

# Επιστήμη και Τεχνολογία

## Συγκολλήσεων

### Ενότητα 5: Παραμορφώσεις συγκολλήσεων

Γρηγόρης Ν. Χαϊδεμενόπουλος  
Πολυτεχνική Σχολή  
Μηχανολόγων Μηχανικών



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



# Σκοποί ενότητας

---

- Εισαγωγή στις παραμορφώσεις συγκολλήσεων
- Διερεύνηση επιστημονικών προβλημάτων που αφορούν στις συγκολλήσεις

# Περιεχόμενα ενότητας

1. Εισαγωγή
2. Οι βασικές παραμορφώσεις στις συγκολλήσεις
3. Μεταβατική παραμόρφωση του μετάλλου κατά τη συγκόλληση
4. Εγκάρσια συστολή γωνιακή μεταβολή σε συγκολλήσεις συμβολής
5. Γωνιακή μεταβολή σε συγκολλήσεις συμβολής
6. Γωνιακή μεταβολή σε αυχενικές συγκολλήσεις
7. Διαμήκη συστολή και διαμήκης καμπτική παραμόρφωση
8. Παραμορφώσεις λυγισμού
9. Περιορισμός των παραμορφώσεων στις συγκολλήσεις

---

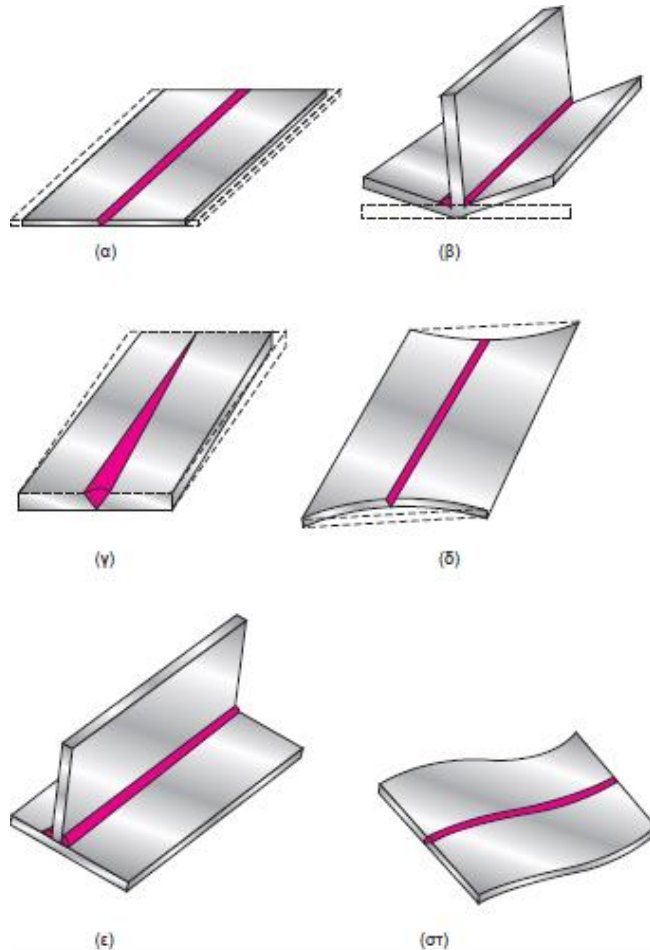
# Ενότητα 1: Παραμορφώσεις συγκολλήσεων

# Εισαγωγή 1 (1)

Η αντιμετώπιση των παραμορφώσεων στις συγκολλήσεις πραγματοποιείται σε 3 επίπεδα:

1. Τον σχεδιασμό της συγκόλλησης έτσι ώστε να προκύψουν οι ελάχιστες δυνατές παραμορφώσεις
2. Την ανάπτυξη προδιαγραφών για ανοχές παραμορφώσεων δηλαδή την θέσπιση ορίων για επιτρεπτές παραμορφώσεις στις συγκολλητές κατασκευές. Ήδη αρκετοί κώδικες κατασκευών περιλαμβάνουν τέτοιου είδους προδιαγραφές
3. Την εφαρμογή μεθόδων για τη διόρθωση των παραμορφώσεων μετά το πέρας της συγκόλλησης. Εδώ περιλαμβάνονται τεχνικές η σφυριλάτηση κ.λ.π.

# Οι βασικές παραμορφώσεις στις συγκολλήσεις 2 (1)

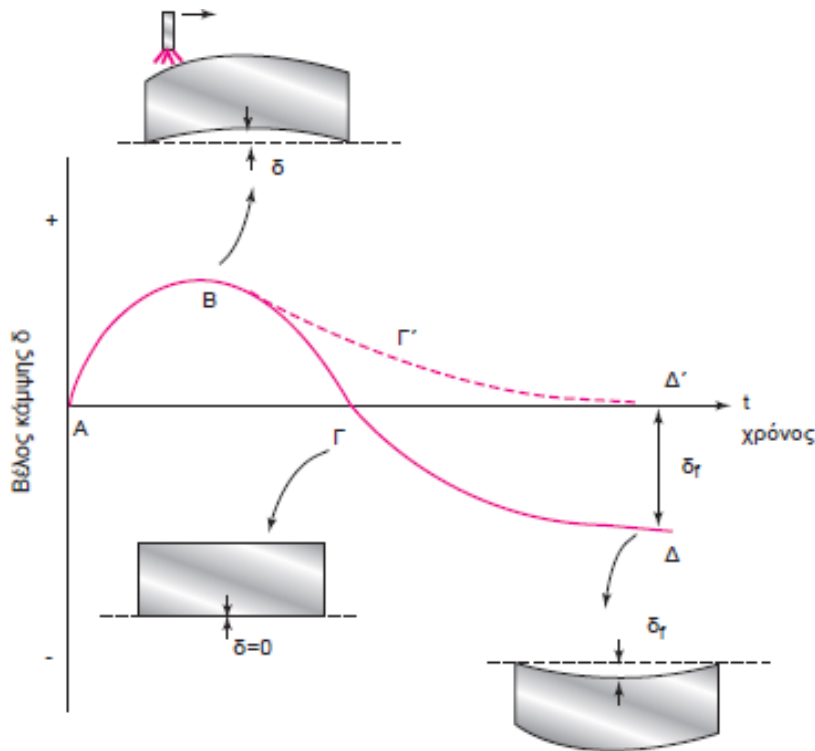


Οι παραμορφώσεις συγκολλήσεων μπορεί να ταξινομηθούν στις εξής κατηγορίες όπως φαίνεται και στο σχήμα 1. Οι πραγματικές παραμορφώσεις των συγκολλητών κατασκευών είναι πιο σύνθετες από αυτές. Τις περισσότερες φορές είναι δυνατόν να αναλυθούν σε επιμέρους συνιστώσες που αντιστοιχούν στις βασικές παραμορφώσεις του σχήματος

Σχήμα 1: Παραμορφώσεις συγκολλήσεων (α) εγκάρσια συστολή (β) επίπεδη περιστροφή (γ) γωνιακή μεταβολή (δ) διαμήκης συστολή (ε) διαμήκης καμπτική παραμόρφωση (στ) παραμόρφωση λυγισμού



