



- Γενικά για Συγκολλήσεις
- Μέθοδοι συγκόλλησης
- Μηχανολογική Σχεδίαση συγκολλήσεων



Οι **συγκολλήσεις** ανήκουν στην κατηγορία των μόνιμων συνδέσεων ανάμεσα σε τεμάχια. Η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται μέσω της θερμότητας, είναι σύνδεση κρυσταλλική και έχει στόχο το τελικό τεμάχιο να έχει την ίδια αντοχή με τα αρχικά κομμάτια.

Μία κατηγοριοποίηση των συγκολλήσεων τις κατατάσσει σε δύο κατηγορίες: τις **αυτογενείς** συγκολλήσεις και τις **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.λπ.. Στις ετερογενείς συγκολλήσεις δε χρειάζεται τοπική τήξη των αντικειμένων, που θα συγκολληθούν, παρά μόνο θέρμανση και εναπόθεση λιωμένου συγκολλητικού υλικού. Τέτοιες συγκολλήσεις είναι η κασιτεροκόλληση, η μπρουντζοκόλληση κ.λπ..

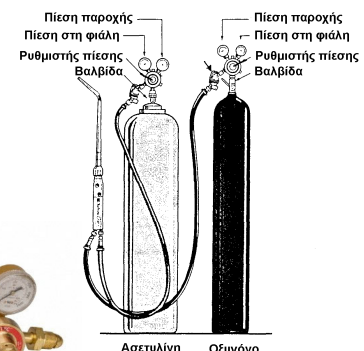


Η **συγκολλητικότητα** των υλικών εξαρτάται από τη χημική τους σύνθεση και την κρυσταλλική τους δομή. Η συγκολλητικότητα των χαλύβων εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα (C). Όσο λιγότερο άνθρακα έχει ένας χάλυβας, τόσο πιο μεγάλη συγκολλητικότητα έχει, δηλαδή συγκολλάται πιο εύκολα. Ανώτερο όριο περιεκτικότητας σε άνθρακα για εύκολη συγκόλληση είναι το 0.25%.

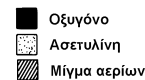
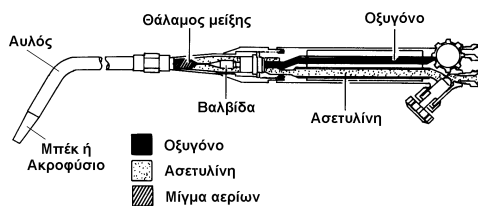


Μέθοδος	Περιγραφή
Μηχανικός έλεγχος	Τα δοκίμια υποβάλλονται σε καταπονήσεις μεγαλύτερες από τις συνθήκες λειτουργίας τους και ελέγχεται η αντοχή τους.
Οπτικός Έλεγχος	Ελέγχονται με το μάτι ή με όργανα το πάχος της ραφής μίας συγκόλλησης, τυχόν ρωγμές κ.λπ..
Έλεγχος με ηλεκτρική αγωγιμότητα	Βασίζεται 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 X	Τα ελαττώματα της συγκόλλησης μεταφράζονται σε σκιές πάνω σε <u>φίλμ</u> μετά από προσβολή από ακτίνες X.
Έλεγχος με ακτίνες γ	Οι ακτίνες γ έχουν πολύ μεγαλύτερη διεισδυτική ικανότητα από τις αντίστοιχες ακτίνες X. Σε αυτή την περίπτωση επίσης τα ελαττώματα της συγκόλλησης μεταφράζονται σε σκιές πάνω σε φιλμ μετά από προσβολή από ακτίνες γ.

