

Εργαστηριακή Άσκηση 1 Δοκιμή Εφελκυσμού



ΕΠΙΘΕΤΟ:.....**ΘΕΟΧΑΡΗ**.....
ΟΝΟΜΑ:**ΚΥΡΙΑΚΗ**.....
ΤΜΗΜΑ:**ΜΗΠΕΡ**.....
Α.Μ.:**2018050043**.....

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 μετρώ 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.

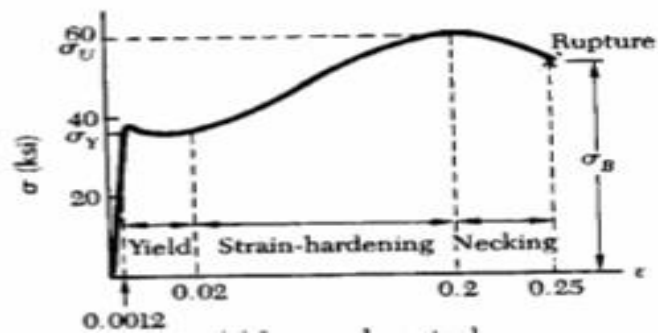
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΑΣΚΗΣΗΣ

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.

Το διάγραμμα τάσης - παραμόρφωσης προκύπτει σχεδιάζοντας την ϵ σαν τετημημένη και στο σ σαν τεταγμένη. Τα διαγράμματα μεταξύ διαφορετικών υλικών διαφέρουν αρκετά. Διαφέρουν όμως και τα διαγράμματα για το ίδιο υλικό γιατί το πείραμα εξαρτάται από την θερμοκρασία του δοκιμίου και την ταχύτητα φόρτισης.



Για την κατασκευή της γραφικής παράστασης χρησιμοποιήθηκαν οι ακόλουθοι τύποι:

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

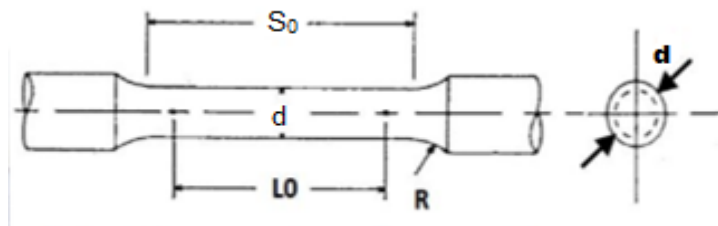
$$L_0 = 90 \text{ mm}$$

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 επιφάνεια διατομής του δοκιμίου με μονάδες μέτρησης (mm²)

Παραμόρφωση ορίζεται ως πηλίκο της επιμήκυνσης που μετράει το μηχανοσκόπιο 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 μηχανοσκόπιο

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 τάσης 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 φόρτισης. 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 σ_{0.02} το οποίο ορίζεται ως η τιμή της τάσης για την οποία η παραμένουσα παραμόρφωση είναι ε=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 S₀.

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

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).

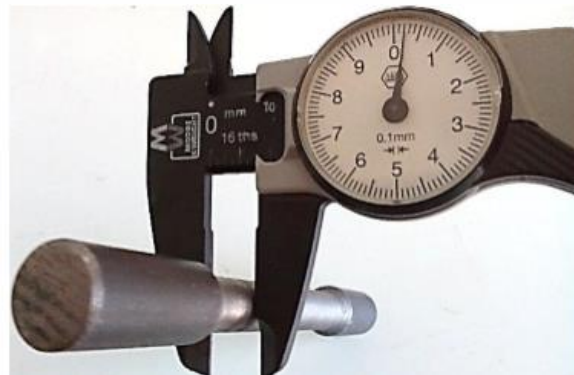
Υπολογίζεται μελετώντας τη γραμμική περιοχή της καμπύλης τάσης-παραμόρφωσης πριν το όριο αναλογίας σ_A και προσδιορίζεται είτε γραφικά είτε με τη χρήση της μεθόδου υπολογισμού της καλύτερης ευθείας σε μια περιοχή τάσεων που κυμαίνεται από το 30% έως το 60% του ορίου διαρροής. Το μέτρο ελαστικότητας είναι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