# Μεταβατική παραμόρφωση του μετάλλου κατά τη συγκόλληση 3 (1)

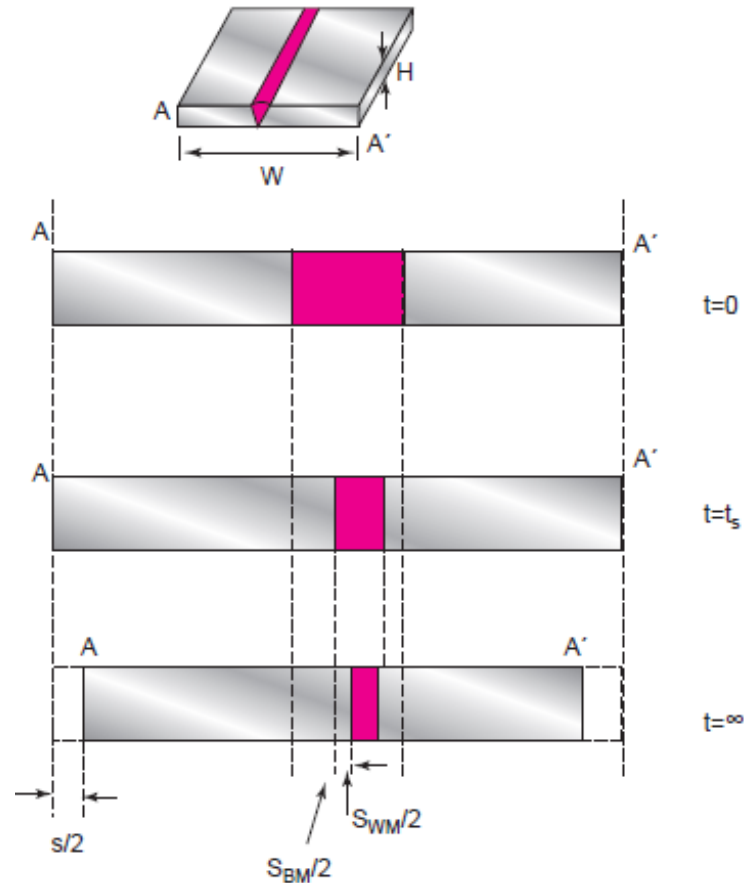


Η ανάπτυξη των παραμενουσών τάσεων και των παραμορφώσεων στις συγκολλήσεις παίρνει πολύ περισσότερο χρόνο από αυτόν που απαιτείται για την πραγματοποίηση της συγκόλλησης.

Οι παραμένουσες τάσεις και οι παραμορφώσεις συνεχίζουν να αναπτύσσονται και κατά την ψύξη του ελάσματος και λαμβάνουν τις τελικές τους τιμές μόνο όταν το έλασμα ψυχθεί στην αρχική θερμοκρασία.

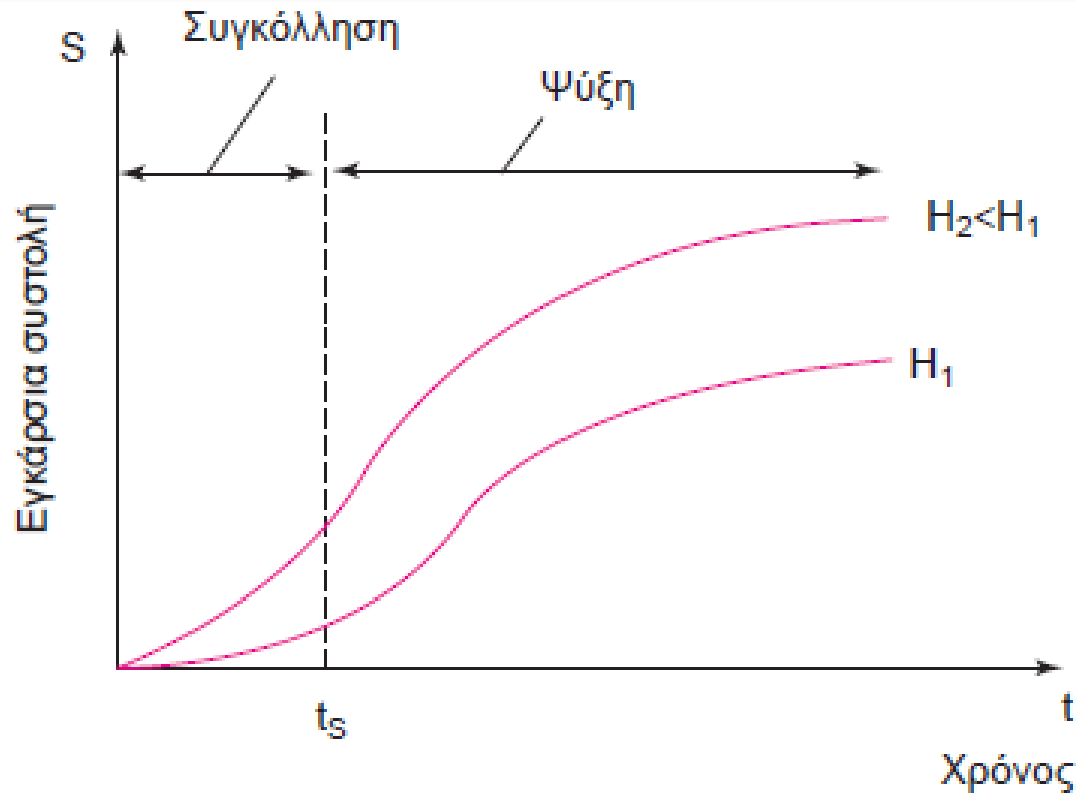
Σχήμα 2: Μεταβατική παραμόρφωση ορθογωνικού ελάσματος κατά τη διάρκεια θέρμανσης της επάνω ακμής από το ηλεκτρικό τόξο

# Εγκάρσια συστολή 4 (1)



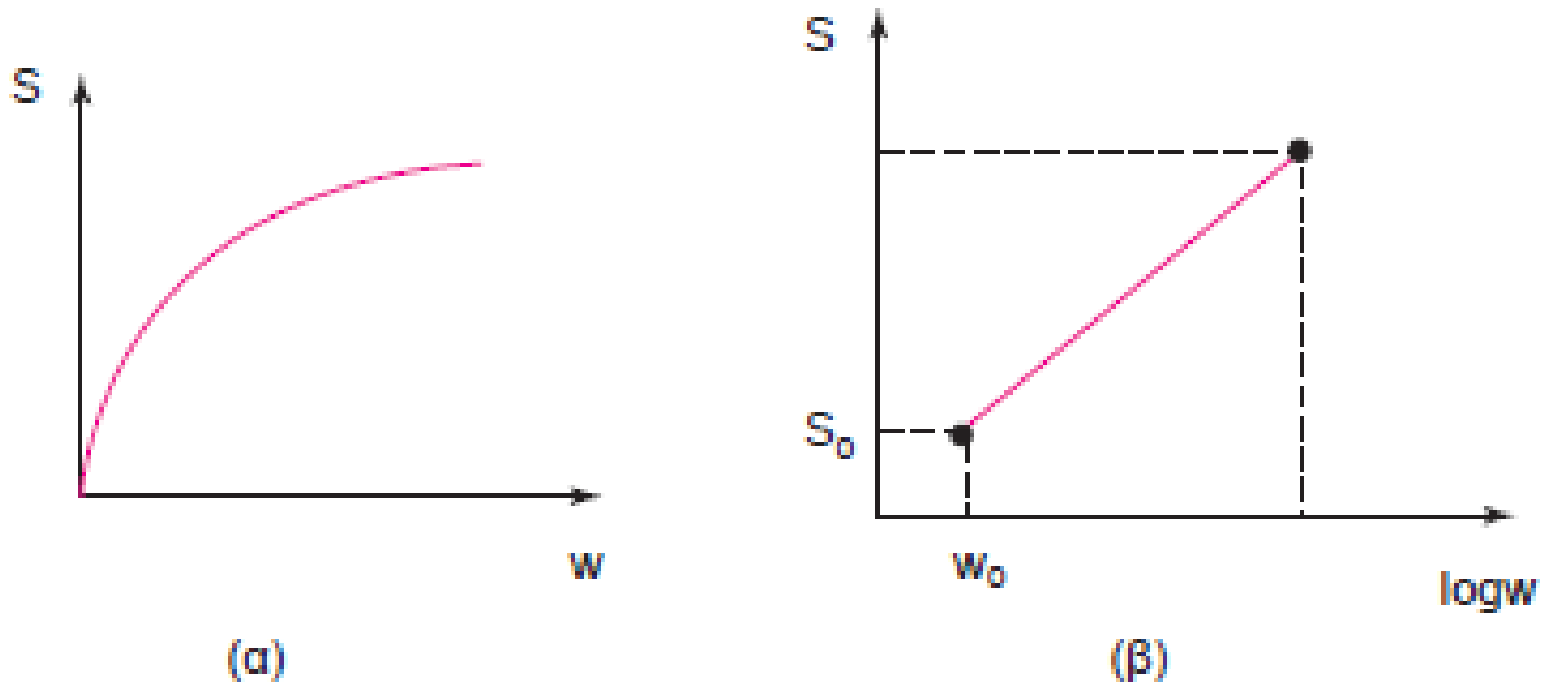
Σχήμα 3: Η ανάπτυξη της εγκάρσιας συστολής στις συγκολλήσεις

