

Επιστήμη και Τεχνολογία

Συγκολλήσεων

Ενότητα 4: Παραμένουσες Τάσεις

Γρηγόρης Ν. Χαϊδεμενόπουλος

Πολυτεχνική Σχολή

Μηχανολόγων Μηχανικών



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



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 παραμένουσες τάσεις
- Κατανόηση της επίδρασης των παραμενουσών τάσεων στη μηχανική συμπεριφορά

Περιεχόμενα ενότητας

1. Εισαγωγή
2. Ισορροπία παραμένουσων τάσεων
3. Παραμένουσες τάσεις από εξαναγκασμένη συναρμογή
4. Παραμένουσες τάσεις από ανομοιόμορφη κατανομή πλαστικών παραμορφώσεων
5. Κατανομές παραμενουσών τάσεων
6. Παράγοντες που επιδρούν στις παραμένουσες τάσεις
7. Επιδράσεις των παραμενουσών τάσεων στη μηχανική συμπεριφορά
8. Έλεγχος και μείωση των παραμενουσών τάσεων

Ενότητα 1: Παραμένουσες Τάσεις

Εισαγωγή 1 (1)

Παραμένουσες τάσεις είναι οι τάσεις που επιδρούν σε ένα σώμα μετά την απομάκρυνση όλων των εξωτερικών φορτίων (δυνάμεων ή ροπών)

Οι παραμένουσες τάσεις στις μεταλλικές κατασκευές αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια διαφόρων κατεργασιών

- Κατεργασίες μορφοποίησης π.χ χύτευση, πυροσυσσωμάτωση
- Κατεργασίες αφαίρεσης υλικού
- Κατεργασίες διαμορφώσεων
- Θερμικές επιφανειακές κατεργασίες
- Κατεργασίες συναρμολόγησης

Οι τάσεις και οι παραμορφώσεις παραμένουν μετά το πέρας της συγκόλλησης και μπορεί να έχουν σημαντική επίδραση στην μηχανική αντοχή των συγκολλήσεων

Εισαγωγή 1 (2)

Οι παραμένουσες τάσεις ταξινομούνται σε δυο κατηγορίες ανάλογα με το μηχανισμό που τις προκαλεί

- Τάσεις που προκαλούνται από εξαναγκασμένη συναρμογή κατασκευαστικών στοιχείων
- Τάσεις που προκαλούνται από ανομοιόμορφη κατανομή πλαστικών και θερμικών παραμορφώσεων

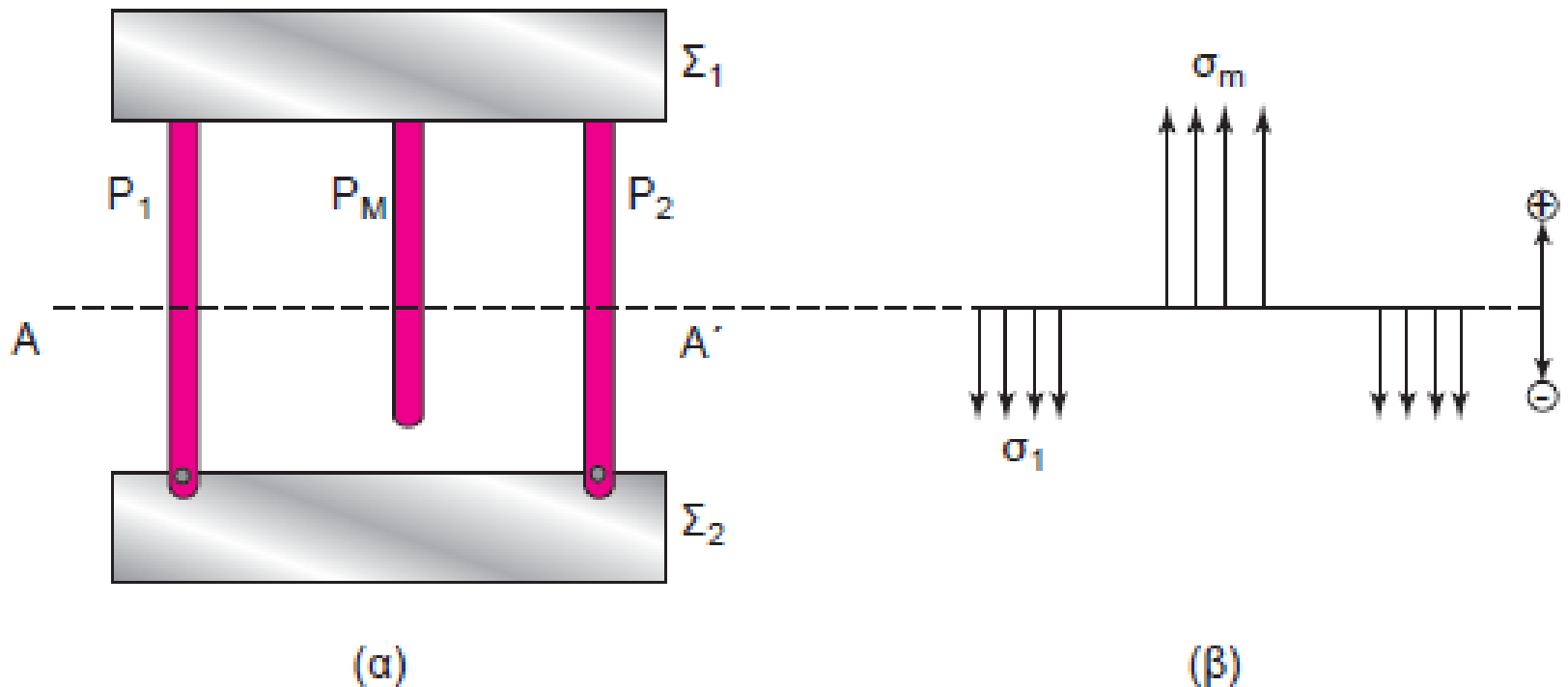
Ισορροπία παραμένουσων τάσεων 2 (1)

