9

- **Γενικά για Συγκολλήσεις**
- **Μέθοδοι συγκόλλησης**
- **Μηχανολογική Σχεδίαση συγκολλήσεων**

9η Διάλεξη – Συγκολλήσεις

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.

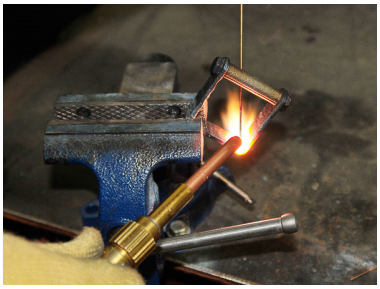
Μία κατηγοριοποίηση των συγκολλήσεων τις κατατάσσει σε δύο κατηγορίες: τις **αυτογενείς** συγκολλήσεις και τις **ετερογενείς** συγκολλήσεις. Στις αυτογενείς συγκολλήσεις απαιτείται τοπικά λιώσιμο των προς συγκόλληση τεμαχίων και τοποθέτηση ή όχι ενός συγκολλητικού μέσου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων 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 κασσιτεροκόλληση, η μπρουντζοκόλληση κ.λπ..

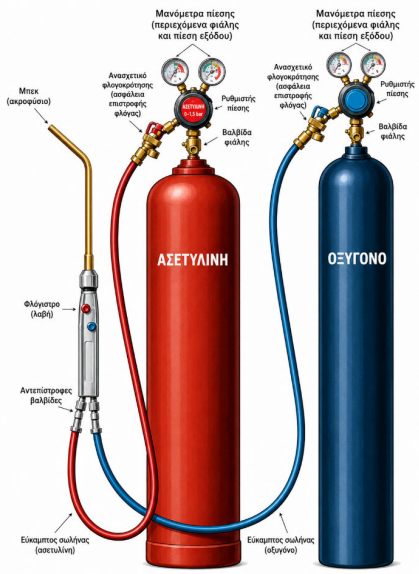
Η **συγκολλητικότητα** των υλικών εξαρτάται από τη χημική τους σύνθεση και την κρυσταλλική τους δομή. Η συγκολλητικότητα των χαλύβων εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα (C). Όσο λιγότερο άνθρακα έχει ένας χάλυβας, τόσο πιο μεγάλη συγκολλητικότητα έχει, δηλαδή συγκολλάται πιο εύκολα.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

Είδη συγκολλήσεων

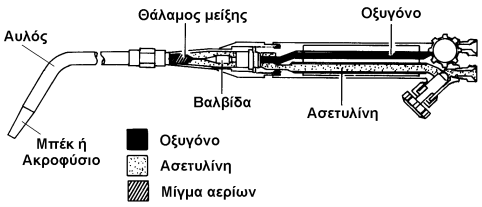
Μέθοδος	Περιγραφή
Μηχανικός έλεγχος	Τα δοκίμια υποβάλλονται σε καταπονήσεις μεγαλύτερες από τις συνθήκες λειτουργίας τους και ελέγχεται η αντοχή τους.
Οπτικός Έλεγχος	Ελέγχονται με το μάτι ή με όργανα το πάχος της ραφής μίας συγκόλλησης, τυχόν ρωγμές κ.λπ..
Έλεγχος με ηλεκτρική αγωγιμότητα	Βασίζεται 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 Χ	Τα ελαττώματα της συγκόλλησης μεταφράζονται σε σκιές πάνω σε φίλμ 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.

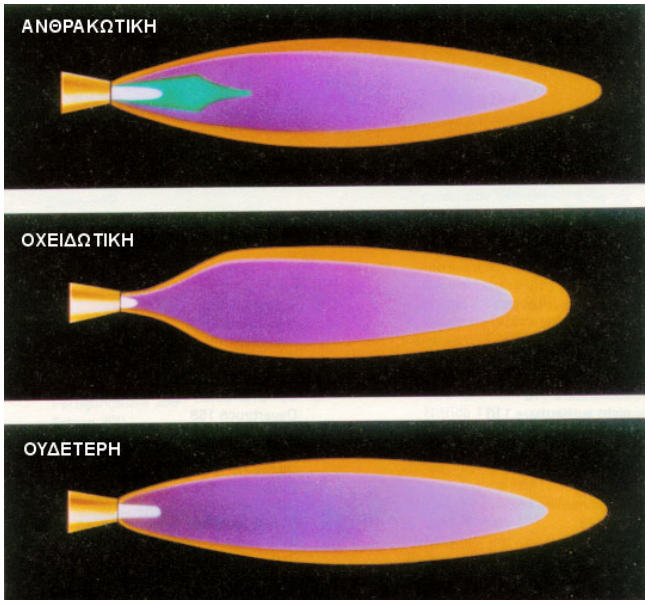
Η συγκόλληση με **οξυγονοασετυλίνη** (οξυγονοσυγκόλληση ή οξυγονοκόλληση) πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές του 20ου αιώνα. Χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση μεταλλικών ελασμάτων ή δοκών, ράβδων, σωλήνων κ.λπ. Η οξυγονοκόλληση είναι μία αυτογενής συγκόλληση, γιατί πραγματοποιείται μέσω της τήξης των άκρων 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**.



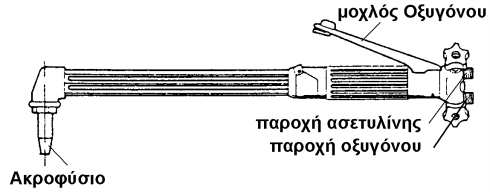


Συγκόλλησης

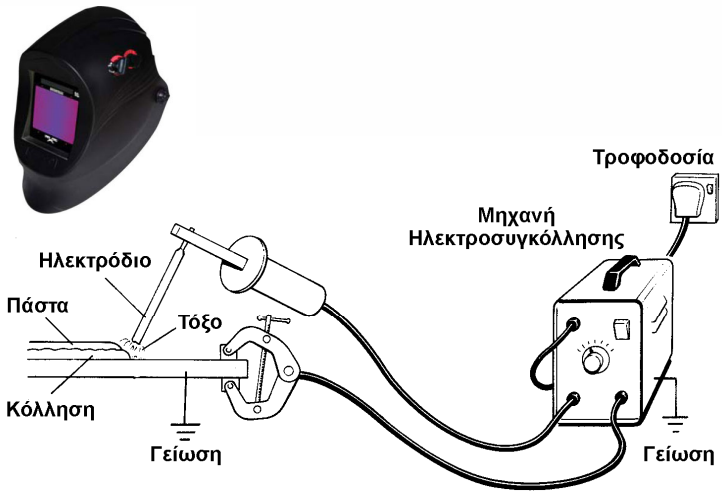




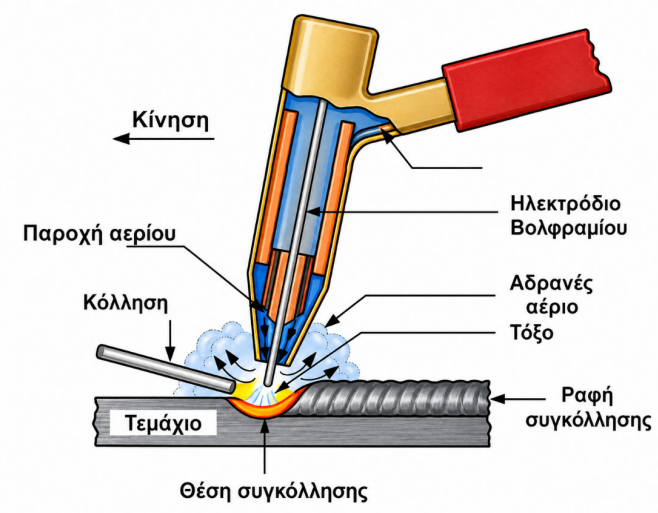
Οξυγονοκόφτης



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 ηλεκτρόδιου.



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).

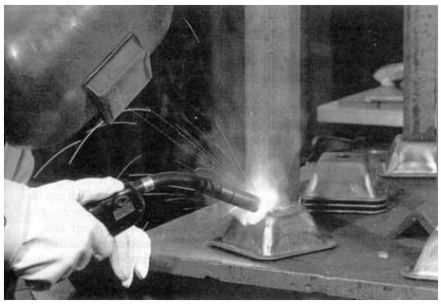


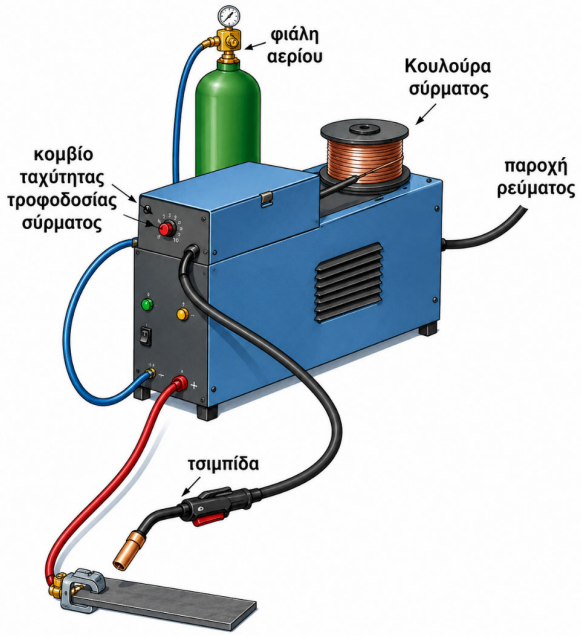
Στην **ηλεκτροσυγκόλληση T.I.G.** (Tungsten Inert Gas) το ηλεκτρόδιο είναι από Βολφράμιο (W) και προκειμένου να αυξηθούν οι ηλεκτρικές του ιδιότητες προστίθενται Θόριο (Th) και Ζιρκόνιο (Zr). Το ηλεκτρόδιο δεν καταναλίσκεται, δηλαδή συμμετέχει στη συγκόλληση μόνο για να διατηρεί το ηλεκτρικό τόξο.