# Εγκάρσια συστολή 4 (2)



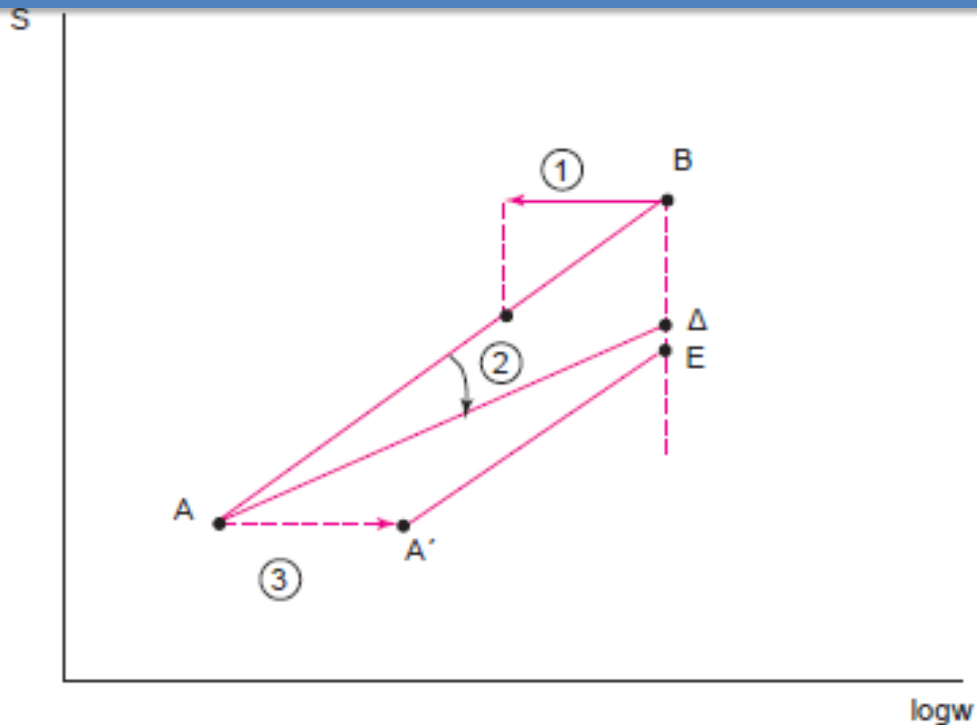
Σχήμα 4: Ανάπτυξη εγκάρσιας συστολής κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης για δύο διαφορετικά πάχη ελασμάτων  $H_1$  και  $H_2$

# Εγκάρσια συστολή 4 (3)



Σχήμα 5: Η μεταβολή της εγκάρσιας συστολής ( $S$ ) με τη μεταβολή του βάρους του εναποτιθέμενου μετάλλου ( $w$ ).

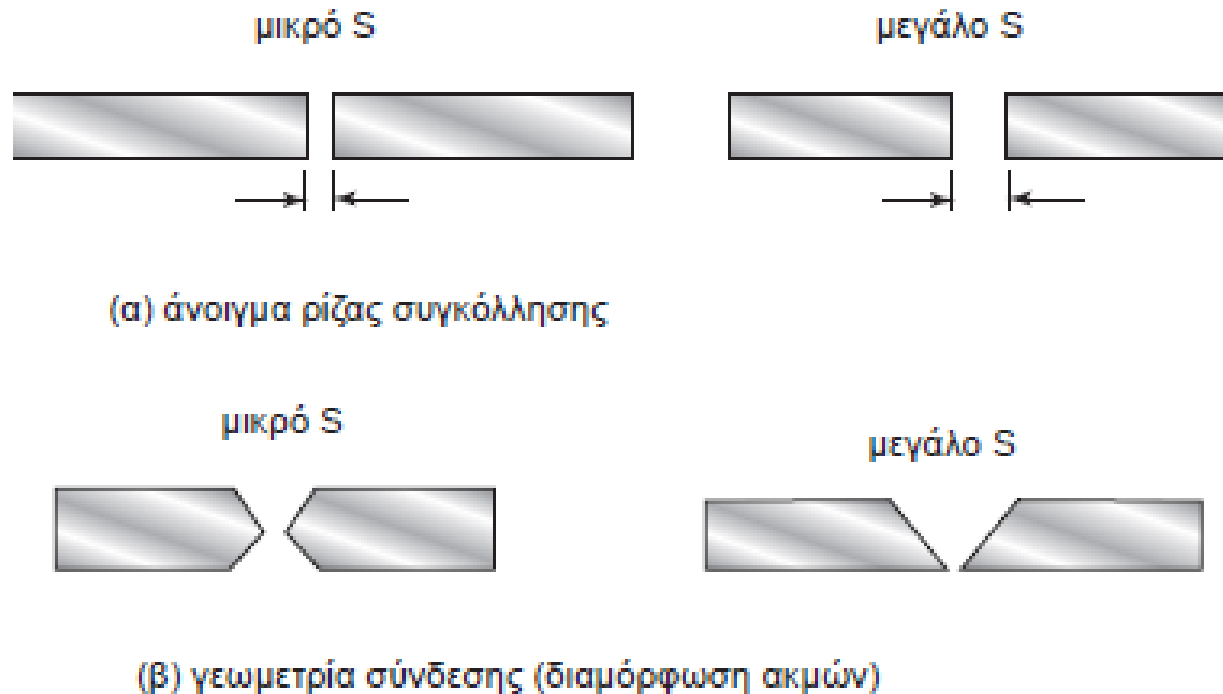
# Εγκάρσια συστολή 4 (4)



Σχήμα 6: Επιδράσεις για τη μείωση της εγκάρσιας συστολής στις συγκολλήσεις

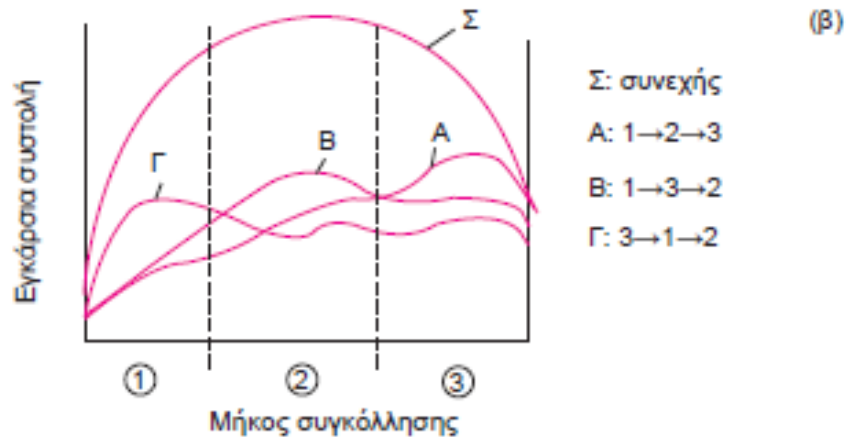
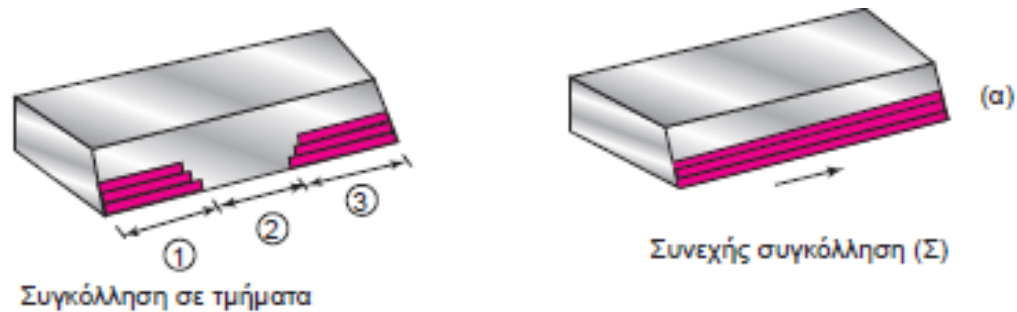
- 1: μείωση εναποτιθέμενου μετάλλου,
- 2: μείωση κλίσης  $b$ ,
- 3: αύξηση βάρους μετάλλου στο 1<sup>ο</sup> πάσο