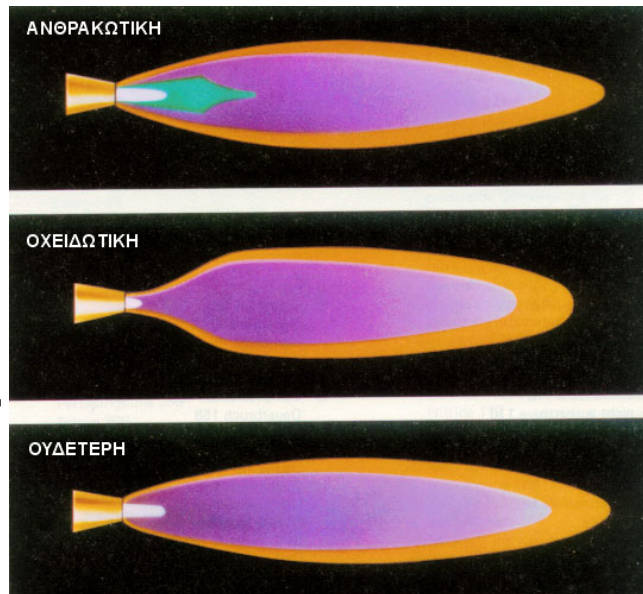
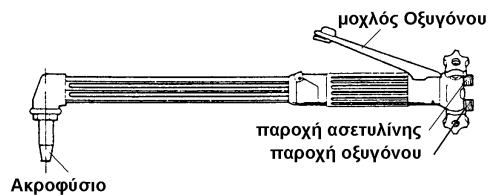
Η συγκόλληση με **οξυγονοασετυλίνη** (οξυγονοσυγκόλληση ή οξυγονοκόλληση) πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση μεταλλικών ελασμάτων ή δοκών, ράβδων, σωλήνων κ.λπ. Η οξυγονοκόλληση είναι μία αυτογενής συγκόλληση, γιατί πραγματοποιείται μέσω της τήξης των άκρων των δύο προς συγκόλληση τεμαχίων και με προσθήκη ή όχι συγκολλητικού υλικού. Η απαραίτητη θερμότητα για το λιώσιμο των άκρων των δύο προς συγκόλληση τεμαχίων παράγεται με τη βοήθεια του **οξυγόνου** ( $O_2$ ) και της **ασετυλίνης** ( $C_2H_2$ ). Το οξυγόνο που είναι αέριο, άχρωμο, άγευστο, άοσμο και διατηρεί την καύση, καίει την ασετυλίνη, που είναι επίσης αέριο άχρωμο, μη τοξικό με δυσάρεστη οσμή και εύφλεκτο. Η φλόγα της οξυγονοασετυλίνης χρησιμοποιείται και για κοπή ελασμάτων. Ο καυστήρας που χρησιμοποιείται σε αυτή την περίπτωση είναι ειδικός και ονομάζεται **οξυγονοκόφτης**.



## Συγκόλλησης



## Οξυγονοκόφτης



Η συγκόλληση τόξου ή **ηλεκτροσυγκόλληση** στηρίζεται στη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου ανάμεσα στο κομμάτι, που πρόκειται να κολληθεί, και σε ένα ηλεκτρόδιο, που είναι ταυτόχρονα και συγκολλητικό μέσο. Για να γίνει αυτό, το ηλεκτρόδιο και το κομμάτι συνδέονται με τους ακροδέκτες γεννήτριας ηλεκτρικού ρεύματος. Λόγω του ηλεκτρικού τόξου, αναπτύσσεται μεγάλη θερμοκρασία στη θέση κόλλησης, γύρω στους 4000 °C. Στη θερμοκρασία αυτή το μέταλλο που συγκολλάται λιώνει, ενώ από πάνω του δημιουργείται ένα στρώμα αερίων, που προέρχονται από την επένδυση του ηλεκτροδίου. Ταυτόχρονα με τη δημιουργία των αερίων, δημιουργείται πάνω από τη ραφή μία πάστα, επίσης από την επένδυση του ηλεκτροδίου. Η πάστα αυτή βοηθά στην τήξη του μετάλλου και εμποδίζει τη γρήγορη απόψυξη, που θα είχε συνέπεια να βαφεί η ραφή. Η ραφή συγκόλλησης προκύπτει από το λιωμένο μέταλλο που συγκολλάται και από λιωμένο μέταλλο του πυρήνα του ηλεκτροδίου.




<http://www.m3.tuc.gr>


## Εξοπλισμός ηλεκτροσυγκόλλησης



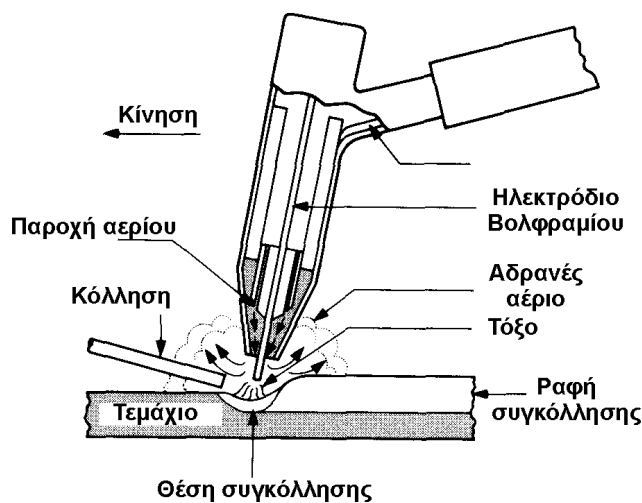
2022



Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης  
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης  
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr  
aantoniadis@tuc.gr

