
2. Γιατί δεν απαιτείται διαμόρφωση των άκρων των προς συγκόλληση τεμαχίων, όταν το πάχος τους είναι μέχρι 5 mm;
3. Τι θα συμβεί, αν δοκιμάσουμε να συγκολλήσουμε λαμαρίνες πάχους 20 mm, χωρίς διαμόρφωση των άκρων;
4. Πώς θα μπορούσαμε να συγκολλήσουμε λαμαρίνες πάχους από 6 μέχρι 10 mm, χωρίς διαμόρφωση των άκρων;
5. Γιατί το υλικό απολίπανσης, κατά την προετοιμασία της ηλεκτροσυγκόλλησης, δεν πρέπει να περιέχει υδρογονάνθρακες;
6. Όταν μειώσουμε το μήκος του τόξου, αλλά διατηρήσουμε την ίδια τάση, τότε το ρεύμα ηλεκτροσυγκόλλησης αυξάνεται ή μειώνεται και γιατί;
7. Προκειμένου να αυξηθεί ο βαθμός παραγωγικότητας της επιχείρησης, ζητήθηκε από τους ηλεκτροσυγκολλητές να επιταχύνουν το ρυθμό που κολλάνε (δηλαδή να αυξήσουν την ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου). Η διάμετρος του ηλεκτροδίου δεν επιτρέπεται να αλλάξει. Τι πρέπει να κάνουν οι ηλεκτροσυγκολλητές, για να εξακολουθήσουν να παράγουν καλή ποιότητα ραφής και γιατί;
8. Πώς θα μπορούσαμε να διαπιστώσουμε αν οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης είναι σωστά ρυθμισμένοι;
9. Διαπιστώσατε φύσημα του τόξου. Ποιες είναι οι άμεσες ενέργειες που μπορείτε να κάνετε ως πρώτη προσπάθεια να διορθώσετε το πρόβλημα, χωρίς να υπάρξει καθυστέρηση στην εργασία;
10. Γιατί η προσθήκη λαμών στα άκρα της ραφής βοηθάει στο να μην εμφανιστεί το μαγνητικό φύσημα;
11. Γιατί πρέπει να προσέχουμε, ιδιαίτερα, τη συγκόλληση στην περιοχή της ρίζας;
12. Διαπιστώσατε διαμήκη ρηγμάτωση κατά μήκος της άκρης της ηλεκτροσυγκόλλησης. Τι συμπέρασμα βγάζετε και πώς θα αντιμετωπίσετε το πρόβλημα;
13. Διαπιστώσατε στην ακτινογραφία της ηλεκτροσυγκόλλησης 6 πόρους 1,2-1,6 mm και 2 πόρους 0,8-1,2 mm σε μήκος 150 mm. Σε ποια ποιότητα (GRADE) την κατατάσσετε;
14. Μόλις τελειώσατε μία πολύ σημαντική και δύσκολη συγκόλληση ενός εξαρτήματος που υπόκειται σε μεγάλες καταπονήσεις. Σας ζητάνε να το στείλετε αμέσως στον ποιοτικό έλεγχο, επειδή επείγονται να το χρησιμοποιήσουν. Τι πρέπει να τους πείτε;
15. Κατά την οπτική επιθεώρηση μιας ραφής, διαπιστώσατε δέκα επιφανειακούς πόρους διαμέτρου περίπου 1,2 mm σε μήκος 150 mm. Θα την κάνετε δεκτή;

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εργασία 7.1

Επίσκεψη σε χώρο που εκτελούνται ηλεκτροσυγκολλήσεις MMA

Θα γίνει επίσκεψη σε ένα τουλάχιστον εργοστάσιο σιδηρών κατασκευών. Θα καταγραφούν οι τεχνικές συγκολλήσεων που ακολουθούν και ιδίως οι περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται συγκολλήσεις MMA. Θα αξιολογηθεί η χρήση της MMA και θα γίνουν εκτιμήσεις για το μέλλον αυτής της τεχνικής. Θα συνταχθεί τεχνική έκθεση.