# Εγκάρσια συστολή 4 (5)



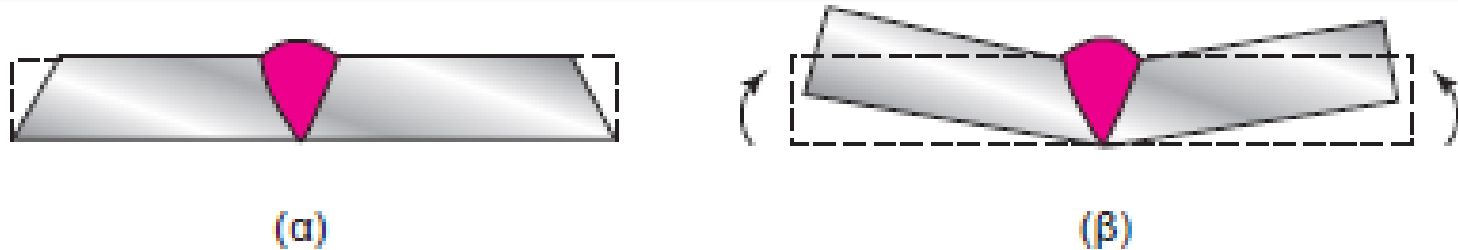
Σχήμα 7: Επίδραση του ανοίγματος της ρίζας και της διαμόρφωσης των ακμών στην εγκάρσια συστολή

# Εγκάρσια συστολή 4 (6)

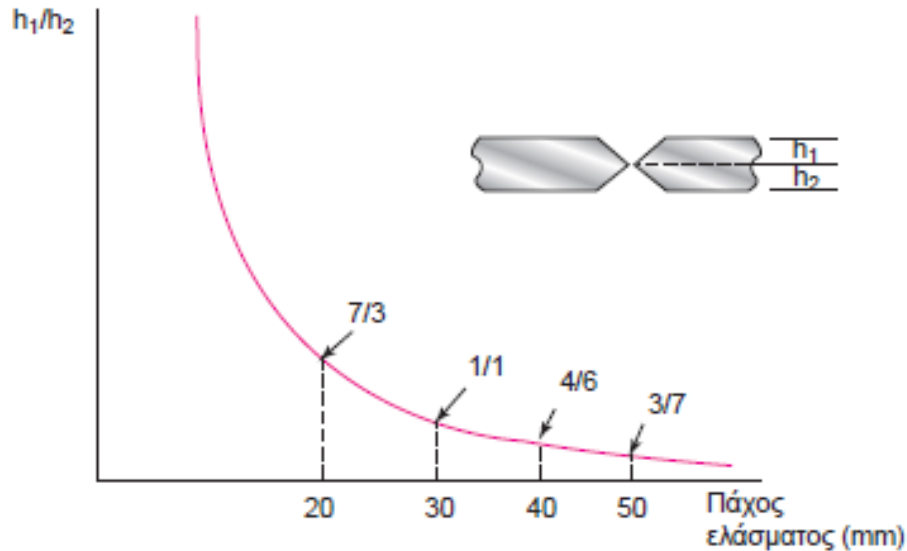


Σχήμα 8: Επίδραση της ακολουθίας (σειράς) συγκόλλησης στην εγκάρσια συστολή

# Γωνιακή μεταβολή σε συγκολλήσεις συμβολής 5 (1)



Σχήμα 9: Γωνιακή μεταβολή: η ανομοιόμορφη εγκάρσια συστολή (α) προκαλεί τη γωνιακή μεταβολή (β)

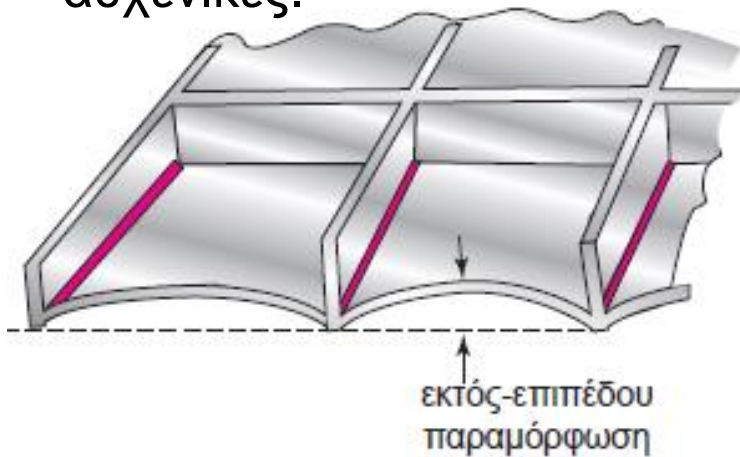


Σχήμα 10: Διαμόρφωση ακμών συγκόλλησης χάλυβα ώστε να επιτευχθεί η ελάχιστη γωνιακή μεταβολή



# Γωνιακή μεταβολή σε αυχενικές συγκολλήσεις 6 (1)

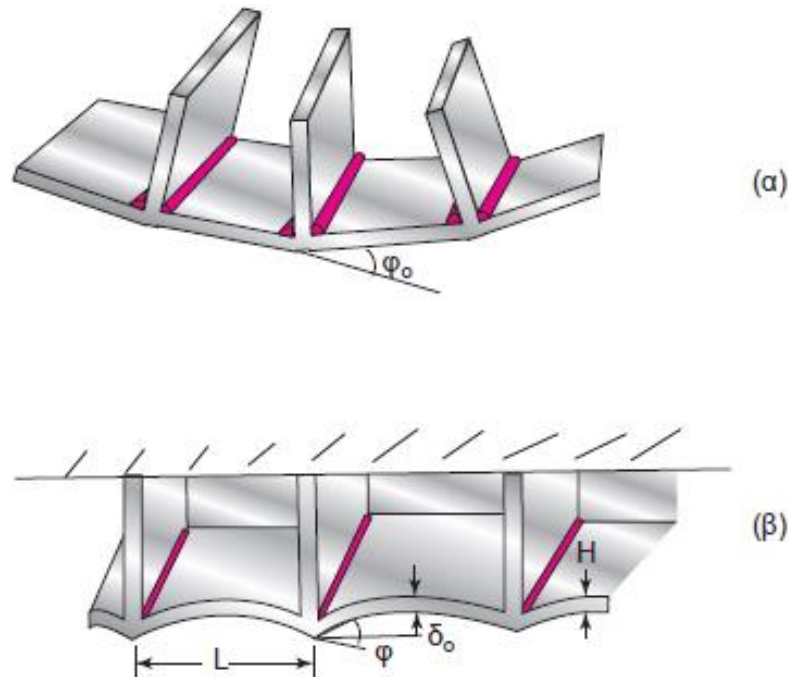
Σε πολλές συγκολλητές κατασκευές όπως πλοία, δεξαμενές υγρών καυσίμων σε διυλιστήρια, αεροπορικές κατασκευές, κ.λ.π κατασκευάζονται ενισχυμένα ελάσματα τα οποία αποτελούνται από επίπεδα ελάσματα στα οποία συγκολλούνται διαμήκη και εγκάρσια ενισχυτικά στοιχεία. Οι συγκολλήσεις των κατασκευών αυτών είναι αυχενικές.



Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα των κατασκευών αυτών είναι οι εκτός-επιπέδου παραμορφώσεις που οφείλονται στην γωνιακή μεταβολή των αυχενικών συγκολλήσεων.