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 περισσοτέρων μετάλλων. Ιδιαίτερη εφαρμογή είναι η συγκόλληση λεπτών αντικειμένων λόγω της εξαιρετικής ποιότητας συγκόλλησης και της ποιότητας της τελικής επιφάνειας.

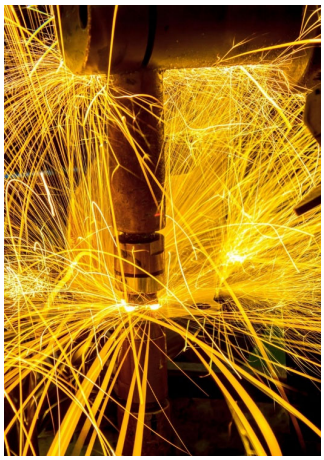
Στην **ηλεκτροσυγκόλληση M.I.G.** (Metal Inert Gas) το ηλεκτρόδιο αποτελεί και το συγκολλητικό υλικό, δηλαδή το ηλεκτρόδιο καταναλίσκεται και τροφοδοτείται στη συγκόλληση από μία κουλούρα σύρματος. Το αέριο που χρησιμοποιείται είναι αργό ή μείγμα Αργού με άλλα αδρανή αέρια. Το ηλεκτρόδιο στη συγκόλληση 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 Actif Gas) χρησιμοποιούνται ανθρακικά αέρια (διοξείδιο του άνθρακος CO_2) ή μείγμα ανθρακικών αερίων και αργού. Το συγκολλητικό υλικό είναι σύρμα κυρίως από Μαγγάνιο και Πυρίτιο, ενώ περιέχει και πρόσθετα άλλων μετάλλων.





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.



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 μόλυβδου. 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**.

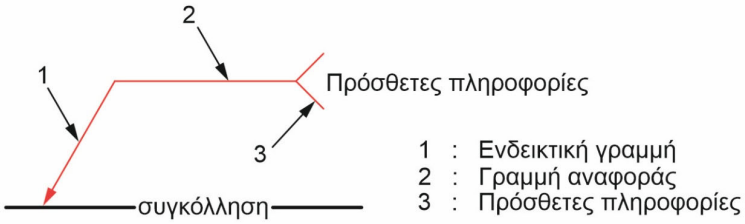
Στον Πίνακα παρουσιάζεται μέρος της τυποποίησης των μεθόδων συγκόλλησης κατά DIN EN ISO 4063 του 2023 στην οποία έχουν ενσωματωθεί διεργασίες για συγκόλληση πλαστικών. Στην τυποποίηση αυτή κάθε μέθοδος αναγνωρίζεται με έναν αριθμό αναφοράς ο οποίος χρησιμοποιείται στα σχέδια, στη μηχανογράφηση και γενικά στην καταγραφή των διαδικασιών συγκόλλησης. Όπως φαίνεται από τον Πίνακα, το DIN EN ISO 4063 για την τυποποίηση των συγκολλήσεων γενικά τις κατηγοριοποιεί σε κύριες ομάδες (με 1 ψηφίο), σε ομάδες (με 2 ψηφία) και τέλος σε υποομάδες (με τρία ψηφία).

Μέθοδος				Περιγραφή
1			Αυτογενείς συγκολλήσεις	Συγκόλληση τόξου
	11			Ηλεκτροσυγκόλληση χωρίς αδρανή ατμόσφαιρα
		111		Χειροκίνητη ηλεκτροσυγκόλληση
	13			Συγκόλληση με αδρανή αέρια
		131		Συγκόλληση με καταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο και αέριο Αργόν (M.I.G.)
		135		Συγκόλληση με καταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο και ανθρακικά αέρια (M.A.G.)
	14			Συγκόλληση με Βολφράμιο σε αδρανή ατμόσφαιρα
		141		Συγκόλληση με δύστηκτο ηλεκτρόδιο και αέριο Αργόν (T.I.G.)
	15			Συγκόλληση με πλάσμα
2				Συγκόλληση με αντίσταση
	21			Σημειακή συγκόλληση
3				Συγκόλληση με τη βοήθεια αερίων
		311		Συγκόλληση με οξυγονοασετυλίνη ή οξυγονοκόλληση
		312		Συγκόλληση με φλόγα προπανίου
4				Συγκόλληση με τριβή
	41			Συγκόλληση με υπερήχους
5				Συγκόλληση δέσμης
		512		Συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων
	52			Συγκόλληση με δέσμη Laser
8				Κατεργασίες κοπής και λείανσης
	83			Κοπή με πλάσμα
9				**Ετερογενείς συγκολλήσεις**
	91			Σκληρές συγκολλήσεις (Μπρουντζοκόλληση, Ασημοκόλληση)
	94			Μαλακές συγκολλήσεις (Κασσιτεροκόλληση, Μολυβδοκόλληση)

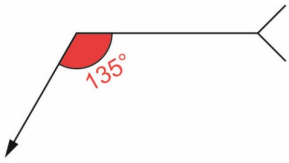
Τυποποίηση μεθόδων συγκόλλησης κατά DIN EN ISO 4063: 2023

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 είναι τυποποιημένες σύμφωνα με τον κανονισμό **ISO 2553** του 2019 και περιέχονται σε μία συμβολική παράσταση που ονομάζεται **σύμβολο αναφοράς συγκόλλησης** ή απλώς **σύμβολο αναφοράς**.

Το **σύμβολο αναφοράς** αποτελείται από την **ενδεικτική γραμμή**, τη **γραμμή αναφοράς** και στο τέλος της γραμμής αναφοράς προαιρετικά μπορεί να υπάρχει μία ορθή γωνία που είναι το **τέλος του συμβόλου**.



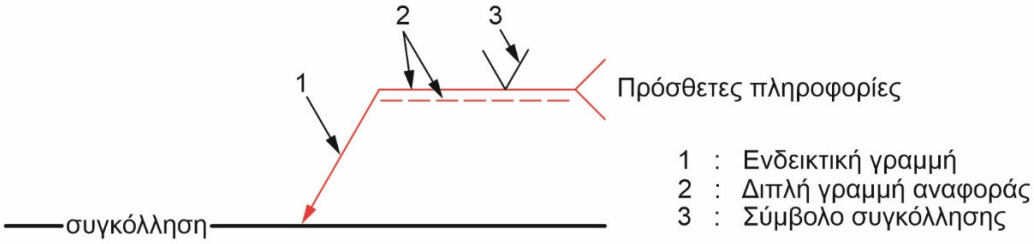
1 : Ενδεικτική γραμμή
2 : Γραμμή αναφοράς
3 : Πρόσθετες πληροφορίες



Πάνω στη γραμμή αναφοράς τοποθετείται το **σύμβολο της ραφής της συγκόλλησης**, οι **διαστάσεις** της ραφής που πραγματοποιείται, καθώς και άλλες **χρήσιμες πληροφορίες**. Στην άκρη του συμβόλου αναφοράς στο άνοιγμα σε ορθή γωνία, τοποθετούνται πρόσθετες πληροφορίες όπως είναι η διαδικασία συγκόλλησης, πληροφορίες για το ηλεκτρόδιο που χρησιμοποιείται, κ.λπ.. Η ορθή αυτή γωνία μπορεί να παραλείπεται στην περίπτωση που τέτοιες πληροφορίες δεν χρειάζεται να τοποθετηθούν.

Σύμβολο αναφοράς συγκόλλησης

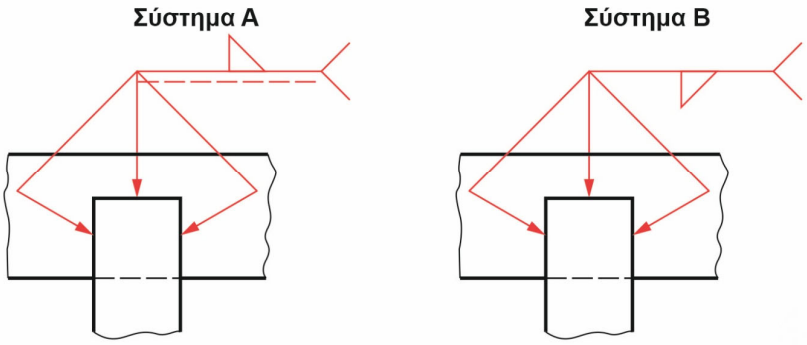
Η **γραμμή αναφοράς** γενικά σχεδιάζεται παράλληλα προς την οριζόντια κάτω πλευρά του σχεδίου ενώ κατ' εξαίρεση, σε περιπτώσεις περιορισμένου χώρου, μπορεί να σχεδιαστεί και παράλληλα προς τη δεξιά πλευρά του. Στο **ISO 2553 του 2019** προβλέπονται δύο συστήματα συμβολισμού, το **Σύστημα Α** και το **Σύστημα Β**. Τα δύο συστήματα χρησιμοποιούν το ίδιο σύμβολο αναφοράς με τη διαφορά ότι στο Σύστημα Α σχεδιάζεται και μια διακεκομμένη γραμμή ίσου πλάτους με τη γραμμή αναφοράς, κάτω (κατά προτίμηση) ή επάνω από αυτήν. Η διακεκομμένη γραμμή αναφοράς μπορεί να παραλείπεται όταν η συγκόλληση είναι συμμετρική ή σημειακή.



