

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΩΝ Ι

Πάτρα, 2023

Συγκολλήσεις

Υπέρ και Κατά Συγκολλήσεων

Πλεονεκτήματα συγκολλητών συνδέσεων έναντι κυρίως ηλώσεων και κοχλιώσεων

1. Είναι ελαφρότερες.
2. Είναι πλέον κατάλληλες για κατασκευές που πρέπει να έχουν στεγανότητα.
3. Είναι αξιόπιστες κατασκευές. Αυτό οφείλεται στην πρόοδο παραγωγής καλών υλικών και την εξέλιξη των μεθόδων συγκόλλησης.
4. Έχουν μικρό κόστος και απαιτούν μικρό χρόνο κατασκευής.
5. Αν εκτελεσθούν με ορισμένες προϋποθέσεις έχουν καλή μηχανική αντοχή.
6. Δεν εξασθενούν τα υλικά, γιατί λείπουν οι τρύπες που κάνουμε στις ηλώσεις και κοχλιώσεις.
7. Παρουσιάζουν μικρό κίνδυνο οξείδωσης.

Μειονεκτήματα συγκολλητών συνδέσεων

1. Η ποιότητα της συγκόλλησης εξαρτάται από τη δεξιότητα του τεχνίτη.
2. Η τοπική μεταβολή της θερμοκρασίας προκαλεί στρεβλώσεις των κομματιών.
3. Στην περιοχή της συγκόλλησης δημιουργείται μεταβολή του ιστού που μπορεί να μειώσει την αντοχή.
4. Είναι δύσκολη η συγκόλληση μεγάλων κομματιών όταν αυτή γίνεται επί τόπου.
5. Δεν είναι δυνατή η συγκόλληση όλων των υλικών.

Κατηγορίες Συγκολλήσεων

- **Αυτογενείς συγκολλήσεις:** Στις αυτογενείς συγκολλήσεις απαιτείται τοπικά λιώσιμο των προς συγκόλληση τεμαχίων και τοποθέτηση ή όχι ενός συγκολλητικού μέσου (οξυγονοσυγκόλληση, ηλεκτροσυγκόλληση, συγκόλληση με αντίσταση, με Laser κ.λ.π.)
- **Ετερογενείς συγκολλήσεις:** Στις ετερογενείς συγκολλήσεις δε χρειάζεται τοπική τήξη των αντικειμένων, που θα συγκολληθούν, παρά μόνο θέρμανση και εναπόθεση λιωμένου συγκολλητικού υλικού (κασσιτεροκόλληση, μπруντζοκόλληση κ.λ.π.)

Συγκολλητικότητα Υλικών

Η συγκολλητικότητα των υλικών εξαρτάται από τη χημική τους σύνθεση και την κρυσταλλική τους δομή. Όσο λιγότερο άνθρακα έχει ένας χάλυβας, τόσο πιο μεγάλη συγκολλητικότητα έχει.

Εύκολη συγκόλληση:

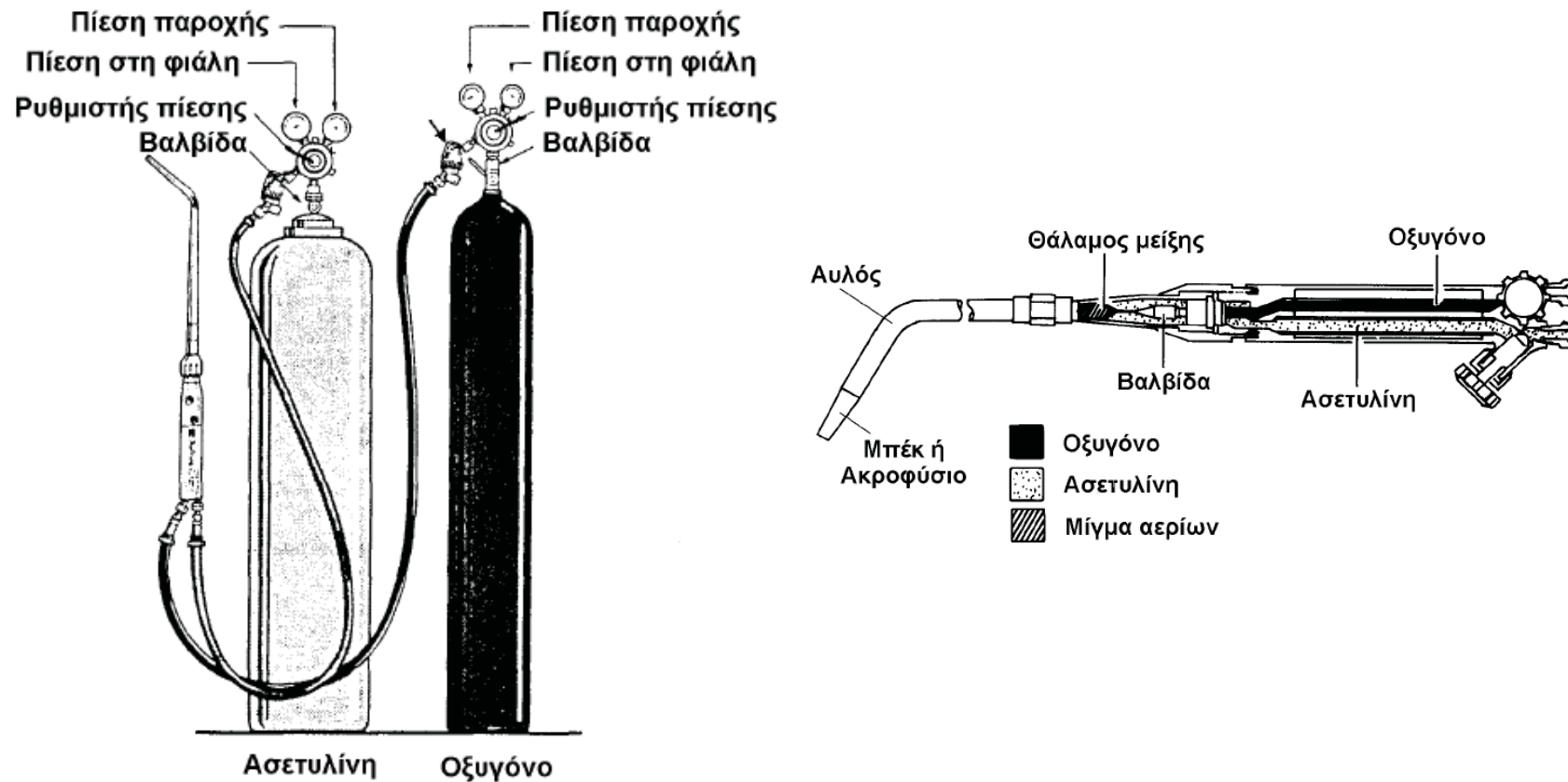
- Χάλυβες με ποσοστό άνθρακα 0.25% και κάτω.
- Χάλυβες με προσμείξεις Cu, Ni, Cr, Mo και V (εκτός αν όλες οι προσμείξεις ξεπερνάνε το 10%).
- Κράματα του χαλκού και του αλουμινίου.

Δύσκολη συγκόλληση:

- Χάλυβες με ποσοστό άνθρακα 0.25% και άνω. Απαιτείται προθέρμανση. Οι περιοχές της ραφής της συγκόλλησης υφίστανται βαφή και ψαθυροποιούνται.
- Χάλυβες με μεγάλη περιεκτικότητα σε Si, Mn, S και P.
- Κράματα του αλουμινίου με πάνω από 5% μαγνήσιο.
- Ορείχαλκοι με υψηλό ποσοστό ψευδαργύρου.

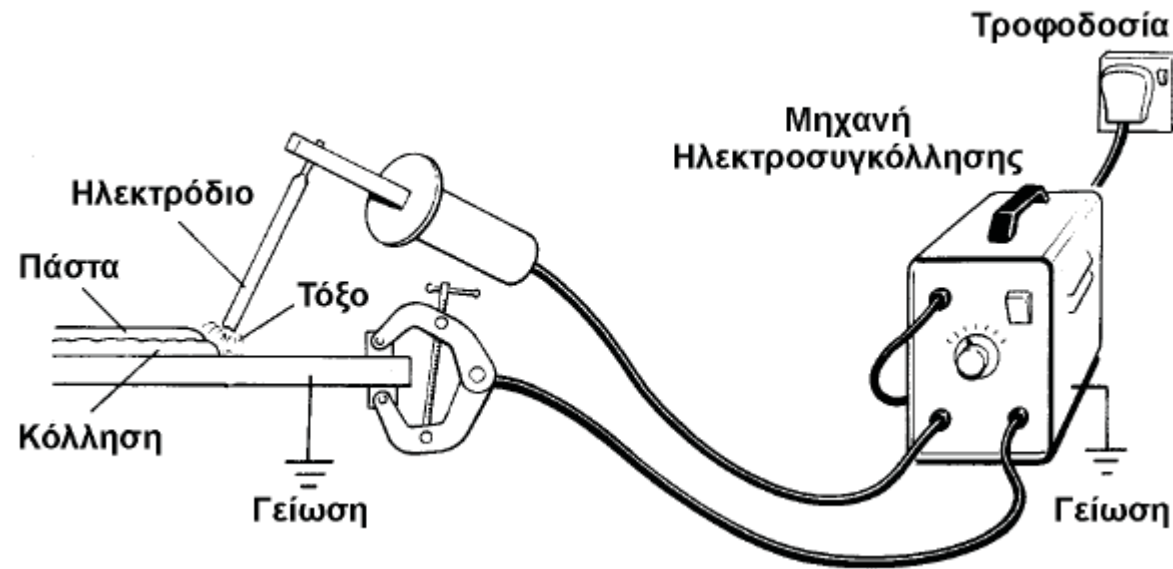
Οξυγονοκόλληση

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).



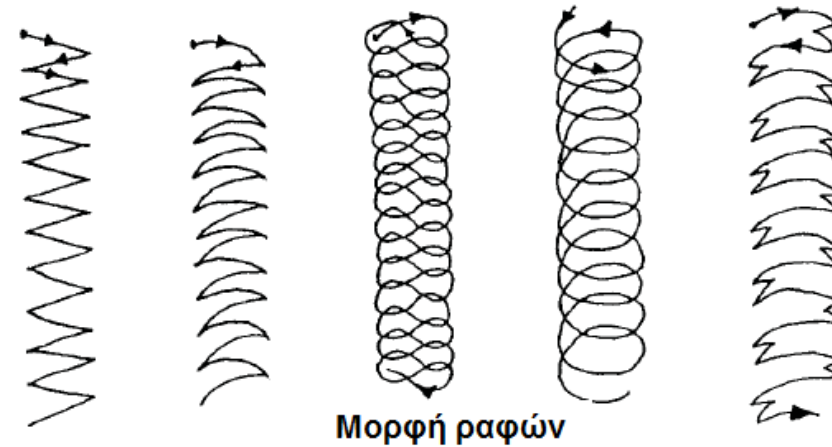
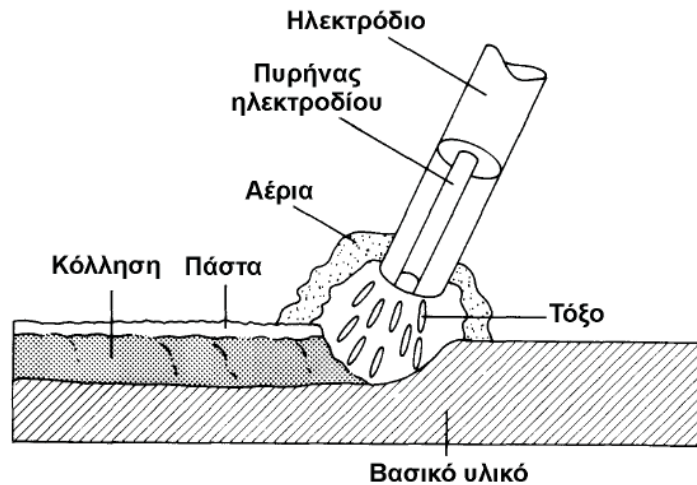
Ηλεκτροσυγκόλληση

Η ηλεκτροσυγκόλληση πραγματοποιείται με ηλεκτρικό τόξο ανάμεσα στο κομμάτι και σε ηλεκτρόδιο (συγκολλητικό μέσο). Για να γίνει αυτό, το ηλεκτρόδιο και το κομμάτι συνδέονται με τους ακροδέκτες γεννήτριας ηλεκτρικού ρεύματος.



