

ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΡΑΒΔΩΝ ΟΠΛΙΣΜΟΥ

**ΘΕΟΔΩΡΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ
ΜΠΟΤΣΟΛΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ**

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία τονίσθηκε η σημασία της ηλεκτροσυγκόλλησης, ως χρήσιμου και συχνά αναγκαίου εργαλείου κατά την επισκευή – ενίσχυση κατασκευών από οπλισμένο σκυρόδεμα. Αν και κατά καιρούς έχουν διατυπωθεί αμφιβολίες, λόγω της πιθανούς της επίδρασης στον υπάρχοντα οπλισμό, της δυσκολίας πρόσβασης στο μέρος εκτέλεσης της εργασίας και της έλλειψης εξειδικευμένου εργατικού δυναμικού, η ηλεκτροσυγκόλληση δεν παύει να χρησιμοποιείται ευρέως σε επισκευές, εξαιτίας της ευελιξίας και της αποτελεσματικότητάς της. Γίνεται μια συνοπτική αναφορά των τύπων συγκόλλησης και των τρόπων εκτέλεσής τους, των παραμέτρων που επηρεάζουν την ποιότητά τους, των μεθόδων ελέγχου της περατωμένης εργασίας και των μέτρων ασφαλείας που πρέπει να παρθούν.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟΥ

Συχνά, μετά από σεισμούς, πυρκαγιές ή διάβρωση των ράβδων οπλισμού παρατηρείται υποβάθμιση των ιδιοτήτων των κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος. Ανάλογα με την έκταση της «ζημιάς» πρέπει να προβούμε σε αποκατάσταση (restoration), επισκευή (repair) ή ενίσχυση (strengthening) των υφιστάμενων κατασκευών. Προκειμένου να εξασφαλίσουμε την ασφάλειά τους.[1] Η επιλογή μεταξύ των προτεινόμενων λύσεων προϋποθέτει ότι ο μηχανικός γνωρίζει καλά τα υλικά και τις τεχνικές που διατίθενται για τέτοιου είδους επεμβάσεις. Μέρος αυτών των επεμβάσεων αποτελούν οι συνδέσεις παλαιών και νέων ράβδων οπλισμού. Μία από τις πρακτικές που εφαρμόζεται είναι η συγκόλληση, η οποία τα τελευταία χρόνια υιοθετείται ολοένα και περισσότερο λόγω της ευελιξίας και της αποτελεσματικότητάς της, έχει δε υιοθετηθεί από όλους τους εν χρήσει κανονισμούς.[10]

Συγκόλληση καλείται η συνένωση δύο ή περισσότερων τεμαχίων μετάλλου με την εφαρμογή θερμότητας ή πίεσης – ή και των δύο – καθώς και με την προσθήκη ή όχι μετάλλου, η οποία επιτυγχάνεται μέσω μιας διαδικασίας τήξης ή ανακρυστάλλωσης. Με απλούστερα λόγια, μια συγκόλληση γίνεται όταν τα προς σύνδεση μεταλλικά κομμάτια υφίστανται θέρμανση ικανή να προκαλέσει τήξη ή ανακρυστάλλωση, οπότε ενώνονται και σχηματίζουν ένα μοναδικό κομμάτι. Οι συγκολλήσεις πίεσεως, κατά τις οποίες οι ράβδοι που θα συγκολληθούν θερμαίνονται στο σημείο συγκόλλησης σε θερμοκρασία κατώτερη από το σημείο τήξεώς τους για να γίνουν εύπλαστες και κατόπιν πιέζονται η μία πάνω στην άλλη, είναι οι:

- ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως εγκαυματικής εσωραφής,
- ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως άκρων,
- ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως κατά σημεία,
- συγκόλληση πίεσεως με αέριο,
- συγκόλληση τριβής.

Κατά τις συγκολλήσεις τήξεως οι ράβδοι θερμαίνονται μέχρι τήξεως στο σημείο όπου θα συγκολληθούν. Συχνά χρησιμοποιούμε και τρίτο σώμα, την κόλληση, η οποία τήκεται και συμπληρώνει το κενό μεταξύ της μιας και της άλλης ράβδου και αυτές είναι:

- ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με επενδυμένο ηλεκτρόδιο,
- ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με προστατευτικό αέριο,
- οξυγονοκόλληση,

- συγκόλληση με θερμότη.

Ο σχεδιασμός που πραγματοποιείται, στόχο έχει την εφαρμογή της σχεδιαζόμενης συγκολλητικής μεθόδου με μία τεχνική γρήγορη, απλή και πραγματοποιήσιμη σε εργοτάξιο, που δε θα θέτει σε κίνδυνο την κατασκευή αλλά και την ασφάλεια των εργαζομένων.

Η μέθοδος που ενδείκνυται για εργοταξιακή χρήση είναι η ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με επενδυμένο ηλεκτρόδιο (English term: Manual metal arc welding (metal arc welding with covered electrode), American term: Shielded metal arc welding (SMAW)) που ο συγκολλητής έχει την ευχέρεια να εργαστεί σε οποιοδήποτε σημείο της κατασκευής, χωρίς να απαιτείται μεγάλος χώρος εργασίας ενώ η προστασία από την οξείδωση εξασφαλίζεται από τη χημική σύσταση της επένδυσης του ηλεκτροδίου. Η μέθοδος αυτή (SMAW) είναι πιο ευέλικτη χαμηλότερου κόστους και η πλέον διαδεδομένη σε σχέση με τις υπόλοιπες. Βέβαια, η ποιότητα ηλεκτροσυγκόλλησης εξαρτάται έντονα από την ικανότητα του ηλεκτροσυγκολλητή. Η χρήση μίας από τις μεθόδους που ανήκει στις συγκολλήσεις πίεσεως απορρίπτεται μιας και για την πραγματοποίησή τους απαιτούνται ειδικές μηχανές συμπίεσεως μεγάλου όγκου και βάρους ενώ οι υπόλοιπες από τις προαναφερόμενες συγκολλήσεις τήξεως απορρίπτονται, είτε γιατί δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν σε ανοικτούς χώρους, είτε γιατί οξειδώνονται τα μέταλλα, είτε γιατί απαιτούν ιδιοσυσκευές συγκόλλησης μεγάλου όγκου.[21]

ΕΙΔΗ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΠΟΥ ΓΙΝΕΤΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η ηλεκτροσυγκόλληση αποτελεί μια από τις πιο ενδεδειγμένες μεθόδους για να αντιμετωπίσει:

- α) τη μεταφορά δυνάμεων από παλιούς οπλισμούς σε νέους,
- β) την αγκύρωση νέων οπλισμών επί του υφιστάμενου φορέα,
- γ) την ύπαρξη ανεπαρκούς μήκους ματίσματος ράβδων (lap splices),
- δ) την προσωρινή (και μέχρι να εκτελεστούν οι εργασίες) εγκατάσταση των νέων προστιθέμενων στοιχείων επί της αρχικής κατασκευής.

Προκειμένου να κατανοηθεί καλύτερα η χρησιμότητα της συγκόλλησης κατά τη διάρκεια επισκευών, κατασκευών από οπλισμένο σκυροδέμα, παρουσιάζονται παρακάτω συνοπτικά, συγκεκριμένα παραδείγματα:

α) Τοπικές αποκαταστάσεις ίσης διατομής.

Επεμβάσεις με καθαίρεση και αποκατάσταση ίσης διατομής (Σχήμα 1) εφαρμόζονται όταν οι βλάβες είναι σοβαρές, όταν δηλαδή εμφανίζεται αποδιοργάνωση του σκυροδέματος ή διάρρηξη που ακολουθείται από άνοιγμα ή διάρρηξη των συνδετήρων και λυγισμό των διαμήκων ράβδων. Συχνά μετά από μία επισκευή τέτοιου είδους ακολουθεί η ενίσχυση με μανδύες οπλισμένου σκυροδέματος.

Μεταξύ των ενεργειών που απαιτούνται, είναι το κόψιμο των τμημάτων των διαμήκων ράβδων που έχουν λυγίσει και η ηλεκτροσυγκόλληση νέων τμημάτων διαμήκων ράβδων.

β) Ενισχύσεις υποστυλωμάτων.

Η τεχνική της κατασκευής μανδύων σε υποστυλώματα Ο.Σ. (Σχήμα 2) είναι η πλέον αποτελεσματική μέθοδος εφόσον απαιτείται αύξηση της πλαστιμότητας του φορέα, αύξηση της διατμητικής αντοχής του υποστυλώματος (Cdrisots et al, 1997, 1998a, 1998b, Dritsos and Georgakopoulou 1999), αύξηση της θλιπτικής αντοχής του σκυροδέματος και όταν υπάρχει κίνδυνος αστοχίας της συνάφειας των κατακόρυφων οπλισμών στην περιοχή υπερκάλυψής τους. Κατά την κατασκευή μανδύων προβλέπεται η τοποθέτηση και η συγκόλληση χαλύβδινων παρεμβλημάτων σύνδεσης των παλαιών και νέων οπλισμών (αναρτήρες).

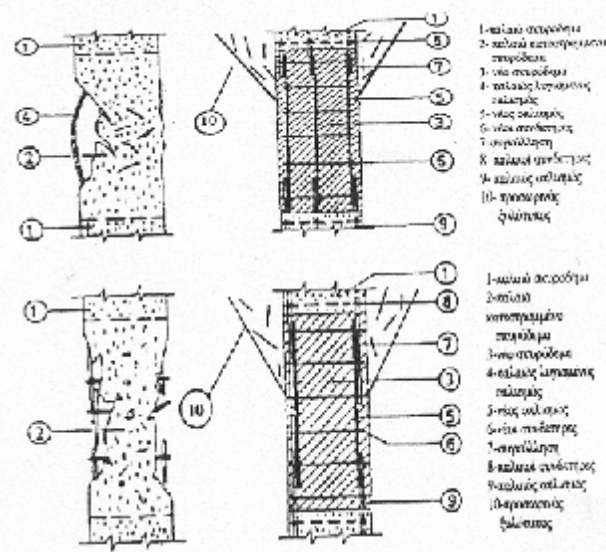
Επίσης, στην περίπτωση που επιβάλλεται μικρό πάχος μανδύα πρέπει τα άκρα των συνδετήρων να συγκολλούνται σε εναλλασσόμενες πλευρές του υποστυλώματος.

γ) Επισκευές – ενισχύσεις τοιχωμάτων.

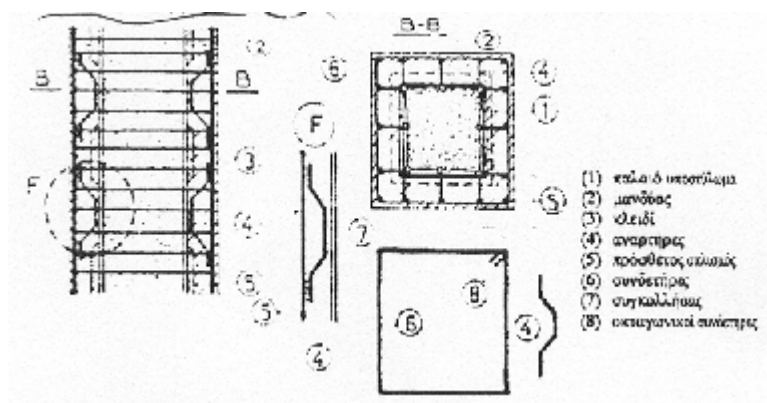
Η επισκευή ή ενίσχυση των τοιχωμάτων μιας κατασκευής αποτελεί συνήθη ανάγκη στον αντισεισμικό ανασχεδιασμό και οι τεχνικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι αντίστοιχες αυτών για τα υποστυλώματα. Και στην περίπτωση αυτή συγκολλούνται οι αναρτήρες και οι συνδετήρες όπου αυτό κρίνεται σκόπιμο.

δ) Επισκευές – ενισχύσεις δοκών και πλακών.

Για τις επισκευές δοκών ή πλακών σε περίπτωση σοβαρών βλαβών χρησιμοποιείται η τεχνική της αποκατάστασης ίσης διατομής, όπως και στην περίπτωση των υποστυλωμάτων.[10]



Αποκατάσταση ίσης διατομής υποστυλώματος

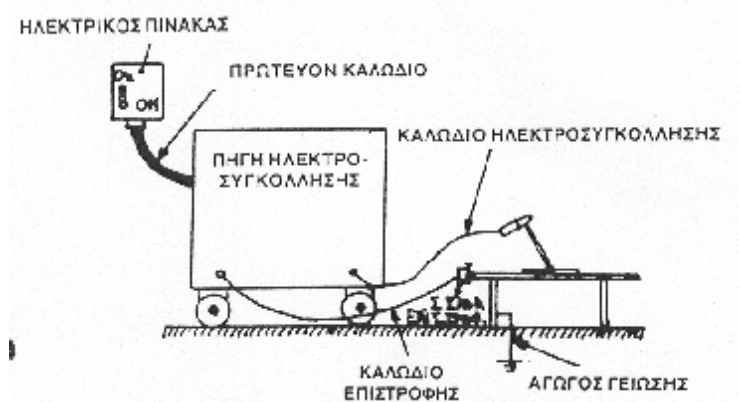


Η τεχνική της κατασκευής μανδυνών σε υποστυλώματα από Ο.Σ.