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

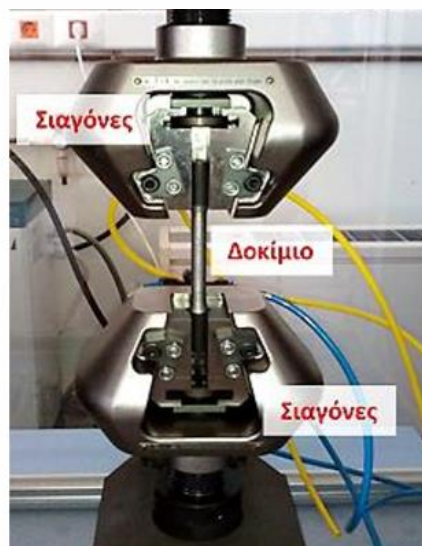
Για την πραγματοποίηση του συγκεκριμένου πειράματος χρησιμοποιήθηκε η μηχανή είναι η AGS-X 100kN με ικανότητα μέγιστου φορτίου σε εφελκυσμό και θλίψη 100 kN που έχει την δυνατότητα επαναλαμβανομένης φόρτισης δοκιμίων για τον έλεγχο αντοχής υλικών σε κόπωση. Επίσης, μπορεί να δώσει κατευθείαν την καταγραφή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



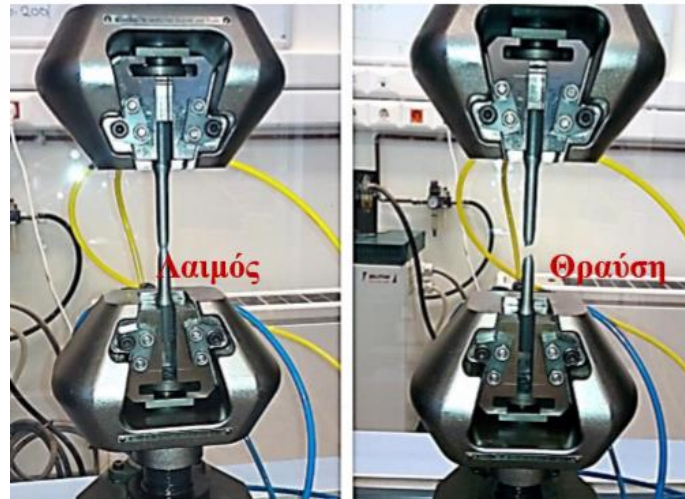
Ξεκινώντας το πείραμα έγινε μέτρηση των γεωμετρικών στοιχείων (διάμετρος του δοκιμίου ,ενεργού μήκος) της κυλινδρικής ράβδους από χάλυβα σύμφωνα με το διεθνές πρότυπο δοκιμών ASTM E8/E8M–09 με το παχύμετρο.



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 ακολουθεί υπολογισμοί και συμπληρώθηκαν οι πίνακες στο excel.

Υπολογισμός της παραμόρφωσης (ε)

Ενδεικτικά, ακολουθεί η διαδικασία εύρεσης για την πρώτη μέτρηση :

$$\varepsilon_{\text{nom}} = \frac{\Delta L}{L_0} \Leftrightarrow \frac{0,0002821287\text{mm}}{90\text{mm}} = 0,003135_{/00}$$

Υπολογισμός αρχικής επιφάνειας διατομής του δοκιμίου

$$S_0 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \Leftrightarrow \frac{\pi \cdot 9,8^2}{4} = 75,43\text{mm}^2$$

