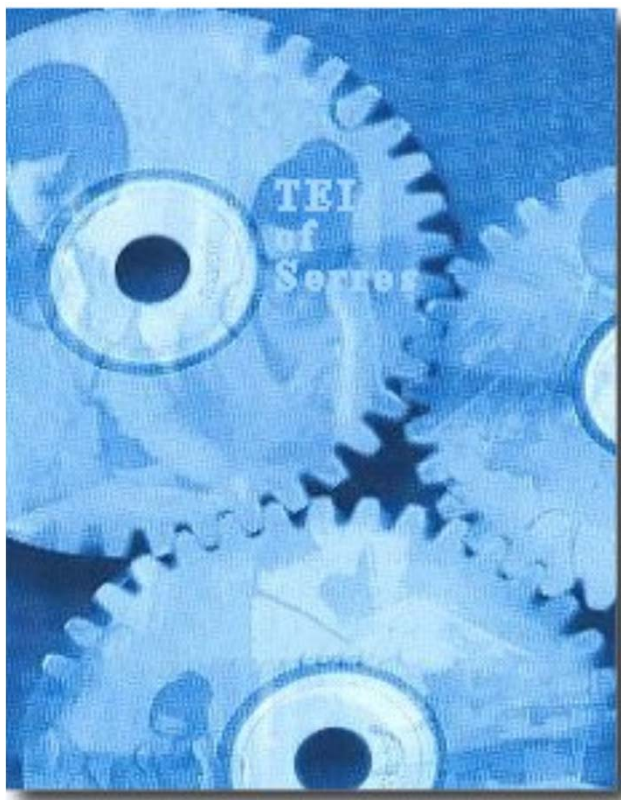


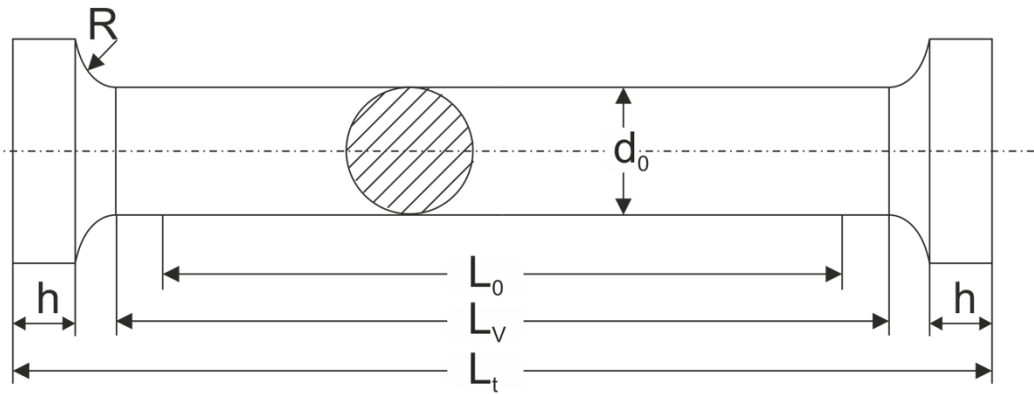
Μάθημα: Πειραματική Αντοχή Υλικών

Πείραμα εφελκυσμού



Κατασκευαστικός Τομέας
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Σερρών

