

Κεφάλαιο 1

Πειράματα θλίψης και εφελκυσμού

1.1 Γενικά

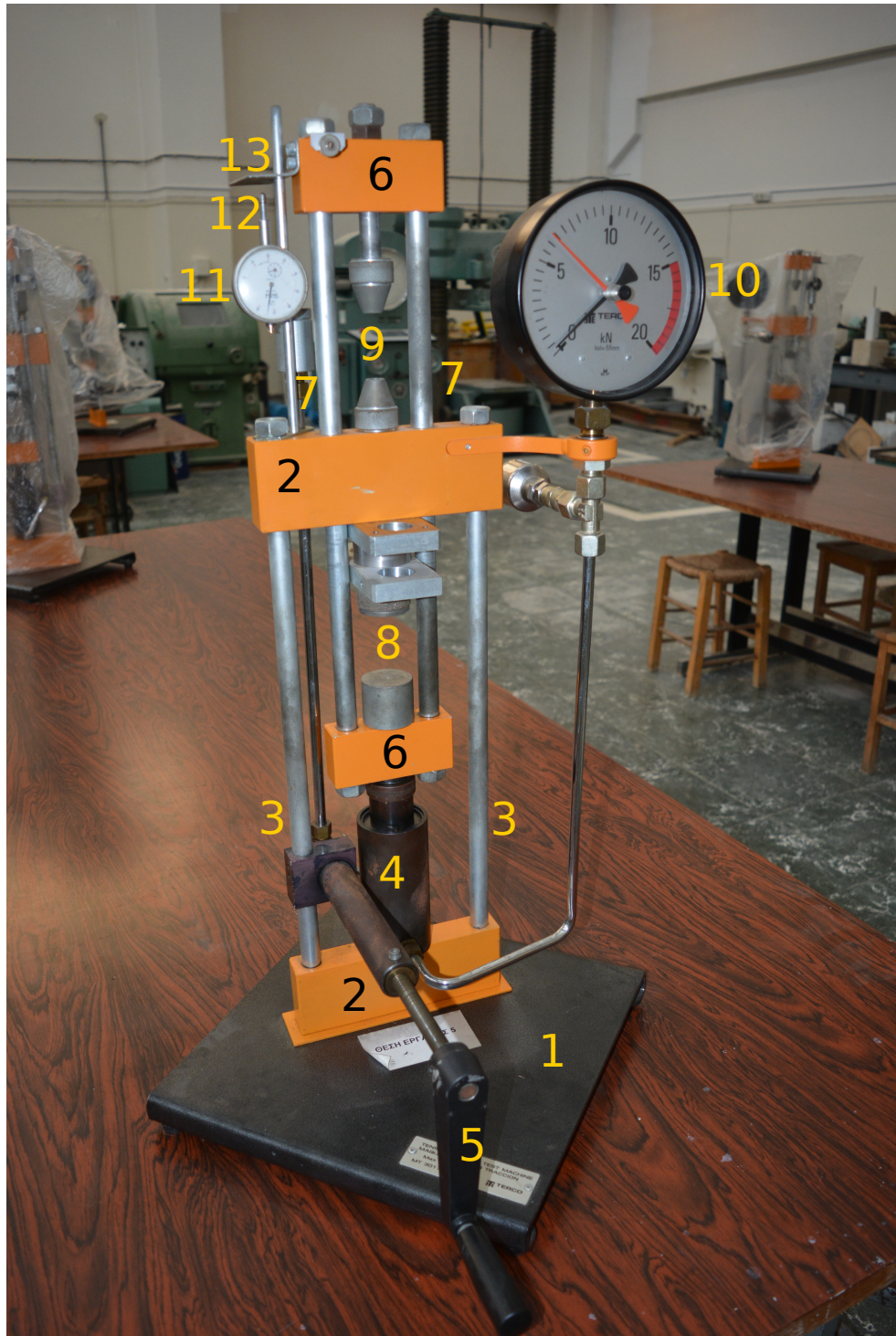
1.1.1 Παρουσίαση της μηχανής εκτέλεσης πειραμάτων θλίψης και εφελκυσμού

Στο Σχήμα 1.1 φαίνεται μια γενική εικόνα της μηχανής εκτέλεσης πειραμάτων θλίψης και εφελκυσμού, όπου με αριθμούς υποδεικνύονται τα βασικά μέρη της.

Στη βάση (1) της μηχανής είναι πακτωμένο το αμετακίνητο πλαίσιο οριζόντιων δοκών (2) - (2) και κατακόρυφων ράβδων (3) - (3). Στην κάτω δοκό (2) του πλαισίου αυτού είναι πακτωμένος κύλινδρος (4), γεμάτος με ορυκτέλαιο πίεσης. Στο πάνω μέρος του κυλίνδρου (4) βρίσκεται έμβολο, που μετακινείται προς τα πάνω με την ωρολογιακή περιστροφή του μοχλού (5), λόγω αύξησης της πίεσης του λαδιού στον κύλινδρο (4). Το έμβολο σπρώχνει προς τα πάνω το κινούμενο πλαίσιο οριζόντιων δοκών (6) - (6) και κατακόρυφων ράβδων (7) - (7). Έτσι η κατακόρυφη απόσταση (8) μεταξύ των αρπαγών θλίψης μειώνεται, ενώ η κατακόρυφη απόσταση (9) μεταξύ των αρπαγών εφελκυσμού αυξάνεται. Συνεπώς, το δοκίμιο θλίψης που τοποθετείται με απλή επαφή στις αρπάγες, μέσα στον κενό χώρο (8), θλίβεται. Αντίθετα, το δοκίμιο εφελκυσμού που βιδώνεται στις αρπάγες του χώρου (9), εφελκύεται.

Η εφαρμοζόμενη αξονική δύναμη και στα δύο πειράματα (εφελκυσμού και θλίψης), μετριέται σε kN από το μανόμετρο (10). Μέγιστη μετρούμενη τιμή είναι τα $20kN$ αλλά για λόγους ασφάλειας δεν υπερβαίνουμε τα $15kN$.

Η κατακόρυφη μετατόπιση και για τα δύο πειράματα (επιμήκυνση του δοκιμίου κατά τον εφελκυσμό και βράχυνση του δοκιμίου κατά τη θλίψη) μετριέται από το βελόμετρο (11). Για να γίνεται η μέτρηση,



Σχήμα 1.1: Η μηχανή εφελκυσμού και θλίψης.

θα πρέπει η ακίδα (12) του βελομέτρου (11) να είναι σε επαφή με το ακραίο έλασμα (13) της άνω δοκού (6) του κινούμενου πλαισίου, καθ' όλη τη διάρκεια του πειράματος. Κάθε υποδιαίρεση ανάγνωσης του μικρού δείκτη του βελομέτρου αντιστοιχεί σε $1mm$ ενώ κάθε υποδιαίρεση ανάγνωσης του μεγάλου δείκτη του βελομέτρου αντιστοιχεί σε $0,01mm$. Μια πλήρης περιστροφή του μεγάλου δείκτη του βελομέτρου αντιστοιχεί σε μετατόπιση της ακίδας του εμβόλου του βελομέτρου κατά $1mm$. Μια πλήρης περιστροφή του μικρού δείκτη του βελομέτρου, αντιστοιχεί σε μετατόπιση της ακίδας του εμβόλου του βελομέτρου κατά $10mm$, που είναι και η μέγιστη μετατόπιση που μπορούμε να μετρήσουμε με το βελόμετρο.

1.1.2 Ασφαλής εκτέλεση των πειραμάτων

Για την ασφαλή εκτέλεση των πειραμάτων πρέπει να έχετε υπ' όψη σας τα εξής:

- Να μην παρακολουθείτε από πολύ μικρή απόσταση το δοκίμιο εφελκυσμού όταν αυτό πρόκειται να αστοχήσει, για να αποφύγετε πιθανό τραυματισμό από θραύσματα που ίσως εκσφενδονιστούν κατά τη στιγμή της θραύσης του δοκιμίου.
- Οι μηχανές εφελκυσμού θλίψης δεν απαιτούν εφαρμογή μεγάλης μυϊκής δύναμης για την εκτέλεση ενός πειράματος. Αν αντιληφθείτε ότι καταβάλλετε έντονη σωματική προσπάθεια κατά το χειρισμό των μηχανών, σταματήστε το πείραμα και ζητήστε βοήθεια από τους επιβλέποντες.

