

Μηχανική συμπεριφορά συγκολλήσεων

ΔΙΑΛΕΞΗ 12

Περιεχόμενα ενότητας

- ▶ Εισαγωγή
- ▶ Θραύση
- ▶ Κόπωση

Εισαγωγή

- ❑ Μέχρι το 1970 παρατηρήθηκαν πολλές αστοχίες σε γέφυρες, πλατφόρμες εξόρυξης υδρογονανθράκων, πλοία, πιεστικά δοχεία κτλ. που ξεκίνησαν από τις συγκολλήσεις. Με πολλά χαρακτηριστικά παραδείγματα αστοχίας σε ψαθυρή θραύση
- ❑ Η συγκόλληση εισάγει αρκετά επιβαρυντικά στοιχεία στην κατασκευή, όπως παραμένουσες τάσεις και παραμορφώσεις, ρωγμές, εγκλείσματα κ.α.
- ❑ Ανάλογα τις συνθήκες λειτουργίες οδηγούν στην κατασκευή σε αστοχία

Εισαγωγή

- ❑ Κυριότεροι μηχανισμοί αστοχίας αποτελούν η θραύση και η κόπωση
- ❑ Ο πιο συνήθης μηχανισμός αστοχίας είναι η κόπωση
- ❑ Η θραύση αν και πιο σπάνια έχει σε καταστρεπτικές συνέπειες
- ❑ Όμως με την ανάπτυξη των λογισμικών CAD και FEM, αλλά και με την εισαγωγή της επιστημονικής περιοχής της θραυστομηχανικής σε κώδικες και πρότυπα οι αστοχίες έχουν μειωθεί

Εισαγωγή

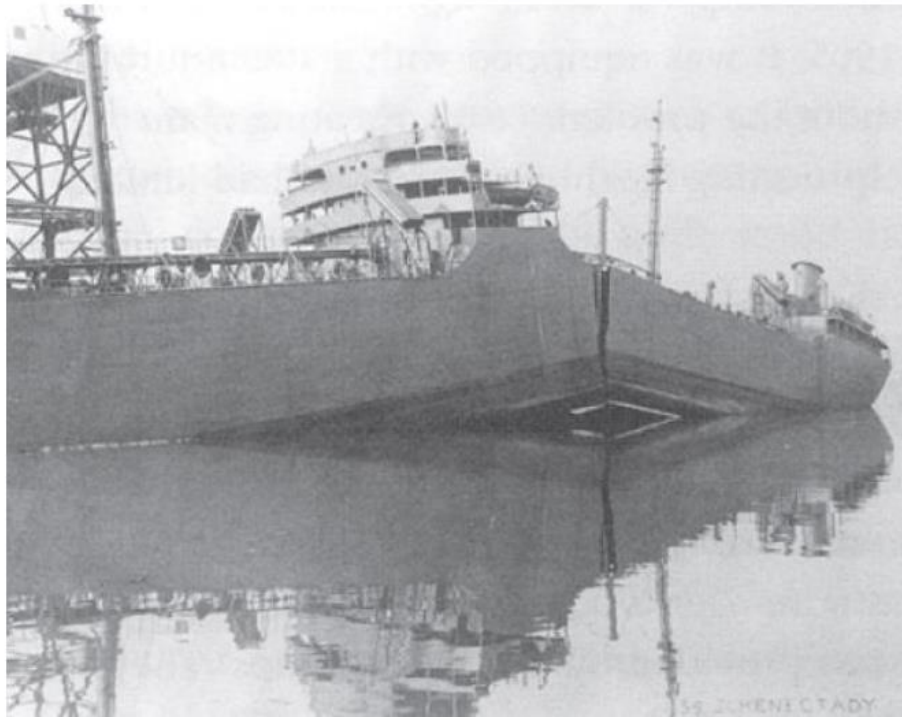
Αστοχίες όμως συνεχίζουν να παρατηρούνται λόγω ανεπαρκούς εκτίμησης των παρακάτω παραγόντων

- ❑ Συνθηκών λειτουργίας
- ❑ Μηχανισμών αστοχίας
- ❑ Ανεπαρκούς επιθεώρησης στη διάρκεια ζωής των κατασκευών
- ❑ Λανθασμένης επιλογής υλικών και διαδικασιών συγκόλλησης

ΜΕΡΟΣ Α

ΨΑΘΥΡΗ ΘΡΑΥΣΗ

Ψαθυρή θραύση συγκολλητών κατασκευών



Σχήμα 1: Το T-2 τάνκερ Schenectady
κομμένο στα δύο

Αναδρομή σε προηγούμενες
αστοχίες από ψαθυρή θραύση

Αστοχίες από ψαθυρή θραύση πιο
συχνές κατά τη διάρκεια του 2^{ου}
Παγκόσμιου πολέμου



1950: θεσπίζονται οι πρώτοι
κανονισμοί για την ποιότητα
χάλυβα κατασκευών



Αναπτύσσεται η Μηχανική
των Θραύσεων

Ψαθυρή θραύση συγκολλητών κατασκευών



Σχήμα 2: Η γέφυρα Point Pleasant στην δυτική Βιρτζίνια (ΗΠΑ) μετά την κατάρρευση της τον Δεκέμβριο του 1967

Ψαθυρή θραύση συγκολλητών κατασκευών



Σχήμα 3: (α) Η πλατφόρμα Alexander Kielland, (β) ένα από τα υποστυλώματα επιπλέει μετά την κατάρρευση της πλατφόρμας τον Μάρτιο του 1980

Εισαγωγή στην ψαθυρή θραύση

- ❑ Κοινά χαρακτηριστικά των αστοχιών σε ψαθυρή θραύση αποτελούν
 - ❑ Οφείλονται σε ασυνέχειες που προκλήθηκαν από τη συγκόλληση
 - ❑ Οφείλονται στη χαμηλή δυσθραυστότητα του μετάλλου, η οποία αποτελεί ιδιότητα του

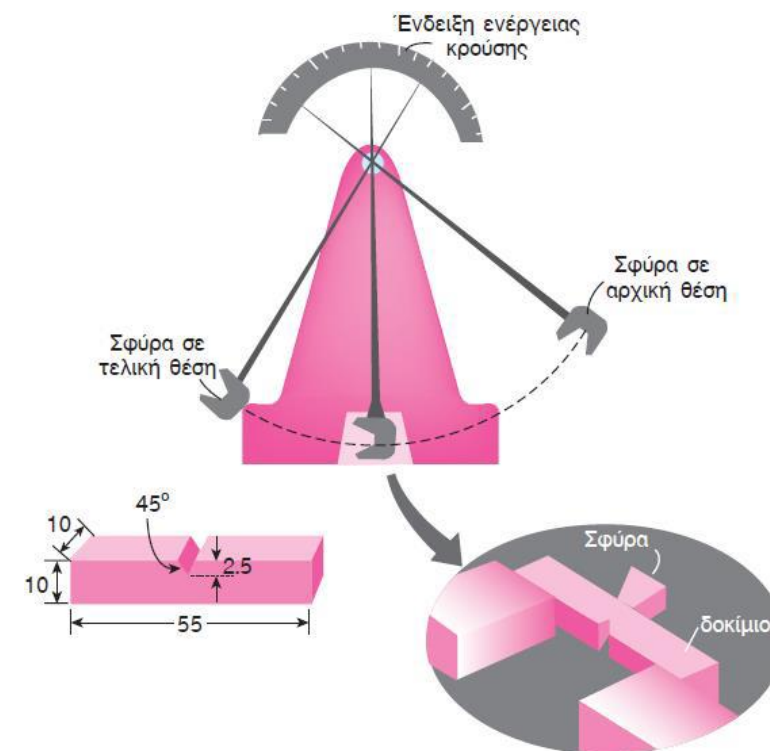
Εισαγωγή στην ψαθυρή θραύση

Η ψαθυρή θραύση συμβαίνει

- ❑ Χωρίς να προηγηθεί πλαστική παραμόρφωση
- ❑ Με εξαιρετικά μεγάλη ταχύτητα
- ❑ Σε καταπονήσεις που δεν ξεπερνούν το όριο διαρροής

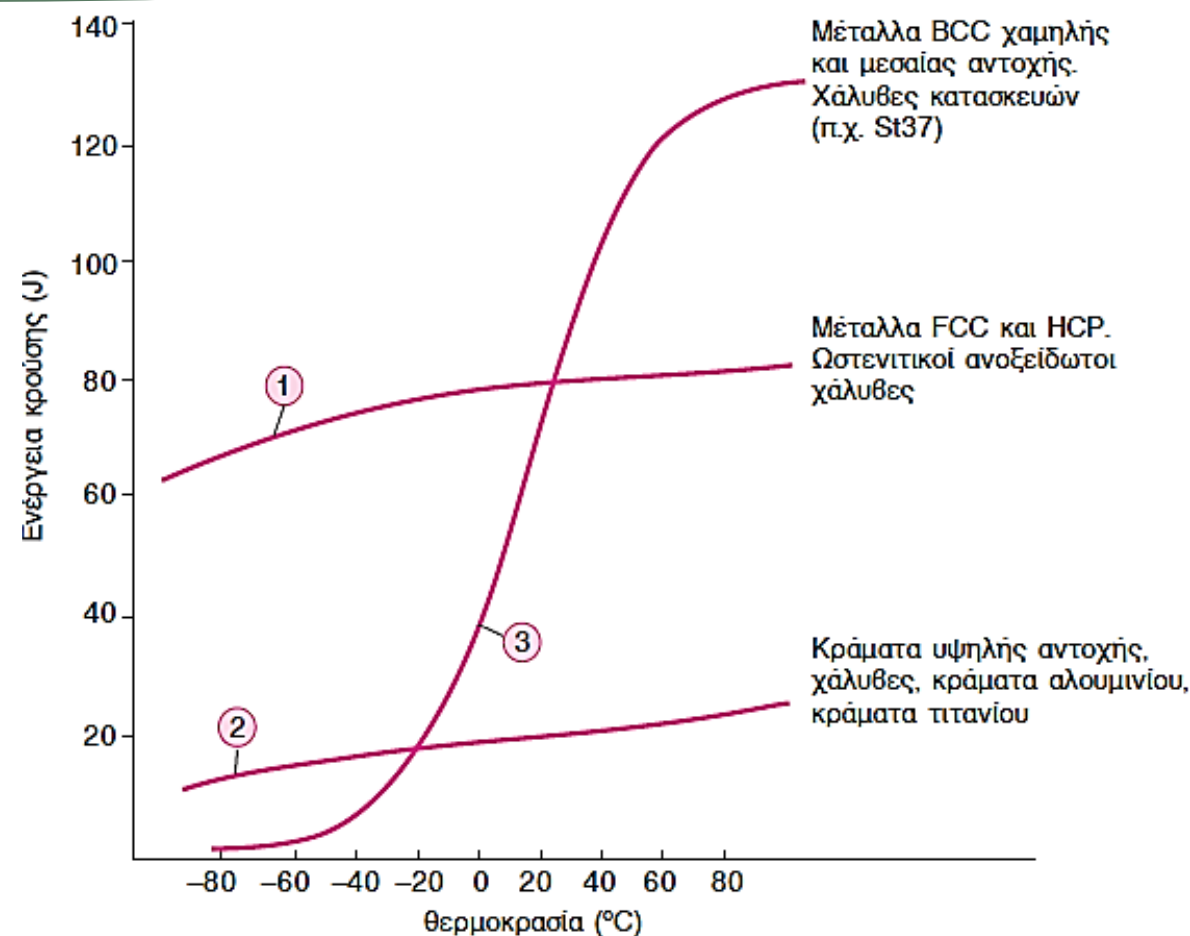
Μετάβαση μετάλλων από την όλκιμη στην ψαθυρή συμπεριφορά

- ▶ Μια σφύρα προσαρμοσμένη σε ένα εκκρεμές επιβάλλει κρουστική φόρτιση
- ▶ Σε δοκίμιο με εγκοπή V
- ▶ η ενέργεια που καταναλώνεται από τη θραύση του δοκιμίου καταγράφεται σε συνάρτηση της θερμοκρασίας
- ▶ Η παραπάνω δοκιμή είναι γνωστή ως δοκιμασία κρούσης Charpy (test ASTM E23)