Εργασία 7.2

Επίσκεψη σε εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου συγκολλήσεων

Θα γίνει επίσκεψη σε ένα εργαστήριο ποιοτικού ελέγχου ηλεκτροσυγκολλήσεων. Θα δοθεί προσοχή στις διαδικασίες ποιοτικού ελέγχου με ακτινογραφίες και στις καταστρεπτικές δοκιμές (δοκιμή εφελκυσμού, δοκιμή δυσθραυστότητας ή Charpy-V τεστ). Θα ζητηθούν τυχόν άχρηστα δείγματα παλαιότερων δοκιμών (ακτινογραφίες, σπασμένα δοκίμια καταστροφικών δοκιμών κτλ.) που θα παραμείνουν στο εργαστήριο του σχολείου για να χρησιμοποιηθούν ως διδακτικό υλικό. Θα συνταχθεί τεχνική έκθεση. Ο επί κεφαλής της ομάδας θα κάνει ενημέρωση των συμμαθητών του στην τάξη.

Εργασία 7.3

Προθέρμανση υλικών

Θα συγκεντρωθούν πληροφορίες για τα υλικά με τα οποία ελέγχεται η προθέρμανση των υλικών (π.χ. μαρκαδόροι) και θα αναζητηθούν πληροφορίες για το ύψος της προθέρμανσης που θα πρέπει να εφαρμόζεται στα συνήθη υλικά του εμπορίου.

Εργασία 7.4

Συγκέντρωση υλικού σχετικού με τη λήψη μέτρων ασφάλειας και τη χρήση των μέσων ατομικής προστασίας

Οι μαθητές που θα αναλάβουν αυτή την εργασία, θα χωριστούν σε δυο ομάδες, με το εξής αντικείμενο η κάθε ομάδα:

- Η πρώτη ομάδα μαθητών, θα απευθυνθεί σε εταιρείες που κατασκευάζουν ή εμπορεύονται υλικά ατομικής προστασίας (γάντια, υποδήματα, φόρμες, δερμάτινες ποδιές κτλ.) και θα συγκεντρώσει προσπεκτους και άλλο σχετικό υλικό.
- Η δεύτερη ομάδα μαθητών, θα αναλάβει να συγκεντρώσει υλικό σχετικά με τα μέτρα ασφάλειας και υγιεινής πρέπει να λαμβάνονται σε ένα εργασιακό χώρο. Χρήσιμο θα ήταν να γίνουν επισκέψεις στο ΕΛ.ΙΝ.Υ.Α.Ε. (Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας στην Εργασία), καθώς και στις κατά τόπους επιθεωρήσεις εργασίας ή στα αντίστοιχα τμήματα των Νομαρχιών.

Μετά, οι δύο ομάδες, θα συνεργαστούν για να επιλέξουν τα πλέον ενδιαφέροντα από τα στοιχεία που συγκέντρωσαν, τα οποία θα τα αρχειοθετήσουν σε ντοσιέ. Αν χρειάζεται, θα γράψουν και μία πολύ σύντομη τεχνική έκθεση, σχετικά με το περιεχόμενο του ντοσιέ.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ΑΣΚΗΣΗ 7-1

Έναυση και διατήρηση του τόξου

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να εκτελούν οι μαθητές την έναυση του τόξου, χωρίς να κολλάει το ηλεκτρόδιο πάνω στο μέταλλο βάσης.
- Να πραγματοποιούν απλά κορδόνια πάνω σε μία μεταλλική πλάκα.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας και ατομικής προστασίας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4313 κατά ISO-2560-B διαμέτρου 3,2 mm, μήκους 350 mm. Το αντίστοιχο του E4313, κατά το σύστημα AWS είναι το 6013.

Παρατήρηση: Η τυποποίηση των ηλεκτροδίων αναπτύσσεται στο κεφάλαιο 8. Εδώ περιοριζόμαστε να πούμε ότι το E4313 είναι το ευκολότερο ηλεκτρόδιο στη χρήση και γι' αυτό επελέγη για το ξεκίνημα. Όμως το ηλεκτρόδιο αυτό χρειάζεται καθαρή επιφάνεια. Αν η σκουριά δε φεύγει με σκληρή συρματοβουρτσα, ο καθαρισμός θα πρέπει να γίνεται με τροχό.