1.2 Πείραμα θλίψης

1.2.1 Δοκίμια θλίψης

Διάφορα δοκίμια θλίψης φαίνονται στο Σχήμα 1.2. Είναι πρισματικές, κοντές ράβδοι με κυκλική, τραπεζοειδή ή ορθογώνια διατομή.

1.2.2 Διαδικασία για την εκτέλεση του πειράματος θλίψης

1. Μετράμε με το παχύμετρο ή με το μικρόμετρο:

- (α') Το μήκος L του δοκιμίου. Ως μήκος L λαμβάνεται το συνολικό μήκος του δοκιμίου.
- (β') Τη διάμετρο d της εγκάρσιας διατομής του δοκιμίου αν πρόκειται για δοκίμιο κυκλικής διατομής (Σχήμα 1.2).



Σχήμα 1.2: Δοκίμια θλίψης.

- (γ') Τη μεγάλη βάση, τη μικρή βάση και το ύψος της εγκάρσιας διατομής του δοκιμίου, αν πρόκειται για δοκίμιο τραπεζοειδούς διατομής.
- (δ') Το πλάτος και το πάχος της εγκάρσιας διατομής του δοκιμίου, αν πρόκειται για δοκίμιο ορθογώνιας διατομής.
2. Παίρνουμε 3 διαφορετικές μετρήσεις, κάθε μια από διαφορετικό μέλος της ομάδας και τις καταγράφουμε στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο - φωτογραφία. Στην εργασία θα χρησιμοποιηθεί ο μέσος όρος των μετρήσεων.
 3. Στρέφουμε κατά την αντισωρολογιακή φορά τον περιστρεφόμενο μοχλό πίεσης (5) μέχρι να τερματίσει (Σχήμα 1.1). Περιστρέφουμε τον κόκκινο δείκτη του μανομέτρου (10), έτσι ώστε να δείχνει το 0 (μηδέν). Ελέγχουμε ότι και ο μαύρος δείκτης του μανομέτρου δείχνει τη θέση 0 (μηδέν).
 4. Τοποθετούμε το δοκίμιο στην κάτω επιφάνεια επαφής της θέσης (8) (Σχήμα 1.1). Αν δε χωράει το δοκίμιο στη θέση (8) καθ' ύψος, περιστρέφουμε το πάνω μέρος του εμβόλου του δοχείου πίεσης (4) ωρολογιακά, έτσι ώστε να μετακινηθεί η κάτω δοκός (6), προς τα κάτω. Φροντίζουμε ώστε το δοκίμιο να στέκεται στο μέσο της κάτω επιφάνειας επαφής.
 5. Περιστρέφουμε αντισωρολογιακά το άνω μέρος του εμβόλου του δοχείου πίεσης (4), έτσι ώστε να εφάπτεται η πάνω έδρα του δοκιμίου με την πάνω επιφάνεια επαφής της θέσης (8). Συνεχίζουμε

την περιστροφή του άνω μέρος του εμβόλου του δοχείου πίεσης (4), μέχρι αυτή να είναι δύσκολο να συνεχιστεί (τότε το δοκίμιο θα έχει καλή επαφή με τις άνω και κάτω έδρες της θέσης (8)).

6. Χαλαρώνουμε τη βίδα συγκράτησης του βελομέτρου (11) και σπρώχνουμε το τελευταίο προς τα πάνω έτσι ώστε να ακουμπήσει η ακίδα του (12), στο προεξέχον έλασμα (13) της άνω δοκού (6) και να βυθιστεί σχεδόν ολόκληρο το έμβολο με την ακίδα στον κατακόρυφο σωλήνα (χωρίς να τερματίσει). Σφίγγουμε τη βίδα συγκράτησης του βελομέτρου στη θέση αυτή.
7. Περιστρέφουμε τη στεφάνη του βελομέτρου (11) έτσι ώστε ο μεγάλος δείκτης του να δείχνει το 0 (μηδέν). Καταγράφουμε στο Φύλλο Πειράματος την ένδειξη και του μικρού δείκτη του βελομέτρου π.χ. 3,4 (οπτική προσέγγιση).
8. Αρχίζουμε την περιστροφή του μοχλού (5) ωρολογιακά και αργά. Ενδεικτικά προτείνονται 10 δευτερόλεπτα ανά περιστροφή. Καταγράφουμε σε βίντεο τις ενδείξεις του μανομέτρου και του βελομέτρου, ή καταχωρούμε στο Φύλλο Πειράματος τις τιμές δύναμης (από το μανόμετρο (10)) και μετατόπισης (από το βελόμετρο (11)), ανά $0,5N$. Αν καταγράφουμε τις τιμές δύναμης και μετατόπισης στο Φύλλο Πειράματος, σημειώνουμε και τις πλήρεις περιστροφές του μεγάλου δείκτη του βελομέτρου, σημειώνοντας ανά διαστήματα τις τιμές του μικρού δείκτη.
9. Συνεχίζουμε την παραπάνω διαδικασία μέχρι η δύναμη να φτάσει την τιμή των $13kN$. Δεν πρέπει να γίνει υπέρβαση του ορίου των $15kN$ (αρχή κόκκινης περιοχής στο μανόμετρο (8)) στο φορτίο θλίψης.
10. Καταγράφουμε την ένδειξη του ακινητοποιημένου κόκκινου δείκτη του μανόμετρου, η οποία αντιστοιχεί στο μέγιστο φορτίο που ασκήθηκε στο δοκίμιο.
11. Επαναφέρουμε το μοχλό (5) στην αρχική θέση που είχε πριν την έναρξη του πειράματος, περιστρέφοντάς τον αντιωρολογιακά.
12. Αφαιρούμε το δοκίμιο από τις αρπάγες, περιμένουμε 3 λεπτά και μετά μετράμε το παραμορφωμένο μήκος του δοκιμίου.

1.2.3 Ζητούμενα στην ομαδική εργασία για το πείραμα θλίψης

Στην εργασία **δεν**:

- Παραθέτουμε τη θεωρία.

- Παρουσιάζουμε τα μέρη των μηχανών.
- Περιγράφουμε τη διαδικασία εκτέλεσης των πειραμάτων.

Στην εργασία περιλαμβάνουμε:

1. Πίνακα που θα περιέχει τις τρεις (3) καταγραφμένες τιμές του μήκους L του δοκιμίου και το μέσο όρο των τιμών αυτών.
2. Πίνακα που θα περιέχει τις τρεις (3) καταγραφμένες τιμές της διαμέτρου d της διατομής του δοκιμίου και το μέσο όρο των τιμών αυτών, για το δοκίμιο κυκλικής διατομής. Για το δοκίμιο τραπεζοειδούς διατομής, ο πίνακας θα περιέχει τις τρεις (3) καταγραφμένες τιμές της κάτω βάσης, της άνω βάσης και του ύψους της εγκάρσιας διατομής του δοκιμίου καθώς και το μέσο όρο των τιμών αυτών. Για το δοκίμιο ορθογώνιας διατομής ο πίνακας θα περιέχει τις τρεις (3) καταγραφμένες τιμές του πλάτους και του πάχους της εγκάρσιας διατομής καθώς και το μέσο όρο των τιμών αυτών.
3. Την τιμή του εμβαδού A της διατομής του δοκιμίου, που προκύπτει είτε από τη μέση τιμή των μετρήσεων της διαμέτρου της διατομής (κυκλικό δοκίμιο) είτε από τη μέση τιμή των μετρήσεων της κάτω βάσης, της άνω βάσης και του ύψους της διατομής (τραπεζοειδές δοκίμιο).
4. Πίνακα με τις καταγραφμένες κατά τη διάρκεια του πειράματος (στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο) τιμές της δύναμης P και της μετατόπισης δ . Φροντίζουμε ώστε να περιέχονται τιμές, τουλάχιστον ανά $0,5N$. Στον ίδιο πίνακα θα περιέχονται, σε επί πλέον στήλες, οι υπολογισμένες τιμές της τάσης σ και της παραμόρφωσης ϵ , που προκύπτουν από τις καταγραφμένες τιμές της δύναμης P και της μετατόπισης δ .
5. Πίνακα που θα περιέχει τις τρεις (3) καταγραφμένες τιμές του παραμορφωμένου μήκους L_1 του δοκιμίου, μετά από την αποφόρτιση και το μέσο όρο των τιμών αυτών. Στον ίδιο πίνακα να περιληφθεί και η μέση τιμή της παραμένουσας παραμόρφωσης ϵ_p του δοκιμίου μετά από την αποφόρτιση.
6. Διάγραμμα δύναμης P - μετατόπισης δ (η P στον κατακόρυφο άξονα) που θα περιέχει **μόνο τα σημεία που αντιστοιχούν στα καταγραφμένα ζεύγη (P_i, δ_i) των μετρήσεων**. Τα σημεία **δεν θα είναι** ενωμένα με γραμμές.
7. Ξανά το διάγραμμα δύναμης P - μετατόπισης δ όπου τα σημεία **θα είναι ενωμένα διαδοχικά με ευθύγραμμα τμήματα**.

