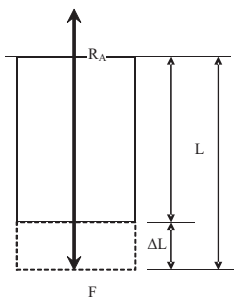


1η εργαστηριακή άσκηση: Πείραμα εφελκυσμού

Σκοπός του πειράματος του μονοαξονικού εφελκυσμού είναι

- ο η κατασκευή του διαγράμματος ορθής τάσης (σ) - γραμμικής παραμόρφωσης (ε) και
- ο πειραματικός προσδιορισμός των βασικότερων μηχανικών ιδιοτήτων (μέτρο ελαστικότητας (E), όριο διαρροής σ_y , όριο αντοχής σ_u) του υλικού του δοκιμίου.

Γενικές έννοιες



Έστω η μονόπακτη δοκός, σταθερής κυκλικής διατομής, του διπλανού σχήματος στην οποία δρα αξονική δύναμη F σταθερού μέτρου, προκαλώντας την εμφάνιση της αντίδρασης R_A στο πακτωμένο άκρο. Λόγω της ισορροπίας της δοκού προκύπτει ότι: $R_A = F$.

Αν γίνει μια νοητή τομή κάθετη στο διαμήκη άξονα συμμετρίας της δοκού που χωρίζει την εξεταζόμενη δοκό σε δύο τμήματα, λόγω της ισορροπίας και σύμφωνα με την αρχή των τομών πρέπει στο εσωτερικό της τομής να αναπτύσσεται μια εσωτερική δύναμη ίσου μέτρου και ομοαξονική της F . Από την στιγμή που δράσει η δύναμη F επί της δοκού, τότε αυτή επιμηκύνεται και το μήκος της από L_0 μετατρέπεται σε L . Η ποσότητα $\Delta L = L - L_0$

ονομάζεται *επιμήκυνση* και η ποσότητα $\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$ ονομάζεται *γραμμική ή ανηγμένη παραμόρφωση* και είναι

αδιάστατο μέγεθος. Τέλος, η ποσότητα $\sigma = \frac{F}{A}$, όπου A το εμβαδόν της διατομής της δοκού, ονομάζεται *ορθή τάση* και έχει μονάδες πίεσης.

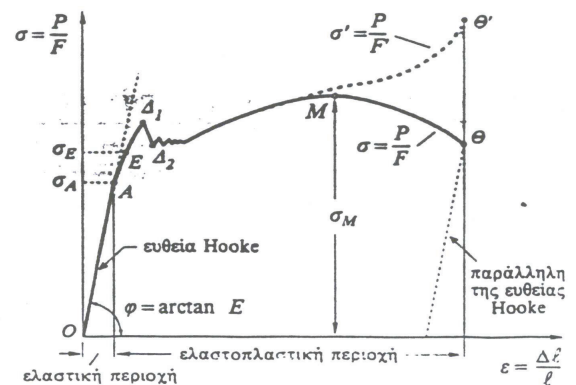
Διάγραμμα εφελκυσμού σ - ε

Το διάγραμμα μεταβολής της ορθής τάσης σ σε συνάρτηση με τη γραμμική παραμόρφωση ε προκύπτει από το πείραμα εφελκυσμού μέχρι τη θραύση του δοκιμίου και οδηγεί στην πλήρη κατανόηση της συμπεριφοράς του υλικού του δοκιμίου σε εφελκυσμό.

Στο πρώτο τμήμα του διαγράμματος (OA), μεταξύ τάσης και παραμόρφωσης ισχύει η γραμμική σχέση $\sigma = E \cdot \varepsilon$, όπου ο συντελεστής E είναι το μέτρο ελαστικότητας του υλικού και έχει μονάδες τάσης. Η σχέση αυτή είναι γνωστή ως νόμος του Hooke. Η τάση σ_A που αντιστοιχεί στο σημείο A ονομάζεται *όριο αναλογίας* και αποτελεί το όριο μέχρι το οποίο ισχύει ο νόμος του Hooke.

Η περιοχή (AE) χαρακτηρίζεται ως περιοχή *μη γραμμικής ελαστικής συμπεριφοράς του υλικού* και η τάση σ_E που αντιστοιχεί στο σημείο E ονομάζεται *όριο ελαστικότητας*.