Δοκίμια
εφελκυσμού
DIN 50125

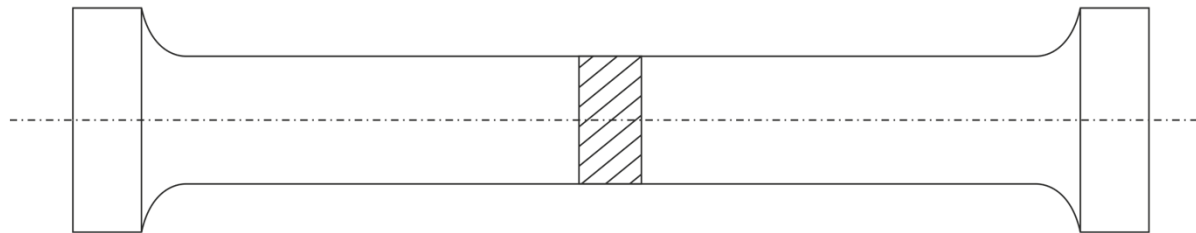


Βραχύ δοκίμιο

$$L_0 = 5d_0$$

Μακρύ δοκίμιο

$$L_0 = 10d_0$$



Επιμήκυνση $\Delta L = L_i - L_0$

Συμβατική τάση $\sigma = F/A_0$

Συμβατική παραμόρφωση $\epsilon = \Delta L/L_0$

Πραγματική τάση $\sigma = F/A_i$

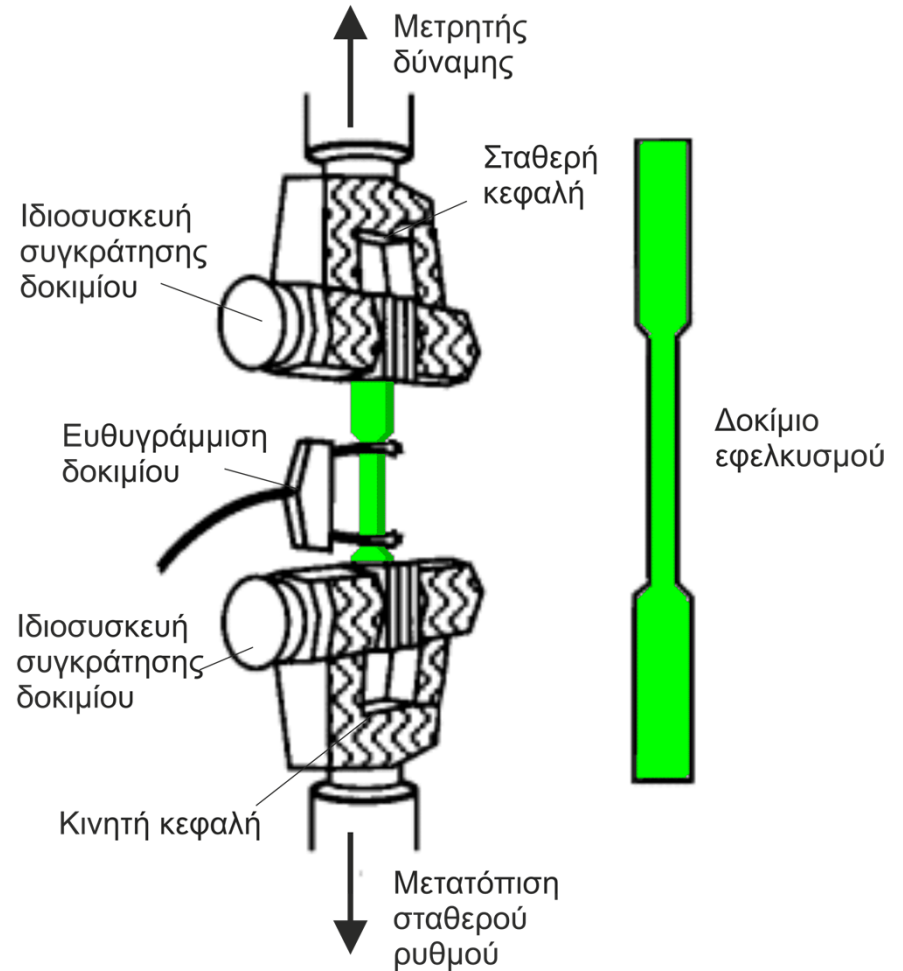
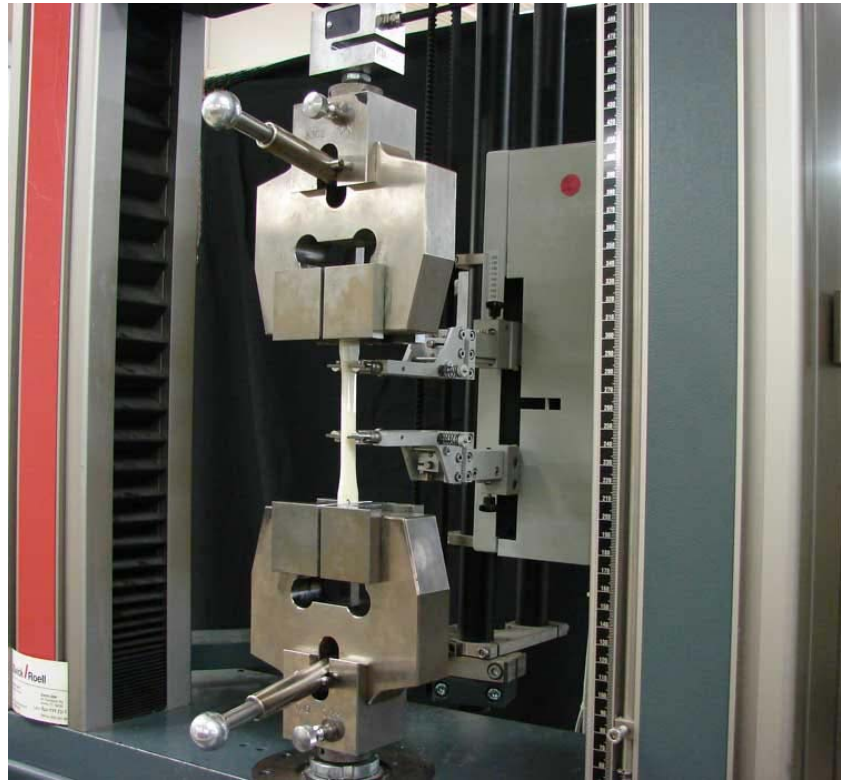
Αρχική διατομή A_0

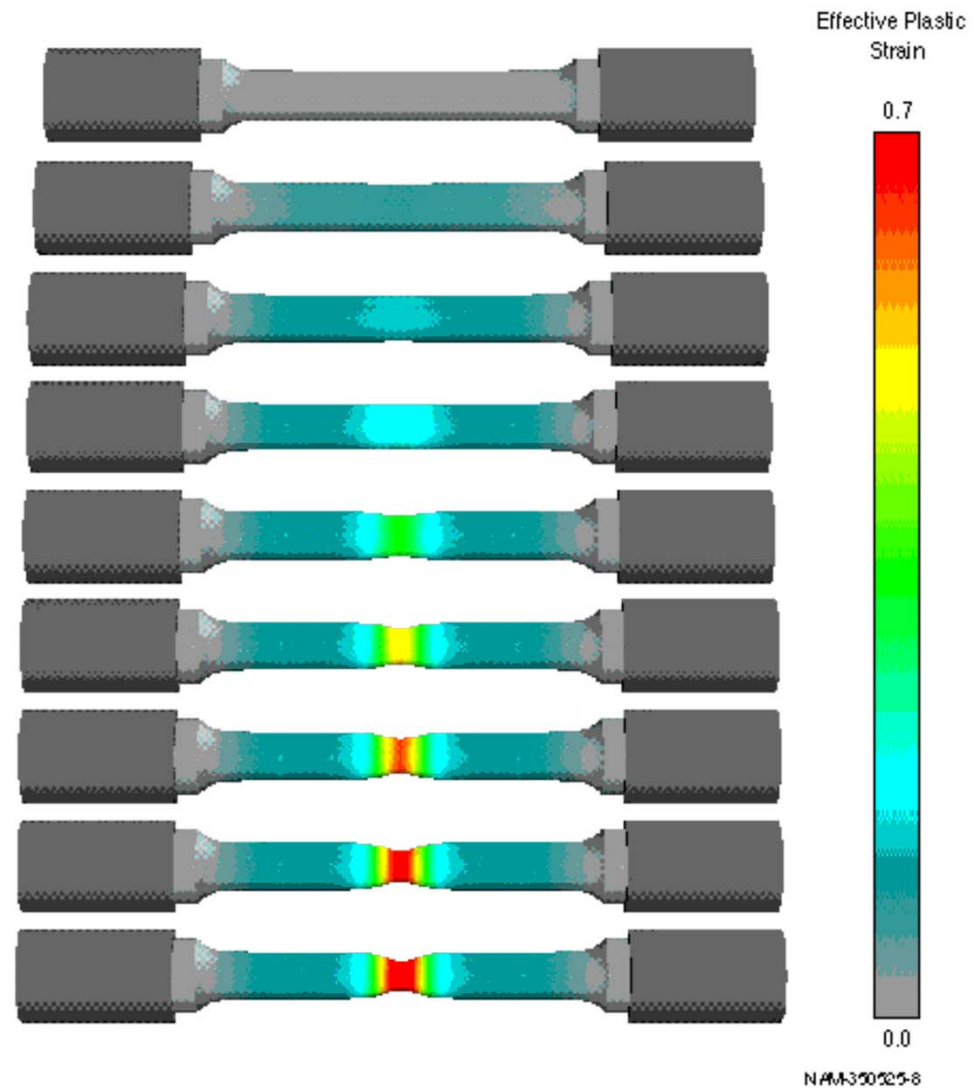
Στιγμιαία διατομή A_i

Μεταβολή διατομής $\Delta A = A_i - A_0$

Ανηγγμένη μεταβολή διατομής $AR = \Delta A/A_0$

Στο πείραμα του εφελκυσμού μελετάται ο τρόπος παραμόρφωσης ενός δοκίμιου από ομογενές και ισότροπο υλικό. Το δοκίμιο καταπονείται μέχρι τη θραύση υπό την επίδραση μονοαξονικής εντατικής κατάστασης