8. Εκτίμηση από το διάγραμμα δύναμης P - μετατόπισης δ για:
 - Το εύρος της γραμμικά ελαστικής περιοχής.
 - Την τιμή του φορτίου διαρροής P_Y (εξηγήστε πως συμπεράνατε αν υπήρξε διαρροή).
9. Διάγραμμα τάσης σ - παραμόρφωσης ϵ (η σ στον κατακόρυφο άξονα) που θα περιέχει **μόνο τα σημεία που αντιστοιχούν στα καταγεγραμμένα ζεύγη (σ_i, ϵ_i) των μετρήσεων**. Τα σημεία **δεν θα είναι** ενωμένα με γραμμές.
10. Ξανά το διάγραμμα τάσης σ - παραμόρφωσης ϵ όπου τα σημεία **θα είναι ενωμένα διαδοχικά με ευθύγραμμα τμήματα**.
11. Υπολογισμός από τα διαγράμματα τάσης σ - παραμόρφωσης ϵ :
 - Του εύρους της γραμμικά ελαστικής περιοχής.
 - Του μέτρου ελαστικότητας E του υλικού με γραμμική παρεμβολή (χάραξη ευθείας) μεταξύ των σημείων του διαγράμματος που βρίσκονται στη γραμμικά ελαστική περιοχή.
 - Της τιμής της τάσης διαρροής σ_Y (αν υπήρξε διαρροή).
12. Σχόλιο αν στο διάγραμμα σ - ϵ υπάρχουν τα τμήματα που γνωρίζουμε ότι περιγράφουν τα στάδια παραμόρφωσης ενός υλικού (γραμμική περιοχή, ελαστική περιοχή, περιοχή διαρροής, περιοχή κράτυνσης, βαρελοποίηση).
13. Σχόλιο αν η τιμή του μέτρου ελαστικότητας που υπολογίστηκε είναι αναμενόμενη για το υλικό του δοκιμίου.

1.2.4 Φύλλο πειράματος θλίψης δοκιμίου κυκλικής διατομής

Γενικές πληροφορίες

Ομάδα	Υλικό	Ημερομηνία

Μετρήσεις διαστάσεων ράβδου κυκλικής διατομής

Μέτρηση	1η	2η	3η
Μήκος (cm)			
Διάμετρος εγκάρσιας κυκλικής διατομής (mm)			

Μετρήσεις δυνάμεων και μετατοπίσεων

[illegible]

1.2.5 Φύλλο πειράματος θλίψης δοκιμίου τραπεζοειδούς διατομής

Γενικές πληροφορίες

Ομάδα	Υλικό	Ημερομηνία

Μετρήσεις διαστάσεων ράβδου, πριν από την εκτέλεση του πειράματος

Μέτρηση	1η	2η	3η
Αρχικό μήκος (cm)			
Μεγάλη βάση τραπεζοειδούς εγκάρσιας διατομής (mm)			
Μικρή βάση τραπεζοειδούς εγκάρσιας διατομής (mm)			
Ύψος τραπεζοειδούς εγκάρσιας διατομής (mm)			

Μέτρηση παραμορφωμένου μήκους ράβδου, μετά από την ολοκλήρωση του πειράματος

Μέτρηση	1η	2η	3η
Παραμορφωμένο μήκος (cm)			

Μετρήσεις δυνάμεων και μετατοπίσεων

[illegible]

1.2.6 Φύλλο πειράματος θλίψης δοκιμίου ορθογώνιας διατομής

Γενικές πληροφορίες

Ομάδα	Υλικό	Ημερομηνία

Μετρήσεις διαστάσεων δοκιμίου ορθογώνιας διατομής, πριν από την εκτέλεση του πειράματος

Μέτρηση	1η	2η	3η
Αρχικό μήκος (cm)			
Πλάτος εγκάρσιας διατομής (cm)			
Πάχος εγκάρσιας διατομής (cm)			

Μέτρηση παραμορφωμένου μήκους δοκιμίου, μετά από την ολοκλήρωση του πειράματος

Μέτρηση	1η	2η	3η
Παραμορφωμένο μήκος (cm)			

Μετρήσεις δυνάμεων και μετατοπίσεων

[illegible]

1.3 Πείραμα εφελκυσμού

1.3.1 Δοκίμια εφελκυσμού

Το δοκίμιο εφελκυσμού που προσαρμόζεται στην μηχανή, φαίνεται στο Σχήμα 1.3. Είναι ένα τυπικό κυλινδρικό δοκίμιο με κεφαλές, οι οποίες φέρουν σπείρωμα.



Σχήμα 1.3: Δοκίμιο εφελκυσμού.

1.3.2 Διαδικασία για την εκτέλεση του πειράματος εφελκυσμού

1. Μετράμε με παχύμετρο το μήκος L και τη διάμετρο d του δοκιμίου (Σχήμα 1.3). Το μήκος L αναφέρεται στην πρισματική περιοχή του δοκιμίου και τα άκρα του είναι στα σημεία όπου αρχίζουν οι καμπυλώσεις (φιλέτα) για τη μείωση της τοπικής συγκέντρωσης τάσεων. Παίρνουμε 3 διαφορετικές μετρήσεις, κάθε μια από διαφορετικό μέλος της ομάδας και τις καταγράφουμε στο Φύλλο Πειράματος ή σε βιντεο - φωτογραφία. Στην εργασία θα χρησιμοποιηθεί ο μέσος όρος των μετρήσεων. Μερικές από τις μετρήσεις της διαμέτρου d , μπορούν να γίνουν με το μικρόμετρο.
2. Στρέφουμε κατά την αντιωρολογιακή φορά τον περιστρεφόμενο μοχλό πίεσης (5) μέχρι να τερματίσει (Σχήμα 1.1). Περιστρέφουμε τον κόκκινο δείκτη του μανομέτρου (10), έτσι ώστε να δείχνει το 0 (μηδέν). Ελέγχουμε ότι και ο μαύρος δείκτης του μανομέτρου βρίσκεται στη θέση 0 (μηδέν).