Οι συγκολλήσεις με αδρανή ατμόσφαιρα εξασφαλίζουν τη μόνωση της θέσης συγκόλλησης από τον αέρα, δηλαδή ουσιαστικά από το Οξυγόνο και το άζωτο που επηρεάζουν τη συγκόλληση. Για τη μόνωση αυτή χρησιμοποιούνται τα αέρια Αργό (Ar) και Ήλιο (He). Από τα δύο αυτά αέρια χρησιμοποιείται περισσότερο το αργό, γιατί η παραγωγή του έχει μικρότερο κόστος. Η ηλεκτροσυγκόλληση σε αδρανή ατμόσφαιρα γίνεται με τρεις μεθόδους, τη μέθοδο T.I.G. (δίστηκτο ηλεκτρόδιο και αέριο αργό), τη μέθοδο M.I.G. (καταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο και αέριο αργό) και τη μέθοδο M.A.G. (καταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο και ανθρακικά αέρια).



Στην **ηλεκτροσυγκόλληση T.I.G.** (Tungsten Inert Gas) το ηλεκτρόδιο είναι από Βολφράμιο (W) και προκειμένου να αυξηθούν οι ηλεκτρικές του ιδιότητες προστίθενται Θόριο (Th) και Ζιρκόνιο (Zr). Το ηλεκτρόδιο δεν καταναλισκείται, δηλαδή συμμετέχει στη συγκόλληση μόνο για να διατηρεί το ηλεκτρικό τόξο. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ως αδρανές αέριο το Αργό ή το Ήλιο ή μείγμα των δύο αερίων. Η μέθοδος T.I.G. χρησιμοποιείται για συγκόλληση των περισσότερων μετάλλων. Ιδιαίτερη εφαρμογή είναι η συγκόλληση λεπτών αντικειμένων λόγω της εξαιρετικής ποιότητας συγκόλλησης και της ποιότητας της τελικής επιφάνειας.

<http://www.m3.tuc.gr>


## Αυτογενείς συγκολλήσεις - Ηλεκτροσυγκόλληση σε αδρανή ατμόσφαιρα



2022



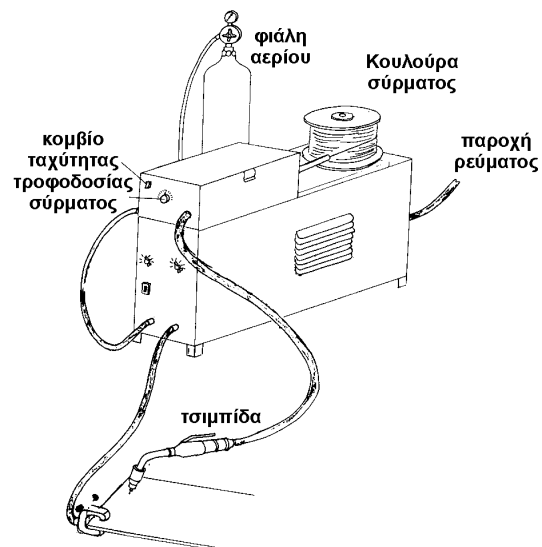
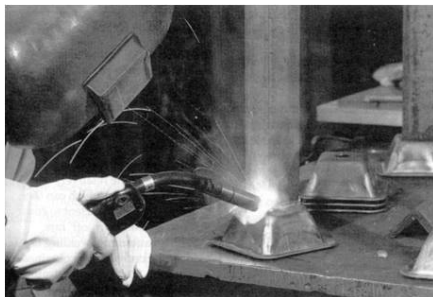
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής & Διοίκησης  
Εργαστήριο Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης  
Καθηγητής Αριστομένης Αντωνιάδης

www.antoniadis.gr  
aantoniadis@tuc.gr



Στην **ηλεκτροσυγκόλληση M.I.G.** (Metal Inert Gas) το ηλεκτρόδιο αποτελεί και το συγκολλητικό υλικό, δηλαδή το ηλεκτρόδιο καταναλίσκεται και τροφοδοτείται στη συγκόλληση από μία κουλούρα σύρματος. Το αέριο που χρησιμοποιείται είναι αργό ή μείγμα Αργού με άλλα αδρανή αέρια. Το ηλεκτρόδιο στη συγκόλληση M.I.G. συνδέεται στο θετικό πόλο, σε αντίθεση με το ηλεκτρόδιο στη μέθοδο T.I.G., που συνδέεται στον αρνητικό πόλο και έτσι λιώνει ευκολότερα.

Στην **ηλεκτροσυγκόλληση M.A.G.** (Metal Active Gas) χρησιμοποιούνται ανθρακικά αέρια (διοξείδιο του άνθρακος CO<sub>2</sub>) ή μείγμα ανθρακικών αερίων και αργού. Το συγκολλητικό υλικό είναι σύρμα κυρίως από Μαγγάνιο και Πυρίτιο, ενώ περιέχει και πρόσθετα άλλων μετάλλων.



