

Εργαστηριακή Άσκηση 1 Δοκιμή Εφελκυσμού

Πετρίδης Λεωνίδας 2019050096

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗ ΑΣΚΗΣΗ : ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο σκοπός της δοθείσας εργαστηριακής άσκησης είναι η κατασκευή του διαγράμματος τάσεων – παραμορφώσεων . Για την επεξεργασία του πειράματος υπολογίστηκαν οι ελαστικές σταθερές του υλικού όπως το μέτρο ελαστικότητας και τα όρια μηχανικής του συμπεριφοράς δηλαδή το όριο αναλογίας αλλά και το όριο διαρροής. Ακολουθώντας, από την καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης προσδιορίστηκαν οι τιμές: το όριο αναλογίας (σ_A) , το συμβατικό όριο διαρροής $\sigma_{0,2}$, το όριο αντοχής (σ_u), το Όριο Θραύσης, (σ_B) και το μέτρο ελαστικότητας E . Τέλος έγινε σύγκριση των υπολογιζόμενων τιμών με τις τυπικές μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα που αναγράφονται στον πίνακα 2.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

Τα υλικά χωρίζονται σε δυο μεγάλες κατηγορίες βάση με την φύση και τη μηχανική συμπεριφορά τους. Στη συγκεκριμένη εργαστηριακή άσκηση μελετάμε ένα δοκίμιο χάλυβα που ανήκει στην ομάδα των όλκιμων υλικών. Ακολουθούν μερικές πληροφορίες για τις δυο κατηγορίες των υλικών:

Όλκιμα υλικά είναι τα υλικά εκείνα που μπορούν να υποστούν μόνιμη μεταβολή των γεωμετρικών τους χαρακτηριστικών (π.χ. μήκος και διατομή ράβδου, επιφάνεια ενός κελύφους κ.α.) με την εφαρμογή εξωτερικών δυνάμεων, χωρίς να απωλέσουν τη δομική τους συνέχεια(χωρίς να εμφανίσουν ρωγμές). Οι μόνιμες γεωμετρικές μεταβολές των όλκιμων υλικών λέγονται πλαστικές παραμορφώσεις. Όλκιμα υλικά είναι κυρίως τα μέταλλα όπως ο χάλυβας, το αλουμίνιο, ο ορείχαλκος (κράμα χαλκού-Cu και ψευδαργύρου-Zn) κ.α.

Ψαθυρά υλικά αντίθετα από τα όλκιμα δεν επιδεικνύουν καμία ανοχή στις μεγάλες παραμορφώσεις και αστοχούν απότομα εμφανίζοντας εκτεταμένες ρωγμές, χωρίς να έχει μεταβληθεί σημαντικά το μήκος, ο όγκος ή το σχήμα τους. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις ψαθυρών υλικών είναι το σκυρόδεμα, τα πετρώματα και το γυαλί.

Για την κατασκευή της γραφικής παράστασης χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθοι τύποι:

Μήκος Μέτρησης είναι η περιοχή του δοκιμίου που τοποθετείτε το μηχανοσκόπιο και καταπονείτε σε καθαρό εφελκυσμό.

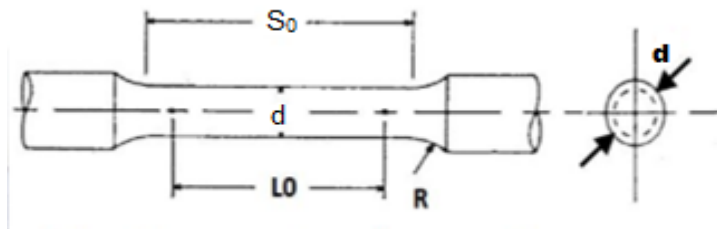
$$L_0=100\text{mm}$$

Αρχική Επιφάνια διατομής του δοκιμίου

$$S_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

όπου:

d: Διάμετρος δοκιμίου χάλυβα



Ονομαστική Τάση είναι το πηλίκο από τα μετρούμενα μεγέθη της δύναμης και της μετατόπισης του υλικού που μελετάτε και υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\sigma_{nom} = \frac{P}{S_0}$$