Οι παραμένουσες τάσεις επιδρούν σε ένα σώμα το οποίο δεν υποβάλλεται σε εξωτερική φόρτιση. Αυτό σημαίνει ότι η συνισταμένη δύναμη και η συνισταμένη ροπή, που προέρχονται από τις παραμένουσες τάσεις πρέπει να μηδενίζονται σε οποιαδήποτε διατομή οπότε

$$\int \sigma dA=0$$
$$\int dM=0$$

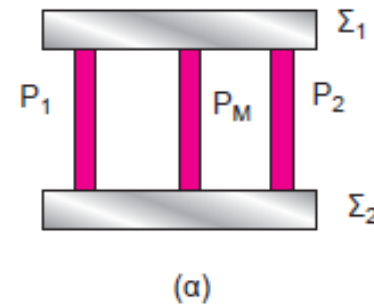
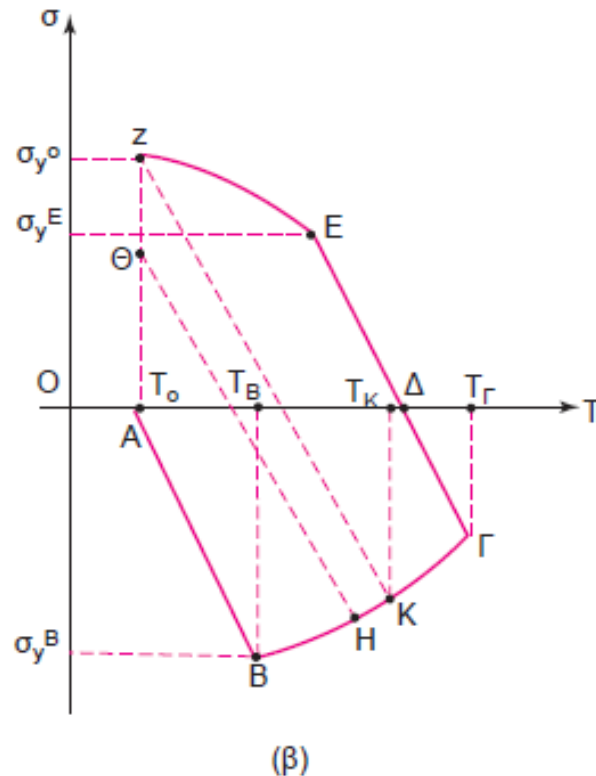
Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι εάν σε μια περιοχή αναπτύσσονται εφελκυστικές τάσεις, τότε σε μια άλλη περιοχή της διατομής θα ανατύσσονται θλιπτικές τάσεις για εξισσορόπιση

Παραμένουσες τάσεις από εξαναγκασμένη συναρμογή 3 (1)



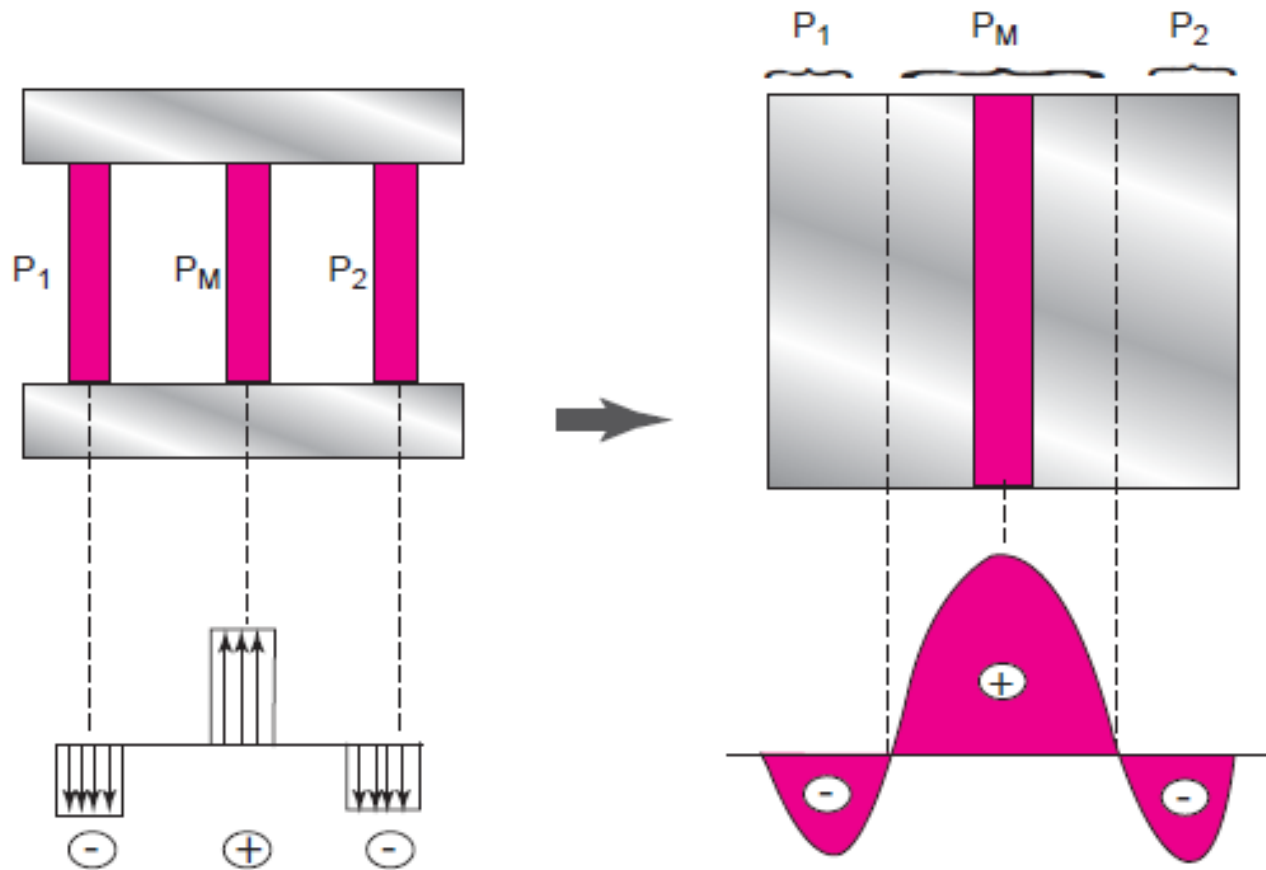
Σχήμα 1: Η διάταξη των τριών ράβδων. Η εξαναγκασμένη συναρμογή της μεσαίας ράβδου στο (α) προκαλεί την ανάπτυξη παραμενουσών τάσεων στο (β)