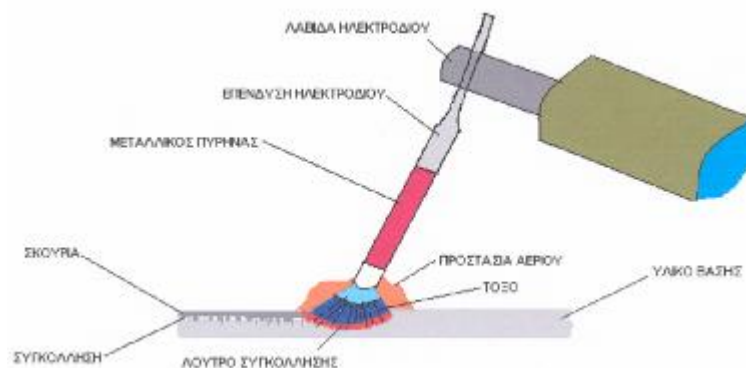
Από τα παραπάνω, καθίσταται φανερό ότι η συγκόλληση αποτελεί χρήσιμο αν όχι αναγκαίο εργαλείο κατά την επισκευή κατασκευών από Ο.Σ. Η πλέον διαδεδομένη συγκόλληση στους χάλυβες οπλισμούς κατά τις επισκευές είναι με παράθεση (ή επικάλυψη)

που εφαρμόζεται στη συγκόλληση των αναρτήρων, των συνδετήρων και στην άμεση σύνδεση 2 ράβδων.

Μια απλοποιημένη διάταξη ηλεκτροσυγκόλλησης παρουσιάζεται στο παρακάτω σχέδιο. Στις ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου, πηγή θερμότητας για το πύρωμα και το λιώσιμο του μετάλλου των κομματιών που θα συγκολληθούν και της κόλλησης είναι ηλεκτρικό ή βολταϊκό τόξο. Το ηλεκτρικό τόξο δημιουργείται ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο (μεταλλικό ή από άνθρακα) και το κομμάτι. Το ηλεκτρόδιο και το κομμάτι, το οποίο παίζει το ρόλο του άλλου ηλεκτροδίου, συνδέονται στα άκρα κατάλληλης ηλεκτρικής πηγής συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος η οποία παρέχει την ηλεκτρική ενέργεια για τη συγκόλληση. Όταν φέρουμε σε επαφή το ηλεκτρόδιο με το κομμάτι κλείνει το ηλεκτρικό κύκλωμα. Το ηλεκτρικό ρεύμα θερμαίνει το ηλεκτρόδιο και το κομμάτι στη θέση επαφής. Αν τώρα απομακρύνουμε πολύ γρήγορα το ηλεκτρόδιο, δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο, το οποίο και διατηρείται αν το ηλεκτρόδιο βρίσκεται κοντά στο κομμάτι. Μια μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης περιλαμβάνει δύο ηλεκτρικά κυκλώματα: το πρωτεύον ή εισόδου και το δευτερεύον ή εξόδου. Το πρωτεύον λαμβάνει εναλλασσόμενο ρεύμα 220V ή 380V από το δίκτυο διανομής της Δ.Ε.Η. και παρέχει στην έξοδο συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα χαμηλής τάσης (έως 100V) και υψηλής έντασης.[24]



Απλοποιημένο ηλεκτρικό κύκλωμα στο οποίο φαίνεται ο αγωγός γείωσης



ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥ ΚΟΛΛΗΣΗΣ – ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟΥ

Το ηλεκτρόδιο αποτελείται από ένα μεταλλικό πυρήνα γενικά κυλινδρικό μεταβλητής διαμέτρου, ο οποίος είναι καλυμμένος στην περιφέρειά του με μια επένδυση της οποίας το πάχος είναι λίγο ή πολύ σημαντικό (λεπτή επένδυση, ημιλεπτή, παχιά).

Οι διάφοροι τύποι επένδυσης είναι:

- οξειδωτική επένδυση (O),
- όξινη επένδυση (A),
- ρουτιλίου επένδυση (R),
- βασική επένδυση (B),
- κутταρική επένδυση (C).

Τύπος επένδυσης που δεν μπορεί να περιληφθεί σε μια από τις πέντε τάξεις (VuS). Ο ρόλος της επένδυσης ποικίλλει:

α) Ηλεκτρικός ρόλος.

Η επένδυση περιέχει διάφορα στοιχεία όπως ανθρακικά, πυριτικά και κυρίως μεταλλικά οξείδια, στοιχεία τα οποία ιονίζοντας τον αέρα μεταξύ του τεμαχίου και της άκρης του ηλεκτροδίου, ευνοούν το ξεκίνημα και τη σταθεροποίηση του τόξου.

β) Φυσικό και μηχανικός ρόλος.

Είναι η καθυστερημένη τήξη της επένδυσης σε σχέση με την τήξη του μεταλλικού πυρήνα, που δημιουργεί έναν κρατήρα στο άκρο του ηλεκτροδίου και που επιτρέπει την οδήγηση του τόξου.

γ) Μεταλλουργικός ρόλος.

Ο μεταλλουργικός ρόλος της επένδυσης είναι να προστατεύει το κορδόνι της συγκολλήσεως από το περιβάλλον και την οξείδωση (διαμορφώνει την προστατευτική σκουριά).

Σε ό,τι αφορά τη διάμετρο των ηλεκτροδίων, αυτή θα πρέπει να είναι σύμφωνη με τα προβλεπόμενα στον κανονισμό τεχνολογίας χαλύβων (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. 2000) και είναι της τάξης του 1/5 της διαμέτρου των προς συγκόλληση ράβδων. Στον πίνακα που ακολουθεί έχουμε τις διαμέτρους των ράβδων χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος.[21]

Ονομαστική Διάμετρος Ράβδων χάλ. Ο.Σ. (mm)	Διάμετρος Επενδυμένων Ηλεκτροδίων	
	Μονοστρωματική Συγκόλληση (mm)	Πολυστρωματική Συγκόλληση (mm)
6 – 12	1,5 ή 2	–
12 – 16	2,5	–
16 – 32	3,2	Πρώτο πάσο 2,5 Υπόλοιπα 3,2

Ο μεταλλικός πυρήνας χρησιμεύει ως:

- φορέας ενέργειας,
- μέταλλο εναπόθεσης (μέταλλο κόλλησης ή μέταλλο προσθήκης),
- φορέας της επένδυσης.

Για την πραγματοποίηση μιας σωστής συγκόλλησης απαραίτητη προϋπόθεση είναι οι μηχανικές ιδιότητες του μετάλλου κόλλησης να είναι παραπλήσιες με αυτές των μετάλλων βάσης και το ηλεκτρόδιο να είναι κατάλληλο για τη θέση που θα πραγματοποιηθεί η συγκόλληση.[21] Όταν πρόκειται να συγκολληθούν διαφορετικής αντοχής χάλυβες το μέταλλο προσθήκης διαλέγεται έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στη χαμηλότερη αντοχή.

Η προδιαγραφή ΕΛ.Ο.Τ. 959 αναφέρει για τη συγκόλληση χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος ότι θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν ηλεκτρόδια με ενίσχυση βασική ή όξινη διοξειδίου του τιτανίου (ρουτυλίου) που τα χαρακτηριστικά του είναι ανάλογα με εκείνα του βασικού μετάλλου. Στο σημείο αυτό πρέπει να τονισθεί ότι η συνεχής αύξηση των αντοχών στις ράβδους Ο.Σ. με ειδικές τεχνικές, έχει ξεπεράσει τις αντοχές που διαθέτουν τα μη κραματωμένα ηλεκτρόδια (π.χ. ρουτυλίου, E6013). Αντιθέτως, διατίθενται κραματωμένα ηλεκτρόδια βασικής επένδυσης (π.χ. E7018, E8018) των οποίων τα μηχανικά χαρακτηριστικά συμβαδίζουν με αυτά των ράβδων οπλισμού. Αυτός είναι ένας προβληματισμός που χρειάζεται επαναδιατύπωση και στους κανονισμούς και προϋποθέτει τη διεξαγωγή περαιτέρω έρευνας.[10]

ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ – Ampers

Σε κάθε πακέτο ηλεκτροδίων ο κατασκευαστής αναγράφει μία μέση συνιστώμενη ένταση και πόλο (–, +).

Η ένταση σε (A) δίνεται και από τον εμπειρικό τύπο: $I(A) = 50 (D - 1)$, όπου D η διάμετρος του ηλεκτροδίου[25] και κυμαίνεται μεταξύ 100 – 180A.[1]

ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥ ΒΑΣΗΣ

Για το σχεδιασμό μιας συγκολλητικής μεθόδου απαραίτητη είναι η γνώση της ποιότητας των προς συγκόλληση μετάλλων, μιας και από αυτά εξαρτώνται όλες οι παράμετροι συγκόλλησης. Για το λόγο αυτό, είναι απαραίτητος ο καθορισμός της χημικής σύστασης και της γεωμετρίας των υλικών.[21]

Οι χρησιμοποιούμενοι χάλυβες στην Ελλάδα διακρίνονται στις εξής κατηγορίες (κατά ΕΛ.Ο.Τ. 959, ΕΛ.Ο.Τ. 971):

- Στους συγκολλησίσιμους S400s και S500s.
- Στους συγκολλησίσιμους υπό προϋποθέσεις S220, S400, S500.

Με βάση τον Κ.Τ.Χ. 2000, η συγκολλησιμότητα των χαλύβων κρίνεται μόνο με βάση τη χημική τους σύσταση ($C_{eq} < 0,53\%$ στο τελικό προϊόν) σε αντιδιαστολή με τους υπό προϋποθέσεις συγκολλησίσιμους χάλυβες των οποίων η συγκολλησιμότητα ελέγχεται με μηχανικές δοκιμές. Η συγκολλησιμότητα με βάση των Κ.Τ.Χ. 2000 θεωρείται αυταπόδεικτη από τη χημική σύσταση του υλικού ($C_{eq} \leq 0,53\%$). Άλλοι περιορισμοί αναφέρονται στις μέγιστες περιεκτικότητες σε θείο, φώσφορο και άζωτο. Από πολλούς ερευνητές θεωρείται λανθασμένο το κριτήριο του ισοδύναμου άνθρακα σαν αποδεικτικό στοιχείο της συγκολλησιμότητας των χαλύβων, διότι η χημική σύσταση δεν ευθύνεται και δεν καθορίζει από μόνη της την ποιότητα των συγκολλήσεων. Για παράδειγμα, μικροκραματωμένοι χάλυβες με βανάδιο που παράγονται από ελληνική εταιρία, παρουσιάζουν ανθεκτικές συγκολλήσεις αν και η συγκολλησιμότητά τους με κριτήριο το ισοδύναμο σε άνθρακα φαίνεται περιορισμένη ($C_{eq} = 0,481$, κοντά στο ανώτατο επιτρεπτό όριο του 0,53).[10] (Σχήμα 10).

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να αναφέρουμε κάποια στοιχεία για το ισοδύναμο άνθρακα. Το ισοδύναμο άνθρακα είναι ένα μέγεθος που φανερώνει την επίδραση των στοιχείων προσθήκης ενός χάλυβα στη συγκολλητότητά του. Μπορούμε να πούμε επίσης ότι το ισοδύναμο άνθρακα χαρακτηρίζει την επίδραση της χημικής σύστασης στην εμβαπτότητα του χάλυβα.

Η συγκολλητότητα του χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος θεωρείται αυταπόδεικτη αν η χημική σύστασή του σε C, P, S, N δεν υπερβαίνει τις μέγιστες τιμές (αντίστοιχα: 0,24%, 0,055%, 0,055%, 0,013%) και το ισοδύναμο άνθρακα δεν υπερβαίνει το 0,53% στη σύνθεση του τελικού προϊόντος. Το ισοδύναμο άνθρακα εμφανίζεται με το άθροισμα:

$$C_E = \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$$

όπου: C, Mn, Cr, Mo, V, Cu, Ni είναι τα ποσοστά επί τοις εκατό (%) των στοιχείων αυτών όπως προσδιορίστηκαν με τη χημική ανάλυση.