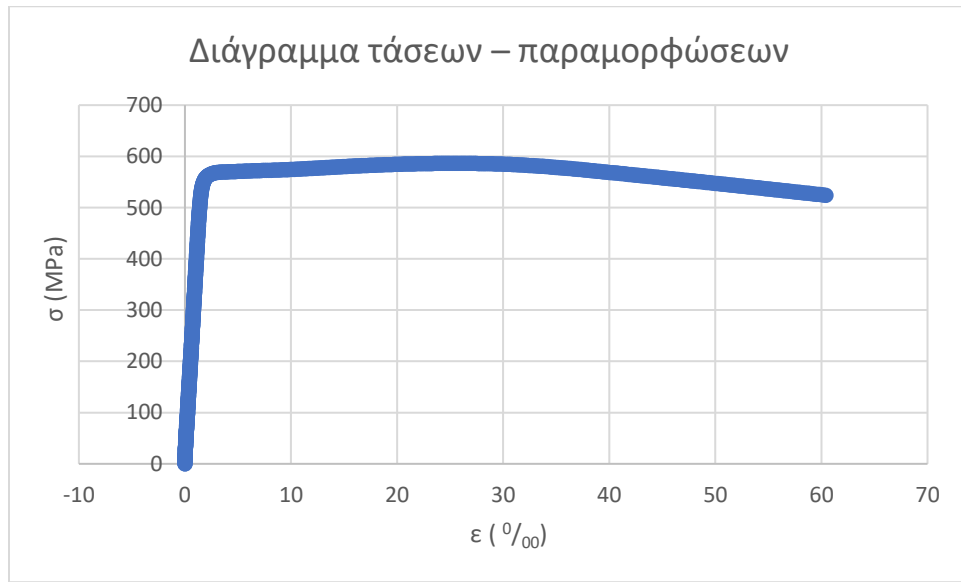
Υπολογισμός της τάσης (σ)

Όπως και παραπάνω θα γίνει ο υπολογισμός για την πρώτη μέτρηση

$$\sigma_{\text{nom}} = \frac{P}{S_0} \Leftrightarrow \frac{2,574921N}{75,43mm^2} = 0,034137MPa$$

Αρχείο	Κεντρικ	Εισαγω	Διάταξη	Τύποι	Δεδομέ	Αναθεύ	Προβο	Βοήθει	Πείτε μοι	Κοινή χρήση
Πρόχειρο	Γραμματοσειρά	Στοίχιση	Αριθμός	Μορφοποίηση υπό όρους	Μορφοποίηση ως πίνακα	Στυλ κελιών	Κελιά	Επεξεργασία		
B1										
	A	B	C	D	E	F				
1										
2	Φορτίο P(N)	Μετρήσεις επιμηκυνσης ΔL(mm)		ε(0/00)	σ(MPa)					
3	2,574921	0,000282129		0,003135	0,034137					
4	2,638499	-0,000194709		-0,00216	0,034979					
5	160,9166	-0,001219908		-0,01355	2,133324					
6	295,941	-0,00133117		-0,01479	3,923386					
7	420,0776	-0,00093778		-0,01042	5,569105					
8	534,6139	-0,000858307		-0,00954	7,08755					
9	647,0203	-0,000230471		-0,00256	8,577758					
10	755,9459	-0,000254313		-0,00283	10,02182					
11	862,662	4,37E-05		0,000486	11,43659					
12	967,137	0,000377496		0,004194	12,82165					
13	1066,557	0,000878175		0,009758	14,13969					
14	1167,234	0,001343091		0,014923	15,4744					
15	1266,94	0,00124375		0,013819	16,79623					
16	1364,342	0,001664956		0,0185	18,08752					
17	1458,82	0,001966953		0,021855	19,34005					
18	1545,064	0,002237161		0,024857	20,48342					
19	1628,987	0,002900759		0,032231	21,59601					
20	1711,432	0,002682209		0,029802	22,68901					
21	1789,157	0,002412001		0,0268	23,71944					
22	1865,737	0,003015995		0,033511	24,73468					
23	1943,954	0,002908707		0,032319	25,77163					
24	2021,456	0,003325939		0,036955	26,7991					
25	2100,658	0,003683567		0,040929	27,84911					
26	2181,784	0,004096826		0,04552	28,92462					