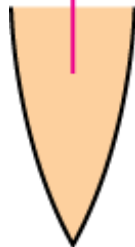


- Κατηγορίες θραύσης:

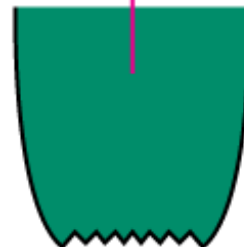
$$\%AR = \frac{A_f - A_0}{A_0}$$

$$\%EL = \frac{L_f - L_0}{L_0}$$

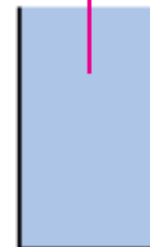
Πλήρως
όλκιμη



Όλκιμη και
ψαθυρή



Πλήρως
ψαθυρή



Μεγάλη

Μέση

Μικρή

• Επιθυμητή είναι η όλκιμη θραύση!

Όλκιμη:
Εμφάνιση της θέσης θραύσης

Ψαθυρή:
χωρίς εμφάνιση

Κωνική όλκιμη θραύση



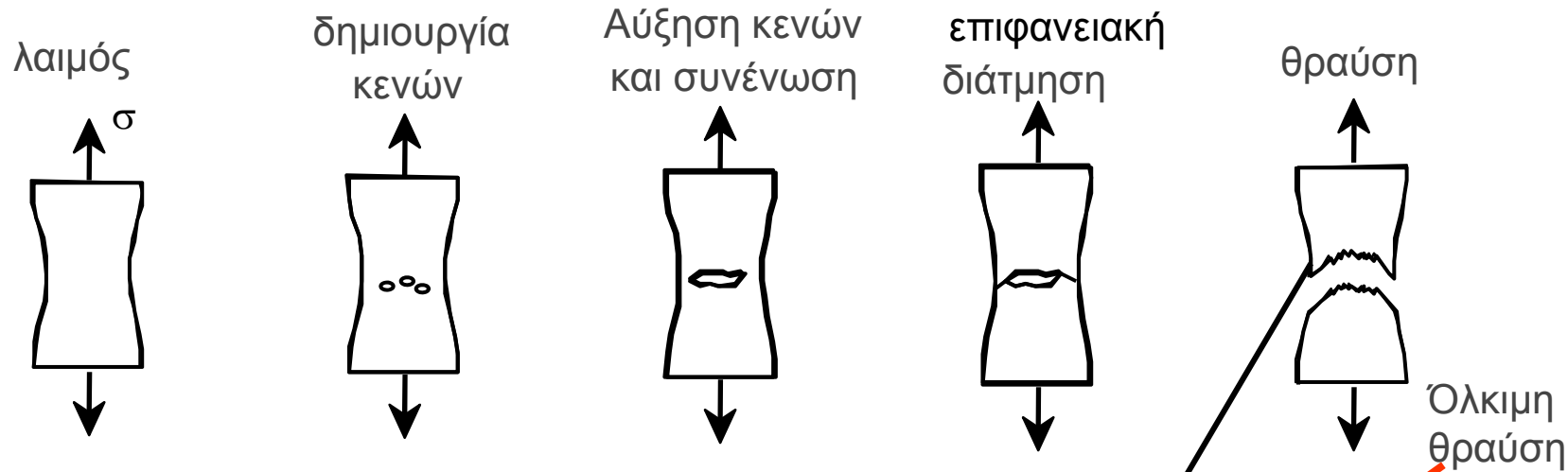
- Μαλακοί χάλυβες (μικρή περιεκτικότητα C)
- Ανοξείδωτοι χάλυβες
- Αλουμίνια

Ψαθυρή θραύση

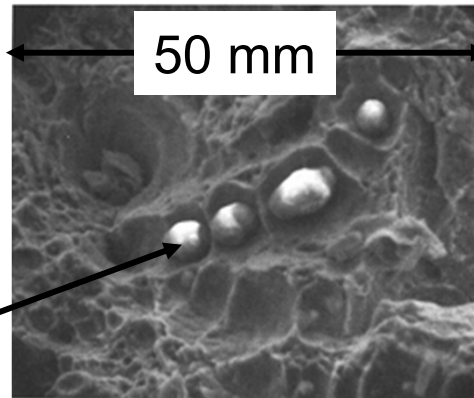


- Σκληροί χάλυβες (μεγάλη περιεκτικότητα C)
- Κραματωμένοι χάλυβες
- Κεραμικά
- Χυτοσίδηροι

• Φάσεις της θραύσης:

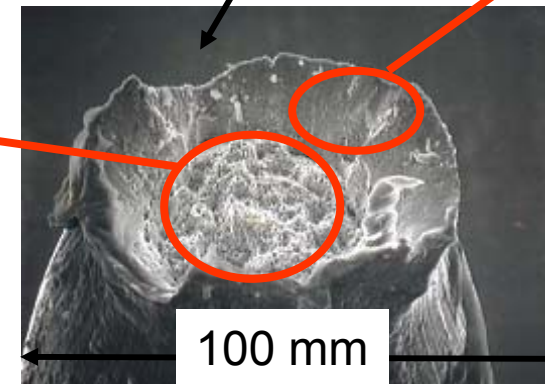


• Τελικές επιφάνειες θραύσης (χάλυβας)