Σε αντίθεση με το Σύστημα Α που χρησιμοποιεί τις δύο γραμμές αναφοράς, το Σύστημα Β χρησιμοποιεί μία μόνο συνεχή γραμμή αναφοράς. Το Σύστημα Α είναι αυτό που συναντάται κυρίως στην Ευρώπη ενώ το Σύστημα Β στις χώρες Ανατολικής Ασίας, Ωκεανία, ΗΠΑ, Καναδάς και αρκετές χώρες της Νοτίου Αμερικής. Αυτή ακριβώς η γεωγραφική διαφοροποίηση του συμβολισμού, επέβαλε ώστε ο κανονισμός ISO 2553 του 2019 να κάνει αποδεκτά και τα δύο συστήματα συμβολισμού συγκόλλησης.

Σύμβολο αναφοράς συγκόλλησης στο Σύστημα Α και στο Σύστημα Β

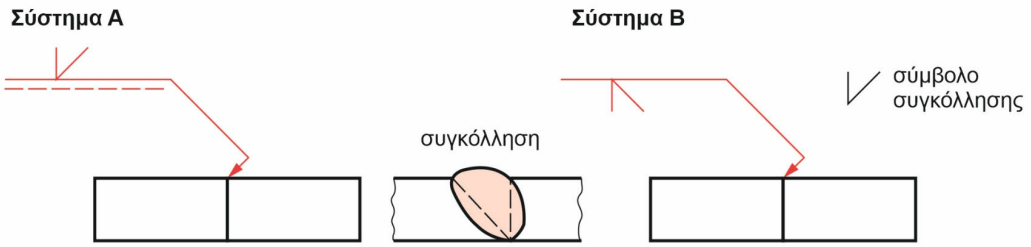
Η **ενδεικτική γραμμή** που δείχνει την ακριβή θέση της συγκόλλησης γενικά σχεδιάζεται με κλίση 135° ως προς την γραμμή αναφοράς. Η ενδεικτική γραμμή πρέπει να καταλήγει σε ορατή ακμή του τεμαχίου με γεμάτο βέλος ενώ μπορεί να ξεκινά από την αρχή ή το τέλος της γραμμής αναφοράς. Στην περίπτωση που η ίδια συγκόλληση αφορά περισσότερες γειτονικές θέσεις είναι δυνατόν δύο ή περισσότερες ενδεικτικές γραμμές να ξεκινούν από κοινή γραμμή αναφοράς. Στο σχήμα έχει τοποθετηθεί το σύμβολο συγκόλλησης με είδος της συγκόλλησης την **εξωραφή**.



σύμβολο εξωραφής

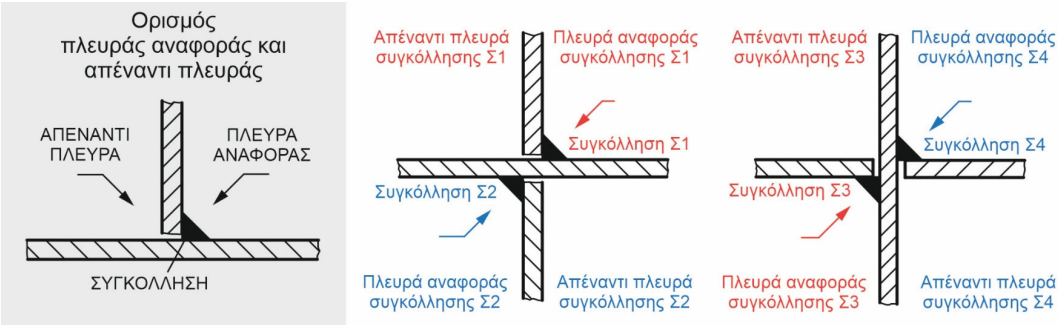
Πολλαπλές ενδεικτικές γραμμές στο Σύστημα Α και στο Σύστημα Β

Σε **μετωπικές συγκολλήσεις** σε ελάσματα όταν απαιτείται να προδιαμορφωθεί συγκεκριμένο τεμάχιο από αυτά που θα συγκολληθούν, με λοξοτομή ή άλλη διαμόρφωση, η ενδεικτική γραμμή πρέπει να κάμπτεται ώστε να δείχνει προς εκείνο το τεμάχιο που πρόκειται να προδιαμορφωθεί. Η ενδεικτική γραμμή δεν απαιτείται να καμφθεί όταν είναι προφανής η όποια προδιαμόρφωση ή όταν δεν υπάρχει προτίμηση ως προς το ποιο τεμάχιο θα προδιαμορφωθεί.



Ενδεικτικές γραμμές σε μετωπικές συγκολλήσεις

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

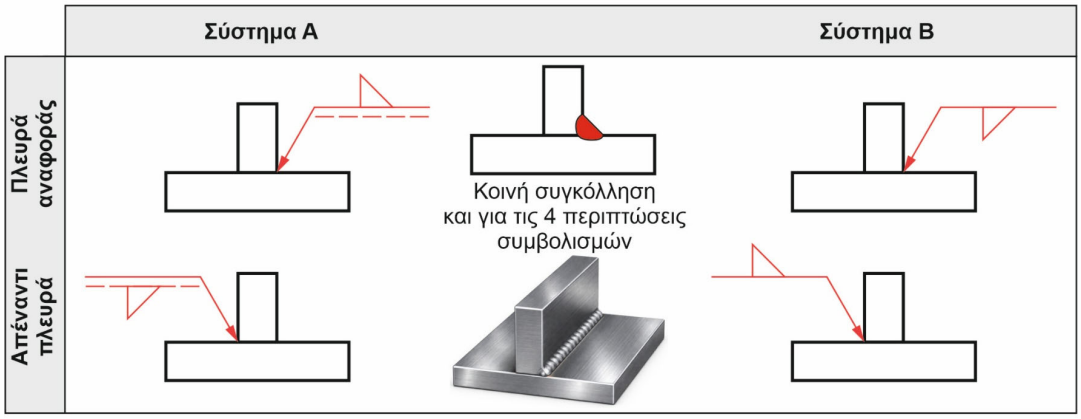


Γενικά για την τοποθέτηση του συμβόλου αναφοράς ισχύουν:

- 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.
- Στην τοποθέτηση συμβόλου συγκόλλησης σύμφωνα με το Σύστημα Α, χρησιμοποιούνται δύο γραμμές αναφοράς (συνεχής και διακεκομμένη) και το σύμβολο του είδους (ραφής) της συγκόλλησης τοποθετείται στη συνεχή γραμμή όταν η συγκόλληση προβλέπεται να γίνει στην πλευρά αναφοράς, ενώ τοποθετείται στη διακεκομμένη γραμμή όταν η συγκόλληση προβλέπεται να γίνει στην απέναντι πλευρά ενώ τοποθετείται και στις δύο γραμμές όταν απαιτούνται συγκολλήσεις και στις δύο πλευρές.
- Στην τοποθέτηση συμβόλου συγκόλλησης σύμφωνα με το Σύστημα Β, χρησιμοποιείται μία γραμμή αναφοράς και το σύμβολο του είδους (ραφής) της συγκόλλησης τοποθετείται κάτω από αυτήν τη γραμμή όταν προβλέπεται η συγκόλληση να γίνει στην πλευρά αναφοράς και πάνω από τη γραμμή για συγκόλληση στην απέναντι πλευρά ή και στις δύο θέσεις για συγκόλληση και στις δύο πλευρές.

Χαρακτηριστικές πλευρές συγκόλλησης

Συγκόλληση μεταξύ δύο ελασμάτων και οι αντίστοιχες τέσσερεις πιθανές τοποθετήσεις συμβόλου αναφοράς προκειμένου να χαρακτηρισθεί η συγκόλληση αυτή, όπως προκύπτουν από τα δύο χρησιμοποιούμενα συστήματα (Α και Β) αλλά και το σε ποια πλευρά επιλέγεται η τοποθέτηση του συμβόλου συγκόλλησης (πλευρά αναφοράς ή απέναντι πλευρά).