3. Σπρώχνουμε το κινούμενο πλαίσιο (6) - (7) - (6) - (7) προς τα πάνω και βιδώνουμε το δοκίμιο στην κάτω αρπάγη της θέσης (9), έτσι ώστε να είναι ολόκληρο το σπείρωμα (ή το μεγαλύτερο μέρος του) μέσα στην κάτω αρπάγη. Αφήνουμε αργά το πλαίσιο (6) - (7) - (6) - (7) να κατέβει και βιδώνουμε το πάνω σπείρωμα του δοκιμίου στην πάνω αρπάγη. Κατά τη διαδικασία αυτή, χαλαρώνουμε αν χρειαστεί το περικόχλιο (παξιμάδι) στο πάνω μέρος του πλαισίου (6) - (7) - (6) - (7) και αφού βιδωθεί το δοκίμιο και στις δύο αρπάγες, το σφίγγουμε πάλι. Αν το πλαίσιο (6) - (7) - (6) - (7) ανασηκώνεται πιέζοντας τη δοκό (6) προς τα πάνω με το χέρι μας, τότε ξεβιδώνουμε την άνω βάση του εμβόλου του κυλίνδρου (4), κρατώντας το πλαίσιο ανασηκωμένο με το χέρι μας, μέχρι το πλαίσιο να ακινητοποιηθεί.
4. Χαλαρώνουμε τη βίδα συγκράτησης του βελομέτρου (11) και σπρώχνουμε το τελευταίο προς τα πάνω έτσι ώστε να ακουμπήσει η ακίδα του (12), στο προεξέχον έλασμα (13) της δοκού (6) και να βυθιστεί σχεδόν ολόκληρο το έμβολο με την ακίδα στον κατακόρυφο σωλήνα (χωρίς να τερματίσει). Σφίγγουμε το βελόμετρο στη θέση αυτή.
5. Περιστρέφουμε τη στεφάνη του βελομέτρου (11) έτσι ώστε ο μεγάλος δείκτης του να δείχνει το 0 (μηδέν). Καταγράφουμε στο Φύλλο Πειράματος την ένδειξη και του μικρού δείκτη του βελομέτρου π.χ. 3,4 (οπτική προσέγγιση).
6. Αρχίζουμε την περιστροφή του μοχλού (5) ωρολογιακά και αργά. Ενδεικτικά προτείνονται 10 δευτερόλεπτα ανά περιστροφή. Καταγράφουμε σε βίντεο τις ενδείξεις του μανομέτρου και του βελομέτρου, ή καταχωρούμε στο Φύλλο Πειράματος τις τιμές δύναμης (από το μανόμετρο (10)) και μετατόπισης (από το βελόμετρο (11)), ανά 0,5N.
7. Συνεχίζουμε την παραπάνω διαδικασία μέχρι τη θραύση του δοκιμίου.
8. Καταγράφουμε την ένδειξη του ακινητοποιημένου κόκκινου δείκτη του μανόμετρου, η οποία αντιστοιχεί στο μέγιστο φορτίο που ασκήθηκε στο δοκίμιο.
9. Επαναφέρουμε το μοχλό (5) στην αρχική θέση που είχε πριν την έναρξη του πειράματος, περιστρέφοντάς τον αντιωρολογιακά.
10. Αφαιρούμε τα δύο κομμάτια του σπασμένου δοκιμίου από τις αρπάγες, ξεβιδώνοντάς τα. Ενώνουμε τα δύο κομμάτια μεταξύ τους

με τα χέρια μας, έτσι ώστε η συναρμογή τους πάνω στην επιφάνεια θραύσης να είναι η καλύτερη δυνατή και μετράμε το παραμορφωμένο μήκος του δοκιμίου μετά από τη θραύση.

1.3.3 Ζητούμενα στην ομαδική εργασία για το πείραμα του εφελκυσμού

Στην εργασία **δεν**:

- Παραθέτουμε τη θεωρία.
- Παρουσιάζουμε τα μέρη των μηχανών.
- Περιγράφουμε τη διαδικασία εκτέλεσης των πειραμάτων.

Στην εργασία περιλαμβάνουμε:

1. Πίνακα που θα περιέχει τις τρεις (3) καταγραφόμενες τιμές του μήκους L του δοκιμίου και το μέσο όρο των τιμών αυτών.
2. Πίνακα που θα περιέχει τις τρεις (3) καταγραφόμενες τιμές της διαμέτρου d του δοκιμίου και το μέσο όρο των τιμών αυτών.
3. Την τιμή του εμβαδού A της διατομής του δοκιμίου, που προκύπτει από τη μέση τιμή των μετρήσεων της διαμέτρου του δοκιμίου.
4. Πίνακα με τις καταγραφόμενες κατά τη διάρκεια του πειράματος (στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο) τιμές της δύναμης P και της μετατόπισης δ . Φροντίζουμε ώστε να περιέχονται τιμές, τουλάχιστον ανά 0,5N. Στον ίδιο πίνακα θα περιέχονται, σε επί πλέον στήλες, οι υπολογισμένες τιμές της τάσης σ και της παραμόρφωσης ϵ , που προκύπτουν από τις καταγραφόμενες τιμές της δύναμης P και της μετατόπισης δ .
5. Πίνακα που θα περιέχει τις τρεις (3) καταγραφόμενες τιμές του παραμορφωμένου μήκους L_1 του δοκιμίου, μετά από την αποφόρτιση και το μέσο όρο των τιμών αυτών. Στον ίδιο πίνακα να περιληφθεί και η μέση τιμή της παραμένουσας παραμόρφωσης ϵ_p του δοκιμίου μετά από την αποφόρτιση.
6. Διάγραμμα δύναμης P - μετατόπισης δ (η P στον κατακόρυφο άξονα) που θα περιέχει **μόνο τα σημεία που αντιστοιχούν στα καταγραφόμενα ζεύγη (P_i, δ_i) των μετρήσεων**. Τα σημεία **δεν θα είναι** ενωμένα με γραμμές. Στις περιοχές του διαγράμματος όπου εμφανίζονται λίγα σημεία (π. χ. διαρροή, κράτυνση, λαιμός και θραύση), προσθέτουμε σημεία από το βίντεο ή από το Φύλλο Πειράματος παίρνοντας ενδιάμεσες τιμές (με γραμμική παρεμβολή) από τις καταγραφόμενες.

7. Ξανά το διάγραμμα δύναμης P - μετατόπισης δ όπου τα σημεία **θα είναι ενωμένα διαδοχικά με ευθύγραμμα τμήματα**.
8. Εκτίμηση από το διάγραμμα δύναμης P - μετατόπισης δ για:
 - Το εύρος της γραμμικά ελαστικής περιοχής.
 - Την τιμή του φορτίου διαρροής P_Y (εξηγήστε πως συμπεράνατε ότι υπήρξε διαρροή).
 - Την τιμή του μέγιστου φορτίου P_{max} (αν υπάρχει φθίνων κλάδος στο διάγραμμα).
 - Την τιμή του φορτίου θραύσης P_f .
9. Διάγραμμα τάσης σ - παραμόρφωσης ϵ (η σ στον κατακόρυφο άξονα) που θα περιέχει **μόνο τα σημεία που αντιστοιχούν στα καταγραμμένα ζεύγη (σ_i, ϵ_i) των μετρήσεων**. Τα σημεία **δεν θα είναι** ενωμένα με γραμμές.
10. Ξανά το διάγραμμα τάσης σ - παραμόρφωσης ϵ όπου τα σημεία **θα είναι ενωμένα διαδοχικά με ευθύγραμμα τμήματα**.
11. Υπολογισμός από τα διαγράμματα τάσης σ - παραμόρφωσης ϵ :
 - Του εύρους της γραμμικά ελαστικής περιοχής.
 - Του μέτρου ελαστικότητας E του υλικού με γραμμική παρεμβολή (χάραξη ευθείας) μεταξύ των σημείων του διαγράμματος που βρίσκονται στη γραμμικά ελαστική περιοχή. Να γράψετε την εξίσωση $y = ax + b$ της ευθείας.
 - Της τάσης διαρροής σ_Y .
 - Της μέγιστης τάσης σ_{max} (αν υπάρχει φθίνων κλάδος στο διάγραμμα).
 - Της τάσης θραύσης σ_f .
12. Σχόλιο αν στο διάγραμμα $\sigma - \epsilon$ υπάρχουν τα τμήματα που γνωρίζουμε ότι περιγράφουν τα στάδια παραμόρφωσης ενός μετάλλου (γραμμική περιοχή, ελαστική περιοχή, περιοχή διαρροής, περιοχή κράτυνσης, λαιμός).
13. Σχόλιο αν η τιμή του μέτρου ελαστικότητας που υπολογίστηκε είναι αναμενόμενη για το υλικό του δοκιμίου.