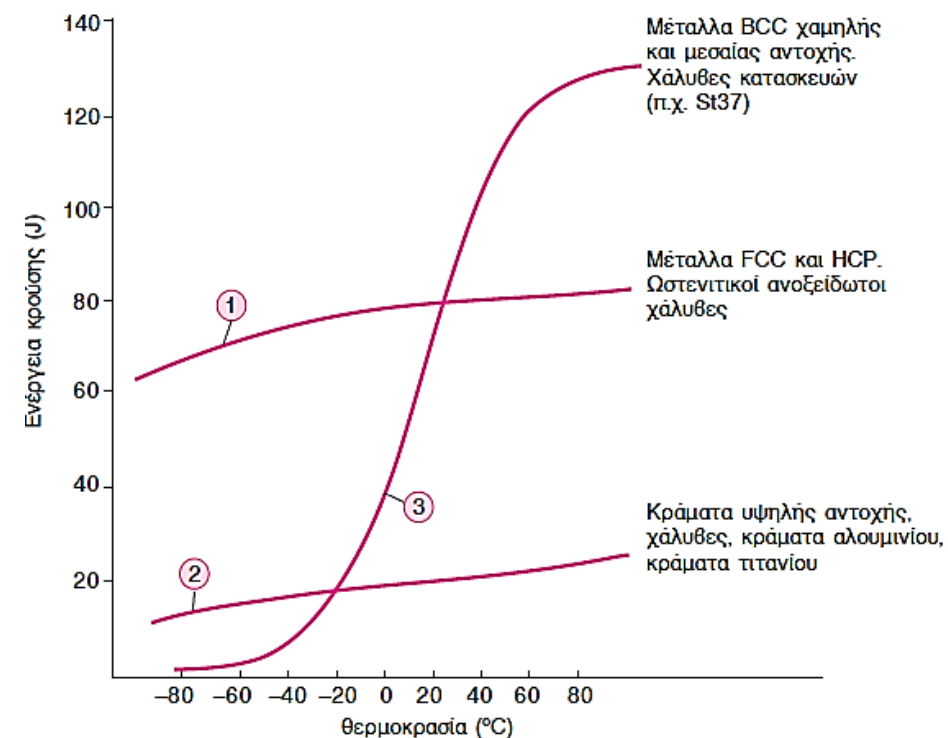
Μετάβαση μετάλλων από την όλκιμη στην ψαθυρή συμπεριφορά

- Υψηλές τιμές ενέργειας → όλκιμη συμπεριφορά (μικροκραματωμένοι χάλυβες)
- Χαμηλές τιμές ενέργειας → ψαθυρή συμπεριφορά (χάλυβες υψηλής αντοχής)



Μετάβαση μετάλλων από την όλκιμη στην ψαθυρή συμπεριφορά

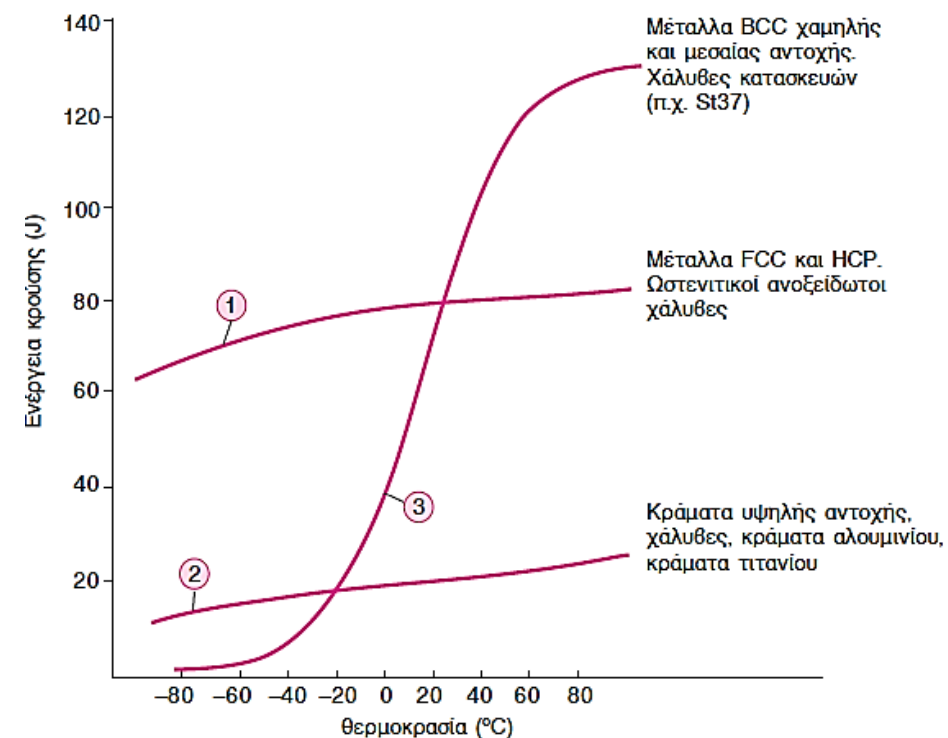
- ❑ Οι χάλυβες των κατασκευών παρουσιάζουν είτε όλκιμη είτε ψαθυρή συμπεριφορά ανάλογα με τη θερμοκρασία
- ❑ Η θερμοκρασία μετάβασης από την όλκιμη στην ψαθυρή συμπεριφορά είναι ένα μέτρο της αντοχής του υλικού
- ❑ Όσο μικρότερη η θερμοκρασία μετάβασης τόσο πιο μεγάλη η δυσθραυστότητα του υλικού



Μετάβαση μετάλλων από την όλκιμη στην ψαθυρή συμπεριφορά

Η θερμοκρασία μετάβασης από την όλκιμη στην ψαθυρή συμπεριφορά προσδιορίζεται είτε

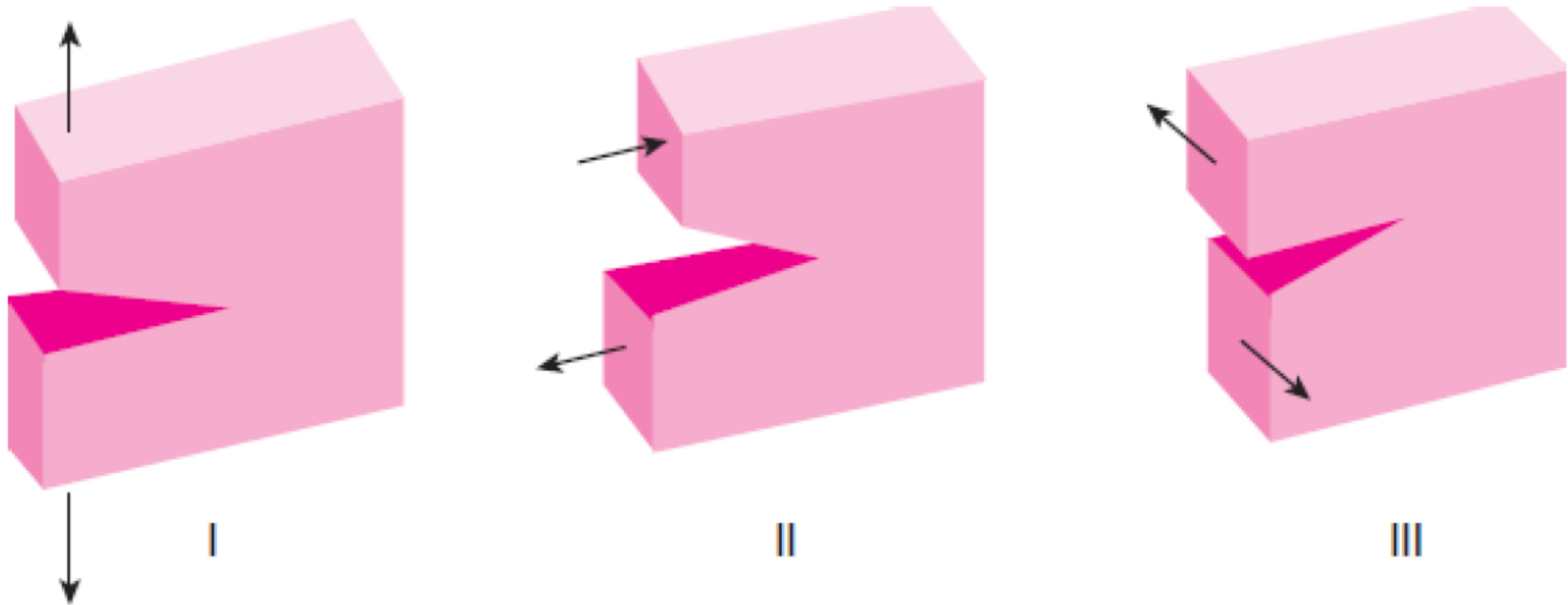
- Σε συγκεκριμένη ενέργεια J
- Εκείνη που η επιφάνεια θραύσης έχει εμφάνιση 50% ψαθυρή και 50% όλκιμη



Εισαγωγή στην μηχανική των θραύσεων

- ❑ Διατυπώνει τις συνθήκες για τη διάδοση μιας αρχικής ρωγμής
- ❑ Βασίζεται στην ανάλυση της εντατικής κατάστασης στην ακμή μιας αρχικής ρωγμής
- ❑ προσφέρει μια μεθοδολογία για το συσχετισμό των παραμέτρων όπως τα επιβαλλόμενα φορτία, οι προϋπάρχουσες ρωγμές και η δυσθραυστότητα του μετάλλου

Τύποι φόρτισης μιας ρωγμής

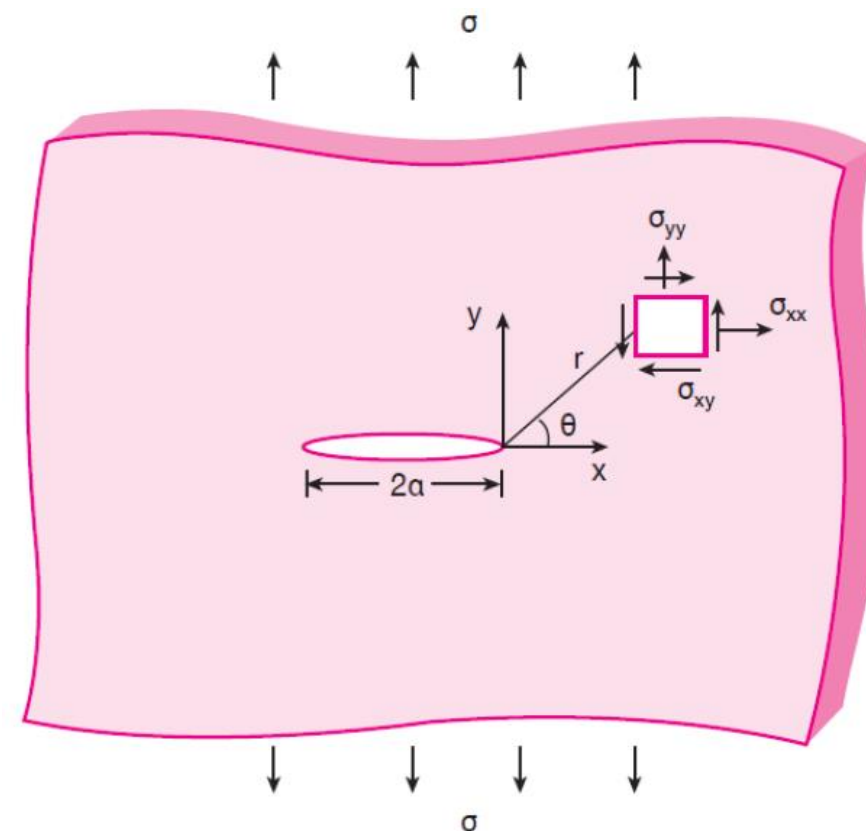


Σχήμα 7: Οι τρεις τύποι για την φόρτιση μιας ρωγμής: τύπος I: εφελκυστικός, τύπος II: συνεπίπεδος διατμητικός, τύπος III: αντισεπίπεδος διατμητικός