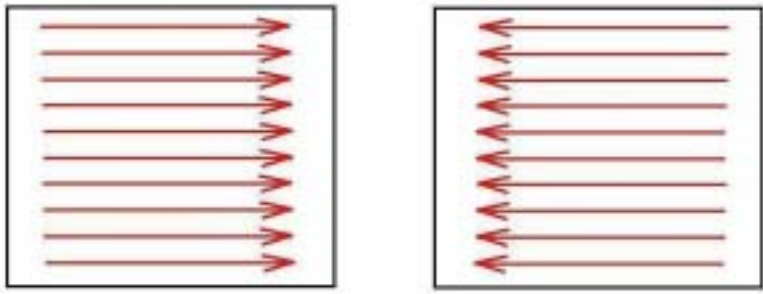
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 5 mm, 20 x 20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς της πάστας (ματσακόνι)
- Συρματοβουρτσα μαλακή
- Συρματοβουρτσα σκληρή ή τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

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

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (7-1).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7		Υπόδειγμα άσκησης 7-1
Είδος συγκόλλησης: MMA		Ένταση ρεύματος: 90-110 A
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> Μέτρα ασφαλείας (αναλυτικά αναφέρονται στην άσκηση 6-3) 	<ul style="list-style-type: none"> Ελέγχουμε την κατάσταση των καλωδίων και του εξοπλισμού. Φοράμε τον ατομικό εξοπλισμό ασφαλείας. Η μάσκα πρέπει να έχει γυαλί βαθμού προστασίας 11.
2	<ul style="list-style-type: none"> Προετοιμασία 	<ul style="list-style-type: none"> Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματόβουρτσα ή τροχό την προς συγκόλληση επιφάνεια. Συνδέουμε το σώμα γείωσης στη λαμαρίνα.
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση συγκόλλησης <p><i>Υπενθύμιση: Η καλή ραφή φαίνεται από την ευκολία απομάκρυνσης της πάστας</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> Ανοίγουμε τη μηχανή. Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 100 A, DC-. Ανάβουμε το τόξο με τη μέθοδο της τριβής. Αν κολλήσει το ηλεκτρόδιο, εκτελούμε απότομη κίνηση να το ξεκολλήσουμε. Αν δε γίνεται, το απελευθερώνουμε πατώντας το μοχλό της τσιμπίδας. Κολλάμε έχοντας το ηλεκτρόδιο σε κλίση 70° περίπου. Εκτελούμε ένα πλήρες κορδόνι ραφής, κανονίζοντας την ταχύτητα, έτσι ώστε στο τέλος της διαδρομής των 20 cm να έχουμε ένα μικρό υπόλοιπο από το ηλεκτρόδιο. Καθαρίζουμε τη σκουριά με ματσακόνι και συρματόβουρτσα και ελέγχουμε οπτικά τη ραφή.
4	<ul style="list-style-type: none"> Συνέχιση της συγκόλλησης 	<ul style="list-style-type: none"> Επαναλαμβάνουμε την ίδια διαδικασία, μέχρι να γεμίσει όλη η πλευρά της πλάκας. Προσπαθούμε τα κορδόνια να είναι το ένα κοντά στο άλλο και σε ευθεία γραμμή.
5	<ul style="list-style-type: none"> Διάλειμμα 	<ul style="list-style-type: none"> Κλείνουμε τη μηχανή. Παραχωρούμε τη θέση σε συμμαθητή μας, για να επαναλάβει μέχρι εδώ την άσκηση.
6	<ul style="list-style-type: none"> Επανερχόμαστε στη θέση εργασίας 	<ul style="list-style-type: none"> Γυρνάμε τη πλάκα από τη πίσω πλευρά. Ανοίγουμε τη μηχανή. Ανάβουμε το τόξο με τη μέθοδο της επαφής. Συνεχίζουμε με το ίδιο τρόπο, μέχρι να καλυφθεί πλήρως και η πίσω πλευρά.
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 μας.
		Σχήμα (7.20)