Παραμένουσες τάσεις από ανομοιόμορφη κατανομή πλαστικών παραμορφώσεων 4 (1)



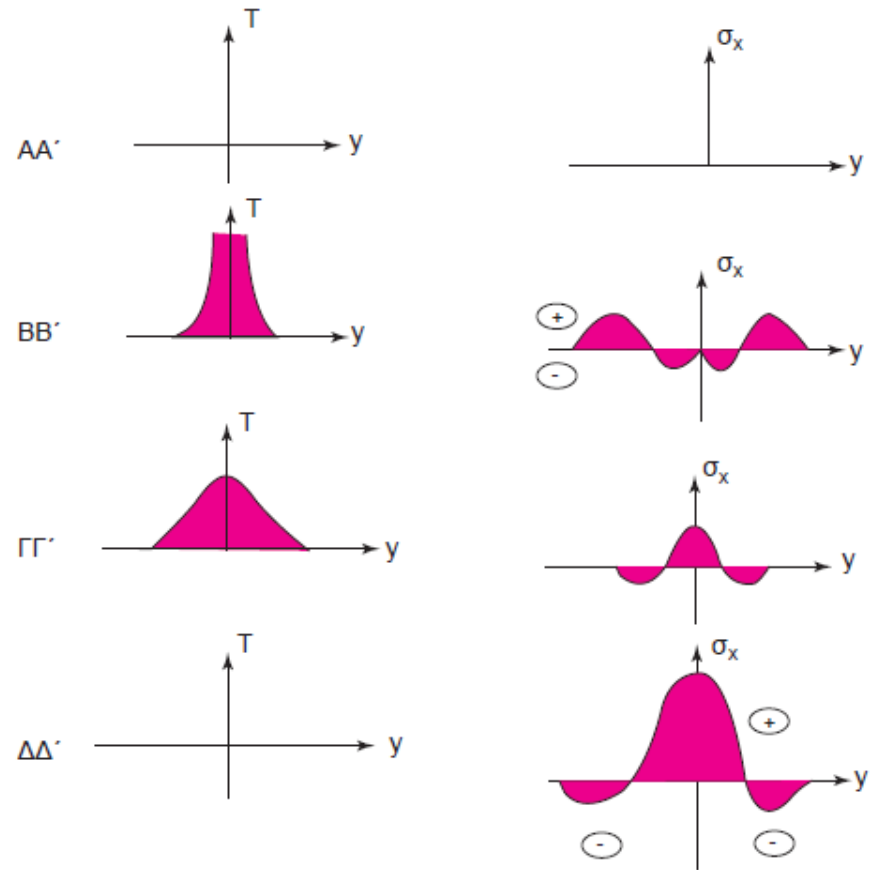
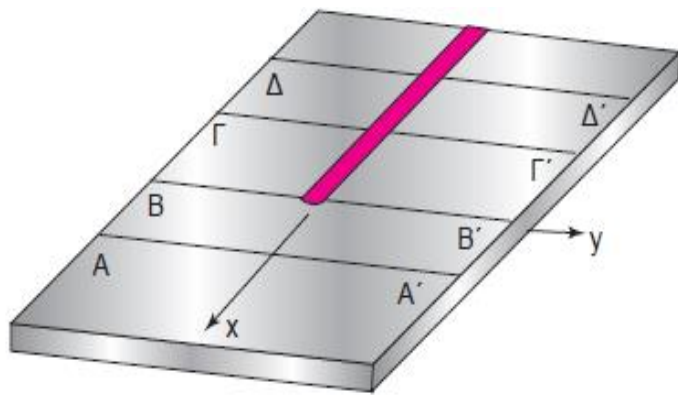
Σχήμα 2: (α) Διάταξη τριών ράβδων με θέρμανση μόνο μεσαίας ράβδου (β) Μεταβολή της τάσης στη μεσαία ράβδο σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία.

Παραμένουσες τάσεις από ανομοιόμορφη κατανομή πλαστικών παραμορφώσεων 4 (2)



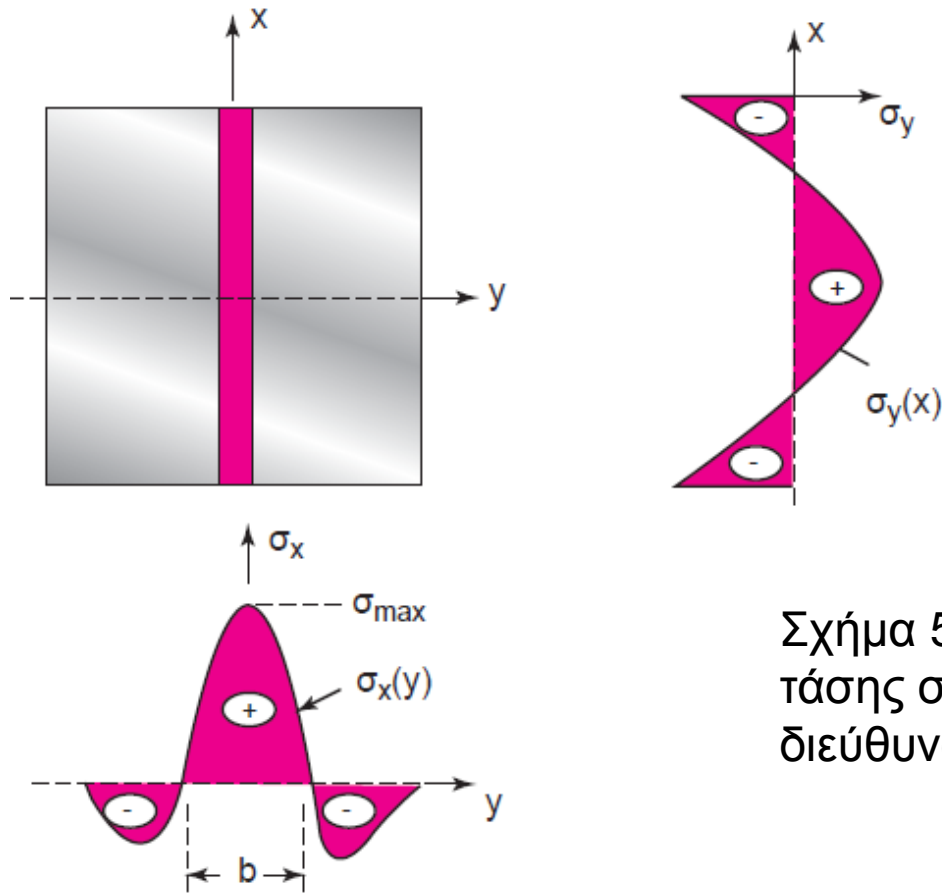
Σχήμα 3: Αντιστοίχιση της ανάπτυξης παραμενουσών τάσεων στη διάταξη των τριών ράβδων με την ανάπτυξη παραμενουσών τάσεων στις συγκολλήσεις