1.3.4 Φύλλο πειράματος εφελκυσμού

Γενικές πληροφορίες

Ομάδα	Υλικό	Ημερομηνία

Μετρήσεις διαστάσεων ράβδου κυκλικής διατομής

Μέτρηση	1η	2η	3η
Μήκος πρισματικού τμήματος ράβδου (cm)			
Διάμετρος εγκάρσιας διατομής του πρισματικού τμήματος της ράβδου (mm)			

Μέτρηση μετά από την αποφόρτιση, του μήκους του τμήματος της ράβδου, που ήταν πρισματικό στην απαραμόρφωτη κατάσταση

Μέτρηση	1η	2η	3η
Μήκος ράβδου (cm)			

[illegible][illegible]

Κεφάλαιο 2

Πειράματα στρέψης και κάμψης

2.1 Παρουσίαση της πειραματικής μηχανής στρέψης και κάμψης

Στο Σχήμα 2.1 φαίνεται μια γενική εικόνα της μηχανής στρέψης και κάμψης, όπου με αριθμούς υποδεικνύονται τα βασικά μέρη της.

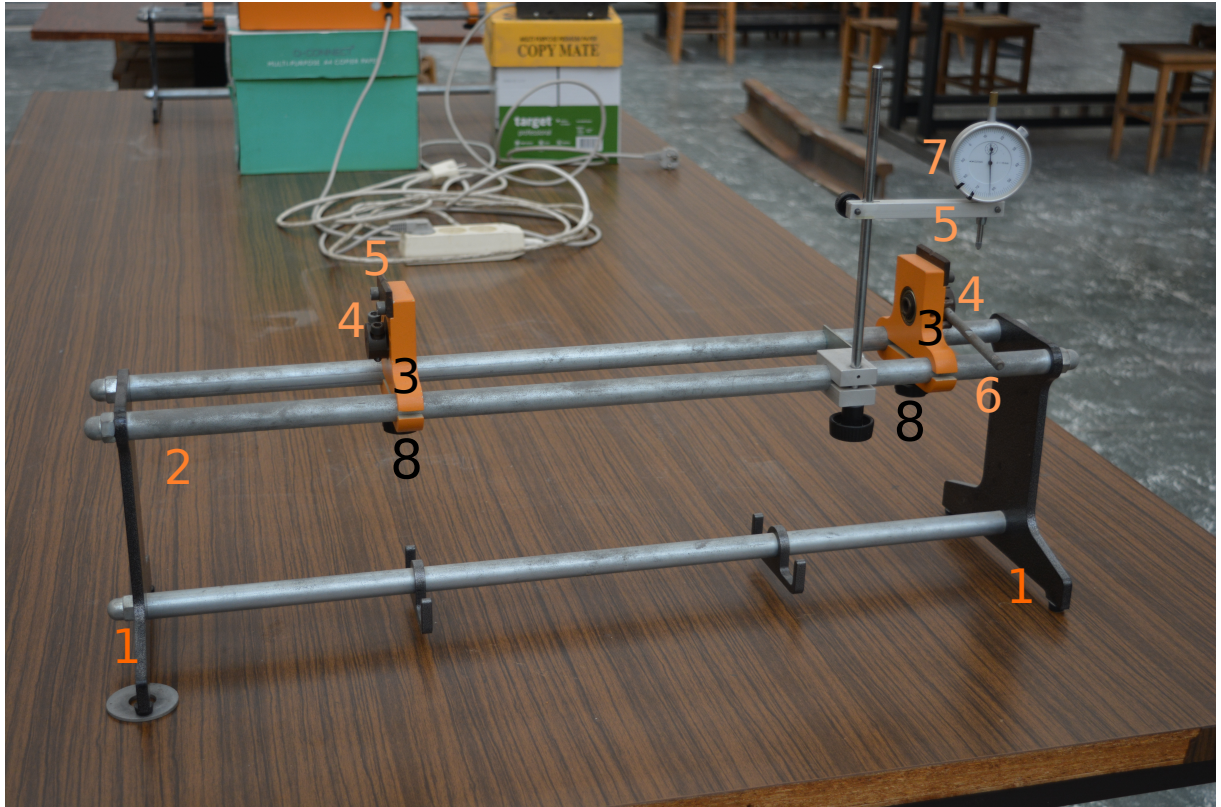
Στις βάσεις (1) της μηχανής εδράζονται οι οριζόντιες ράβδοι (2). Στις ράβδους (2) μπορούν να ολισθαίνουν και να ακινητοποιούνται με τις βίδες (8), οι βάσεις στηρίξεων δοκιμίων (3). Οι βάσεις (3) φέρουν κυλινδρικές αρπάγες (4) για τη στήριξη της κυκλικής ατράκτου που υποβάλλεται σε στρέψη. Στη δεξιά βάση (3), είναι προσαρμοσμένος πρόβολος (6) για την ανάρτηση των κατακόρυφων φορτίων που θα προκαλέσουν τη ροπή στρέψης. Ακόμη οι βάσεις (3), στο πάνω μέρος τους, φέρουν κατακόρυφα πλακίδια (5) με αιχμηρή απόληξη, για τη στήριξη με κύλιση της ορθογώνιας δοκού κάμψης. Στη ράβδο (2) είναι προσαρτημένη ολισθαίνουσα βάση με βελόμετρο (7), για τη μέτρηση κατακόρυφων μετατοπίσεων τόσο του προβόλου (6) όσο και του δοκιμίου κάμψης.

2.1.1 Δοκίμιο για τη στρέψη

Είναι ράβδος κυκλικής διατομής (Σχήμα 2.2).

2.1.2 Δοκίμιο για την κάμψη

Είναι ράβδος ορθογώνιας διατομής (Σχήμα 2.3) που φέρει ηλεκτρομηκυνσιόμετρα στο μέσο του μήκους της.



Σχήμα 2.1: Η μηχανή στρέψης και κάμψης.