Το ισοδύναμο του άνθρακα μας δίνει σημαντικές πληροφορίες για παραμέτρους συγκόλλησης, όπως η θερμοκρασία προθέρμανσης ή η αναγκαιότητα ή μη θερμικής κατεργασίας μιας και η περιεκτικότητα σε άνθρακα είναι καθοριστικός παράγοντας για τη σκληρότητα μετά τη συγκόλληση.[21]

Κατά τα τελευταία χρόνια αναπτύσσονται συνεχώς νέες ποιότητες χάλυβα – οι συγκολλησιμες, που παράγονται με διάφορες νέες τεχνικές και κυκλοφορούν παράλληλα προς τις παλαιότερες συμβατικές. Σε κάθε περίπτωση η συγκόλληση συνεπάγεται τοπική αύξηση της θερμοκρασίας και διαφοροποίηση της δομής και των ιδιοτήτων του χάλυβα όπως την εμφάνιση μαλακών συστατικών ή αντίθετα την εμφάνιση σκληρών και ψαθυρών συστατικών, που προσδίδουν στο χάλυβα ευθραυστότητα και που εξαρτάται από τη χημική σύσταση του χάλυβα και από την τεχνολογία παραγωγής του και χαρακτηρίζει τη συγκολλησιμότητά του. Το θέμα της συγκολλησιμότητας, αν και αποτελεί αντικείμενο έντονης ερευνητικής δραστηριότητας για τα περισσότερα υλικά, ελάχιστα έχει διερευνηθεί για τους χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, στις κατηγορίες των υπό προϋπόθεση συγκολλησίμων χαλύβων η συγκολλησιμότητα ελέγχεται με δοκιμές εφελκυσμού και κάμψης συγκολλημένων δοκιμίων (κατά ΕΛ.Ο.Τ. 959 και Κ.Τ.Χ. 2000. Οι δοκιμές εφελκυσμού, σύμφωνα με το πρότυπο ΕΛ.Ο.Τ. 959, έχουν ως εξής: το φορτίο θραύσης των συγκολλημένων ράβδων (R_w) δεν πρέπει να είναι κατώτερο του 90% του φορτίου θραύσης του αρχικού υλικού (R_m).

$$R_w \geq 0,90R_m \quad [5]$$

Επίσης χάλυβες που χαρακτηρίζονται από περιορισμένη συγκολλησιμότητα (S400, S500) με βάση τη χημική τους ανάλυση, περνούν με επιτυχία τις δοκιμές εφελκυσμού και κάμψης. Η μεταλλογραφία όμως αποδεικνύει στη Θ.Ε.Ζ. (θερμικά επηρεαζόμενη ζώνη) συστατικά μεγάλης σκληρότητας και ψαθυρότητας. Ως εκ τούτου η εφελκυστική αντοχή βρίσκεται όχι μόνο εντός των αποδεκτών ορίων, αλλά είναι και ιδιαίτερα υψηλή. Η θραυστογραφία συμπληρωματικά δείχνει ότι τα προαναφερθέντα συστατικά μειώνουν τη δυσθραυστότητα και μπορούν να αποδειχθούν εξαιρετικώς επικίνδυνα στην περίπτωση δυναμικών καταπονήσεων με κρούση ή κόπωση. Τίθεται λοιπόν το ερώτημα κατά πόσον είναι ενδεδειγμένος και επαρκής ο έλεγχος της συγκολλησιμότητας των χαλύβων αυτών με στατικές μόνο δοκιμές ή αν πρέπει να υιοθετηθούν και δοκιμές δυναμικών καταπονήσεων.

Ανάγκη επισκευών μετά από βλάβες μπορούν να χρειασθούν τόσο σε παλαιότερες όσο και σε νεότερες κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τις αλλαγές που παρατηρούνται στην αγορά και παραγωγή διαφόρων ποιοτήτων χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος, συνεπάγεται ότι συχνά στην πράξη κατά τις επισκευές οι ποιότητες

των χάλυβων οπλισμού που διατίθενται είναι διαφορετικές. Στην Ελλάδα διατίθεται σχεδόν αποκλειστικά πλέον η κατηγορία χάλυβα S500s και στις επισκευές νέων κατασκευών πρόκειται για τον οπλισμό που συναντάται (μετά το 1993 διατίθεται στην αγορά αποκλειστικά S500s Tempcore και σε μικρότερο βαθμό μικροκραματωμένοι). Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος της κατηγορίας S500s είναι συγκολλησιμοι και είτε είναι προϊόντα θερμής έλασης χωρίς καμία παραπέρα κατεργασία, είτε θερμής έλασης που ακολουθείται από μία άμεση εν σειρά διαδικασία θερμικής κατεργασίας. Στη μεν πρώτη περίπτωση η υψηλή αντοχή επιτυγχάνεται με προσθήκη νιοβίου (Nb), βαναδίου (V) ή τιτανίου (Ti) (μικροκραματωμένοι), ενώ στη δεύτερη περίπτωση με μία επιφανειακή μαρτενιτική βαφή του χάλυβα (Tempcore).

Συνεπώς, στις επισκευές παρουσιάζονται οι εξής περιπτώσεις:

- 1) Ενώσεις με συγκολλήσεις χάλυβων οπλισμού διαφορετικής κατηγορίας (αφορά τις παλαιότερες κατασκευές πριν το 1993).
- 2) Ενώσεις χάλυβων οπλισμού ίδιας κατηγορίας (στον ελλαδικό χώρο αφορά στην ποιότητα S500s και στις νεότερες κατασκευές μετά το 1993).[10]

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

ΤΥΠΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

Γενικά, υπάρχουν οι παρακάτω τύποι συγκόλλησης:

- Σύνδεση άκρο με άκρο (μετωπική).
- Σύνδεση με λωρίδες (νάρθηκες).
- Σύνδεση κατά παράθεση.
- Σύνδεση σταυρωτή.

α) Σύνδεση μετωπική.

Οι μετωπικές ηλεκτροσυγκολλήσεις, ή όπως συχνά αναφέρονται «κατά κεφαλή», δεν επιτρέπονται (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., 2000 – Τζωρτζάκης κ.ά. 1990) γιατί έχουν σαν αποτέλεσμα σημαντική μείωση της πλαστικότητας.[3] Αντ' αυτών, για ηλεκτροσυγκολλήσεις ράβδων με μηδενική εκκεντρότητα μπορεί να επιλεγεί η λύση της συγκόλλησης με λωρίδες.

β) Συγκόλληση με επικάλυψη (ή κατά παράθεση).

Όσον αφορά στο μήκος της ραφής της συγκόλλησης με επικάλυψη εκτελείται μόνο από τη μία πλευρά με δύο ραφές μήκους $5d$ (όπου d η διάμετρος του οπλισμού) που χωρίζονται από διάκενο 20mm περίπου. Αυτό είναι γενικά αποδεκτό και από άλλα πρότυπα παρόλο που όσον αφορά στο μήκος και στο αν θα εκτελείται από τη μία ή και από τις δύο πλευρές σημειώνονται διαφοροποιήσεις. Σε άλλες περιπτώσεις το ελάχιστο μέγεθος ραφής (π.χ. συγκόλληση κατά παράθεση για μη φέρουσες ενώσεις) είναι ίσο με $2 * 4d$ και διάκενο τουλάχιστον $2d$. Τα παραπάνω ισχύουν για διαμέτρους ράβδων οπλισμού μικρότερες από 20mm . Στην περίπτωση που η διάμετρος του οπλισμού ξεπερνάει τα 20mm τότε το συνολικό μήκος ραφής πρέπει να είναι τουλάχιστον $15d$. Επίσης σε ορισμένες περιπτώσεις η συγκόλληση εκτελείται σε ένα πέρασμα και έχει συνολικό μήκος $10d$. Στην περίπτωση που η διάμετρος είναι μεγαλύτερη από 25mm τότε αντί ενός μπορούν να πραγματοποιηθούν δύο περάσματα, το κάθε ένα μήκους $5d$ με διάκενο 20mm μεταξύ τους. Για να αποφευχθεί τυχούσα υπερθέρμανση της ράβδου οπλισμού προτείνεται τι μέγιστο μήκος ραφής να μην ξεπερνάει τα $5d$. Εάν απαιτείται μεγαλύτερο μήκος ραφής θα πρέπει να εκτελείται σε

διακεκομμένα περάσματα ελάχιστου μήκους 1.5d και με ενδιάμεσο διάκενο μεγαλύτερο από 5d.

Το πάχος της ραφής πρέπει να είναι τουλάχιστον 0.3d. Η αντοχή της ραφής και κατ' επέκταση το μήκος ραφής της συγκόλλησης μπορούν να εκτιμηθούν με τη βοήθεια αριθμητικών τύπων.[10]

Σύμφωνα με τα “British Standard Specification for Metal arc weld of steel for concrete reinforcement” για τον υπολογισμό της αντοχής της ραφής προκύπτει ο παρακάτω τύπος:

$$F_{\epsilon r o u s a \ I k a n \acute{o} t h t a \ (s e \ N) = f_w \times T \times L_w$$

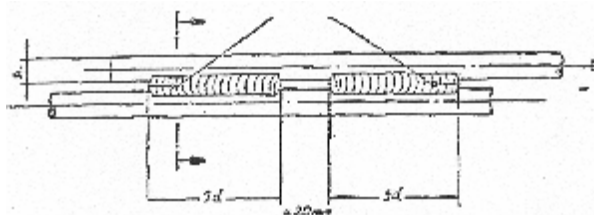
όπου f_w είναι η διατμητική αντοχή του προς συγκόλληση μετάλλου (σε N/mm²),
 T είναι το διαθέσιμο μήκος λαιμού (σε mm),
 L_w είναι το μήκος συγκόλλησης.

Επιπροσθέτως δίνουν τύπο για τον υπολογισμό του ελάχιστου συνολικού μήκους συγκόλλησης, ώστε οι συγκολλούμενοι ράβδοι να μεταφέρουν τις συνολικές εφελκυστικές τάσεις.

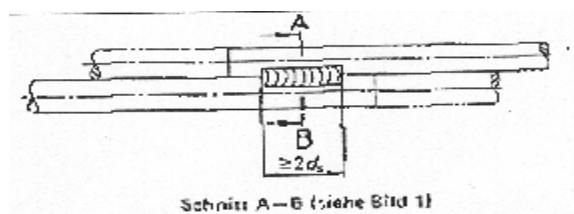
$$L = \frac{p \times 0,87 f_y}{4 \times T \times f_w} \times (\text{διάμετρος ράβδου})^2 \quad \text{διάμετρος ράβδου σε mm.}$$

όπου T το διαθέσιμο μήκος λαιμού (σε mm),
 f_y χαρακτηριστική αντοχή της ράβδου (σε N/mm²),
 f_w διατμητική αντοχή της ράβδου (σε N/mm²).[11]

Όσον αφορά στο μήκος της ραφής έχει δειχθεί ότι επιτυγχάνεται πλήρης αντοχή με μήκος ραφής 5d (και όχι 2 * 5d), χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια ρουτιλίου. Άλλωστε και σύμφωνα με τον κανονισμό DIN 4099, η δοκιμή εφελκυσμού προβλέπεται για μήκος ραφής 4d ενώ το συνολικό μήκος συγκόλλησης είναι το διπλάσιο.



Συγκόλληση με επικάλυψη κατά ΕΛΟΤ 959

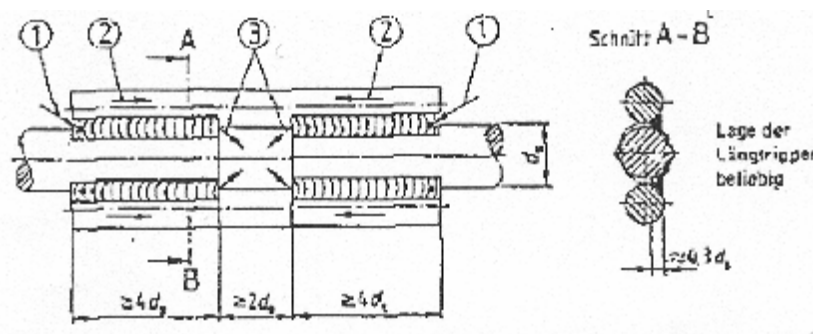


Συγκόλληση με επικάλυψη κατά DIN 4099

γ) Συγκόλληση με λωρίδες.

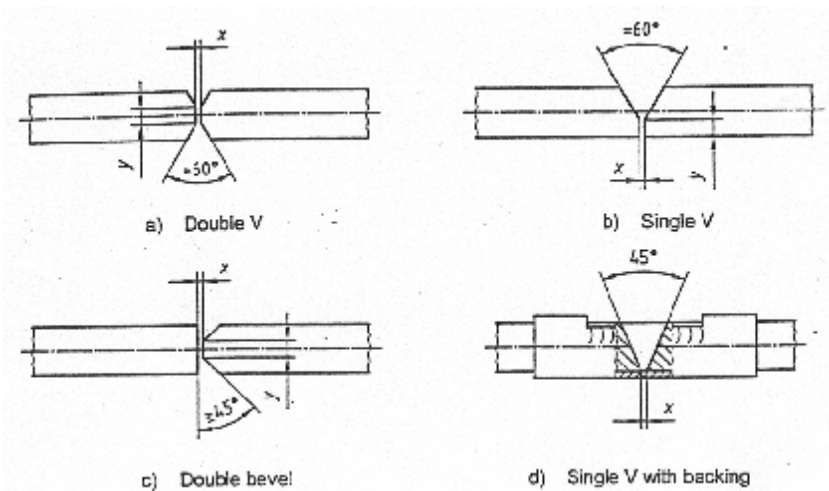
Οι λωρίδες είναι από συγκολλησιμο χάλυβα οπλισμού, η συνολική διατομή των οποίων πρέπει να είναι τουλάχιστον ίση με τη διατομή των ράβδων που συνδέονται (με την ίδια μηχανική αντοχή) ή να έχουν την ίδια φέρουσα ικανότητα.