Παραμένουσες τάσεις από ανομοιόμορφη κατανομή πλαστικών παραμορφώσεων 4 (3)



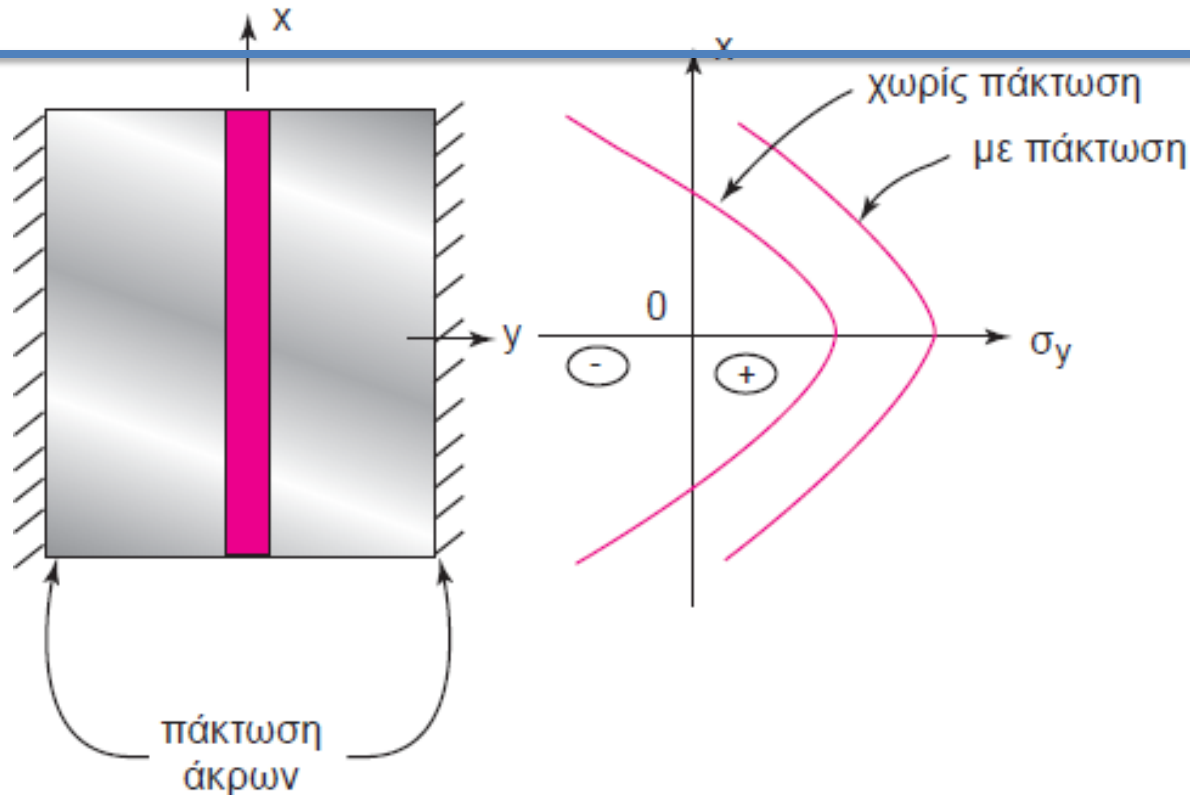
Σχήμα 4: Αντιστοιχία θερμοκρασιακών κατανομών και παραμένουσας τάσης στις συγκολλήσεις

Κατανομές παραμενουσών τάσεων 5 (1)