ΑΣΚΗΣΗ 7-2

Εξοικείωση με τις παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να γνωρίσουν οι μαθητές τις συνέπειες από την εσφαλμένη εφαρμογή των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης.
- Να αντιλαμβάνονται από την οπτική εμφάνιση της ραφής αν οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης ρυθμίστηκαν σωστά.
- Να φτιάξουν το δικό τους δείγμα, πάνω σε μεταλλική πλάκα, μεταβάλλοντας τις παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης. Θα είναι ανάλογο με αυτό που φαίνεται στο σχήμα (7.4).

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης (6-3)
- Ηλεκτρόδια τύπου E4313 κατά ISO-2560-B διαμέτρου 3,2 mm, μήκους 350 mm (κατά AWS είναι το 6013)
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 5 mm, 20 x 20 cm
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 5 mm, 10 x 20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της σκουριάς
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (7-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (7-2).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7		Υπόδειγμα άσκησης 7-2
Είδος συγκόλλησης: MMA		Ένταση ρεύματος: 70-140 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"> Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματόβουρτσα ή τροχό την προς συγκόλληση επιφάνεια. Συνδέουμε το σώμα γείωσης στη λαμαρίνα.
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση ραφών συγκόλλησης αλλάζοντας τις παραμέτρους 	<ul style="list-style-type: none"> Ανοίγουμε τη μηχανή . Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 100 A, DC-. Παίρνουμε τη λαμαρίνα 20 x 20 cm. Διατηρώντας απόσταση ηλεκτροδίου (=ύψος τόξου) όση η διάμετρος του, δηλαδή περίπου 3 mm και εκτελούμε μερικές ραφές. Επαναλαμβάνουμε με μικρότερο ύψος τόξου. Επαναλαμβάνουμε με μεγαλύτερο ύψος τόξου. Με κανονικό ύψος τόξου εκτελούμε ραφές κινώντας το ηλεκτρόδιο με διπλάσια ταχύτητα. Επαναλαμβάνουμε κινώντας το ηλεκτρόδιο με τη μισή περίπου ταχύτητα. Αυξάνουμε το ρεύμα στα 140 A. Με την κανονική ταχύτητα και το κανονικό ύψος τόξου εκτελούμε μερικές ραφές. Επαναλαμβάνουμε με ρεύμα στα 70 A.
4	<ul style="list-style-type: none"> Διάλειμμα 	<ul style="list-style-type: none"> Κλείνουμε τη μηχανή. Παραχωρούμε τη θέση σε συμμαθητή μας, για να επαναλάβει μέχρι εδώ την άσκηση.
5	<ul style="list-style-type: none"> Επανάληψη της διαδικασίας 	<ul style="list-style-type: none"> Γυρνάμε τη λαμαρίνα από την πίσω πλευρά. Επαναλαμβάνουμε τα παραπάνω στην πίσω πλευρά της πλάκας.
6	<ul style="list-style-type: none"> Κατασκευή του δείγματος 	<ul style="list-style-type: none"> Παίρνουμε την λαμαρίνα 10 x 20 cm. Εκτελούμε τα κορδόνια όπως στο σχήμα. Γυρνάμε από την πίσω πλευρά την πλάκα και γράφουμε τα αρχικά του ονόματός μας με ηλεκτροσυγκόλληση.
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 μας.

Σχήμα (7.21)

ΑΣΚΗΣΗ 7-3

Αλλαγή σε περισσότερες από μία παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης

Επιδιωκόμενος στόχος

- Να γνωρίζουν οι μαθητές πώς θα βελτιώσουν τη ραφή, αλλάζοντας ταυτόχρονα δύο παραμέτρους ηλεκτροσυγκόλλησης.