...Ηλεκτροσυγκόλληση

Το τόξο λειώνει το μέταλλο σχηματίζοντας ένα κρατήρα που γεμίζει με το τηγμένο υλικό του ηλεκτροδίου (ραφή).



Το ηλεκτρόδιο φέρει χημική πάστα η οποία:

- Κάνει το τόξο σταθερό χωρίς διακοπές
- Αυξάνει τη δύναμη του τόξου
- Παράγει αέριο που κρατάει το οξυγόνο και το άζωτο της ατμόσφαιρας μακριά από το μέταλλο (προστασία από οξείδωση).
- Παράγει κρούστα στην επιφάνεια που μαζεύει τις ακαθαρσίες του λειωμένου μετάλλου και παράλληλα αποτρέπεται η βαφή

Ηλεκτροσυγκόλληση σε Αδρανή Ατμόσφαιρα

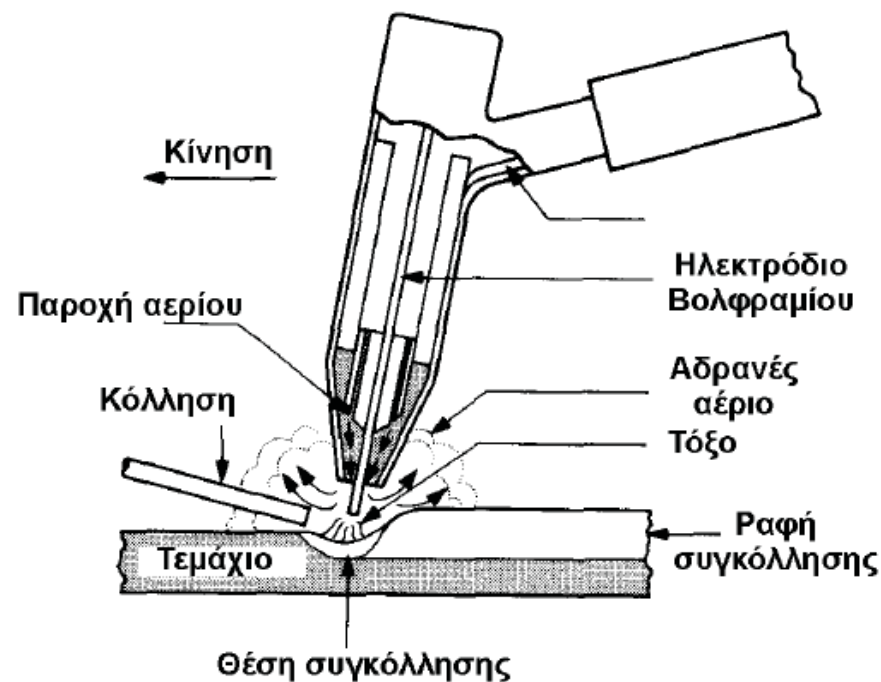
Οι συγκολλήσεις με αδρανή ατμόσφαιρα εξασφαλίζουν τη μόνωση της θέσης συγκόλλησης από το Οξυγόνο και το άζωτο που επηρεάζουν τη συγκόλληση. Για τη μόνωση αυτή χρησιμοποιούνται τα αέρια Αργό (Ar) και Ήλιο (He).

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου σε σχέση με την απλή ηλεκτροσυγκόλληση είναι:

- Σταθερό ηλεκτρικό τόξο και εύκολη συγκόλληση
- Ραφές συγκόλλησης με υψηλή μηχανική αντοχή
- Μικρές παραμορφώσεις λόγω θέρμανσης
- Απουσία επιβλαβών αναθυμιάσεων

...Ηλεκτροσυγκόλληση σε Αδρανή Ατμόσφαιρα

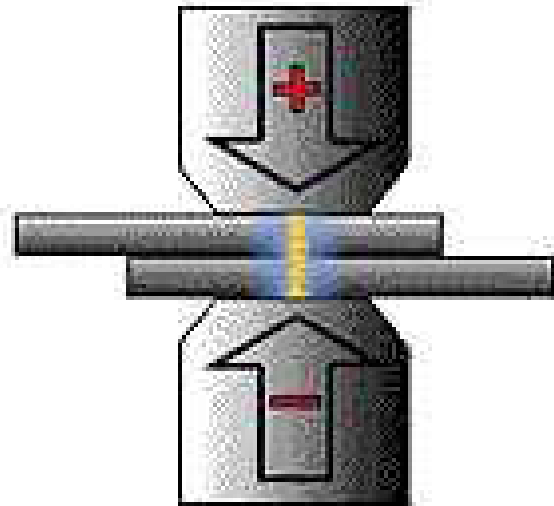
Μέθοδος T.I.G. (Tungsten Inert Gas): Το ηλεκτρόδιο είναι από Βολφράμιο (W). Το ηλεκτρόδιο συμμετέχει στη συγκόλληση μόνο για να διατηρεί το ηλεκτρικό τόξο.



Μέθοδος M.I.G. (Metal Inert Gas): Το ηλεκτρόδιο αποτελεί και το συγκολλητικό υλικό.

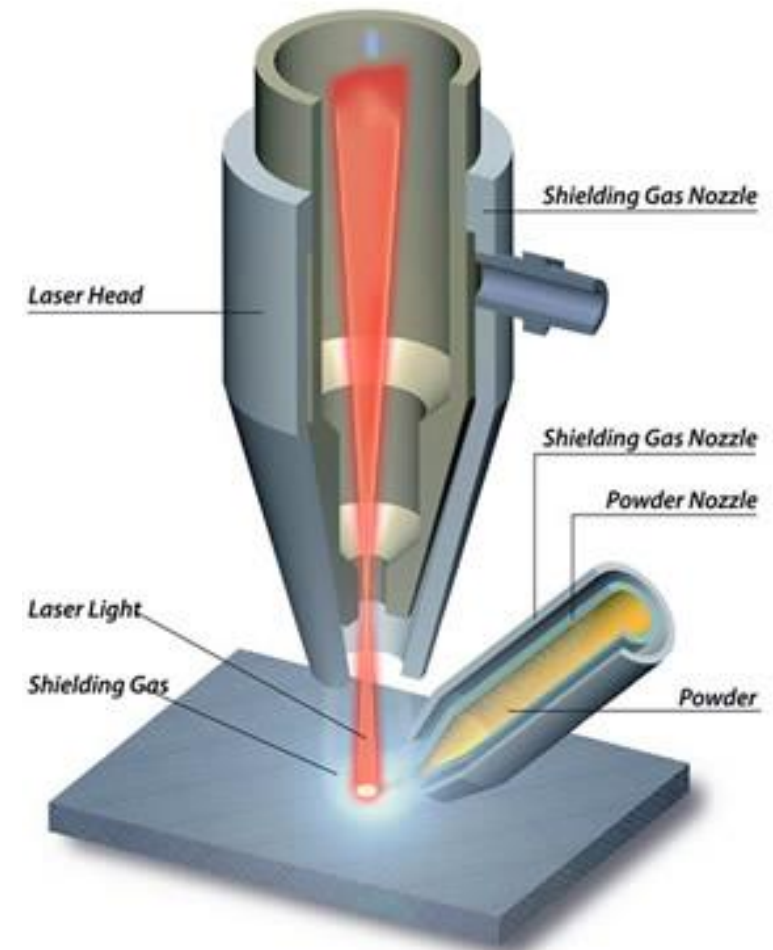
Ηλεκτροσυγκόλληση με Αντίσταση

Δε χρησιμοποιεί συγκολλητικό υλικό (αυτογενής συγκόλληση). Τα τεμάχια που πρόκειται να συγκολληθούν θερμαίνονται συμπιεζόμενα μεταξύ δύο ηλεκτροδίων και συγκολλώνται.



Συγκόλληση με Lazer

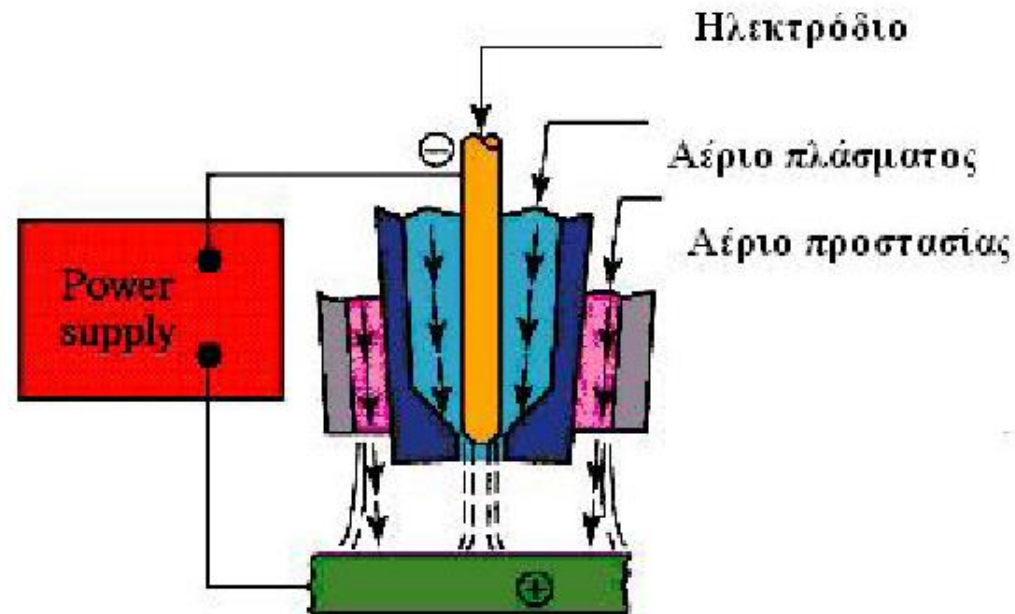
Η συγκόλληση αυτή επιτυγχάνεται μέσω της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται, όταν μία δέσμη ακτίνων Laser προσπίπτει πάνω στα τεμάχια που πρόκειται να συγκολληθούν. Τα προς συγκόλληση μεταλλικά τεμάχια βομβαρδίζονται στα σημεία συγκόλλησής τους από ισχυρή δέσμη ακτινών φωτός (γνωστές ως ακτίνες λέιζερ), με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται σ' αυτά τα σημεία υψηλή θερμοκρασία. Η θερμοκρασία αυτή φτάνει μέχρι του σημείου σύντηξης των μετάλλων στα σημεία συγκόλλησης.