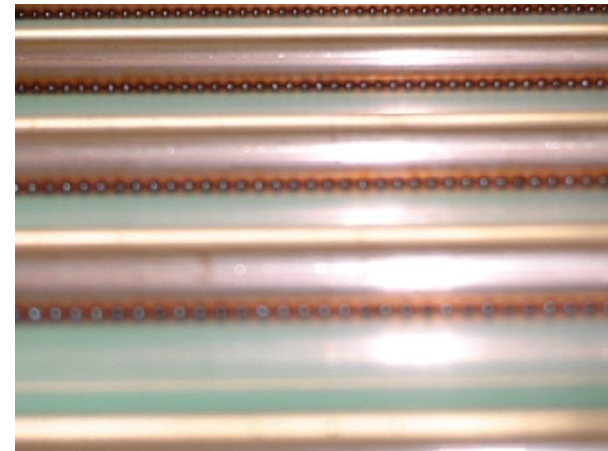
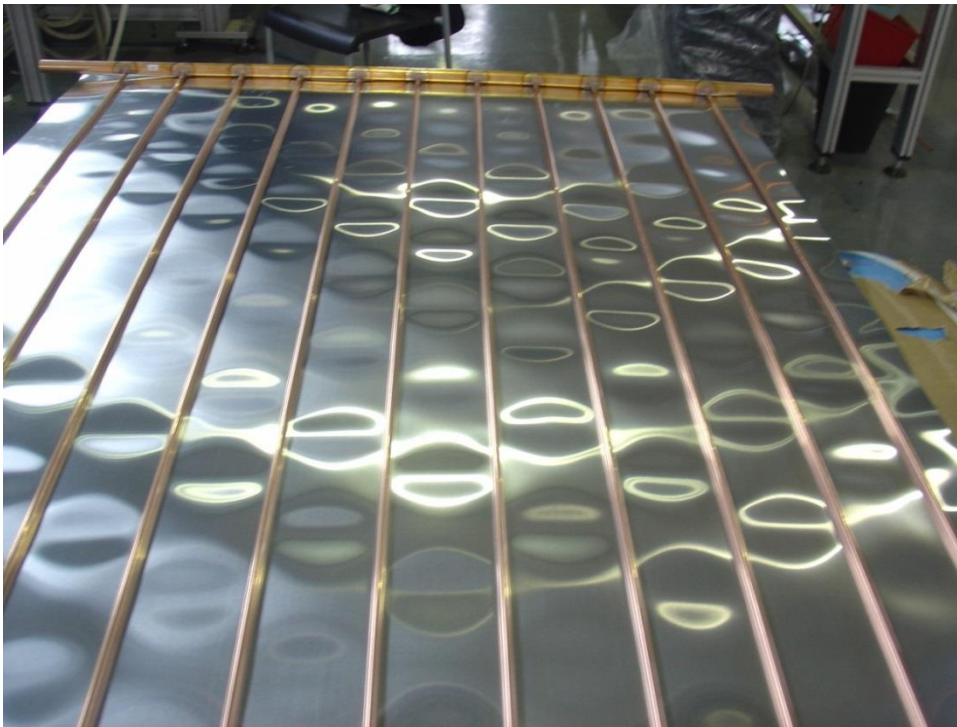
Σχήμα 11: Εκτός επιπέδου παραμορφώσεις

# Γωνιακή μεταβολή σε αυχενικές συγκολλήσεις 6 (2)



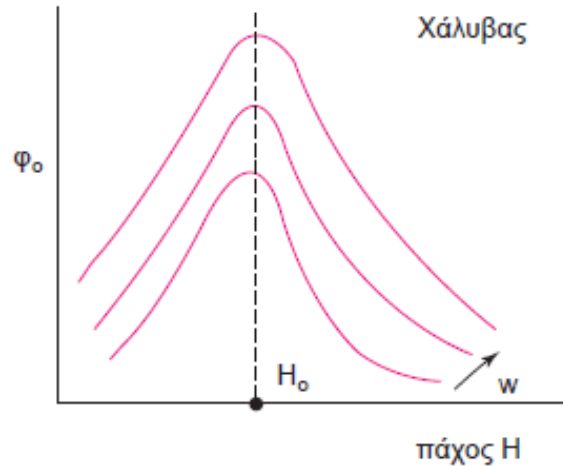
Σχήμα 12: Γωνιακή μεταβολή σε αυχενικές συγκολλήσεις: (α) ελεύθερες συγκολλήσεις, (β) συγκολλήσεις με εξωτερικό περιορισμό

# Γωνιακή μεταβολή σε αυχενικές συγκολλήσεις 6 (3)



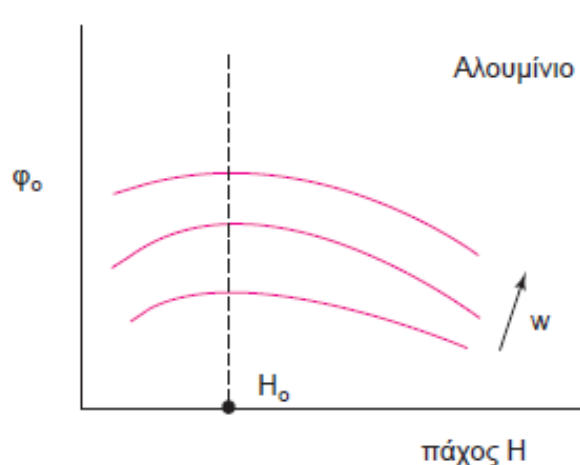
Σχήμα 13: Al-Cu laser spot welding in solar absorbers

# Γωνιακή μεταβολή σε αυχενικές συγκολλήσεις 6 (4)



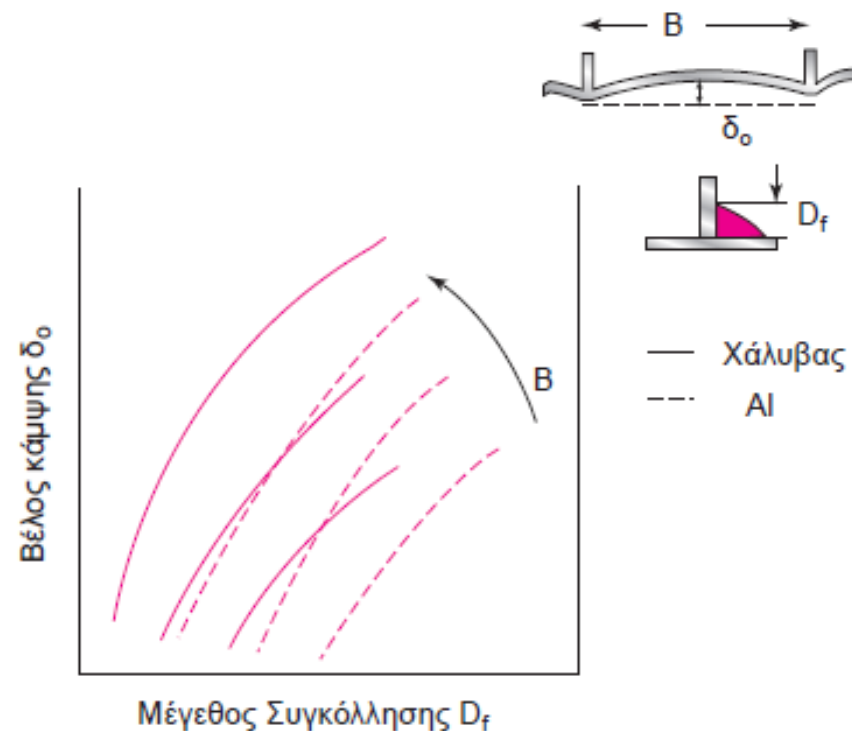
Πρόληψη για τη μείωση των παραμορφώσεων πριν από τη συγκόλληση

- Αποφυγή υπερδιαστασιολόγησης των αυχενικών συγκολλήσεων
- Κατάλληλη επιλογή του ΡΕΘ για την αποφυγή εισαγωγής ανεπιθύμητης θερμότητας στη σύνδεση
- Προθερμανση
- Ελαστική προένταση