Συντελεστής έντασης τάσεων

Ο συντελεστής έντασης τάσεων (stress intensity factor) εξαρτάται από

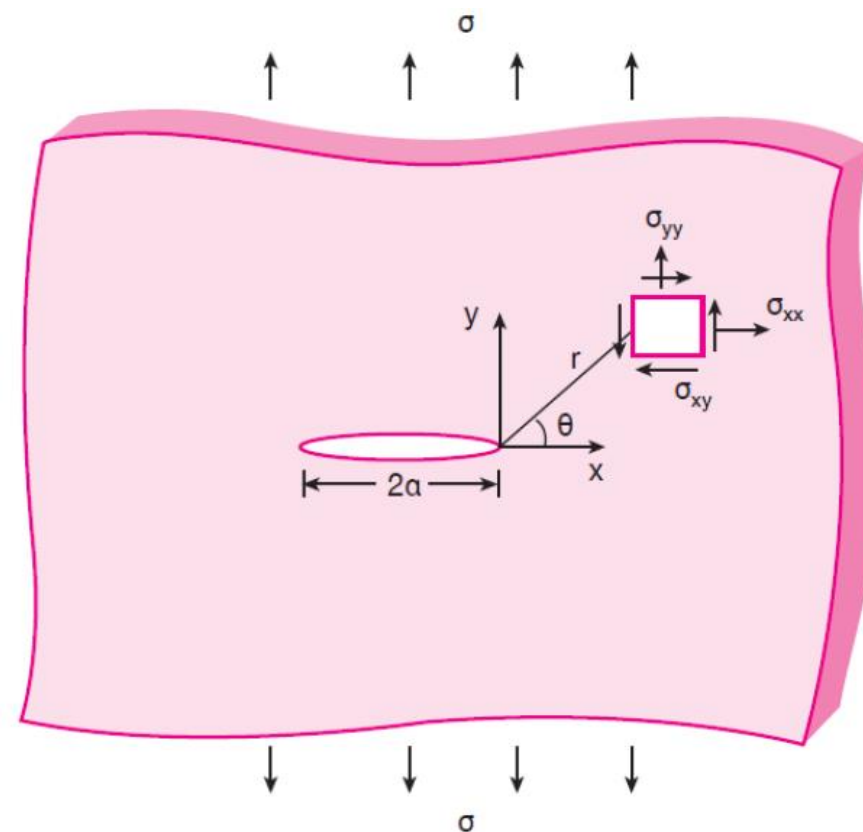
- ▶ Το επιβαλλόμενο φορτίο
- ▶ Το μήκος της ρωγμής a



Συντελεστής έντασης τάσεων

Σε φόρτιση mode I, το τασικό πεδίο είναι ανάλογο του συντελεστή έντασης τάσεων, δηλαδή

- ▶ Παίζει ανάλογο ρόλο με την τάση σε μονοαξονικό εφελκυσμό, με κριτήριο αστοχίας την πλαστική διαρροή
- ▶ Αποτελεί την «κινητήρια δύναμη» της διάδοσης της ρωγμής

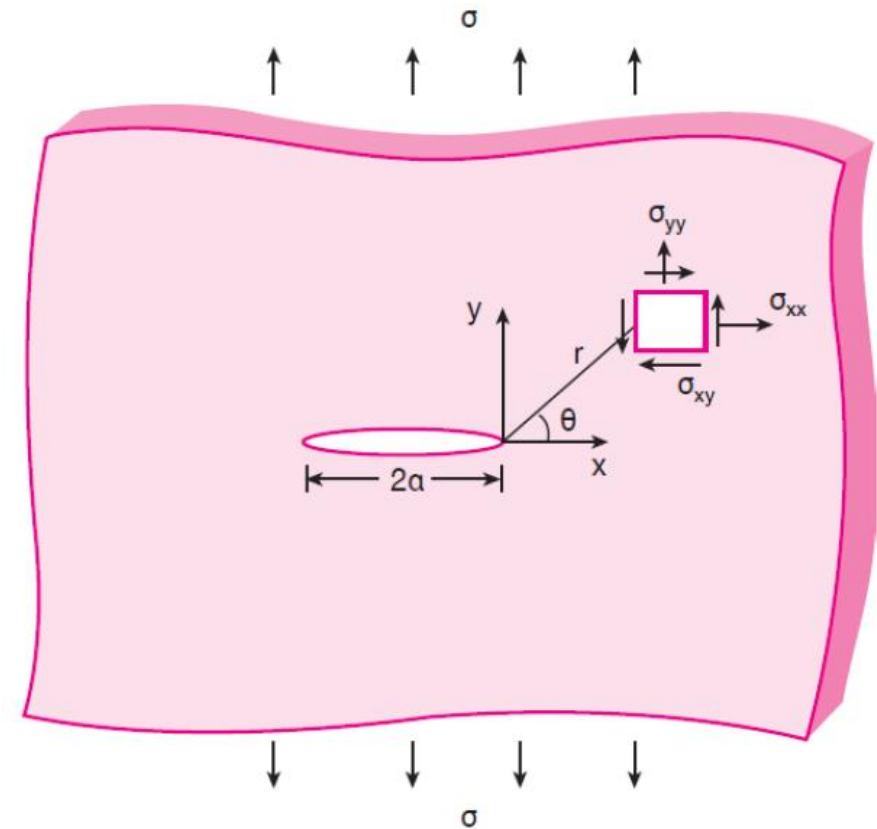


Συντελεστής έντασης τάσεων

- Σε φόρτιση mode I, ο συντελεστής έντασης τάσεων είναι

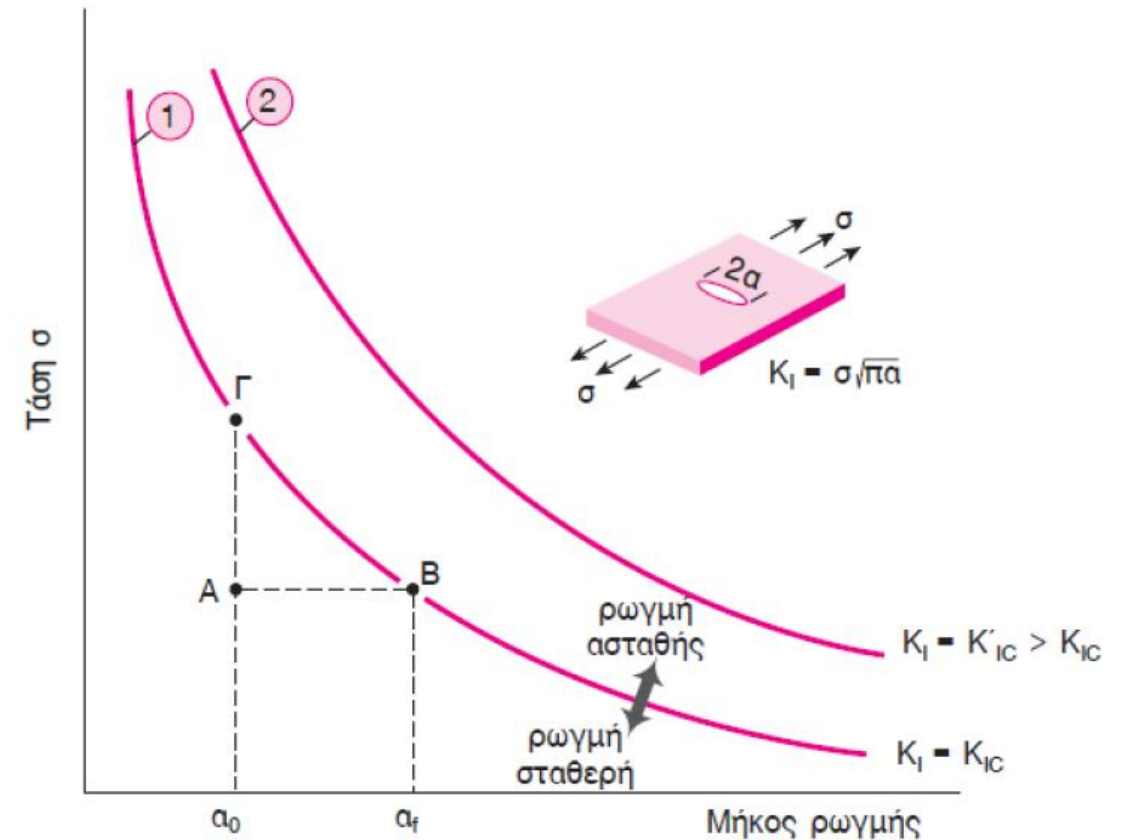
$$K_I = \sigma \sqrt{\pi a} = K_{IC}$$

- Τότε η ρωγμή θα διαδοθεί και θα προκαλέσει θραύση
- Ο K_{IC} ονομάζεται δυσθραυστότητα, και είναι ιδιότητα του υλικού



Συντελεστής έντασης τάσεων

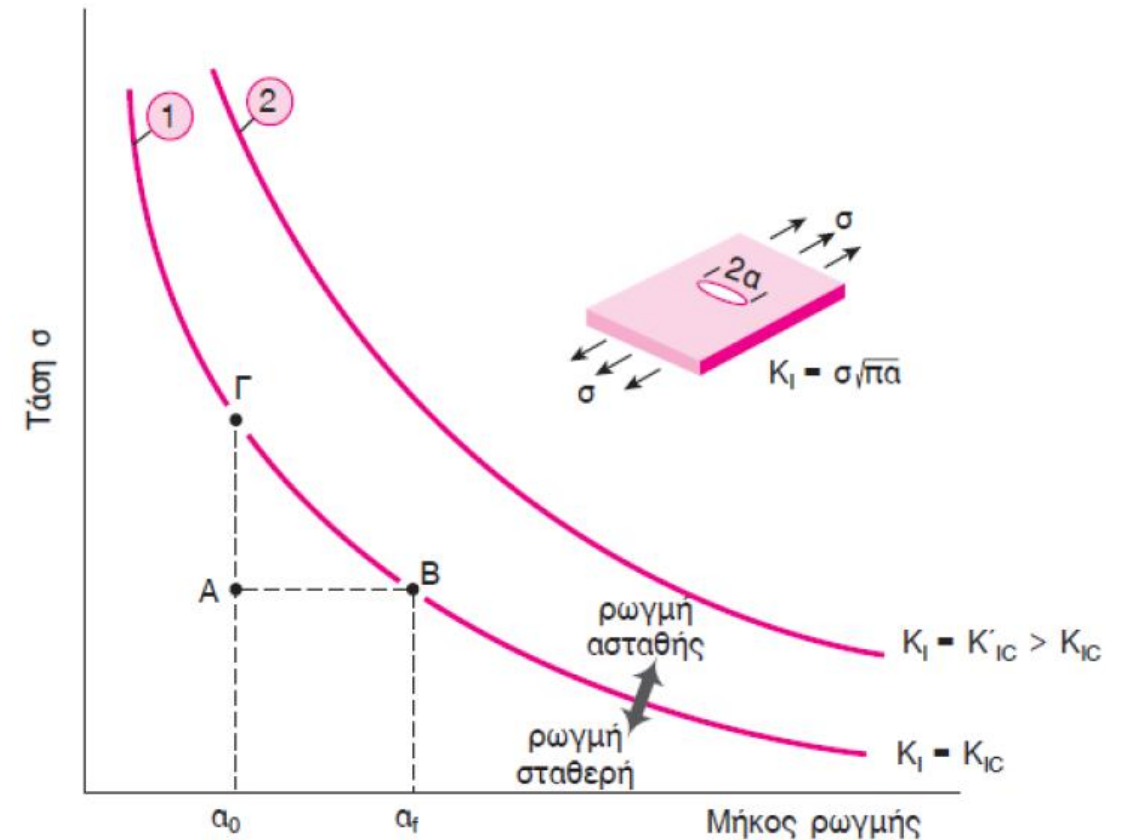
- ❑ Στο σημείο A η ρωγμή είναι σταθερή $K_I^A < K_{IC}$
- ❑ Λόγω υπερφόρτισης στο σημείο Γ, η ρωγμή διαδίδεται $K_I^Γ = K_{IC}$
- ❑ Στο σημείο B, λόγω αύξησης του μήκους της ρωγμής από a_0 σε a_f , η ρωγμή διαδίδεται $K_I^B = K_{IC}$
- ❑ Η αύξηση του μήκους της ρωγμής μπορεί να οφείλεται σε κόπωση ή εργοδιάβρωση (SCC)



Συντελεστής έντασης τάσεων

Και στις δυο περιπτώσεις η χρήση υλικού με $K'_{IC} > K_{IC}$

- ❑ Θα καθυστερούσε την αστοχία
- ❑ Δηλαδή σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της κατασκευής
- ❑ Η παραπάνω παρατήρηση αποτελεί τη βάση της φιλοσοφίας σχεδιασμού με **ανοχή στη βλάβη**