<http://www.m3.tuc.gr>

Η **ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση** είναι αυτογενής συγκόλληση, η οποία δε χρησιμοποιεί συγκολλητικό υλικό. Τα τεμάχια που πρόκειται να συγκολληθούν θερμαίνονται συμπιεζόμενα μεταξύ δύο ηλεκτροδίων και συγκολλώνται. Για τη συγκόλληση με αντίσταση σημαντικό ρόλο παίζουν ο χρόνος συγκόλλησης και η πίεση που ασκείται από τα ηλεκτρόδια. Ανάλογα με τα υλικά που πρόκειται να συγκολληθούν και το πάχος τους, επιλέγονται και οι συνθήκες αυτές της συγκόλλησης.



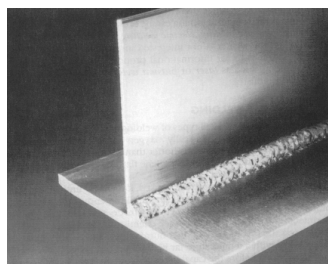
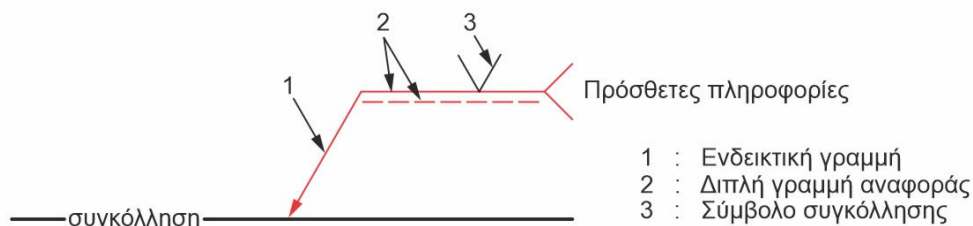
<http://www.m3.tuc.gr>

Οι **ετερογενείς συγκολλήσεις** διακρίνονται σε **μαλακές** και **σκληρές**. Στις μαλακές συγκολλήσεις η θερμοκρασία συγκόλλησης είναι πολύ χαμηλότερη από την αντίστοιχη θερμοκρασία που χρησιμοποιείται στις σκληρές συγκολλήσεις. Οι ετερογενείς συγκολλήσεις χρησιμοποιούνται συνήθως για τη συγκόλληση τεμαχίων από διαφορετικά υλικά.

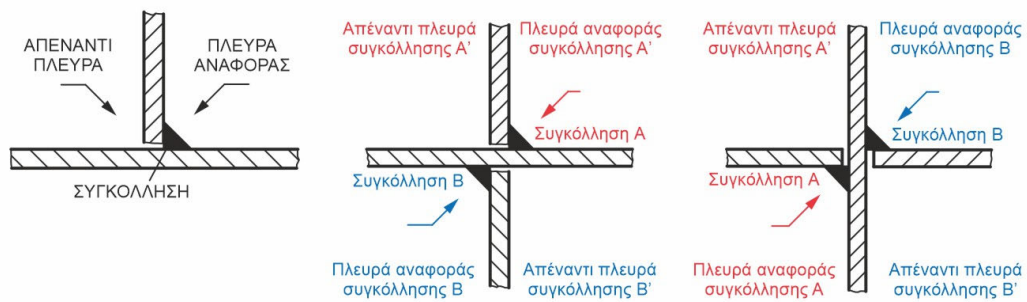
Οι μαλακές συγκολλήσεις διακρίνονται για τη χαμηλή θερμοκρασία συγκόλλησης. Για να γίνει μία τέτοια συγκόλληση, χρησιμοποιείται ως συγκολλητικό υλικό κράμα κασσίτερου και μόλυβου. Η θερμότητα, που χρειάζεται για να λιώσει το συγκολλητικό υλικό, παρέχεται από καμινέτο ή κολλητήρι ή άλλες πηγές. Μαλακές συγκολλήσεις είναι η **κασσιτεροκόλληση**, η **μολυβδοκόλληση** και άλλες, αλλά σημαντικότερη είναι η **κασσιτεροκόλληση**. Οι σκληρές συγκολλήσεις, σε αντίθεση με τις μαλακές, πραγματοποιούνται σε μεγάλες θερμοκρασίες (600 έως 900 °C). Χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση όλων των συνηθισμένων μετάλλων πλην του αλουμινίου. Μεγάλη εφαρμογή έχουν σε συγκολλήσεις χάλκινων εξαρτημάτων ή εξαρτημάτων από κράματα του χαλκού. Οι σημαντικότερες σκληρές συγκολλήσεις είναι η **μπρουντζοκόλληση** και η **ασημοκόλληση**.