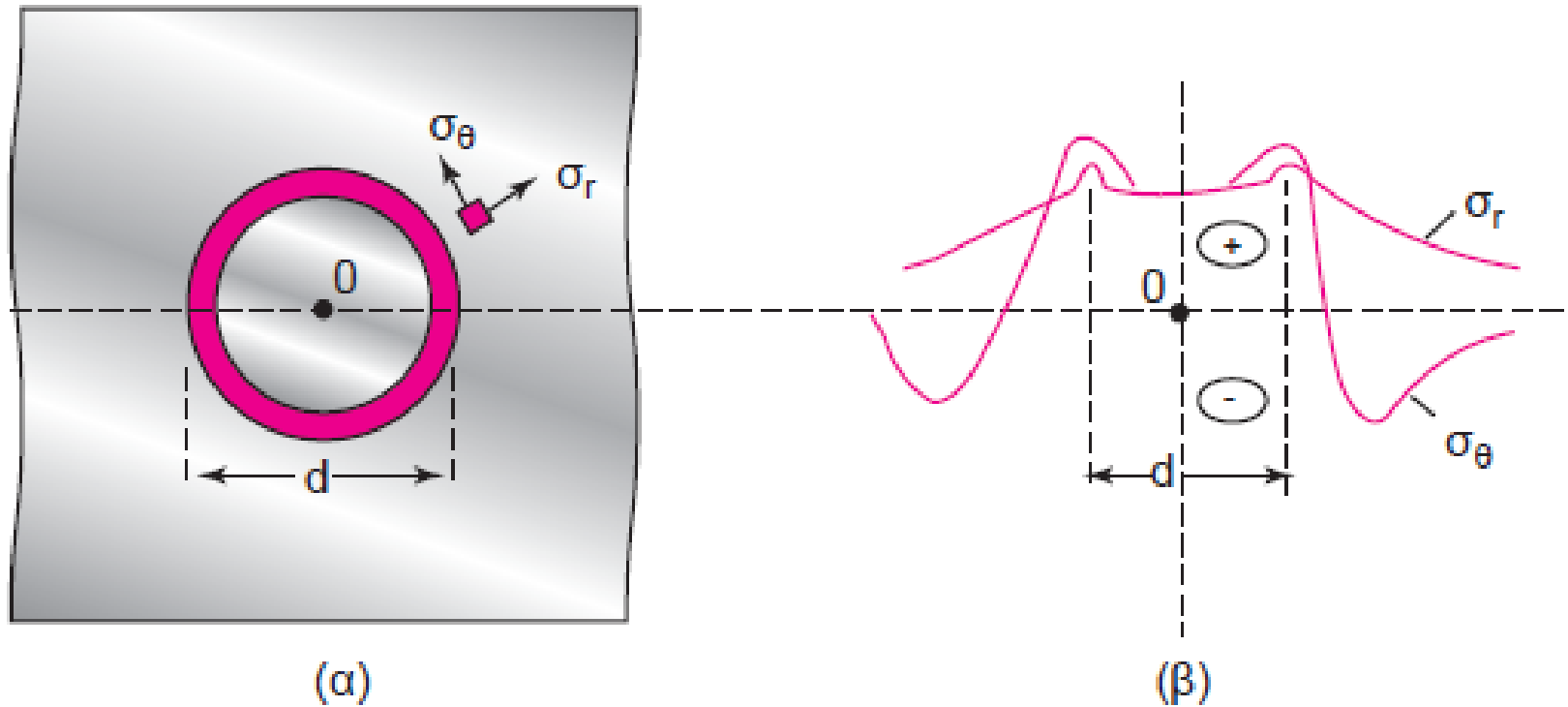
Σχήμα 5: Κατανομή της παραμένουσας τάσης στην εγκάρσια και διαμήκη διεύθυνση σε μία συγκόλληση

Κατανομές παραμενουσών τάσεων 5 (2)



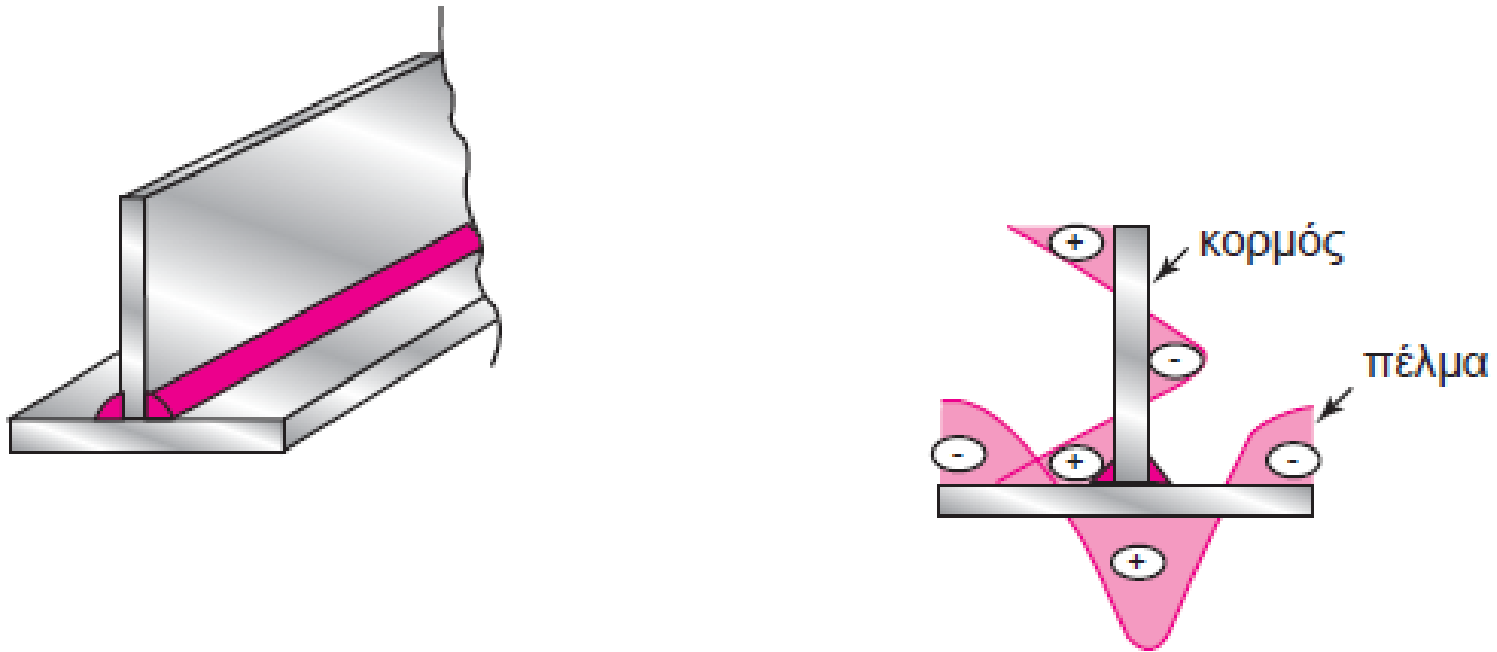
Σχήμα 6: Επίδραση εξωτερικού περιορισμού (πάκτωσης άκρων) στην κατανομή της παραμένουσας τάσης σε μία συγκόλληση

Κατανομές παραμενουσών τάσεων 5 (3)