Μετά το σημείο E ακολουθεί μια ασταθής περιοχή (E-Δ1-Δ2) που χαρακτηρίζεται από αύξηση της παραμόρφωσης χωρίς αντίστοιχα σημαντική αύξηση της τάσης. Στην περιοχή αυτή, είναι δυνατόν η επιμήκυνση του δοκιμίου να αυξηθεί 10 - 15 φορές περισσότερο από την αύξηση που αντιστοιχεί στην περιοχή ελαστικότητας. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται *διαρροή του υλικού*. Αναλυτικότερα, αρχικά, με την αύξηση της ανηγμένης παραμόρφωσης αυξάνεται η ορθή τάση μέχρι την τάση που αντιστοιχεί στο σημείο Δ1 που ονομάζεται *άνωτερο όριο διαρροής*. Μετά από αυτό, και ενώ η ανηγμένη παραμόρφωση εξακολουθεί να αυξάνεται, η ορθή τάση μειώνεται μέχρι το σημείο Δ2 το οποίο ονομάζεται *κάτωτερο όριο διαρροής*. Σε κάποια υλικά, όπως ο χάλυβας, τα σημεία E, Δ1 και Δ2 δεν είναι ευδιάκριτα, οπότε ορίζεται το *συμβατικό όριο διαρροής*, $\sigma_{0.2}$, το οποίο αντιστοιχεί στην τιμή της τάσης στην οποία το υλικό αναπτύσσει πλαστική παραμόρφωση 0.2%. Γραφικά, στο διάγραμμα $\sigma - \varepsilon$, η τιμή αυτή προκύπτει αν από τον άξονα της

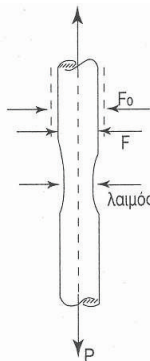


παραμόρφωσης και συγκεκριμένα από το σημείο όπου η παραμόρφωση έχει τιμή ίση με 0.2% ή 0.002 τραβηχτεί ευθεία παράλληλη με αυτή της περιοχής αναλογίας μέχρι να τμήσει το διάγραμμα. Η τάση που αντιστοιχεί σε αυτό το σημείο είναι το συμβατικό όριο διαρροής του υλικού. Παράδειγμα εντοπισμού του $\sigma_{0.2}$ εμφανίζεται στην βιβλιογραφική πηγή [4].

Στην περιοχή (Δ_2, M), η οποία ονομάζεται *περιοχή κράτυνσης*, η αύξηση της ορθής τάσης γίνεται με μικρότερο ρυθμό από εκείνον της περιοχής (OA). Η μέγιστη τάση σ_M που αντιστοιχεί στο σημείο M

χαρακτηρίζεται σαν *όριο αντοχής ή όριο θραύσης του υλικού*, δηλαδή $\sigma_M = \frac{F_{max}}{A}$. Μέσα σε αυτή την περιοχή η ορθή τάση χωρίζεται σε πραγματική και συμβατική (διακεκομμένη και συνεχής γραμμή), λόγω της έντονης βράχυνσης του δοκιμίου (μείωση της διατομής).

Πέρα από το σημείο M παρατηρείται μείωση της ορθής συμβατικής τάσης και η ανηγμένη παραμόρφωση εξακολουθεί να αυξάνεται μέχρι το σημείο Θ, ενώ η αντίστοιχη πραγματική αυξάνεται μέχρι το σημείο Θ'. Η τάση σ_Θ ονομάζεται *τάση θραύσης σε εφελκυσμό*. Χαρακτηριστικό της περιοχής (MΘ) είναι ότι λίγο μετά το όριο θραύσης M, το δοκίμιο παρουσιάζει *λαιμό*, δηλαδή παρατηρείται ορατή ελάττωση της διατομής στο μέσον του δοκιμίου, όπως φαίνεται στο διπλανό σχήμα.



Σε όλα τα μεταλλικά υλικά η επιμήκυνση που εμφανίζεται λόγω του αξονικού φορτίου F προκαλεί βράχυνση στο εγκάρσιο επίπεδο. Έτσι, αν η επιμήκυνση παρατηρείται στον άξονα x τότε στους άξονες y και z οι διαστάσεις του δοκιμίου βραχύνονται. Ο *λόγος Poisson* είναι ο λόγος της εγκάρσιας παραμόρφωσης προς την

αξονική. Πιο συγκεκριμένα $\nu_{xy} = -\frac{\epsilon_y}{\epsilon_x}$ και $\nu_{xz} = -\frac{\epsilon_z}{\epsilon_x}$. Στα ιστροπικά υλικά ισχύει ότι $\nu_{xy} = \nu_{xz}$.