Παρατηρήσεις - Επισημάνσεις

Στην προηγούμενη άσκηση είδαμε τις επιπτώσεις από την αλλαγή μιας μόνο παραμέτρου ηλεκτροσυγκόλλησης, διατηρώντας τις άλλες δύο στις ίδιες τιμές. Ήδη, κατά τις δοκιμές, θα πρέπει να έγινε αντιληπτό ότι, αν αλλάξουμε και μία ακόμη παράμετρο, τα πράγματα διορθώνονται. Π.χ. όταν η ένταση του ρεύματος ήταν στα 140 A, αν αυξάνατε λίγο την ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου, η ραφή έπαιρνε μία καλύτερη μορφή που πλησίαζε αρκετά στην ιδανική μορφή της. Τώρα θα γίνουν επίτηδες τέτοιοι συνδυασμοί.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης 6-3
- Ηλεκτρόδια τύπου E4313 κατά ISO-2560-B διαμέτρου 3,2 mm, μήκους 350 mm (κατά AWS είναι το 6013)
- Ένα τεμάχιο λαμαρίνας πάχους 5 mm, 20 x 20 cm
- Σφυρί καθαρισμού της πάστας
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (7-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (7-3).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7		Υπόδειγμα άσκησης 7-3
Είδος συγκόλλησης: MMA		Ένταση ρεύματος: 70-140 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"> Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματόβουρτσα ή τροχό την προς συγκόλληση επιφάνεια. Συνδέουμε το σώμα γείωσης στη λαμαρίνα.
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση ραφών συγκολλήσεως αλλάζοντας τις παραμέτρους <p>Δυνατοί συνδυασμοί: ρεύμα-ταχύτητα ρεύμα-ύψος τόξου ταχύτητα-ύψος τόξου</p>	<ul style="list-style-type: none"> Ανοίγουμε τη μηχανή . Κάνουμε μερικές δοκιμές, για να έχουμε σωστή ραφή με ρεύμα 100 A, DC-, με ύψος τόξου 3 mm περίπου, ταχύτητα τέτοια, ώστε να έχουμε ραφή 18-22 cm από ηλεκτροδίο μήκους 35 cm. Λαμβάνουμε την επιλογή 1 του σχήματος και αυξάνουμε το ρεύμα στα 140 A. Αυξομειώνουμε την ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου. Διαπιστώνουμε ότι η ραφή βελτιώνεται, όταν αυξάνουμε την ταχύτητα. Μαρκάρουμε με ένα \surd το αντίστοιχο τετράγωνο. Αλλάζουμε το ύψος του τόξου διατηρώντας την κανονική ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου. Εξετάζουμε αν η ραφή βελτιώνεται με μείωση ή αύξηση του ύψους του τόξου. Μαρκάρουμε το αντίστοιχο τετράγωνο. Συνεχίζουμε με την επιλογή 2, μετά την 3 κτλ. μέχρι να συμπληρώσουμε όλο το σχήμα.
4	<ul style="list-style-type: none"> Διάλειμμα 	<ul style="list-style-type: none"> Κλείνουμε τη μηχανή. Παραχωρούμε τη θέση σε συμμαθητή μας, για να επαναλάβει μέχρι εδώ την άσκηση.
5	<ul style="list-style-type: none"> Επανάληψη της διαδικασίας 	<ul style="list-style-type: none"> Γυρνάμε τη λαμαρίνα από την πίσω πλευρά. Επαληθεύουμε τα αποτελέσματα, επαναλαμβάνοντας στην πίσω πλευρά της πλάκας.
6	<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 μας.

		αύξηση ταχύτητας	μείωση ταχύτητας	αύξηση ύψους τόξου	μείωση ύψους τόξου
1	αύξηση ρεύματος	✓			
2	μείωση ρεύματος				
3	αύξηση ταχύτητας				
4	μείωση ταχύτητας				
5	αύξηση ύψους τόξου				
6	μείωση ύψους τόξου				

Σχήμα (7.22)

ΑΣΚΗΣΗ 7-4

Αντιμετώπιση μαγνητικού φυσήματος τόξου

Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να δουν οι μαθητές τη δημιουργία του μαγνητικού φυσήματος.
- Να γνωρίζουν πώς θα αντιμετωπίσουν το μαγνητικό φύσημα.