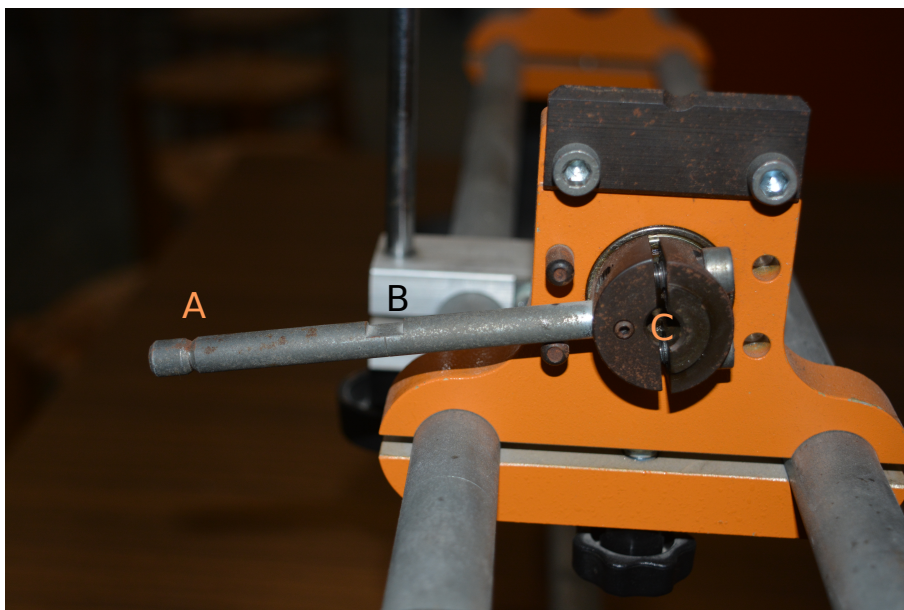
Σχήμα 2.2: Ράβδος στρέψης



Σχήμα 2.3: Δοκίμιο κάμψης

2.2 Εκτέλεση πειράματος στρέψης

1. Μετράμε με παχύμετρο ή μικρόμετρο τη διάμετρο της διατομής του δοκιμίου. Παίρνουμε 3 μετρήσεις, από διαφορετικό μέρος της ομάδας την κάθε μια. Καταγράφουμε στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο/φωτογραφίες τις μετρήσεις.
2. Τοποθετούμε προσεκτικά το δοκίμιο στις κυλινδρικές αρπάγες (4) και σφίγγουμε τους δύο κοχλίες της αριστερής αρπάγης (4). Αφήνουμε τουλάχιστον $5mm$ προεξοχή της ράβδου εξωτερικά της αρπάγης προς τα αριστερά.
3. Σφίγγουμε τους δύο κοχλίες της δεξιάς αρπάγης (4) που φέρει τον πρόβολο φόρτισης (6), φροντίζοντας ώστε ο πρόβολος να είναι οριζόντιος. Αφήνουμε τουλάχιστον $5mm$ προεξοχή της ράβδου δεξιά, εξωτερικά της αρπάγης.
4. Μετράμε με τη μετροταινία το ελεύθερο μήκος της ράβδου, δηλαδή το μήκος μεταξύ των εξωτερικών εδρών των αρπαγών (4). Παίρνουμε 3 μετρήσεις, από διαφορετικό μέρος της ομάδας την κάθε μια. Καταγράφουμε στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο/φωτογραφίες τις μετρήσεις.
5. Τοποθετούμε το βελόμετρο (7) έτσι ώστε η ακίδα του εμβόλου του να βρίσκεται σε επαφή με την εγκοπή B του προβόλου φόρτισης (6) (Σχήμα 2.4). Το έμβολο θα πρέπει να είναι συμπιεσμένο σχεδόν μέχρι το τέρμα της διαδρομής του, έτσι ώστε να διατηρεί την επαφή του με τον πρόβολο (6) καθώς εκτείνεται, καθ' όλη τη διάρκεια της μέτρησης της κατακόρυφης βύθισης του σημείου B του προβόλου.
6. Μετράμε τα μήκη (AC) και (BC) πάνω στον πρόβολο (6), με το παχύμετρο ή με τη μετροταινία. Παίρνουμε 3 μετρήσεις, από διαφο-



Σχήμα 2.4: Ο πρόβολος φόρτισης (6)

ρετικό μέλος της ομάδας την κάθε μια. Καταγράφουμε στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο / φωτογραφίες τις μετρήσεις.

7. Μηδενίζουμε την ένδειξη του μεγάλου δείκτη του βελομέτρου, περιστρέφοντας την οδοντωτή στεφάνη του. Καταγράφουμε στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο / φωτογραφία, την ένδειξη του μικρού δείκτη του βελομέτρου.
8. Αναρτάμε το άγκιστρο (στέλεχος) συγκράτησης σταθμών, από την εγκοπή A του προβόλου. Το άγκιστρο έχει βάρος $F = 2,5N$. Τότε η στρεπτική ροπή που ασκείται στη ράβδο είναι $T = F \cdot (AC)$. Αφήνουμε το άγκιστρο για $5s$ να ηρεμήσει στη θέση ισορροπίας. Καταγράφουμε την τιμή της δύναμης F και την ένδειξη του μεγάλου δείκτη του βελομέτρου στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο / φωτογραφία. Προσέχουμε ώστε να καταγραφούν πιθανές πλήρεις περιστροφές (360) του μεγάλου δείκτη, ελέγχοντας την ένδειξη του μικρού δείκτη. Κάθε πλήρης περιστροφή του μεγάλου δείκτη (1mm μετατόπιση), αντιστοιχεί σε περιστροφή κατά 1 μονάδα (1mm μετατόπιση) του μικρού δείκτη.
9. Τοποθετούμε προσεκτικά ένα από τα διαθέσιμα σταθμά (βάρους $5N$) στην υποδοχή του στελέχους φόρτισης. Περιμένουμε $5s$ για να αποσβεστούν πιθανές ταλαντώσεις του στελέχους. Καταγράφουμε την τιμή της δύναμης $F = 2,5N + 5N = 7,5N$ και την

2.3. ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΟΜΑΔΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ ΣΤΡΕΨΗΣ 23

ένδειξη του μεγάλου δείκτη του βελομέτρου στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο / φωτογραφία.

10. Συνεχίζουμε την πρόσθεση σταθμών 5 στο άγκιστρο, για να έχουμε φορτία $F = 12,5N$, $F = 17,5N$ και $F = 22,5N$. Καταγράφουμε κάθε φορά την τιμή της δύναμης F και την ένδειξη του μεγάλου δείκτη του βελομέτρου, στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο / φωτογραφία.

Ο υπολογισμός της γωνίας στροφής ϕ βασίζεται στην υπόθεση ότι αυτή είναι μικρή και συνεπώς περίπου ίση με την εφαπτομένη της.

2.3 Ζητούμενα στην ομαδική εργασία από το πείραμα στρέψης

Στην εργασία **δεν**:

- Παραθέτουμε τη θεωρία.
- Παρουσιάζουμε τα μέρη της μηχανής.
- Περιγράφουμε τη διαδικασία εκτέλεσης των πειραμάτων.

Στην εργασία περιλαμβάνουμε:

1. Πίνακα με τιμές της μετρημένης διαμέτρου d , του μετρημένου ελεύθερου μήκους L της ατράκτου και των μέσων όρων των μετρήσεων.
2. Πίνακα με τις καταγεγραμμένες, κατά τη διάρκεια του πειράματος, διακριτές τιμές των αναρτημένων βαρών F_i και των αντίστοιχων κατακόρυφων μετατοπίσεων $(v_B)_i$ στο σημείο B του προβόλου ABC (Σχήμα 2.4). Ακόμη στον πίνακα θα περιέχονται οι υπολογισμένες τιμές στρεπτικής ροπής T_i και γωνίας στροφής ϕ_i που προκύπτουν από τις καταγεγραμμένες τιμές της δύναμης F_i και της μετατόπισης $(v_B)_i$. Επί πλέον στον πίνακα θα περιέχονται οι υπολογισμένες τιμές διατμητικής τάσης τ_i και της διατμητικής παραμόρφωσης γ_i που προκύπτουν από τις υπολογισμένες τιμές της στρεπτικής ροπής T_i και γωνίας στροφής ϕ_i .
3. Διάγραμμα στρεπτικής ροπής T - γωνίας στροφής ϕ (η T στον κατακόρυφο άξονα) που θα περιέχει **μόνο τα σημεία που αντιστοιχούν στα καταγεγραμμένα ζεύγη (T_i, ϕ_i) των μετρήσεων**. Τα σημεία **δεν θα είναι** ενωμένα με γραμμές.

4. Ξανά το διάγραμμα στρεπτικής ροπής T - γωνίας στροφής ϕ , όπου τα σημεία **θα είναι ενωμένα διαδοχικά με ευθύγραμμα τμήματα**.
5. Εκτίμηση από το διάγραμμα στρεπτικής ροπής T - γωνίας στροφής ϕ για το αν η άτρακτος παραμορφώθηκε στην πλαστική περιοχή.
6. Διάγραμμα διατμητικής τάσης τ - διατμητικής παραμόρφωσης γ (η τ στον κατακόρυφο άξονα) που θα περιέχει **μόνο τα σημεία που αντιστοιχούν στα υπολογισμένα ζεύγη (τ_i, γ_i) των μετρήσεων**. Τα σημεία **δεν θα είναι** ενωμένα με γραμμές.
7. Ξανά το διάγραμμα διατμητικής τάσης τ - διατμητικής παραμόρφωσης γ , όπου τα σημεία **θα είναι ενωμένα διαδοχικά με ευθύγραμμα τμήματα**.
8. Υπολογισμός από το διάγραμμα διατμητικής τάσης τ - διατμητικής παραμόρφωσης γ , του μέτρου διάτμησης G του υλικού, με γραμμική παρεμβολή (χάραξη ευθείας) μεταξύ των σημείων της γραμμικά ελαστικής περιοχής του διαγράμματος. Να γράψετε την εξίσωση ($y = ax + b$) της ευθείας της παρεμβολής.
9. Σχόλιο αν στο διάγραμμα τ - γ υπάρχει και η πλαστική περιοχή.
10. Σχόλιο αν η τιμή του μέτρου διάτμησης G που υπολογίστηκε είναι αναμενόμενη για το υλικό του δοκιμίου.