Η συγκόλληση εκτελείται μόνον από τη μία πλευρά με τέσσερις ραφές (δύο για κάθε λωρίδα) μήκους τουλάχιστον $4d$ (όπου d η διάμετρος του οπλισμού) που χωρίζονται από διάκενο τουλάχιστον $2d$. Με βάση όμως το πρότυπο CEN247 (1997) η συγκόλληση μπορεί να εκτελεσθεί και από τις δύο πλευρές και δεν προβλέπεται το ελάχιστο διάκενο.[10]



Συγκόλληση με ραβδοτεμάχια κατά DIN 4099

Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται η κατά μέτωπο συγκόλληση.



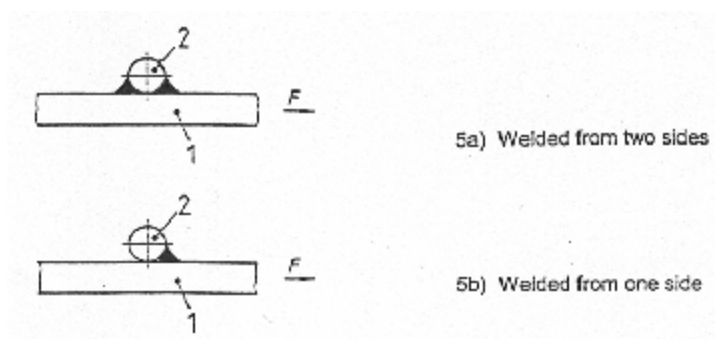
Κατά μέτωπο συγκόλληση

δ) Σταυρωτές συνδέσεις.

Σύμφωνα με τα "European Standard" πρέπει να ισχύει:

$$d_{min} \geq 0,57 d_{max}$$

όπου d η ονομαστικές διαμέτροι των προς σύνδεση ράβδων.[19]



1. Διαμήκειες ράβδοι

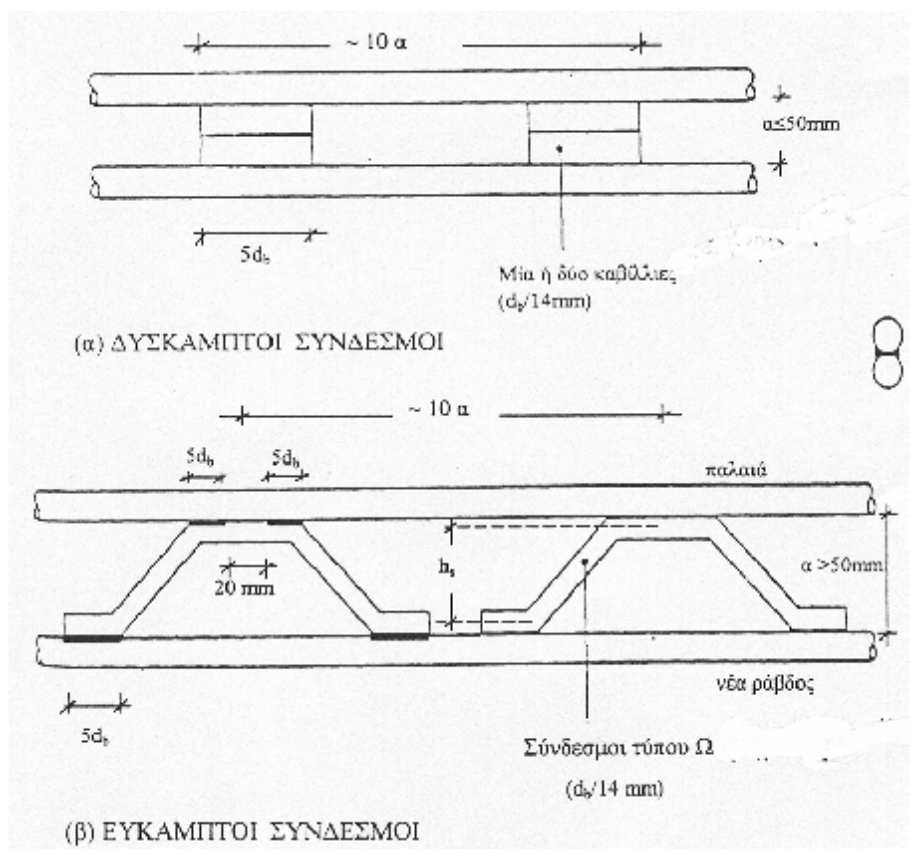
2. Εγκάρσιες ράβδοι

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

- Ο κανονισμός Τεχνολογίας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος ορίζει πως οι συνδέσεις με συγκόλληση πρέπει να γίνονται μόνο από τη μία πλευρά.
- Ο Κ.Τ.Χ. επίσης αναφέρει ότι οι χάλυβες των οποίων η συγκολλησιμότητα δεν εξασφαλίζεται με τη χημική σύσταση (δηλαδή μη συγκολλησιμοι ή συγκολλησιμοι υπό προϋποθέσεις χάλυβες) επιτρέπεται να συνδέονται μόνο κατά παράθεση.
- Είναι πολύ σημαντικό μετά από κάθε ραφή να αφαιρείται (χτύπημα με το ματσακόνι) η κρούστα που σχηματίζεται κατά τη συγκόλληση από την πάστα του ηλεκτροδίου, διαφορετικά η κόλληση αποκτά όψη «σταφυλιού». Ακόμα χειρότερα αν από πάνω ακολουθήσει και δεύτερη ραφή το κόλλημα δε θα είναι σωστό, αλλά θα είναι σαν να μην υπάρχει.
- Τα άκρα των ράβδων που συνδέονται κατά παράθεση καλό είναι να στρογγυλοποιούνται, διαφορετικά υπάρχει κίνδυνος κατά τη σεισμική φόρτιση να τιναχθούν οι επικαλύψεις.[17]

ΑΛΛΟΙ ΠΙΘΑΝΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΤΑΤΑΞΗΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

- Στην πράξη ανάλογα με την απόσταση των ράβδων χρησιμοποιούνται δύο τύποι συνδέσεων: α) «δύσκαμπτοι» και β) «εύκαμπτοι» (CEB Bul 162, 1983).
Στην πρώτη περίπτωση λέμε ότι η συγκόλληση γίνεται με λωρίδες ή με άλλα δομικά στοιχεία ενώ στη δεύτερη περίπτωση πρόκειται για συγκόλληση με επικάλυψη (ή με παράθεση). Η συγκόλληση και στις δύο περιπτώσεις γίνεται με επικάλυψη (ή με παράθεση) μόνο που στη μία περίπτωση παρατίθεται ράβδος ενώ στη δεύτερη κάποιο άλλο δομικό στοιχείο χάλυβα.[10]



Σύνδεσμοι παλαιών – νέων ράβδων οπλισμού:

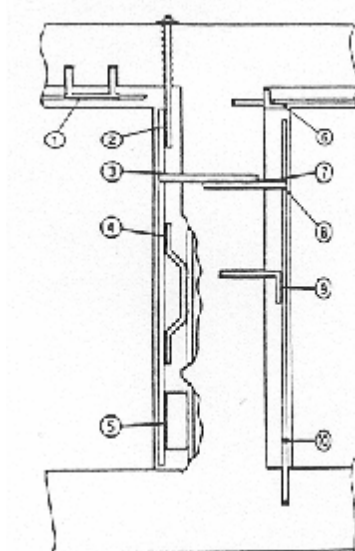
- α) Δύσκαμπτοι σύνδεσμοι
- β) Εύκαμπτοι σύνδεσμοι

• Επίσης στη βιβλιογραφία συναντάται και ο διαχωρισμός των συγκολλήσεων σε φέρουσες και μη φέρουσες. Οι φέρουσες συγκολλήσεις λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό της φέρουσας ικανότητας της κατασκευής, ενώ οι μη φέρουσες δε λαμβάνονται.

ΤΡΟΠΟΣ ΕΚΤΕΛΕΣΗΣ

Ο τρόπος εκτέλεσης της σύνδεσης ράβδων σιδηροπλισμού δια ηλεκτροσυγκόλλησης, σήμερα, διέπεται από τον ισχύοντα ελληνικό κανονισμό τεχνολογίας χάλυβα 2001. Εντούτοις όμως και σήμερα ακόμη οι ακολουθούμενες πρακτικές συγκόλλησης ράβδων στις κατασκευές από Ο.Σ. γίνονται σταθερά με τους γνωστούς παραδοσιακούς τρόπους όπως:

- Ανεβατό **à** κατακόρυφη συγκόλληση με φορά προς τα πάνω.
- Κατεβατό **à** κατακόρυφη συγκόλληση με φορά προς τα κάτω.
- Ουρανός **à** συγκόλληση στο κάτω μέρος των χαλύβδινων ράβδων τοποθετημένων στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.
- Πλάκα **à** συγκόλληση στο πάνω μέρος των χαλύβδινων ράβδων τοποθετημένων στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο.[7]



Είδη συγκολλήσεων στις επεμβάσεις:
(1,8) “Ουρανός”, (2,4,5,9) “Ανεβατό” (ή “Κατεβατό”),
(3) “Πλάκα”, (6,7) “Οριζόντιο”, (10) “Κατά κεφαλή”

Ο τρόπος εκτέλεσης παίζει πρωτεύοντα ρόλο στη συγκολλησιμότητα. Ο τρόπος εκτέλεσης των συγκολλήσεων που γίνονται στις επισκευές ποικίλει ανάλογα με τη θέση που βρίσκονται τα προς συγκόλληση κομμάτια, πράγμα που επηρεάζει την ικανότητα διείσδυσης άρα και πρόσφυσης της συγκόλλησης, στο μέταλλο στο οποίο γίνεται η συγκόλληση καθώς και τον τρόπο καταπόνησής της (διάτμηση ή εφελκυσμός).

Ανεβατό: Είναι πολύ δύσκολο να γίνει σωστά και απαιτεί ειδικά ηλεκτρόδια. Αν και έχει πολύ καλή διείσδυση, έχει 2 βασικά προβλήματα:

α) Λόγω βαρύτητας το λειωμένο μέταλλο και η προστατευτική πάστα τείνουν να γυρίσουν προς τα πίσω, δημιουργώντας εγκλείσεις πάστας στη ραφή συγκόλλησης και μείωση της διατομής της.

β) Στο τέλος της ραφής συγκόλλησης δημιουργείται ένα σκάψιμο (κρατήρας) στο βασικό μέταλλο, πράγμα που μειώνει τη διατομή του. Αυτό μπορεί να αποφευχθεί αν ο τεχνίτης είναι έμπειρος και προσεκτικός.[4] Οι συγκολλήσεις αυτές είναι σχετικά φορτωμένες, για τι η θέρμανση είναι πιο υψηλή απ’ ότι για την ίδια μέθοδο σε επίπεδη θέση αν και η χρησιμοποιούμενη ένταση είναι πάντα πιο χαμηλή (περίπου 30Α λιγότερο).[22] Αυτό συμβαίνει γιατί η συγκόλληση με οριζόντια διεύθυνση έχει μεγαλύτερη ταχύτητα τήξεως, δηλαδή γίνεται πιο γρήγορα. Αντίθετα η συγκόλληση με κατεύθυνση από κάτω προς τα επάνω χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να χυθεί το υλικό μέσα στην κόλληση.[17]

Η προετοιμασία των κομματιών παίζει σημαντικό ρόλο στη διευκόλυνση εκτέλεσης του πρώτου κορδονιού λόγω κινδύνων τρεξίματος του λουτρού τήξης και σχηματισμού εξογκωμάτων στη διείσδυση και στο πίσω μέρος της συγκόλλησης.

Μέθοδος με στενά κορδόνια (Α):

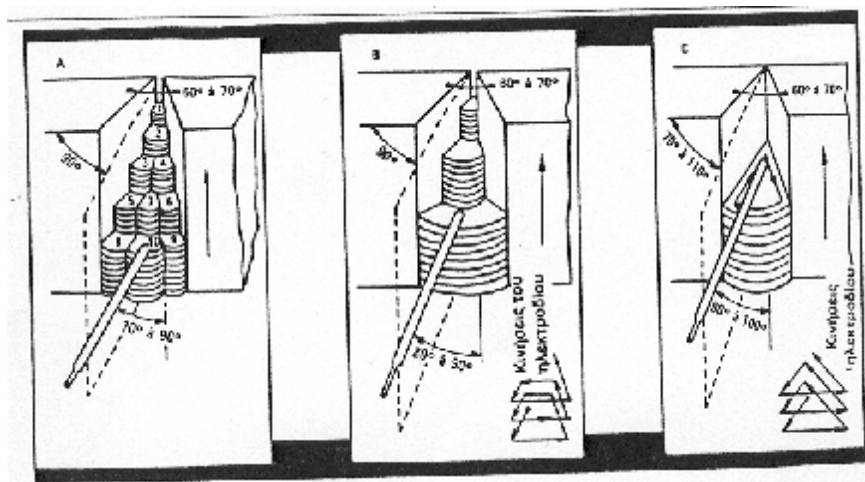
Η κύρια φροντίδα είναι να αποφύγουμε τον εγκλεισμό πάστας. Προσέχουμε την καλή κατάσταση των κορδονιών.