(Picture: non-coaxial powder feed)

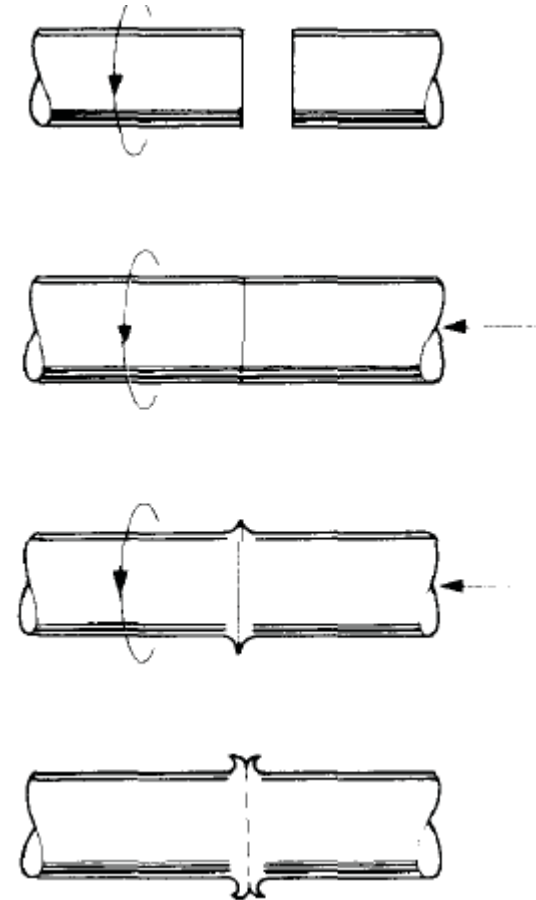
Συγκόλληση με Πλάσμα

Ηλεκτρικό τόξο δημιουργείται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων τα οποία ψύχονται εσωτερικά με νερό. Στο χώρο μεταξύ αυτών των ηλεκτροδίων διοχετεύεται η κύρια παροχή αερίου (αργό-άζωτο). Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μία δέσμη αερίου υψηλής θερμοκρασίας σε κατάσταση ιονισμού. Το ηλεκτρόδιο περιβάλλεται από ένα κέλυφος ηλεκτρικά μονωμένο. Το μέταλλο ερχόμενο σε επαφή με την κύρια δέσμη του ιονισμένου αερίου τήκεται, ιονίζεται και εκτοξεύεται με μεγάλη ταχύτητα από το στόμιο του όπλου.



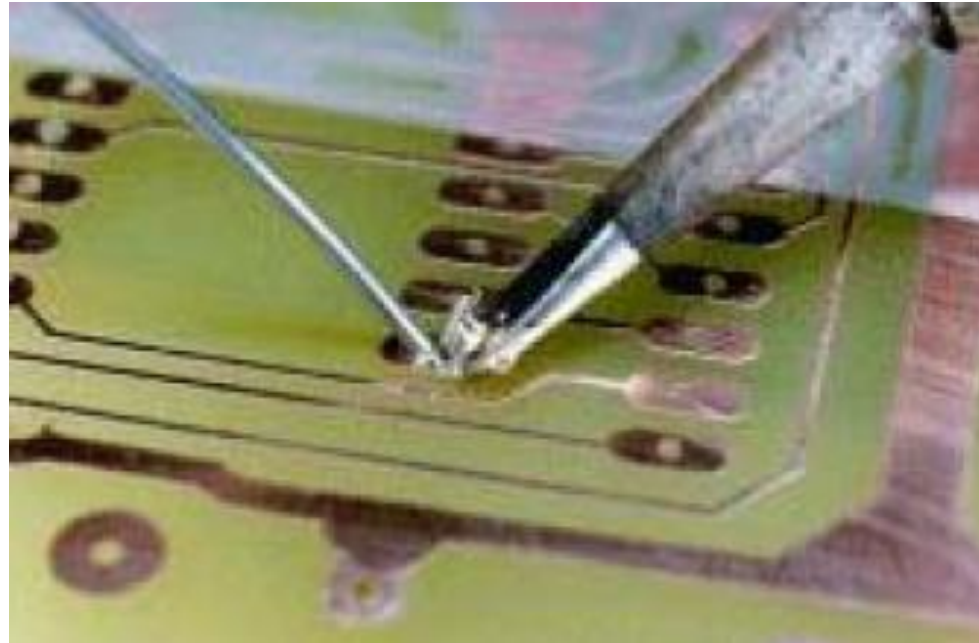
Συγκόλληση με Τριβή

Στη συγκόλληση με τριβή δύο τεμάχια συγκολλώνται με τη βοήθεια της θερμότητας, που παράγεται από την τριβή του ενός πάνω στο άλλο. Στην πράξη, το ένα από τα δύο τεμάχια περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα και συμπιέζεται πάνω στο τεμάχιο που θα συγκολληθεί.



Ετερογενείς Συγκολλήσεις

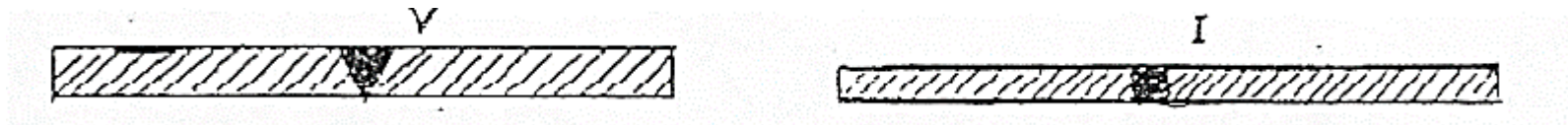
Χρησιμοποιείται ξεχωριστό συγκολλητικό υλικό. Η θερμότητα, που χρειάζεται για να λιώσει το συγκολλητικό υλικό, παρέχεται από καμινέτο ή κολλητήρι ή άλλες πηγές (κασσιτεροκόλληση, μολυβδοκόλληση, μπρουτζοκόλληση, ασημοκόλληση)



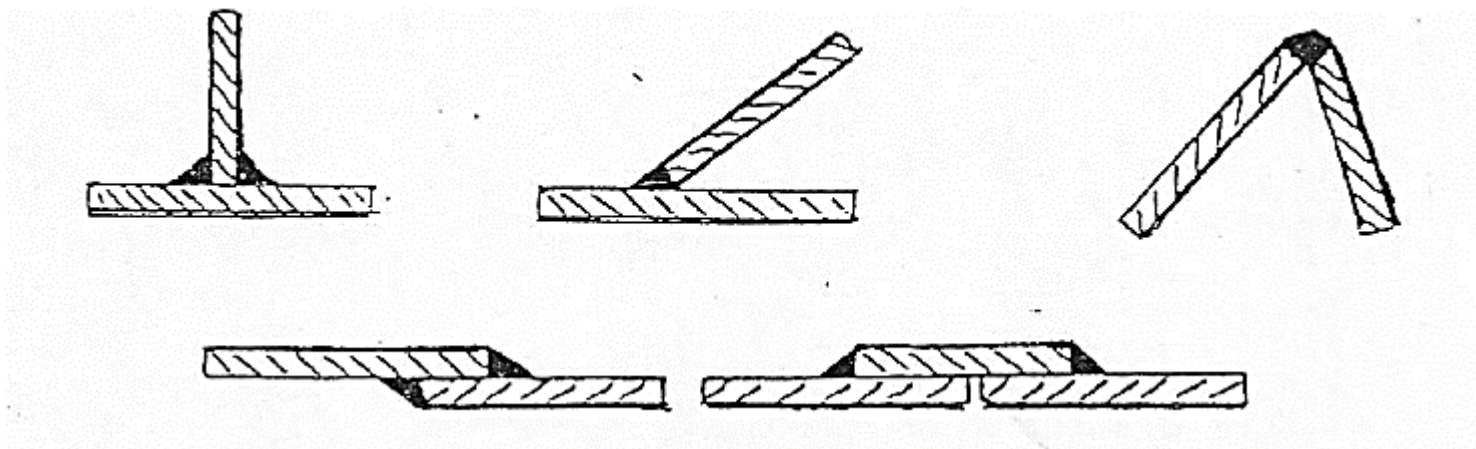
Κατηγορίες ραφών τήξεως

Οι βασικές κατηγορίες των ραφών των συγκολλήσεων τήξεως είναι:

α) Οι εσωρραφές: σε αυτές τα στοιχεία που συγκολλούνται βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο.



β) Οι εξωρραφές: σε αυτές τα στοιχεία που συγκολλούνται μπορούν να είναι παράλληλα, κάθετα ή υπό γωνία.



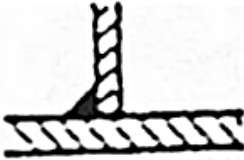
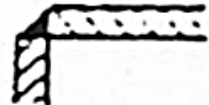
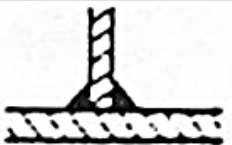
Τύποι εσωρραφών τήξεως

Όνομα ραφής	Συμβολισμός	Διαμόρφωση άκρων	Μορφή ραφής	Όνομα ραφής	Συμβολισμός	Διαμόρφωση άκρων	Μορφή ραφής
Ραφή με χείλια				Ραφή διπλού U			
Ραφή I				Ραφή μισού V ή HV			
Ραφή V				Ραφή K			
Ραφή απότομων πλευρών				Ραφή μισού Y ή HY			
Ραφή X				Ραφή στενού K			
Ραφή Y				Ραφή J			
Ραφή διπλού Y				Ραφή διπλού J			
Ραφή U							

Ισχύουν τα εξής:

1. Οι ραφές με αναδιπλωμένες ακμές είναι μάλλον πρόχειρες συγκολλήσεις για ελάσματα με πολύ μικρό πάχος και χρησιμοποιούνται κυρίως στη σύνδεση ελασμάτων επικάλυψης, επενδύσεως. Οι αναδιπλωμένες ακμές μετά τη συγκόλληση λειώνουν και κατεβαίνουν στο επίπεδο των ελασμάτων.
2. Οι ραφές τύπου (I) είναι απλές και οι μόνες, που δεν απαιτούν μηχανική προκατεργασία, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε στοιχεία με περιορισμένο πάχος και δεν έχουν υψηλή αντοχή.
3. Οι ραφές τύπου (V) χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση στοιχείων με μέτριο πάχος.
4. Οι ραφές τύπου (X) συνδέουν στοιχεία με μεγάλο πάχος αλλά απαιτούν αρκετή μηχανική προεργασία.
5. Οι ραφές τύπου (Y) όπως οι ραφές (V) χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση στοιχείων με μέτριο πάχος.
6. Οι ραφές τύπου (U&Y) χρησιμοποιούνται κυρίως όταν τα στοιχεία έχουν σχετικά μεγάλο πάχος και δεν μπορεί να εκτελεστεί η ραφή τύπου (X) διότι η μια πλευρά της ραφής είναι απρόσιτη. Η δε μηχανική προκατεργασία των ελασμάτων είναι δυσκολότερη κι έχει υψηλό κόστος κατασκευής.
7. Οι διπλές ραφές τύπου (V&U) χρησιμοποιούνται σε στοιχεία μεγάλου πάχους.
8. Οι ραφές τύπου (HV) χρησιμοποιούνται σε στοιχεία με μέτριο πάχος όταν στο ένα από αυτά δεν μπορεί να γίνει μηχανική κατεργασία.
9. Οι ραφές τύπου (K) και οι διπλές ραφές τύπου (J) χρησιμοποιούνται σε στοιχεία με μεγάλο πάχος όταν στο ένα από αυτά δεν μπορεί να γίνει μηχανική 17 προκατεργασία.