Εισαγωγικές σημειώσεις

Πρόκειται για μία σύντομη άσκηση, για την οποία, κατά πάσα πιθανότητα, το εργαστήριο θα διαθέτει μόνο μία θέση εργασίας, αφού απαιτείται μηχανή MMA, ικανή να δεχτεί ηλεκτρόδιο 5 mm τουλάχιστον, με ρεύμα 220-250 A. Στην περίπτωση αυτή, θα μπορούσε, με κατάλληλο συντονισμό της εργασίας, να γίνει παράλληλα με την επόμενη άσκηση, η οποία είναι, επίσης, σύντομη.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA ικανότητας να παρέχει ρεύμα τουλάχιστον 220 A.
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης 6-3
- Ηλεκτρόδια τύπου E4313 κατά ISO-2560-B διαμέτρου 5 mm, μήκους 450 mm (κατά AWS είναι το 6013)

Παρατήρηση: Αν το εργαστήριο διαθέτει ισχυρή μηχανή MMA, η άσκηση είναι καλύτερα να γίνει με ηλεκτρόδιο 6 mm, με ένταση 320-350 A, , επειδή το φαινόμενο θα είναι πιο έντονο

- Τεμάχια μορφοσιδήρου μορφής Πι των 100 mm, μήκους τουλάχιστον 75 cm¹², από ένα για κάθε πέντε μαθητές.
- Σφυρί καθαρισμού της πάστας
- Συρματόβουρτσα μαλακή
- Συρματόβουρτσα σκληρή ή τροχός

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην άσκηση (7-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (7-3).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

¹² Το μήκος επελέγη έτσι, ώστε από ένα εξάμετρο προφίλ να προκύψουν 8 τεμάχια. Αν οι μαθητές είναι λίγοι, μπορούν τα τεμάχια να είναι μακρύτερα, για να γίνει το φαινόμενο πιο έντονο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7		Υπόδειγμα άσκησης 7-4
Είδος συγκόλλησης: MMA		Ένταση ρεύματος: 220-250 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 12.
2	<ul style="list-style-type: none"> Προετοιμασία 	<ul style="list-style-type: none"> Καθαρίζουμε με σκληρή συρματόβουρτσα ή με τροχό την επιφάνεια του προφίλ μορφοσιδήρου. Συνδέουμε το σώμα γείωσης στο προφίλ, όπως στη θέση (A) του σχήματος.
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση ραφών, διόρθωση του μαγνητικού φύσηματος 	<ul style="list-style-type: none"> Ανοίγουμε τη μηχανή. Με την κανονική πολικότητα (DC-), κάνουμε μία πρώτη ραφή από τη μία άκρη μέχρι την άλλη, για να δούμε το φαινόμενο. Ελέγχουμε οπτικά τη ραφή και παρατηρούμε τις συνέπειες. Αλλάζουμε σε ρεύμα AC και εκτελούμε άλλη μία ραφή. Επαναφέρουμε σε DC-. Αρχίζουμε τη συγκόλληση, όπως στη θέση (A) του σχήματος. Μόλις εμφανιστεί το φύσημα, μεταφέρουμε το σημείο γείωσης στη θέση (B) και συνεχίζουμε. Εκτελούμε άλλη μία ραφή αρχίζοντας από την απέναντι θέση του σημείου γείωσης και προσπαθούμε να μειώσουμε το φύσημα με την αλλαγή της γωνίας κλίσης του ηλεκτροδίου.
4	<ul style="list-style-type: none"> Διάλειμμα 	<ul style="list-style-type: none"> Κλείνουμε τη μηχανή. Παραχωρούμε τη θέση σε συμμαθητή μας, για να επαναλάβει μέχρι εδώ την άσκηση.
6	<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 μας.