Στα μηχανολογικά σχέδια που σχεδιάζονται εξαρτήματα στα οποία υπάρχουν συγκολλήσεις πρέπει να τοποθετούνται διευκρινιστικές οδηγίες για την πραγματοποίησή τους όπως το είδος της συγκόλλησης, το πάχος, το μήκος κ.λπ.. Οι οδηγίες αυτές περιέχονται σε μία συμβολική παράσταση που ονομάζεται **σύμβολο αναφοράς**.



Στις ραφές της συγκόλλησης χαρακτηρίζονται δύο πλευρές. Η **πλευρά αναφοράς** στην οποία βρίσκεται το υλικό της συγκόλλησης και η **απέναντι πλευρά** της συγκόλλησης



**Γενικά για την τοποθέτηση του συμβόλου αναφοράς ισχύουν:**

- Η τοποθέτηση του συμβόλου αναφοράς πρέπει κατά προτίμηση να γίνεται ώστε το βέλος της ενδεικτικής γραμμής να δείχνει προς την πλευρά αναφοράς, δηλαδή προς το σημείο της συγκόλλησης.
- Η τοποθέτηση του συμβόλου αναφοράς γίνεται οριζόντια και μόνο στις περιπτώσεις που αυτό δεν είναι δυνατόν, τοποθετείται κατακόρυφα.

Συμμετρικές συγκολλήσεις	Συγκόλληση στην πλευρά αναφοράς	Συγκόλληση στην απέναντι πλευρά
<p>Στις συμμετρικές συγκολλήσεις δε χρειάζεται η διακεκομμένη γραμμή</p>		

Γενικός τρόπος τοποθέτησης του συμβόλου αναφοράς				Ασύμμετρες συγκολλήσεις	

	Σύμβολο	Απεικόνιση	Συμβολική Παράσταση		Σύμβολο	Απεικόνιση	Συμβολική Παράσταση
Ραφή με αναδιπλούμενες άκρες				Ραφή Υ			
Ραφή Ι				Ραφή ΗΥ			
Ραφή V				Ραφή U			
Ραφή ΗV				Εξωραφή			
Ραφή οπής				Επιφανειακή μεταποράση			
Σημειακή Ραφή				Επιφανειακή Ραφή			
Γραμμική Ραφή				Πλάγια Ραφή			
Ισοσκελής τραπεζοειδής ραφή				Ραφή με αναδιπλούμενες άκρες 180°			



	Σύμβολο	Απεικόνιση	Συμβολική Παράσταση
Διπλή Ραφή V	X		
Διπλή Ραφή HV	K		
Διπλή Ραφή Υ	Y		
Διπλή Ραφή ΗΥ	Κ		
Διπλή Ραφή U	Y		

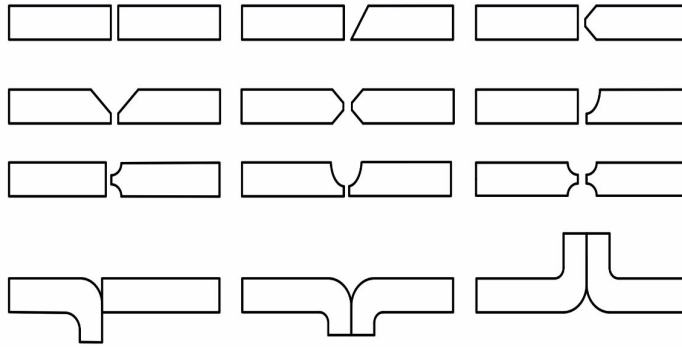
Σε μερικές περιπτώσεις όπου η συγκόλληση πραγματοποιείται και από τις δύο μεριές, χρησιμοποιούνται **συνδυασμοί** του είδους της ραφής συγκόλλησης και αντίστοιχα συνδυασμοί των συμβόλων συγκόλλησης. Στις περισσότερες περιπτώσεις τέτοιων συνδυασμών χρησιμοποιείται η ίδια ραφή συγκόλλησης και για τις δύο πλευρές και έτσι οι προκύπτουσες συγκολλήσεις είναι συμμετρικές.