Τύποι εξωρραφών τήξεως

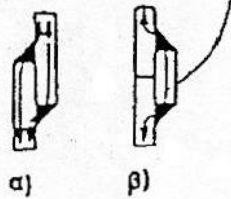
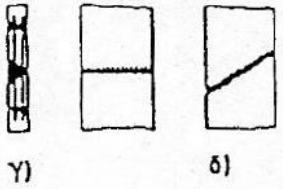
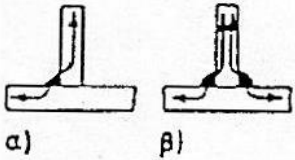
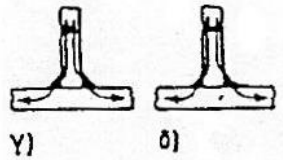
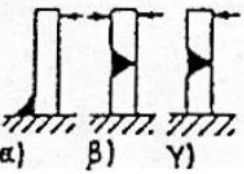
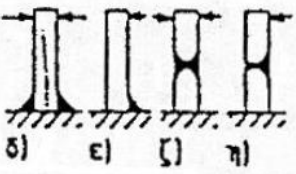
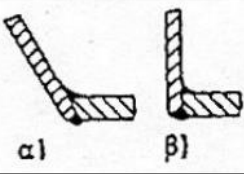
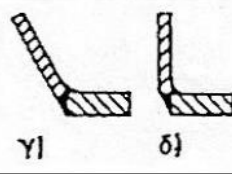
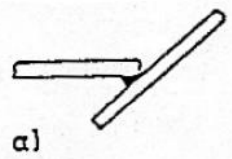
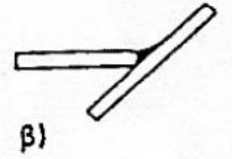
Ονομασία	Συμβολισμός/Τομή		Ονομασία	Συμβολισμός/Τομή	
Απλή εξωρραφή			Γωνιακή εξωρραφή		
Κυρτή εξωρραφή			Επίπεδη εξωρραφή		
Κοίλη εξωρραφή			Επίπεδη ραφή		
Διπλή εξωρραφή			Ραφή αρμού		

...Τύποι εξωραφών τήξεως

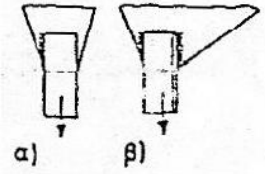
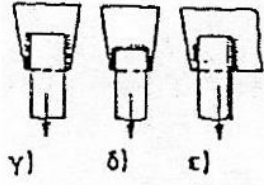
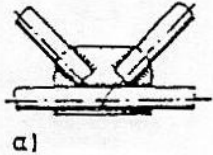
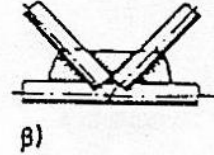
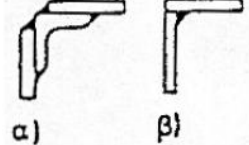
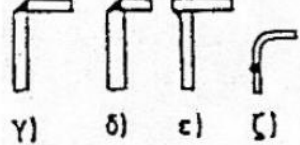
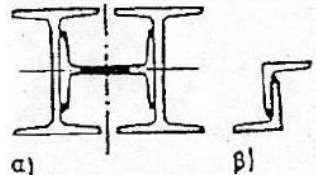
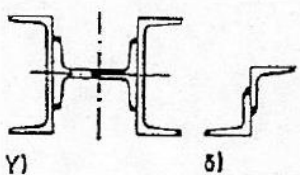
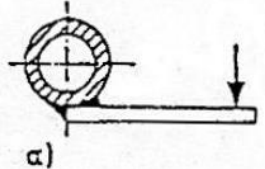
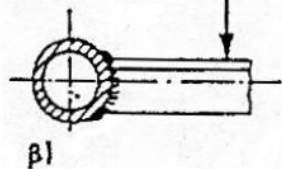
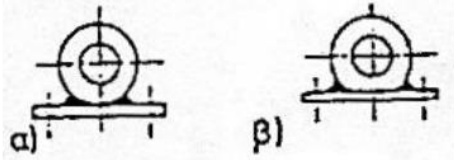
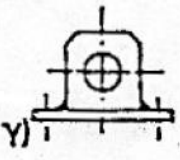
Ονομασία	Σύμβολο	Μορφή συγκολλήσεως
Επίπεδη ραφή κατά μέτωπο (σόκαρο)	W	
Επίπεδη ραφή εσωτερικής γωνίας		
Επίπεδη ραφή εξωτερικής γωνίας		
Οριζόντια ραφή εσωτερικής γωνίας	h	
Οριζόντια ραφή εξωτερικής γωνίας		

Ανεβατή ραφή ραφή κατά μέτωπο και εσωτερικής γωνίας	s	
Κατεβατή ραφή κατά μέτωπο και εσωτερικής γωνίας	f	
Κάθετη ραφή	q	
Ραφή ουρανού κατά μέτωπο	ü	
Ραφή ουρανού εσωτερικής γωνίας		

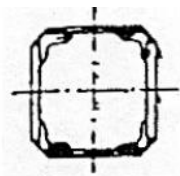
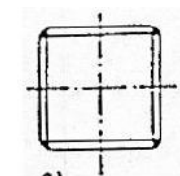
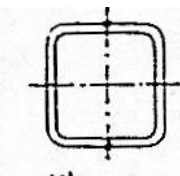
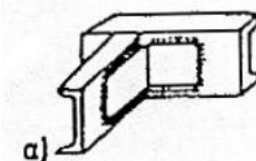
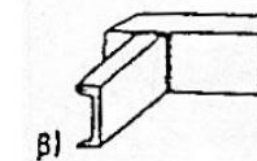
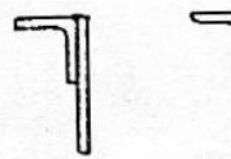
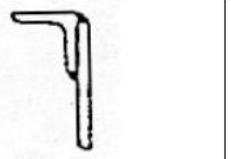
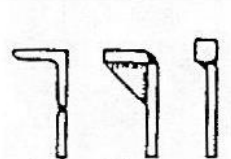
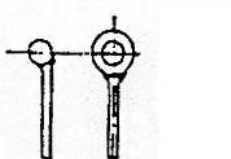
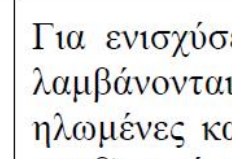
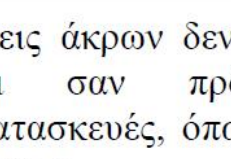
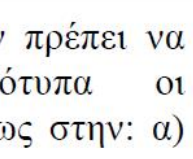
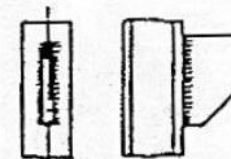
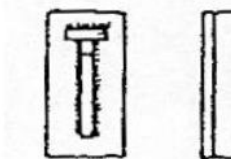
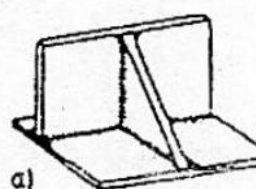
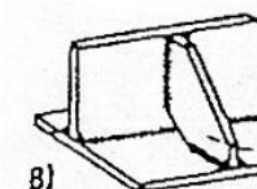
Καλές πρακτικές δημιουργίας ραφών

α/ α	Ελαττωματικές Κατασκευές	Βελτιωμένες κατασκευές	Παρατηρήσεις
1	 α) β)	 γ) δ)	Οι εσωρραφές είναι γενικά προτιμότερες από τις εξωρραφές λόγω ευνοϊκότερης ροής δυνάμεως.
2	 α) β)	 γ) δ)	Οι εξωρραφές πρέπει να γίνονται κατά το δυνατό διπλές και κατά προτίμηση κοίλες, λόγω ευνοϊκότερης ροής δύναμης και προτιμούνται σε δυναμική καταπόνηση.
3	 α) β) γ)	 δ) ε) ζ) η)	Η ρίζα της ραφής δεν πρέπει να καταπονείται εφελκυστικά.
4	 α) β)	 γ) δ)	Μείωση κόστους με τον περιορισμό ή την απλοποίηση κατά το δυνατό των μηχανικών προκατεργασιών.
5	 α)	 β)	Η θέση της ραφής πρέπει να είναι εύκολα προσιτή για την καλή εκτέλεση της συγκόλλησης.

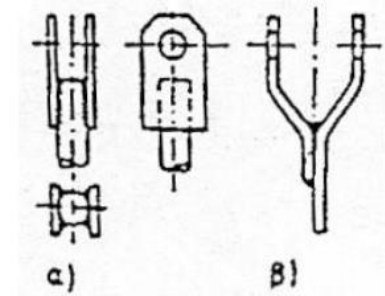
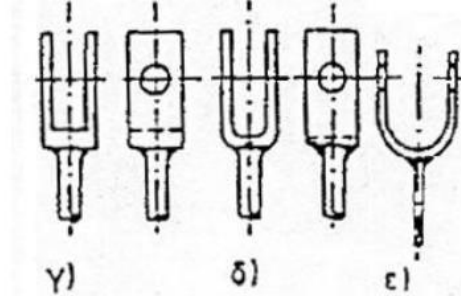
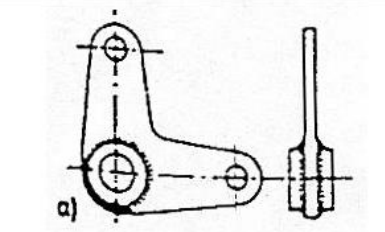
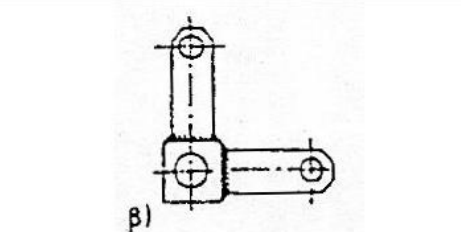
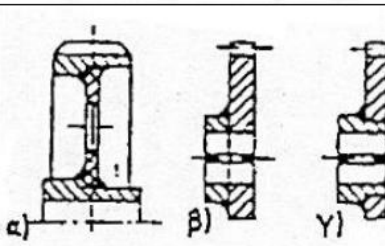
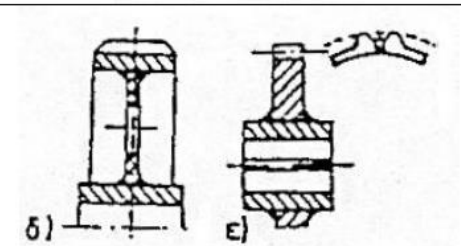
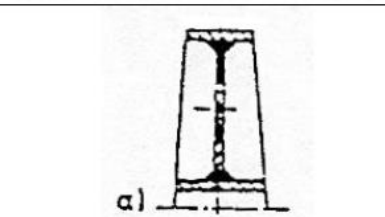
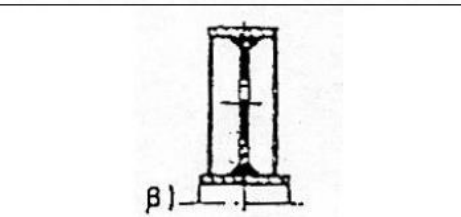
...Καλές πρακτικές δημιουργίας ραφών