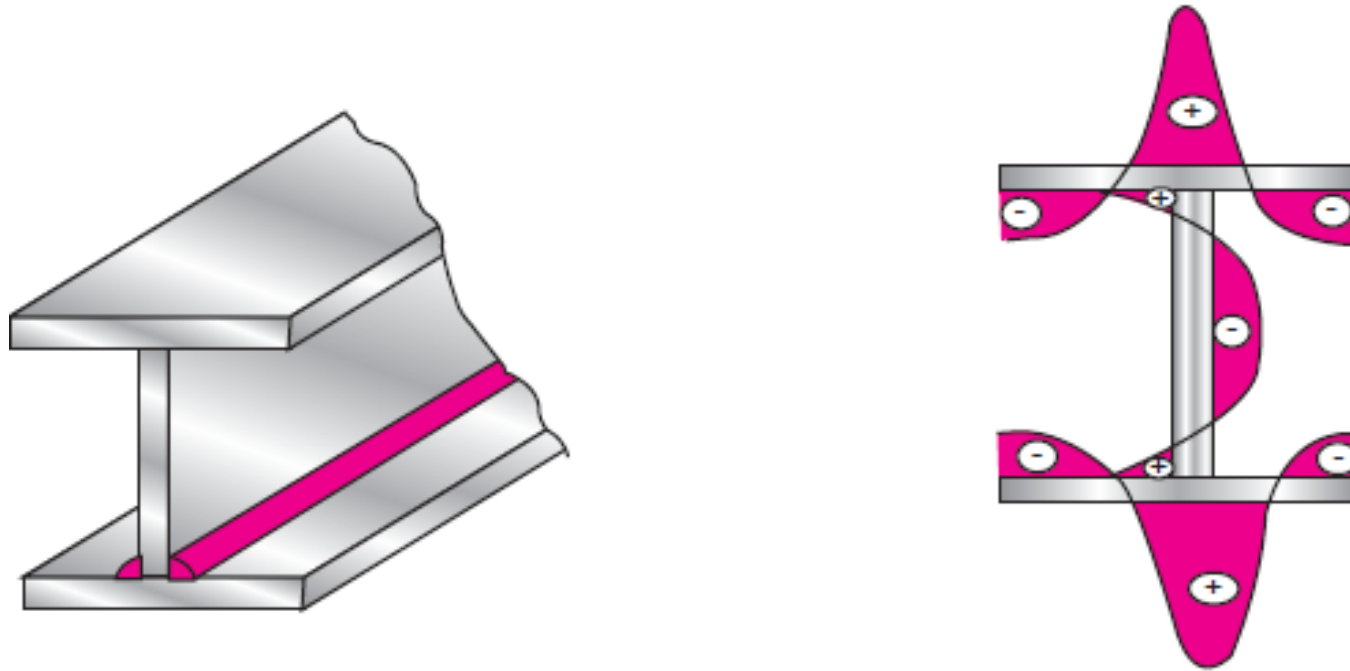
Σχήμα 7: (α) Συγκόλληση κυκλικού δίσκου σε έλασμα (β) Κατανομή παραμενουσών τάσεων σ_r και σ_θ .

Κατανομές παραμενουσών τάσεων 5 (4)



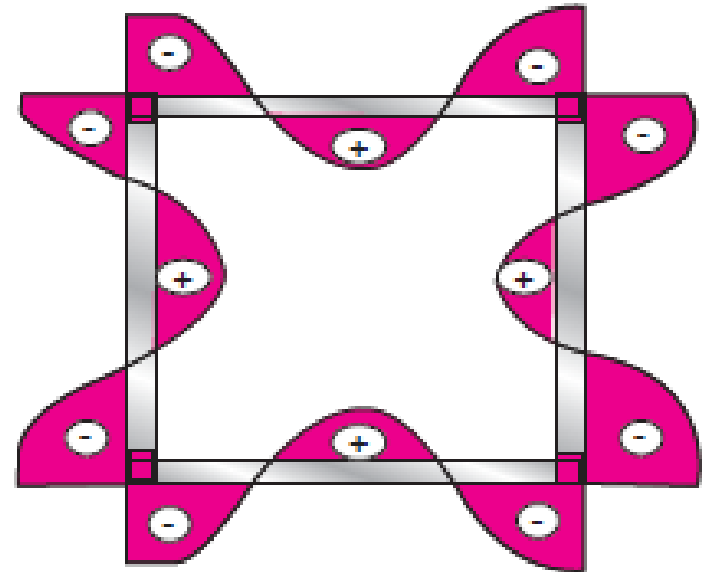
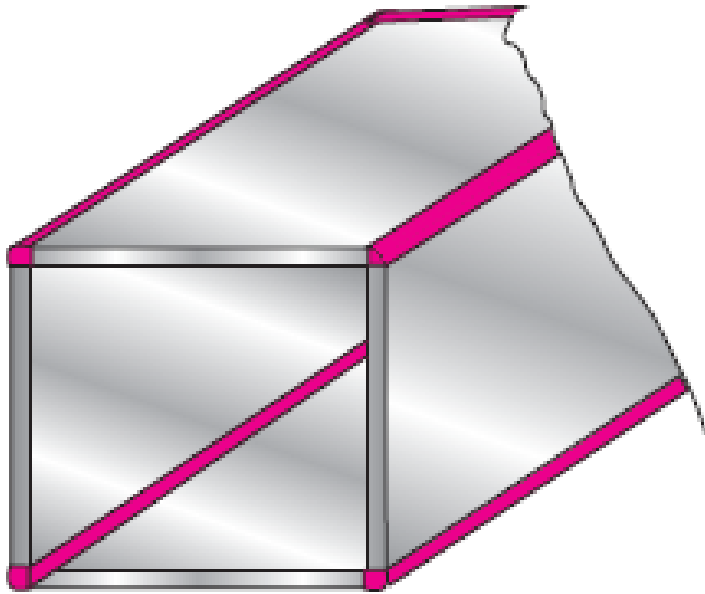
Σχήμα 8: (α) Συγκόλληση δοκού Τα (β) Κατανομή παραμενουσών τάσεων

Κατανομές παραμενουσών τάσεων 5 (5)