Σύμβολο	Ονομασία	Παράδειγμα
	Κοίλη ραφή	
	Επίπεδη ραφή	
	Κυρτή ραφή	
	Ομαλή ραφή	

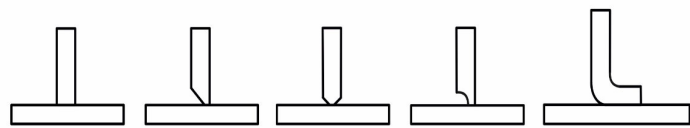
Σύμβολο	Ονομασία	Εφαρμογή
	Ραφή συναρμολόγησης	Η συγκόλληση πραγματοποιείται στη φάση της συναρμολόγησης
	Περιφερειακή ραφή	

Εκτός από τα βασικά σύμβολα συγκόλλησης υπάρχουν και **συμπληρωματικά σύμβολα** για το χαρακτηρισμό της μορφής της επιφάνειας της ραφής συγκόλλησης και της πορείας της. Στο σχήμα παρουσιάζονται μερικά βασικά συμπληρωματικά σύμβολα της επιφάνειας της ραφής. Τα σύμβολα αυτά τοποθετούνται πάνω από το σύμβολο συγκόλλησης ενώ η απουσία τους σημαίνει ότι η μορφή της επιφάνειας συγκόλλησης δε χρειάζεται να χαρακτηριστεί ιδιαίτερα.

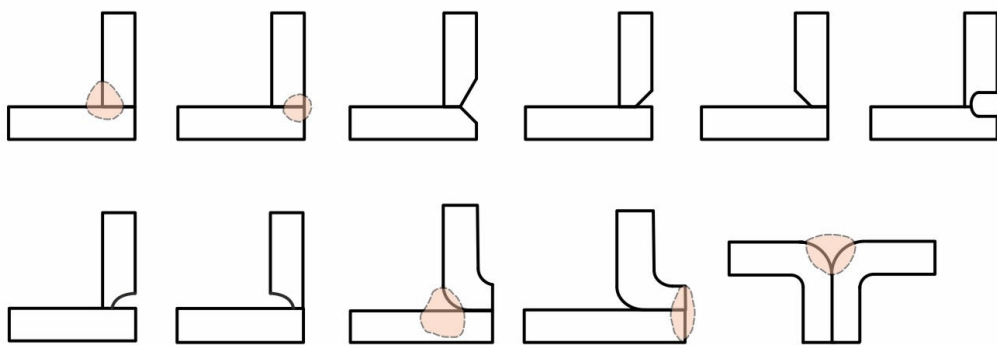
Η προετοιμασία των ελασμάτων για συγκόλληση έχει σα σκοπό να ισχυροποιεί τη συγκόλληση οδηγώντας την προς το εσωτερικό των ελασμάτων. Συνήθως πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας οξυγονοκοπή, τόξο πλάσματος ή τροχό και πιο σπάνια χύτευση, σφυρηλάτηση, απότμηση κ.λπ.. Τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά κάθε είδους προδιαμόρφωσης είναι το βάθος μέχρι το οποίο πραγματοποιείται, η γωνία της διαμόρφωσης και το διάκενο που αφήνεται ανάμεσα στα ελάσματα που θα συγκολληθούν.



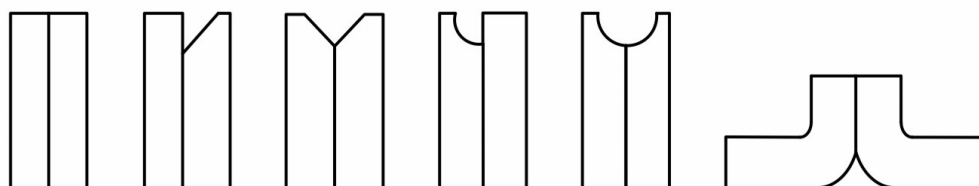
Προδιαμόρφωση ελασμάτων για συνδέσεις τύπου T