6			Οι δοκοί των σιδηρών κατασκευών πρέπει να συγκολλούνται με τέτοιο τρόπο ώστε η κατανομή των τάσεων να κατανέμεται σε όλη την επιφάνεια της ραφής ισομερώς.
7			Η σύνδεση των δοκών πρέπει να γίνεται απευθείας και όχι μέσω πλακών όπως στις ηλώσεις.
8			Δυσπρόσιτες συγκολλήσεις δεν εκτελούνται σωστά και γι' αυτό το λόγο έχουν μειωμένη αντοχή.
9			
10			
11			

...Καλές πρακτικές δημιουργίας ραφών

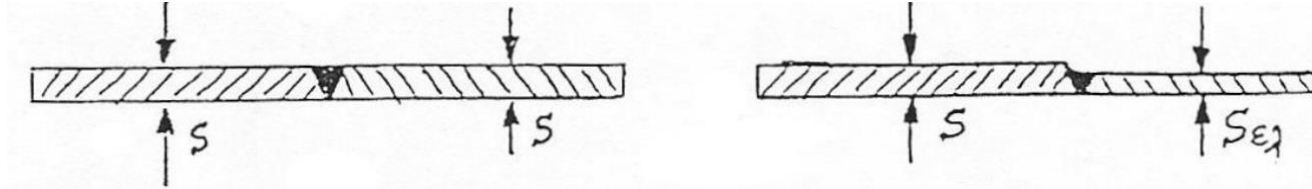
12	 α)	 β)	 γ)	Στην: (α) έχουμε πολλές ραφές. Κατασκευή πολύ ακριβή, για χοντρά ελάσματα, η (β) είναι συμφερότερη ενώ για λεπτά η (γ).				
13	 α)	 β)		Να προτιμούνται συνεχεία ραφές περιφερειακά για τις γωνιακές συνδέσεις.				
14	 α)	 β)	 γ)	 δ)	 ε)	 ζ)	 η)	Για ενισχύσεις άκρων δεν πρέπει να λαμβάνονται σαν πρότυπα οι ηλωμένες κατασκευές, όπως στην: α) και β) περίπτωση.
15	 α)	 β)						Πρέπει να ενισχύεται η θέση της ραφής όπου αναπτύσσονται εφελκυστικές και καμπτικές τάσεις.
16	 α)	 β)						Αποφυγή σύμπτωσης πολλών ραφών σε ένα σημείο.

...Καλές πρακτικές δημιουργίας ραφών

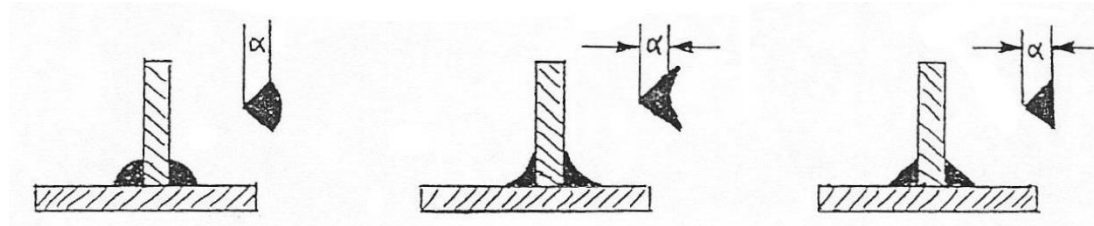
17			Στις κατασκευές διχάλων στο α) και β) δεν είναι προσιτές οι συγκολλήσεις.
18			Η κατασκευή του γωνιακού μοχλού β) είναι οικονομικότερη και πιο απλή.
19			Στην κατασκευή οδοντωτού τροχού όταν χρησιμοποιούνται ιδιοσυσκευές, μπορούν να περιοριστούν οι μηχανικές προκατεργασίες.
20			Στις τροχαλίες δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται πλάγια νεύρα στο β) περιορίζονται οι μηχανικές προεργασίες και μειώνεται το βάρος.

Πάχος ραφών

- Το πάχος (α) των εσωραφών παίρνει την τιμή του πάχους (S) των συγκολλούμενων στοιχείων όταν αυτά έχουν το ίδιο πάχος ή το πάχος $S_{ελ}$ του λεπτότερου στοιχείου όταν αυτά έχουν άνισο πάχος.



- Το πάχος των εξωραφών παίρνει την τιμή του ύψους ενός ιδεατού ισοσκελούς τριγώνου που μπορεί να εγγραφεί στην εγκάρσια διατομή της ραφής. Το μέγιστο πάχος της εξωραφής πρέπει να είναι:



$$3 \text{ (mm)} < \alpha < 0,7 \cdot S_{ελ} \text{ (mm)}$$

- Όταν μια συγκόλληση εκτελεστεί από ειδικευμένο τεχνίτη και με υλικό άριστης ποιότητας μπορεί σαν απλή ραφή να έχει πάχος.

$$3 \text{ (mm)} < \alpha < 10 \text{ mm.}$$

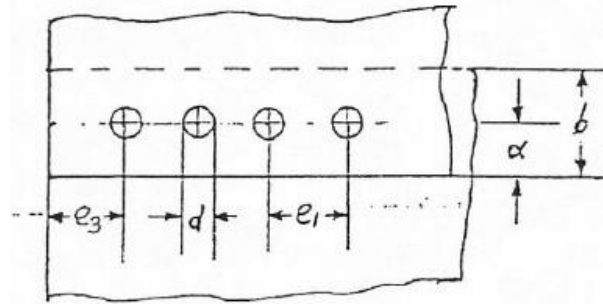
- Κατά τον υπολογισμό μελέτης πρέπει να εκλέγονται τυποποιημένα πάχη απλών ή πολλαπλών ραφών αυτά είναι:

Τυποποιημένα πάχη απλών και πολλαπλών ραφών σε (mm).

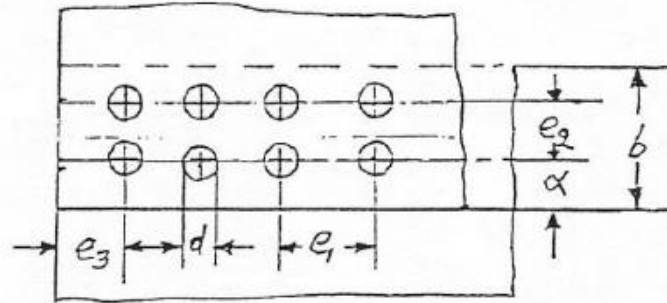
$\alpha = 3 - 3,5 - 4 - 4,5 - 5 - 5,5 - 6 - 6,5 - 7 - 8 - 9 - 10$ κλπ.

Σημειακές συγκολλήσεις (πονταρίσματα)

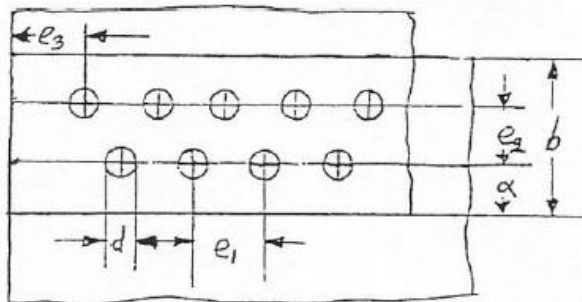
- Απλές ραφές: αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν σαν φέρουσες συνδέσεις ή σαν συνδέσεις επικαλύψεως.



- Διπλές ή πολλαπλές ραφές: αυτές χρησιμοποιούνται σαν φέρουσες συνδέσεις.



- Μετατοπισμένες διπλές ή πολλαπλές ραφές: αυτές χρησιμοποιούνται σαν φέρουσες και στεγανές συνδέσεις, κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι εξασφαλίζουν πλήρη στεγανότητα.



Συστάσεις για σημειακή συγκόλληση (ποντάρισμα)

Συστάσεις για την εκλογή των διαστάσεων των σημειακών συγκολλήσεων

Πάχος S σε (mm) των συνδεόμενων ελασμάτων	0,5 έως 1	1 έως 1,5	1,5 έως 2	2 έως 3	2 έως 5
Διάμετρος d σε (mm) του σημείου συγκόλλησης	4 έως 8	6 έως 10	8 έως 10	10 έως 12	10 έως 14

Οι αποστάσεις των συγκολλήσεων πίεσης μεταξύ:
(βλέπε τα πιο πάνω σχήματα).

i) των σημείων ραφής:

$$e_1 = (3 \text{ έως } 6) d$$

ii) των σειρών των σημείων ραφής:

$$\begin{aligned} e_2 &= 2,5 d && \text{για διπλή ραφή} \\ e_2 &= 0,7 e_1 && \text{για μετατοπισμένη διπλή ραφή} \end{aligned}$$

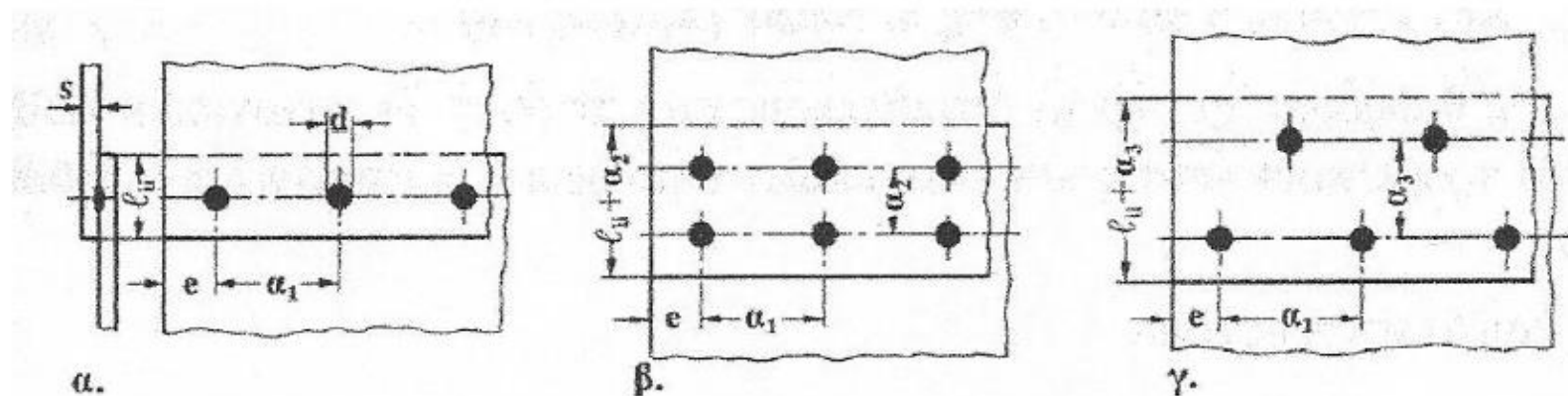
iii) από τα άκρα των ελασμάτων:

$$\begin{aligned} e_3 &= (2,5 \text{ έως } 4,5) d \\ a &= (2 \text{ έως } 4) d \\ b &= \Sigma e_2 + 2a \end{aligned}$$

...Συστάσεις για σημειακή συγκόλληση (ποντάρισμα)

Πάχος ελάσματος s	Απόσταση σημείων a_1		Απόσταση σειρών σε		Ελάχιστη επικάλυψη ℓ_{ii}	Διάμετρος σημείου d
	ελάχιστη	συνήθης	ραφή αλυσίδας a_2	ραφή ζικ-ζακ a_3		
0,5	10	20	8	12	12	3
1,0	12	25	10	15	14	4
1,5	15	30	12	20	16	5
2,0	18	36	15	24	18	6
3,0	24	45	20	32	22	8
4,0	30	55	25	38	26	10
5,0	36	65	30	45	30	12
6,0	42	75	35	52	35	14

Απόσταση από άκρο: $e \approx 2 \cdot d$



Διαστάσεις και διαμόρφωση των συνδέσεων σε συγκολλήσεις σημείων. α. ραφή εν σειρά, β. ραφή αλυσίδας, γ. ραφή ζικ-ζακ. Διαστάσεις σε mm.