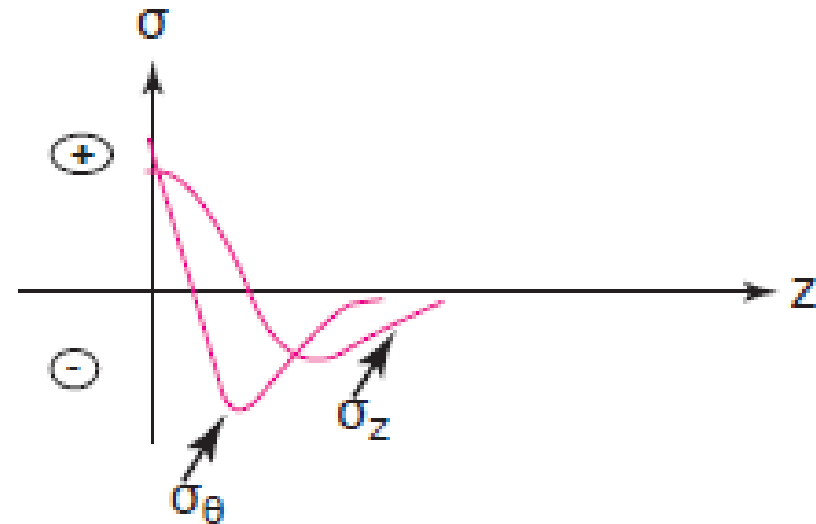
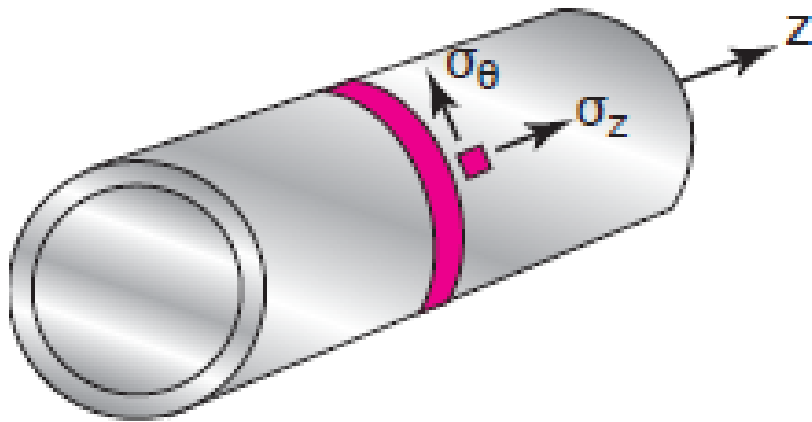
Σχήμα 8: (α) Συγκόλληση δοκού Η (β) Κατανομή παραμενουσών τάσεων

Κατανομές παραμενουσών τάσεων 5 (6)



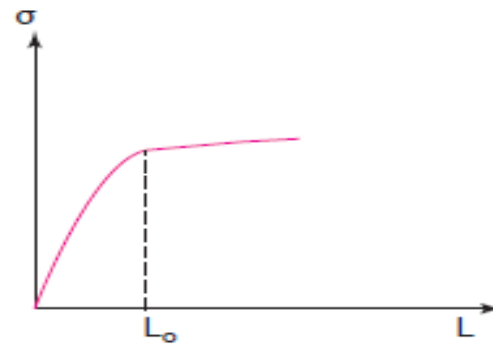
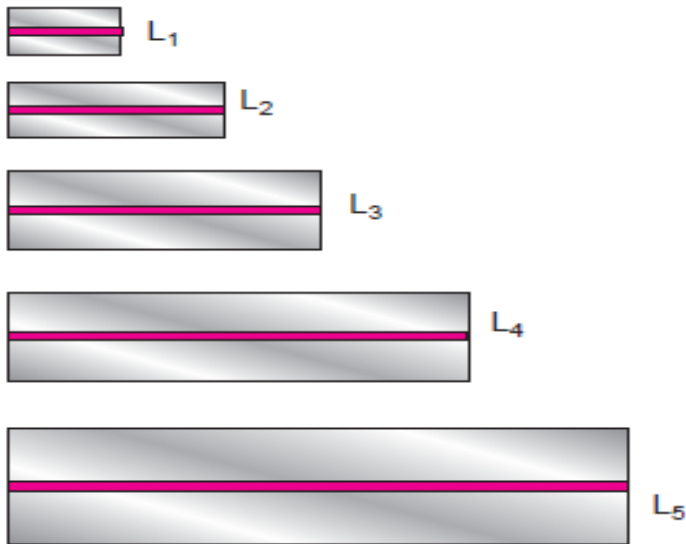
Σχήμα 9: Συγκόλληση κοιλοδοκού τετραγωνικής διατομής (β) Κατανομή παραμενουσών τάσεων

Κατανομές παραμενουσών τάσεων 5 (7)



Σχήμα 11: (α) Περιφερειακή συγκόλληση σε αγωγό (β) Κατανομή παραμενουσών τάσεων

Παράγοντες που επιδρούν στις παραμένουσες τάσεις 6 (1)



Σχήμα 12: Επίδραση του μήκους συγκόλλησης στην παραμένουσα τάση

Παράγοντες που επιδρούν στις παραμένουσες τάσεις 6 (2)