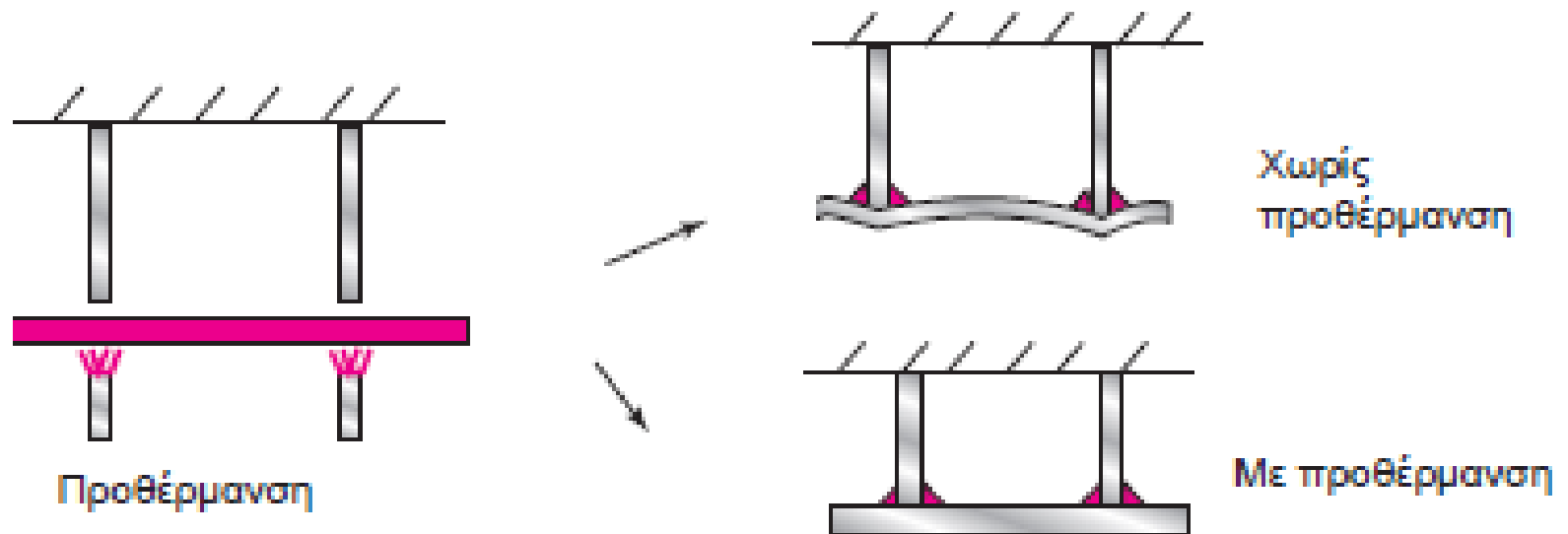
Σχήμα 14: Μεταβολή της γωνίας  $\phi_0$  με το πάχος του ελάσματος: (α) χάλυβας, (β) αλουμίνιο

# Γωνιακή μεταβολή σε αυχενικές συγκολλήσεις 6 (5)



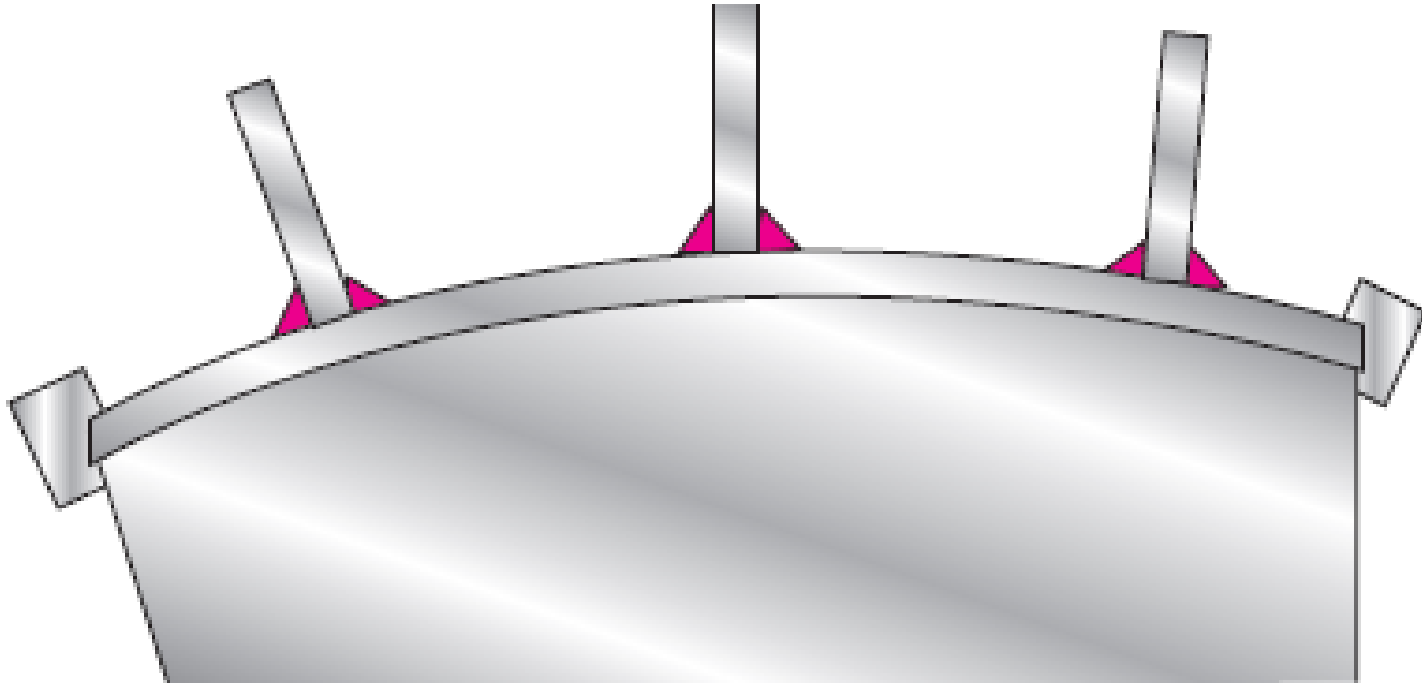
Σχήμα 15: Μεταβολή του βέλους κάμψης  $\delta_0$  σε συνάρτηση με το μέγεθος της αυχενικής συγκόλλησης

# Γωνιακή μεταβολή σε αυχενικές συγκολλήσεις 6 (5)



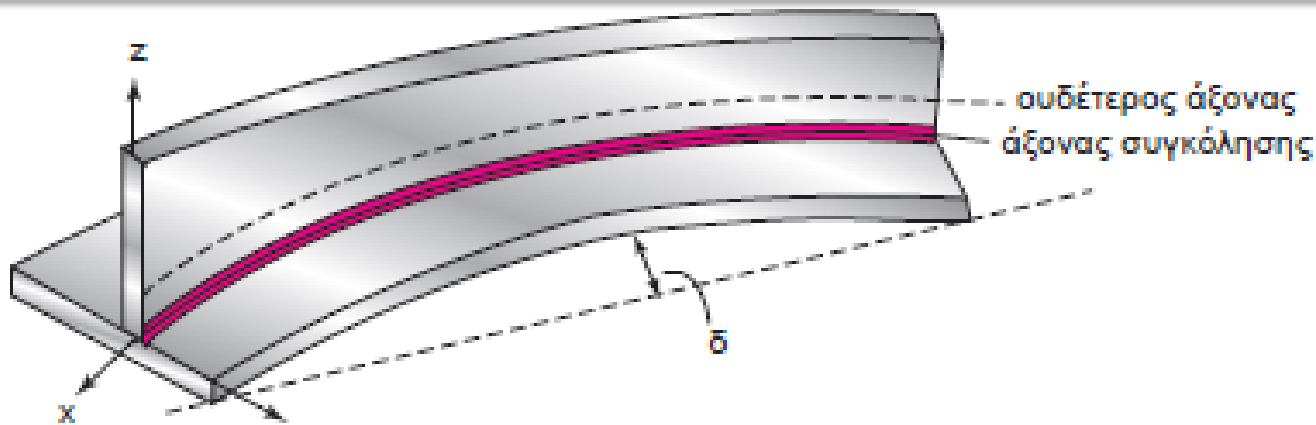
Σχήμα 16: Μείωση της γωνιακής μεταβολής με προθέρμανση