όπου:

P: το ασκούμενο ελκυστικό φορτίο σε μονάδες δύναμης (N)

S₀: η αρχική επιφάνια διατομής του δοκιμίου με μονάδες μέτρησης (mm²)

Παραμόρφωση ορίζεται ως πηλίκο της επιμήκυνσης που μετράει το μηκυνσιόμετρο και το αρχικό μήκος μέτρησης. Επίσης είναι ένα αδιάστατο μέγεθος που σε αρκετές περιπτώσεις εκφράζεται σε ‰ και υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$\epsilon_{nom} = \frac{\Delta L}{L_0}$$

όπου:

L₀: αρχικό μήκος μέτρησης του δοκιμίου

ΔL: επιμήκυνση που μετρείται από το μηκυνσιόμετρο

Όριο Θραύσης(σ_B) : ορίζεται ως η τιμή της μηχανικής τάσης που προκύπτει από το πηλίκο του φορτίου θραύσης(τελευταία χρονικά καταγραφόμενη τιμή φορτίου) με την αρχική επιφάνεια της διατομής του δοκιμίου.

Όριο αναλογίας (σ_A): είναι η μέγιστη τάση κατά την οποία το υλικό μετά την αφαίρεση του φορτίου δεν παρουσιάζει παραμένουσα παραμόρφωση. Ισχύει ο νόμος της αναλογίας τάσεων- παραμορφώσεων του Hooke.

Όριο διαρροής (σ_y): είναι η τιμή της μηχανικής τάση που ορίζει την έναρξη του φαινομένου της διαρροής του υλικού, όπου για σημαντικές μεταβολές της παραμόρφωσης η μηχανική τάση παραμένει σχεδόν αμετάβλητη ή μεταβάλλεται πολύ λίγο σε σχέση με το όλο εύρος φόρτιση. Το όριο διαρροής έχει φυσική σημασία μόνο για τα όλκιμα υλικά, αλλά δεν εμφανίζεται ξεκάθαρα σε όλα. Σε αυτές τις περιπτώσεις υπολογίζεται το συμβατικό όριο διαρροής $\sigma_{0.02}$ το οποίο ορίζεται ως η τιμή της τάσης για την οποία η παραμένουσα παραμόρφωση είναι $\epsilon=0.002$ ή 0.2%.

Το συμβατικό όριο διαρροής υπολογίζεται με τη χάραξη μιας ευθείας παράλληλης με τη γραμμικά ελαστική περιοχή της καμπύλης τάσης- παραμόρφωσης και την προβολή του σημείου τομής της με αυτή, στον κατακόρυφο άξονα.

Όριο αντοχής(σ_u): είναι το όριο θραύσης ενός υλικού και ορίζεται ως το πηλίκο του μέγιστου φορτίου P_{max} το οποίο ασκείται στο δοκίμιο όταν εφελκύεται, προς την αρχική εγκάρσια διατομή S_0 .

$$\sigma_u = \frac{P_{max}}{S_0}$$

Μέτρο ελαστικότητας (E): είναι ο λόγος της τάσης προς την παραμόρφωση πριν από το όριο αναλογίας. Επίσης, ως μέτρο ελαστικότητας ορίζεται ο συντελεστής αναλογίας, που συνδέει την τάση με την παραμόρφωση στο νόμο του Hooke, $\sigma=E\epsilon$, και εκφράζεται σε μονάδες τάσης (Συνήθως GPa για τα δομικά υλικά).