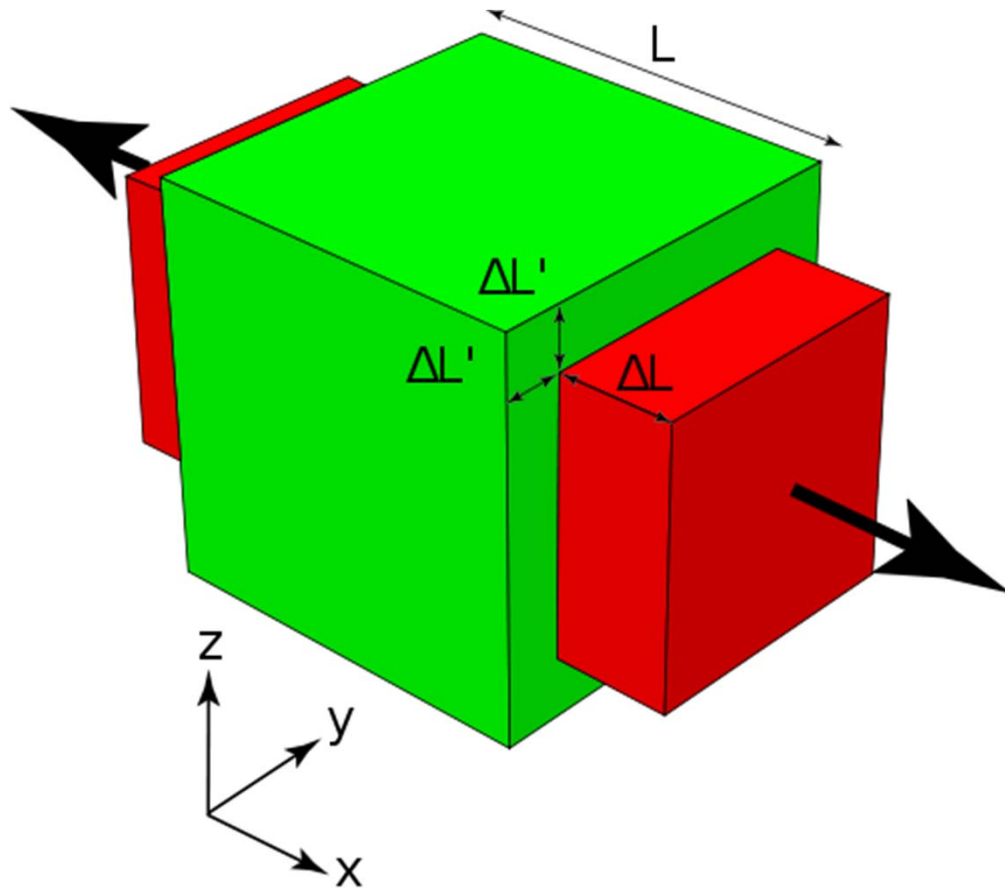


Τα ξένα σωματίδια λειτουργούν ως θέσεις δημιουργίας κενών

Ψαθυρή θραύση



Όλκιμη θραύση

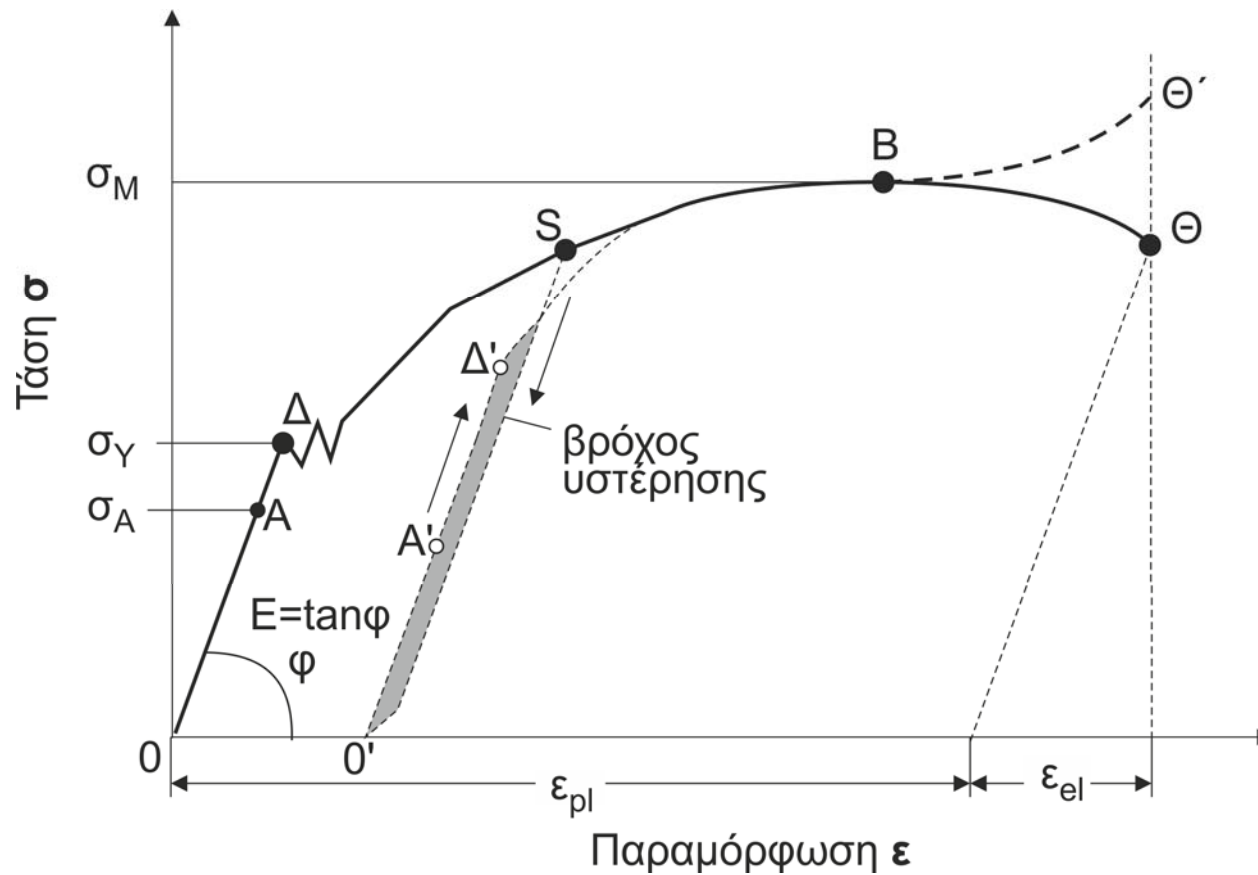


Ο πράσινος κύβος είναι
απαραμόρφωτος και ο
κόκκινος έχει
επιμηκυνθεί στη
διεύθυνση X κατά ΔL ,
και συσταλεί στις
διευθύνσεις y και z κατά
 $\Delta L'$, ώστε ο συνολικός
όγκος του να παραμένει
σταθερός