# Γωνιακή μεταβολή σε αυχενικές συγκολλήσεις 6 (6)

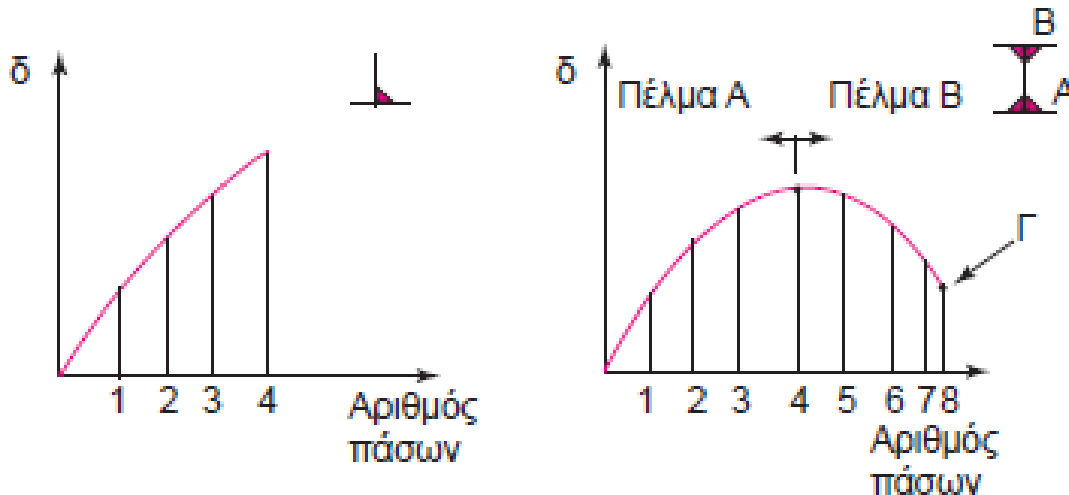


Σχήμα 16: Μείωση της γωνιακής μεταβολής με ελαστική προένταση

# Διαμήκης συστολή και διαμήκης καμπτική παραμόρφωση 7(1)



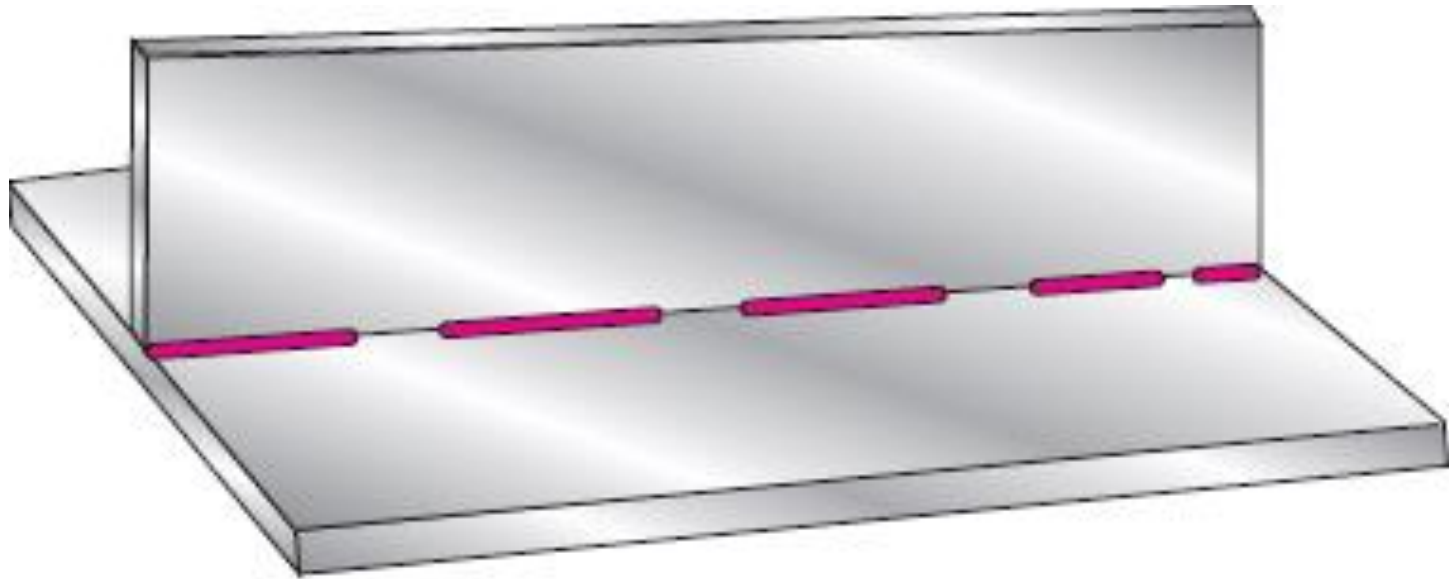
Σχήμα 18: Διαμήκης καμπτική παραμόρφωση σε συγκολλητές δοκούς



Σχήμα 19: Μεταβολή βέλους κάμψης με τον αριθμό των πάσων σε συγκολλητές δοκούς



# Διαμήκης συστολή και διαμήκης καμπτική παραμόρφωση 7(2)



Σχήμα 20: Διακοπτόμενη συγκόλληση δοκού

# Παραμορφώσεις λυγισμού 8 (1)

Οι παραμένουσες τάσεις στις συγκολλήσεις είναι εφελκυστικές κοντά στη ραφή και θλιπτικές σε περιοχές μακριά από την ραφή. Σε λεπτά ελάσματα οι θλιπτικές παραμένουσες τάσεις μπορεί να προκαλέσουν λυγισμό. Οι παραμορφώσεις λυγισμού διαφέρουν από τις εκτός-επιπέδου παραμορφώσεις που προκαλούνται από τη γωνιακή μεταβολή συγκολλήσεων κυρίως στο ότι οι παραμορφώσεις λυγισμού είναι μεγαλύτερες.

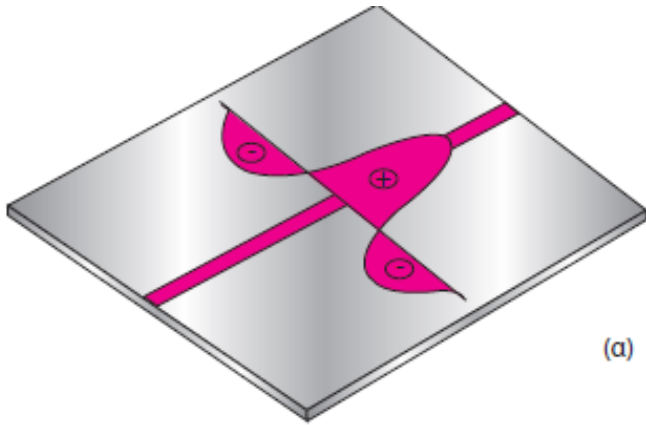
# Περιορισμός των παραμορφώσεων στις συγκολλήσεις 9 (1)

---

Μέθοδοι που υιοθετούνται κατά το στάδιο του σχεδιασμού:

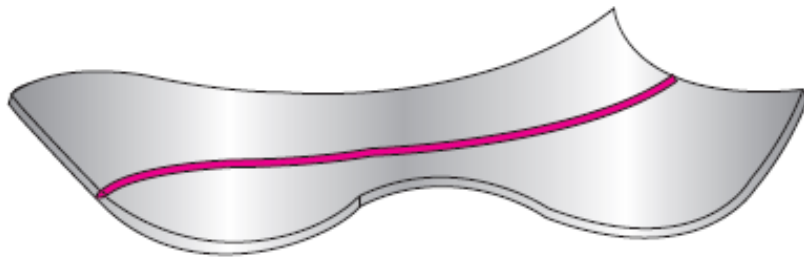
1. Έλεγχος των παραμορφώσεων κατά το σχεδιασμό
2. Μείωση των παραμορφώσεων μετά τη συγκόλληση