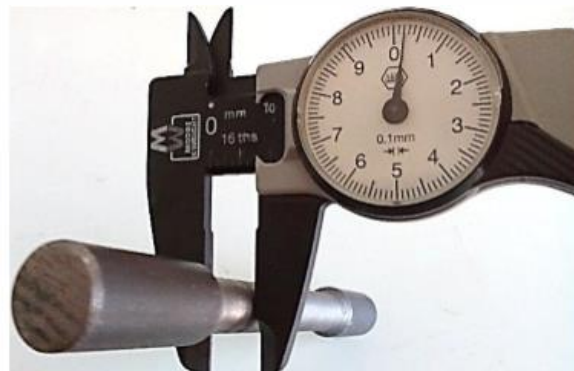
Υπολογίζεται μελετώντας τη γραμμική περιοχή της καμπύλης τάσης- παραμόρφωσης πριν το όριο αναλογία σ_A και προσδιορίζεται είτε γραφικά είτε με τη χρήση της μεθόδου υπολογισμού της καλύτερης ευθείας σε μια περιοχή τάσεων που κυμαίνεται από το 30% έως το 60% του ορίου διαρροής. Το μέτρο ελαστικότητας είναι η κλίση της καλύτερης ευθείας.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

Για την πραγματοποίηση του συγκεκριμένου πειράματος χρησιμοποιήθηκε η μηχανή είναι η AGS-X 100kN με ικανότητα μέγιστου φορτίου σε εφελκυσμό και θλίψη 100 kN που έχει την δυνατότητα επαναλαμβανομένης φόρτισης δοκιμών για τον έλεγχο αντοχής υλικών σε κόπωση. Επίσης, μπορεί να δώσει κατευθείαν την καταγραφή της τάσης όσο και της ανοιγμένης παραμόρφωσης του δοκιμίου.



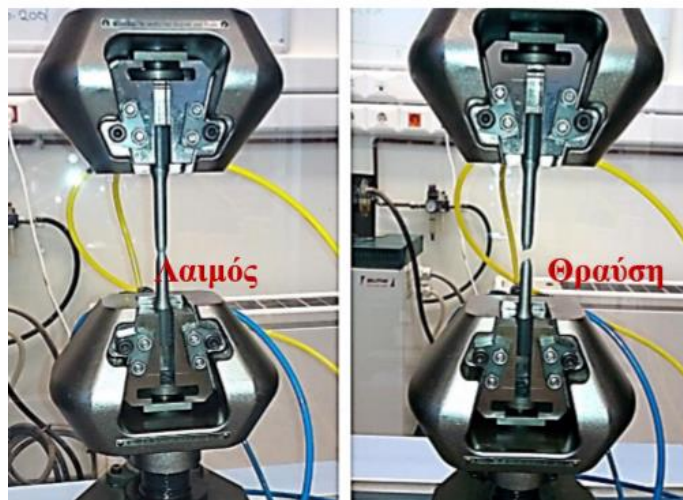
Ξεκινώντας το πείραμα έγινε μέτρηση των γεωμετρικών στοιχείων (διάμετρος του δοκιμίου ,ενεργού μήκος) της κυλινδρικής ράβδους από χάλυβα σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο δοκιμών ASTM E8/E8M–09 με το παχύμετρο.



Ακολουθώντας, ρυθμίστηκε η κατάλληλη κλίμακα φορτίων και έγινε τοποθέτηση του δοκιμίου στην μηχανή ώστε ο άξονας του να συμπίπτει με τον άξονα φόρτισης του μηχανήματος και ρυθμίστηκε η ταχύτητα φόρτισης. Στη συνέχεια ξεκινάει η φόρτιση του δοκιμίου.



Η φόρτιση γίνεται από ένα σύστημα δυο δεικτών όπου μόνο ο ένας δείχνει τις διακυμάνσεις του φορτίου που επιβάλλεται από τις αρπάγες στο δοκίμιο σε αντίθεση με τον δεύτερο που συμπαρασύρεται από τον πρώτο κατά την αύξηση του φορτίου. Κατά τη φόρτιση γίνεται εμφανές το φορτίο διαρροής λόγο ότι το συγκεκριμένο υλικό εμφανίζει άνω και κάτω όριο διαρροής. Μετά από μερικά δευτερόλεπτα παρατηρείται ο σχηματισμός του λαιμού και συνεχίζεται η φόρτιση μέχρι την θραύση. Τέλος καταγράφονται ταυτόχρονα με την αύξηση του φορτίου το φορτίο P και η επιμήκυνση ΔL .



ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΑΝΑΛΥΣΗ

Για την δημιουργία της γραφικής παράστασης έγιναν οι ακόλουθι υπολογισμοί και συμπληρώθηκαν οι πίνακες στο excel.

Υπολογισμός της παραμόρφωσης (ϵ)

Ενδεικτικά, ακολουθεί η διαδικασία εύρεσης για την πρώτη μέτρηση :

$$\epsilon_{nom} = \frac{\Delta L}{L_0} \Leftrightarrow \frac{0,000349681mm}{100mm} = 0,003497^{0}_{/00}$$

Πρόχειρο Γραμματοσειρά Στοιχείο Αριθμός

D1538 $\times$ ✓ f_x $=(B1538/100)*1000$

	A	B	C	D	E	F
1						
2	Φορτίο P(N)	Μετρήσεις επιμηκυνσης ΔL(mm)		ε	σ	
3	311,2634	0,000349681		0,0035	3,96514	
4	420,1412	0,000703335		0,00703	5,35212	
5	530,7515	0,001223882		0,01224	6,76117	
6	643,6666	0,001573563		0,01574	8,19957	
7	759,6493	0,001653036		0,01653	9,67706	
8	877,8413	0,001525879		0,01526	11,1827	
9	998,5447	0,001760324		0,0176	12,7203	
10	1118,469	0,001970927		0,01971	14,248	
11	1238,489	0,002451738		0,02452	15,7769	
12	1357,047	0,003429254		0,03429	17,2872	
13	1475,573	0,003743172		0,03743	18,7971	
14	1594,226	0,004220009		0,0422	20,3086	
15	1716,995	0,004843871		0,04844	21,8725	
16	1841,116	0,004756451		0,04756	23,4537	
17	1963,695	0,004665057		0,04665	25,0152	
18	2082,586	0,005471706		0,05472	26,5298	

Φύλλο1

Υπολογισμός αρχικής επιφάνειας διατομής του δοκιμίου

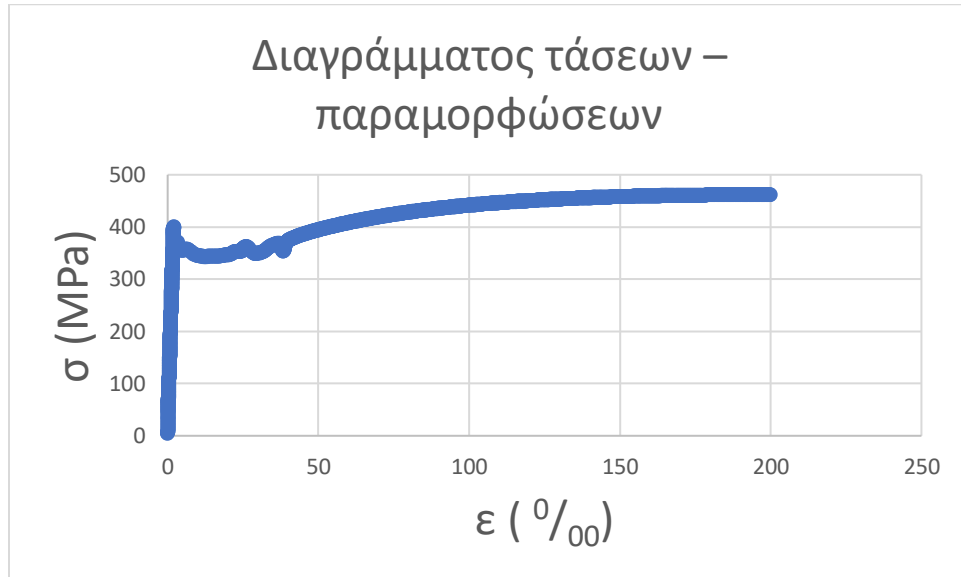
$$S_0 = \frac{\pi * d^2}{4} \Leftrightarrow \frac{\pi * 10^2}{4} = 78,5 mm^2$$