2.4 Φύλλο πειράματος στρέψης

Γενικές πληροφορίες

Ομάδα	Υλικό	Ημερομηνία

Μετρήσεις διαστάσεων ατράκτου κυκλικής διατομής

Μέτρηση	1η	2η	3η
Διάμετρος ατράκτου (mm)			
Μήκος ατράκτου (cm)			

Μετρήσεις μηκών προβόλου ανάρτησης βαρών

Μέτρηση	1η	2η	3η
Μήκος προβόλου (AC) (cm)			
Μήκος προβόλου (BC) (cm)			

Μετρήσεις αναρτημένων βαρών και ενδείξεων βελομέτρου

Βάρος (N)	Ένδειξη μεγάλου δείκτη βελομέτρου ($\text{mm} \times 10^{-2}$)	Ένδειξη μικρού δείκτη βελομέτρου (mm)
0	0	

2.5 Εκτέλεση των πειραμάτων της κάμψης

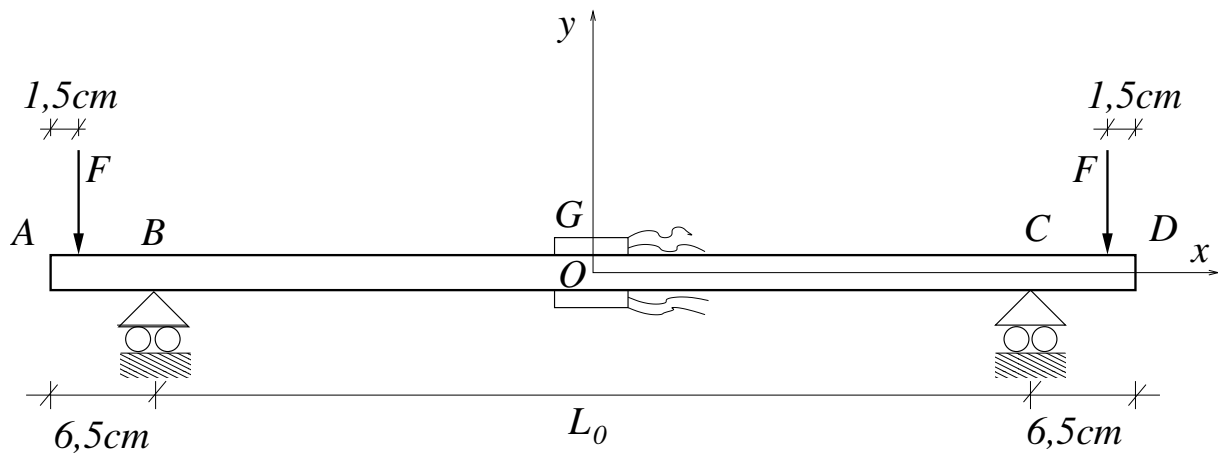
2.5.1 Πείραμα καθαρής κάμψης

1. Μετράμε με παχύμετρο ή με μικρόμετρο τις διαστάσεις b (πλάτος) και h (ύψος) της ορθογώνιας διατομής (Σχήμα 2.5 (β)) του δοκιμίου κάμψης (Σχήμα 2.3). Παίρνουμε 3 μετρήσεις, από διαφορετικό μέλος της ομάδας την κάθε μια. Καταγράφουμε στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο - φωτογραφία την κάθε μέτρηση.
2. Χαλαρώνουμε τις βίδες (8).
3. Τοποθετούμε προσεκτικά το δοκίμιο πάνω στις αιχμηρές απολήξεις των κατακόρυφων πλακιδίων (5) (Εικόνα 2.1), με το ηλεκτρομηκυνσιόμετρο με τα κόκκινα καλώδια να βρίσκεται στο πάνω μέρος της δοκού (του δοκιμίου).
4. Συνδέουμε τους κόκκινους ακροδέκτες του άνω ηλεκτρομηκυνσιόμετρου "G" (Σχήμα 2.5 (α)) με τις κόκκινες υποδοχές "ACTIVE GAUGE" και τους μαύρους ακροδέκτες του κάτω ηλεκτρομηκυνσιόμετρου "G" (Σχήμα 2.5 (α)) με τις μαύρες υποδοχές "REFERENCE GAUGE" της γέφυρας (8 9, Εικόνα 2.6).
5. Ολισθαίνουμε τις βάσεις στηρίξεων δοκιμίων (3), έτσι ώστε να διαμορφώσουμε την αμφιπροέχουσα δοκό $ABCD$ με δύο ηλεκτρικά μηχανισιόμετρα στο μέσο της G και με μήκη προεξοχών

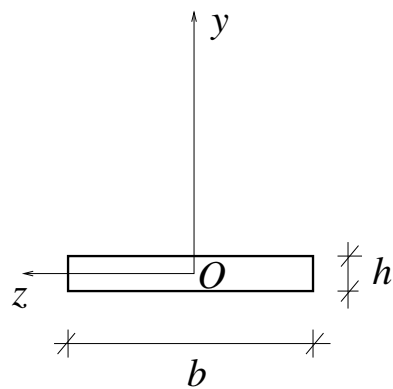
$$(AB) = (CD) = 6,5cm. \quad (2.1)$$

Φροντίζουμε ώστε οι στηρίξεις (3) της καμπτόμενης δοκού, να ισαπέχουν από τις βάσεις (1) της μηχανής, για να υπάρχει χώρος για ανάρτηση σταθμών κοντά στα άκρα A και D .

6. Σφίγγουμε τις βίδες (8) προσέχοντας να μην αλλάξουν τα μήκη (AB) και (CD) . Η δοκός $ABCD$ τότε στηρίζεται με δύο κυλίστρους στα σημεία B και C .
7. Μετράμε το μήκος L_0 της δοκού με το διαστημόμετρο (ταινία). Παίρνουμε 3 μετρήσεις, από διαφορετικό μέλος της ομάδας η κάθε μια και καταγράφουμε στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο - φωτογραφία, κάθε μέτρηση.
8. Μηδενίζουμε το ποτενσιόμετρο "STRAIN BALANCE" της γέφυρας Wheatstone (6, Εικόνα 2.6) στρέφοντάς το.
9. Τοποθετούμε το διακόπτη "TENSION / COMPRESSION" της γέφυρας (7, Εικόνα 2.6) στη θέση "TENSION".



(α)



(β)

Σχήμα 2.5: (α) Η αμφιπροέχουσα δοκός $ABCD$, συμμετρικά φορτιζόμενη στα άκρα της, με δύο κατακόρυφα φορτία. (β) Η εγκάρσια διατομή της δοκού.

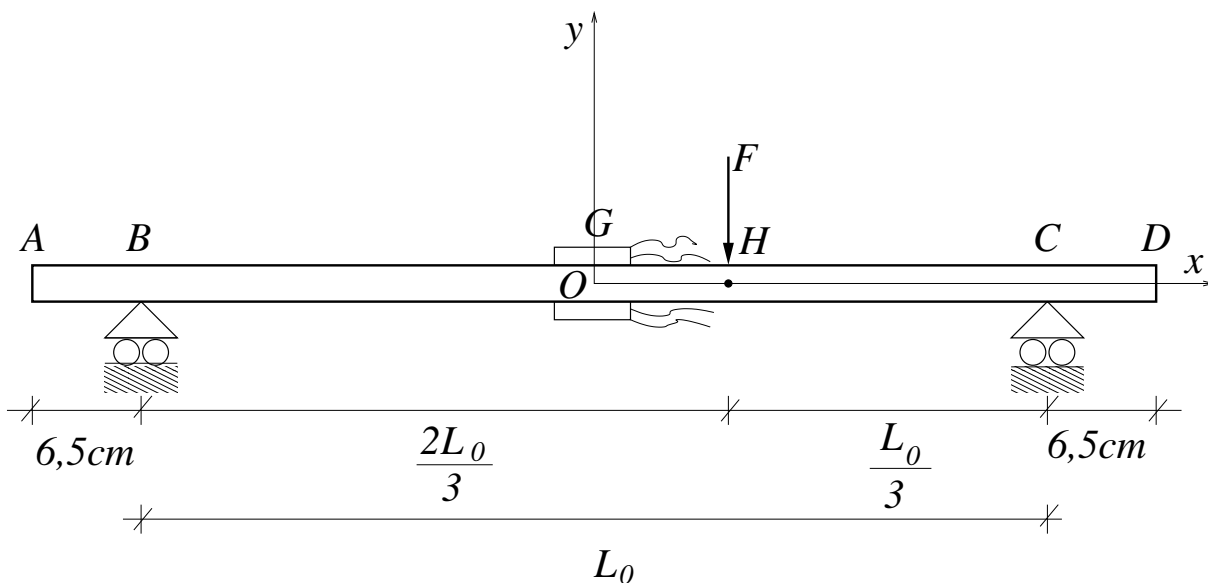


Σχήμα 2.6: Η γέφυρα Wheatstone.