# Περιορισμός των παραμορφώσεων στις συγκολλήσεις 9 (2)



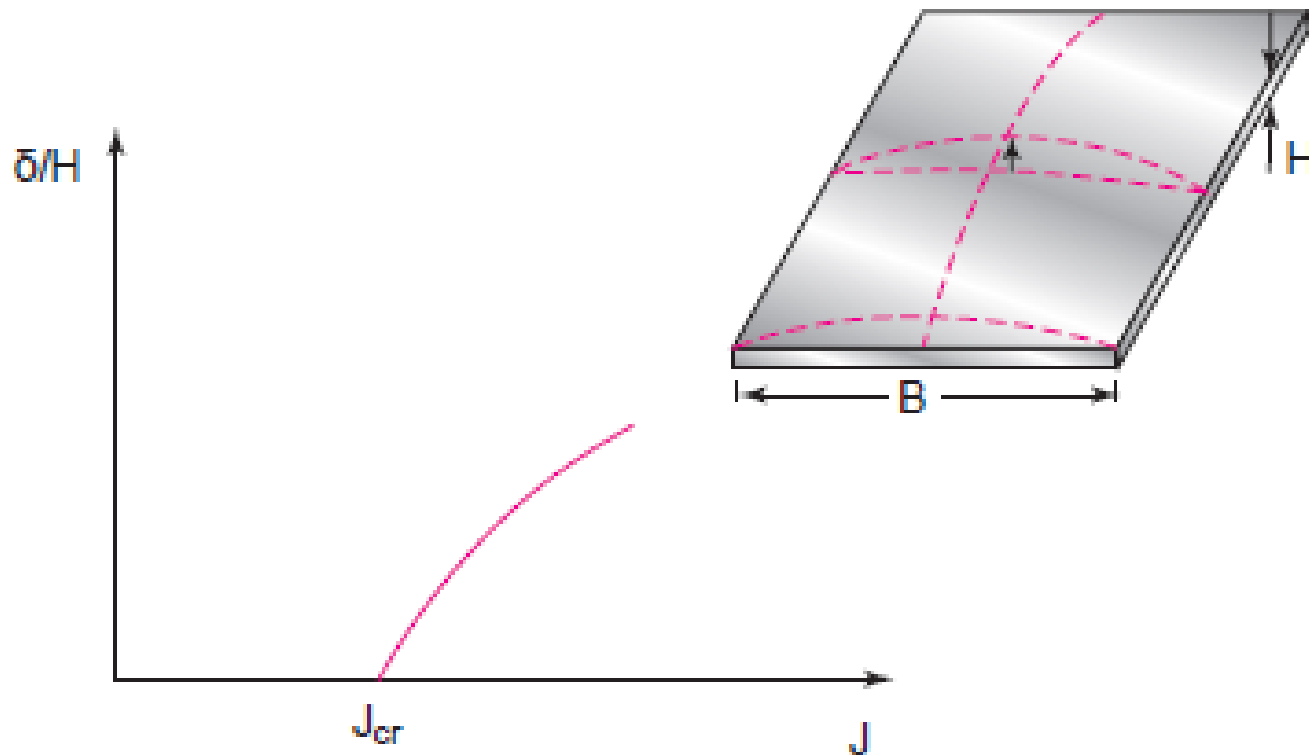
(α)

Σχήμα 21: θλιπτικές παραμένουσες τάσεις στο (α) προκαλούν παραμορφώσεις λυγισμού



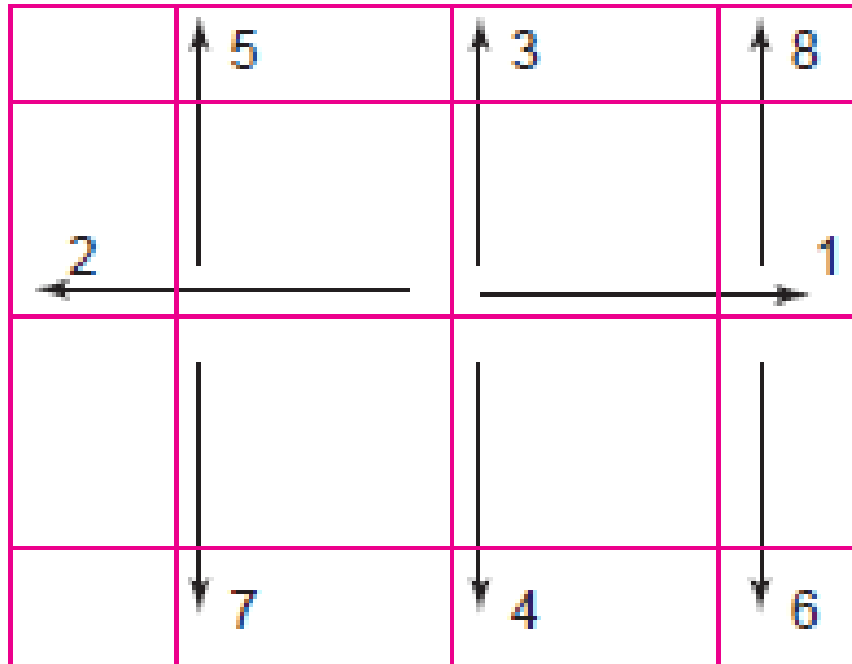
(β)

# Περιορισμός των παραμορφώσεων στις συγκολλήσεις 9 (3)



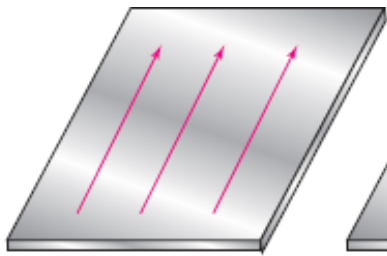
Σχήμα 22: Παραμόρφωση λυγισμού στο κέντρο του ελάσματος ( $\delta/H$ ) σε συνάρτηση με την παράμετρο  $J$

# Περιορισμός των παραμορφώσεων στις συγκολλήσεις 9 (4)

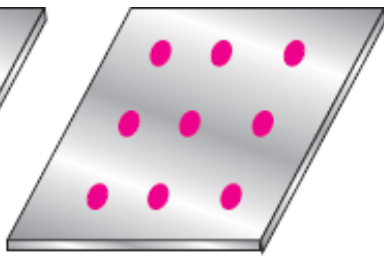


Σχήμα 23: Ακολουθία συγκόλλησης “ από το κέντρο προς τα άκρα” για τον περιορισμό των παραμορφώσεων

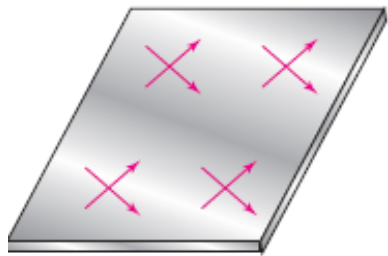
# Περιορισμός των παραμορφώσεων στις συγκολλήσεις 9 (5)



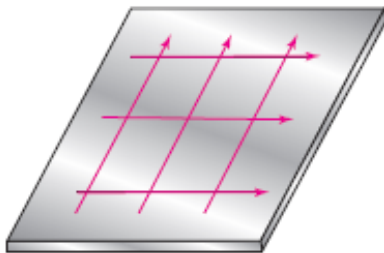
(α)



(β)



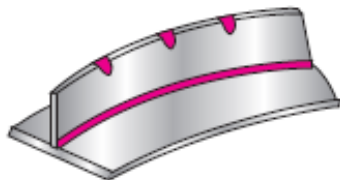
(γ)



(δ)

Σχήμα 24: Διάφοροι τύποι εύθυνσης με  
θέρμανση

(α) γραμμική (β) σημειακή (γ) χιαστί (δ) καρέ (ε)  
τριγωνική



(ε)

Παραμορφώσεις Συγκολλήσεων