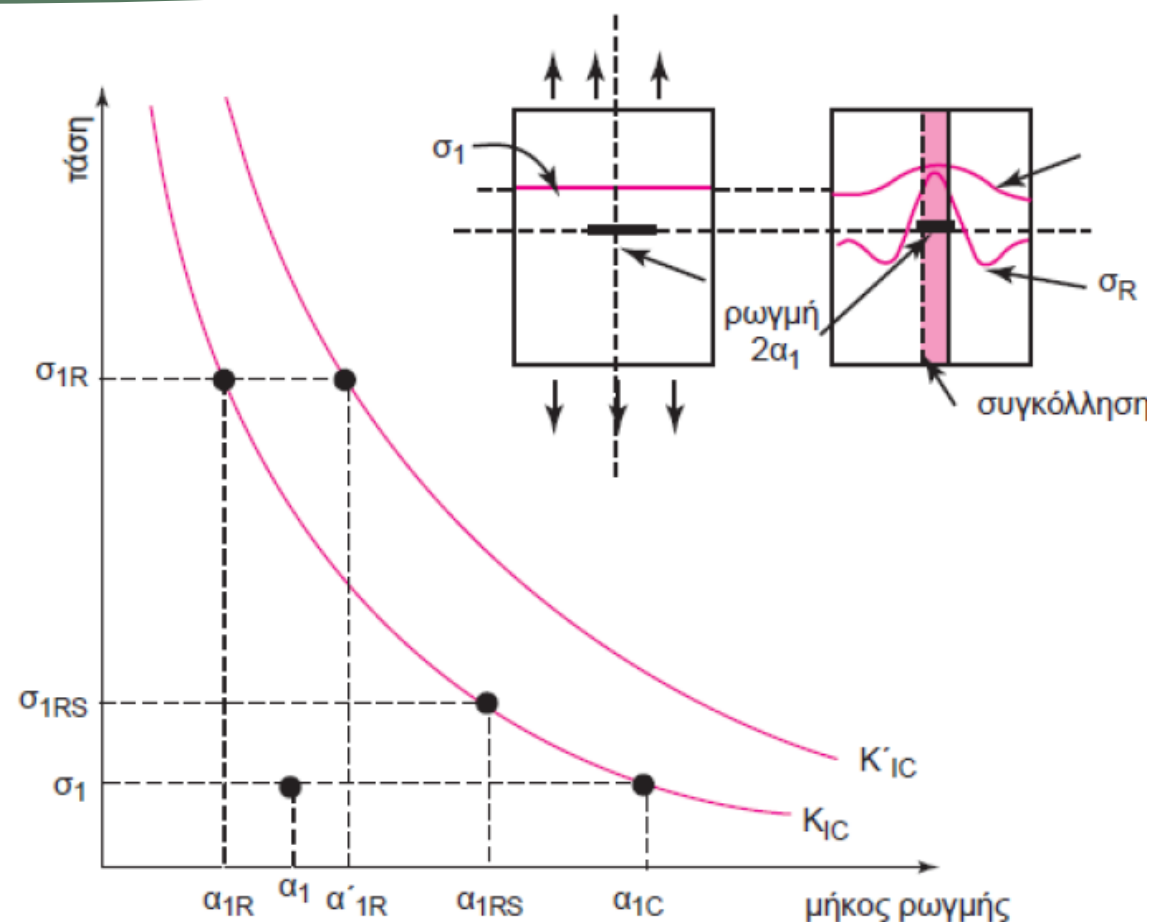


Παράγοντες που επιδρούν στην ψαθυρή θραύση συγκολλήσεων

- ▶ Παραμένουσες τάσεις
- ▶ Η Δυσθραυστότητα
- ▶ Εγκλείσματα και πορώδες

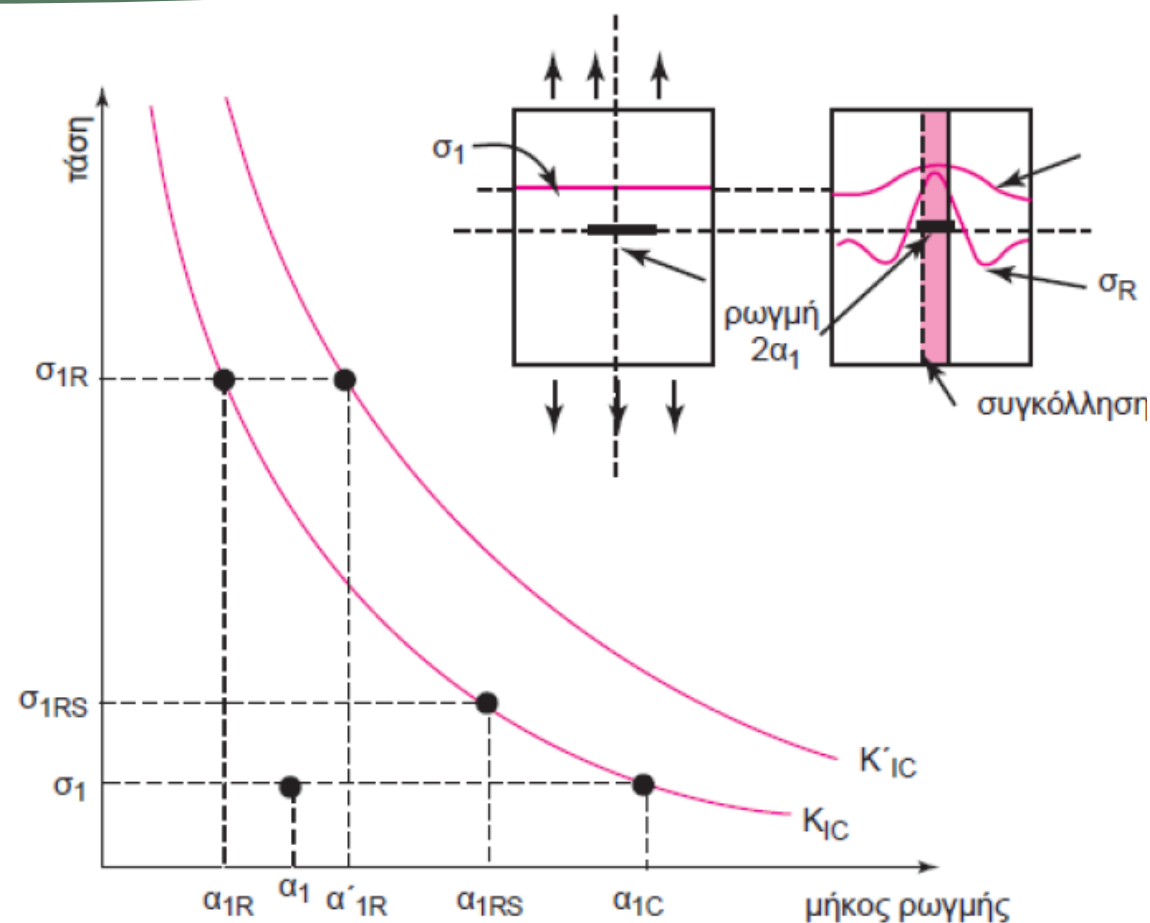
Επίδραση παραμένουσων τάσεων στην ψαθυρή θράυση

- ▶ Οι παραμένουσες τάσεις αθροίζονται διανυσματικά στην εντατική κατάσταση (σ_1)
- ▶ Μπορούν να καταστήσουν μια ρωγμή υπερκρίσιμη (σ_{1R})
- ▶ Με τη χρήση αποτατικής ανόπτησης όμως μπορεί να καταστήσουν μια ρωγμή υποκρίσιμη (σ_{1RS})
- ▶ Γενικότερα είναι σημαντικές σε κατασκευές με χαμηλά επιβαλλόμενα φορτία και όταν οι ρωγμές βρίσκονται σε περιοχές με υψηλές παραμένουσες εφελκυστικές τάσεις



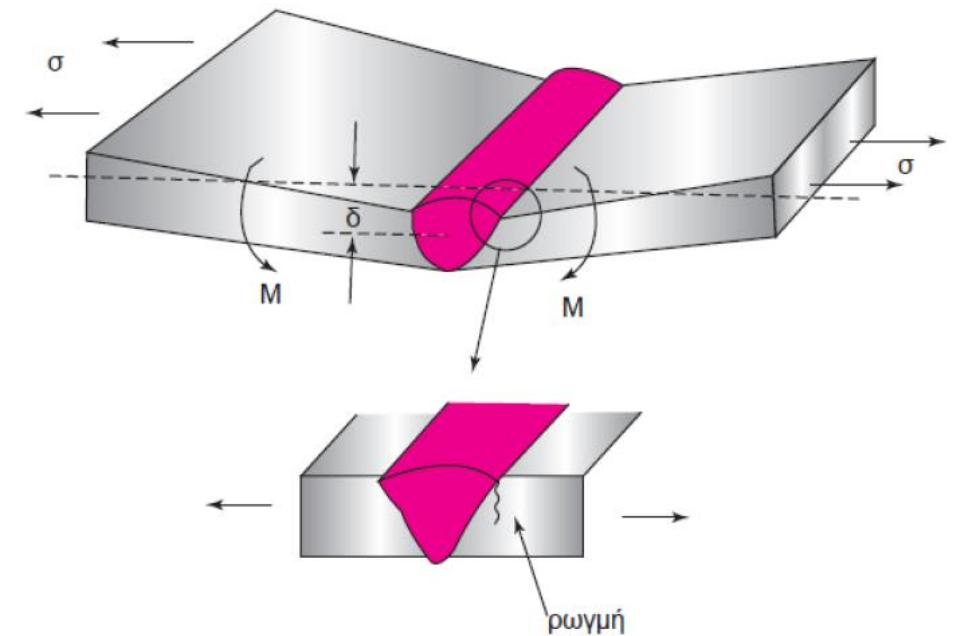
Επίδραση της δυσθραυστότητας στην ψαθυρή θράυση

- ▶ Με κατάλληλη επιλογή της διαδικασίας της συγκόλλησης μπορεί να προκύψει υλικό με μεγαλύτερη δυσθραυστότητα
- ▶ Τα διεθνή πρότυπα προδιαγράφουν τη ΘΕΖ
- ▶ Η δυσθραυστότητα της ΘΕΖ επηρεάζεται από
 - ▶ Μέθοδο της συγκόλλησης
 - ▶ Τις συνθήκες της συγκόλλησης (PEΘ)
 - ▶ Τη χημική σύσταση του BM
 - ▶ Την μικροδομή του BM



Επίδραση των παραμορφώσεων στην ψαθυρή θράυση

- ❑ Μειώνουν την αντοχή σε ψαθυρή θράυση
- ❑ π.χ. λόγω της γωνιακής μεταβολής(δ) προκύπτει από την τάση καμπτική ροπή
- ❑ Η οποία παράγει εφελκυστική τάση
- ❑ Με αποτέλεσμα της δημιουργία ρωγμής στον πόδα της συγκόλλησης



Επίδραση των εκλεισμάτων και του πορώδους στην ψαθυρή θράυση

- ❑ Προκαλούν συγκέντρωση τάσεων, η οποία εξαρτάται από τη γεωμετρία τους
- ❑ Μειώνουν την φέρουσα διατομή της συγκόλλησης

Αντιμετώπιση της ψαθυρής θράυσης στις συγκολλήσεις

Πραγματοποιείται μέσω 2 μεθοδολογιών

- ❑ Αποφυγή της διάδοσης της αρχικής ρωγμής
- ❑ Αναχαίτηση της ρωγμής

Η μεθοδολογία αναχαίτησης της ρωγμής δεν είναι αποδεκτή στα περισσότερα είδη συγκολλήσεων αλλά σε δεξαμενές καυσίμου, και πλοία μεταφοράς υδρογονανθράκων εφαρμόζεται επιπρόσθετα της μεθοδολογίας αποφυγής της διάδοσης της αρχικής ρωγμής

Αποφυγή της διάδοσης της αρχικής ρωγμής

- ▶ Προδιαγραφές δυσθραυστότητας του ΒΜ και ΜΣ, και ειδικότερα αυτή συσχετίζεται με τη σύσταση του μετάλλου, είδος των επιβαλλόμενων φορτιών, τη θερμοκρασία λειτουργίας, θερμικές κατεργασίες κ.α.
- ▶ Έλεγχος παραμένουσων τάσεων και παραμορφώσεων
- ▶ Έλεγχος ασυνεχιών στην περίοδο λειτουργίας της κατασκευής με NDE (π.χ. εφαρμογή συγκολλήσεων επισκευής)

Αναχαίτηση της ρωγμής

Αναχαίτηση της ρωγμής στο σημείο εκκίνησης με

- ❑ Στοιχεία αναχαίτησης της ρωγμής (π.χ. οπές)
- ❑ Μεταβολή στη διατομή των ελασμάτων
- ❑ Προσθήκη ενισχυτικών στοιχείων
- ❑ Ενσωμάτωση στην κατασκευή υλικά με μεγάλη δυσθραυστότητα

Ερωτήσεις - απορίες

ΜΕΡΟΣ Β

ΚΟΠΩΣΗ

Εισαγωγή στην κόπωση

- Η κόπωση είναι ο πιο συνήθης μηχανισμός αστοχίας στις συγκολλήσεις
- Σε όλες τις περιπτώσεις η εισαγωγή μιας συγκόλλησης σε ένα φέρον στοιχείο μιας κατασκευής μειώνει την αντοχή σε κόπωση.
- Έτσι τα φορτία σχεδιασμού σε συγκολλητές κατασκευές που υφίστανται επαναλαμβανόμενη φόρτιση να περιορίζονται από την αντοχή των συγκολλήσεων στην κόπωση