Μέθοδος με πλατιά κορδόνια (B):

Το ηλεκτρόδιο προχωράει με κινήσεις εγκάρσιες εναλλασσόμενες. Κάθε κορδόνι χρησιμεύει για στήριγμα του προηγούμενου. Η μέθοδος αυτή συνίσταται για ηλεκτρόδια που παρουσιάζουν μεγάλη ρευστότητα του λουτρού τήξεως.

Τριγωνική μέθοδος (C):

Το γέμισμα γίνεται γρήγορα και ανάλογα με το πάχος των προς σύνδεση ράβδων μπορεί να γίνει με περισσότερα κορδόνια. Η μέθοδος αυτή συνίσταται όταν έχουμε ηλεκτρόδια βασικής επένδυσης, δεδομένου ότι τα ηλεκτρόδια αυτά έχουν υψηλές μηχανικές ιδιότητες και επιτρέπουν την πραγματοποίηση ραφών με μηχανικά χαρακτηριστικά ακόμα ψηλότερα. Δεν πρέπει να χρησιμοποιούμε πολύ μεγάλης διαμέτρου.[22]



Κλίση του ηλεκτροδίου σε κάθετη θέση ανεβατό:

Μια εντελώς φυσική τάση του συγκολλητή κατά τη συγκόλληση σε κάθετη θέση ανεβατό είναι να μη διατηρεί μια σταθερή κλίση του ηλεκτροδίου όπως στην επίπεδη θέση. Το χέρι πρέπει να ακολουθεί επιτακτικά την κίνηση προχωρήσεως της συγκόλλησης. Σε αντίθετη περίπτωση:

- το τόξο έχει την τάση να επιμηκύνεται (κίνδυνοι φυσαλίδων για τα ηλεκτρόδια βασικής επένδυσης),
- η διείσδυση είναι ανεπαρκής,
- ο κίνδυνος φαγωμάτων είναι μεγάλος,
- η εμφάνιση των διαδοχικών κορδονιών είναι ανομοιόμορφη.

Ακόμα, αυτή η κακή θέση του ηλεκτροδίου, ιδιαίτερα στο πρώτο κορδόνι ευνοεί την ευαισθησία του κορδονιού στον σχηματισμό «κρεμασμάτων» με όλες τις συνέπειές τους.

Κατεβατό: Είναι δύσκολη κατασκευαστικά, απαιτεί ειδικά ηλεκτρόδια και το κυριότερο μειονέκτημα είναι ότι έχει πολύ μικρή διείσδυση άρα και μικρή ικανότητα μεταφοράς φορτίων.[4]

Ουρανός: Ο τρόπος αυτός εκτέλεσης της ηλεκτροσυγκόλλησης (συγκόλληση στο κάτω μέρος των χαλύβδινων ράβδων τοποθετημένων στο ίδιο οριζόντιο επίπεδο), όπως επίσης και η συγκόλληση «οριζόντιο» (συγκόλληση οριζόντια σε στοιχεία τοποθετημένα στο ίδιο κατακόρυφο επίπεδο) εκτός της κατασκευαστικής τους δυσκολίας δεν έχουν άλλα

μειονεκτήματα.[4] Εντούτοις, μια εντατική εξάσκηση των συγκολλητών επιτρέπει την επίτευξη ποιοτικών συγκολλήσεων. Κανονικά η ένταση του ρεύματος που απαιτείται για τον ουρανό είναι μικρότερη από ότι για την πλάκα και μεγαλύτερη από ότι για το «ανεβατό» (κυμαίνεται συνήθως $110 \cong 160$ A).

Η προετοιμασία πρέπει να είναι πολύ προσεγμένη, το διάκενο σταθερό και οι λοξοτομές ανοιχτές από 70° (για χοντρές ράβδους) μέχρι 90° για ράβδους μικρότερης διαμέτρου. Ειδικότερα, στην περίπτωση κατά παράθεση, με νάρθηκες, «ουρανό» καθώς οι ράβδοι τίθενται σε επαφή προκειμένου να συγκολληθούν, μένει ανάμεσά τους ένα μικρό διάκενο εξαιτίας των νευρώσεών τους. Αυτό είναι επιθυμητό, αφού έτσι επιτυγχάνεται μία μικρή έστω διείσδυση του υλικού συγκόλλησης προς την πίσω πλευρά, με αποτέλεσμα καλύτερη σύνδεση.[17]

Η χρησιμοποίηση στενών κορδονιών δεν αντενδείκνυται με την προϋπόθεση ότι δε θα είναι πολύ στρογγυλεμένα (μπομπέ) γιατί βελτιώνουν τα μηχανικά χαρακτηριστικά.

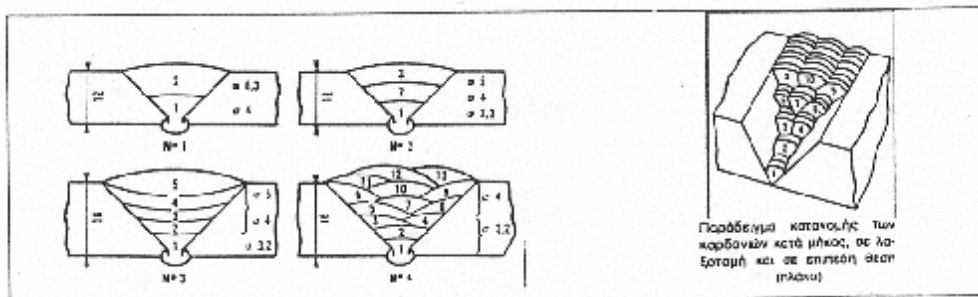
Ένα κοντό τόξο είναι προτιμότερο. Ακόμη, η θέση του συγκολλητή και του ηλεκτροδίου έχει μεγάλη σημασία ώστε να αποφεύγουμε μια μεγάλη κόπωση. Ο χειριστής πρέπει να τοποθετείται σωστά στο επίπεδο της συγκόλλησης, η συγκόλληση πρέπει να γίνεται “ερχόμενη προς αυτόν” ή “τραβώντας προς αυτόν”. Ακόμα πρέπει πάντα να λυγίζει το ηλεκτρόδιό του στο επίπεδο της τσιμπίδας ή σε μια τέτοια γωνία που η θέση εργασίας του με την τσιμπίδα στο χέρι να είναι φυσιολογική.[22]

Πλάκα: Είναι η πλέον εύκολη μεθοδολογία εκτέλεσης συγκόλλησης.

Οι δύο πρώτες μέθοδοι (No1, No2) συνιστώνται για ραφές καλής ποιότητας όπου προέχει η οικονομία. Έχουν την τάση να αυξήσουν κατά μήκος τις παραμορφώσεις, άρα συνιστώνται για κομμάτια μικρού μήκους.

Η τρίτη μέθοδος (No3) με 5 κορδόνια δίνει συγκόλληση με καλύτερα μηχανικά χαρακτηριστικά. Ακόμα τα κοίλα κορδόνια αποκλείουν κάθε κίνδυνο εγκλεισμού πάστας μεταξύ των κορδονιών.

Η τέταρτη μέθοδος (No4) με 13 στενά συνιστάται για ραφές υψηλής και πολύ υψηλής ασφάλειας, γιατί δίνει τις ελάχιστες διαμήκεις παραμορφώσεις αλλά τονίζει τις εγκάρσιες ή γωνιακές παραμορφώσεις που είναι εξάλλου πιο εύκολο να περιοριστούν. Ακόμα, η μέθοδος αυτή επιβάλλει μια αυστηρή σειρά εκτέλεσης της συγκόλλησης, πολύ σχολαστικό καθάρισμα της πάστας, την αποφυγή κάθε οξείας γωνίας μεταξύ των κορδονιών, μια καλή ρύθμιση της έντασης ώστε να αποφευχθεί κάθε περίπτωση σχηματισμού “φαγωμάτων”. Το παραπλεύρως σχήμα παριστάνει χαρακτηριστικά μια σωστή κατανομή των κορδονιών.[22]



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

α) Να αποφεύγεται το “κατεβατό”. β) Η συγκόλληση “ανεβατό” πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά κυρίως κατά το τέλος της ραφής και αν υπάρχει κίνδυνος υπερθέρμανσης να

γίνεται διακοπτόμενα. γ) Μικρή προθέρμανση των προς συγκόλληση ράβδων είναι χρήσιμη. δ) Το μήκος των ραφών πρέπει να είναι όσο ορίζει ο κανονισμός. ε) Κατά τον υπολογισμό πρέπει να ληφθεί υπ' όψη μείωση της επιμήκυνσης του συγκολλημένου οπλισμού και όχι μείωση της αντοχής του.[4]

ΠΡΟΘΕΡΜΑΝΣΗ

Οποιαδήποτε προθέρμανση ή μετεθέρμανση απαγορεύεται βάσει του Κ.Τ.Χ. 2000. Η προθέρμανση όμως, προβλέπεται εφ' όσον δεν έχουν διενεργηθεί δοκιμές συγκολλησιμότητας σύμφωνα με το πρότυπο CEN 247 (1997) – BS 7123 (1989). Η προθέρμανση εξαρτάται από τον ισοδύναμο άνθρακα του χάλυβα και τον τύπο σύνδεσης. Τα ηλεκτρόδια με ελεγχόμενη περιεκτικότητα σε υδρογόνο απαιτούν χαμηλότερες θερμοκρασίες προθέρμανσης.

Η θερμοκρασία προθέρμανσης δεν πρέπει να πέσει σε καμιά στιγμή της συγκόλλησης κάτω από την προδιαγραφόμενη και η θερμοκρασία των δοκιμίων δεν πρέπει να ξεπεράσει σε καμιά περίπτωση τους 325°C σε απόσταση 25mm από τη συγκόλληση.

Σημειώνεται ότι η παραπάνω απαίτηση για διατήρηση της θερμοκρασίας σε κατώτερα επίπεδα από 325°C σε απόσταση 25mm απαιτεί σε ορισμένες περιπτώσεις (ανάλογα με τη διάμετρο του οπλισμού) προσεκτική επιλογή των παραμέτρων συγκόλλησης και εκτέλεσης της συγκόλλησης (Γ.Δ. Παπαδημητρίου, Ι. Νικολάου, 2001).[10]

Επιπροσθέτως αξίζει να αναφερθούμε στο εξής σημείο:

- Όταν η συγκόλληση διακόπτεται και η θερμοκρασία πέφτει χαμηλότερα από τα συνιστώμενα θερμοκρασιακά επίπεδα, η ένωση πρέπει να προθερμαίνεται πριν συνεχιστεί η διαδικασία της συγκόλλησης.
- Η θερμοκρασία προθέρμανσης μετράται ή με “χρωματικό μολύβι” ή με “πυρόμετρο”.
- Προθέρμανση σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από 325°C σε 25mm θα είχε ως αποτέλεσμα την εξασθένηση των μηχανικών ιδιοτήτων της ράβδου.[11]

ΕΠΗΛΕΟΝ ΟΔΗΓΙΕΣ

- Η συγκόλληση δεν πρέπει να εκτελείται όταν βρέχει, χιονίζει ή κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλών ανέμων. Διαφορετικά πρέπει να παρθούν τα κατάλληλα μέτρα προφύλαξης (όπως η πρόβλεψη υπόστεγων).[11]
- Από τις ράβδους που πρόκειται να συγκολληθούν πρέπει να αφαιρεθούν (εάν υπάρχουν) ίχνη λίπους, λαδιού, υγρασίας, σκουριάς και μπογιάς, γιατί επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα της συγκόλλησης (π.χ. δημιουργία πόρων).[19,23]
- Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να εκτελείται συγκόλληση, όταν οι προς συγκόλληση ράβδοι (λίγο πριν την εκτέλεση της διαδικασίας) βρίσκονται σε θερμοκρασία μικρότερη από 0°C .[11]
- Για τις διαστάσεις των ράβδων δεν πρέπει να ξεχνάμε την επίδραση των διαστολών και συστολών τους.[22]
- Τοπικές κηλίδες και ρωγμές στις ράβδους πρέπει να αφαιρούνται με κάποια μηχανικά μέσα, ώστε να εξασφαλίζεται «υγιής» συγκόλληση.[11]

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

• Εφ' όσον ικανοποιούνται οι ισχύοντες κανονισμοί και οδηγίες για την ηλεκτροσυγκόλληση, η ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με επενδυμένο ηλεκτρόδιο μπορεί να είναι επιτυχής κάτω από τις συνθήκες του εργοταξίου. Ο πλέον κατάλληλος τρόπος εκτέλεσής της είναι κατακόρυφα «ανεβατό» και σε επίπεδες θέσεις. Γι' αυτές τις θέσεις η

μείωση της αντοχής του χάλυβα είναι ασήμαντη, ενώ η μείωση της πλαστιμότητάς του, εφ' όσον έχει $Ceq < 0,55\%$, δεν υπερβαίνει το 15%. [3]

- Το προτεινόμενο μήκος συγκόλλησης 5d επαρκεί για όλους τους τύπους χάλυβα. Μικρότερα μήκη συγκόλλησης δεν επηρεάζουν σημαντικά την τελική αντοχή, έχουν ως αποτέλεσμα όμως σημαντική μείωση της πλαστιμότητας των ηλεκτροσυγκολλημένων κόμβων. Για την περίπτωση μήκους συγκόλλησης 3.5d η παρατηρούμενη μείωση της πλαστιμότητας είναι 50% μεγαλύτερη από την περίπτωση συγκόλλησης μήκους 5d. [3]

- Η αποτελεσματικότητα της συγκόλλησης δε φαίνεται να επηρεάζεται από τη διάμετρο των ράβδων οπλισμού. [3]

- Όταν η συγκόλληση πραγματοποιείται από μη εξειδικευμένο συγκολλητή στις επισκευές κτιρίων είναι πολύ πιθανό να προκύψει σημαντική μείωση της αντοχής και της πλαστιμότητας του χάλυβα. [3]

- Περίπου το 25% των ηλεκτροσυγκολλήσεων αστοχούν σε πολύ χαμηλά φορτία, πριν το όριο διαρροής του χάλυβα, εξαιτίας της κακής εκτέλεσης της διαδικασίας. Τέτοιου είδους προβλήματα μπορούν να περιοριστούν με ελέγχους ποιότητας και καλή εξειδίκευση προσωπικού.

