

4η εργαστηριακή άσκηση: Πείραμα διάτμησης συγκόλλησης

Σκοπός του πειράματος είναι

- η κατασκευή μιας ραφής συγκόλλησης και
- ο υπολογισμός του ορίου αντοχής της σε διάτμηση.

Γενικές έννοιες

Συγκόλληση είναι η σύνδεση μεταλλικών υλικών, συνήθως σε πλαστική ή ρευστή κατάσταση, με τη βοήθεια θερμότητας, πίεσης ή συνδυασμού τους, με ή χωρίς προσθήκη υλικού παρόμοιας σύνθεσης. Οι συγκολλήσεις χρησιμοποιούνται στις μεταλλικές κατασκευές για κατασκευή και επιδιόρθωση. Μάλιστα, στην περιοχή της λεβιτοποιίας έχουν εκτοπίσει τη σύνδεση με ήλωση. Η βασική κατηγοριοποίηση των συγκολλήσεων είναι σε *αυτογενείς* και *ετερογενείς* συγκολλήσεις. Στις αυτογενείς συγκολλήσεις απαιτείται τοπικά λιώσιμο των προς συγκόλληση τεμαχίων και τοποθέτηση ή όχι ενός συγκολλητικού μέσου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συγκολλήσεων είναι η οξυγονοσυγκόλληση, η ηλεκτροσυγκόλληση, η συγκόλληση με αντίσταση, με Laser κ.λ.π.. Στις ετερογενείς συγκολλήσεις δε χρειάζεται τοπική τήξη των αντικειμένων, που θα συγκολληθούν, παρά μόνο θέρμανση και εναπόθεση λιωμένου συγκολλητικού υλικού. Τέτοιες συγκολλήσεις είναι η κασσιτεροκόλληση, η μπρουντζοκόλληση κ.λπ..

Επίσης, σημαντικός διαχωρισμός είναι αυτός σε συγκολλήσεις σημείου και ραφής. Η συγκόλληση σημείων είναι οικονομική για τη σύνδεση λεπτών ελασμάτων και ταχύτερη, άρα είναι ιδανική για μαζική παραγωγή. Οι συγκολλήσεις σημείων μπορεί να είναι μιας ή δυο τομών και η διάμετρος d του κάθε σημείου εξαρτάται από το πάχος των συγκολλούμενων ελασμάτων.

Κατηγοριοποίηση συγκολλήσεων κατά DIN

Οι συγκολλήσεις κατηγοριοποιούνται ανάλογα με

- το είδος του φορέα ενέργειας (αέριο, ηλεκτρικό ρεύμα)
- το είδος του προς συγκόλληση υλικού (μέταλλο, πλαστικό)
- το σκοπό της συγκόλλησης (συγκόλληση σύνδεσης, επίστρωσης)
- το βαθμό χρήσης μηχανών (με το χέρι, αυτοματοποιημένη)

Συγκόλληση με αέριο (αυτογενής συγκόλληση)

Η συγκόλληση με αέριο (φλόγα οξυγόνου - ασετυλίνης) είναι μέθοδος συγκόλλησης με τήξη, κατάλληλη για όλα τα μέταλλα που συγκολλούνται. Χρησιμοποιείται σε (α) λεπτά τεμάχια, (β) δοχεία, (γ) επισκευές και (δ) κατασκευή σωληνώσεων.