Εισαγωγή στην κόπωση

- Κατά την κυκλική φόρτιση, η κατασκευή υποβάλλεται σε τάσεις και παραμορφώσεις που μεταβάλλονται μεταξύ της μέγιστης και της ελάχιστης τιμής του
- Όταν μια κατασκευή υποβληθεί σε κυκλική φόρτιση μπορεί να αστοχήσει σε φορτία μικρότερα από εκείνα που απαιτούνται για την θραύση από στατικά φορτία. Τότε η κατασκευή αστοχεί λόγω κόπωσης

Εισαγωγή στην κόπωση

- ❑ Η κόπωση προκαλεί τοπική προοδευτική συσσώρευση βλάβης
- ❑ Η οποία χαρακτηρίζεται από την αύξηση του μήκους της ρωγμής
- ❑ Βλάβη αποτελούν η πλαστική παραμόρφωση, μικρορωγμές, σχηματισμός και διάδοση ρωγμών
- ❑ Η τελική γρήγορη θραύση, απαιτεί χρόνο και επέρχεται όταν ικανοποιείται η κρίσιμη συνθήκη θραύσης
- ❑ Έτσι η κόπωση χαρακτηρίζεται από το κρίσιμο μέγεθος της ρωγμής και τη διάρκεια ζωής της κατασκευής

Διάρκεια ζωής κατασκευής

Διακρίνονται 2 φάσεις στη διάρκεια ζωής των κατασκευών

- ❑ Ο αριθμός των κύκλων φόρτισης N_i , που απαιτείται για τη δημιουργία ρωγμών
- ❑ Ο αριθμός των κύκλων φόρτισης N_p , που απαιτείται για την ανάπτυξη και διάδοση της ρωγμής στο κρίσιμο μέγεθος της

$$N_f = N_i + N_p$$

Διάρκεια ζωής κατασκευής

Ο αριθμός των κύκλων φόρτισης N_i , που απαιτείται για τη δημιουργία ρωγμών εξαρτάται από την κατάσταση της επιφάνειας

- Σε διαβρωμένα τεμάχια ή τεμάχια με εγχοπές $N_i = 10\%N_f$
- Σε τεμάχια χωρίς ατέλειες στην επιφάνεια $N_i = 90\%N_f$

Πολυκυκλική και ολιγοκυκλική φόρτιση

- ❑ Η πολυκυκλική φόρτιση χαρακτηρίζεται από μικρές καταπονήσεις και μεγάλη διάρκεια ζωής
- ❑ Η ολιγοκυκλική φόρτιση χαρακτηρίζεται από μεγάλες καταπονήσεις, που επιφέρουν σημαντική πλαστική παραμόρφωση
- ❑ Χαρακτηριστικό παράδειγμα ολιγοκυκλικής φόρτισης αποτελούν στοιχεία πυρηνικών αντιδραστήρων, τα οποία σχεδιάζονται για να φέρουν μεγάλα φορτία κατά το άναμα και σβήσιμο των πυρηνικών αντιδραστήρων

Πολυκυκλική κόπωση

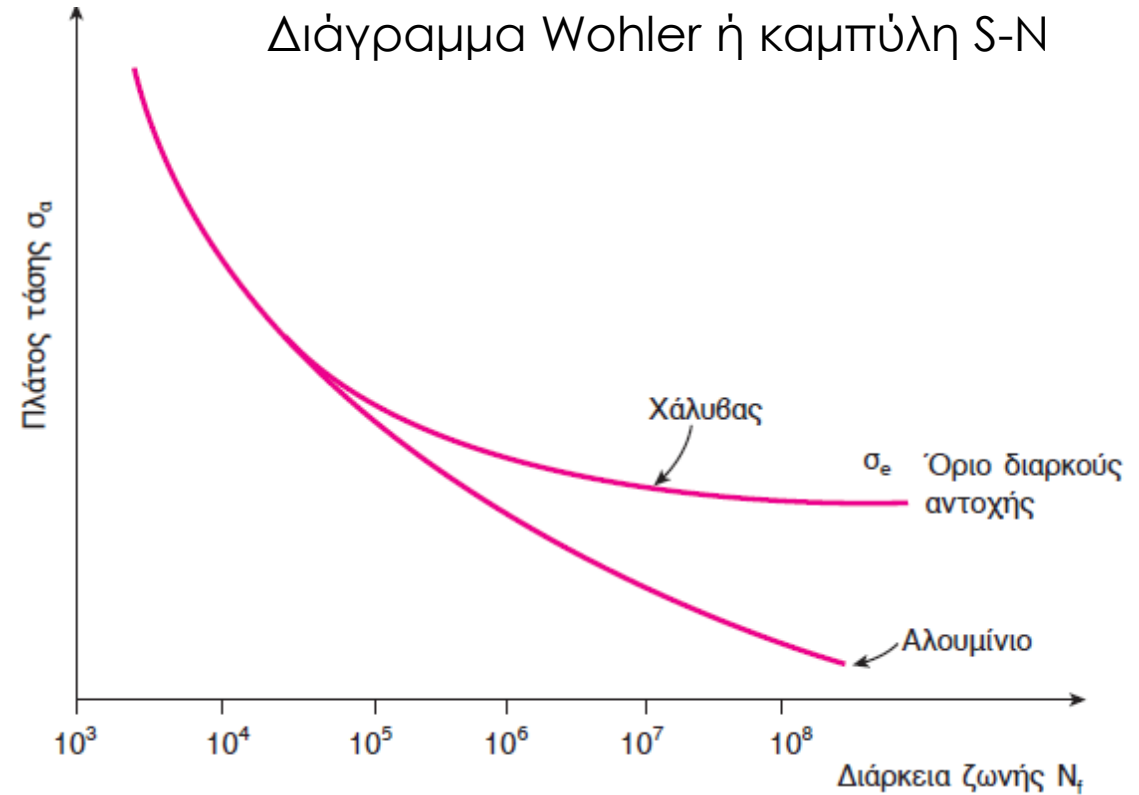
$$\Delta\sigma = \sigma_{\max} - \sigma_{\min}$$

$$\sigma_a = \frac{\Delta\sigma}{2}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$$

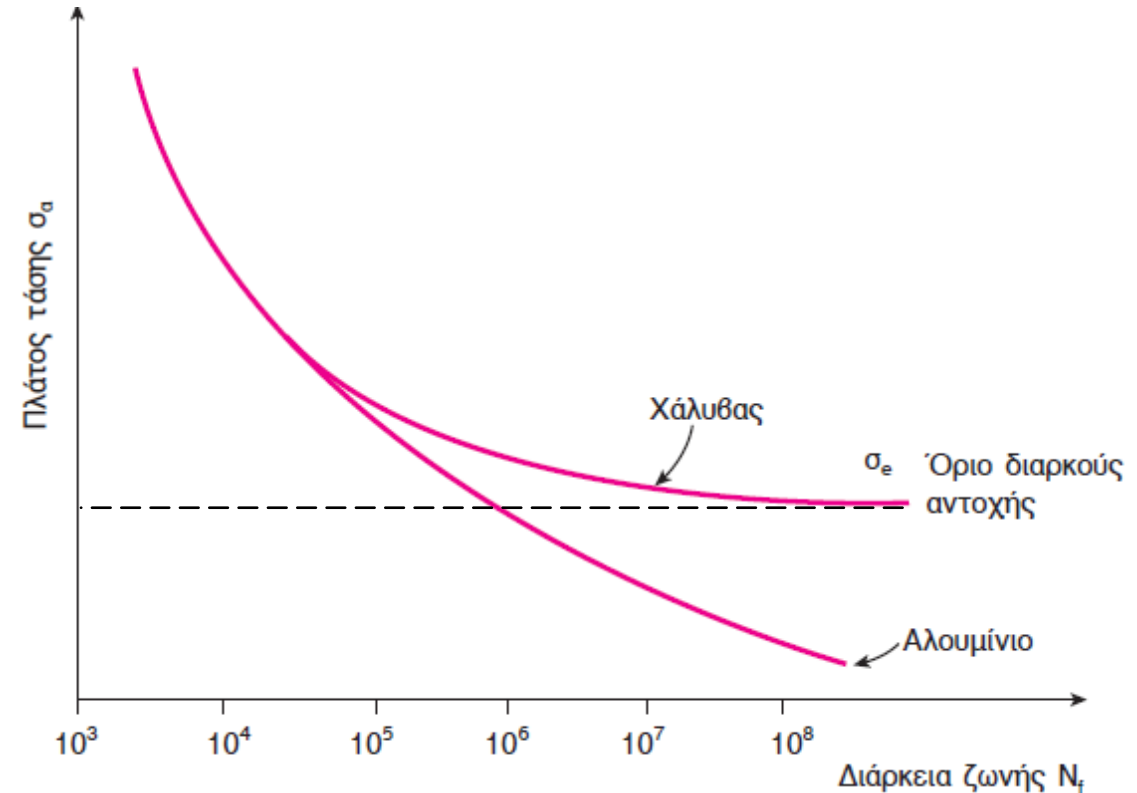
$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$

Διάγραμμα Wohler ή καμπύλη S-N



Πολυκυκλική κόπωση

- Όριο διαρκούς αντοχής: το πλάτος της κυκλικής τάσης, κάτω από το οποίο το υλικό εμφανίζει άπειρη διάρκεια ζωής
- Είναι διακριτό σε πολλούς χάλυβες
- Δεν εμφανίζεται σε χάλυβες με υψηλή αντοχή και μη σιδηρούχα κράματα, π.χ. κράματα Al



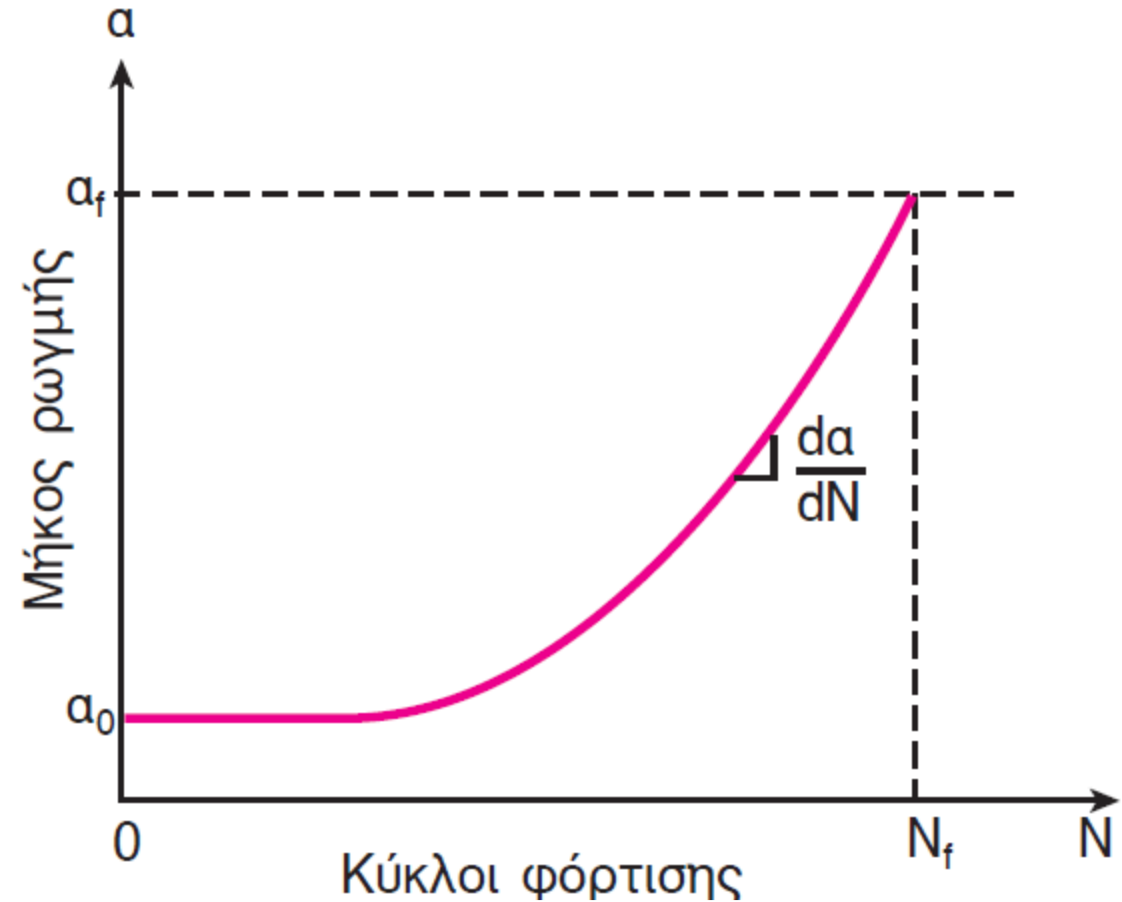
Στοιχεία κόπωσης συγκολλήσεων

- ❑ Στις συγκολλήσεις θεωρούμε την ύπαρξη ρωγμών από την κατασκευή τους.
Δηλαδή $N_f = N_p$
- ❑ Το μήκος της αρχικής ρωγμής προσδιορίζεται με τη χρήση NDE
- ❑ Σε περίπτωση μη ανίχνευσης ρωγμής θεωρούμε ότι το μέγιστο μήκος της αρχικής ρωγμής είναι ίσο με το όριο ανίχνευσης της μεθόδου μη καταστρεπτικού ελέγχου