➤ Από όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι η ηλεκτροσυγκόλληση επηρεάζει περισσότερο την πλαστιμότητα παρά την αντοχή του χάλυβα. Το γεγονός αυτό είναι πιο κρίσιμο σε παρεμβάσεις κτιρίων που πρόκειται να αναλάβουν σεισμικές φορτίσεις, από τη στιγμή μάλιστα που ο σύγχρονος αντισεισμικός σχεδιασμός στηρίζεται στην ικανότητα της κατασκευής να συμπεριφέρεται ανελαστικά, λαμβάνοντας υπόψη την πλαστιμότητα των μελών της. [3]

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΑΠΟΔΟΧΗΣ ΠΕΡΑΤΩΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η αξιοπιστία κατά τη διάρκεια της ζωής της συγκόλλησης και κατά συνέπεια της κατασκευής ορίζεται από την ποιότητά της. Στην πράξη, σπάνια οι συγκολλήσεις θεωρούνται τέλειες και απαλλαγμένες από σφάλματα και συνεπώς τίθεται το ερώτημα σε ποιο βαθμό μια συγκόλληση που δεν είναι ιδανική μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις για τις οποίες προορίζεται. Για το λόγο αυτό έχει επικρατήσει τα τελευταία χρόνια η φιλοσοφία της λεγόμενης «καταλληλότητα για την επιδιωκόμενη χρήση» (fitness for purpose), που είναι άμεσα συνδεδεμένη με την αποδοχή ορισμένων σφαλμάτων (defect tolerance). Η ανοχή αυτή, καθορίζεται με βάση ορισμένους κανόνες ή πρότυπα που έχουν θεσπιστεί από οργανισμούς π.χ. American Welding Society, American Society for Testing Materials, British Welding Institute. Με βάση τα παραπάνω για την αποδοχή μιας συγκόλλησης ως κατάλληλης θα πρέπει πρώτα να ανιχνευθούν τα τυχόν σφάλματα με μια καταστροφική και μη μέθοδο και στη συνέχεια να αξιολογηθούν με βάση τα κριτήρια αξιολόγησης που δίνονται από τα διεθνή πρότυπα. [12]

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ

Για την αξιολόγηση μιας συγκολλητικής μεθόδου απαιτείται έλεγχος ποιότητας με καταστροφικές και μη καταστροφικές μεθόδους ελέγχου συγκολλήσεων σε δοκίμια που έχουν συγκολληθεί όπως προδιαγράφει η υπό αξιολόγηση συγκολλητική μέθοδος.

Στη γενικότερη Ευρωπαϊκή Οδηγία (EN – 288) για τους ελέγχους ποιότητας απαιτείται ορισμένος αριθμός δοκιμίων ανάλογα με τη μέθοδο που ακολουθείται. Όλα τα δοκίμια θα

πρέπει να προέρχονται από το ίδιο δείγμα, δηλαδή στην περίπτωση μας από την ίδια ράβδο χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος.

Κατά DIN 4099 απαιτούνται τα παρακάτω δοκίμια:

- 1 για τη δοκιμή εφελκυσμού,
- 1 για τη δοκιμή κάμψης – ανάκαμψης.

Κατά ΕΛ.Ο.Τ. 959 απαιτούνται τα παρακάτω δοκίμια:

- 1 για τη δοκιμή εφελκυσμού,
- 1 για τη δοκιμή κάμψης – ανάκαμψης,
- 1 για τον έλεγχο χημικής ανάλυσης,

συμπεριλαμβανομένου και του προσδιορισμού του ισοδύναμου σε άνθρακα.

ΜΗ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΕΛΕΓΧΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΣ

Οι μη καταστροφικοί έλεγχοι συγκολλήσεως έχουν μεγάλη σημασία, γιατί μ' αυτούς ελέγχονται η συγκόλληση, η οποία θα δεχθεί την καταπόνηση, αλλά και δείγμα όμοιας συγκόλλησης. Αυτοί είναι:

- Οπτικός έλεγχος.

Κατά τον έλεγχο αυτό ελέγχεται η ραφή μακροσκοπικά στην εξωτερική της μορφή και εξάγονται συμπεράσματα για την ποιότητα της συγκόλλησης. Η μέθοδος αυτή απαιτεί πεπειραμένο ελεγκτή και δεν παρέχει πάντα ασφαλή αποτελέσματα.

- Έλεγχος επιφάνειας με διεισδυτικά υγρά.

Κατά τον έλεγχο αυτό ελέγχεται η ραφή στην εξωτερική της επιφάνεια για την ύπαρξη ρωγμών. Η μέθοδος αυτή παρέχει ασφαλή αποτελέσματα μόνο στην περίπτωση ύπαρξης επιφανειακών ρηγματώσεων.

- Έλεγχος με ακτίνες x.

Είναι η μέθοδος από την οποία εξάγονται πλήρη συμπεράσματα για την ποιότητα της συγκόλλησης, τόσο επιφανειακά όσο και εσωτερικά για τυχόν ύπαρξη πόρων, αλλά και έλεγχος διείσδυσης της συγκόλλησης στο μέταλλο βάσης. Ο έλεγχος με τη μέθοδο αυτή παρουσιάζει ως μειονέκτημα το οικονομικό κόστος για τον απαιτούμενο 100% έλεγχο των δειγμάτων μας που κάνει απαγορευτική τη χρήση του. Η μέθοδος αυτή είναι η μέθοδος ελέγχου που συνίσταται να εφαρμόζεται για τον έλεγχο συγκολλήσεων χάλυβα οπλισμού σκυροδέματος στο χώρο του εργοταξίου.[21]

ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΟΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΣ ΧΑΛΥΒΩΝ Ο.Σ.

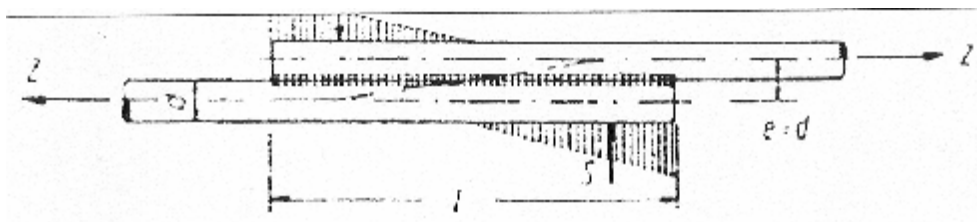
Οι καταστροφικοί μέθοδοι ελέγχου συγκολλήσεων διακρίνονται σε έλεγχο μηχανικών αντοχών και σε μεταλλουργικό έλεγχο. Οι έλεγχοι αυτοί πραγματοποιούνται σε όμοιο δείγμα συγκόλλησης, με αυτό που θα εφαρμοστεί σε κάποιο εργοτάξιο, κατά την ίδια συγκολλητική μέθοδο.

ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

Κατά τη δοκιμή αυτή προσδιορίζεται μόνο η εφελκυστική αντοχή του συγκολλημένου δοκιμίου, η οποία δεν πρέπει να είναι μικρότερη από 90% της αντίστοιχης τιμής, που έχει προσδιοριστεί σε ασυγκόλλητο δοκίμιο από το ίδιο δείγμα, υπό την προϋπόθεση βέβαια το ασυγκόλλητο δοκίμιο να ανταποκρίνεται στην ελάχιστη τιμή του ορίου αντοχής σε εφελκυσμό της ποιότητας χάλυβα Ο.Σ. που ανήκει.

Τα συγκολλημένα δοκίμια που πρόκειται να δοκιμαστούν για τη συγκολλησιμότητά τους συγκολλούνται στη συνήθη θερμοκρασία. Δεν επιτρέπεται τα δοκίμια αυτά να υποστούν καμία θερμική επεξεργασία ούτε πριν ούτε μετά τη συγκόλλησή τους.

Η δοκιμή σε εφελκυσμό συγκολλημένων δοκιμίων με επικάλυψη θα πρέπει να γίνεται με έκκεντρο τρόπο σύμφωνα με τις υποδείξεις του σχήματος που ακολουθεί.



Έκκεντρότητα επί απλής συγκόλλησης επικάλυψης

ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΜΨΗΣ

Κατά τη δοκιμή κάμψης συγκολλημένων δοκιμίων γύρω από κυλινδρικά στελέχη κατά γωνία 90° δεν πρέπει να εμφανιστεί καμία ρωγή στο βασικό μέταλλο.

Στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται οι διάμετροι των κυλινδρικών στελεχών για τη δοκιμή κάμψης χάλυβα Ο.Σ.

Κατηγορία	Διάμετρος Κυλινδρικού Στελέχους για Ονομαστικές Διαμέτρους Δοκιμίων σε mm			
	$d \leq 12$	$12 < d \leq 18$	$18 < d \leq 25$	$25 < d \leq 32$
Χάλυβα	$d \leq 12$	$12 < d \leq 18$	$18 < d \leq 25$	$25 < d \leq 32$
S200	2d	2d	4d	4d
S400, S400s	5d	6d	8d	10d
S500, S500s	7d	8d	10d	12d

Αν όμως μία ρωγή αρχίσει από την περιοχή της συγκόλλησης και σταματήσει στο βασικό μέταλλο, τότε το αποτέλεσμα της δοκιμής γίνεται επίσης αποδεκτό. Κατά τη δοκιμή κάμψης συγκολλησιμων δοκιμίων, η ραφή της συγκόλλησης θα πρέπει να βρίσκεται στη ζώνη εφελκυσμού και το διάκενο ανάμεσα από δύο τμήματα της ραφής συγκόλλησης στο κέντρο του κυλινδρικού στελέχους.

ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Ο μεταλλουργικός έλεγχος πραγματοποιείται σε τεμάχια που αφαιρούνται με κοπή από τμήματα συγκολλημένων και μη δοκιμίων. Τα τεμάχια μετά από κατεργασία στην επιφάνειά τους με διαδοχικές λειάνσεις και την κατάλληλη χημική προσβολή, τίθενται στο μικροσκόπιο όπου παρατηρείται η υφή του μετάλλου βάσης στη ραφή, στις θέσεις συνδέσεως της ραφής του μετάλλου και του τεμαχίου, στη Θ.Ε.Ζ. (θερμικά επηρεαζόμενη ζώνη) και στη Ζ.Τ. (ζώνη τήξεως).