Τοποθέτηση συμβόλου συγκόλλησης

Στο **Σύστημα Β** η διακεκομμένη γραμμή στο σύμβολο αναφοράς μπορεί να σχεδιάζεται κάτω ή πάνω από τη συνεχή γραμμή. Το σύμβολο της συγκόλλησης τοποθετείται στη συνεχή γραμμή εφόσον η συγκόλληση γίνεται στην πλευρά αναφοράς ενώ αντίστοιχα τοποθετείται στη διακεκομμένη γραμμή εάν η συγκόλληση γίνεται στην απέναντι πλευρά

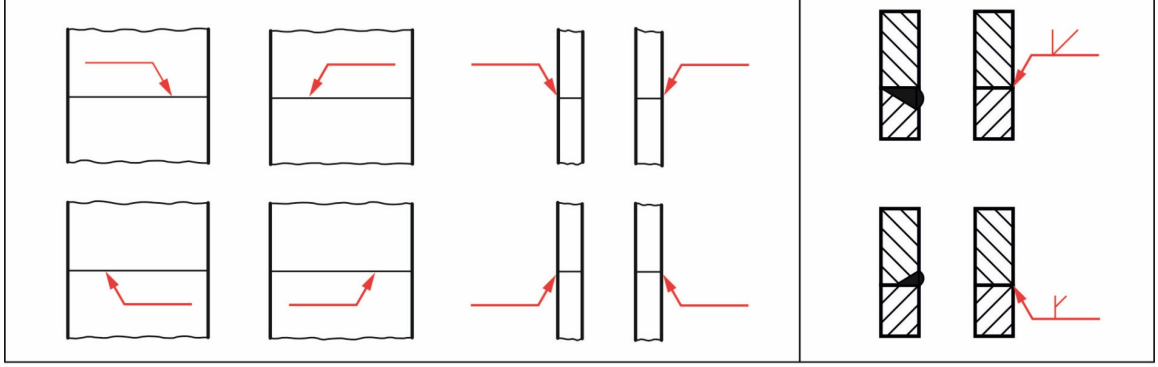
Συμμετρικές συγκολλήσεις	Συγκόλληση στην πλευρά αναφοράς	Συγκόλληση στην απέναντι πλευρά
Στις συμμετρικές συγκολλήσεις δε χρειάζεται η διακεκομμένη γραμμή		

Στην τοποθέτηση ενός συμβόλου αναφοράς, δηλαδή του συμβόλου που καθορίζει ότι στη συγκεκριμένη θέση υπάρχει συγκόλληση, η θέση και η κατεύθυνση της ενδεικτικής γραμμής σε σχέση με τη συγκόλληση δεν έχει ιδιαίτερη σημασία. Στο σχήμα παρουσιάζονται οι **δυνατές επιλογές τοποθέτησης** του συμβόλου αναφοράς για τα περισσότερα είδη συγκολλήσεων. Ειδικά για εκείνα τα είδη συγκολλήσεων που έχουν ασύμμετρη μορφή, η ενδεικτική γραμμή πρέπει να στοχεύει προς το αντικείμενο που υφίσταται προδιαμόρφωση. Σχετικά με την τοποθέτηση του συμβόλου συγκόλλησης ισχύουν επίσης:

- Το σύμβολο της συγκόλλησης τοποθετείται πάνω από τη γραμμή αναφοράς στην κανονική περίπτωση όπου το σύμβολο αναφοράς δείχνει την πλευρά αναφοράς.
- Εάν για οποιοδήποτε λόγο η τοποθέτηση του συμβόλου αναφοράς δεν κατευθύνεται προς το σημείο της συγκόλλησης αλλά προς την απέναντι πλευρά, τότε το σύμβολο της συγκόλλησης τοποθετείται κάτω από τη γραμμή αναφοράς.
- Αν μπροστά από το σύμβολο υπάρχει ένας ή δύο αριθμοί, αυτοί προσδιορίζουν τις πλευρές ή το βάθος της ραφής.

Τοποθέτηση συμβόλου συγκόλλησης στην γραμμή αναφοράς

Γενικός τρόπος τοποθέτησης του συμβόλου αναφοράς	Ασύμμετρες συγκολλήσεις



Οριζόντια τοποθέτηση του συμβόλου αναφοράς

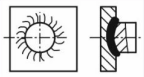
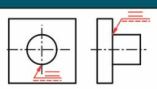
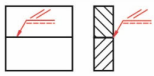
Τα σύμβολα της συγκόλλησης περιγράφουν κυρίως τη μορφή της ραφής συγκόλλησης. Εκτός αυτού περιλαμβάνουν πληροφορίες όπως την προδιαμόρφωση που γίνεται στα ελάσματα και είναι απαραίτητη για τη συγκεκριμένη συγκόλληση καθώς και τον τρόπο εκτέλεσής της. Στον πίνακα παρουσιάζονται τα **βασικά είδη συγκόλλησης**, το αντίστοιχο σύμβολο, η απεικόνιση των τεμαχίων που συγκολλώνται καθώς και η συμβολική παράσταση στο Μηχανολογικό Σχέδιο στο Ευρωπαϊκό σύστημα Α.

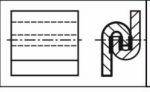
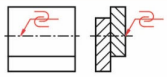
Ονομασία	Σύμ-βολο	Απεικόνιση	Συμβολική Παράσταση
Ραφή με αναδιπλού-μενες άκρες			
Ραφή I			
Ραφή V			
Ραφή HV			
Ραφή οπής			
Σημειακή Ραφή			
Γραμμική Ραφή			

Ονομασία	Σύμ-βολο	Απεικόνιση	Συμβολική Παράσταση
Ραφή Y			
Ραφή HY			
Ραφή U			
Εξωραφή			
Επιφανει-ακή μετω-ποραφή			
Ισοσκελής τραπεζοει-δής ραφή			

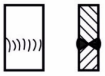
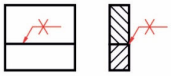
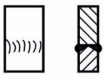
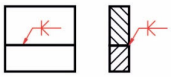
Βασικά είδη συγκόλλησης

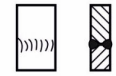
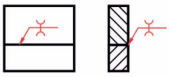
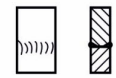
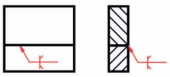
Είδη συγκόλλησης ορίζονται στον ισχύοντα κανονισμό DIN EN ISO 15785 του 2002 και αφορούν συνδέσεις με **κόλληση με συγκολλητικά υλικά** και συνδέσεις με **πτύχωση/διπλοραφή**, δηλαδή ένωση με αναδίπλωση ελασμάτων και για συνδέσεις με πίεση, όπως σε πρεσσαριστές εφαρμογές.

Ονομασία	Σύμ-βολο	Απεικόνιση	Συμβολική Παράσταση
Επιφανει-ακή Ραφή	=		
Πλάγια Ραφή	//		

Ονομασία	Σύμ-βολο	Απεικόνιση	Συμβολική Παράσταση
Ραφή με αναδιπλού-μενες άκρες 180°	⊇		

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**.

Ονομασία	Σύμ-βολο	Απεικόνιση	Συμβολική Παράσταση
Διπλή Ραφή V	X		
Διπλή Ραφή HV	K		

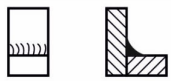
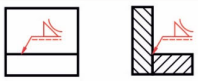
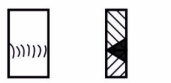
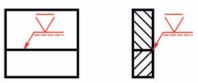
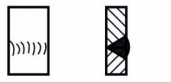
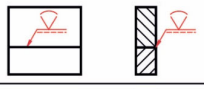
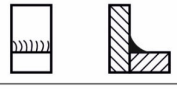
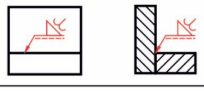
Ονομασία	Σύμ-βολο	Απεικόνιση	Συμβολική Παράσταση
Διπλή Ραφή U	Y		
Διπλή Ραφή HY*			

* μεγάλου πάχους και γωνιακές ραφές

Είδη σύνδεσης με τον κανονισμό DIN EN ISO 15785 του 2002

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.

Σύμβολο	Ονομασία
∪	Κοίλη ραφή
—	Επίπεδη ραφή
∩	Κυρτή ραφή
⌣	Ομαλή ραφή

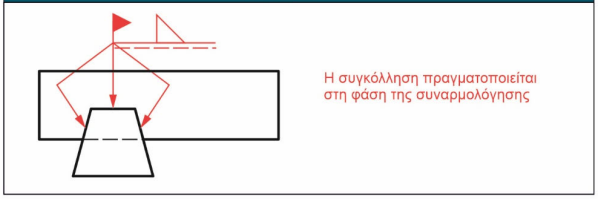
Παράδειγμα			
Κοίλη Εξωραφή			
Επίπεδη Ραφή V			
Κυρτή Ραφή V			
Ομαλή Εξωραφή			

Συμπληρωματικά σύμβολα συγκόλλησης - 1

Μια άλλη κατηγορία συμπληρωματικών συμβόλων χρησιμοποιείται για να καθοριστεί η **πορεία** ή το **είδος** της ραφής. Η χαρακτηριστική **σημαία** που τοποθετείται στη θέση τομής της γραμμής αναφοράς και της ενδεικτικής γραμμής, υποδηλώνει ότι η συγκόλληση δεν θα γίνει στο μηχανουργείο αλλά στη φάση συναρμολόγησης του εξαρτήματος. Αντίστοιχα το σύμβολο της περιφερειακής ραφής χρησιμοποιείται συχνά για να δείξει ότι η συγκόλληση πραγματοποιείται γύρω-γύρω από το τεμάχιο ενώ το σύμβολο διαστήματος χρησιμοποιείται για να δείξει ότι η συγκόλληση πραγματοποιείται από μία θέση έως μία άλλη, στο σχήμα από Α έως Β.