Στοιχεία κόπωσης συγκολλήσεων

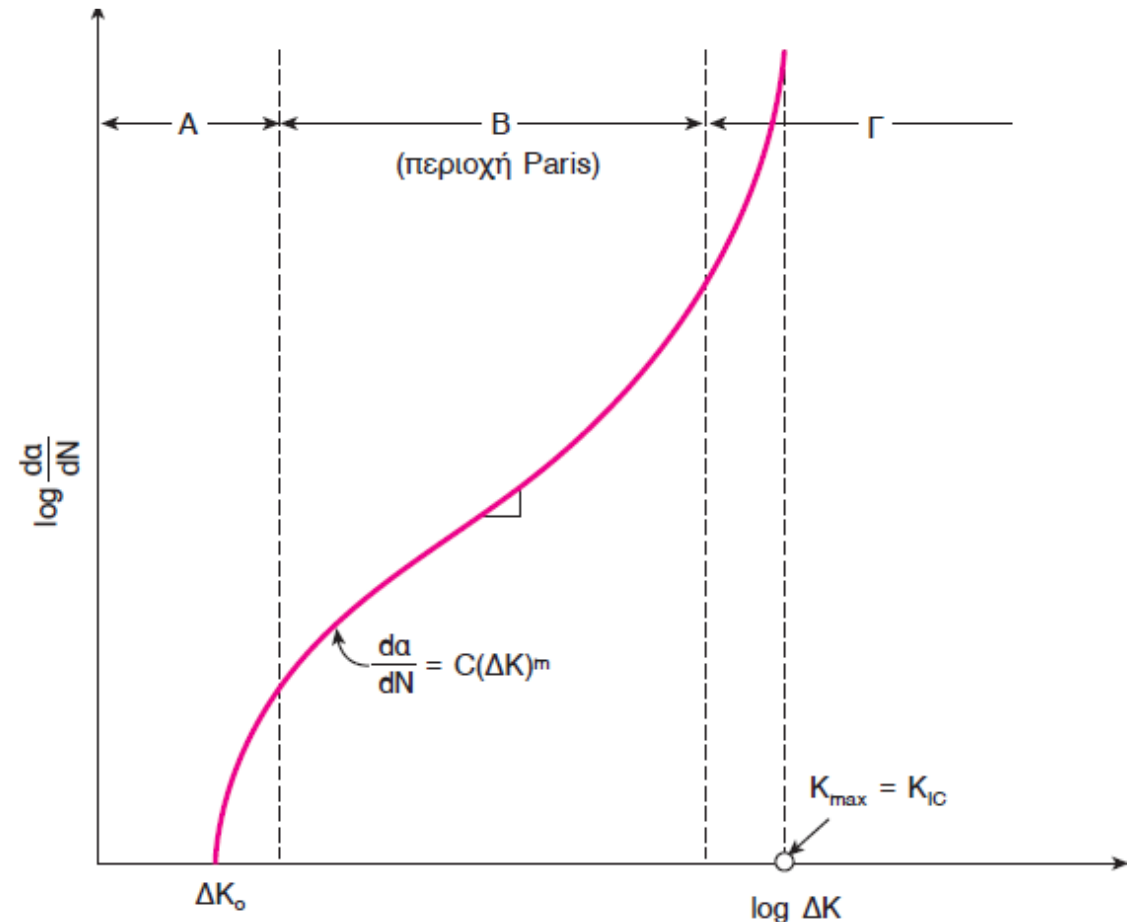
$$\frac{da}{dN}$$

Ρυθμός αύξησης μήκους ρωγμής



Στοιχεία γραμμικής μηχανικής των θραύσεων

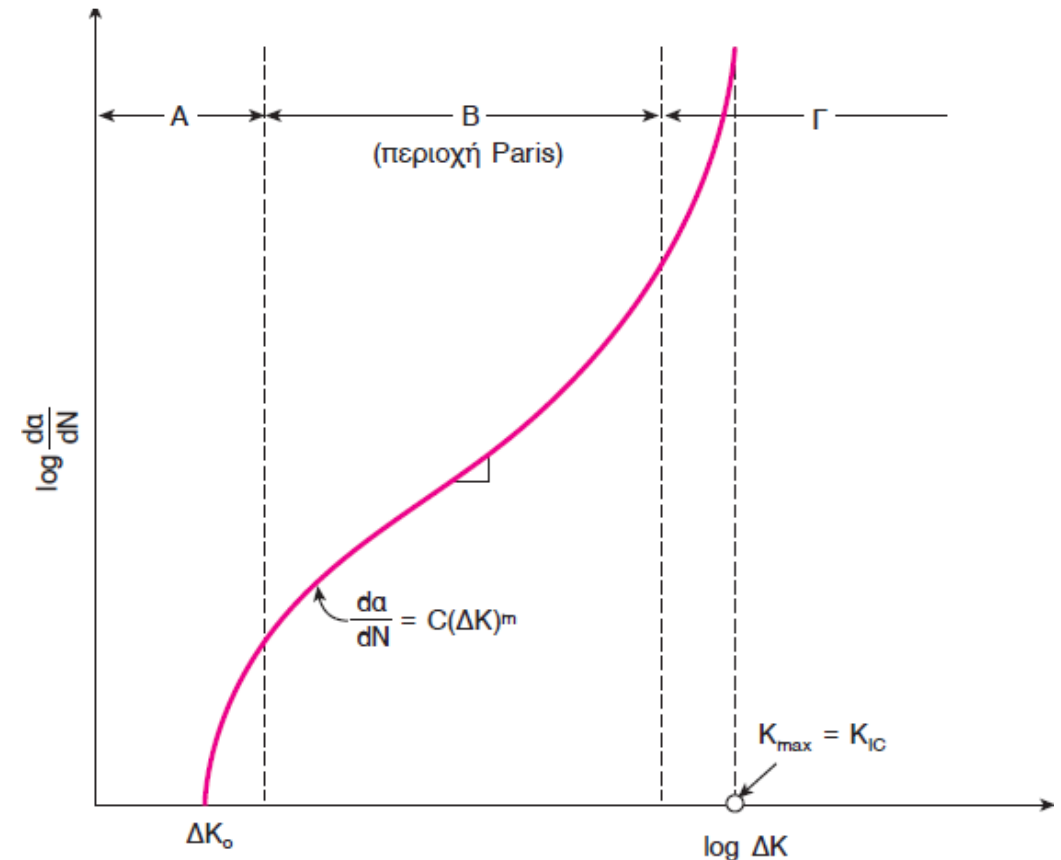
- Η κυκλική φόρτιση εκφράζεται από το εύρος του συντελεστή έντασης τάσεων ΔK
- Σε λογαριθμικό διάγραμμα η συσχέτιση του συντελεστή έντασης τάσεων με τον ρυθμό ανάπτυξης της ρωγμής έχει **σιγμοειδή μορφή**



Στοιχεία γραμμικής μηχανικής των θραύσεων

Το διάγραμμα ταχύτητας ανάπτυξης της ρωγμής σε συνάρτηση με το εύρος του συντελεστή έντασης των τάσεων χωρίζεται σε 3 περιοχές

- Περιοχή Α: Μικρές τιμές ΔK , εξαιρετικά αργή ανάπτυξη της ρωγμής, ουσιαστικά δεν αναπτύσσεται



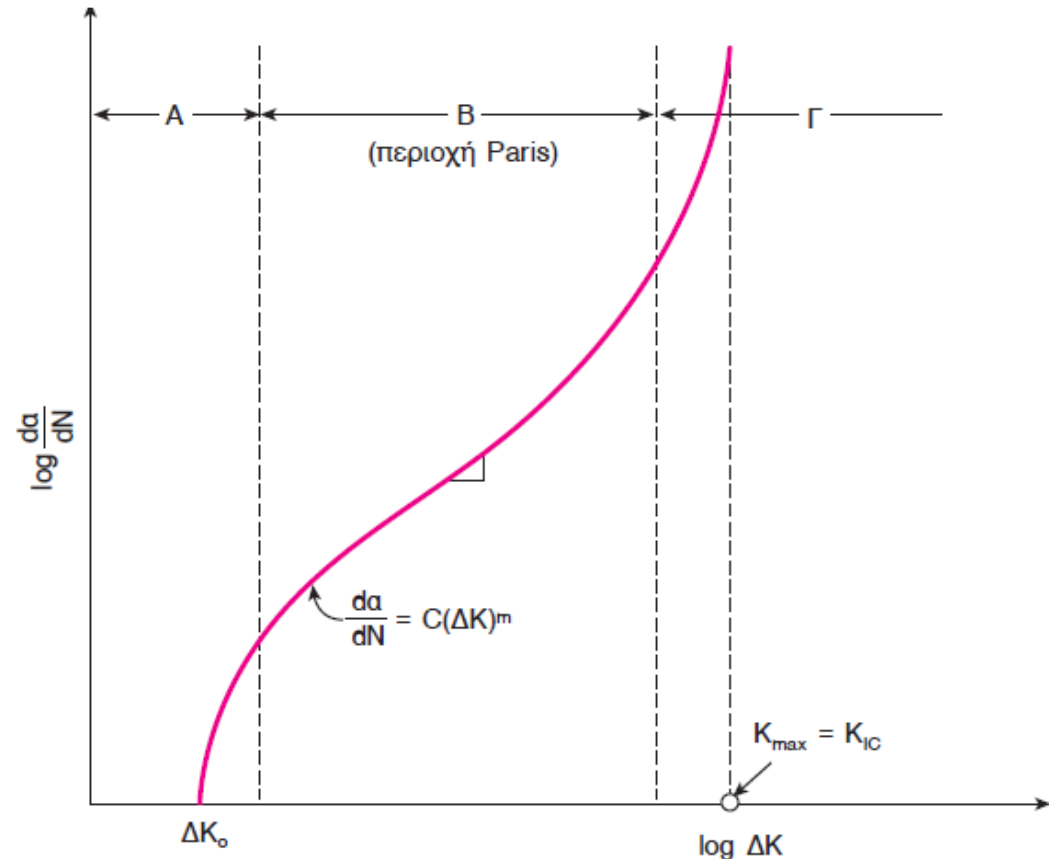
Στοιχεία γραμμικής μηχανικής των θραύσεων

Το διάγραμμα ταχύτητας ανάπτυξης της ρωγμής σε συνάρτηση με το εύρος του συντελεστή έντασης των τάσεων χωρίζεται σε 3 περιοχές

- Περιοχή Β: Περιοχή Paris, σταθερός ρυθμός ανάπτυξης ρωγμής υπό την επενέργεια του ΔK

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m \quad \text{εξίσωση Paris}$$