Από το σημαντικό αυτό έλεγχο εξάγονται χρήσιμα συμπεράσματα όσο αφορά την ποιότητα συγκόλλησης που επιτυγχάνεται από μία συγκολλητική μέθοδο ως προς τον επηρεασμό του μετάλλου βάσης από τη θερμοκρασία που αναπτύσσεται καθώς και το μηχανισμό διείδυσης της κόλλησης στο μέταλλο βάσης.[21]

ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΣΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

Σφάλματα στη συγκόλληση προκύπτουν όπως είναι γνωστό κατά τη διάρκεια ή και μετά τη συγκόλληση. Για την εμφάνιση ενός σφάλματος μεσολαβούν διάφορες παράμετροι και μηχανισμοί οι οποίοι κυρίως οφείλονται: στον ανθρώπινο παράγοντα, στη διαδικασία συγκόλλησης, στο μέταλλο βάσης, στο υλικό εναπόθεσης, στις συνθήκες εργασίας κτλ.[27]

Τα κύρια σφάλματα που μπορούν να προκύψουν στη συγκόλληση είναι: ελλιπής διείδυση, σημειακή ατελής τήξη μεταξύ βασικού μετάλλου και μετάλλου προσθήκης, πόροι, εγκλωβισμός κρούστας, εγκλείσματα σκουριάς και υποκοπή. Παρατηρούνται επίσης τα εξής: υπερβολικά υπερυψωμένη συγκόλληση, ελλιπές γέμισμα ραφής, καψίματα στα άκρα της συγκόλλησης, πλευρικά καψίματα (αιχμές), εξωτερική εμφάνιση συγκόλλησης (ανομοιομορφία κυματισμού, πιτσιλίσματα), υπερθέρμανση, ρήγματα στη συγκόλληση (ρήγματα εν θερμώ και εν ψυχρώ).[27]

Πολλοί συγκολλητές που κατά περιόδους εξετάζονται συγκολλώντας δείγματα ξέρουν πολύ καλά τη σημασία των σφαλμάτων και πώς αυτά μπορούν να αποφευχθούν. Ανάλογα με τη φύση του σφάλματος και λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες στους οποίους αυτά οφείλονται μπορεί να προσδιορισθεί η προέλευση του σφάλματος και να καταλογιστούν ευθύνες για τη συγκεκριμένη περίπτωση. Ο ελεγκτής που αξιολογεί το σφάλμα θα πρέπει να διαθέτει αρκετή εμπειρία και να είναι γνώστης των πραγμάτων ώστε ο καταλογισμός ευθυνών να είναι δίκαιος. Στην πράξη συνήθως τα σφάλματα που οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα τα επιβαρύνεται ο συγκολλητής. Αυτό δεν είναι πάντα σωστό διότι σε πολλές περιπτώσεις ο συγκολλητής ευθύνεται έμμεσα.[27]

Σ' αυτό το σημείο κρίνεται απαραίτητο να τονίσουμε τη σημασία της επιλογής του κατάλληλα εξειδικευμένου συγκολλητή με διαφορά τεστ ελέγχου πιστοποίησης της ικανότητάς του, όπως αυτά προβλέπονται από τα διεθνή και ευρωπαϊκά πρότυπα.

Τέλος η παρουσία ενός επόπτη συγκολλήσεως είναι εξίσου σημαντική, οι αρμοδιότητες του οποίου καθορίζονται και αυτές ομοίως από διεθνή και ευρωπαϊκά πρότυπα.

ΜΕΤΡΑ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

Αν οι τεχνικές γνώσεις και γενικά η τεχνική κατάρρευση του εργαζόμενου είναι η βάση του επαγγέλματός του, το ίδιο βασική πρέπει να θεωρηθεί και η σωστή ενημέρωσή του πάνω στα θέματα ασφάλειας και υγιεινής που έχουν σχέση με τη δουλειά που κάνει.

Η τεχνική γνώση του εργαζόμενου συντελεί στη βελτίωση της απόδοσής του και συνεπώς στην αύξηση της παραγωγικότητάς του, αλλά δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι και ασφάλεια – υγιεινή στους χώρους εργασίας συντείνουν αποφασιστικά στην προώθηση της παραγωγής.

Συνοπτικά αξίζει να επισημάνουμε ότι:

- 1) Ο εργαζόμενος πρέπει να είναι σωστά ενημερωμένος πάνω στα θέματα «ασφάλειας» που τον αφορούν.
- 2) Να είναι αποφασισμένος να εφαρμόσει πιστά τα μέτρα που του ορίζουν έστω και αν εκ πρώτης όψεως του φαίνονται υπερβολικά και να υιοθετήσει την αρχή ότι: Ο πρώτος βασικός κανόνας ασφάλειας είναι η πιστή εφαρμογή των μέτρων ασφαλείας.

- 3) Ο εργοδότης πρέπει να εξασφαλίσει την ασφάλεια των εργαζόμενων στην επιχείρησή του, αποδεχόμενος ότι το όποιο επιπλέον κόστος για την προστασία τους, πιθανότατα θα τον προφυλάξει από εμφανείς ή αφανείς δαπάνες πολύ μεγαλύτερες.[20]

ΠΗΓΕΣ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΚΑΙ ΤΡΟΠΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΟΥΣ

Η συγκόλληση με τόξο παρουσιάζει ορισμένους κινδύνους συναφείς με αυτό το ίδιο το ηλεκτρικό τόξο, με τα χρησιμοποιούμενα μέταλλα καθώς και με το ηλεκτρικό ρεύμα.

• Κίνδυνοι από ακτινοβολία.

Για την πραγματοποίηση ηλεκτροσυγκολλήσεων απαιτείται ηλεκτρικό τόξο, το οποίο όμως παράγει μεγάλο φάσμα ακτινοβολίας βλαπτικό για τον ανθρώπινο οργανισμό. Πιο συγκεκριμένα αναπτύσσονται:

– Υπεριώδης ακτινοβολία (αόρατη)

Είναι η πιο επικίνδυνη, γιατί προσβάλλει το βλεννογόνο υμένα του ματιού που ονομάζεται «επιπεφυκός», προκαλώντας επιπεφυκίτιδα (arc – eye). Αυτή δυσκολεύει την όραση, δημιουργεί έναν τρομερό «βελονιστό» πόνο και δημιουργεί δάκρυα, αλλά συγχρόνως προειδοποιεί για τον κίνδυνο που υπάρχει. Επίσης προσβάλλει τους ιστούς του δέρματος, δηλαδή καίει το δέρμα όπως η ηλίαση.

Για να προστατευθεί ο ηλεκτροσυγκολλητής από την υπεριώδη ακτινοβολία διαθέτει τη μάσκα και τα γάντια του (και φυσικά δεν πρέπει να αφήνει μέρος του κορμιού του ακάλυπτο). Τα γυαλιά της μάσκας πρέπει να έχουν διαλεχθεί ανάλογα με το ρεύμα και την τεχνική που χρησιμοποιούμε. Η τυποποίηση είναι κατά DIN ή BS και ο παρακάτω πίνακας μας δίνει την τυποποίηση κατά BS 679, ενώ η τυποποίηση κατά DIN 4674 έχει μια παρόμοια μορφή. Καλό είναι το νούμερο της τυποποίησης να αναγράφεται πάνω στο γυαλί.

No Γυαλιού	Μέθοδος ηλεκτροσυγκόλλησης Ηλεκτρόδια έντασης ρεύματος: A(Amper)
8 / EW	Μέχρι 100
9 / EW	Μέχρι 100
10 / EW	100 – 300
11 / EW	100 – 300
12 / EW	Πάνω από 300
13 / EW	Πάνω από 300
14 / EW	Πάνω από 300

Σημείωση: Όπου συνίστανται δύο ή περισσότερα Νο γυαλιών για μια καθορισμένη περιοχή τιμών έντασης, καλό είναι όταν εργαζόμαστε σε σχετικά σκοτεινούς χώρους να χρησιμοποιούμε το μεγαλύτερο Νο γυαλι, ενώ όταν εργαζόμαστε στο ύπαιθρο το μεγαλύτερο Νο γυαλι.

Αναφερόμενοι στην προσβολή του δέρματος, η οποία μπορεί να γίνει και έμμεσα από τις γύρω μεταλλικές επιφάνειες, ιδιαίτερα εάν πρόκειται για αλουμίνιο, ανοξείδωτο χάλυβα και άλλα γυαλιστερά μέταλλα. Ακόμη όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση τόσο μεγαλύτερη μπορεί να γίνει η έμμεση προσβολή από υπεριώδη ακτινοβολία στο δέρμα. Γι' αυτό για να προστατευθούμε προσπαθούμε να έχουμε γύρω μας σκοτεινές επιφάνειες ή επιφάνειες βαμμένες με απορροφητικές μπογιές.

Προσοχή: στην περίπτωση προσβολής του ματιού δεν πρέπει να ξαναρχίσουμε δουλειά πριν το μάτι μας είναι τελείως καλά, ιδιαίτερα αν χρησιμοποιήσουμε υγρό φάρμακο ή κολλύριο.

– Ορατή ακτινοβολία (visible radiation)

Αυτή απλώς προκαλεί, στις υψηλές κυρίως εντάσεις, το γνωστό «θάμπωμα» των ματιών, από το οποίο μπορούμε να προστατευθούμε με τα κατάλληλα γυαλιά. Δεν πρέπει ποτέ να κοιτάζουμε προς το τόξο χωρίς την προστασία. Η ορατή ακτινοβολία του τόξου αποτελεί περίπου το 25% της όλης ακτινοβολίας.

– Υπέρυθρη ακτινοβολία (infra – red radiation)

Αυτή είναι η ακτινοβολία που εκπέμπεται κυρίως από το λουτρό του ρευστού μετάλλου της συγκόλλησης και περιέχει μεγάλη θερμική ενέργεια.

Η ακτινοβολία αυτή μπορεί να προκαλέσει πονοκεφάλους και μία δακρύρροια, έχει όμως και μία επίδραση αργή και προσθετική, η οποία με τον καιρό τείνει να προκαλέσει καταρράκτη.

Ένα σημείο το οποίο πρέπει να προσεχθεί ιδιαίτερα, γενικά με τις ακτινοβολίες, είναι το ότι κατά ειρωνική σύμπτωση, εκείνοι που κινδυνεύουν περισσότερο από τα αποτελέσματα των ακτινοβολιών, είναι οι υπόλοιποι τεχνίτες που δουλεύουν κοντά στο συγκολλητή και όχι ο ίδιος ο συγκολλητής, παρόλο που τα αποτελέσματα των ακτινοβολιών μειώνονται με την απόσταση. Γι' αυτό όπου είναι δυνατόν πρέπει να απομονώνουμε τον ηλεκτροσυγκολλητή με ένα διάφραγμα (screen) και πρέπει να γίνει σε όλους αντιληπτό ότι δεν πρέπει σε όλους αντιληπτό ότι δεν πρέπει να κοιτάζουν το τόξο με γυμνό μάτι.[20]

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΣ ΚΙΝΔΥΝΟΣ

Ηλεκτρικός κίνδυνος μπορεί να παρουσιαστεί από:

- το κύκλωμα εισόδου των 220/380V,
- τα μεταλλικά μέρη της μηχανής,
- την τάση εν κενώ της μηχανής.

Βασικότερος και πιο απειλητικός για την ανθρώπινη ζωή είναι ο κίνδυνος της ηλεκτροπληξίας (θανατηφόρο ηλεκτρικό ατύχημα).

Επιπροσθέτως, άλλα πιθανά αποτελέσματα της ροής του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ανθρώπινο σώμα μπορεί να είναι:

- Άμεσα, χωρίς απώλεια αισθήσεων (μυρμηγκισμό, εξωτερικό έγκαυμα).
- Με στιγμιαία απώλεια αισθήσεων (σοκ), απώθηση – σύσφιξη των μυών του χεριού και του μπράτσου.
- Με απώλεια των αισθήσεων (σύσφιξη των θωρακικών μυών, εξωτερικά ή εσωτερικά εγκαύματα, μαρμαρυγή της καρδιάς).

ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΕ ΟΤΙ ΑΦΟΡΑ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΠΛΗΞΙΑ ΣΕ ΜΗΧΑΝΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

Για την αντιμετώπιση του ηλεκτρικού κινδύνου πρέπει:

- να εφαρμόζονται οι σωστοί μηχανισμοί κατασκευής,
- να τηρούνται οι σωστές διατάξεις ασφαλείας που αποκλείουν επαφή με τάση εισόδου και μεταλλικά μέρη,
- να συντηρούνται τα μηχανήματα ανά 6μηνο (ή και ακόμα συχνότερα αν το περιβάλλον εργασίας είναι πολύ βαρύ, προσοχή: η μηχανή να μην είναι σε τάση την ώρα της συντήρησης),
- να τηρείται αρχείο των μηχανών,
- να προτιμούνται οι μηχανές με διατάξεις ασφαλείας για υπερθερμάνσεις και υπερφορτώσεις[24],

- να γειώνονται οι συσκευές καθώς και τα προς συγκόλληση αντικείμενα και να εγκαθίστανται διατάξεις αυτόματης διακοπής του ρεύματος σε περίπτωση ανεπαρκούς γείωσης,
- να διατηρούνται τα εργαλεία ηλεκτροσυγκολλητή σε καλή κατάσταση, ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά τη μόνωσή τους,
- να υπάρχει κατάλληλος εξοπλισμός του ηλεκτροσυγκολλητή (γάντια, λαστιχένια παπούτσια, λαστιχένιο χαλί).

Επίσης αξίζει να επισημάνουμε τα παρακάτω:

- κατά την ώρα της δουλειάς και ενώ η μηχανή βρίσκεται σε τάση δεν πρέπει να δίνουμε μεταλλικά αντικείμενα (εργαλεία, κτλ.) στους συναδέλφους μας,
- όταν σταματάμε τη δουλειά δεν πρέπει να αφήνουμε τη λαβίδα του ηλεκτροδίου πάνω σε μεταλλική επιφάνεια (μπορούμε να πάθουμε ηλεκτροπληξία ή να την πάθει συνάδελφος ή ακόμα να βάλουμε φωτιά),
- πρέπει να προσέχουμε να μην κλείνουμε ποτέ κύκλωμα με το σώμα μας με οποιονδήποτε τρόπο.

ΚΑΠΝΟΙ – ΑΝΑΘΥΜΙΑΣΕΙΣ

Κατά τη διάρκεια της ηλ/σης έχουμε μία δημιουργία αναθυμιάσης η οποία υψώνεται σε κωνική μορφή από το σημείο της ηλ/σης προς το πρόσωπο (αναπνευστικό σύστημα) του ηλεκτροσυγκολλητή.