10. Μηδενίζουμε προσεγγιστικά την ένδειξη του μικροαμπερόμετρου "NULL INDICATOR" της γέφυρας (4, Εικόνα 2.6) στρέφοντας το ποτενσιόμετρο "COARSE" (2, Σχήμα 2.6).
11. Εκτελούμε ακριβή μηδενισμό της ένδειξης του μικροαμπερόμετρου πιέζοντας με το ένα χέρι το κουμπί "MEASUREMENT" (5, Σχήμα 2.6) και με το άλλο στρέφοντας το ποτενσιόμετρο "FINE" (3, Σχήμα 2.6).
12. Αναρτάμε δύο στελέχη τοποθέτησης σταθμών, βάρους $2.5N$ το καθένα (χωρίς επί πλέον σταθμά), κοντά στα άκρα A και D της δοκού και σε απόσταση $1,5cm$ από αυτά, προς το εσωτερικό της δοκού. Αφήνουμε τη δοκό να ισορροπήσει για $10''$ (απόσβεση πιθανών ταλαντώσεων) και καταγράφουμε στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο - φωτογραφία την τιμή της δύναμης F (2, $5N$).
13. Ως αποτέλεσμα της φόρτισης το βέλος του μικροαμπερόμετρου (4, Εικόνα 2.6) μετακινείται. Στρέφουμε το ποτενσιόμετρο "STRAIN BALANCE" (6, Εικόνα 2.6) έτσι ώστε να επανέλθει ο δείκτης του μικροαμπερομέτρου (4, Εικόνα 2.6) στη μηδενική ένδειξη. Καταγράφουμε τη νέα ένδειξη του ποτενσιόμετρου (6, Εικόνα 2.6) που αντιστοιχεί στο μηδενισμό του μικροαμπερόμετρου.
14. Προσθέτουμε στα δύο στελέχη ανάρτησης σταθμών, από ένα σταθμό των $5N$ και επαναλαμβάνουμε τα βήματα 12 και 13.
15. Κατεβάζουμε τα δύο στελέχη ανάρτησης και τα σταθμά από τη δοκό.

2.5.2 Πείραμα μη καθαρής κάμψης

1. Μηδενίζουμε το ποτενσιόμετρο "STRAIN BALANCE" της γέφυρας Wheatstone (6, Εικόνα 2.6) στρέφοντάς το.
2. Τοποθετούμε το διακόπτη "TENSION / COMPRESSION" της γέφυρας (7, Εικόνα 2.6) στη θέση "COMPRESSION".
3. Μηδενίζουμε προσεγγιστικά την ένδειξη του μικροαμπερόμετρου "NULL INDICATOR" της γέφυρας (4, Εικόνα 2.6) στρέφοντας το ποτενσιόμετρο "COARSE" (2, Σχήμα 2.6).
4. Εκτελούμε ακριβή μηδενισμό της ένδειξης του μικροαμπερόμετρου πιέζοντας με το ένα χέρι το κουμπί "MEASUREMENT" (5, Σχήμα 2.6) και με το άλλο στρέφοντας το ποτενσιόμετρο "FINE" (3, Σχήμα 2.6).
5. Αναρτάμε ένα στέλεχος τοποθέτησης σταθμών, βάρους $2.5N$ (χωρίς επί πλέον σταθμά), στο σημείο H , σε απόσταση $\frac{L_0}{3}$ από τη στήριξη C , στο εσωτερικό της δοκού BC (Σχήμα 2.7). Αφήνουμε τη



Σχήμα 2.7: Η αμφιπροέχουσα δοκός $ABCD$, φορτισμένη με δύναμη F στο εσωτερικό της.

δοκό να ισορροπήσει για 10" (απόσβεση πιθανών ταλαντώσεων) και καταγράφουμε στο Φύλλο Πειράματος ή σε βίντεο - φωτογραφία την τιμή της δύναμης F .

6. Ως αποτέλεσμα της φόρτισης το βέλος του μικροαμπερόμετρου (4, Εικόνα 2.6) μετακινείται. Στρέφουμε το ποτενσιόμετρο "STRAIN BALANCE" (6, Εικόνα 2.6) έτσι ώστε να επανέλθει ο δείκτης του μικροαμπερομέτρου (4, Εικόνα 2.6) στη μηδενική ένδειξη. Καταγράφουμε τη νέα ένδειξη του ποτενσιόμετρου (6, Εικόνα 2.6) που αντιστοιχεί στο μηδενισμό του μικροαμπερόμετρου.
7. Προσθέτουμε ένα σταθμό των $5N$ στο στέλεχος ανάρτησης σταθμών και επαναλαμβάνουμε το βήμα 6.
8. Κατεβάζουμε το στέλεχος ανάρτησης σταθμών από τη δοκό.

2.6 Ζητούμενα στην ομαδική εργασία από τα πειράματα της κάμψης

2.6.1 Γενικά

- Να παρουσιάσετε σε πίνακα, τις μετρημένες τιμές από κάθε μέλος της ομάδας και το μέσο όρο των μετρήσεων αυτών, για:
 1. Το πλάτος b της διατομής της δοκού.
 2. Το ύψος h της διατομής της δοκού.
 3. Το μήκος L_0 της δοκού.
- Από τους μέσους όρους των παραπάνω μετρήσεων να υπολογίσετε τις τιμές:
 1. Της ροπής αδράνειας I_z της διατομής της δοκού,
 2. Του μέτρου διατομής (ροπή αντίστασης) S της διατομής της δοκού

2.6.2 Για τα πειράματα της καθαρής και της μη καθαρής κάμψης

Για κάθε ένα από τα δύο πειράματα (ανάρτηση 2, $5N$ και 7, $5N$) και στο μέσο G της δοκού, να υπολογιστούν:

1. Η εσωτερική ροπή κάμψης M_G .
2. Η μέγιστη τάση σ_G^{max} .
3. Η μέγιστη παραμόρφωση ϵ_G^{max} , από την καταγραμμένη ένδειξη του ποτενσιόμετρου της γέφυρας.

2.6. ΖΗΤΟΥΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΟΜΑΔΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΑΜΨΗΣ31

4. Το μέτρο ελαστικότητας E του υλικού της δοκού, από το νόμο του Hooke για μονοαξονική ορθή καταπόνηση κατά το διαμήκη άξονα της δοκού.

Να παρουσιαστούν σε πίνακα τα παραπάνω αποτελέσματα και να σχολιαστεί αν οι τιμές των υπολογισμένων μέτρων ελαστικότητας, είναι κοντά στις αντίστοιχες τιμές της βιβλιογραφίας για κράματα αλουμινίου.

2.7 Φύλλο πειράματος κάμψης

Γενικές πληροφορίες

Ομάδα	Υλικό	Ημερομηνία

Μετρήσεις διαστάσεων καμπτόμενης δοκού

Μέτρηση	1η	2η	3η
Πλάτος b ορθογώνιας διατομής δοκού (cm)			
Ύψος h ορθογώνιας διατομής δοκού (mm)			
Μήκος L_0 (BC) δοκού μεταξύ των στηρίξεων (cm)			

Μετρήσεις αναρτημένων, ανά στέλεχος, βαρών και ενδείξεων
γέφυρας Wheatstone

Πείραμα καθαρής κάμψης	
Βάρος (N)	Ένδειξη παραμόρφωσης $\epsilon_x \times 2(10^{-6})$
Πείραμα μη καθαρής κάμψης	
Βάρος (N)	Ένδειξη παραμόρφωσης $\epsilon_x \times 2(10^{-6})$