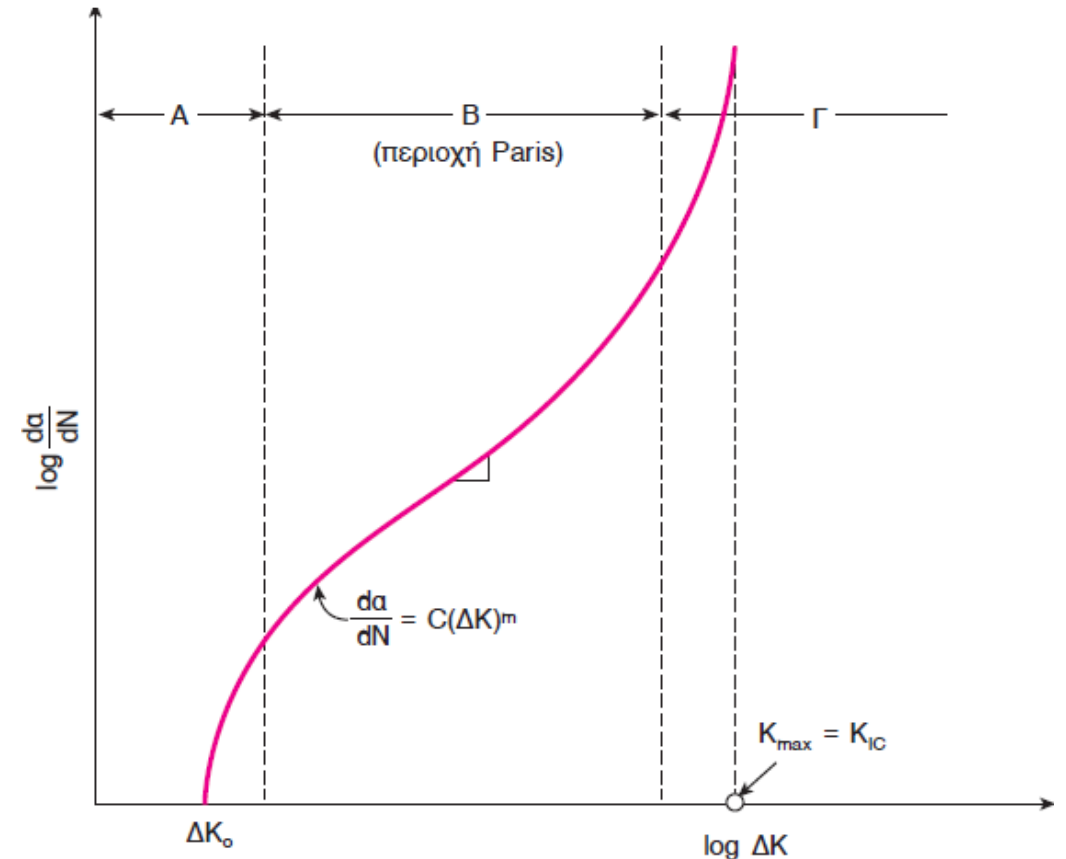
Η σταθερά C εξαρτάται από την μικροδομή, τη θερμοκρασία, το περιβάλλον και τον λόγο τάσεων



Στοιχεία γραμμικής μηχανικής των θραύσεων

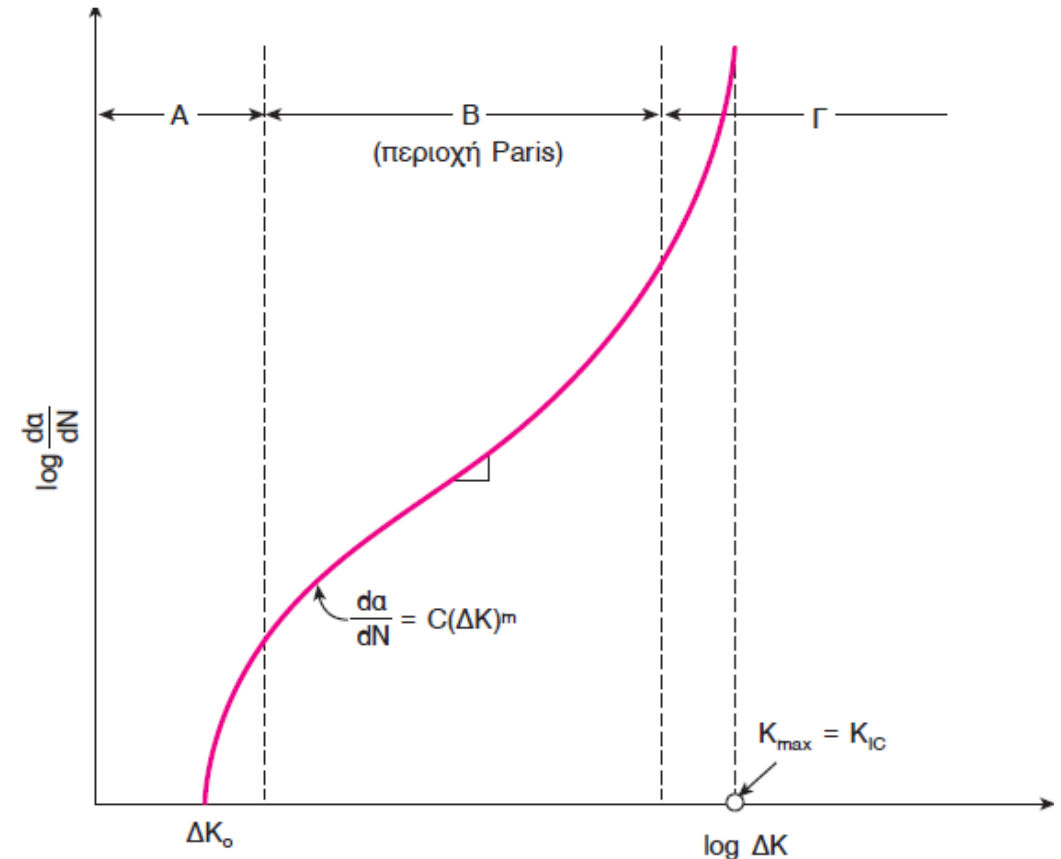
Το διάγραμμα ταχύτητας ανάπτυξης της ρωγμής σε συνάρτηση με το εύρος του συντελεστή έντασης των τάσεων χωρίζεται σε 3 περιοχές

- Περιοχή Γ: ΔK πολύ μεγάλο, ταχύτερη ανάπτυξη ρωγμής και γρήγορη θραύση



Στοιχεία γραμμικής μηχανικής των θραύσεων

- Το κρίσιμο μέγεθος της ρωγμής υπολογίζεται από την κρίσιμη συνθήκη θραύσης για $K_{\max}$, $\sigma_{\max}$
- Η Διάρκεια ζωής υπολογίζεται ολοκληρώνοντας στον χρόνο την εξίσωση Paris



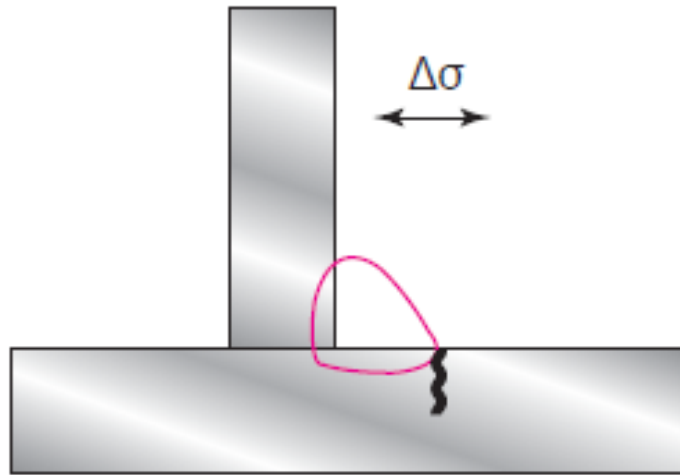
Παράγοντες που επιδρούν στην κόπωση συγκολλήσεων

- ▶ Γεωμετρικοί παράγοντες
- ▶ Παραμένουσες τάσεις
- ▶ Ασυνέχειες συγκολλήσεων

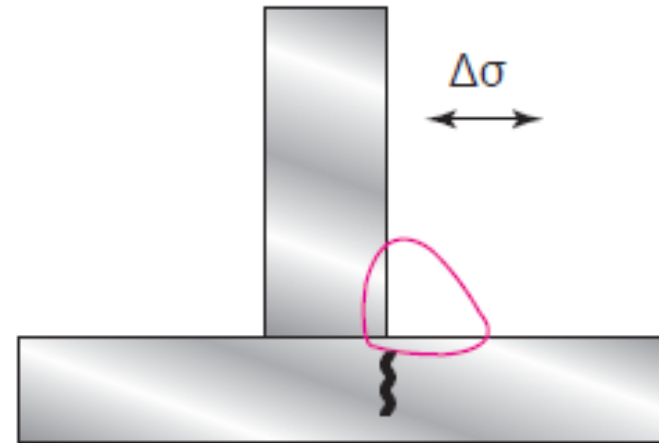
Επίδραση γεωμετρικών παραγόντων στην κόπωση συγκολλήσεων

- ❑ Επιφέρουν τοπική αύξηση της τάσης πάνω από αυτή που επιβάλλεται από τα εξωτερικά φορτία
- ❑ Συνήθως στον πόδα ή τη ρίζα της συγκόλλησης
- ❑ Σε πλήρη διείσδυση στον πόδα της συγκόλλησης
- ❑ Σε υποπλήρωση ή μεγάλο άνοιγμα άκμων στη ρίζα της συγκόλλησης

Επίδραση γεωμετρικών παραγόντων στην κόπωση συγκολλήσεων



(α)

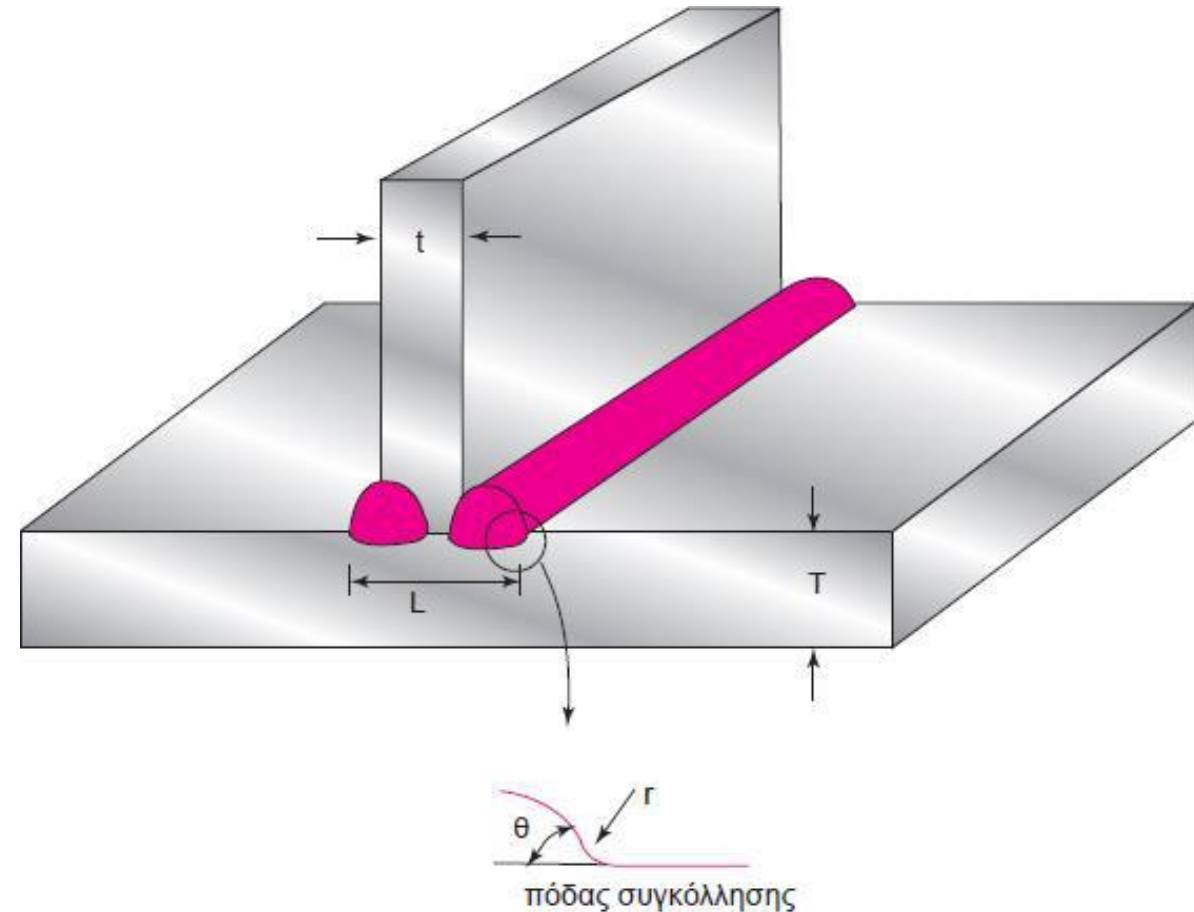


(β)