Η αναθυμιάση των ηλ/σεων υπάρχει σε δύο κύριες μορφές: α) αέρια (CO₂, Ar, He, SO₂), β) στερεά σωματίδια (μέταλλα) (Fe₂O₃, Mn, ZnO, Cr, Ni).

Όταν κάποια από τα παραπάνω ξεπεράσουν κατά πολύ τα όρια ασφαλείας μπορούν να έχουν επιβλαβείς βιολογικές επιδράσεις (από μικρή ενόχληση, ερεθισμούς, οφθαλμικά – επιδερμικά και πνευμονικά φαινόμενα έως επίδραση στο αίμα, συστηματική δηλητηρίαση, πνευμονικό οίδημα και καρκίνο).

Το όριο ασφαλείας για κάθε επιβλαβή ουσία έχει διεθνώς τη συστηματική ονομασία T.V.L. (Threshold Limit Value) και αποτελεί το μέσο όρο της ατμοσφαιρικής μόλυνσης κάθε ουσίας που είναι γενικά παραδεκτή ως μη επιβλαβή για τον ανθρώπινο οργανισμό και για μια χρονική περίοδο μιας εβδομάδας 5 εργάσιμων (8ωρων) ημερών.

Επομένως κρίνονται απαραίτητοι κάποιοι μέθοδοι αερισμού – προστασίας, που εκτός του φυσικού αερισμού ποικίλλουν ανάλογα με την τοποθεσία που γίνεται η ηλ/ση (ηλεκτρόδιο).

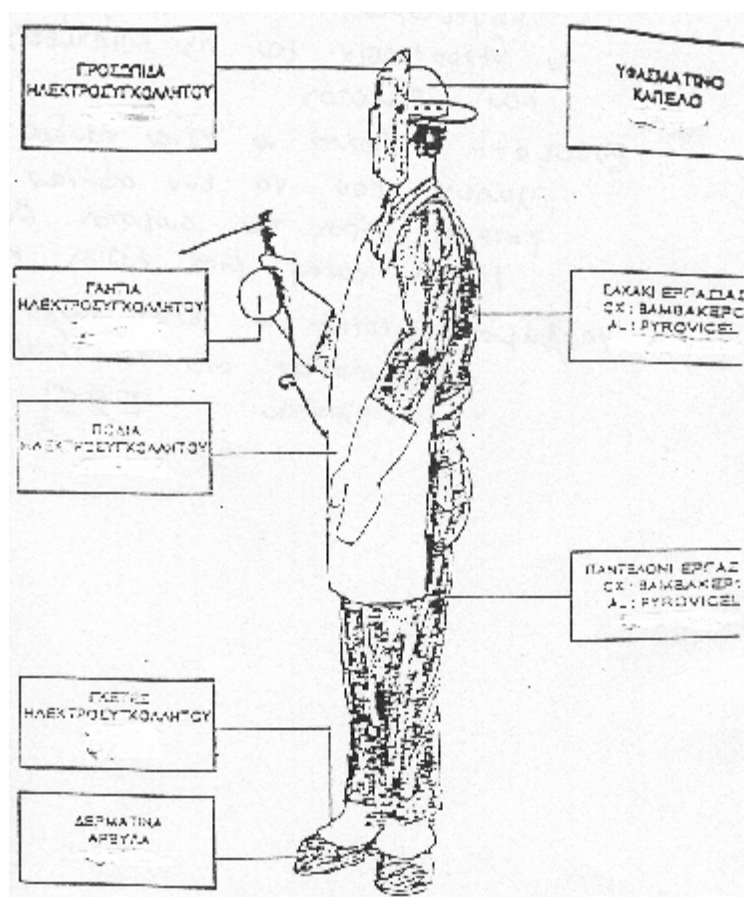
Τοποθεσία	Προστασία
Ανοικτό περιβάλλον	Γενικά δεν υπάρχει λόγος ανησυχίας, εκτός κι αν εργαζόμαστε με πολύ τοξικά στοιχεία. Ελέγχουμε τον πίνακα των T.L.V. για όρια ασφαλείας
Κλειστός χώρος εργασίας – Εργοτάξιο	Στην περίπτωση μεγάλου αριθμού συγκολλήσεων ο γενικός αερισμός πρέπει να συνοδεύεται από τοπικό αερισμό. Για την περίπτωση στοιχείων μεγάλης τοξικότητας ο αερισμός είναι απαραίτητος
Περιορισμένος χώρος (= χώρος μικρότερος από 284 m ³ και μ' ένα ύψος μικρότερο από 5 m)	Πρέπει να χρησιμοποιηθεί οπωσδήποτε τοπικός αερισμός. Στην περίπτωση μεγάλης τοξικότητας πιθανό να πρέπει να χρησιμοποιηθούν μάσκες προστασίας

Σε ότι αφορά το γενικό αερισμό αυτός μπορεί να γίνει α) με πτερωτή και β) με ηλεκτροστατικό διαχωριστή. Ο τοπικός αερισμός επιτυγχάνεται είτε με φορητές συσκευές, είτε με φορητές συσκευές τύπου προβόλου ή με μόνιμες (τύπου προβόλου, σχάρα κατακόρυφης αναρρόφησης προς τα πάνω, σχάρα πλευρικής αναρρόφησης, σχάρα κατακόρυφης αναρρόφησης προς τα κάτω και σύστημα τύπου push – pull).

Τέλος, η προσωπική προστασία είναι η τελευταία γραμμή προστασίας και χωρίζεται σε 2 βασικές κατηγορίες: α) μάσκες με φίλτρο και β) αναπνευστική συσκευή με παροχή αέρα.[20]

– Κίνδυνοι από εγκαύματα

Κίνδυνοι ενέχονται και από εγκαύματα. Η προστασία αυτή συνίσταται στην ποδιά και στα γάντια του συγκολλητή – χειριστή τα οποία συνήθως είναι κατασκευασμένα από συνδυασμό δέρματος και αμιάντου.[24]



Μάσκα και κράνος: Αυτά τα εξαρτήματα προορίζονται για την προστασία του προσώπου.

Γάντια: Εξασφαλίζουν προστασία ενάντια στις εκπεμπόμενες από το τόξο ακτινοβολίες, από τη θερμοκρασία και τις επιπτώσεις του ηλεκτρικού ρεύματος.

Ενδύματα: Πρέπει να είναι χονδρά, χωρίς αναδιπλώσεις και να μην αφήνουν ακάλυπτο κανένα μέρος του σώματος. Συμπληρώνονται με τη χρήση μιας ποδιάς από δέρμα.

Υποδήματα: Πρέπει να είναι ψηλά και να καλύπτονται από το κάτω τμήμα του παντελονιού.[25]

ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΔΙΑΚΑΝΟΝΙΣΜΟΣ

Υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που επηρεάζουν το κόστος της κατασκευής, στην οποία χρησιμοποιήθηκε η διαδικασία της συγκόλλησης. Επομένως κρίνονται απαραίτητοι κάποιοι οικονομικοί διακανονισμοί πριν την εκτέλεση των εργασιών, συνήθως κατά τη φάση σχεδιασμού.

Οι παράγοντες αυτοί είναι:

- τα υλικά τα οποία θα χρησιμοποιηθούν,
- η βιομηχανία παραγωγής των υλικών,
- η επίβλεψη της εργασίας από εξειδικευμένο προσωπικό,
- οι δοκιμές της περατωμένης εργασίας,
- τα σχέδια μελέτης και εκτέλεσης της εργασίας με βάση τους ισχύοντες κανονισμούς.

Εάν ένας ή περισσότεροι παράγοντες διαφοροποιηθούν πρέπει να πραγματοποιηθεί νέος οικονομικός διακανονισμός.[16]

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1]: J. Nikolaou, G.D. Papadimitriou, S. Mougias, S. Dritsos “Welding of reinforcing steel bars for repairing damaged reinforced concrete structures”.
- [2]: J.K. Nikolaou, G.D. Papadimitriou “Welding of reinforcing steel bars for concrete constructions”.
- [3]: S. Dritsos, K. Pilakoutas “Strengthening existing RC structures by additional reinforcement”.
- [4]: Γ. Τζωρτζάκης, Γ. Λαμπίρης, Σ. Δρίτσος «Προβλήματα στις συγκολλήσεις οπλισμών για την επισκευή και ενίσχυση των κατασκευών».
- [5]: Γ.Δ. Παπαδημητρίου, Στ. Σούτης, Σ. Μουγιάκος «Πειραματική Μελέτη της Συγκολλησιμότητας Χαλύβων Οπλισμού Σκυροδέματος».
- [6]: Ι. Νικολάου, Π. Μαυροειδής, Γ.Δ. Παπαδημητρίου «Μελέτη της επίδρασης των σταυρωτών συγκολλήσεων στις μηχανικές ιδιότητες χαλύβων οπλισμού σκυροδέματος σπειροειδών συνδετήρων της κατηγορίας S500s».
- [7]: Χ.Α. Αποστολόπουλος, Α.Θ. Κερμανίδης «Μηχανική συμπεριφορά διαβρωμένων και συγκολλημένων ράβδων σιδηροοπλισμού S500s».
- [8]: Χ. Μίγκου, Ι. Παπαφράγκου (1996) «Συγκολλήσεις ράβδων», Πρακτικά 2^{ου} Φοιτητικού Συνεδρίου, Πάτρα.
- [9]: Β. Αγγελόπουλος, Α. Βασιλόπουλος (1996) «Ηλεκτροσυγκόλληση οπλισμών», Πρακτικά 2^{ου} Φοιτητικού Συνεδρίου, Πάτρα.
- [10]: Γ.Δ. Παπαδημητρίου, Σ. Μουγιάκος, Ι. Νικολάου «Επισκευή και Ενίσχυση Κατασκευών από Οπλισμένο Σκυρόδεμα».

- [11]: British Standard Specification for Metal arc welding of steel for concrete reinforcement, British Standards Institution, 1989.
- [12]: Μ. Μιχαλουδάκη, Ι. Νικολάου, Ι. Κορδάτος, Γ.Δ. Παπαδημητρίου «Ραδιογραφικός Έλεγχος Συγκολλήσεων σε Χάλυβες Οπλισμού Σκυροδέματος».
- [13]: P. Riva, A. Franchi, D. Tabeni (2001) “Welded Tempcore reinforcement behavior for seismic applications”, Materials and Structures, Vol. 34, pp 240 – 247.
- [14]: Κ.Γ. Τρέζος, Μ.Η. Μενάγια «Συμπεριφορά συγκολλήσεων ράβδων οπλισμού σκυροδέματος», Πρακτικά 14^{ου} Ελληνικού Συνεδρίου Σκυροδέματος, 80 – 89.
- [15]: German proposal on work item 00121227, “Welding of reinforcing steel for concrete – Quality requirements” (1997).
- [16]: Draft International Standard ISO/DIS 3834 “Welding – Quality assurance requirements for welded structures” (1988).
- [17]: Κ. Ανδρουλιδάκη «Συμπεριφορά Διαβρωμένων και Ηλεκτροσυγκολλημένων Ράβδων Οπλισμού Σκυροδέματος», ΕΜΠ.
- [18]: DIN 4099, “Welding of reinforcing steel – execution of welding work and testing”.
- [19]: European Standard (2002), “Welding of reinforcing steel”, (ISO/DIS 17660: 2002).
- [20]: Παπαθανασίου Α.Ε. (Τεχνολογική συγκολλήσεων και κοπής μετάλλων) «Μέτρα ασφάλειας για τις συγκολλήσεις και τις κοπές των μετάλλων».
- [21]: Δ. Κιάμος (1997) «Συγκολλήσεις χαλύβων οπλισμού (σχεδιασμός, εφαρμογή και εργαστηριακός έλεγχος ποιότητας κατά περίπτωση χρήσης)», Τ.Ε.Ι. Πειραιά.
- [22]: «Κατά μέτωπο συγκολλήσεις», Ο Συγκολλητής, Τεύχος 8.
- [23]: «Η αποφυγή της δημιουργίας πόρων κατά τη συγκόλληση Mig/Mag», Τεχνολογία και Συγκόλληση, Ιούλιος – Αύγουστος 2000.
- [24]: Υγιεινή και ασφάλεια της εργασίας, (2003) Ελληνικό Ινστιτούτο υγιεινής και ασφάλειας της εργασίας, Τεύχος 15.
- [25]: Παπαθανασίου Α.Ε. (Τεχνολογική Συγκολλήσεων και κοπής μετάλλων) «Γενικά στοιχεία για τις συγκολλήσεις».
- [26]: Συγκόλληση – Κοπή, (Ιούλιος – Αύγουστος 1980), Τεύχος 5.
- [27]: Α. Γουδανάκης, «Σφάλματα στη συγκόλληση» (2000) Τεχνολογία και συγκόλληση.
- [28]: Γ. Κάπελας «Η ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με σύρματα συμπαγή ή διάτρητα με προστατευτικά αέρια» (1991), Ο Συγκολλητής.