Σχήμα (7.23)

ΑΣΚΗΣΗ 7-5

Εκτέλεση συγκόλλησης και ποιοτικός έλεγχος

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης ο μαθητής θα πρέπει να γνωρίζει:

- Πώς να εκτελεί οπτικό ποιοτικό έλεγχο σε μία ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης.
- Πώς να εκτελεί μη καταστρεπτικούς ελέγχους με διεισδυτικό υγρό και με μαγνήτη.

Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μηχανή για συγκόλληση MMA
- Τσιμπίδα MMA και σώμα γείωσης με καλώδια
- Ο εξοπλισμός ασφαλείας της άσκησης 6-3
- Ηλεκτρόδια τύπου E4313 κατά ISO-2560-B διαμέτρου 3,2 mm, μήκους 350 mm (κατά AWS είναι το 6013)
- Δύο τεμάχια λαμαρίνας πάχους 5 mm, 5 x 20 cm
- 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 (7-1).

Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (7-5).
- Εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7		Υπόδειγμα άσκησης 7-5
Είδος συγκόλλησης: MMA 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"> Καθαρίζουμε καλά με σκληρή συρματόβουρτσα ή τροχό την προς συγκόλληση επιφάνεια. Συνδέουμε το σώμα γείωσης στο τεμάχιο.
3	<ul style="list-style-type: none"> Εκτέλεση της συγκόλλησης από τη μία πλευρά 	<ul style="list-style-type: none"> Ανοίγουμε τη μηχανή. Ρυθμίζουμε το ρεύμα στα 100 A, DC-. Φέρνουμε τα τεμάχια σε απόσταση 3 mm και τα ποντάρουμε στις δύο άκρες τους. Εκτελούμε περίπου το 1/3 της ραφής. 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 μέχρι να φθάσουμε στα 2/3 της ραφής, οπότε εκτελούμε εκ νέου καθαρισμό και διορθώσεις. Ολοκληρώνουμε τη ραφή.
4	<ul style="list-style-type: none"> Συνέχιση της συγκόλλησης από τη δεύτερη πλευρά 	<ul style="list-style-type: none"> Γυρνάμε το τεμάχιο από την άλλη πλευρά. Επαναλαμβάνουμε όλα τα παραπάνω βήματα, μέχρι να ολοκληρωθεί η συγκόλληση και από την πίσω μεριά. Γράφουμε τα αρχικά μας ή τον αριθμό μας με ηλεκτροσυγκόλληση πάνω στο τεμάχιο.
5	<ul style="list-style-type: none"> Ποιοτικός έλεγχος 	<ul style="list-style-type: none"> Παραδίδουμε το τεμάχιο στο συμμαθητή μας που έχει αναλάβει τον ποιοτικό του έλεγχο. Παίρνουμε το τεμάχιο του συμμαθητή μας που έχουμε αναλάβει να ελέγξουμε. Παίρνουμε φωτοαντίγραφο του φύλλου ποιοτικού ελέγχου (κεφαλαίο 7-18). Συμπληρώνουμε τον οπτικό έλεγχο. Εκτελούμε τον έλεγχο με μαγνήτη. Αν υπάρχει χρόνος, εκτελούμε και έλεγχο με διεισδυτικό υγρό, μόνο για να δούμε πώς γίνεται (κανονικά πρέπει να περάσουν 48 ώρες). Βάζουμε σε ασφαλές μέρος το φύλλο ποιοτικού ελέγχου και το τεμάχιο που ελέγχουμε.
6	<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 μας.
7	<ul style="list-style-type: none"> Σε επόμενο μάθημα, μετά 48 ώρες τουλάχιστον 	<ul style="list-style-type: none"> Πριν από την έναρξη της επόμενης άσκησης, απλώνουμε το διεισδυτικό υγρό στη ραφή και από τις δύο πλευρές. Λίγο πριν από το τέλος του εργαστηρίου, ή πριν από κάποιο διάλειμμα, καθαρίζουμε το υγρό, εξετάζουμε για τυχόν ρωγμές και αποφαινόμεστε αν η συγκόλληση είναι αποδεκτή.