Για μικρές τιμές του $\Delta L'$
και ΔL ισχύει ότι :

$$\text{Γενικά: } \left(1 + \frac{\Delta L}{L}\right)^{\nu} = \left(1 - \frac{\Delta L'}{L}\right)$$

$$\nu \approx -\frac{\Delta L'}{\Delta L}$$



Χαρακτηριστικές τιμές καμπύλης:

σ_A : όριο αναλογίας όπου ισχύει ο νόμος Hooke $\sigma = E\varepsilon$

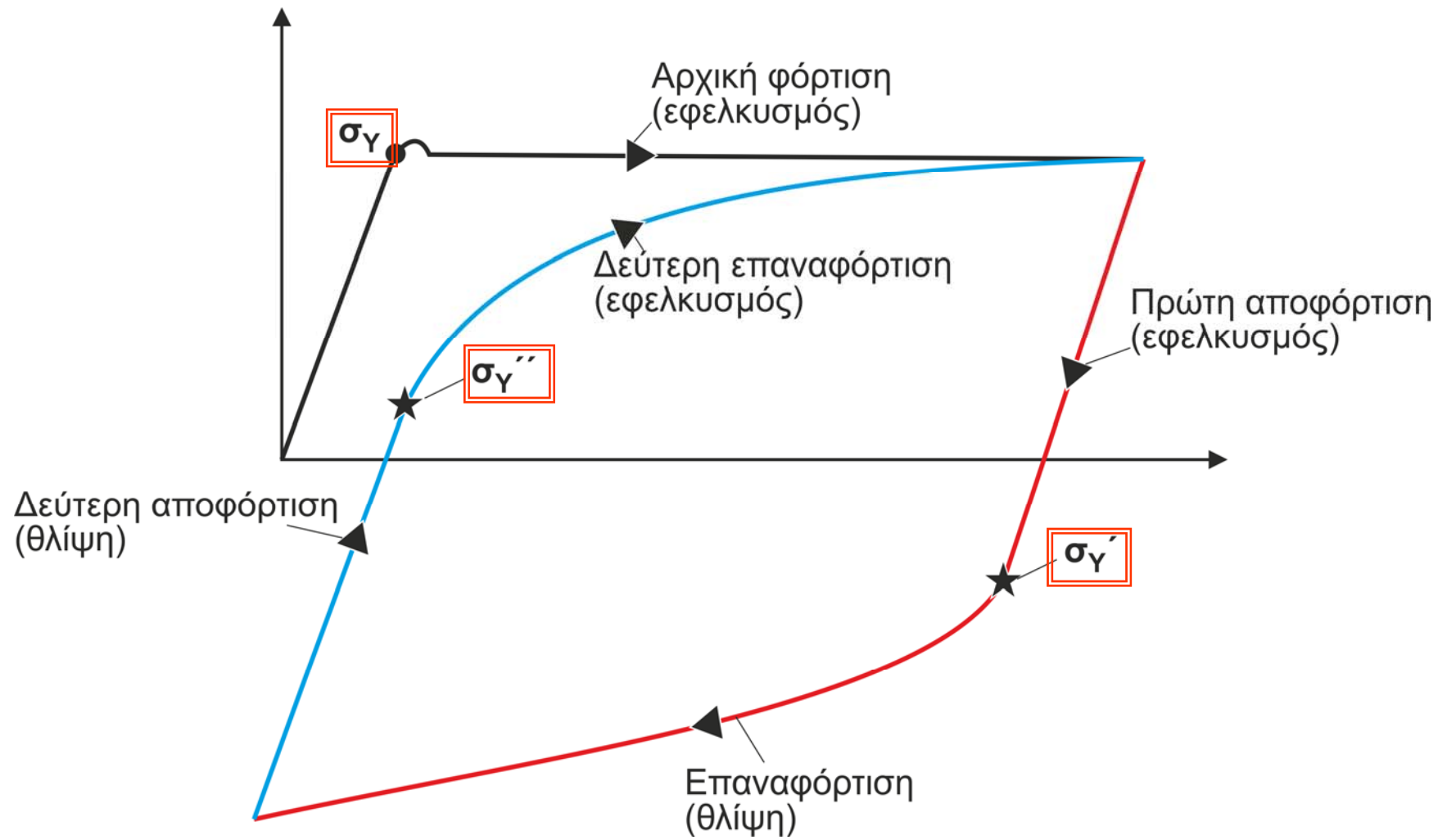
σ_M : όριο αντοχής ή θραύσης

σ_θ : τάση θραύσης

σ_Y : φυσικό όριο διαρροής (άνω ή κάτω)

$\sigma_{0.2}$: τεχνητό όριο διαρροής

σ_θ : πραγματική τάση θραύσης



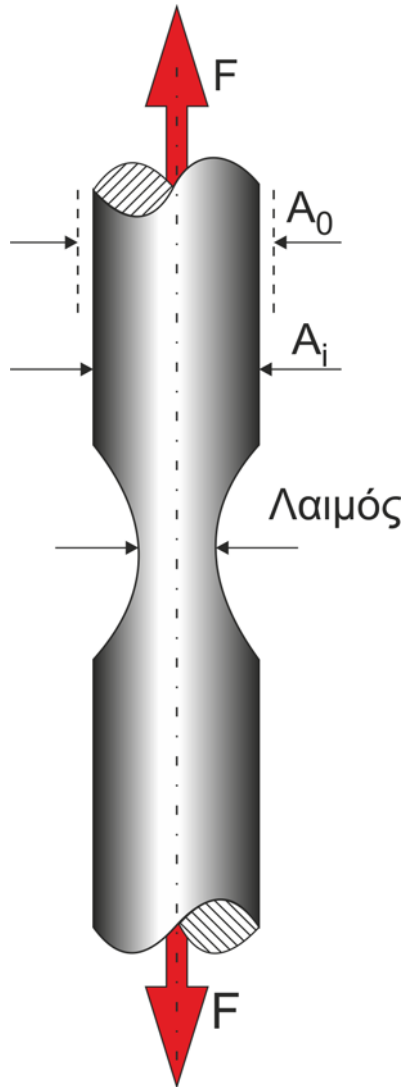
Γενικά το φαινόμενο Bauschinger διατυπώνεται ως εξής:

Εάν μεταλλικό δοκίμιο καταπονηθεί σε εφελκυσμό πέραν της διαρροής του, η αντοχή του αυξάνει μετά από κάθε επανάληψη της φορτίσεως της ίδιας φοράς και μειώνεται μετά από κάθε επανάληψη της φορτίσεως στην αντίθετη φορά. Η αύξηση ή η ελάττωση της αντοχής του υλικού είναι συνάρτηση του μεγέθους και του αριθμού των φορτίσεων

Ο βασικός μηχανισμός του φαινομένου Bauschinger σχετίζεται με τη δομή των γραμμοαταξιών στο ψυχρηλατημένο μέταλλο. Όπως συμβαίνει η παραμόρφωση, οι γραμμοαταξίες συσσωρεύονται σε εμπόδια και παράγουν επίπεδες ατέλειες στα όρια των κόκκων και μικτές διαταραχές.