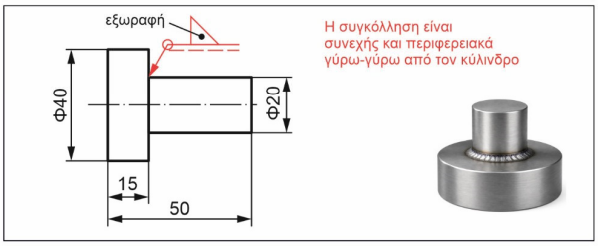
Σύμβολο	Ονομασία	Εφαρμογή
	Ραφή συναρμολόγησης	

Σύμβολα συγκόλλησης στη φάση συναρμολόγησης



	Περιφερειακή ραφή

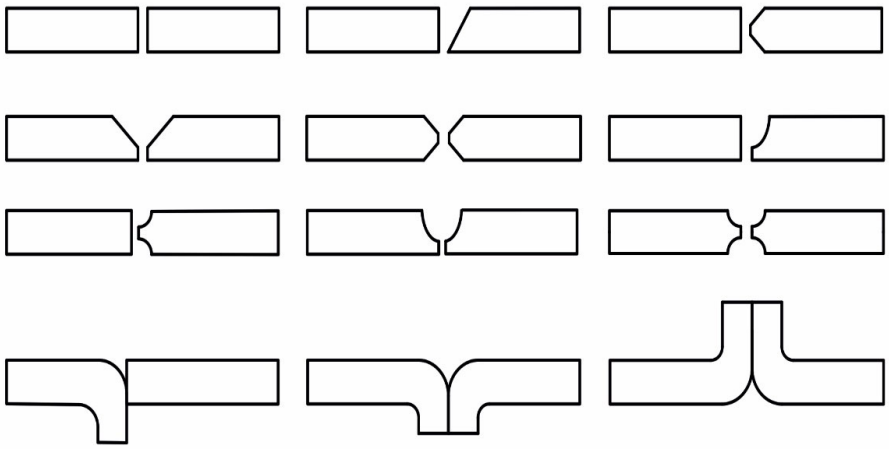
Σύμβολα περιφερειακής συγκόλλησης



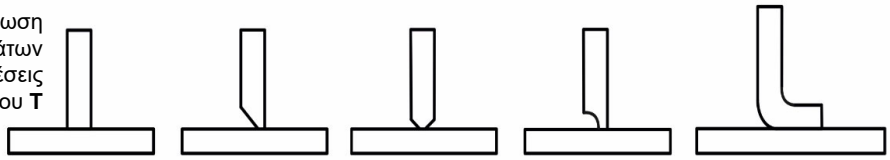
	Ραφή σε διάστημα

Σύμβολα συγκόλλησης σε συγκεκριμένο διάστημα Α-Β

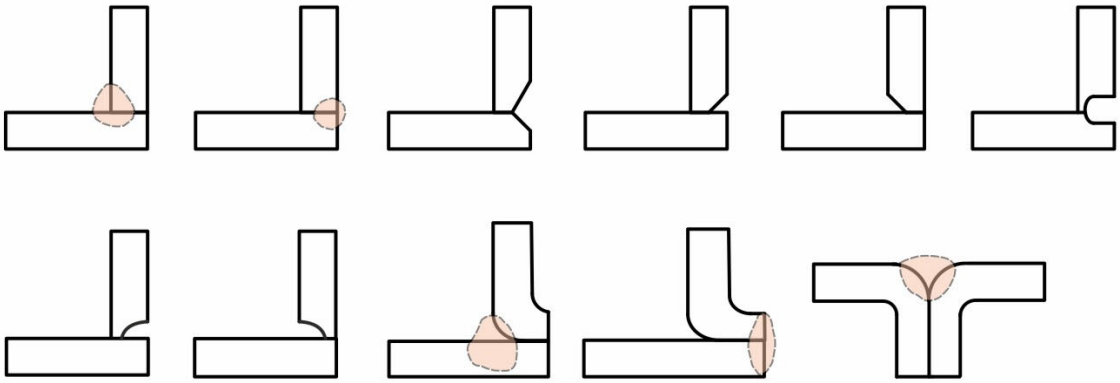
Η προετοιμασία των ελασμάτων για συγκόλληση έχει σα σκοπό να ισχυροποιεί τη συγκόλληση οδηγώντας την προς το εσωτερικό των ελασμάτων. Συνήθως πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας οξυγονοκοπή, τόξο πλάσματος η τροχό και πιο σπάνια χύτευση, σφυρηλάτηση, απότμηση κ.λπ.. Τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά κάθε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



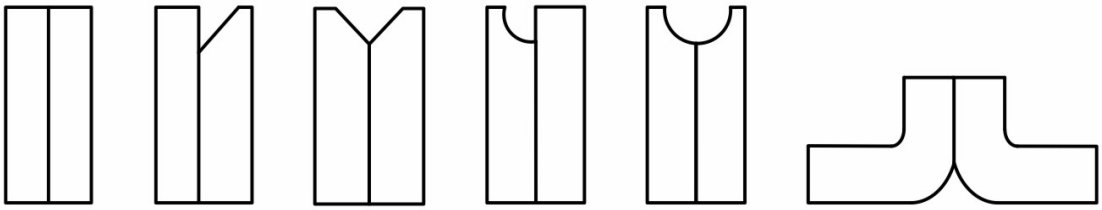
Προδιαμόρφωση ελασμάτων για συνδέσεις τύπου **Τ**



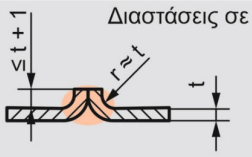
Προδιαμόρφωση ελασμάτων για γωνιακές συνδέσεις



Προδιαμόρφωση ελασμάτων για μετωπικές συνδέσεις

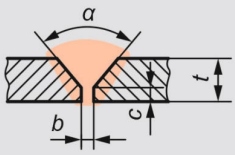


Διαστάσεις σε mm

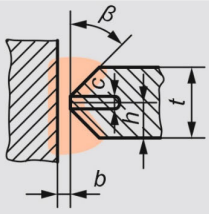


Μέθοδοι συγκόλλησης

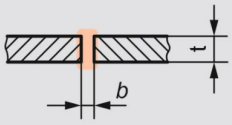
t ≤ 2mm ← 3 111 141 512



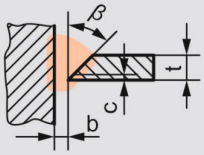
5 ≤ t ≤ 40 → α ≈ 60° ← 111
1 ≤ b ≤ 4 — 13
2 ≤ c ≤ 4 — 141



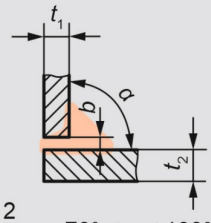
t >10 → 35° ≤ β ≤ 60° ← 111 13
1 ≤ b ≤ 4 και c ≤ 2 — 141



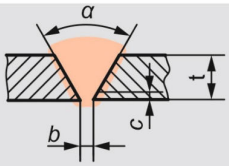
t ≤ 4 → b ≈ t ← 3 111 141
3 < t ≤ 8 → 6 ≤ b ≤ 8 ← 13
t ≤ 15 → b ≤ 1 ← 141