Εκκίνηση ρωγμής κόπωσης: (α) από τον πόδα, (β) από την ρίζα της συγκόλλησης

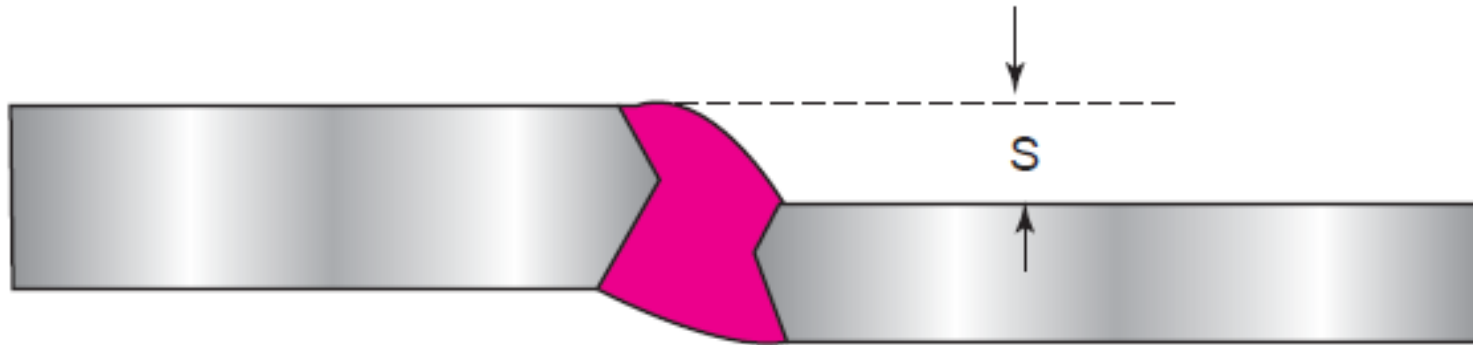
Επίδραση γεωμετρικών παραγόντων στην κόπωση συγκολλήσεων

- ❑ Μείωση αντοχής κόπωση με την αύξηση T, t, L, θ
- ❑ Αύξηση αντοχής σε κόπωση με μείωση του r



Επίδραση γεωμετρικών παραγόντων στην κόπωση συγκολλήσεων

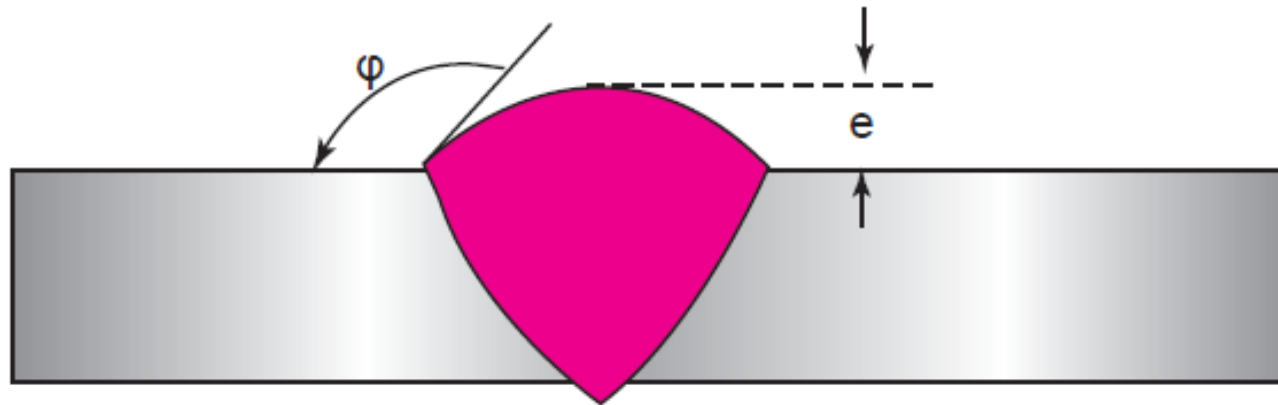
- Μείωση της αντοχής σε κόπωση με την αύξηση του S



Διαφορά ευθυγράμμισης (misalignment) μεταξύ ελασμάτων σε μετωπικές συγκολλήσεις

Επίδραση γεωμετρικών παραγόντων στην κόπωση συγκολλήσεων

- Μείωση της αντοχής σε κόπωση με την μείωση της γωνίας ϕ λόγω συγκέντρωσης τάσεων



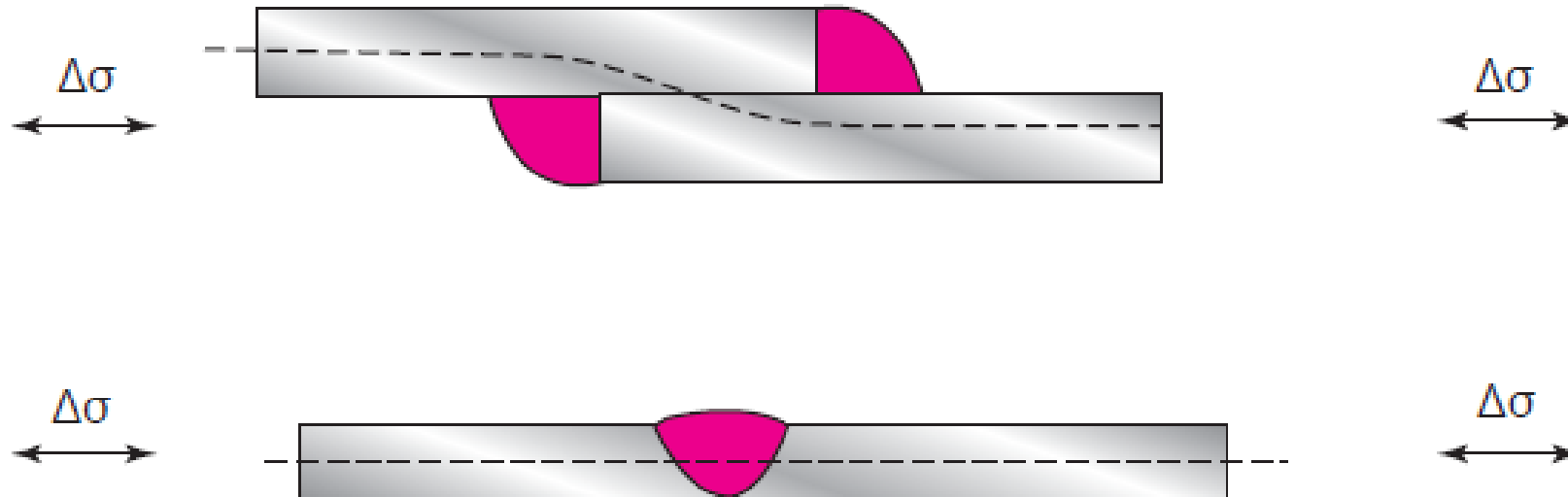
Η ενίσχυση (reinforcement) σε μετωπικές συγκολλήσεις

Επίδραση της ενίσχυσης στην κόπωση συγκολλήσεων

- ❑ Η αφαίρεση της ενίσχυσης με τρόχισμα δεν είναι βέβαιο ότι θα επιφέρει αύξηση της αντοχής καθώς
- ❑ Μπορεί να φέρει πόρους ή μικρορωγμές κοντά στην επιφάνεια
- ❑ Μπορεί να οδηγήσει σε ασυνέχεια υποπλήρωσης

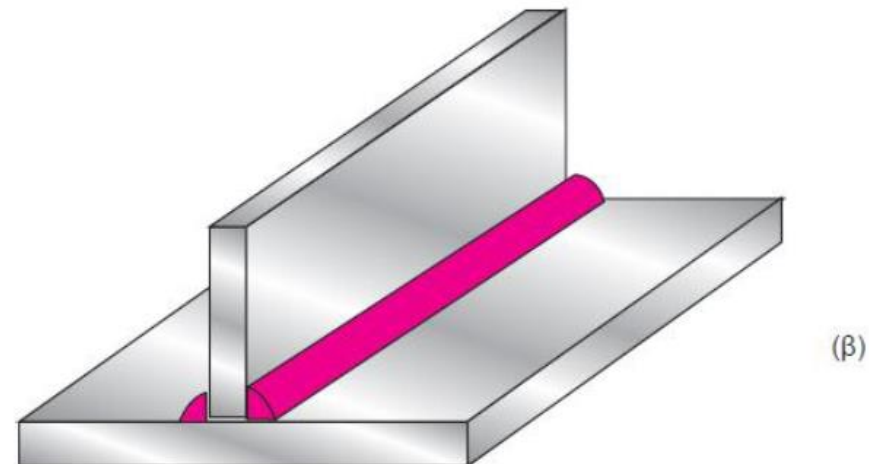
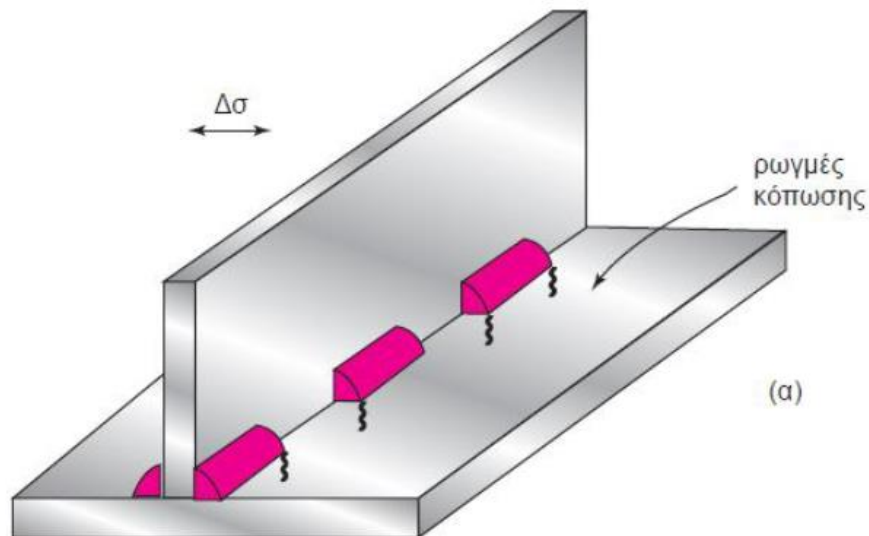
Επίδραση γεωμετρικών παραγόντων στην κόπωση συγκολλήσεων

- Πολύ μικρότερη αντοχή σε κόπωση των συγκολλήσεων επικάλυψης σε σχέση με τις μετωπικές συγκολλήσεις λόγω συγκέντρωσης τάσεων που οφείλεται στην ροή φορτίου μέσα από τα ελάσματα σε συγκολλήσεις επικάλυψης



Επίδραση γεωμετρικών παραγόντων στην κόπωση συγκολλήσεων

- Πολύ μικρότερη αντοχή σε κόπωση των διακοπτόμενων συγκολλήσεων σε σχέση με τις συνεχείς συγκολλήσεις λόγω των πολλαπλών θέσεων έναρξης της ρωγμής κόπωσης



Επίδραση ασυνεχειών στην κόπωση συγκολλήσεων

- ❑ Προκαλούν συγκέντρωση τάσεων και έτσι μειώνουν την αντοχή σε κόπωση
- ❑ Σημαντικό ρόλο παίζουν η θέση τους στην συγκόλληση και η γεωμετρία
- ❑ Πόροι και εγκλείσματα μακριά από τον πόδα ή τη ρίζα δεν έχουν σημαντική επίδραση στην κόπωση
- ❑ Αντίθετα στον πόδα προκαλούν πρόωρη εκκίνηση της ρωγμής κόπωσης
- ❑ Ασυνέχειες όπως ρωγμές και ατελής τήξη προκαλούν μείωση της αντοχής σε κόπωση

Επίδραση παραμένωνσων τάσεων στην κόπωση συγκολλήσεων

- ❑ Δεν έχουν σημαντική επίδραση, αφού η επίδραση τους ελαττώνεται με την αύξηση του επιβαλλόμενου φορτίου
- ❑ Επιδρούν στον ρυθμό ανάπτυξης ρωγμής, επιφέροντας μικρή μείωση της διάρκειας ζωής των κατασκευών
- ❑ Σημαντικές σε κατασκευές με μικρά επιβαλλόμενα φορτία χωρίς επιφανειακές ασυνέχεις

Έλεγχος της κόπωσης συγκολλήσεων

- Έλεγχος και μείωση της επίδρασης των γεωμετρικών παραμέτρων
- Έλεγχος και μείωση της επίδρασης των ασυνεχιών (NDE)
- Τροποποίηση της κατανομής των παραμένουσων τάσεων

Μείωση επίδρασης γεωμετρικών παραγόντων

- ❑ Διαφοροποίηση τοπικά της γεωμετρίας
- ❑ Με στόχο την ελάττωση του φαινομένου συγκέντρωσης τάσεων στη ρίζα ή στον πόδα
- ❑ Με τρόχισμα, μηχανουργική αφαίρεση υλικού, επανάτηξη (αύξηση ακτίνας καμπυλότητας στον πόδα)

Ερωτήσεις - απορίες