Με βάση την εν ψυχρώ διαμόρφωση της δοκιμής, για να εξηγηθεί το φαινόμενο Bauschinger χρησιμοποιούνται συνήθως δύο τύποι μηχανισμών.

- Πρώτα, τοπικές φορτίσεις που προϋπάρχουν στο υλικό υποβοηθούν τη μετακίνηση των γραμμοαταξιών στην αντίθετη κατεύθυνση. Έτσι, οι γραμμοαταξίες μπορούν να κινηθούν ευκολότερα στην αντίθετη κατεύθυνση και το όριο διαρροής του υλικού μειώνεται.
- Δεύτερο, όταν η κατεύθυνση της παραμόρφωσης γίνει αντίθετη, δημιουργούνται γραμμοαταξίες αντίθετης κατεύθυνσης από τις αρχικές με τον ίδιο τρόπο που παράχθηκαν οι ολισθαίνουσες γραμμοαταξίες στην αρχική διεύθυνση. Οι αντίθετες αυτές γραμμοαταξίες αναιρούν τις αντίθετές τους. Εφόσον η εργοσκλήρυνση σχετίζεται με αυξημένη πυκνότητα γραμμοαταξιών, μειώνοντας τον αριθμό τους, μειώνεται η αντοχή του υλικού.



$$\sigma = F/A_0$$

συμβατική τάση σε κάθε στιγμή του πειράματος, εξαρτάται μόνο από τη φόρτιση F

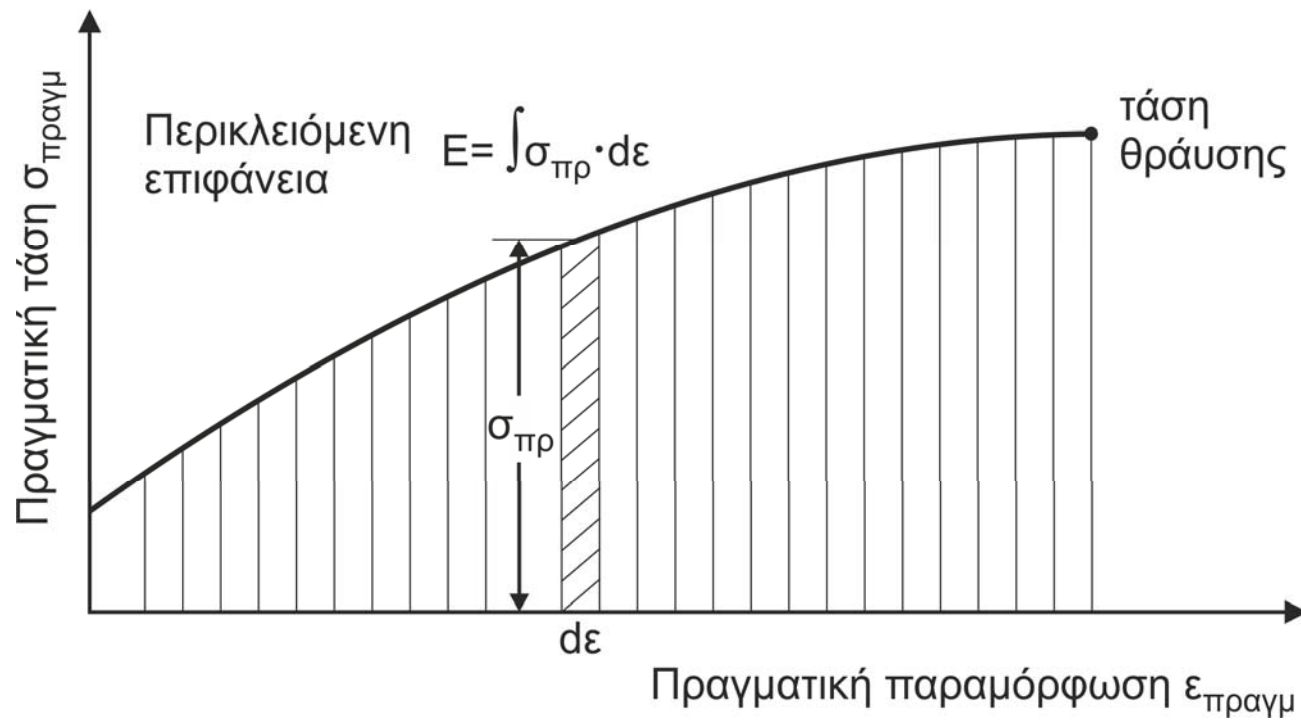
Για τον προσδιορισμό της πραγματικής τάσης που αναπτύσσεται πρέπει να προσδιοριστεί η στιγμιαία διατομή A_i

- Στην ελαστική περιοχή η μεταβολή του όγκου του δοκιμίου είναι ελάχιστη
- Στην πλαστική περιοχή η παραμόρφωση δεν προξενεί μεταβολή στον όγκο του δοκιμίου αν η μέτρηση γίνει με το δοκίμιο αποφορτισμένο