Συγκόλληση με ηλεκτρικό τόξο

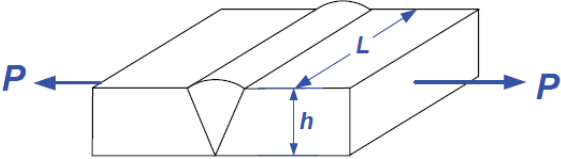
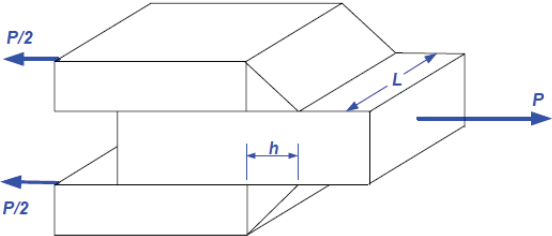
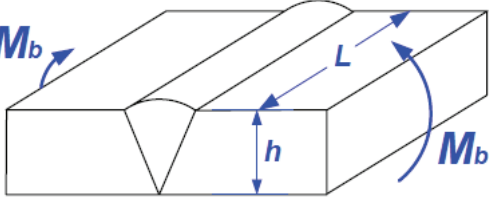
Η συγκόλληση με ηλεκτρικό τόξο γίνεται μέσω μεταλλικού ηλεκτροδίου και πάλι μέθοδος συγκόλλησης με τήξη. Χρησιμοποιείται σε χονδρά τεμάχια και είναι οικονομικότερη σε σχέση με την αυτογενή. Παρουσιάζει μικρότερη έκταση ζωνών θέρμανσης, άρα μικρότερη στρέβλωση. Κατά τη συγκόλληση με *ανοικτό ηλεκτρικό τόξο*, τότε αυτό είναι εμφανές. Ταυτόχρονα γίνεται προστασία της επιφάνειας συγκόλλησης μέσω αερίων που προέρχονται από το ηλεκτρόδιο και τη σκουριά του τηκόμενου μανδύα του. Αντίθετα, στην περίπτωση συγκόλλησης με *καλυμμένο ηλεκτρικό τόξο*, τότε αυτό καλύπτεται από ειδική σκόνη. Τέλος, κατά τη συγκόλληση μέσα σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου το τόξο είναι ορατό και το προστατευτικό αέριο είναι αργό ή διοξείδιο του άνθρακα (MIG, MAG, WIG ανάλογα με είδος αερίου και ηλεκτροδίου)

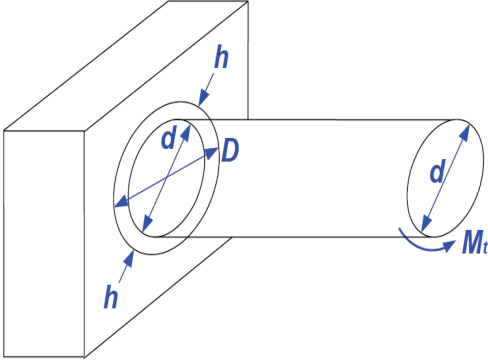
Συγκόλληση υπό πίεση

Σε αυτή τη μορφή συγκόλλησης, τα υπό συγκόλληση τεμάχια θερμαίνονται τοπικά μέχρι τη θερμοκρασία τήξης τους και συγκολλούνται υπό πίεση. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει η ηλεκτρική συγκόλληση με αντίσταση η οποία χρησιμοποιείται για μετωπικές συγκολλήσεις. Τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται είναι από χαλκό και ψύχονται εσωτερικά με νερό. Πολύ διαδεδομένη τέτοιου τύπου συγκόλληση είναι η *συγκόλληση σημείων (με ηλεκτροπόντα)* που πραγματοποιείται μέσω κυλινδρικών ηλεκτροδίων (ράβδων). Αν τα ηλεκτρόδια έχουν μορφή τροχίσκου πραγματοποιείται συγκόλληση ραφής. Με αυτό τον τρόπο συγκολλούνται λεπτά ελάσματα που κινούνται μεταξύ των ηλεκτροδίων (κατασκευή δοχείων).

Υπολογισμός συγκολλήσεων

Μια ραφή συγκόλλησης μπορεί να καταπονηθεί σε θλίψη ή εφελκυσμός, σε διάτμηση σε κάμψη ή σε στρέψη. Ο υπολογισμός της τάσης που αναπτύσσεται στο εσωτερικό της σε κάθε περίπτωση φαίνεται στο παρακάτω σχήμα

<p>Θλίψη - Εφελκυσμός</p>		<p>$\sigma = F \text{ over } A_{\text{sub tot}}$, όπου F η δύναμη εφελκυσμού ή θλίψης και $A_{\text{sub tot}}$ η συνολική επιφάνεια των συγκολλήσεων που καταπονούνται αντίστοιχα. Στο παρακάτω σχήμα $A_{\text{sub tot}} = h \cdot L$</p>
<p>Διάτμηση</p>		<p>$\tau = F \text{ over } A_{\text{sub tot}}$, όπου F η δύναμη εφελκυσμού ή θλίψης και $A_{\text{sub tot}}$ η συνολική επιφάνεια των συγκολλήσεων που καταπονούνται αντίστοιχα.</p>
<p>Κάμψη</p>		<p>$\sigma_b = M_b \text{ over } W_{\text{sub w}}$ όπου M_b η καμπτική ροπή στη θέση της ραφής και $W_{\text{sub w}}$ η ροπή αντίστασης της συγκόλλησης</p>