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

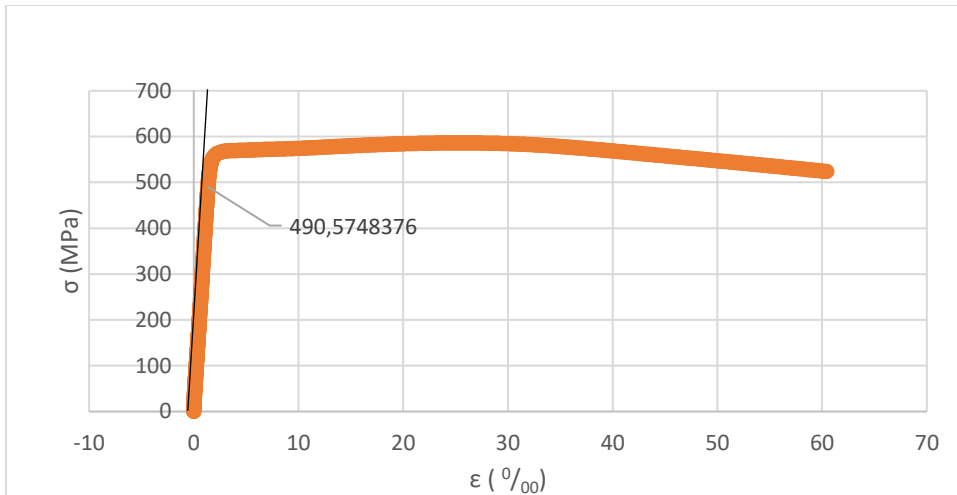


Παρατηρήσεις διαγράμματος

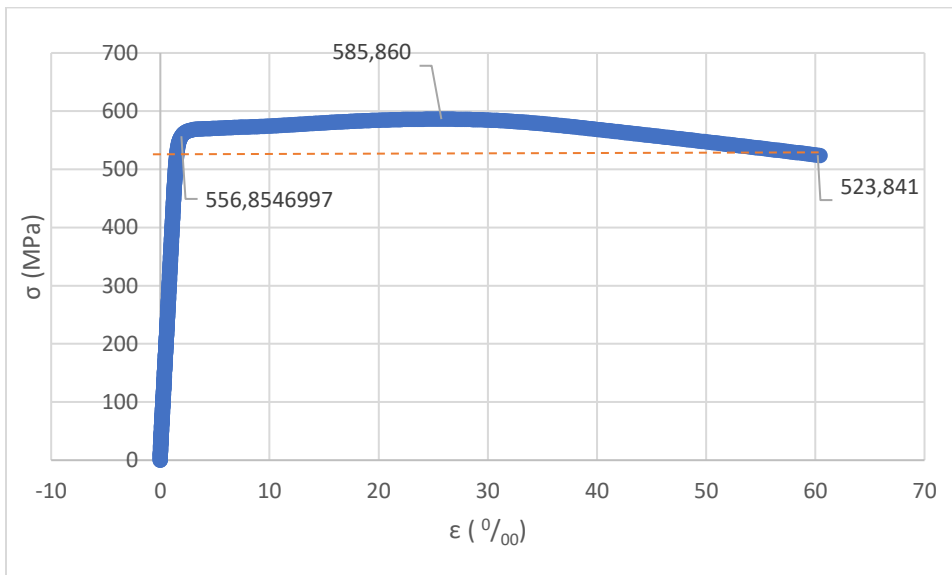
Αρχικά καθώς αυξάνεται το φορτίο, υπάρχει και μια γραμμική αύξηση του μήκους του δοκιμίου. Όμως στη συνέχεια, αφού το δοκίμιο ξεπεράσει το όριο αναλογίας αρχίζει να εμφανίζει μεγάλες παραμορφώσεις για μικρή αύξηση του φορτίου μέχρι και την θραύση του. Αυτό οφείλεται στις διατμητικές τάσεις.

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

$$\sigma_B = \frac{P_{\tau\epsilon\lambda}}{S_0} \Leftrightarrow \frac{39513,33}{75,43} = 523,841$$

Υπολογισμός Όριο Αντοχής

$$\sigma_u = \frac{P_{max}}{S_0} \Leftrightarrow \frac{44191,43}{75,43} = 585,860$$

Υπολογισμός Μέτρο Ελαστικότητας

$$E = \frac{\sigma_{τελ}}{\epsilon_{τελ}} \Leftrightarrow \frac{523,841}{60,43289} = 8,668$$

Πίνακας 1

Όριο Αναλογίας (σ_A)	490.575
Όριο Διαρροής (σ_y)	556,855
Όριο Αντοχής (σ_u)	585,860
Όριο Θραύσης (σ_B)	523,841
Μέτρο Ελαστικότητας (E)	8,668 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 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 συ, 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.