Επιτρεπόμενες τάσεις για ραφές συγκόλλησης σε MPa (N/mm²)

Σε σιδηροκατασκευές (DIN 4100)			Είδος χάλυβα					
			St 37 φόρτιση		St 52 φόρτιση			
Είδος ραφής	Ποιότητα ραφής	Είδος τάσης	H*	HZ**	H	HZ		
-μετωπική ραφή -K-ραφή με διπλή Γωνιακή ραφή	Όλες οι ποιότητες ραφών	Θλίψη και θλίψη από κάμψη	160	180	240	270		
-HV-ραφή με Γωνιακή ραφή -DHY-ραφή με διπλή γωνιακή ραφή	Αποδειγμένα απηλλαγμένη από ρωγμές και χωρίς ελαττώματα στη ρίζα	Εφελκυσμός και εφελκυσμός από κάμψη κάθετα προς τη διεύθυνση της ραφής	160	180	240	270		
	Μη αποδειγμένη ποιότητα ραφής		135	150	170	190		
-HY-ραφή με γωνιακή ραφή -γωνιακή ραφή	Όλες οι ποιότητες ραφών	Θλίψη και θλίψη από κάμψη, εφελκυσμός και εφελκυσμός από κάμψη, ισοδύναμη τάση	135	150	170	190		
-όλα τα είδη των ραφών		Διάτμηση	135	150	170	190		
Σε κατασκευές γερανών (DIN 15018)			St 37		St 46		St 52	
			H	HZ	H	HZ	H	HZ
-μετωπική ραφή -K-ραφή	Ειδική ποιότητα	Εφελκυσμός και εφελκυσμός από κάμψη κάθετα προς τη διεύθυνση της ραφής	160	180	195	220	240	270
-K-ραφή	Κανονική ποιότητα		140	160	170	195	210	240
-γωνιακή ραφή	Όλες οι ποιότητες		113	127	138	156	170	191
-όλα τα είδη των ραφών	Όλες οι ποιότητες	Ισοδύναμη τάση	160	180	195	220	240	270
-μετωπική ραφή -K-ραφή		Θλίψη και θλίψη από κάμψη κάθετα προς τη διεύθυνση της ραφής	160	180	195	220	240	270
-γωνιακή ραφή			130	145	160	180	195	220
-όλα τα είδη των ραφών		Διάτμηση	113	127	138	156	170	191

- Περίπτωση φόρτισης H: άθροισμα των κύριων φορτίων που αποτελούνται από το μόνιμο φορτίο (π.χ. ίδιο βάρος), το φορτίο μεταφοράς (π.χ. φορτία γερανών, φορτία χιονιού, οχήματα σε γέφυρες, υλικά αποθήκευσης) και τις μαζικές δυνάμεις των μηχανών (π.χ. δυνάμεις επιτάχυνσης).

** Περιπτώσεις φόρτισης HZ: άθροισμα των κύριων και πρόσθετων φορτίων. Πρόσθετα φορτία είναι π.χ. δυνάμεις προερχόμενες από την επίδραση του αέρα, δυνάμεις πέδησης (π.χ. σε τροχιές γερανών), επιδράσεις θερμότητας κ.ά.

Ενδεικτικές τιμές για επιτρεπόμενες τάσεις σε N/mm² στις ραφές συγκόλλησης και τις διατομές S σύνδεσης (με συγκόλληση) μηχανολογικών τεμαχίων

Ραφές συγκόλλησης								
Είδος ραφής	Είδος τάσης	Ομάδα αξιολόγησης(1)	Περίπτωση φόρτισης					
			Στατική		Επαναλαμβανόμενη		Αντιστρεφόμενη	
			Υλικό του τεμαχίου					
			S235 (St 37)	S355 (St 52)	S235 (St 37)	S355 (St 52)	S235 (St 37)	S355 (St 52)
Μετωπική ραφή με στρώση κάτω	Εφελκυσμός θλίψη, κάμψη	B	160	220	110	130	55	65
		C	130	175	85	105	45	50
		D	110	155	75	90	40	45
	Διάτμηση	B	100	140	70	80	35	40
		C	80	110	55	65	30	32
		D	70	100	50	55	25	28
Μετωπική ραφή χωρίς στρώση κάτω	Εφελκυσμός, θλίψη, κάμψη	B	140	180	985	100	45	50
		C	110	145	75	80	35	40
		D	100	125	65	70	32	35
	Διάτμηση	B	90	110	60	70	30	35
		C	70	85	50	55	25	30
		D	60	75	40	50	20	25
Γωνιακή ραφή επίπεδη	Κάθε είδους τάση	B	90	110	60	70	30	35
		C	70	85	50	55	25	30
		D	60	75	40	50	20	25
Γωνιακή ραφή κοίλη	Κάθε είδους τάση	B	120	150	75	90	40	45
		C	95	120	60	70	30	35
		D	85	100	50	60	25	30
Διπλή γωνιακή επίπεδη ραφή και συνεχής γωνιακή ραφή	Κάθε είδους τάση	B	140	190	90	120	50	55
		C	110	150	70	95	40	45
		D	100	130	60	85	35	40
Διατομές S σύνδεσης τεμαχίων								
Στη γωνιακή ραφή	Εφελκυσμός, θλίψη	B	180	220	120	140	60	75
		C	145	175	95	110	50	60
		D	125	155	85	100	40	50
	Κάμψη	B	240	280	155	180	75	95
		C	190	220	125	145	60	75
		D	170	190	110	125	50	65
	Διάτμηση στρέψη	B	125	155	85	100	50	65
		C	100	125	70	80	40	50
		D	85	110	60	70	35	45

B για υψηλή, C για μέση και D για χαμηλή καταπόνηση.

Ενδεικτικές τιμές για επιτρεπόμενες τάσεις σε N/mm² στις ραφές συγκόλλησης και τις διατομές S σύνδεσης (με συγκόλληση) μηχανολογικών τεμαχίων

Ραφές συγκόλλησης								
Είδος ραφής	Είδος τάσης	Ομάδα αξιολόγησης(1)	Περίπτωση φόρτισης					
			Στατική		Επαναλαμβανόμενη		Αντιστρεφόμενη	
			Υλικό του τεμαχίου					
			S235 (St 37)	S355 (St 52)	S235 (St 37)	S355 (St 52)	S235 (St 37)	S355 (St 52)
Μετωπική ραφή με στρώση κάτω	Εφελκυσμός θλίψη, κάμψη	B	160	220	110	130	55	65
		C	130	175	85	105	45	50
		D	110	155	75	90	40	45
	Διάτμηση	B	100	140	70	80	35	40
		C	80	110	55	65	30	32
		D	70	100	50	55	25	28
Μετωπική ραφή χωρίς στρώση κάτω	Εφελκυσμός, θλίψη, κάμψη	B	140	180	985	100	45	50
		C	110	145	75	80	35	40
		D	100	125	65	70	32	35
	Διάτμηση	B	90	110	60	70	30	35
		C	70	85	50	55	25	30
		D	60	75	40	50	20	25
Γωνιακή ραφή επίπεδη	Κάθε είδους τάση	B	90	110	60	70	30	35
		C	70	85	50	55	25	30
		D	60	75	40	50	20	25
Γωνιακή ραφή κοίλη	Κάθε είδους τάση	B	120	150	75	90	40	45
		C	95	120	60	70	30	35
		D	85	100	50	60	25	30
Διπλή γωνιακή επίπεδη ραφή και συνεχής γωνιακή ραφή	Κάθε είδους τάση	B	140	190	90	120	50	55
		C	110	150	70	95	40	45
		D	100	130	60	85	35	40
Διατομές S σύνδεσης τεμαχίων								
Στη γωνιακή ραφή	Εφελκυσμός, θλίψη	B	180	220	120	140	60	75
		C	145	175	95	110	50	60
		D	125	155	85	100	40	50
	Κάμψη	B	240	280	155	180	75	95
		C	190	220	125	145	60	75
		D	170	190	110	125	50	65
	Διάτμηση στρέψη	B	125	155	85	100	50	65
		C	100	125	70	80	40	50
		D	85	110	60	70	35	45

B για υψηλή, C για μέση και D για χαμηλή καταπόνηση.

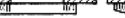
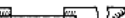
Εμπειρικοί συντελεστές εξασθένησης λόγω συγκόλλησης

Συντελεστής u_1 Κατά Nieman

Stumpfstoß	Bezeichnung	Volles Blech	V-Naht	V-Naht wurzelverschweißt	V-Naht bearbeitet	X-Naht	V-Schrägnäht
	Nahbild						
Εφελκυσμός Κάμψη Διάτμηση	v_z Zug-Druck	1	0,5	0,7	0,92	0,7	0,8
	Biegung	1,2	0,6	0,84	1,1	0,84	0,98
	Schub	0,8	0,42	0,58	0,73	0,58	0,65

T-Stoß	Bezeichnung	Doppel-Wülbnaht	Flachnaht	Hohl-naht	Flach-naht mit verschweißt mit Kehlnaht	HV-Naht wurzelverschweißt mit Doppelkehlnaht	K-Naht mit Doppelkehlnaht	X-Naht
	Nahtdicke	2a	2a	2a	a	s	s	s
	Nahtbild							
v_z	Zug-Druck	0,32	0,35	0,41	0,22	0,63	0,56	0,7
	Biegung	0,69	0,7	0,87	0,11	0,8	0,8	0,84
	Schub	0,32	0,35	0,41	0,22	0,5	0,15	0,56

Eckstoß	Bezeichnung	Flachnaht	Doppel-Flachnaht	Eck-Stumpfnah	Eck-X-Naht	
	Nahtdicke	a	2a	s	s	2a
	Nahtbild					
v_z	Zug-Druck	0,22	0,3	0,45	0,6	0,35
	Biegung	0,11	0,6	0,55	0,75	0,7
	Schub	0,22	0,3	0,37	0,5	0,35