Πείραμα εφελκυσμού

Κατά το πείραμα του εφελκυσμού το δοκίμιο υποβάλλεται σε αργή, συνεχώς αυξανόμενη, παραμόρφωση μέχρι τη θραύση του. Για την διεκπεραίωση του πειράματος απαιτείται μηχανή άσκησης φορτίου με σταθερό ρυθμό, όπως αυτή που φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Ένα δοκίμιο με προδιαγεγραμμένες διαστάσεις υποβάλλεται μέσω ενός υδραυλικού συστήματος σε φόρτιση. Το ένα άκρο του δοκιμίου είναι συνδεδεμένο με ένα δυναμόμετρο ενώ το άλλο άκρο του συνδέεται μέσω αρπαγής με μια απαραμόρφωτη πλάκα η οποία κινείται προς τα κάτω με σταθερή ταχύτητα. Η μετακίνηση της πλάκας συνδέεται με την επιμήκυνση του δοκιμίου αλλά και με τις παραμορφώσεις όλου του συστήματος. Οι παραμορφώσεις αυτές πρέπει να είναι πολύ μικρές σε σχέση με εκείνη του δοκιμίου. Προς αποφυγή των επιδράσεων των παραμορφώσεων του συστήματος στα αποτελέσματα της μέτρησης χρησιμοποιείται ειδικό μηχανοστάσιο με το οποίο μετράται απευθείας η επιμήκυνση ΔL ενός τμήματος του δοκιμίου. Με την

μετατόπιση της κάτω πλακάς της μηχανής η απαιτούμενη δύναμη F , που αναπτύσσεται στο δοκίμιο, μεταφέρεται στο δυναμόμετρο. Κατά τη διάρκεια του πειράματος καταγράφονται η επιμήκυνση ΔL και η δύναμη F

Διαδικασία διεξαγωγής του πειράματος

- Μετριοούνται και καταγράφονται τα γεωμετρικά στοιχεία του δοκιμίου ορθογωνικής διατομής, δηλαδή το αρχικό ενεργό μήκος L_a του δοκιμίου και οι διαστάσεις της διατομής του b_a και h_a .
- Το δοκίμιο προσαρμόζεται στις σιαγόνες της μηχανής εφελκυσμού έτσι ώστε ο άξονας του να συμπίπτει με την εφαρμοζόμενη δύναμη και ρυθμίζεται η περιοχική μέτρησης της δύναμης και της επιμήκυνσης.
- Στο μέσον του μήκους του δοκιμίου προσαρμόζεται μια διάταξη μηκυνσιόμετρου.
- Στην αρχή δίνεται μια μικρή προένταση ώστε το δοκίμιο να είναι σταθερό στις σιαγόνες της μηχανής
- Εκκινείται η αντλία και καταγράφονται οι τιμές της εφελκυστικής δύναμης που ασκείται στο δοκίμιο και οι τιμές της επιμήκυνσης του, μέσω του προσαρμοζόμενου στο δοκίμιο μηκυνσιόμετρου. Η ταχύτητα επιμήκυνσης ρυθμίζεται ώστε η καταπόνηση να θεωρείται στατική.
- Το πείραμα συνεχίζεται μέχρι τη θραύση του δοκιμίου
- Μετριοούνται και καταγράφονται τα γεωμετρικά στοιχεία του δοκιμίου ορθογωνικής διατομής, δηλαδή το τελικό μήκος L_t του δοκιμίου και οι τελικές διαστάσεις της διατομής του b_t και h_t .

Επεξεργασία μετρήσεων

1. Υπολογισμός του αρχικού εμβαδού της διατομής του δοκιμίου
2. Καταγραφή της δύναμης
 - στο άνω και κάτω όριο διαρροής F_{D1} & F_{D2} αντίστοιχα
 - αντοχής F_u
3. Σχεδίαση του διαγράμματος $\sigma - \epsilon$
4. Υπολογισμός των
 - μέτρου ελαστικότητας
 - ορίου διαρροής
 - ορίου αντοχής
 - παραμόρφωσης θραύσης
 - στένωσης θραύσης
5. Εάν το δοκίμιο υποστεί πλήρη αποφόρτιση όταν $P=0,8P_u$ να υπολογιστεί και να σχεδιαστεί το διάγραμμα $\sigma - \epsilon$ του πλαστικά παραμορφωμένου δοκιμίου.