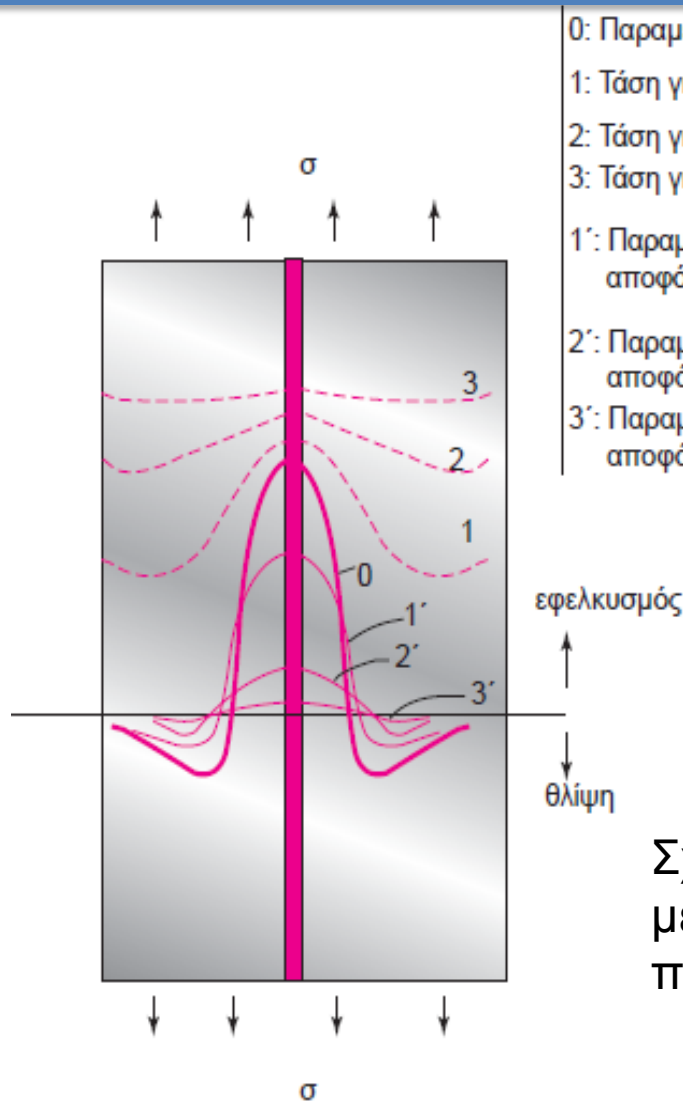
Επίδραση του πλάτους ελάσματος

Όλες οι πειραματικές παρατηρήσεις δείχνουν ότι το πλάτος ελάσματος δεν επηρεάζει το μέγεθος των παραμενουσών τάσεων εφόσον το πλάτος είναι πολύ μεγαλύτερο από το εύρος του πεδίου των παραμενουσών τάσεων

Επίδραση της ακολουθίας/ σειράς συγκόλλησης

Από πειραματικές μετρήσεις έχει βρεθεί ότι η σειρά ή η ακολουθία συγκόλλησης δεν έχει σημαντική επίδραση στο μέγεθος και την κατανομή των παραμενουσών τάσεων. Η ακολουθία συγκόλλησης έχει σημαντική επίδραση μόνο στις παραμορφώσεις των συγκολλήσεων

Επιδράσεις των παραμενουσών τάσεων στη μηχανική συμπεριφορά 7 (1)



0: Παραμένουσα τάση μετά τη συγκόλληση

1: Τάση για εφαρμογή $\sigma=\sigma_1$

2: Τάση για εφαρμογή $\sigma=\sigma_2$

3: Τάση για εφαρμογή $\sigma=\sigma_3$

1': Παραμένουσα τάση μετά την αποφόρτιση από $\sigma=\sigma_1$

2': Παραμένουσα τάση μετά την αποφόρτιση από $\sigma=\sigma_2$

3': Παραμένουσα τάση μετά την αποφόρτιση από $\sigma=\sigma_3$

Η επίδραση των παραμενουσών τάσεων στην μηχανική συμπεριφορά των συγκολλητών κατασκευών εξαρτάται από το μέγεθος των εξωτερικών φορτίων

Σχήμα 13: Κατανομή τάσεων σε συγκόλληση συμβολής με την εφαρμογή ομοιόμορφης εφελκυστικής τάσης παρουσία παραμένουσας τάσης

Επιδράσεις των παραμενουσών τάσεων στη μηχανική συμπεριφορά 7 (1)

Παρατηρήσεις

1. Με την αύξηση των εξωτερικών φορτίων η επίδραση της παραμένουσας τάσης της συγκόλλησης στην κατανομή των τάσεων στο έλασμα μειώνεται
2. Η επίδραση της παραμένουσας τάσης σχεδόν μηδενίζεται όταν τα εξωτερικά φορτία προκαλέσουν γενικευμένη πλαστική παραμόρφωση
3. Οι παραμένουσες τάσεις μειώνονται όταν η κατασκευή υποβληθεί σε υψηλά μηχανικά φορτία
4. Η επίδραση των παραμενουσών τάσεων είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μικρότερα είναι τα εξωτερικά μηχανικά φορτία

Έλεγχος και μείωση των παραμενουσών τάσεων 8(1)

Στις συγκολλητές κατασκευές θα πρέπει οι παραένουσες τάσεις να διατηρούνται στις ελάχιστες δυνατές τιμές. Η επίτευξη αυτή γίνεται με δυο τρόπους

1. Με κατάλληλο σχεδιασμό πριν τη συγκόλληση και
2. Με διαδικασίες ανακούφισης τάσεων μετά τη συγκόλληση.

Έλεγχος και μείωση των παραμενουσών τάσεων 8(2)

Σχεδιασμός πριν τη συγκόλληση

1. Μείωση του όγκου του μετάλλου συγκόλλησης αφού οι παραμένουσες τάσεις επηρεάζονται από τη συστολή του μετάλλου συγκόλλησης κατά τη στερεοποίηση. Πραγματοποιείται με κατάλληλη προετοιμασία των ακμών των ελασμάτων
2. Επίσης ο σχεδιασμός θα πρέπει να στοχεύει στις μικρότερες δυνατές διαστάσεις ανοίγματος της σύνδεσης και τις μικρότερες γωνίες V που επιτρέπουν την πρόσβαση του ηλεκτροδίου για τη συγκόλληση ώστε να ελαχιστοποιείται το μέταλλο συγκόλλησης

Έλεγχος και μείωση των παραμενουσών τάσεων 8(3)

Διαδικασίες ανακούφισης τάσεων μετά τη συγκόλληση

Αφορούν κυρίως θερμικές ή μηχανικές επιδράσεις. Η πιο γνωστή μέθοδος είναι η αποτατική ανόπτηση, η οποία περιλαμβάνει θέρμανση της συγκόλλησης σε κάποια θερμοκρασία. Η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί μείωση του ορίου διαρροής του μετάλλου και επιτρέπει έτσι τη χαλάρωση της παραμένουσας τάσης της πλαστικής παραμόρφωσης.

Η ανακατανομή των παραμενουσών τάσεων κατά την αποτατική ανόπτηση μπορεί να προκαλέσει ανεπιθύμητες παραμορφώσεις στη συγκόλληση.

Οι παραμένουσες τάσεις είναι δυνατόν να μειωθούν και με μηχανικούς τρόπους όπως σφυρηλάτηση, σφαιροβολή και εφαρμογή ταλαντώσεων είτε μηχανικών με υπερήχους