Laschenstoß	Laschenstoß mit:	Stirnkehlnaht	Flankenkehlnaht		
	Nahtdicke	2a	2a	2a	2a
	Nahtbild				
					
v_z	Zug	0,22	0,25	0,25	0,48

* auch für

Συντελεστής μορφής v_3 για δυναμική καταπόνηση

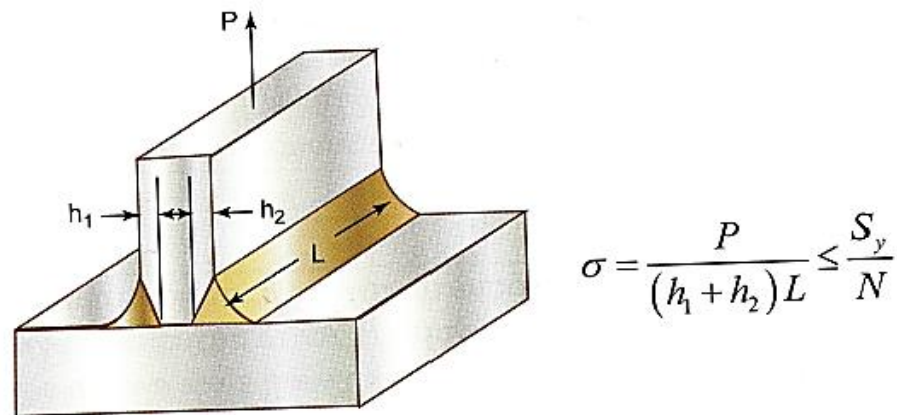
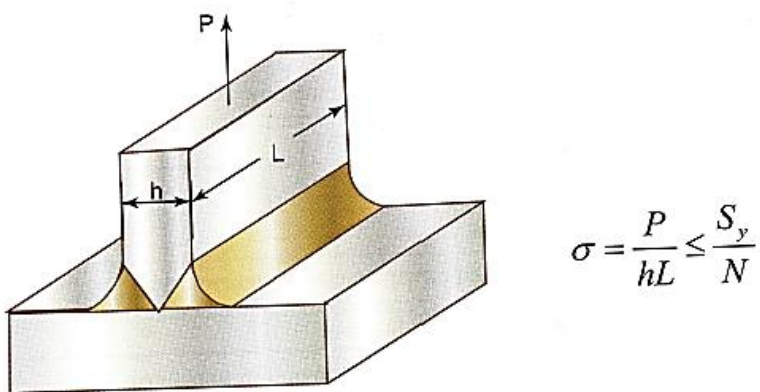
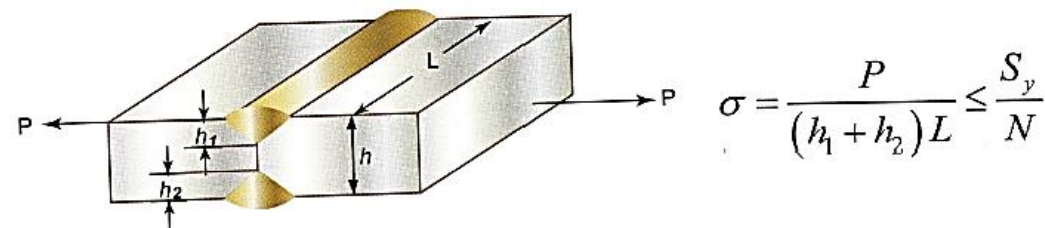
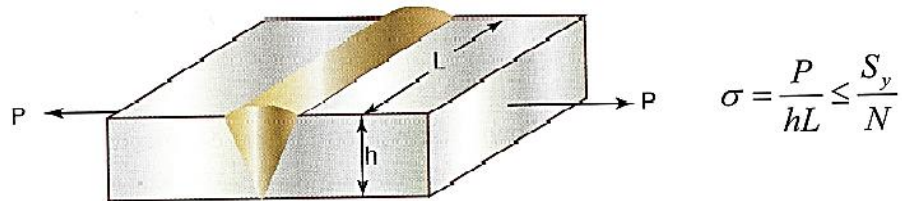
Ονομασία	Μορφή και τύπος ραφής (Σχήμα, συμβολισμός)	ΕΙΔΟΣ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ				
		Εφελκυσμός Θλίψη	Κάμψη	Διάτμηση Στρέψη		
Επικαλύψεις	Τύπου I		II	0,5	0,6	0,4
	Τύπου V		V	0,5	0,6	0,4
	(με συγκόλληση ρίζας)		V	0,7	0,84	0,56
	(με λειασμένη επιφάνεια)		V	0,92	1,1	0,73
	Τύπου X		X	0,7	0,84	0,56
	Τύπου κλάγια		V	0,8	0,98	0,65
	Τύπου HV		V	0,5	0,6	0,42
	Τύπου Y		Y	0,65	0,8	0,55
	Τύπου U		U	0,65	0,8	0,55
	Τύπου K		K	0,7	0,8	0,55
Εξωτερικές τύπου T				0,32	0,69	0,32
				0,35	0,7	0,35
				0,41	0,87	0,41
				0,22	0,11	0,22
				0,23	0,11	0,23
				0,63	0,8	0,5
				0,56	0,8	0,45
				0,7	0,84	0,56

Γεωμετρία	Φόρτιση	u
Ραφές επικαλύψεως και συνεχείς	Εφελκυσμός	1,0
	Φλίψη	1,0
	Κάμψη	1,0
	Διάτμηση	0,8
Γωνιακές Ραφές και Ταυ	Γενική	0,8

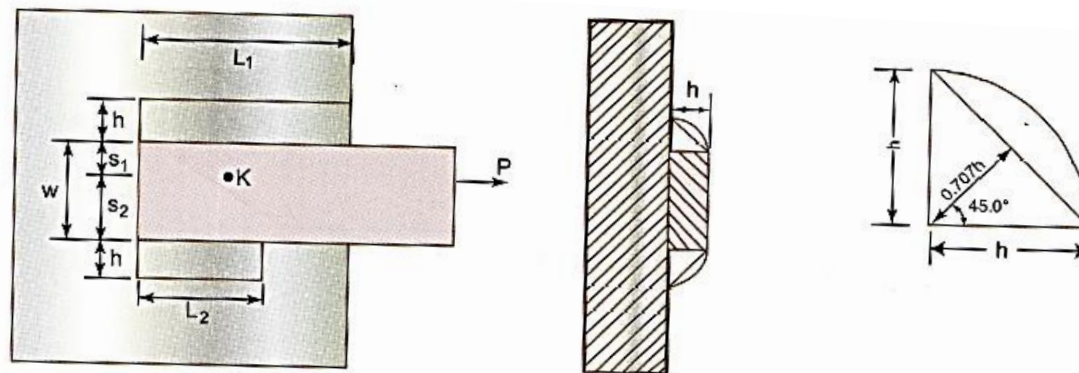
V ₂	Επεξεργασία θερμική
0,8...1,0	Ανόπτηση
0,5	καμία

➤ Συνήθως διαιρούμε τις τάσεις συγκόλλησης με το γινόμενο αυτών των συντελεστών π.χ. $\sigma/(u \cdot u_1)$ για στατική καταπόνηση

Καταπόνηση συγκόλλησης σε εφελκυσμό



Καταπόνηση συγκόλλησης σε διάτμηση



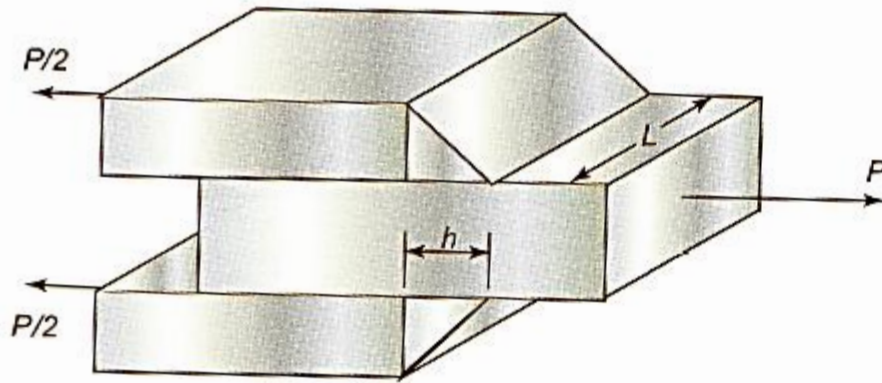
$$\tau = \frac{1.414P}{h(L_1 + L_2)} \leq \frac{S_{sy}}{N}$$

$$\left. \begin{array}{l} s_1 + s_2 = w \\ \frac{s_1}{s_2} = \frac{L_2}{L_1} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} s_1 = w \frac{L_2}{L_1 + L_2} \\ s_2 = w \frac{L_1}{L_1 + L_2} \end{array}$$

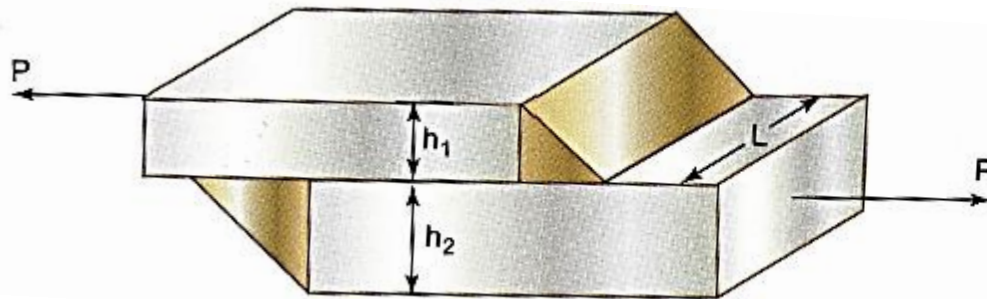
Το κέντρο βάρους μιας συγκόλλησης μπορεί να βρεθεί χρησιμοποιώντας τις ακόλουθες σχέσεις:

$$\bar{x} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n L_i} \sum_{i=1}^n L_i x_i \quad \text{και} \quad \bar{y} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n L_i} \sum_{i=1}^n L_i y_i$$

...Καταπόνηση συγκόλλησης σε διάτμηση

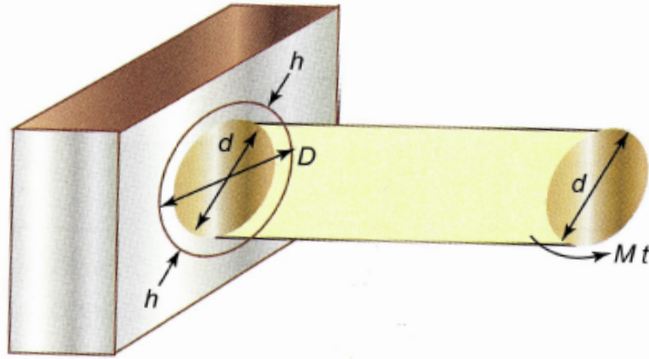


$$\tau = \frac{P}{2 \times 0.707h \times L} = \frac{0.707P}{hL} \leq \frac{S_{sy}}{N}$$



$$\tau = \frac{P}{0.707(h_1 + h_2)L} = \frac{1.414P}{(h_1 + h_2)L} \leq \frac{S_{sy}}{N}$$

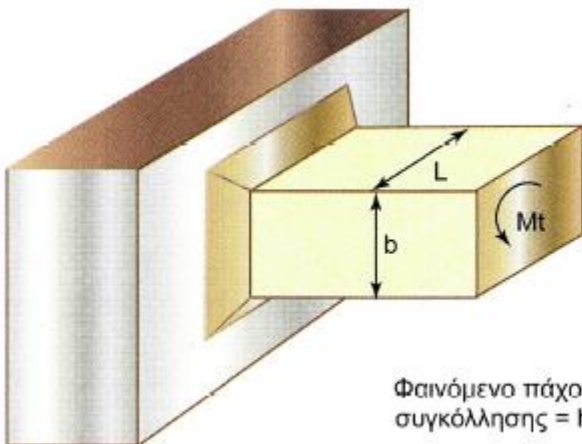
Καταπόνηση συγκόλλησης σε στρέψη



$$\tau = \frac{M_t}{J_p} r = \frac{M_t}{\frac{1}{4} \pi d^3 (0.707h)} \frac{d}{2} = \frac{2.83 M_t}{\pi d^2 h}$$

$$J_p = \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) = \frac{\pi}{32} (D^2 + d^2)(D + d)(D - d) \approx$$

$$\approx \frac{\pi}{32} (2d^2)(2d)(2 \times 0.707 \times h) = \frac{1}{4} \pi d^3 (0.707 \times h)$$