3 < t ≤ 10 → 35° ≤ β ≤ 60° — 111
2 ≤ b ≤ 4 ← 13
1 ≤ c ≤ 2 — 141

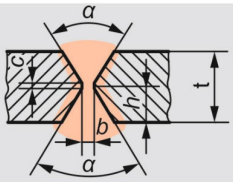


t1 > 2
t2 > 2 → 70° ≤ α ≤ 100° ← 3 111 13
b ≤ 2 — 141

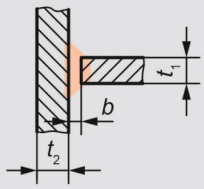


3 < t ≤ 10 → 40° ≤ α ≤ 60° 3 111
b ≤ 4 ← 13
c ≤ 2 — 141

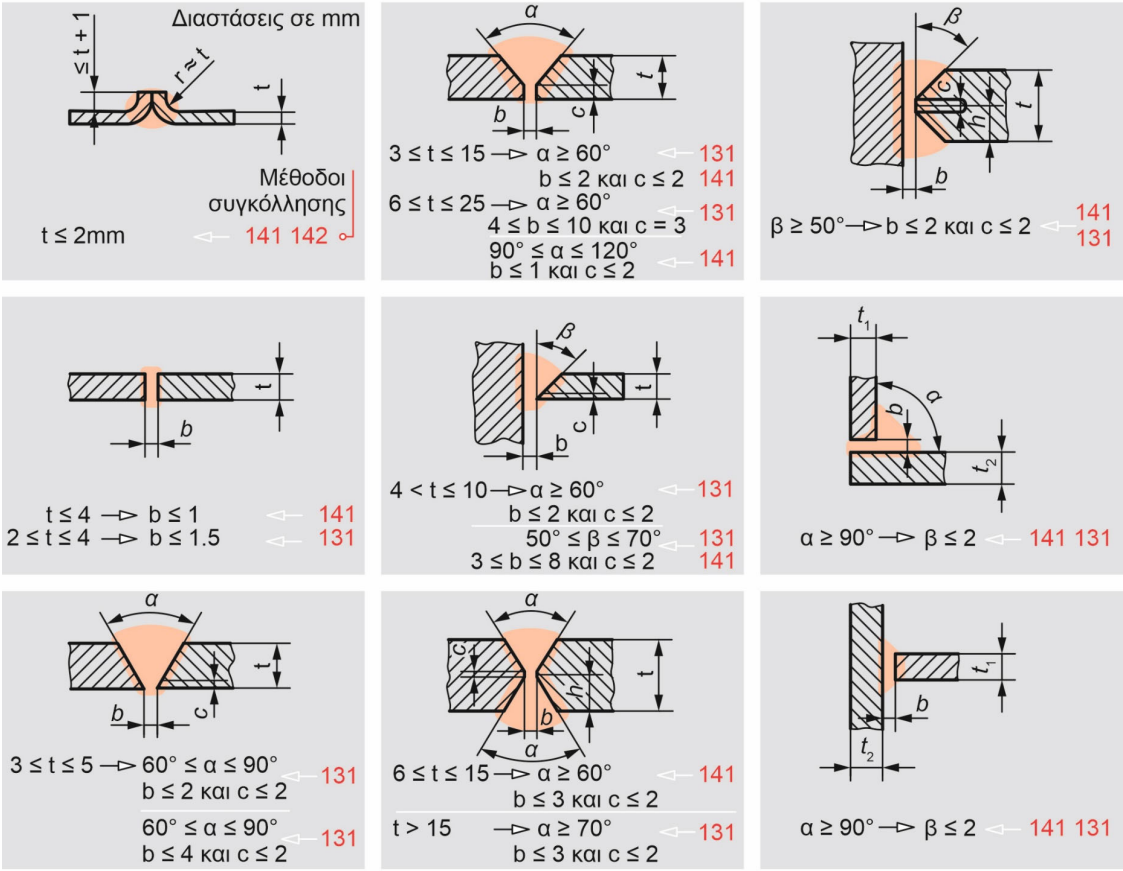
8 < t ≤ 12 → 6° ≤ α ≤ 8° ← 52



t > 10 → 40° ≤ α ≤ 60° ← 13
1 ≤ b ≤ 3 και c ≤ 2
α ≈ 60° ← 141

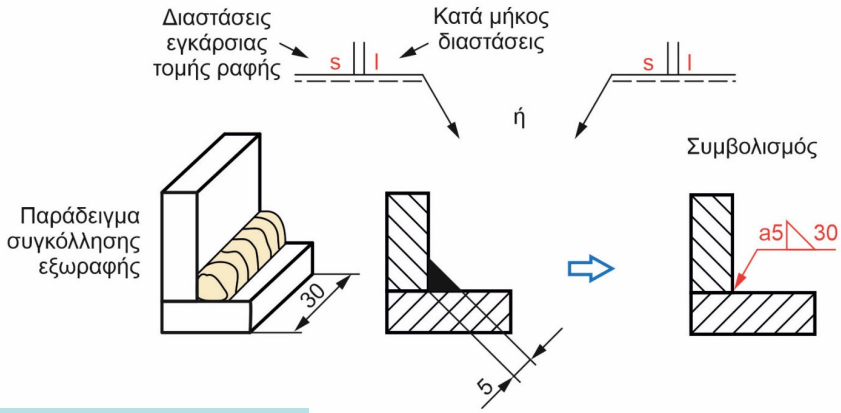


2 ≤ t1 ≤ 4 → β ≤ 2 — 3 111
2 ≤ t2 ≤ 4 ← 13
t1 > 4 και t2 > 4 — 141

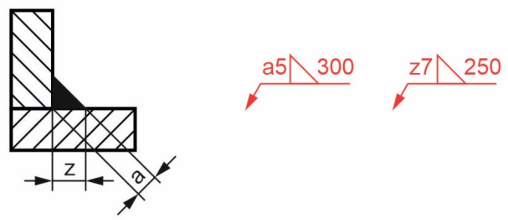


Είδη και διαστάσεις προδιαμόρφωσεων για συγκόλληση αλουμινίου

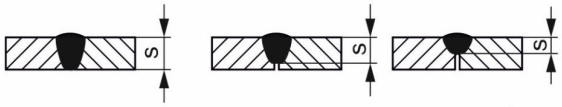
Κάθε σύμβολο συγκόλλησης μπορεί να συνοδεύεται από συγκεκριμένες διαστάσεις. Αυτές οι διαστάσεις τοποθετούνται, όπως φαίνεται στο σχήμα, λαμβάνοντας υπόψη ότι οι διαστάσεις που αναφέρονται σε εγκάρσια τομή της συγκόλλησης αναγράφονται στην αριστερή πλευρά από το σύμβολο συγκόλλησης ενώ οι κατά μήκος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



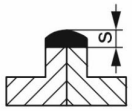
Ο χαρακτηρισμός **a** πριν από την εγκάρσια διάσταση της ραφής υποδηλώνει ότι η διάσταση αυτή είναι το ύψος του μεγαλύτερου ισοσκελούς τριγώνου το οποίο μπορεί να είναι εγγεγραμμένο στην τομή. Αντίστοιχα ο χαρακτηρισμός **z** υποδηλώνει την πλευρά του μεγαλύτερου ισοσκελούς τριγώνου το οποίο μπορεί να είναι εγγεγραμμένο στην τομή



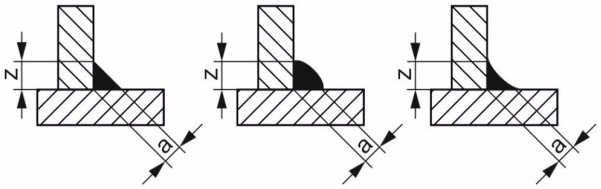
Τοποθέτηση διαστάσεων σε συγκολλήσεις - 1



s: Ελάχιστη απόσταση από την επιφάνεια του αντικειμένου έως τη θέση διείσδυσης της συγκόλλησης



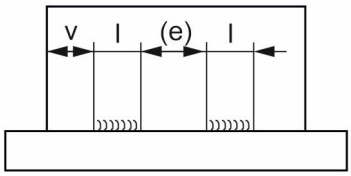
s: Ελάχιστη απόσταση από την εξωτερική επιφάνεια της ραφής έως τη θέση διείσδυσης της συγκόλλησης



a: Ύψος του μεγαλύτερου ισοσκελούς τριγώνου το οποίο μπορεί να είναι εγγεγραμμένο στην τομή της ραφής
z: Πλευρά του μεγαλύτερου ισοσκελούς τριγώνου το οποίο μπορεί να είναι εγγεγραμμένο στην τομή της ραφής

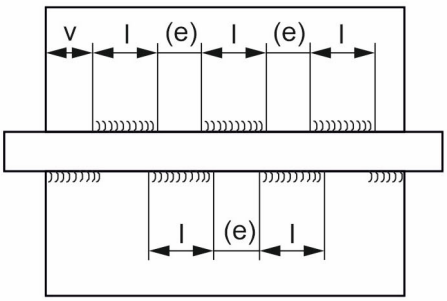
Τοποθέτηση διαστάσεων σε συγκολλήσεις - 2

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 ◺nxl(e)
z ◺nxl(e)

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



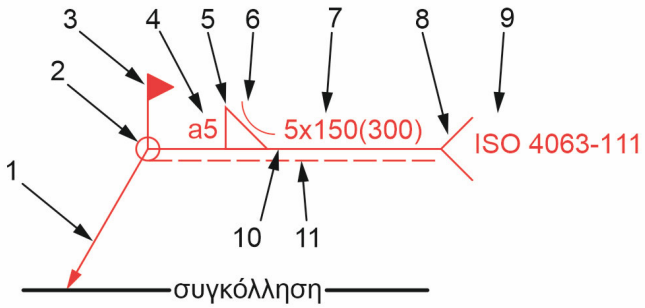
Σύνταξη : a ◺nxl⌉(e)
a ◺nxl⌊(e)

Σύνταξη : z ◺nxl⌉(e)
z ◺nxl⌊(e)

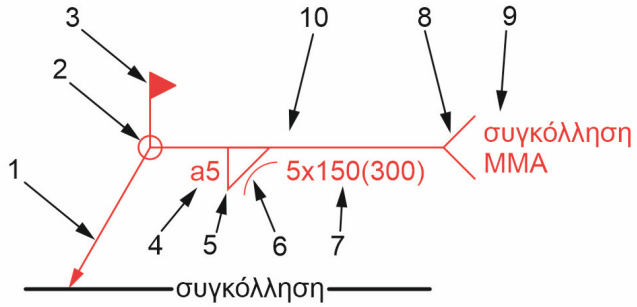
Τοποθέτηση διαστάσεων σε διακοπτόμενες συγκολλήσεις

Στο σχήμα παρουσιάζεται ένα πλήρες σύμβολο αναφοράς συγκόλλησης, όπως αυτό τοποθετείται στα μηχανολογικά σχέδια στα δύο συστήματα Α και Β. Το σύμβολο περιλαμβάνει όλα τα δεδομένα για τη συγκόλληση μέχρι και τον τρόπο συγκόλλησης που είναι ο κωδικός 111: **Χειροκίνητη ηλεκτροσυγκόλληση**.