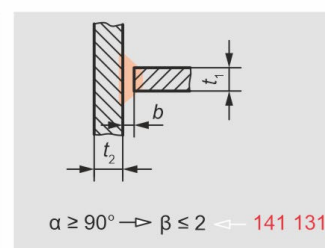
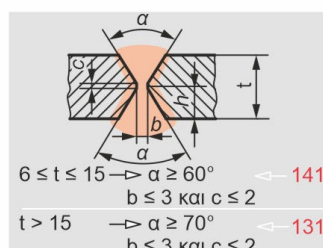
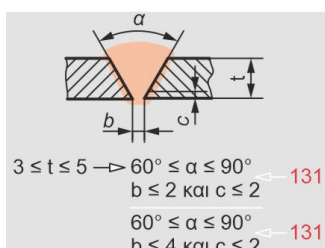
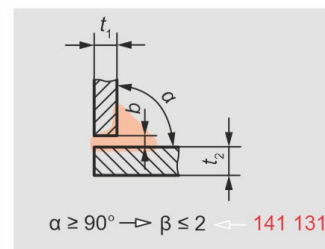
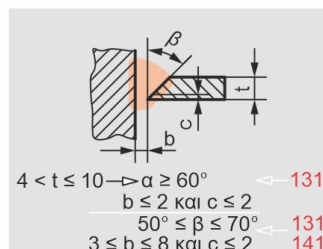
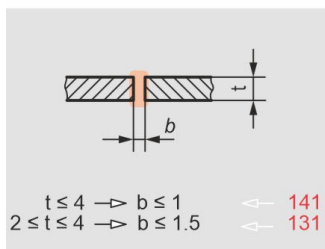
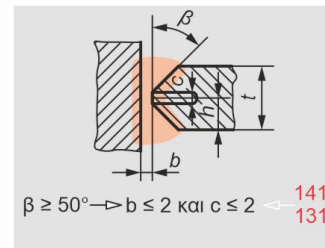
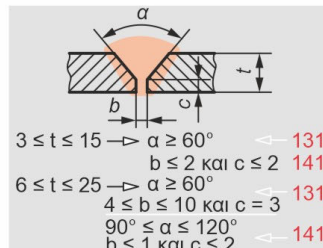
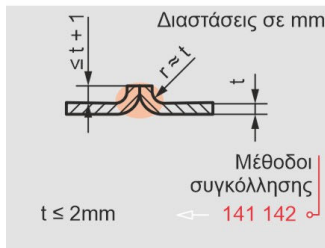
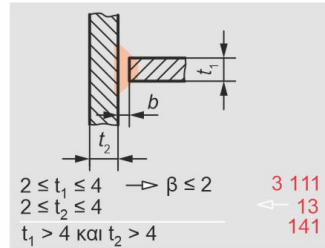
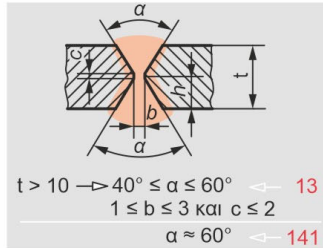
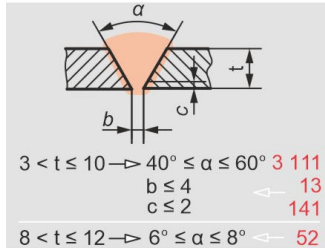
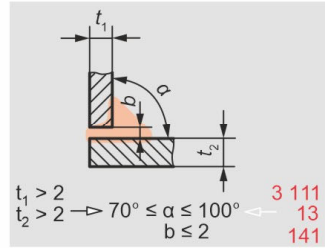
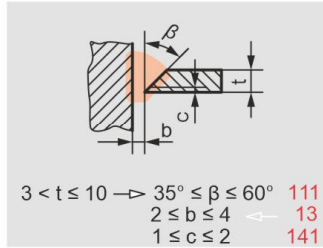
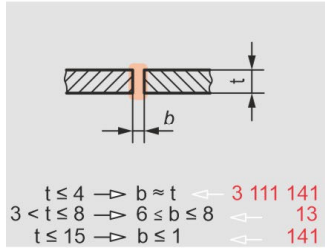
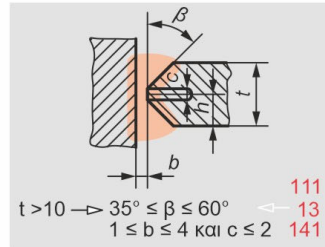
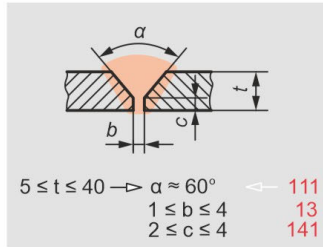
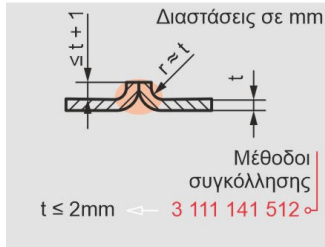