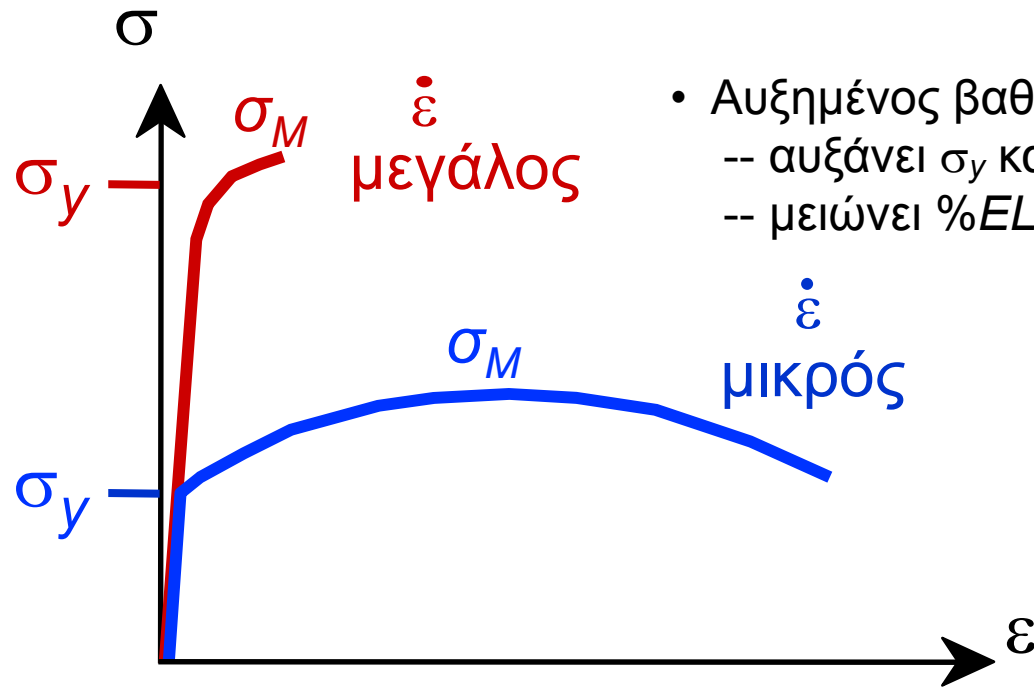
$$\text{Προκύπτει : } A_0 L_0 = A_i L_i$$

$$\text{Άρα } \sigma_{\text{πραγμ}} = F/A_i$$

$$\text{Και } \epsilon_{\text{πραγμ}} = \Delta L/L_i = \ln(L_i/L_0)$$



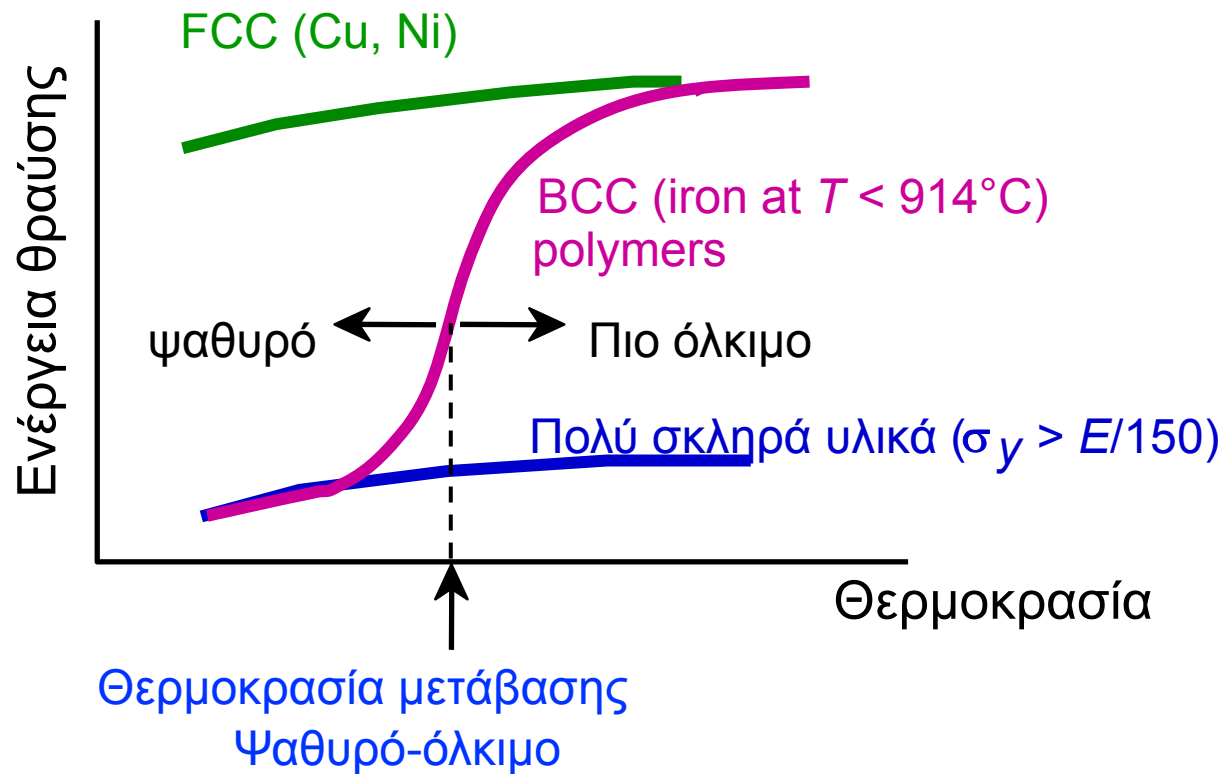
Η περικλειόμενη επιφάνεια είναι το ποσό ενέργειας που μπορεί να απορροφηθεί κατά τη δοκιμασία εφελκυσμού και αποτελεί τη **δυσθραυστότητα** του υλικού



- Αυξημένος βαθμός παραμόρφωσης...
 - αυξάνει σ_y και σ_M
 - μειώνει %EL

- Γιατί? Ο αυξημένος βαθμός παραμόρφωσης δίνει λιγότερο χρόνο στις μετατοπίσεις αταξιών πλέγματος να ξεπεράσουν τα εμπόδια