Σύστημα Α

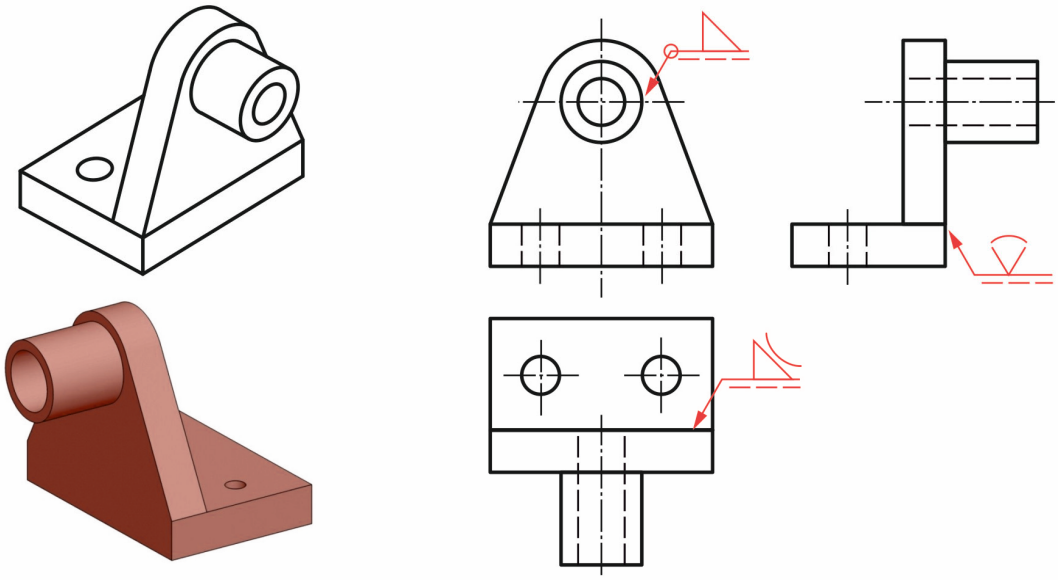


Σύστημα Β

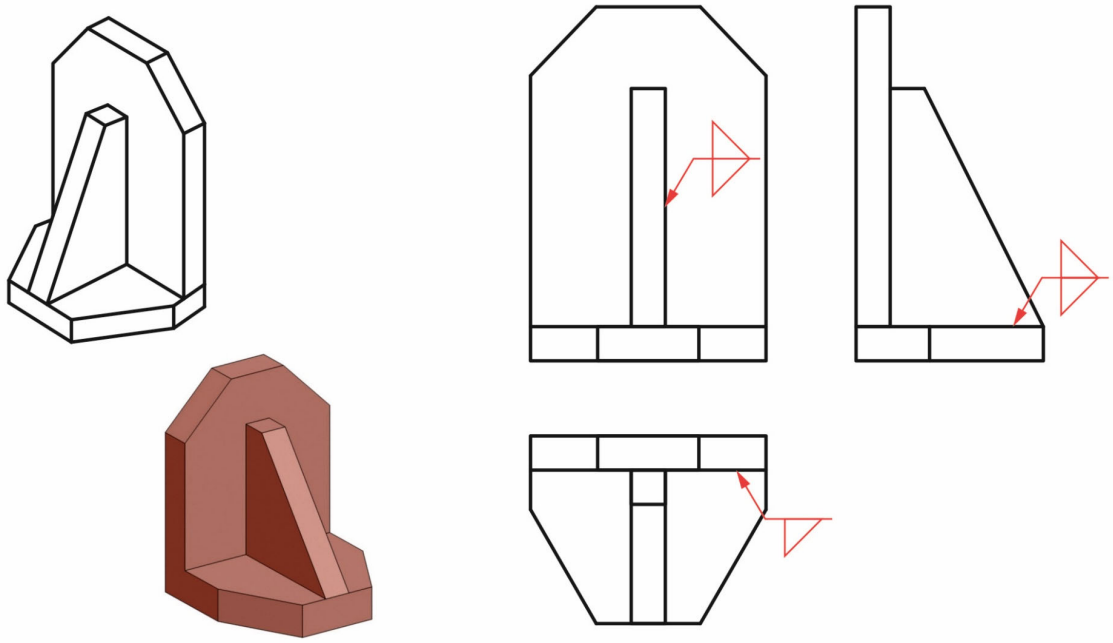


Παράδειγμα τοποθέτησης συμβόλου συγκόλλησης

Συγκολλητό εξάρτημα το οποίο δημιουργήθηκε με τη συγκόλληση τριών τεμαχίων, δηλαδή δύο ελασμάτων και ενός κυλινδρικού τεμαχίου με εσωτερική οπή. Στο δεξιό μέρος του σχήματος φαίνονται οι τρεις βασικές όψεις του συγκολλητού εξαρτήματος στις οποίες είναι τοποθετημένα τα αντίστοιχα σύμβολα συγκόλλησης στο Σύστημα Α. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην **περιφερειακή συγκόλληση** γύρω από τον κύλινδρο που συμβολίζεται με τον κύκλο στη θέση τομής της γραμμής αναφοράς και της ενδεικτικής γραμμής.

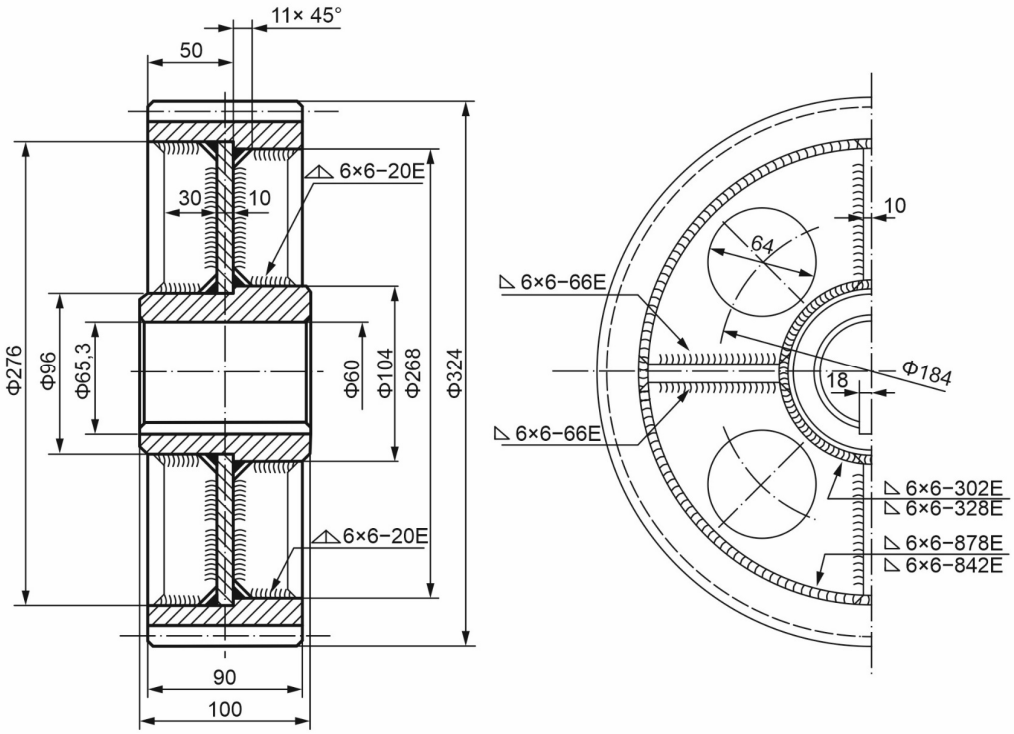


Παράδειγμα τοποθέτησης συμβόλων συγκόλλησης - 1

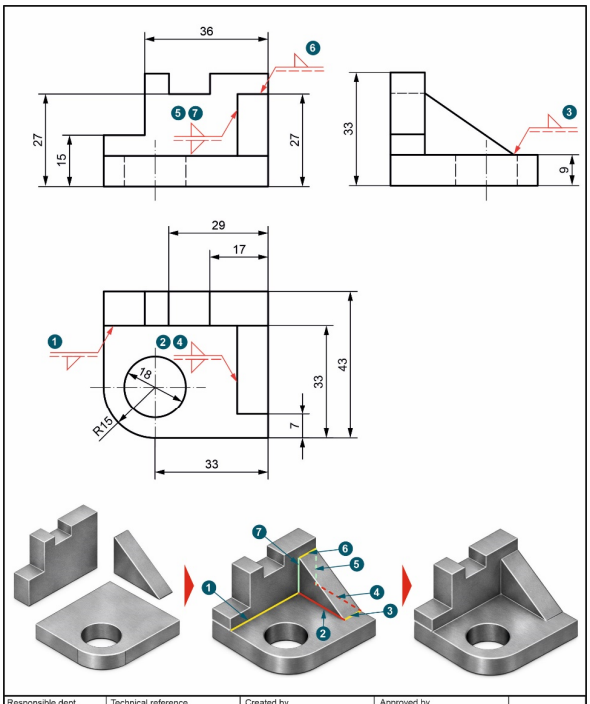


Παράδειγμα τοποθέτησης συμβόλων συγκόλλησης - 2

Χαρακτηριστική συγκολλητή κατασκευή είναι ο οδοντωτός τροχός του σχήματος. Στο σχήμα αυτό εμφανίζονται οι συγκολλήσεις με τον παλαιό κανονισμό, μία εποπτική τους παρουσίαση καθώς και η ένδειξη των συγκολλήσεων με τον ισχύοντα κανονισμό. Επισημαίνεται ότι για λόγους κόστους, η επιλογή μιας λυόμενης σύνδεσης της στεφάνης που έχει την οδόντωση με τον υπόλοιπο τροχό και όχι συγκολλητής όπως του σχήματος, είναι προτιμότερη μια και οποιαδήποτε φθορά ή αστοχία στην οδόντωση απαιτεί αντικατάσταση μόνον της στεφάνης και όχι όλου του τροχού.