Προδιαμόρφωση ελασμάτων για γωνιακές συνδέσεις

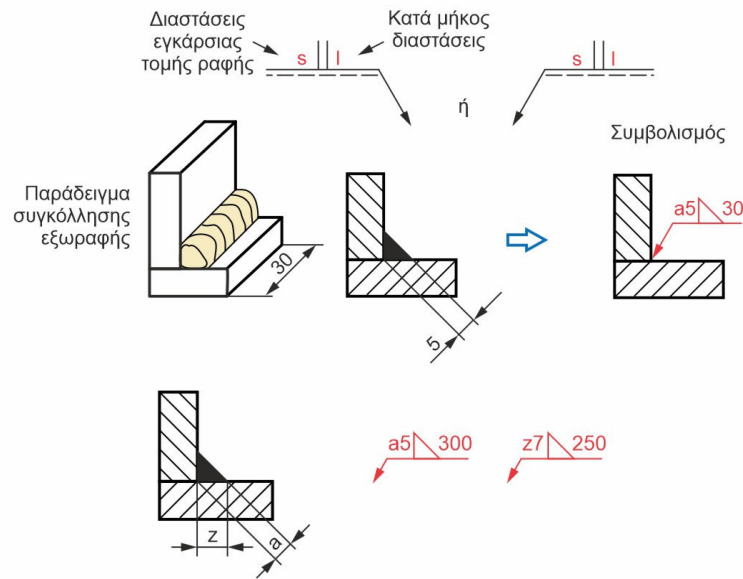


Προδιαμόρφωση ελασμάτων για μετωπικές συνδέσεις

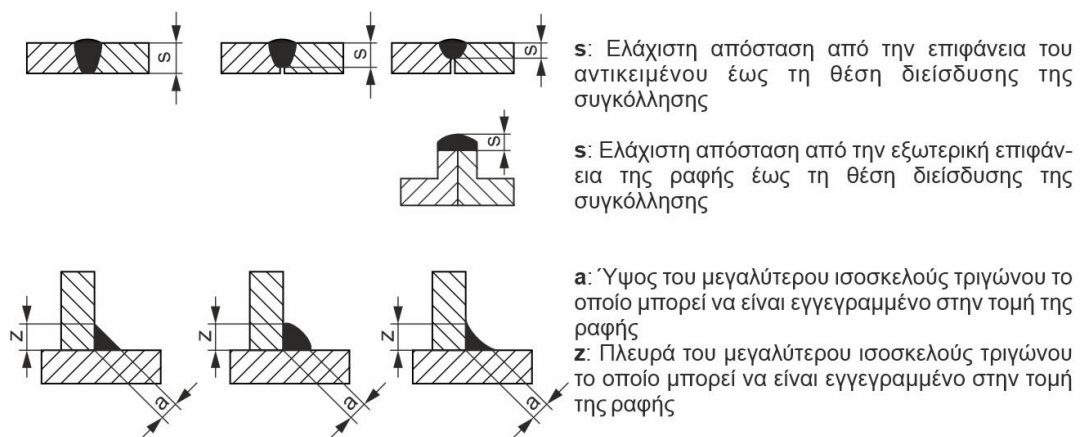




Κάθε σύμβολο συγκόλλησης μπορεί να συνοδεύεται από συγκεκριμένες διαστάσεις. Αυτές οι διαστάσεις τοποθετούνται, όπως φαίνεται στο σχήμα, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι διαστάσεις που αναφέρονται σε εγκάρσια τομή της συγκόλλησης αναγράφονται στην αριστερή πλευρά από το σύμβολο συγκόλλησης ενώ οι κατά μήκος διαστάσεις αναγράφονται από τη δεξιά μεριά του συμβόλου. Στο κάτω μέρος του σχήματος παρουσιάζεται ένα παράδειγμα αναγραφής διαστάσεων σε **εξωραφή**.

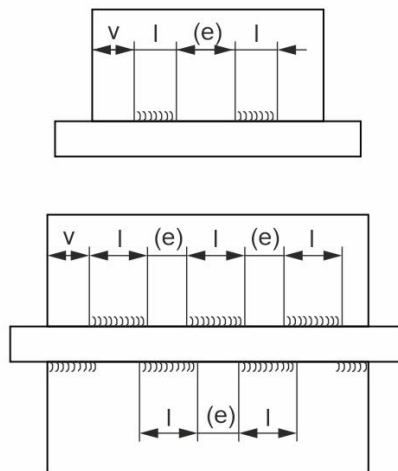


<http://www.m3.tuc.gr>



<http://www.m3.tuc.gr>

Στο σχήμα παρουσιάζονται οι βασικές διαστάσεις για την περίπτωση **διακοπτόμενων ραφών**, δηλαδή ραφών που δεν καλύπτουν όλο το μήκος της επιφάνειας που συνδέει τα δύο εξαρτήματα. Στην περίπτωση αυτή καταχωρείται μετά το σύμβολο συγκόλλησης ο αριθμός των ραφών  $n$ , το μήκος τους  $l$ , όπως επίσης και το ενδιάμεσο μήκος ανάμεσα στις ραφές  $e$ . Για την περίπτωση που η πρώτη ραφή δεν ξεκινά από την αρχή του τεμαχίου, τότε στο αντίστοιχο σχέδιο καταχωρείται και το αρχικό μήκος  $v$  που δεν έχει συγκόλληση.



Σύνταξη :  $a \nabla nxl(e)$   
 $z \nabla nxl(e)$

$l$ : Μήκος της ραφής  
 $e$ : Απόσταση ανάμεσα στις ραφές  
 $n$ : Πλήθος ραφών  
 $v$ : Αρχικό μήκος έναρξης ραφής

Σύνταξη :  $a \nabla nxl \overline{7} (e)$   
 $a \nabla nxl \underline{7} (e)$

Σύνταξη :  $z \nabla nxl \overline{7} (e)$   
 $z \nabla nxl \underline{7} (e)$