Θερμοκρασία μετάβασης από ψαθυρό σε όλκιμο

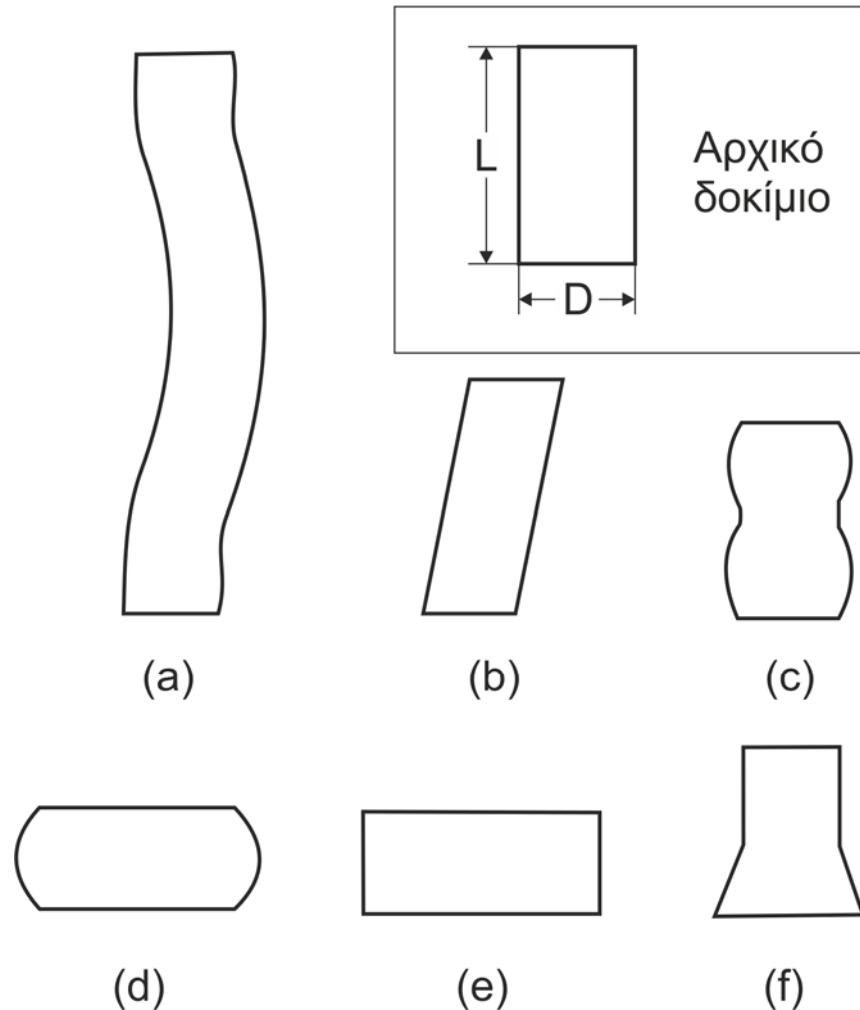




Στο πείραμα της θλίψης επιχειρούμε τον καθορισμό της συμβατικής τάσης αστοχίας και τη μέτρηση της πλαστικής συμπεριφοράς για όλκιμα μεταλλικό υλικό και της συμβατικής τάσης θραύσης για ψαθυρό μεταλλικό υλικό.

Επίσης είναι πολύ αξιόπιστο τεστ προσδιορισμού των χαρακτηριστικών τιμών των πολύ ψαθυρών υλικών (π.χ. τσιμέντο, γυαλί).

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να αποφεύγονται μεγάλα μήκη δοκιμίων για να αποφευχθεί το φαινόμενο του λυγισμού



- a) **Λυγισμός** ($L/D > 5$)
- b) **Διάτμηση** ($L/D > 2.5$)
- c) **Διπλό βαρελοειδές** ($L/D > 2$) με ύπαρξη τριβής στις επαφές
- d) **Βαρελοειδές** ($L/D < 2$) με ύπαρξη τριβής στις επαφές
- e) **Ομογενής συμπίεση** ($L/D < 2$) χωρίς τριβή στις επαφές
- f) **Αστάθεια work-softening** ($L/D < 2$)

Λυγισμός είναι το φαινόμενο κατά το οποίο μια λεπτή ελαστική ράβδος με ευθύγραμμο άξονα που υποβάλλεται σε κεντρική θλίψη συνεχώς αυξανόμενης έντασης μεταπίπτει μετά από κάποια οριακή φόρτιση σε κατάσταση ασταθούς ισορροπίας. Σε αυτή την κατάσταση με την επίδραση μιας ελάχιστης αιτίας παρουσιάζει μεγάλο βέλος κάμψης και ξεφεύγει από την ευθύγραμμη μορφή χωρίς να επανέρχεται μετά την αποφόρτιση.

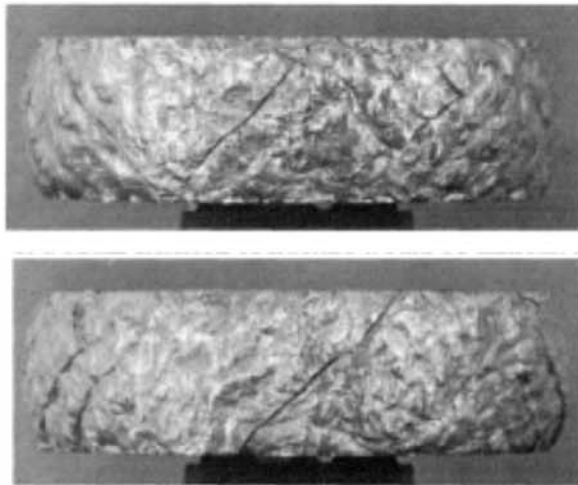
Μόλις η ράβδος ξεφύγει από την ευθύγραμμη κατάσταση το φορτίο αρχίζει πλέον να ασκείται έκκεντρα και έχουμε ανάπτυξη ροπών κάμψης.

Ονομάζουμε κρίσιμο φορτίο λυγισμού εκείνο το φορτίο που θέτει ένα σαφές διαχωριστικό όριο μεταξύ των καταστάσεων ευσταθούς και ασταθούς ισορροπίας. Γενικά το φαινόμενο επηρεάζεται από τέσσερις βασικούς παράγοντες:

- 1.Θλιπτικό φορτίο.
- 2.Ελαστικές ιδιότητες του δοκιμίου.
- 3.Σχήμα εγκάρσιας διατομής.
- 4.Τρόπος στήριξης του δοκιμίου.

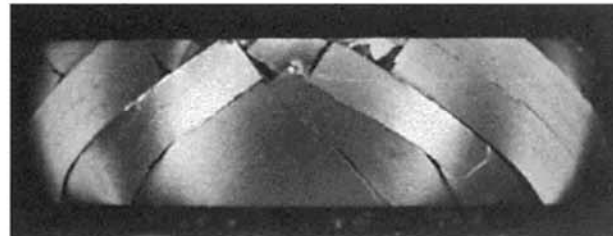
Για τους λόγους αυτούς, στη δοκιμή θλίψης προτιμώνται δοκίμια με $L/D < 2$ και ελεγχόμενες συνθήκες λίπανσης των επιφανειών επαφής.

Μικρορωγμές



Orange-peel όψη της θραύσης δοκιμίων αλουμινίου

Μακρορωγμές μεγάλου μήκους



Διαμήκειες ρωγμές σε δοκίμιο χάλυβα σε διεύθυνση 45° (διάτμηση)

Θραύση μικτού τύπου