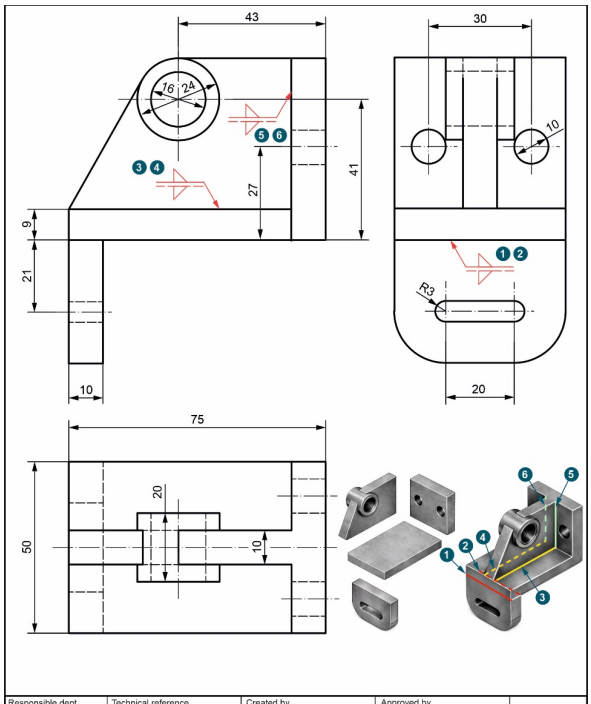
Παράδειγμα τοποθέτησης συμβόλων συγκόλλησης - 3



Responsible dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Θεοφανία Μακρή	

Document type	Document status
Κατασκευαστικό σχέδιο	
Title, Supplementary title: Τεμάχιο 1	Theo-obj-001

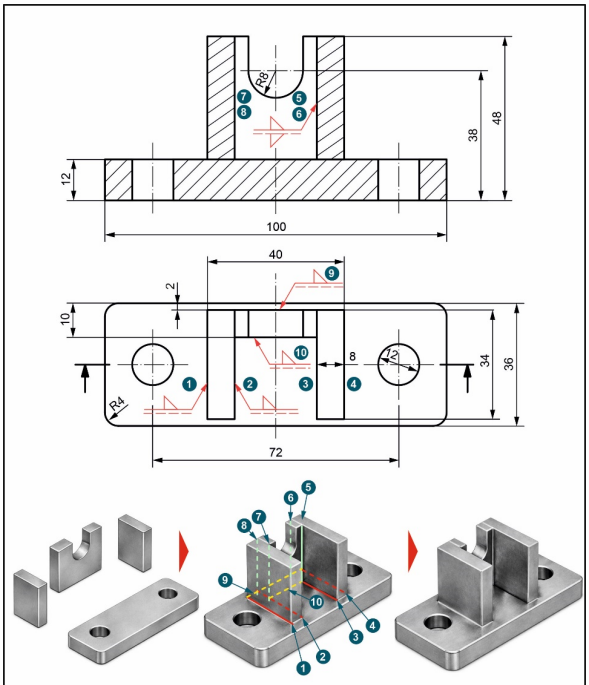
Rev.	Date of issue	Lang.	Sheet
A	10/2025	el	1/1



Responsible dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Θεοφανία Μακρή	

Document type	Document status
Κατασκευαστικό σχέδιο	
Title, Supplementary title: Τεμάχιο 6	Theo-obj-006

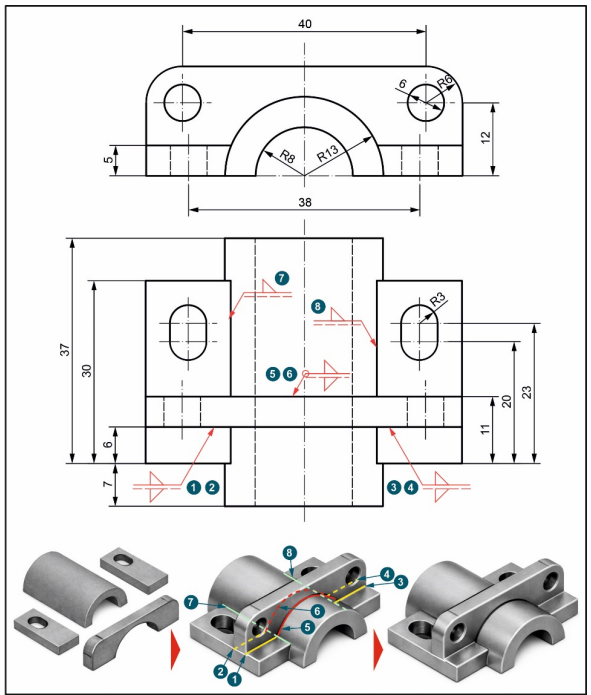
Rev.	Date of issue	Lang.	Sheet
A	10/2025	el	1/1



Responsible dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Θεοφανία Μακρή	

Document type	Document status
Κατασκευαστικό σχέδιο	
Title, Supplementary title: Τεμάχιο 7	Theo-obj-007

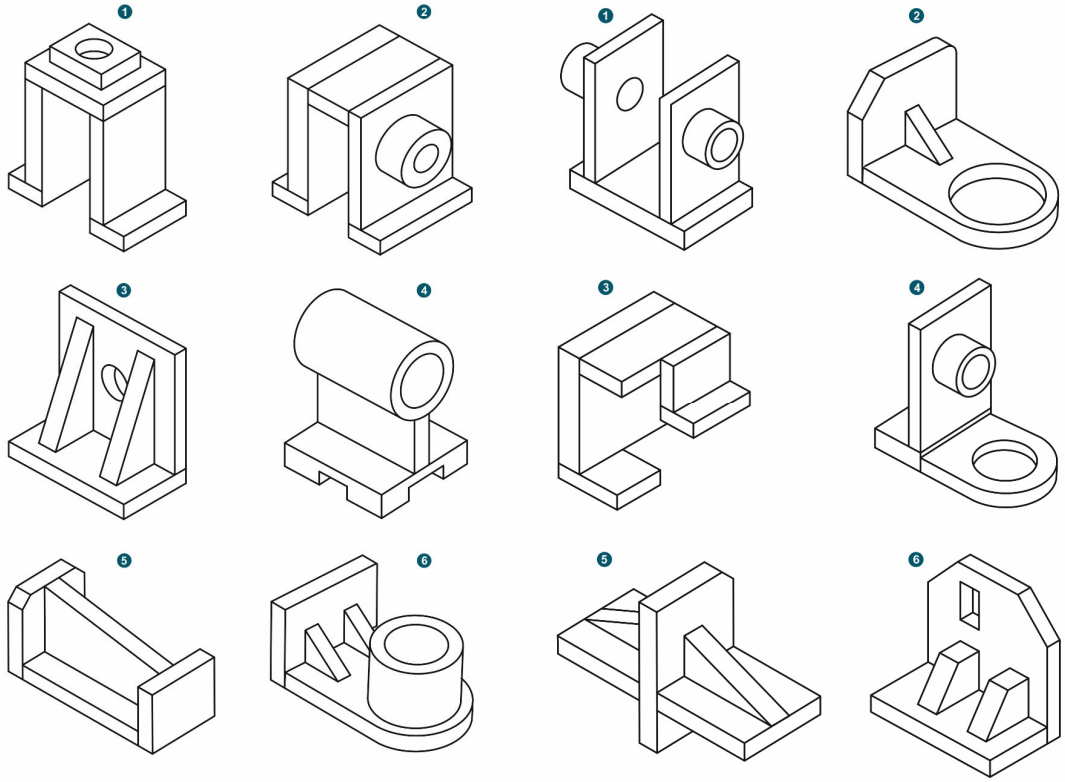
Rev.	Date of issue	Lang.	Sheet
A	10/2025	el	1/1



Responsible dept.	Technical reference	Created by	Approved by
		Θεοφανία Μακρή	

Document type	Document status
Κατασκευαστικό σχέδιο	
Title, Supplementary title: Τεμάχιο 15	Theo-obj-015

Rev.	Date of issue	Lang.	Sheet
A	10/2025	el	1/1



aantoniadis@tuc.gr