Φαινόμενο πάχος
συγκόλλησης = h

$$\tau = \frac{M_t}{J_p} r$$

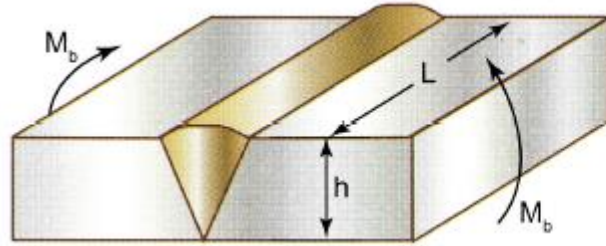
$$I_{xx} = \frac{1}{12} [(L + 2h)(b + 2h)^3 - Lb^3] = \frac{1}{6} h (b^3 + 6b^2h + 12bh^2 + 8h^3 + 3b^2L + 6bhL + 4h^2L)$$

$$I_{xx} = \frac{1}{6} hb [b^2 + 6bh + 3L(b + 2h)] \quad \text{και αναλογα} \quad I_{yy} = \frac{1}{6} hL [L^2 + 6Lh + 3b(L + 2h)]$$

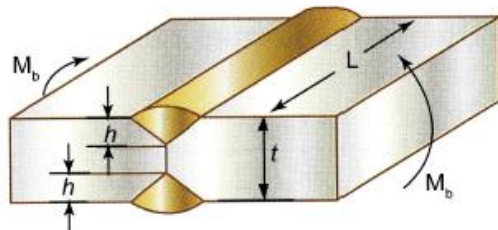
και

$$J_p = I_{xx} + I_{yy}$$

Καταπόνηση συγκόλλησης σε κάμψη



$$\sigma_b = \frac{M_b}{(Lh^3/12)} \frac{h}{2} = \frac{6M_b}{Lh^2} \leq \frac{S_y}{N}$$

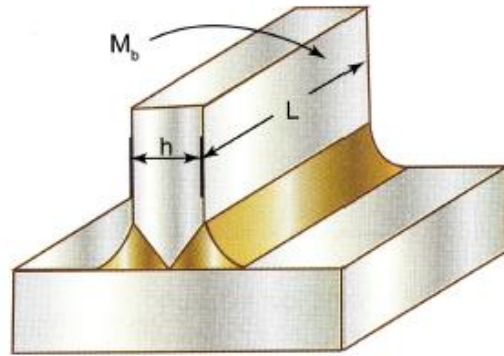


$$\sigma_b = \frac{M_b}{I} y_{\max} \quad y_{\max} = t/2$$

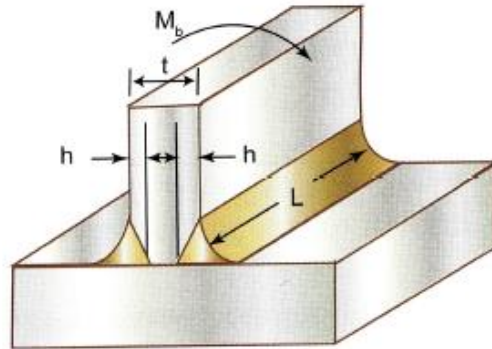
$$\begin{aligned} I &= \frac{Lt^3}{12} - \frac{L(t-2h)^3}{12} = \frac{L}{12} [t^3 - (t-2h)^3] = \\ &= \frac{L}{12} [t - (t-2h)] [t^2 + t(t-2h) + (t-2h)^2] = \\ &= \frac{Lh}{6} (3t^2 - 6th + 4h^2) \end{aligned}$$

$$\sigma_b = \frac{M_b}{I} y_{\max} = \frac{M_b}{\frac{Lh}{6} (3t^2 - 6th + 4h^2)} \frac{t}{2} = \frac{3tM_b}{Lh(3t^2 - 6th + 4h^2)} \leq \frac{S_y}{N}$$

...Καταπόνηση συγκόλλησης σε κάμψη

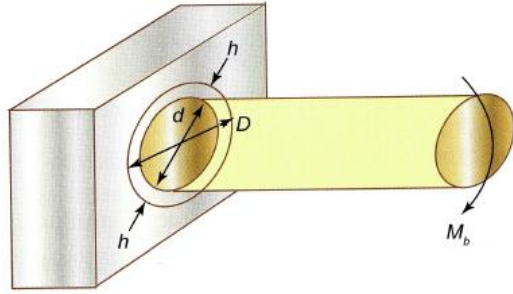


$$\sigma_b = \frac{M_b}{(Lh^3/12)} \frac{h}{2} = \frac{6M_b}{Lh^2} \leq \frac{S_y}{N}$$



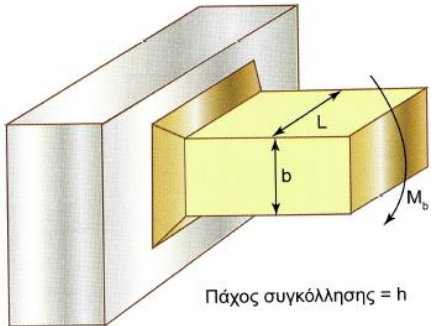
$$\sigma_b = \frac{3tM_b}{hL(3t^2 - 6th + 4h^2)} \leq \frac{S_y}{N}$$

...Καταπόνηση συγκόλλησης σε κάμψη



$$\sigma_b = \frac{M_b}{I} y_{\max} = \frac{M_b}{\frac{1}{8} \pi d^3 (0.707h)} \frac{d}{2} = \frac{5.66 M_b}{\pi d^2 h}$$

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4) = \frac{\pi}{64} (D^2 + d^2)(D + d)(D - d) \approx \frac{\pi}{64} (2d^2)(2d)(2 \times 0.707h) = \frac{1}{8} \pi d^3 (0.707h)$$



$$\sigma_b = \frac{M_b}{I} y_{\max} = \frac{M_b}{\frac{1}{6} hb [b^2 + 3L(b + 2h) + 6bh]} \frac{b}{2} = \frac{3M_b}{h [b^2 + 3L(b + 2h) + 6bh]}$$

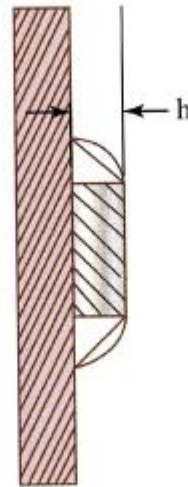
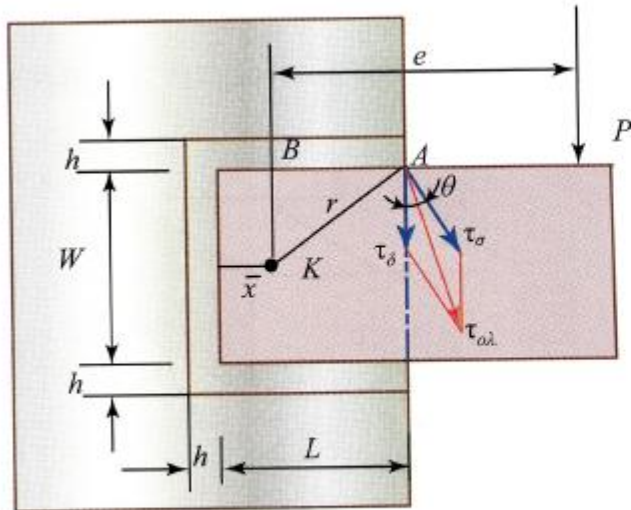
Η τάση αυτή αντιστοιχεί σε πάχος συγκόλλησης h . Επειδή το παραλαμβάνον το φορτίο πάχος $0.707h$, η πραγματική τάση θα είναι $1 / 0.707 = 1.41$ φορές μεγαλύτερη από την υπολογισθείσα.

$$\sigma_b = 1.41 \times \frac{3M_b}{h [b^2 + 3L(b + 2h) + 6bh]} = \frac{4.24 M_b}{h [b^2 + 3L(b + 2h) + 6bh]}$$

όπου $y_{\max} \approx b/2$ και η δευτεροβάθμια ροπή αδράνειας υπολογίζεται ως εξής:

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{12} [(L + 2h)(b + 2h)^3 - Lb^3] = \\ &= \frac{1}{6} h (b^3 + 6b^2h + 12bh^2 + 8h^3 + 3b^2L + 6bhL + 4h^2L) \\ &= \frac{1}{6} hb [b^2 + 3L(b + 2h) + 6bh] \end{aligned}$$

Καταπόνηση συγκόλλησης σε στρέψη και διάτμηση



$$L_{o\lambda} = 2L + W$$

$$A = 0.707hL_{o\lambda}$$

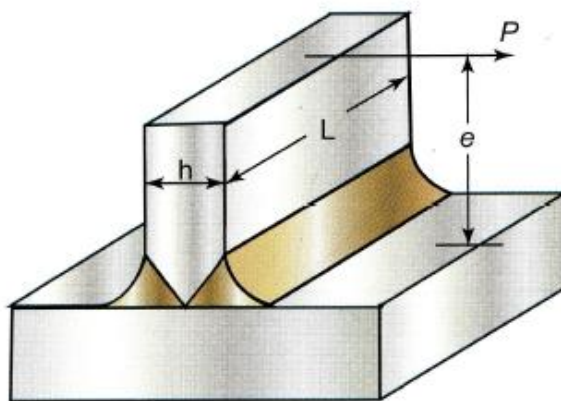
$$\tau_{\delta} = \frac{P}{A} = \frac{1.414P}{hL_{o\lambda}}$$

$$\tau_{\sigma} = \frac{Per}{J_p}$$

$$J_p = I_{xx} + I_{yy}$$

$$\tau_{o\lambda} = \sqrt{\tau_{\delta}^2 + \tau_{\sigma}^2 + 2\tau_{\delta}\tau_{\sigma}\cos\theta}$$

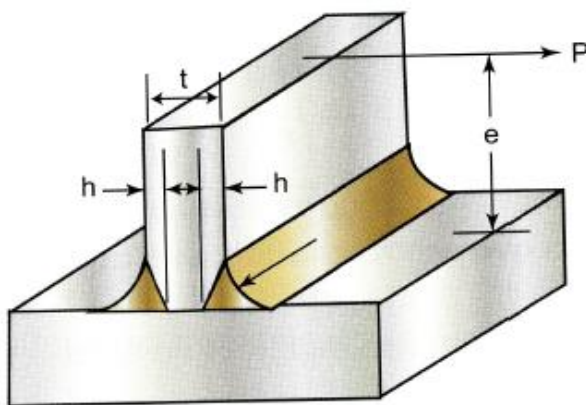
Καταπόνηση συγκόλλησης σε κάμψη και διάτμηση



$$\sigma_b = \frac{M}{I} y_{\max} = \frac{Pe}{Lh^3/12} \frac{h}{2} = \frac{6Pe}{Lh^2}$$

$$\tau_\delta = \frac{P}{A} = \frac{P}{hL}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_b^2 + 1.8\tau_\delta^2} \leq \frac{S_y}{N}$$



$$\sigma_b = \frac{3tPe}{hL(3t^2 - 6th + 4h^2)}$$

$$\tau_\delta = \frac{P}{2hL}$$

$$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_b^2 + 1.8\tau_\delta^2} \leq \frac{S_y}{N}$$

Ροπή αντίσταση και πολική ροπή αδράνειας για διάφορες συγκολλήσεις