Υπολογισμός της τάσης (σ)

Όπως και παραπάνω θα γίνει ο υπολογισμός για την πρώτη μέτρηση

$$\sigma_{nom} = \frac{P}{S_0} \Leftrightarrow \frac{311,2634 N}{78,5 mm^2} = 3,965139 MPa$$

Ακολουθεί η γραφική παράσταση των τάσεων σ σε συνάρτηση με τις παραμορφώσεις ϵ :

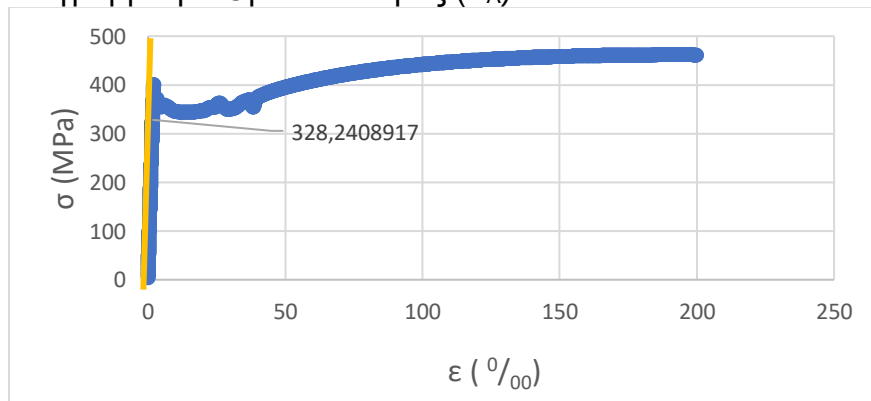


Παρατηρήσεις διαγράμματος

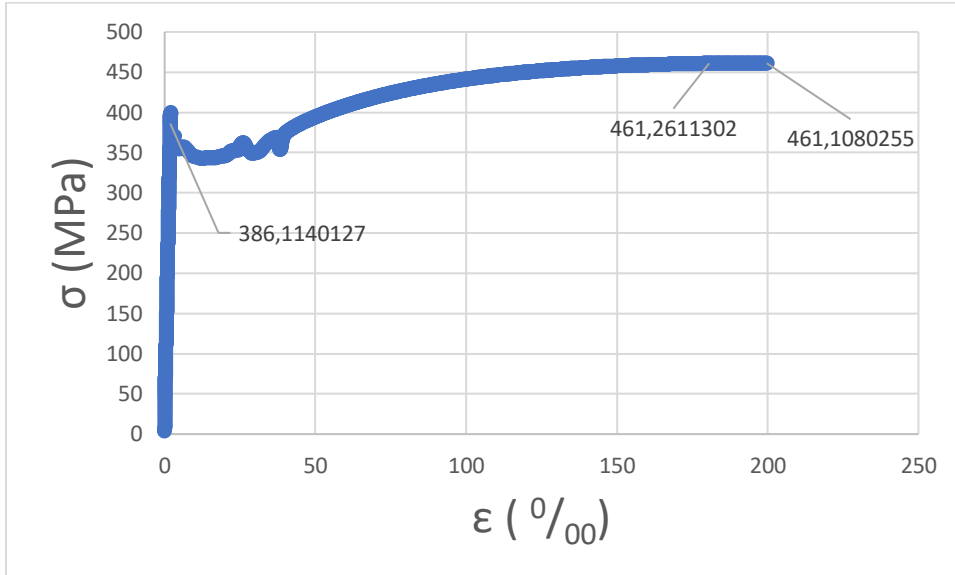
Αρχικά καθώς αυξάνεται το φορτίο, υπάρχει και μια γραμμική αύξηση του μήκους του δοκιμίου. Όμως στη συνέχεια, αφού το δοκίμιο ξεπεράσει το όριο αναλογίας αρχίζει να εμφανίζει μεγάλες παραμορφώσεις για μικρή αύξηση του φορτίου μέχρι και την θραύση του. Αυτό οφείλεται στις διατμητικές τάσεις.