Στρέψη		$\tau_t = \frac{M_t}{W}$ πολική ροπή αντίστασης

Ειδικά για συγκολλήσεις σε δοχεία πίεσης

Ένα δοχείο που λειτουργεί σε υποπίεση p έχει μια αξονική και μια ακτινική δύναμη ($F_{sub l}$ και $F_{sub r}$) για τις οποίες ισχύει

$$F_{sub l} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \text{ και } F_{sub r} = D \cdot l \cdot p.$$

Η αξονική δύναμη προκαλεί μια αξονική ορθή τάση λόγω εφελκυσμού κατά μήκος της ραφής ίση με $\sigma_{sub l} = \frac{D \cdot p}{4 \cdot s}$

και μια εφαπτομενική ορθή τάση ίση με $\sigma_{sub t} = \frac{D \cdot p}{2 \cdot s}$

Σημείο

Κάθε συγκόλληση λαμβάνεται σαν ένας πείρος που καταπονείται σε διάτμηση. Άρα, αναπτύσσεται διατμητική τάση ίση με $\tau = \frac{F}{A \cdot n \cdot m}$ όπου A η επιφάνεια διατομής ενός σημείου συγκόλλησης, n ο αριθμός των σημείων συγκόλλησης και m ο αριθμός των τομών.

Επίσης, θεωρείται ότι αναπτύσσεται πίεση στην παράπλευρη επιφάνειά τους άρα πρέπει να υπολογιστεί και η τάση σύνθλιψης

$\sigma_{sub wl} = \frac{F}{n \cdot d \cdot s}$, όπου d η διάμετρος του σημείου συγκόλλησης και s το μικρότερο πάχος από τα δύο ελάσματα.

Είδη ραφών συγκόλλησης

σχετική θέση συγκολλούμενων τεμαχίων.

Η μορφή της ραφής εξαρτάται από το υλικό,

το πάχος και

τη μέθοδο συγκόλλησης.

Μετωπική ραφή

Ενώνει τα άκρα των τεμαχίων. (ανθεκτικότερη από γωνιακή ιδιαίτερα σε δυναμικές καταπονήσεις - ευκολότερος έλεγχος)

Μετωπικές συγκολλήσεις

1. Χωρίς λοξοτομή (ελάσματα πάχους 3-8 mm)
2. Λοξοτομή απλού V (ελάσματα πάχους 14-16 mm)

3. Λοξοτομή διπλού V (ελάσματα πάχους >16 mm)

6. Λοξοτομή απλού ή διπλού U (ελάσματα πάχους >20 mm)

Γωνιακή ραφή

Ενώνει τεμάχια που σχηματίζουν T, μια γωνία ή επικαλύπτονται.

Με επικάλυψη (μήκος επικάλυψης $\times 3-5$ πάχος ελάσματος)

Γωνιακές χωρίς λοξοτομή ή με λοξοτομή (πάχος > 10 mm)

Αυχενική χωρίς λοξοτομή ή με λοξοτομή (πάχος > 10 mm)

Σύνδεση ακμών

Διαστάσεις ραφών

Μετωπική

πάχος a

μήκος l=b

αντίστοιχα με το συγκολλούμενα τεμάχια ή $a = s \sin$

γωνιακή

Διαμόρφωση συγκολλήσεων

Στεργίου pp 108

Έλεγχος συγκολλήσεων

Ο έλεγχος των συγκολλήσεων είναι απαραίτητος προκειμένου να διαπιστωθεί αν η συγκόλληση έχει την απαιτούμενη μηχανική αντοχή. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να γίνει με μεθόδους μη καταστροφικού ελέγχου, όπου εξετάζεται το δοκίμιο ή η ραφή χωρίς όμως να καταστραφεί, και με μεθόδους, όπου υποβάλλονται έτοιμα προϊόντα σε ανάλογες φορτίσεις, με αποτέλεσμα την καταστροφή τους μετά τον έλεγχο.

Μη καταστροφικές μέθοδοι

Οι δοκιμές αυτές δεν καταστρέφουν το υπό εξέταση αντικείμενο και είναι ευρέως χρησιμοποιούμενες, ιδιαίτερα ο έλεγχος με ακτίνες X και γ. Αναλυτικά, παρακάτω, φαίνονται οι μη καταστροφικές μέθοδοι ελέγχου των συγκολλήσεων.

- Οπτικός έλεγχος: Ελέγχονται με το μάτι ή με όργανα το πάχος της ραφής μίας συγκόλλησης, τυχόν ρωγμές κ.λ.π..
- Μηχανικός έλεγχος: Τα δοκίμια υποβάλλονται σε καταπονήσεις μεγαλύτερες από τις συνθήκες λειτουργίας τους και ελέγχεται η αντοχή τους.
- Έλεγχος με ηλεκτρική αγωγιμότητα: Βασίζεται στη διακύμανση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας λόγω σφαλμάτων στη συγκόλληση. Είναι σχετικά αναξιόπιστη μεθοδολογία.
- Έλεγχος με φθορισμό: Αλείφεται η ραφή της συγκόλλησης με θειούχο ψευδάργυρο, που είναι φθορίζον υλικό, και στη συνέχεια, αφού σκουπιστεί η επιφάνεια, φωτίζεται και έτσι μπορεί να παρατηρηθούν ρωγμές, πόροι κ.λπ, στα οποία ο θειούχος ψευδάργυρος παραμένει και λάμπει.
- Μαγνητικός έλεγχος: Τοποθετούνται χαλύβδινα κομμάτια σε μαγνητικό πεδίο και από τη συνέχεια των μαγνητικών γραμμών φαίνεται αν υπάρχει ή όχι ανωμαλία στη συγκόλληση.
- Έλεγχος με υπερήχους: Μία δέσμη υπερήχων προσπίπτει στην ραφή της συγκόλλησης και ανακλάται. Σε περίπτωση που υπάρχει εσωτερικά στη ραφή κάποιο ελάττωμα, αυτό εντοπίζεται, επειδή η ανάκλαση του

υπερήχου διακόπτεται και δεν είναι συνεχής. Η μέθοδος αυτή είναι από τις πιο αξιόπιστες αλλά απαιτεί ειδική προετοιμασία.

- Έλεγχος με ακτίνες Χ: Τα ελαττώματα της συγκόλλησης μεταφράζονται σε σκιές πάνω σε φιλμ μετά από προσβολή από ακτίνες Χ.
- Έλεγχος με ακτίνες γ: Οι ακτίνες γ έχουν πολύ μεγαλύτερη διεισδυτική ικανότητα από τις αντίστοιχες ακτίνες Χ. Σε αυτή την περίπτωση επίσης τα ελαττώματα της συγκόλλησης μεταφράζονται σε σκιές πάνω σε φιλμ μετά από προσβολή από ακτίνες γ.

Καταστροφικές μέθοδοι

Οι καταστροφικές μέθοδοι έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή του συγκολλητού αντικειμένου. Έτσι, για παράδειγμα, ο έλεγχος της αντοχής ενός συγκολλητού δοχείου πίεσης γίνεται με υδραυλική πίεση μέχρι την καταστροφή του δοχείου. Αν η καταστροφή προέλθει από θραύση των τοιχωμάτων του, εκτός της περιοχής της συγκόλλησης, τότε η συγκόλληση είναι ικανοποιητική. Αντίστοιχες δοκιμές γίνονται και σε τμήματα ενός συγκολλητού αντικειμένου. Οι κυριότερες δοκιμές που μπορεί να γίνουν σε δοκίμια συγκολλητού αντικειμένου είναι η δοκιμή εφελκυσμού, κρούσης, λυγισμού και σκληρότητας. Οι δοκιμές αυτές δε διαφέρουν από τις αντίστοιχες κλασικές δοκιμές μηχανικής αντοχής.