Για την συμπλήρωση του πίνακα1 έγιναν τα παρακάτω διαγράμματα και οι υπολογισμοί.

Διάγραμμα για Όριο Αναλογίας (σ_A)



Διάγραμμα για Όριο Διαρροής (σ_y), Όριο Αντοχής (σ_u), Όριο Θραύσης (σ_B)



Υπολογισμός Όριου Θραύσης

$$\sigma_B = \frac{P_{τελ}}{S_0} \Leftrightarrow \frac{36197,16}{78,5} = 461,11$$

Υπολογισμός Όριο Αντοχής

$$\sigma_u = \frac{P_{max}}{S_0} \Leftrightarrow \frac{36208,98}{78,5} = 461,26$$

Υπολογισμός Μέτρο Ελαστικότητας

$$E = \frac{\sigma_{τελ}}{\epsilon_{τελ}} \Leftrightarrow \frac{461,11}{199,941} = 2,31$$

Πίνακας 1

Όριο Αναλογίας (σ_A)	328,24
Όριο Διαρροής (σ_y)	386,11
Όριο Αντοχής (σ_u)	461,26
Όριο Θραύσης (σ_B)	461,11
Μέτρο Ελαστικότητας (E)	2,31 GPa

Πίνακας 2

Αντοχή σε εφελκυσμό	161-3200
Όριο Διαρροής	275-3340
Μέτρο Ελαστικότητας	13,8-235

Σχολιασμός του πίνακα 1 και πίνακα 2

Βάση με τους παραπάνω πίνακες παρατηρείται ότι το όριο αντοχής άλλα και το όριο διαρροής είναι μέσα στα πλαίσια των τιμών του πίνακα 2 σε αντίθεση με το μέτρο ελαστικότητας που είναι πάρα πολύ πιο μικρό από τις τιμές που αναφέρονται σε χάλυβα υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Από την θεωρία είναι γνωστό ότι όσο αυξάνεται το ποσοστό του άνθρακα αυξάνεται αναλόγως και η σκληρότητα άλλα και η αντοχή του σε τάσεις εφελκυσμού, ενώ παραλλήλως μειώνονται η συνεκτικότητα και η πλαστιμότητα του. Οπότε το δοκίμιο που δόθηκε για το συγκεκριμένο πείραμα είχε χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα άρα δεν ήταν πολύ σκληρό με αποτέλεσμα να φτάσει στο όριο αναλογίας πολύ πιο γρήγορα και να σπάσει πιο εύκολα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Συμπερασματικά, με βάση τους υπολογισμούς που πραγματοποιήθηκαν και τις μετρήσεις που πάρθηκαν δόθηκε η δυνατότητα κατανόησης του σκοπού της άσκησης, δηλαδή η κατασκευή του διαγράμματος τάσεων – παραμορφώσεων αλλά και ο προσδιορισμός των τιμών : το όριο αναλογίας σ_A , το συμβατικό όριο διαρροής $\sigma_{0,2}$, το όριο αντοχής σ_u , το Όριο Θραύσης, σ_B και το μέτρο ελαστικότητας E . Έπειτα έγινε σύγκριση του πίνακα 1 και του πίνακα 2 όπου αναφέρθηκε ότι το δοκίμιο που δόθηκε για την πραγματοποίηση του πειράματος είχε πολύ χαμηλό μέτρο ελαστικότητας με αποτέλεσμα να μην είναι τόσο σκληρό και να σπάσει πιο γρήγορα από ότι θα έπρεπε αν είχε περισσότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα.