

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

**ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ
ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΓΙΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ**

**ΜΕΡΟΣ Α: ΘΕΣΠΙΣΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΑΡΧΙΚΟΣ
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ**

Υπό

ΣΚΑΡΑΚΗ ΔΗΜΗΤΡΙΟ

και

ΜΕΡΟΣ Β: ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

υπό

ΠΑΓΩΝΗ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των

απαιτήσεων για την απόκτηση του

Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού Βιομηχανίας

2006



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 4961/1
Ημερ. Εισ.: 15-11-2006
Δωρεά: Συγγραφέα
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΜΜΒ
2006
ΣΚΑ

© 2006 Παγώνης Κωνσταντίνος, Δημήτριος Σκαράκης

Η έγκριση της διπλωματικής εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

**Πρώτος Εξεταστής
(Επιβλέπων)** Δρ. Γρηγόριος Χαϊδεμενόπουλος
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Αντώνιος Κατσαμάς
Διδάσκων Π.Δ 407/80, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Νικόλαος Χασιώτης
Διδάσκων Π.Δ 407/80, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Βιομηχανίας, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Πρώτα απ' όλα, θέλουμε να ευχαριστήσουμε τον επιβλέποντα της διπλωματικής εργασίας μας, Καθηγητή κ. Γρηγόριο Χαϊδεμενόπουλο, για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του κατά τη διάρκεια της δουλειάς μας. Επίσης, είμαστε ευγνώμονες στα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής της διπλωματικής εργασίας μου, Καθηγητές κκ. Αντώνιο Κατσαμά και Νικόλαο Χασιώτη για την προσεκτική ανάγνωση της εργασίας μας και για τις πολύτιμες υποδείξεις τους. Οφείλουμε ευχαριστίες στον Διδάσκοντα Καθηγητή Κωνσταντίνο Πανταζάρα του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής Βόλου για τη πολύτιμη βοήθεια του σε μεγάλο μέρος της υπολογιστικής μελέτης, στον Επίκουρο Καθηγητή κ.Θεόδωρο Καρακασίδη του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής Βόλου του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ.Κωνσταντίνο Χαριτίδη του Τμήματος Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου για την βοήθεια τους σε επιστημονικό επίπεδο όπου αυτή κρίθηκε αναγκαία. Ευχαριστούμε τον συνάδελφο μας Φεντερίκο Χουλιάρα για την πολύτιμη βοήθειά του σε θέματα μηχανικής και για την ηθική υποστήριξή του. Τέλος και πάνω απ' όλα, είμαστε ευγνώμονες στους γονείς μας, Παναγιώτη και Σοφία Παγώνη, Εμμανουήλ και Άννα Σκαράκη για την ολόψυχη αγάπη και υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια. Αφιερώνουμε αυτή την εργασία στις οικογένειες μας.

Κωνσταντίνος Παγώνης

Δημήτριος Σκαράκης

ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ ΓΙΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΓΩΝΗΣ – ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ ΣΚΑΡΑΚΗΣ

Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας, 2006

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Γρηγόριος Χαϊδεμενόπουλος, Καθηγητής, Φυσική
Μεταλλουργία – Ανάπτυξη Κραμάτων & Σύγχρονες Κατεργασίες

Περίληψη

Στην διεκπεραίωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας συμμετέχουν δύο φοιτητές του Τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Βιομηχανίας της Πολυτεχνικής Σχολής Βόλου, Παγώνης Κωνσταντίνος και Σκαράκης Δημήτριος. Η εργασία αυτή είχε χαρακτήρα συνεργασίας και ανταλλαγής απόψεων μεταξύ των φοιτητών, ωστόσο τα πεδία ενασχόλησης του καθενός εκ των φοιτητών διαφοροποιούνται με άπώτερο σκοπό την τελειοποίηση της μελέτης και την ορθότητα των αποτελεσμάτων αυτής. Έτσι αξίζει να αναφερθεί ότι ο Παγώνης Κωνσταντίνος ανέλαβε τη διεκπεραίωση των δυναμικών υπολογισμών διαφόρων εξαρτημάτων της μηχανής εφελκυσμού όπως επίσης και έρευνας αρκετών εκ των πληροφοριών που παρατίθενται στην εργασία και αφορούν τη δοκιμή του εφελκυσμού. Ο Σκαράκης Δημήτριος ανέλαβε τα τελικά στάδια των υπολογισμών οι οποίοι οδηγούν στη διαστασιολόγηση των διαφόρων εξαρτημάτων της μηχανής εφελκυσμού ενώ παράλληλα και την κατασκευή των σχεδίων των εξαρτημάτων αυτών. Πέρα από τα προαναφερθέντα πεδία η προσφορά καθενός εκ των φοιτητών, τελικά, πολλές φορές επικάλυπτε τα πεδία ενασχόλησης του άλλου, πράγμα διόλου ανεπιθύμητο.

Στη παρούσα εργασία γίνεται μελέτη σχεδιασμού μιας εργαστηριακής μηχανής εφελκυσμού από Αρχικά αναλύουμε τις μαθηματικές σχέσεις οι οποίες περιγράφουν τα φαινόμενα που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της δοκιμής εφελκυσμού. Επιλέχθηκαν κάποιες προδιαγραφές που θα πρέπει να ικανοποιεί η μηχανή εφελκυσμού και με βάση ένα υποθετικό

υλικό, με ιδιότητες οι οποίες επιλέχθηκαν εσκεμμένα, υπολογίστηκαν οι μηχανικές ιδιότητες που προκύπτουν από τη συγκεκριμένη δοκιμή. Στη συνέχεια αναφέρθηκαν διάφοροι τύποι μηχανών εφελκυσμού και τα βασικά χαρακτηριστικά τους.

Ακολούθησε η επιλογή της μορφής και των διαστάσεων των δοκιμίων με βάση κάποιες γενικές απαιτήσεις και προδιαγραφές σύμφωνα με διεθνή πρότυπα (DIN 50 125). Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα που προέκυψαν από το υποθετικό υλικό με αντίστοιχο αντιπροσωπευτικό δείγμα πραγματικών υλικών βρέθηκε ότι η δυναμικότητα της μηχανής εφελκυσμού υπερκαλύπτει τις απαιτήσεις των τελευταίων. Επίσης έγιναν υπολογισμοί για κάθε στοιχείο της μηχανής ξεχωριστά, ώστε να προκύψουν τα επιμέρους μεγέθη που απαιτούνταν.

Χρησιμοποιώντας κυρίως τους παραπάνω υπολογισμούς έγινε διαστασιολόγηση των επιμέρους στοιχείων και παρατέθηκαν ακριβή σχέδια μαζί με κάποιες γενικές πληροφορίες για το καθένα. Τέλος δίνονται οδηγίες που αφορούν τις κατασκευαστικές λεπτομέρειες και τους τρόπους συναρμολόγησης της Μιχάλης εφελκυσμού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	σελ.8
---	-------

Κεφάλαιο 2

2.1 Η ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.10
2.2 ΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ	σελ.10
2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	σελ.13
2.4 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	σελ.23
2.5 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ	σελ.23
2.6 Η ΜΗΧΑΝΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ	σελ.25

Κεφάλαιο 3

3.1 ΘΕΣΠΙΣΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗΣ - ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ	σελ.30
3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ	σελ.35
3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	σελ.38
3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΚΟΥ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΡΠΑΓΩΝ	σελ.46
3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ	σελ.50

Κεφάλαιο 4

4.1 ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ – ΕΙΣΑΓΩΓΗ	σελ.51
4.2 ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ	σελ.51
4.3 ΔΑΓΚΑΝΕΣ	σελ.52
4.4 ΚΟΧΛΙΕΣ	σελ.54
4.5 ΔΟΚΟΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΡΠΑΓΩΝ	σελ.55
4.6 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	σελ.56
4.7 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	σελ.59

Κεφάλαιο 5

5.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

σελ.60

Βιβλιογραφία

σελ.62

Παραρτήμα

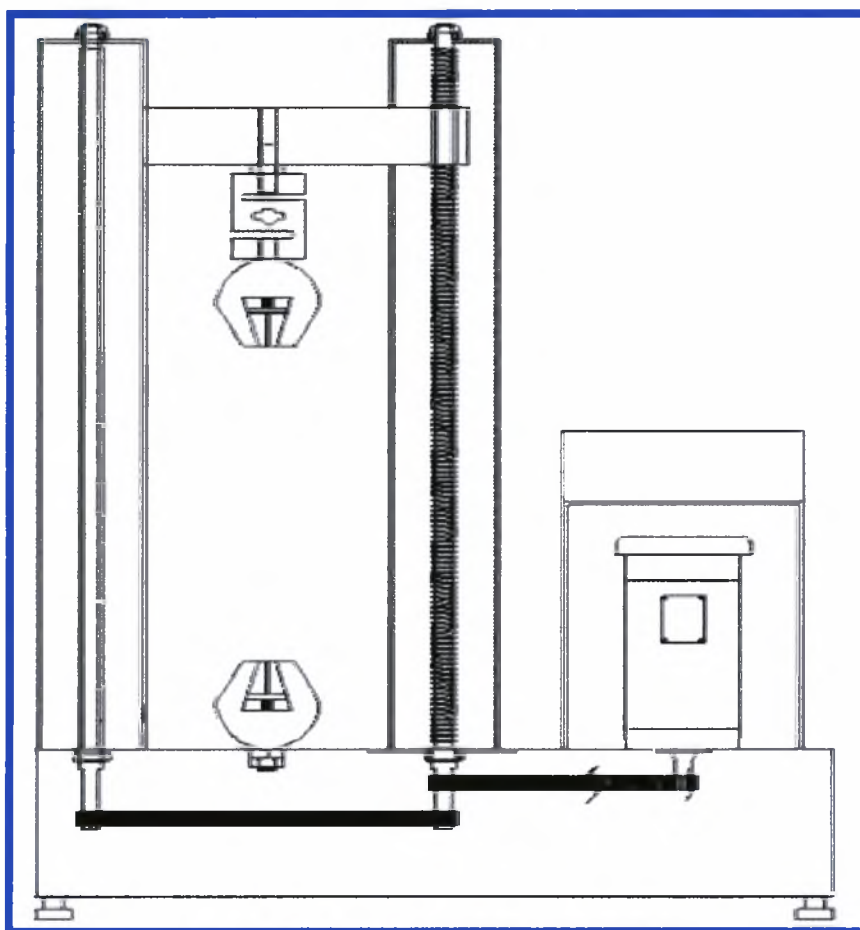
σελ.63

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία έχει ως αντικείμενο της την εκπόνηση σχεδιομελέτης και τη διαδικασία επιλογής όλων των παραμέτρων για μια εργαστηριακή μηχανή εφελκυσμού.

Η δοκιμή εφελκυσμού είναι μια καταστρεπτική μέθοδος από την οποία εξάγουμε διάφορα αποτελέσματα όπως το μέτρο ελαστικότητας, το όριο διαρροής, τη μέγιστη αντοχή εφελκυσμού και τη μέγιστη ολκιμότητα. Τα αποτελέσματα αυτά για το εκάστοτε δοκιμαζόμενο υλικό είναι πολύ σημαντικά, αφού αποτελούν τις βασικές μηχανικές ιδιότητες του και καθορίζουν τη συμπεριφορά του σε εφελκυστικά ή θλιπτικά φορτία. Η συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία είναι γρήγορη αφού χρειάζεται μόνο λίγα δευτερόλεπτα για να ολοκληρωθεί, οικονομική και εύκολη στη χρήση, κάνοντας τη ευρέως χρησιμοποιούμενη. Λόγω της απλότητας της διαδικασίας και της τεχνολογικής εξέλιξης των παρελκόμενων της τα τελευταία χρόνια παρατηρείται πολύ καλή ακρίβεια στα αποτελέσματα της μεθόδου.

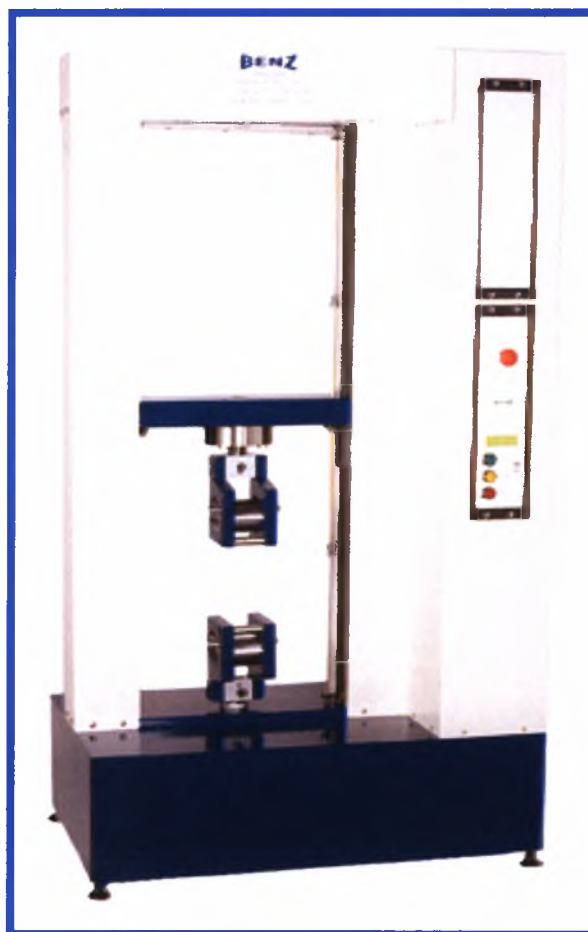


Εικ.1 Σκαρίφημα μηχανής εφελκυσμού

Παρακάτω θα γίνει μια συνοπτική περιγραφή της διαδικασίας που ακολουθήθηκε για τον υπολογισμό διαφόρων σημαντικών μεγεθών, για την περαιτέρω διεξαγωγή της σχεδιομελέτης. Αρχικά επιλέχθηκε ένα υποτιθέμενο υλικό με επιμήκυνση θραύσης $\epsilon_f=0,5$ (50%) και μέγιστη αντοχή εφελκυσμού $\sigma_{ult}=1000\text{MPa}$ στο οποίο στηρίχθηκαν οι υπολογισμοί καθορισμού του φορτίου που είναι απαραίτητο για τη θραύση του. Το φορτίο αυτό είναι το μέγεθος που θα καθορίσει την ισχύ που θα πρέπει να αποδίδει ο κινητήρας της μηχανής εφελκυσμού. Σύμφωνα με την προδιαγραφή DIN 50125 επιλέχθηκε ο τύπος του δοκιμίου και οι χαρακτηριστικές διαστάσεις του. Επίσης, μέσα από πίνακες μηχανικών ιδιοτήτων, δημιουργήθηκε ένας κατάλογος με τα υλικά που η συγκεκριμένη μηχανή θα μπορούσε να θραύσει. Στη συνέχεια έχοντας σαν δεδομένα τις διαστάσεις, την επιμήκυνση ϵ_f και τη μέγιστη τάση εφελκυσμού σ_{ult} του δοκιμίου έγινε διαστασιολόγηση της μηχανής εφελκυσμού και την επιλογή υλικών που θα χρησιμοποιηθούν για τη κατασκευή της.

Στα πλαίσια της έρευνας που έγινε πριν τους υπολογισμούς επισκεφθήκαμε την EBETAM και το ΚΕΤΑ-ΕΤΗΜ (Κέντρο Ερευνών Τακτικής Αεροπορίας), δυο πολύ σημαντικά εργαστήρια που διενεργούνται δοκιμές εφελκυσμού κυρίως σε μεταλλικά υλικά, για τη περαιτέρω κατανόηση της διαδικασίας του πειράματος και διαφόρων κατασκευαστικών και λειτουργικών λεπτομερειών.

Με βάση τα συμπεράσματα και τους υπολογισμούς αυτής της μελέτης θα μπορούσε να κατασκευαστεί μια μηχανή εφελκυσμού η οποία θα πληρούσε τις προδιαγραφές για εγκατάσταση και χρήση σε ένα Πανεπιστημιακό περιβάλλον για ερευνητικούς και εκπαιδευτικούς σκοπούς.



Εικ.2 Τυπική μηχανή εφελκυσμού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Η ΔΟΚΙΜΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Όπως αναφέρθηκε και στο προηγούμενο κεφάλαιο, η δοκιμή εφελκυσμού είναι μια από τις σημαντικότερες μεθόδους ελέγχου ενός υλικού, με στόχο την εύρεση των βασικών μηχανικών ιδιοτήτων του. Για να λάβουμε έγκυρα και γενικώς αποδεκτά αποτελέσματα από μια δοκιμή εφελκυσμού θα πρέπει να ακολουθήσουμε συγκεκριμένους κανόνες, οι οποίοι εκφράζονται μέσα από διάφορα εθνικά και διεθνή πρότυπα όπως DIN, ISO, ΕΛΟΤ και EN. Επίσης, η ανάλυση των αποτελεσμάτων της δοκιμής εφελκυσμού δεν είναι αυθαίρετη, αλλά στηρίζεται σε ένα θεωρητικό υπόβαθρο το οποίο θα αναφερθεί εκτεταμένα παρακάτω.

Γνωρίζουμε ότι οι μηχανικές ιδιότητες των μεταλλικών υλικών καθορίζονται από τη μικροδομή τους. Μπορούμε να μεταβάλλουμε αυτές τις ιδιότητες αλλάζοντας είτε τη σύνθεση είτε τις μεθόδους κατεργασίας του υλικού. Οι μέθοδοι κατεργασίας περιλαμβάνουν επίσης αλλαγή θερμοκρασίας με θέρμανση ή ψύξη. Τέτοιου είδους μεταβολές επηρεάζουν το μέγεθος και το σχήμα των κόκκων, τη πυκνότητα των γραμμοαταξιών, τη δομή των φάσεων και τις προσμίξεις.

2.2 ΤΑΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

Για τη μέτρηση των μηχανικών ιδιοτήτων έχουν αναπτυχθεί κάποιοι μαθηματικοί τύποι οι οποίοι χρησιμοποιούν τη σχέση τάσεων-παραμορφώσεων στη διάρκεια του χρόνου. Θα πρέπει να αναφέρουμε την ύπαρξη ονομαστικών και πραγματικών τιμών των τάσεων και των παραμορφώσεων και να διευκρινίσουμε ότι η χρήση των πραγματικών τιμών λαμβάνει υπόψη τη μεταβολή της διατομής του δοκιμίου κατά τον εφελκυσμό.

Παρακάτω παρατίθενται οι ορισμοί των ονομαστικών τιμών της τάσης και της παραμόρφωσης [4]:

$$\sigma_n = \frac{P}{A_0} \quad \varepsilon_n = \frac{\delta}{L_0} \quad (1)$$

όπου :

σ_n : ονομαστική τάση [N/m²]

ε_n : ονομαστική παραμόρφωση [m/m]

P : ασκούμενη δύναμη [N]

δ : μεταβολή επιμήκυνσης [m]

A_0 : αρχική διατομή δοκιμίου [m²]

L_0 : αρχικό μήκος περιοχής μέτρησης (*gage length*) [m]

Αντίθετα στους ορισμούς των πραγματικών τιμών χρησιμοποιούνται η στιγμιαία διατομή και το στιγμιαίο μήκος του δοκιμίου. Επειδή δεν υπάρχουν τυπικοί τρόποι μέτρησης της στιγμιαίας διατομής και δεδομένου ότι ο όγκος παραμένει σταθερός για μεγάλες παραμορφώσεις στη πλαστική περιοχή, υπολογίζουμε τη διατομή με βάση τη στιγμιαία τιμή του μήκους. Σημαντικό είναι να τονίσουμε ότι αυτό ισχύει μέχρι την έναρξη δημιουργίας λαιμού.

$$V = A_0 L_0 = AL \quad (2)$$

$$A = A_0 \frac{L_0}{L} \quad (3)$$

Όπου V ο όγκος του δοκιμίου.

Στη συνέχεια δίνονται οι ορισμοί υπολογισμού των πραγματικών τιμών της τάσης και της παραμόρφωσης :

$$\sigma_{True} = \frac{P}{A} \quad d\varepsilon_{True} = \frac{dL}{L} \quad (4), (5)$$

όπου :

A : στιγμιαία διατομή δοκιμίου [m]

L : στιγμιαία μήκος περιοχής μέτρησης [m]

Η πραγματική παραμόρφωση καθορίζεται ως παρακάτω :

$$\int_0^{\varepsilon_{True}} d\varepsilon_{True} = \int_{L_0}^L \frac{dL}{L} \quad (6)$$

$$\varepsilon_{True} = \ln \frac{L}{L_0} \quad (7)$$

Ειδικότερα στην ελαστική περιοχή, δηλαδή σε μικρές τιμές παραμορφώσεων, οι πραγματικές και οι ονομαστικές τιμές διαφέρουν πολύ λίγο επειδή :

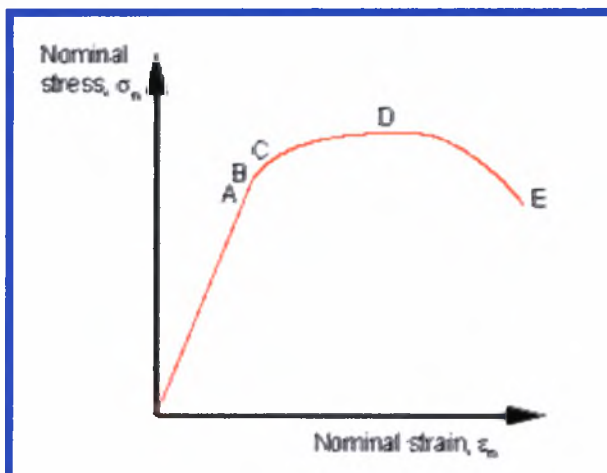
$$\ln(\alpha + x) = \ln(\alpha) + \frac{x}{\alpha} - \frac{1}{2}\left(\frac{x}{\alpha}\right)^2 + \frac{1}{3}\left(\frac{x}{\alpha}\right)^3 - \frac{1}{4}\left(\frac{x}{\alpha}\right)^4 + \dots \quad (8)$$

Λόγω της Εξ. (8) , η σχέση μεταξύ ε_{True} και ε_n στην ελαστική περιοχή γίνεται :

$$\varepsilon_{True} = \ln\left(\frac{L_0 + \Delta L}{L_0}\right) = \ln(1 + \varepsilon) \cong \varepsilon \quad (9)$$

2.3 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ

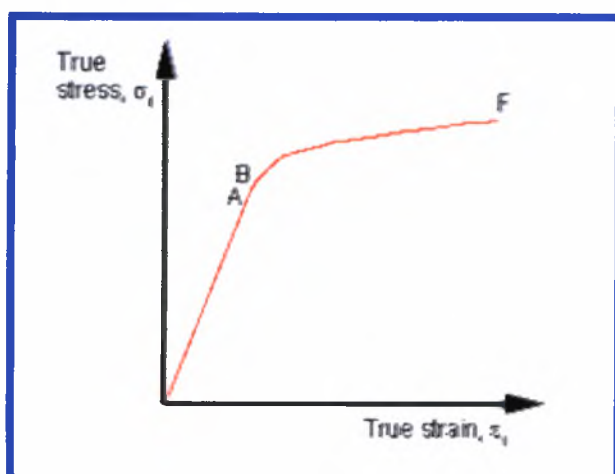
Θεωρούμε σκόπιμο σε αυτό το σημείο να περιγράψουμε τη πειραματική διαδικασία της δοκιμής εφελκυσμού. Αρχικά επιλέγουμε διαστάσεις δοκιμίου με βάση τις προδιαγραφές. Σιγουρευόμαστε ότι η μηχανή εφελκυσμού είναι καλιμπραρισμένη ώστε να μην εξάγονται λανθασμένα αποτελέσματα. Στη συνέχεια μετράμε τις διαστάσεις των μορφοποιημένων δοκιμίων για να σιγουρευτούμε για την ομοιομορφία τους. Βάζουμε το δοκίμιο στις αρπάγες δίνοντας προσοχή στην ευθυγράμμασή του, ώστε να δέχεται



Εικ. 3 Διάγραμμα ονομαστικής τάσης-παραμόρφωσης [5]

μόνο κάθετες στη διατομή του δυνάμεις. Ένας τρόπος για να επιτευχθεί αυτό είναι να τοποθετήσουμε το δοκίμιο πρώτα στην πάνω αρπάγη και να το αφήσουμε να σταθεί ελεύθερα προτού το πιάσουμε με τη κάτω. Πριν την έναρξη της δοκιμής τοποθετούμε το επιμηκυνσιόμετρο είτε πάνω στο δοκίμιο είτε πάνω στις αρπάγες ανάλογα με το τύπο του. Τέλος επιλέγουμε ταχύτητα απομάκρυνσης των αρπαγών και θέτουμε σε λειτουργία τη μηχανή.

Με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού εξάγονται τα αποτελέσματα σε μορφή καμπύλης τάσης-παραμόρφωσης. Όπως προαναφέρθηκε υπάρχουν δύο τρόποι



Εικ. 4 Διάγραμμα πραγματικής τάσης-παραμόρφωσης [5]

αποτύπωσης των αποτελεσμάτων, ο ονομαστικός και ο πραγματικός. Η μορφή των αντίστοιχων καμπύλων παρουσιάζεται στις εικόνες 3 και 4.

Παρακάτω επεξηγούνται τα σημεία A-F στα διαγράμματα.

A : όριο ελαστικότητας – Είναι το σημείο στο οποίο αρχίζει η ολίσθηση μέσα στο υλικό λόγω της κίνησης των γραμμοαταξιών σε ευνοϊκά προσανατολισμένους κόκκους. Το γράφημα είναι γραμμικό μέχρι αυτό το σημείο όπου και ξεκινάει η πλαστική παραμόρφωση του δοκιμίου (παύει να ισχύει ο νόμος του Hooke).

B : όριο διαρροής – Η τάση στην οποία έχουμε διαρροή σε όλο το δοκίμιο. Σε πολυκρυσταλλικά υλικά λόγω της διαφορετικής τάσης που απαιτείται για τη διαρροή διαφορετικά προσανατολισμένων κόκκων, τα σημεία A και B δεν συμπίπτουν.

C : Λόγω της δυσκολίας καθορισμού των σημείων A και B χρησιμοποιούμε το C για τη περιγραφή του ορίου διαρροής του υλικού. Μέχρι αυτό το σημείο το υλικό έχει δεχθεί πλαστική παραμόρφωση 0,2%. Η τιμή της τάσης στο σημείο αυτό καλείται συμβατική τάση διαρροής $\sigma_{0,2\%}$. Αντίστοιχα μπορούν να οριστούν οι συμβατικές τάσεις διαρροής $\sigma_{0,1\%}$ και $\sigma_{0,5\%}$.

D : μέγιστη τάση εφελκυσμού – Σημείο στο οποίο η πλαστική παραμόρφωση γίνεται ανομοιόμορφη και προκαλείται τη δημιουργία λαιμού στο δοκίμιο. Αντιστοιχεί στη μέγιστη τιμή του φορτίου.

E : σημείο θραύσης

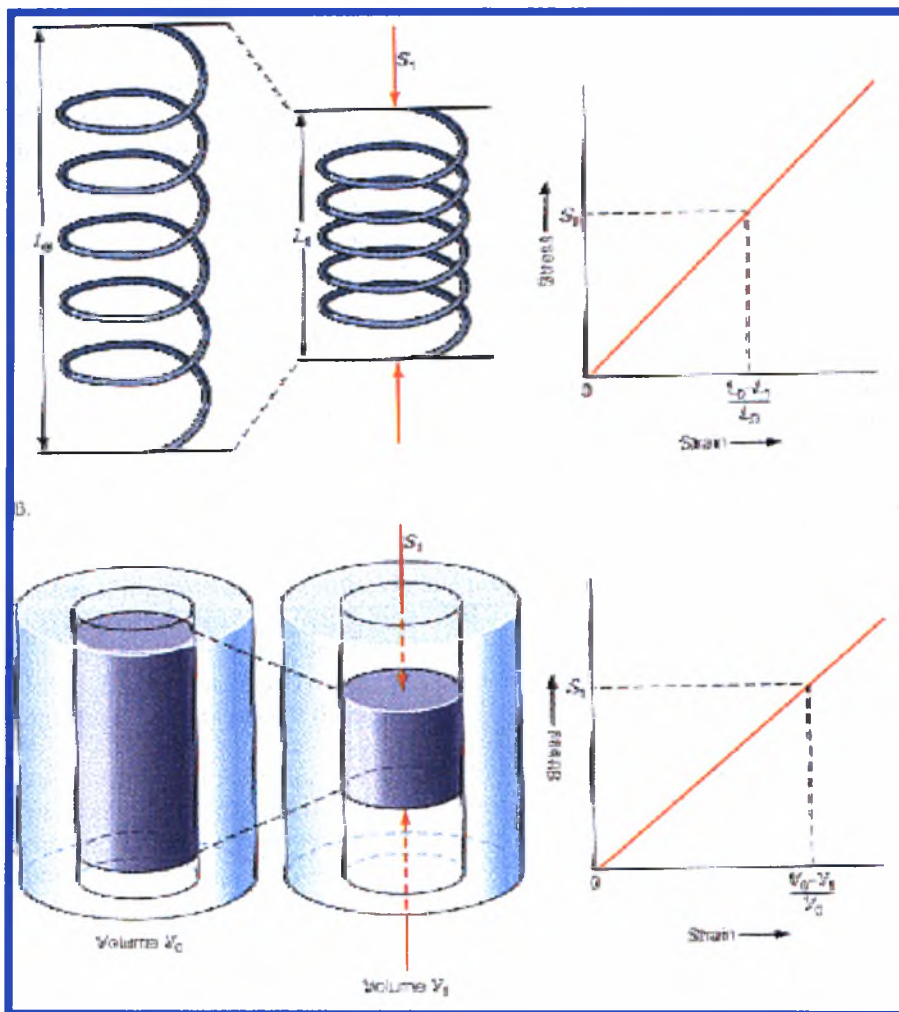
F : παραμόρφωση θραύσης – Το σημείο στο οποίο επέρχεται η θραύση. Μπορεί να προσδιοριστεί μόνο στη καμπύλη πραγματικών τάσεων-παραμορφώσεων.

Κάθε μεταλλικό υλικό παραμορφώνεται με δύο τρόπους, αρχικά ελαστικά και κατόπιν πλαστικά. Η ελαστική παραμόρφωση μπορεί να συνδεθεί με την τάση σύμφωνα με τον νόμο του Hooke :

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (10)$$

όπου :

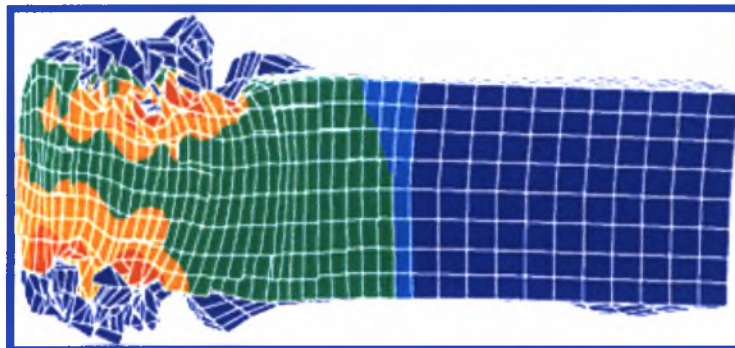
E : μέτρο ελαστικότητας του Young [N/m²]



Εικ. 6 Σηματική απεικόνιση του νόμου του Hooke

Αντίθετα η πλαστική παραμόρφωση είναι μη αντιστρεπτή και δεν υπάρχει κάποια σχέση που να συνδέει τη τάση με τη παραμόρφωση του δοκιμίου στη περιοχή που αυτή εμφανίζεται.

Όπως προαναφέρθηκε τόσο οι συνθήκες διενέργειας της δοκιμής όσο και οι κατεργασίες που έχει το υλικό υποστεί πριν τη δοκιμή εφελκυσμού μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα που θα μας δώσει. Κάτι τέτοιο παρατηρείται σε παρακάτω παραδείγματα όπως στο ντουραλουμίνιο το οποίο είναι ένα κράμα Αλουμινίου που περιέχει 4%κ.β. χαλκό και μικρά ποσοστά άλλων προσμίξεων.

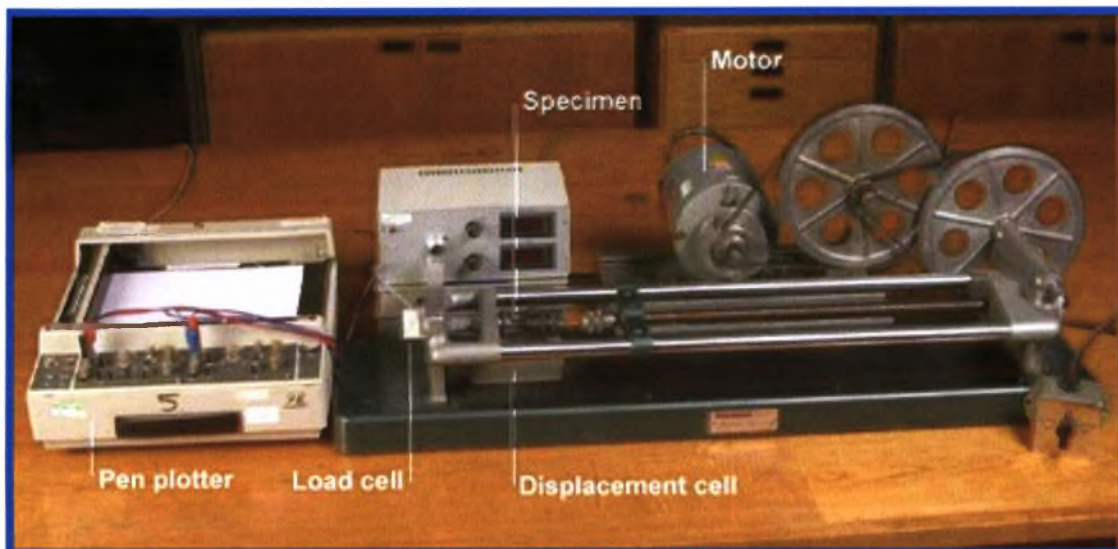


Εικ. 7 Παράδειγμα προσομοίωσης πλαστικής παραμόρφωσης



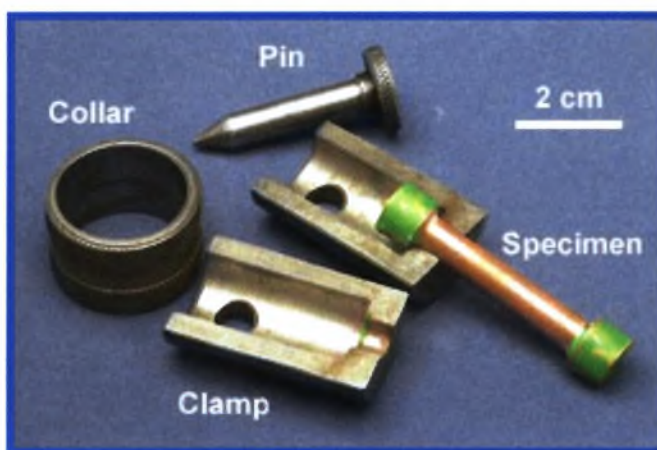
Εικ. 8 Παράδειγμα πλαστικής παραμόρφωσης υλικού

Στο συγκεκριμένο παράδειγμα χρησιμοποιήθηκε η μηχανή εφελκυσμού που φαίνεται στην εικόνα 9 ενώ τα δοκίμια ήταν σε μορφή κυλίνδρου όπως φαίνονται στην εικόνα 10.



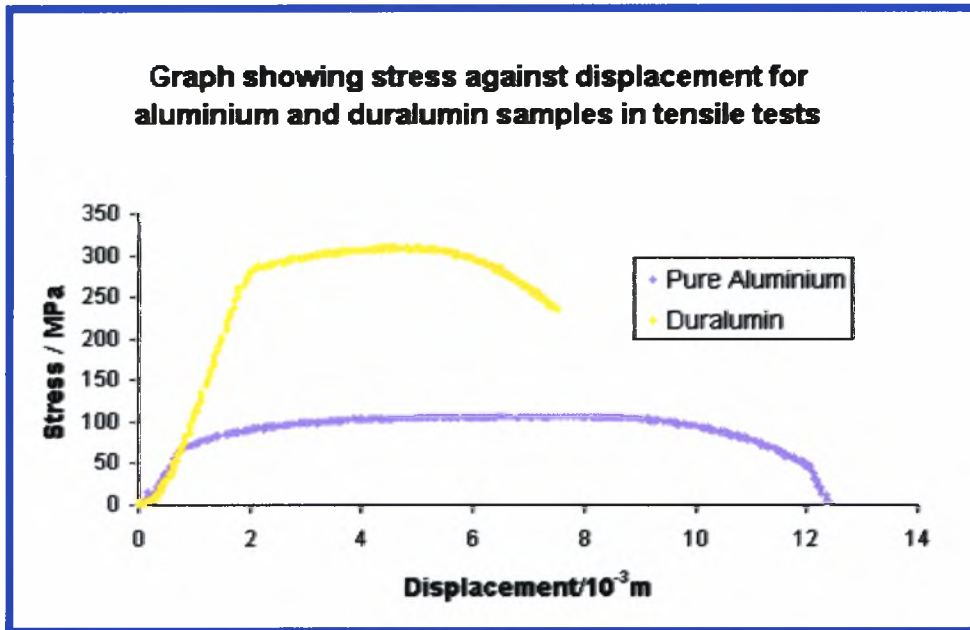
Εικ. 9 Επιτραπέζια μηχανή εφελκυσμού [4]

Μετά τη δοκιμή εφελκυσμού και των δύο μετάλλων προκύπτει το γράφημα της εικόνας 11. Ανάμεσα στα αποτελέσματα δοκιμής εφελκυσμού καθαρού αλουμινίου και ντουραλουμινίου φαίνεται μια διαφοροποίηση στα βασικά σημεία του διαγράμματος.



Εικ. 10 Δοκίμια σε μορφή κυλίνδρου [4]

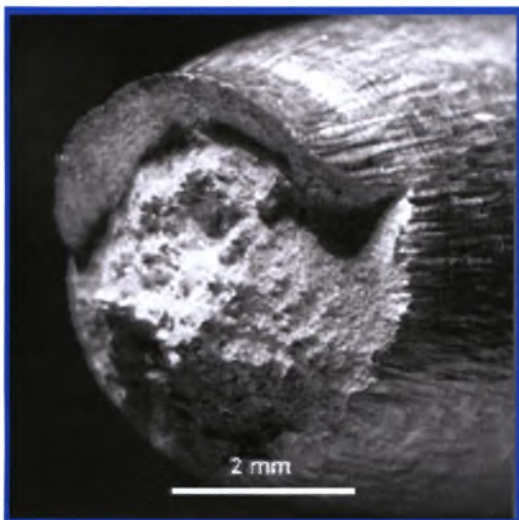
Είναι εμφανές από την εικόνα 11 ότι τόσο το γράφημα για το καθαρό αλουμίνιο όσο και για το ντουραλουμίνιο ακολουθούν το τυπικό γράφημα εφελκυσμού που παρουσιάστηκε πιο πριν. Παρόλα αυτά η τιμή του ορίου διαρροής και της μέγιστης αντοχής εφελκυσμού διαφέρει ανάμεσα στα δυο διαγράμματα. Το όριο διαρροής στο καθαρό αλουμίνιο είναι περίπου το $\frac{1}{4}$ της τιμής του ορίου



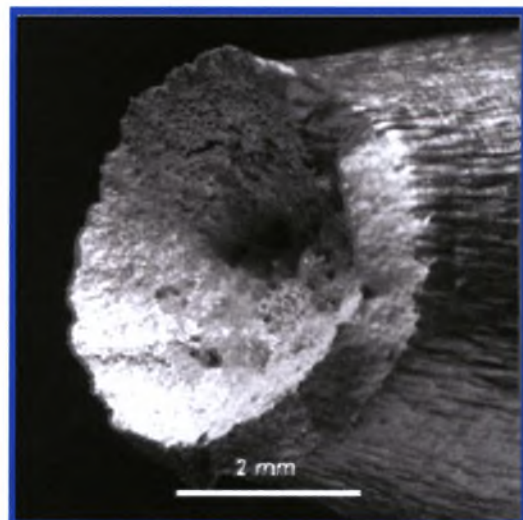
Εικ. 11 Διάγραμμα δοκιμής εφελκυσμού καθαρών αλουμινίου και ντουραλουμινίου

διαρροής στο ντουραλουμίνιο, και αυτό είναι φυσιολογικό αφού στο καθαρό αλουμίνιο η αντίσταση στη κίνηση των γραμμοαταξιών είναι κατά πολύ μικρότερη. Η ύπαρξη αυτή της μεγαλύτερης αντίστασης των γραμμοαταξιών στο ντουραλουμίνιο έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία πολύ μικρότερου λαιμού σε αυτό από ότι στο καθαρό αλουμίνιο. Μόλις η διαρροή του μετάλλου ξεκινήσει, για να συνεχιστεί χρειάζεται λίγη περισσότερη τάση λόγω της εργοσκλήρυνσης του μετάλλου.

Το καθαρό αλουμίνιο είναι κατά πολύ πιο μαλακό από το ντουραλουμίνιο και αυτό γίνεται κατανοητό αν εξετάσουμε τις περιοχές όπου γίνεται η θραύση πιο διεξοδικά.

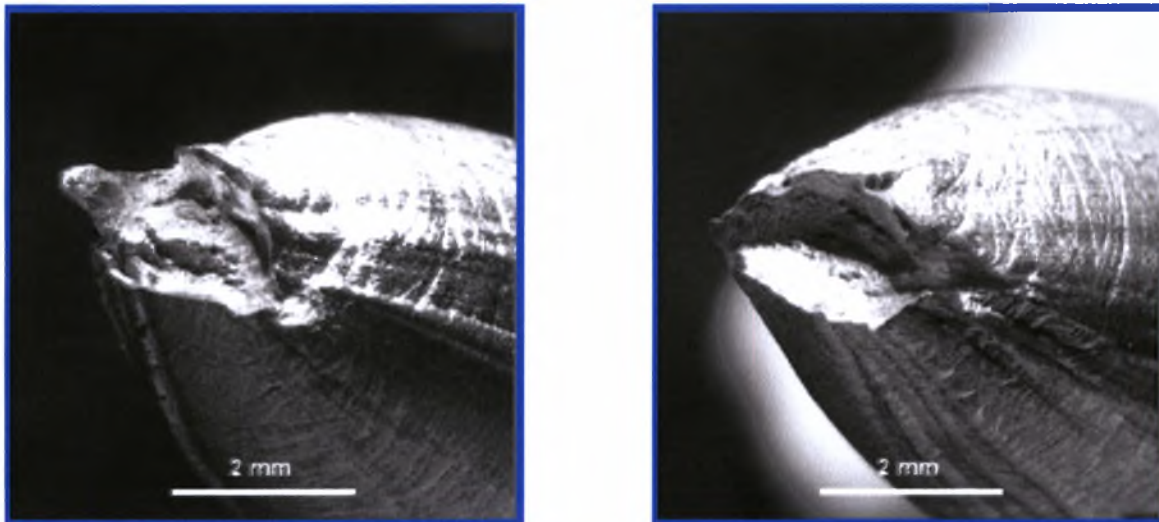


Εικ. 12 Θραύση δοκιμίου ντουραλουμινίου – δημιουργία λόφου



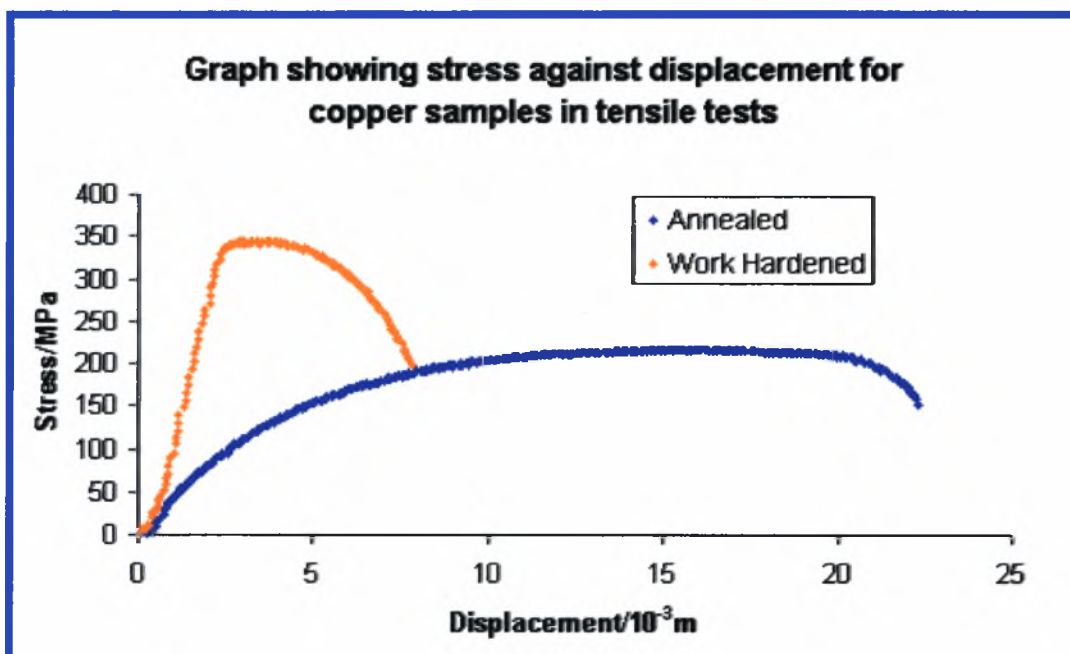
Εικ. 13 Θραύση δοκιμίου ντουραλουμινίου – δημιουργία κρατήρα

Όταν γίνεται θραύση ενός δοκιμίου από ντουραλουμίνιο παρατηρείται το φαινόμενο δημιουργίας «κρατήρα» ή «λόφου», πράγμα που αποδεικνύει τη σκληρότητα αυτού του κράματος [4]. Αντιθέτως για να γίνει θραύση ενός δοκιμίου καθαρού αλουμινίου θα πρέπει ο λαιμός να λεπτύνει πάρα πολύ μέχρι να αποκολληθούν τα δύο κομμάτια.



Εικ. 14 Θραύση δοκιμίου καθαρού αλουμινίου – δημιουργία λαιμού

Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρούνται και όταν κάνουμε δοκιμή εφελκυσμού μεταξύ εργοσκληρωμένου και ανοπτημένου χαλκού. Όταν ένα υλικό εργοσκληρώνεται στην ουσία εφελκύεται σε θερμοκρασίες περίπου μισές της θερμοκρασίας τήξης, πράγμα που αυξάνει τον αριθμό των γραμμοαταξιών.

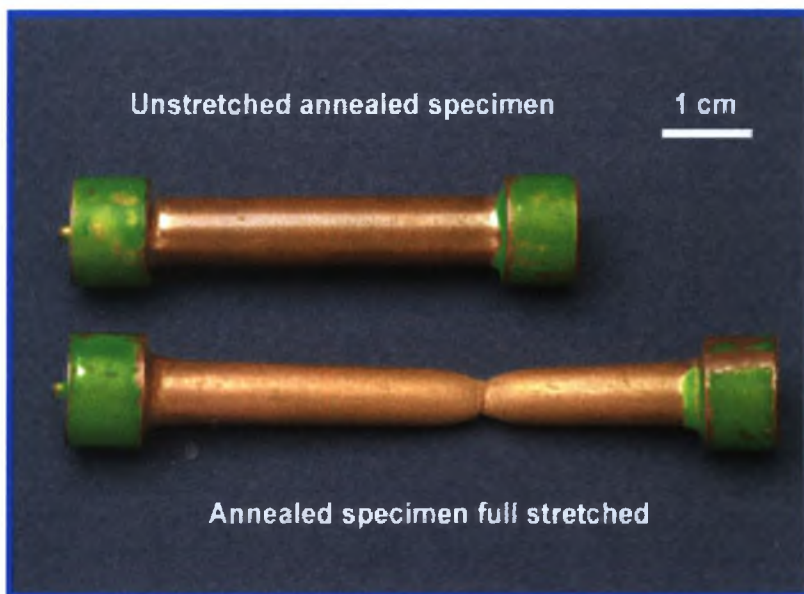


Εικ. 15 Διάγραμμα δοκιμής εφελκυσμού ανοπτημένου και εργοσκληρωμένου χαλκού

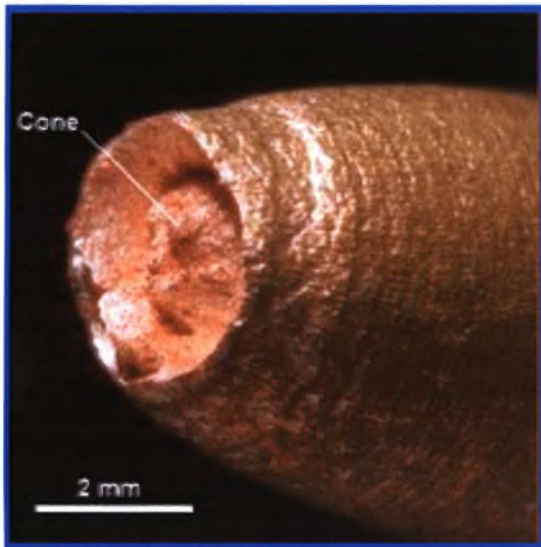
Αυτή η αύξηση των γραμμοαταξιών στα εργοσκληρυμένα υλικά έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση της σκληρότητας του υλικού. Από την άλλη μεριά ένα ανοπτημένο υλικό έχει υποστεί τρία συγκεκριμένα στάδια κατεργασιών α)επαναφορά, β) ανακρυστάλλωση και γ)αύξηση του μεγέθους των κόκκων με απώτερο σκοπό το μηχανικά κατεργασμένο μέταλλο να επανέλθει σε μία πιο χαλαρωμένη κατάσταση. Υλικά που έχουν εργοσκληρυνθεί έχουν εντελώς διαφορετικές ιδιότητες από ίδια υλικά που έχουν υποστεί ανοπτηση.

Στην εικόνα 15 παρουσιάζονται σε διάγραμμα τα αποτελέσματα της δοκιμής εφελκυσμού χαλκού που έχει εργοσκληρυνθεί και χαλκού που έχει υποστεί ανοπτηση στους 800°C για 2 ώρες, έτσι ώστε και τα τρία στάδια να έχουν λάβει μέρος. Όπως φαίνεται και από το διάγραμμα το υλικό που έχει υποστεί ανοπτηση διαρρέει

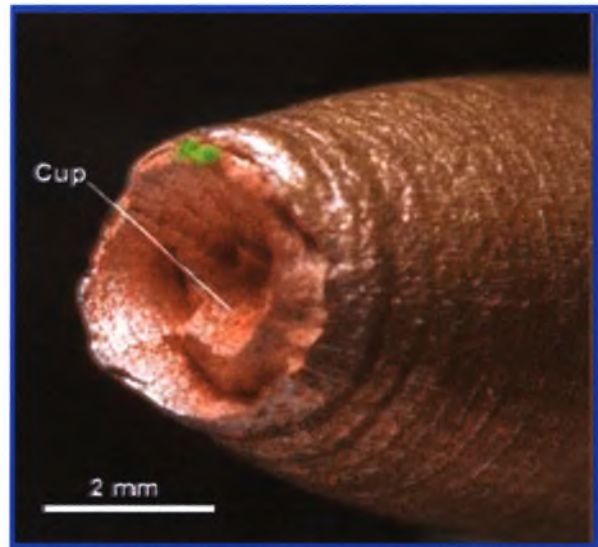
σχεδόν αμέσως, ενώ το εργοσκληρυμένο διαρρέει σε πολύ υψηλότερες τάσεις. Επίσης παρατηρείται η διαφορά σκληρότητας των δύο υλικών αφού αυτό που έχει υποστεί ανοπτηση παραμορφώνεται ίσως και τρεις φορές περισσότερο από το εργοσκληρυμένο. Στην εικόνα 16 φαίνεται το μέγεθος της παραμόρφωσης που δέχεται το υλικό που έχει υποστεί ανοπτηση. Το υλικό αυτό από την στιγμή που αρχίζει να διαρρέει ξεκινάει να εργοσκληρώνεται ταυτόχρονα, αντίθετα με το εργοσκληρυμένο που δεν μπορεί να δεχτεί περαιτέρω εργοσκλήρυνση και για αυτό το λόγο υφίσταται πολύ πιο γρήγορα θραύση. Τέλος παρατηρείται ότι ο μηχανισμός θραύσης που ακολουθούν και τα δύο αυτά υλικά είναι παρόμοιος με αυτόν που ακολουθεί το ντουραλουμίνιο.



Εικ. 16 Παραμόρφωση ανοπτημένου χαλκού

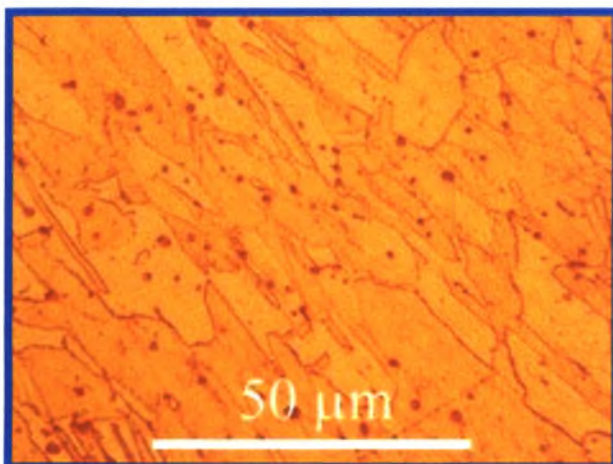


Εικ. 17 Θραύση δοκιμίου ανοπτημένου χαλκού – δημιουργία λόφου

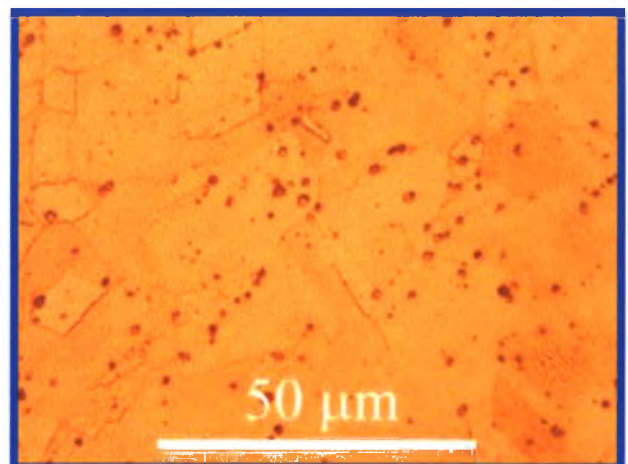


Εικ. 18 Θραύση δοκιμίου ανοπτημένου χαλκού – δημιουργία κρατήρα

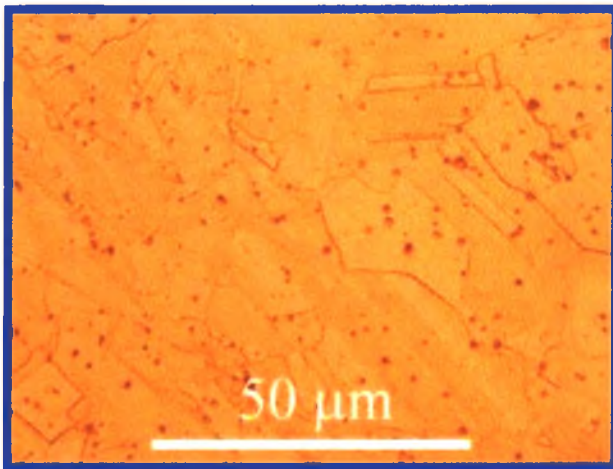
Στη συνέχεια παρουσιάζονται φωτογραφίες από οπτικό μικροσκόπιο της μικροδομής χαλκού που έχει υποστεί εργοσκλήρυνση και ανόπτηση σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες. Λόγω αυτών που έχουμε προαναφέρει η διαφοροποίηση στη μικροδομή του υλικού θα επιφέρει και διαφοροποίηση στις μηχανικές ιδιότητες.



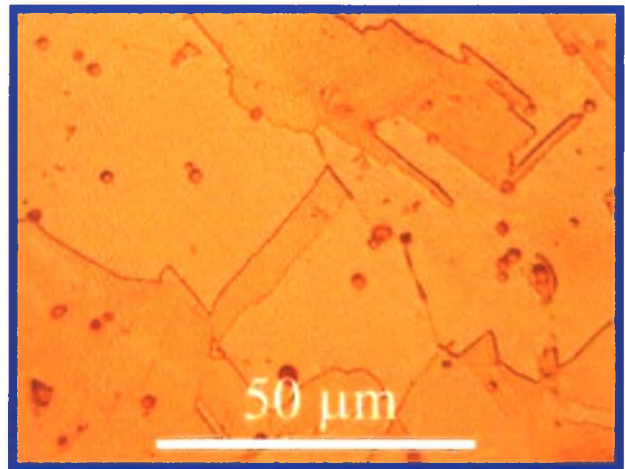
Εικ. 19 Εργοσκληρωμένος χαλκός



Εικ. 20 Ανοπτημένος χαλκός στους 350°C



Εικ. 21 Ανοπτημένος χαλκός στους 500°C



Εικ. 22 Ανοπτημένος χαλκός στους 800°C

Μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι η μικροδομή του εργοσκληρημένου χαλκού έχει μικρούς κόκκους που παρουσιάζουν κατευθυντικότητα, ενώ είναι μακριοί και λεπτοί. Στο δοκίμιο που έγινε ανόπτηση στους 350°C, το υλικό έχει υποστεί επαναφορά και ανακρυστάλλωση όπως φαίνεται στη φωτογραφία με ελαφρά μεγαλύτερους κόκκους. Τα δοκίμια που υποβλήθηκαν σε ανόπτηση στους 500°C και 800°C έχουν παρόμοιο σχήμα κόκκων αλλά λόγω της ανάπτυξης του μεγέθους των κόκκων, έχουμε μεγαλύτερους κόκκους στο δοκίμιο με τη μεγαλύτερη θερμοκρασία ανόπτησης.

2.4 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Από μια δοκιμή εφελκυσμού, όπως αναφέρθηκε και πιο πριν, μπορούμε να εξάγουμε πολλά δεδομένα που μας περιγράφουν τις παρακάτω μηχανικές ιδιότητες του υλικού:

1. μέτρο ελαστικότητας.
2. όριο διαρροής.
3. όριο (Η τάση στην οποία έχουμε τη αστοχία του υλικού).
4. μέγιστη αντοχή εφελκυσμού.
5. ολκιμότητα (παραμόρφωση θραύσης).
6. συμβατική τάση διαρροής 0,2%.
7. μέτρο ελαστικότητας του Young – Είναι η ποσότητα που εμφανίζεται στο νόμο του Hooke και περιγράφει τη σχέση τάσης-παραμόρφωσης στην ελαστική περιοχή.
8. καμπύλη τάσης-παραμόρφωσης (ονομαστικές και πραγματικές τιμές).
9. ποσοστιαία μείωση της διατομής του δοκιμίου – Περιγράφει σε ποσοστιαίες μονάδες τη μέγιστη μείωση της διατομής του δοκιμίου.

2.5 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΔΙΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

Για να γίνεται η δοκιμή εφελκυσμού με τον ίδιο τρόπο σε όλο τον κόσμο έτσι ώστε να είναι άμεσα συγκρίσιμα τα αποτελέσματα κάθε πειράματος, δημιουργήθηκαν κάποιες οδηγίες-προδιαγραφές και συγκεντρώθηκαν σε κάποια πρότυπα. Αναπόφευκτα όμως δεν δημιουργήθηκε ένα πρότυπο που να είναι παγκόσμιο, αλλά διαφορετικά όπως ASTM, EN, ISO και DIN. Αυτά τα πρότυπα φτιάχτηκαν από χώρες με έντονη βιομηχανική δραστηριότητα (ASTM-Αμερική, DIN-Γερμανία) και από την Ευρωπαϊκή Ένωση (EN). Παρακάτω θα αναφερθούν μερικά άρθρα αυτών των προτύπων και θα παρατεθεί μια σύνοψη του περιεχομένου τους.

DIN 13 912 : Κράματα κοβάλτιου-χρωμίου στην οδοντιατρική. Απαιτήσεις και οδηγίες για δοκιμές.

DIN 50 109 : Δοκιμές εφελκυσμού σε χυτοσίδηρο με προσμίξεις γραφίτη (γκρι χυτοσίδηρος).

DIN 50 114 : Δοκιμές σε λεπτά μεταλλικά ελάσματα με πάχος μικρότερο των 3mm χωρίς τη χρήση επιμηκυσιόμετρου.

DIN 50 125 : Μορφές και διαστάσεις δοκιμίων για δοκιμές εφελκυσμού.

DIN 50 140 : Δοκιμές μεταλλικών υλικών με τη μορφή κύβων και κυβικών λωρίδων.

DIN 50 148 : Δοκίμια για διενέργεια εφελκυστικών δοκιμών σε χυτευμένα μη φερίτικα μέταλλα.

DIN 50 149 : Δοκιμή εφελκυσμού σε μαλακά μέταλλα.

DIN 50 154 : Δοκιμές εφελκυσμού σε αλουμινένια και σφυρήλατα αλουμινένια ελάσματα με πάχος μέχρι 0,179mm, χωρίς τη χρήση επιμηκυσιόμετρου.

DIN 51 210 Part 1 : Δοκιμές σε μεταλλικά υλικά με μορφή καλωδίου χωρίς τη χρήση επιμηκυσιόμετρου.

DIN 51 210 Part 2 : Δοκιμές σε μεταλλικά υλικά με μορφή καλωδίου με τη χρήση επιμηκυσιόμετρου.

EN 10002-1 : Διενέργεια δοκιμής εφελκυσμού.

Το πρότυπο ISO(International Organization of Standardization) είναι διεθνές και περιέχει προδιαγραφές, για δοκίμια που χρησιμοποιούνται σε δοκιμές εφελκυσμού, αντίστοιχες με αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω. Στη συνέχεια αναφέρουμε ενδεικτικά μια αντιστοίχιση άρθρων των δύο προτύπων.

DIN → ISO 6892

DIN 50 114 → Appendix B

DIN 51 210 Part 1 → Appendix C

DIN 50 125 → Appendix D

DIN 50 140 → Appendix E

Στη παρούσα μελέτη κάναμε χρήση του προτύπου DIN 50 125 για την επιλογή της μορφής και των διαστάσεων των δοκιμίων που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών της μηχανής εφελκυσμού.

2.6 Η ΜΗΧΑΝΗ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

Όλα όσα προαναφέρθηκαν βρίσκουν εφαρμογή στο πείραμα του εφελκυσμού, δοκιμή η οποία απαιτεί τη χρήση μιας μηχανής εφελκυσμού. Σήμερα στην βιομηχανική αγορά η επιτυχία απαιτεί συνεχή βελτίωση στην απόδοση, στη ποιότητα και στην ακρίβεια των πειραματικών εγκαταστάσεων και του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού. Οι μηχανές που πραγματοποιούν τα πειράματα χρησιμοποιούνται για να εξάγουν καλύτερη πληροφόρηση σε γνωστά υλικά ή για την ανάπτυξη νέων υλικών και τη διατήρηση της ποιότητας αυτών. Για τους προμηθευτές υλικών οι μηχανικές ιδιότητες που εξάγονται από αυτές τις μηχανές αποτελούν σημαντική ένδειξη της ποιότητας των υλικών τους, ενώ παράλληλα κάτι τέτοιο είναι απαραίτητο για την έκδοση των απαραίτητων πιστοποιητικών.

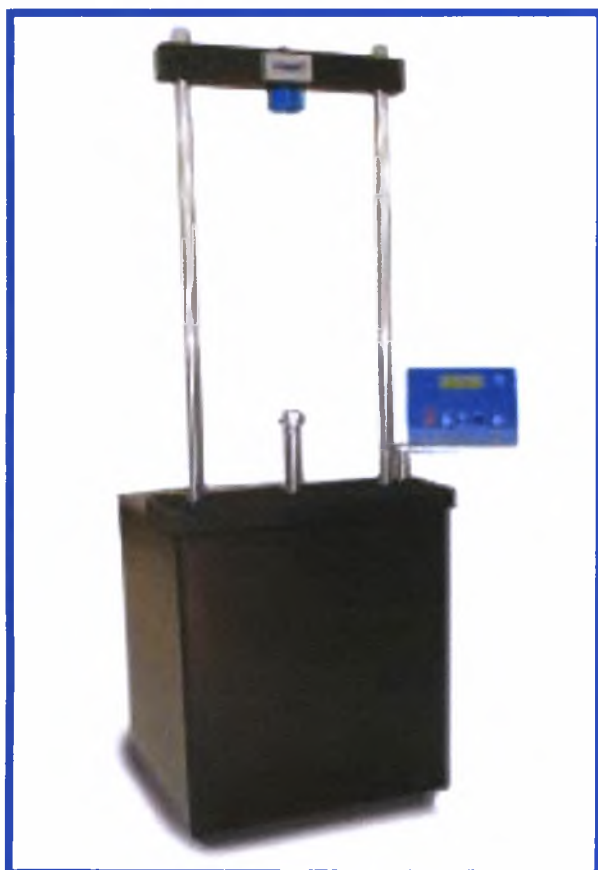
Υπάρχουν πολλοί τύποι μηχανών ελέγχου με πιο κοινό αυτόν όπου η μηχανή ελέγχει υλικά σε εφελκυσμό, θλίψη και κόπωση. Ο κύριος σκοπός της μηχανής αυτής είναι να δημιουργήσει διαγράμματα τάσης-παραμόρφωσης. Από τη στιγμή που έχει παραχθεί το διάγραμμα χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους όπως και συγκεκριμένους αλγορίθμους βρίσκουμε τη τάση διαρροής, το μέτρο ελαστικότητας του Young, τη μέγιστη τάση εφελκυσμού ή τη μέγιστη παραμόρφωση.

Οι μηχανές εφελκυσμού χωρίζονται σε δύο είδη, στις ηλεκτρομηχανικές και στις υδραυλικές. Οι ηλεκτρομηχανικές μηχανές χρησιμοποιούν έναν ηλεκτρικό κινητήρα, έναν μειωτήρα και ένα, δύο ή τέσσερις κοχλίες



Εικ. 23 Ηλεκτρομηχανικού τύπου μηχανή εφελκυσμού [12]

απομάκρυνσης των αρπάζων. Μπορεί να επιτευχθεί ένα ευρύ φάσμα ταχυτήτων απομάκρυνσης των αρπάζων με μεταβολή της ταχύτητας του κινητήρα. Για την ακριβή ρύθμιση της ταχύτητας απομάκρυνσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένας σερβομηχανισμός που περιέχει ένα μικροεπεξεργαστή σε σύστημα κλειστού βρόχου. Οι υδραυλικές μηχανές χρησιμοποιούν μία ή δύο υδραυλικές μπουκάλες για τη κίνηση των αρπάζων. Σε μια χειροκίνητη υδραυλική μηχανή ο χειριστής ρυθμίζει μια βαλβίδα για τον έλεγχο του φορτίου. Σε ένα κλειστού βρόχου υδραυλικό σερβομηχανισμό τη θέση της βαλβίδας έχει μία ηλεκτρικά ρυθμιζόμενη σερβοβαλβίδα για τον ακριβή έλεγχο.



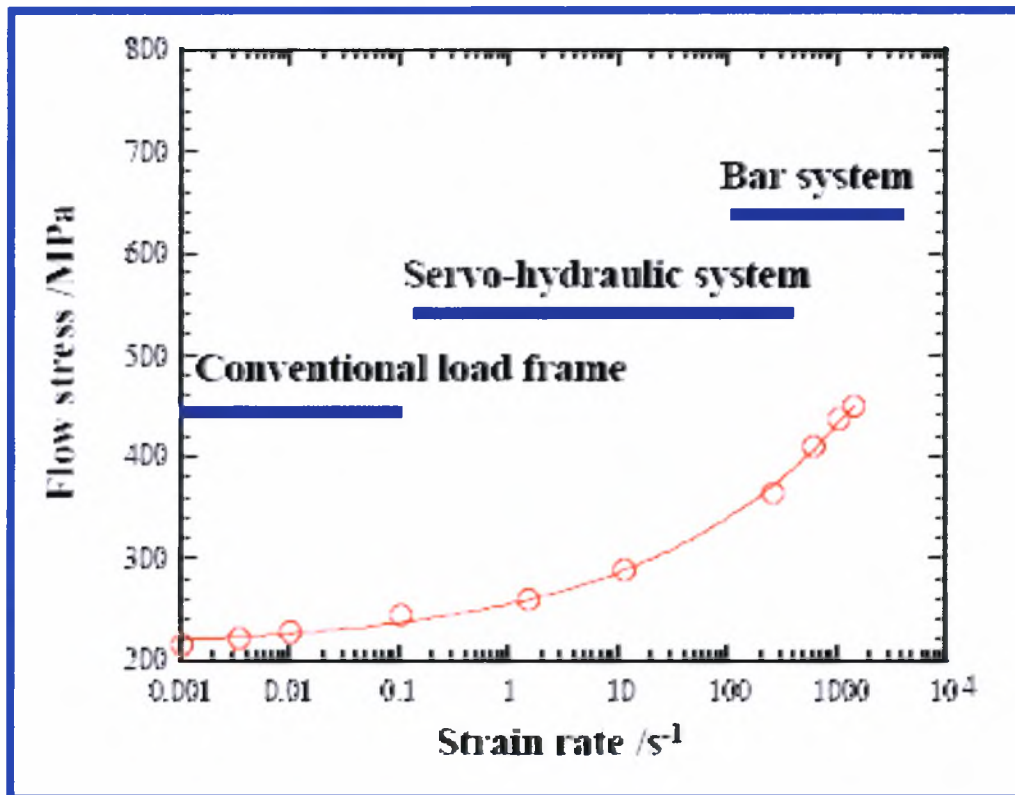
Εικ. 24 Υδραυλικού τύπου μηχανή εφελκυσμού [12]

Γενικά οι ηλεκτρομηχανικές μηχανές προσφέρονται για μεγάλη κλίμακα ταχυτήτων και μεγάλες μετατοπίσεις των αρπάζων, ενώ οι υδραυλικές έχουν καλή σχέση απόδοσης-τιμής όταν απαιτούνται μεγάλες δυνάμεις.

Σε κάθε μηχανή εφελκυσμού το φορτίο μπορεί να είναι σταθερό για κάποια χρονική διάρκεια ή να είναι στιγμιαίο για την επίτευξη υψηλού ρυθμού παραμόρφωσης στο υλικό. Είναι απαραίτητο για τις μηχανές εφελκυσμού να έχουν τον κατάλληλο μετρητικό εξοπλισμό για την καταγραφή των σημαντικών παραμέτρων όπως η παραμόρφωση, η μετατόπιση και το φορτίο.

Στη περίπτωση που θελήσουμε να κατηγοριοποιήσουμε τις μηχανές εφελκυσμού με βάση το ρυθμό παραμόρφωσης, καταλήγουμε σε τρεις τύπους μηχανών. Για δοκιμές σε οιονεί στατικές συνθήκες και ρυθμό παραμόρφωσης χαμηλότερο του 0.1/s και στα πλαίσια συμβατικών τάσεων, θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μηχανικές ή σερβουδραυλικές μηχανές. Στις περιπτώσεις όπου οι ρυθμοί παραμόρφωσης είναι μεγαλύτεροι του 0.1/s μπορούν να χρησιμοποιηθούν

τόσο σερβουδραυλικές όσο και τύπου-bar (SHB- Split Hopkinson Bar) μηχανές. Οι μηχανές σερβουδραυλικού τύπου μπορούν να καλύψουν ένα φάσμα ρυθμών παραμόρφωσης από 0.1 έως 500/s, ενώ οι τύπου-bar από 100 έως 1000/s και πάνω. Σε ειδικές περιπτώσεις ρυθμοί 1000/s είναι δυνατοί για σερβουδραυλικές μηχανές. Στην εικόνα 25 παρουσιάζονται οι περιοχές ρυθμού παραμόρφωσης στις οποίες χρησιμοποιούνται οι διάφοροι τύποι μηχανών εφελκυσμού.

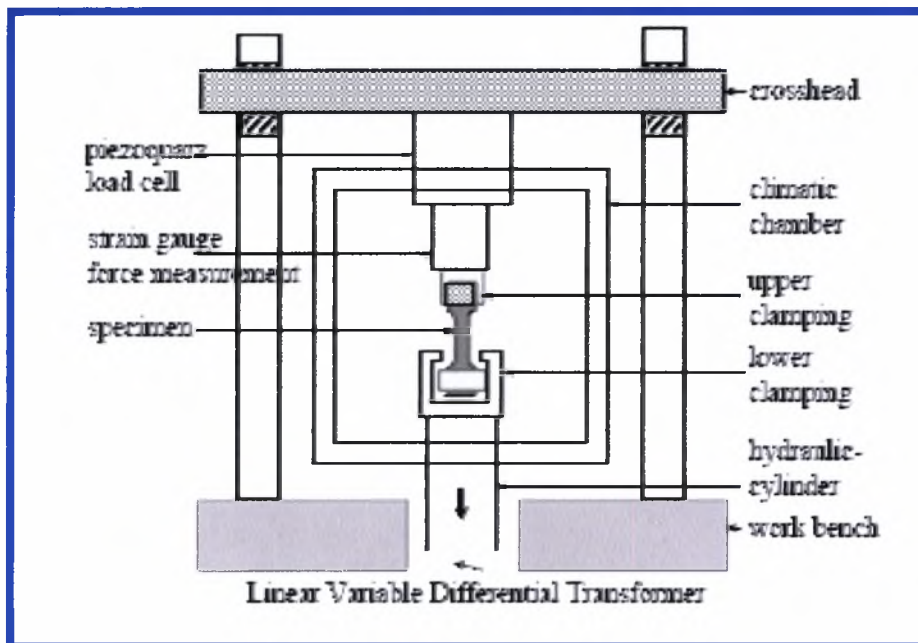


Εικ. 25 Ρυθμοί παραμόρφωσης διαφόρων τύπων μηχανών εφελκυσμού.

Σημαντικό είναι να αναφέρουμε ότι οι σερβουδραυλικές μηχανές υψηλού ρυθμού παραμόρφωσης έχουν πολύ μεγαλύτερη υδραυλική ισχύ, για να επιτύχουν ταχύτητα αρπαγών μέχρι και 30m/s.

Τα σερβουδραυλικά συστήματα μπορούν να είναι είτε ανοιχτού είτε κλειστού βρόχου. Ένα σύστημα κλειστού βρόχου μπορεί να διασφαλίσει μια σταθερή ταχύτητα απομάκρυνσης των αρπαγών. Αντιθέτως, το σύστημα ανοιχτού βρόχου δεν έχει το σήμα ανάδρασης και για αυτό η ταχύτητα απομάκρυνσης είναι δύσκολο να ελεγχθεί με ακρίβεια. Ο μέγιστος ρυθμός παραμόρφωσης περιορίζεται από την αντοχή του υλικού που ελέγχεται και από την δυναμικότητα της μηχανής εφελκυσμού που χρησιμοποιείται. Υψηλής αντοχής χάλυβες συχνά δίνουν χαμηλότερους ρυθμούς

παραμόρφωσης. Η μέγιστη ταχύτητα απομάκρυνσης των αρπαγών για ένα σύστημα κλειστού βρόχου είναι περίπου μέχρι και 1.0m/s, ενώ για ένα σύστημα ανοιχτού βρόχου μπορούν να επιτευχθούν υψηλότερες ταχύτητες .



Εικ. 26 Σερβο-υδραυλικού τύπου μηχανή εφελκυσμού

Οι μηχανές εφελκυσμού τύπου-bar χρησιμοποιούνται συνήθως για ρυθμούς παραμόρφωσης μεγαλύτερης των 500/s. Χαμηλότεροι ρυθμοί παραμόρφωσης όπως 100/s μπορούν να επιτευχθούν με ειδικές ρυθμίσεις. Το σύστημα τύπου-bar δημιουργήθηκε από τον Hopkinson το 1914 και εξελίχθηκε από τους Davies και Kolsky.

Στη συνέχεια θα αναλυθούν τα βασικά υποσυστήματα των δυο σημαντικότερων τύπων μηχανών εφελκυσμού. Οι μηχανικού τύπου μηχανές εφελκυσμού αποτελούνται από :

- έναν ηλεκτροκινητήρα
- έναν, δύο ή τέσσερις κοχλίες κίνησης
- ένα σύστημα μετάδοσης κίνησης από το κινητήρα στους κοχλίες
- το πλαίσιο στήριξης
- τις αρπάγες συγκράτησης του δοκιμίου
- ένα όργανο μέτρησης δύναμης (δυναμοκυψέλη)
- ένα όργανο μέτρησης επιμήκυνσης (επιμηκυνσιόμετρο)
- ένα μέσο αποτύπωσης της καμπύλης τάσεων-παραμορφώσεων

- σύστημα θέρμανσης δοκιμίου για δοκιμές υπό επιλεγμένες θερμοκρασίες.

Σε ότι αφορά τις υδραυλικού τύπου μηχανές εφελκυσμού παρουσιάζουν τις παρακάτω διαφορές σε σχέση με τις μηχανικού τύπου :

- υδραυλικές μπουκάλες αντί κοχλίες
- δίκτυο κυκλοφορίας λαδιού
- αντλία λαδιού αντί ηλεκτροκινητήρα
- δεξαμενή λαδιού

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΘΕΣΠΙΣΗ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΩΝ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗΣ - ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΙΚΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η εκπόνηση της σχεδιομελέτης μιας εργαστηριακής μηχανής εφελκυσμού από μηδενική βάση. Αναγκαίο βήμα για την πραγματοποίηση των υπολογισμών που αφορούν τη δυναμικότητα της μηχανής, είναι η επιλογή της μορφής και των διαστάσεων του δοκιμίου ενός ενδεικτικού υλικού.

Αυτή η επιλογή έγινε με βάση κάποιες γενικές απαιτήσεις που παρατίθενται παρακάτω :

- Το σχήμα και οι διαστάσεις των δοκιμίων εξαρτάται από το σχήμα και τις διαστάσεις των προϊόντων των οποίων οι μηχανικές ιδιότητες εξετάζονται.
- Ο μέγιστος ρυθμός παραμόρφωσης που απαιτείται καθορίζει το πλάτος του δοκιμίου. Δοκίμια με μικρότερο πλάτος μπορούν να επιτύχουν μεγαλύτερους ρυθμούς παραμόρφωσης.
- Το μήκος στο οποίο γίνονται οι μετρήσεις των δοκιμίων θα πρέπει να είναι αρκετό ώστε να επιτυγχάνεται ομογενής παραμόρφωση σε όλο το μήκος τους. Είναι αναγκαίο η ελαστική παραμόρφωση να λάβει μέρος σε όλο το μήκος του δοκιμίου πριν ξεκινήσει η πλαστική του παραμόρφωση. Για παράδειγμα το μήκος στο οποίο γίνονται οι μετρήσεις του δοκιμίου για ρυθμό παραμόρφωσης $10^3/s$ προτείνεται να είναι μικρότερο των 20mm.
- Η ακτίνα στο στενώμα του δοκιμίου ενδείκνυται να είναι μικρότερη από αυτή των συμβατικών δοκιμών, έτσι ώστε να μειώνεται η δυσκολία παραμόρφωσης της περιοχής μέτρησης. Αν η απομάκρυνση των αρπαγών χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της παραμόρφωσης, η ακτίνα του στενώματος προτείνεται να είναι μικρότερη των 5mm. Μια μεγάλη ακτίνα στενώματος μπορεί να προκαλέσει σημαντικό μέγεθος παραμόρφωση η οποία θα συμπεριληφθεί στη μέτρηση της παραμόρφωσης του δοκιμίου οδηγώντας σε μετρητικό σφάλμα.
- Το συνολικό μήκος του δοκιμίου εξαρτάται από το μηχανισμό συγκράτησης κάθε μηχανής. Για συστήματα τύπου-bar το μήκος του δοκιμίου που δεν συγκρατείται από τις αρπάγες δεν θα πρέπει να είναι μεγαλύτερο από το

μήκος της περιοχής μείωσης της διατομής του δοκιμίου, L_{total} , έτσι ώστε να μη διαταραχθεί η διάδοση της παραμόρφωσης.

- Η μονοαξονική τάση πρέπει να διατηρείται ομοιόμορφη σε όλο το μήκος μέτρησης.
- Η διατομή του δοκιμίου στη περιοχή συγκράτησης θα πρέπει να είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή στη περιοχή μέτρησης, έτσι ώστε να διασφαλίζεται αμελητέα παραμόρφωση και κυρίως καθόλου πλαστική. Αυτό είναι σημαντικότερο όταν η μέτρηση μετατόπισης με LVDT (Linear Variable Differential Transducer) χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της παραμόρφωσης. Η πλαστική παραμόρφωση στη περιοχή συγκράτησης δοκιμίου μπορεί να προκαλέσει σφάλμα στη μέτρηση της παραμόρφωσης. Ένας γενικός κανόνας για τα δοκίμια χωρίς οπές στη περιοχή συγκράτησης είναι ότι:

$$\frac{W_{gauge}}{W_{grip}} < \frac{\sigma_Y}{\sigma_{UTS}} \quad (11)$$

όπου :

W_{gauge} : το πλάτος της περιοχής μέτρησης

W_{grip} : το πλάτος της περιοχής συγκράτησης του δοκιμίου

σ_Y : το όριο διαρροής

σ_{UTS} : η μέγιστη τάση εφελκυσμού

- Μια ειδική περιοχή συγκράτησης πρέπει να σχεδιάζεται στο δοκίμιο όταν το φορτίο μετρείται από μετρητές παραμόρφωσης οι οποίοι είναι προσκολλημένοι σε αυτό.
- Γενικά θα πρέπει να ισχύουν οι επόμενοι εμπειρικοί κανόνες:

$$\frac{L_p}{W} \geq 2 \quad \frac{W}{t} \geq 2 \quad \frac{W_{Gauge}}{W_{Grip}} \leq 0,5 \quad (12), (13), (14)$$

όπου:

L_p : είναι το μήκος του δοκιμίου στο οποίο γίνονται οι μετρήσεις.

W : είναι το πλάτος του δοκιμίου στο οποίο γίνονται οι μετρήσεις.

Μικρότερες τιμές του L_p αυξάνουν το ρυθμό της παραμόρφωσης, ενώ παράλληλα αυξάνουν και το σφάλμα μέτρησης της παραμόρφωσης. Μεγαλύτερες τιμές του L_p κάνουν τα δοκίμια πιο ευαίσθητα σε κάμψη. Η ακτίνα στη περιοχή στενώματος πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν καθορίζεται ο λόγος L_p/W . Όσο πιο μικρή είναι η ακτίνα τόσο μεγαλύτερος θα πρέπει να είναι ο λόγος L_p/W .

Όταν χρησιμοποιείται λόγος W/t μικρότερος από 2, το δοκίμιο συχνά γίνεται πολύ μικρό και παρουσιάζονται σφάλματα στις μετρήσεις. Επίσης, η επιλογή του δοκιμίου θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη την αντοχή του υλικού, τη δυναμικότητα της μηχανής και άλλους παράγοντες. Σημαντικό επίσης είναι να αναφέρουμε ότι η επιφάνεια των δοκιμίων πρέπει να είναι μηχανικά φινιρισμένη. Σε οποιαδήποτε διαμόρφωση υποβληθούν οι επιφάνειες των δοκιμίων πρέπει να είναι απαλλαγμένες από ψυχρές κατεργασίες, ρωγμές, εγκοπές και άλλες επιφανειακές ατέλειες που μπορούν να προκαλέσουν συγκέντρωση τάσεων. Η κοπή με δέσμη νερού και η κοπή με φλόγα είναι από τις πιο συνηθισμένες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για μείωση της εργοσκλήρυνσης στη κατεργασμένη επιφάνεια. Είναι χρήσιμο τα δοκίμια υψηλού ρυθμού παραμόρφωσης να ελέγχονται σε οινωεί στατικές μηχανές για να συγκρίνονται τα αποτελέσματα με αυτά που λαμβάνονται από συμβατικά δοκίμια.

Στη παρούσα μελέτη λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω απαιτήσεις και θεωρώντας ένα υλικό με τις επόμενες ιδιότητες, πραγματοποιήθηκαν υπολογισμοί για τη δυναμικότητα της μηχανής :

$$\sigma_{UTS} = 1000MPa \quad (15)$$

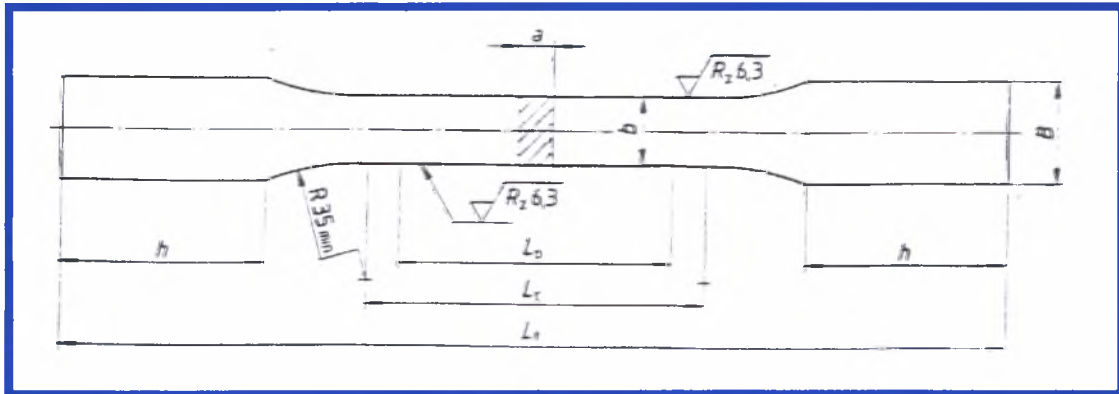
$$e_f = 0,5 \text{ (50\%)} \quad (16)$$

όπου:

σ_{UTS} : είναι η μέγιστη αντοχή εφελκισμού

e_f : είναι η παραμόρφωση θραύσης

Στη συνέχεια χρησιμοποιήθηκε το πρότυπο DIN 50 125 [7], που αφορά τις δοκιμές μεταλλικών υλικών και συγκεκριμένα τις μορφές και τις διαστάσεις δοκιμίων. Η μορφή που επιλέχθηκε για τα δοκίμια της παρούσας μελέτης είναι τύπου E, δηλαδή ορθογωνικής διατομής με περιοχή αυξημένου πλάτους για τη συγκράτησή τους από τις αρπάγες της μηχανής εφελκυσμού.



Εικ. 27 Δοκίμιο για έλεγχο με εφελκυσμό τύπου E5x16x50 [7].

Ακολούθως σύμφωνα με τις προτυποποιημένες διαστάσεις δοκιμίων που παρουσιάζονται στον πίνακα 1, έγινε επιλογή του τύπου DIN 50 125- E5x16x50.

Πίν. 1 Προτυποποιημένες διαστάσεις δοκιμίων

a	b	L_0	B min.	h min.	L_c min.	L_t min.
3	8	30	12	26	38	115
4	10	35	15	30	45	135
5	10	40	15	30	50	140
5	16	50	22	40	65	185
6	20	60	27	50	80	210
7	22	70	29	55	90	230
8	25	80	33	60	105	260
10	25	90	33	60	115	270
10	30	100	40	70	125	300
12	26	100	34	65	125	295
15	30	120	40	70	150	325
18	30	130	40	70	160	335

Η ενέργεια που απορροφά το δοκίμιο ανά μονάδα όγκου μπορεί να υπολογιστεί από το εμβαδόν της καμπύλης τάσης-παραμόρφωσης και ειδικότερα από τον παρακάτω τύπο :

$$U_v = \int_0^{e_f} \sigma de \quad (17)$$

Προσεγγιστικά και λαμβάνοντας υπόψη τη πλέον επιβαρυνόμενη κατάσταση υπερεκτιμούμε την κατ'όγκο ενέργεια παραμόρφωσης ως το εμβαδόν του ορθογωνίου που ορίζεται από τη μέγιστη τάση εφελκυσμού και την παραμόρφωση θραύσης.

Δηλαδή :

$$\begin{aligned} U_v &= \sigma_{UTS} e_f \\ U_v &= 1000 \cdot 10^6 (N/m^2) \cdot 0,5 \Rightarrow \\ U_v &= 500 \cdot 10^6 (N/m^2) \end{aligned} \quad (18)$$

Με βάση τις προτυποποιημένες διαστάσεις του δοκιμίου που επιλέχθηκαν υπολογίζουμε τον όγκο :

$$\begin{aligned} V_0 &= L_0 \cdot w_0 \cdot b_0 = 50mm \cdot 16mm \cdot 5mm \Rightarrow \\ V_0 &= 4 \cdot 10^{-6} m^3 \end{aligned} \quad (19)$$

Ακολούθως η ενέργεια που παρέχεται στο δοκίμιο από τον κινητήρα κατά τη διάρκεια της δοκιμής, δηλαδή από την έναρξη της δοκιμής ($t_0=0$) μέχρι τη θραύση του δοκιμίου ($t=t_f$) υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τις σχέσεις 18 και 19.

$$\begin{aligned} U &= U_v \cdot V_0 = 500 \cdot 10^6 N/m^2 \cdot 4 \cdot 10^{-6} m^3 \Rightarrow \\ U &= 2000Nm \end{aligned} \quad (20)$$

3.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΗΣ ΙΣΧΥΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ

Έπειτα βρίσκεται η μέση ισχύς που πρέπει να αποδώσει ο κινητήρας στο δοκίμιο, αγνοώντας τις απώλειες κάθε μορφής. Η μέση ισχύς εκφράζεται ως ο λόγος της απαιτούμενης ενέργειας για τη παραμόρφωση του δοκιμίου προς το χρόνο που διαρκεί η δοκιμή.

$$\bar{P} = \frac{U}{t_f} \quad (21)$$

Όμως η χρονική διάρκεια της δοκιμής (t_f) σχετίζεται με τη ταχύτητα απομάκρυνσης των αρπαγών (u_k) σύμφωνα με τον τύπο :

$$U_k = \frac{S_f}{t_f} \Rightarrow$$
$$t_f = \frac{S_f}{U_k} \quad (22)$$

S_f : η σχετική απομάκρυνση των αρπαγών από τηναρχική του θέση μέχρι τη θραύση του δοκιμίου.

Ένα σημαντικό σημείο της δοκιμής εφελκυσμού είναι ότι η ταχύτητα απομάκρυνσης των αρπαγών διατηρείται σταθερή κατά τη διάρκεια της. Αντικαθιστώντας τη σχέση 22 της χρονικής διάρκειας στη σχέση 21, καταλήγουμε στην παρακάτω σχέση της μέσης ισχύς.

$$\bar{P} = \frac{U}{\frac{S_f}{U_k}} \Rightarrow$$
$$\bar{P} = \frac{U \cdot U_k}{S_f} \quad (23)$$

Αν υποθέσουμε ότι το βέλος κάμψης της μηχανής είναι αμελητέο, τότε για ένα δοκίμιο με μήκος $L_0 = 50\text{mm}$ και $e_f = 0,5$, τότε η σχετική απομάκρυνση των κεφαλών κατά τη θραύση του δοκιμίου μπορεί να θεωρηθεί ίση με :

$$s_f = L_0 \cdot e_f = 0,05\text{m} \cdot 0,5 \Rightarrow s_f = 0,025\text{m} \quad (24)$$

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας 2 που μας δίνει τις τιμές της μέσης ισχύος σαν συνάρτηση της ταχύτητας απομάκρυνσης των αρπαγών και της χρονικής διάρκειας της δοκιμής με δεδομένα τις διαστάσεις του δοκιμίου ($0,05\text{m} \times 0,016\text{m} \times 0,015\text{m}$), τη σχετική απομάκρυνση των κεφαλών κατά τη θραύση (S_f), τη συνολική ενέργεια παραμόρφωσης μέχρι τη θραύση και τις μηχανικές ιδιότητες του επιλεγμένου υλικού (σ_{UTS} και e_f).

Πίν. 2 Μέση ισχύς συναρτήσει ταχύτητας και διάρκειας δοκιμής εφελκυσμού

U_k (mm/s)	t_f (s)	\bar{P} (watt)
0,1	250	8
0,5	50	40
1	25	80
2,5	10	200
5	5	400

Στη συνέχεια υπολογίζεται το μέγιστο φορτίο που απαιτεί ένα δοκίμιο από το συγκεκριμένο υποθετικό υλικό με βάση τις διαστάσεις της διατομής της περιοχής που γίνονται οι μετρήσεις και της μέγιστης τάσης εφελκυσμού του υλικού αυτού.

$$F_{\max} = \sigma_{UTS} \cdot (w_0 \cdot b_0) = 1000 \cdot 10^6 \text{ (N/m}^2\text{)} \cdot (0,016 \cdot 0,005)\text{m}^2 \Rightarrow$$

$$F_{\max} = 80\text{kN} \Rightarrow$$

$$F_{\max} = 8,16\text{tons} \quad (25)$$

Ο σκοπός της υπό μελέτη μηχανής εφελκυσμού είναι η δοκιμή μεταλλικών υλικών. Οι υπολογισμοί της δυναμικότητας της μηχανής, που παρουσιάστηκε πιο πάνω, βασίστηκαν σε ένα υποθετικό υλικό, οι ιδιότητες του οποίου καλύπτουν ένα αρκετά μεγάλο αριθμό των μεταλλικών υλικών και κραμάτων που συναντάμε σε ευρέως χρησιμοποιούμενες και μη περιπτώσεις.

Κρίθηκε σκόπιμο να επιλεγθεί ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα χαλύβδινων, χάλκινων και αλουμινένιων κραμάτων έτσι ώστε να διαπιστωθεί ποια υλικά καλύπτονται από τη δυναμικότητα της συγκεκριμένης μηχανής εφελκυσμού. Για αυτό το λόγο κατασκευάστηκε ο πίνακας 3 που περιέχει εκτός από τις βασικές ιδιότητες κάθε υλικού δηλαδή τη μέγιστη τάση εφελκυσμού και την επιμήκυνση, την κ.ο. ενέργεια παραμόρφωσης, την ενέργεια παραμόρφωσης, τη μέση ισχύ και το μέγιστο φορτίο που απαιτείται για τη θραύση του κάθε υλικού.

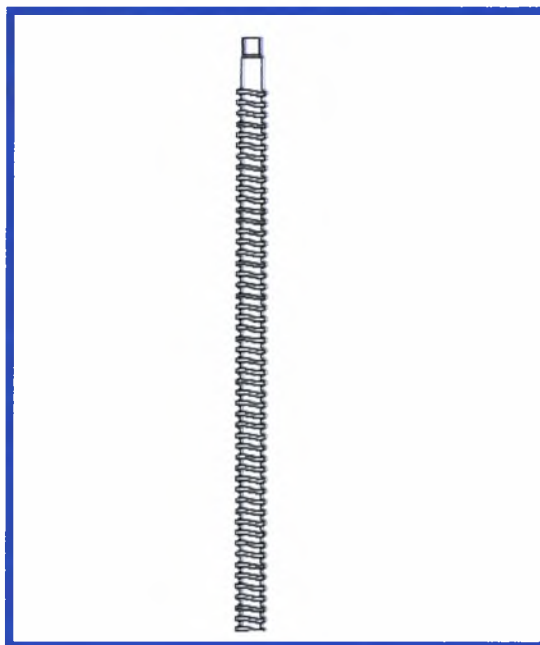
Πίν. 3 Ιδιότητες διαφόρων υλικών

	ΤΥΠΟΙ	UTS(MPa)	ELONGATION(%)	ΓΙΑ Lo=50mm	Uv(kN/m ²)	U(Nm)	P(W)	Fmax(kN)
Al	1060-0	70	43	22	30100	120,4	4,8	5600
	2024-0	185	10	5	18500	74,0	3,0	14800
	2024-T3	485	18	9	87300	349,2	14,0	38800
Cu	C34900	365	72	36	262800	1051,2	42,0	29200
		469	18	9	84420	337,7	13,5	37520
	C26000 (catridge brass 70%)	303	66	33	199980	799,9	32,0	24240
		896	3	2	26880	107,5	4,3	71680
Fe	1080	615	25	12	152003	608,0	24,3	49232
	4340	1279	12	6	156038	624,2	25,0	102320
	1030	586	32	16	187520	750,1	30,0	46880
	1137	1372	9	5	123480	493,9	19,8	109760
	1330	1600	9	5	144000	576,0	23,0	128000
	4042	1800	12	6	216000	864,0	34,6	144000
	8740	1999	10	5	199900	799,6	32,0	159920

3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΟΧΛΙΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Στη παρούσα ενότητα θα γίνει περιγραφή και υπολογισμοί της αντοχής και διαστασιολόγηση κάποιων από τα επιμέρους εξαρτήματα της μηχανής εφελκυσμού.

Αρχικά σε ότι αφορά το πλαίσιο στο οποίο θα στηρίζεται όλη η διάταξη σημειώνουμε ότι δεν παραλαμβάνει σημαντικές δυνάμεις. Ένα από τα βασικότερα εξαρτήματα της μηχανής εφελκυσμού είναι οι κοχλίες. Ο ρόλος τους δεν περιορίζεται μόνο στη μετάδοση της κίνησης από τον κινητήρα



στη δοκό που συγκρατείται η άνω αρπάγη αλλά είναι και ένα σημαντικό δομικό σημείο της μηχανής διότι παραλαμβάνει το σύνολο της δύναμης που απαιτείται για τη θραύση των δοκιμίων. Η διαστασιολόγηση των κοχλίων γίνεται με βάση την μέγιστη δύναμη που υπολογίστηκε πιο πάνω σε αυτή τη μελέτη.

Εικ. 27 Τραπεζοειδής κοχλίας κινήσεως

$$F_{\max} = 40kN \Rightarrow$$

$$F_{\max} = \frac{40000}{9,81} = 4077,5Kp \quad (26)$$

Επιλέχθηκε για τη κατασκευή των κοχλίων χάλυβας κατηγορίας αντοχής 6.8. Ο συγκεκριμένος συμβολισμός είναι η μόνη αλλαγή που έγινε στη τελευταία έκδοση της Γερμανικής τυποποίησης του κανονισμού DIN 267 [9], η οποία και προσαρμόστηκε στις τυποποιήσεις ISO. Στη νέα τυποποίηση κάθε κατηγορία συμβολίζεται με δύο ψηφία, που χωρίζονται από μία τελεία (.). Το πρώτο ψηφίο είναι το 1/10 του ελάχιστου ορίου θραύσεως του υλικού, όπως και στη παλαιά τυποποίηση.

Το δεύτερο ψηφίο είναι το 10πλάσιο της τιμής του λόγου του ελάχιστου ορίου ροής ως προς το ελάχιστο όριο θραύσεως του υλικού.

Πίν.4 Κατηγορίες αντοχής υλικών για κοιλίες κατά DIN 267/3
[9]

Συμβολισμός κατηγορίας υλικού	Νέος	4.6D	4.8	5.6D	5.8	6.6	6.8	6.9	8.8	10.9
	Παλιός	4 D	4 S	5 D	5 S	6 D	6 S	6 G	8 G	10 K
Όριο θραύσεως $\sigma_{\tau 0}$ σε kp/mm^2		40-55		50-70		60-80			80-100	100-120
Όριο ροής $\sigma_{z\rho}$ σε $\text{kp/mm}^2 \geq$		24	32	30	40	36	48	54	-	-
Όριο μηκύνσεως $(\sigma_z)_{0,2}$ σε $\text{kp/mm}^2 \geq$		-	-	-	-	-	-	-	64	90

Άρα γνωρίζουμε ότι ισχύει :

$$\sigma_{z\rho} = 48kP / \text{mm}^2 \quad (27)$$

Επίσης για τη κατασκευή της μηχανής εφελκυσμού και ειδικότερα του συστήματος μετάδοσης κίνησης, επιλέχθηκαν τραπεζοειδείς κοιλίες διότι καλύπτουν τις προδιαγραφές τις οποίες θέσαμε και ενδείκνυνται για παρόμοιες εφαρμογές. Στη συνέχεια με αντικατάσταση των παραπάνω δεδομένων υπολογίζεται η διάμετρος πυρήνα d_3 του κοιλία.

$$\sigma_z = \frac{F_{\max}}{A_3} \Rightarrow$$

$$A_3 = \frac{F_{\max}}{\sigma_{z\rho}} \Rightarrow$$

$$\frac{\pi d_3^2}{4} = \frac{F_{\max}}{\sigma_{z\rho}} \Rightarrow$$

$$d_3^2 = \frac{4F_{\max}}{\pi\sigma_{zp}} \Rightarrow$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{40 \cdot 4078}{\pi 48}} \text{ mm} \Rightarrow$$

Τελικά : $d_3 = 10,4 \text{ mm}$ (28)

Κατόπιν ξεκινώντας τον έλεγχο για αντοχή του κοχλίου σε εφελκυσμό/θλίψη και στρέψη, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι η παραπάνω διάμετρος δεν καλύπτει τις ανάγκες της μηχανής σε στατική καταπόνηση. Ο έλεγχος πραγματοποιείται μέσα από μια επαναληπτική διαδικασία η οποία θα αναλυθεί παρακάτω.

Σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα 5 περιέχει τυποποιημένες διαστάσεις τραπεζοειδών κοχλίων και εκτελώντας την παρακάτω διαδικασία ελέγχου σφάλματος καταλήξαμε σε διάμετρο πυρήνα του κοχλίου :

Πίν. 5 Μετρικο τραπεζοειδές σπείρωμα κατά DIN 103 [10]. Επιλογή.
Διαστάσεις σε mm

Κοχλίας			Περικόχλιο			
d	d3	A3 σε cm2	d2=D2	P	D4	D1
10	7,5	0,44	9	2	10,5	8
12	8,5	0,57	10,5	3	12,5	9
16	11,5	1,04	14	4	16,5	12
20	15,5	1,89	18	4	20,5	16
24	18,5	2,69	21,5	5	24,5	19
28	22,5	3,98	25,5	5	28,5	23
32	25	4,91	29	6	33	26
36	29	6,61	33	6	37	30
40	32	8,04	36,5	7	41	33
44	36	10,18	40,5	7	45	37
48	39	11,95	44	8	49	40
52	43	14,52	48	8	53	44
60	50	19,63	55,5	9	61	51
70	59	27,34	65	10	71	60
80	69	37,39	75	10	81	70

Συμβολισμός : Π.χ. για απλό σπείρωμα με d = 40 και P=7 : Tr 40 x 7

$$d_3 = 15,5mm \quad (29)$$

σε κοχλία τύπου :

$$Tr = 20 \times 4 \quad (30)$$

Με βάση αυτή τη διάμετρο υπολογίζεται η τάση που ασκείται στον κοχλία.

$$\sigma = \frac{4F_{\max}}{\pi d_3^2} \Rightarrow$$

$$\sigma = 21,6Kp/mm^2 \quad (31)$$

Στη συνέχεια με χρήση της d_3 βρίσκουμε τη στρεπτική ροπή αντίστασης και τη μέση διάμετρο του κοχλία.

$$w_3 = \frac{\pi 15,5^3}{16} = 731mm^3 \quad (32)$$

$$d_2 = \frac{d + d_3}{2} \Rightarrow$$

$$d_2 = \frac{20 + 15,5}{2} = 17,75mm \quad (33)$$

Επίσης με τη τιμή της μέσης διαμέτρου υπολογίζεται παρακάτω η γωνία κλίσης α_2 :

$$\tan \alpha_2 = \frac{P}{\pi d_2} \Rightarrow$$

$$\tan \alpha_2 = 4 \frac{4}{\pi 17,75} \Rightarrow$$

$$\tan \alpha_2 = 0,072 \Rightarrow$$

$$\alpha_2 = 4,1^\circ \quad (34)$$

Για την ανεύρεση της στρεπτικής τάσης γίνεται χρήση τόσο της στρεπτικής ροπής αντίστασης όσο και της στρεπτικής ροπής που υπολογίζεται ως εξής :

$$M_t = \frac{F_{\max} d_2}{2} \tan(\rho' + \alpha_2) \Rightarrow$$
$$M_t = 36192,25 \cdot \tan(7^\circ + 4,1^\circ) = 7100 \text{ kpm} \quad (35)$$

Άρα τελικά η στρεπτική τάση θα είναι :

$$z = \frac{7100}{731} = 9,7 \quad (36)$$

Για να καταλήξουμε αν η συγκεκριμένη διάμετρος καλύπτει τις προδιαγραφές σε στατική καταπόνηση συγκρίνουμε την ισοδύναμη τάση με το όριο διαρροής του υλικού του κοχλία. Αφού υπολογίσουμε την ισοδύναμη τάση βλέπουμε ότι η συγκεκριμένη διάμετρος κρίνεται επαρκής για την εφαρμογή αυτή σύμφωνα με το παραπάνω κριτήριο.

$$\sigma_{\text{ισ}} = \sqrt{\sigma^2 + 3z^2} \Rightarrow$$
$$\sigma_{\text{ισ}} = \sqrt{466,56 + 282,27} = 27,4 < \sigma_{z\rho} \quad (37)$$

Κατόπιν παρουσιάζεται ο συντελεστής ασφαλείας σε ροή ο οποίος θα πρέπει να είναι μεγαλύτερος από την τιμή 1,4 για κοχλίες κίνησης.

$$s_{z\rho} = \frac{\sigma_{z\rho}}{\sigma_{ισ}} \Rightarrow$$

$$s_{z\rho} = 1,75 > 1,4 \quad (38)$$

Έχοντας εκπονήσει τον έλεγχο σε αντοχή του κοχλία κρίνεται αναγκαίο να γίνει ένας επιπλέον έλεγχος που αφορά την αντοχή των κοχλιών σε λυγισμό [1]. Το συνολικό μήκος του κάθε κοχλία θα είναι ένα μέτρο. Στη διαδικασία που θα παρουσιαστεί παρακάτω επιλέγεται μήκος κοχλιών ίσο με 500mm, διότι αυτό θα είναι ουσιαστικά και το μήκος που θα χρησιμοποιείται στις δοκιμές εφελκυσμών. Σε επόμενο κεφάλαιο θα γίνει διαστασιολόγηση της μηχανής εφελκυσμού η οποία σε συνδυασμό με το μήκος των δοκιμίων και την επιπλέον επιμήκυνση των διαφόρων μεταλλικών υλικών αποδεικνύει την ορθότητα της επιλογής του παραπάνω μήκους.

Έχοντας καταλήξει σε $d_3=22,5$ βρίσκουμε σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο την ακτίνα αδράνειας του κοχλία και το βαθμό λυγηρότητας :

$$i = \frac{d_3}{4} = 5,625mm \quad (39)$$

όπου:

i : η ακτίνα αδράνειας του κοχλία

$$\lambda = \frac{L_{\max}}{i} \Rightarrow$$

$$\lambda = 88,9 < 95 \quad (40)$$

όπου:

λ : ο βαθμός λυγηρότητας ενός κοχλία

Λόγω της τιμής του βαθμού λυγηρότητας σε σχέση με την ελάχιστη τιμή για χαλύβδινους κοχλίες κινήσεως, παίρνουμε τον παρακάτω τύπο για τον υπολογισμό της κρίσιμης τάσης λυγισμού.

$$\sigma_{\kappa} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \Rightarrow$$
$$\sigma_{\kappa} = 3350 - 6,2\lambda = 2800 \text{ Kp/cm}^2 = 28 \text{ Kp/mm}^2 \quad (41)$$

Για χαλύβδινους κοχλίες κινήσεως ο συντελεστής ασφαλείας σε λυγισμό S_{κ} πρέπει να βρίσκεται μεταξύ 1,7 και 4 για $\lambda < 95$ όπως και ισχύει στον υπολογισμό μας.

$$1,7 > \frac{\sigma_{\kappa}}{\sigma} = S_{\kappa} > 4 \Rightarrow$$
$$\frac{\sigma_{\kappa}}{\sigma} = 2,73 \quad (42)$$

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη κατασκευή κοχλιών στη κατηγορία 6.8 είναι οι C22, Ck22, C35 και Ck35. Τις συνθέσεις και τις ιδιότητες αυτών των κραμάτων τις βρίσκουμε στον κανονισμό DIN 17 200 [8], όπου κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες. Οι δύο κατηγορίες είναι οι χάλυβες υψηλής ποιότητας και οι χάλυβες άριστης ποιότητας οι οποίοι έχουν χαμηλότερη περιεκτικότητα σε P και N. επίσης οι χάλυβες άριστης ποιότητας παρουσιάζουν μεγαλύτερη ομοιομορφία στις ιδιότητές τους μετά από θερμική κατεργασία. Στους παρακάτω πίνακες θα παρουσιαστούν οι χημικές συνθέσεις και οι μηχανικές ιδιότητες των προαναφερθέντων υλικών.

Πίν. 6 Χημική σύνθεση του τήγματος των γαλύβων επιβελτιώσεως κατά
DIN 17 200

Συμβολισμός (αριθμός υλικού)	Χημική σύνθεση τήγματος %								
	C	Si	Mn	P ≤	S ≤	Cr	Mo	Ni	V
ΧΑΛΥΒΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ									
C22	0,18-0,25	0,15-0,35	0,30-0,60	0,045	0,045	-	-	-	-
C35	0,32-0,39	0,15-0,35	0,50-0,80			-	-	-	-
ΧΑΛΥΒΕΣ ΑΡΙΣΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ									
Ck22	0,18-0,25	0,15-0,35	0,30-0,60	0,035	0,035	-	-	-	-
Ck35	0,32-0,39	0,15-0,35	0,50-0,80			-	-	-	-

Κρίνεται αναγκαίο πριν ολοκληρωθεί ο υπολογισμός των κοχλιών να γίνει μία μελέτη για τον βαθμό απόδοσης του εκάστοτε κοχλία, η οποία δίδεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\eta = \frac{\tan a_2}{\tan(a_2 + \rho')} \quad (43)$$

και αφού έχουμε καταλήξει σε $d_3=22,5$ βρίσκουμε με χρήση της σχέσης (33) την τιμή της d_2 :

$$d_2 = \frac{28 + 22,5}{2} \Rightarrow$$

$$d_2 = 22,25mm$$

Ενώ είναι επίσης γνωστό ότι :

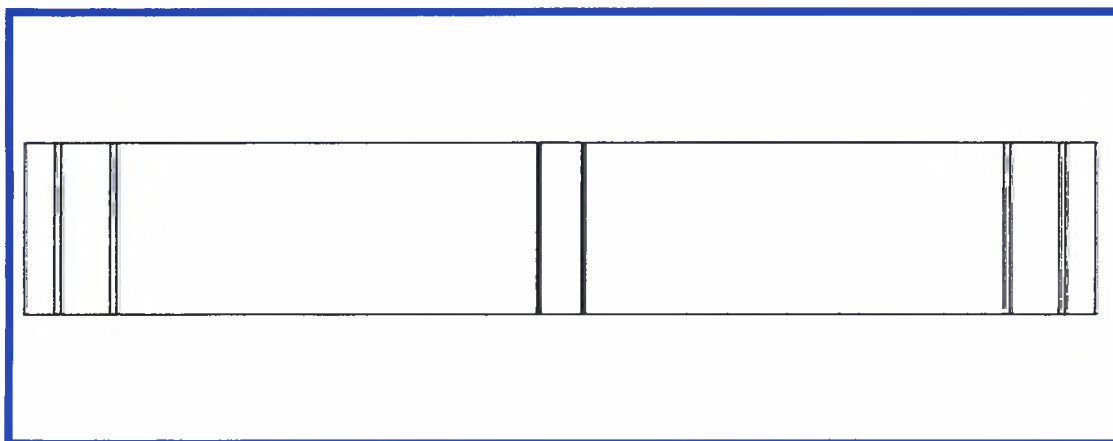
$$\tan a_2 = 0,063 \Rightarrow a_2 = 3,6^0$$

Άρα τελικά :

$$\eta = \frac{0,063}{0,174}$$

$$\eta = 0,29$$

3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΟΚΟΥ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΡΠΑΓΩΝ



Εικ. 28 Δοκός στήριξης

Ένα άλλα σημαντικό εξάρτημα της μηχανής εφελκυσμού είναι η δοκός στήριξης της άνω αρπάγης. Πρώτο κριτήριο για την επιλογή της δοκού είναι η αντοχή της σε φόρτιση κάμψης, οι τύποι δοκών που συμπεριφέρονται καλύτερα σε τέτοιου είδους φόρτιση είναι οι συμπαγείς, οι κοιλοδοκοί και αυτοί διατομής I. Λόγω της ιδιαιτερότητας της κατασκευής στο σημείο σύνδεσης της δοκού με τους κοχλίες μετάδοσης κίνησης κρίνεται αναγκαία η δημιουργία σπειρώματος. Κάτι τέτοιο είναι εφικτό μόνο σε δοκό με συμπαγή διατομή και για αυτό το λόγο επιλέγεται τέτοιου είδους διατομή τελικά για τη συγκεκριμένη μηχανή εφελκυσμού.

Βασική απαίτηση για τη δοκό είναι η ακαμψία της στο φορτίο που θα δέχεται κατά τη διάρκεια της δοκιμής εφελκυσμού. Το μέγιστο βέλος κάμψης (δ_{\max}) δίνεται από τον παρακάτω τύπο :

$$\delta_{\max} = \frac{F_{\max} L^3}{192 E \cdot I} \quad (44)$$

όπου:

$$E=200\text{GPa}$$

Επιλέγουμε το μέγιστο βέλος κάμψης να είναι ίσο με 0.1mm, έτσι το κριτήριο για τη κάλυψη της παραπάνω απαίτησης είναι :

$$\begin{aligned} \delta_{\max} &\leq 0,1\text{mm} \Rightarrow \\ \delta_{\max} &\leq 10^{-4}\text{m} \end{aligned} \quad (45)$$

Συνδυασμός των παραπάνω δυο τύπων δίνει την ελάχιστη τιμή της ροπής κάμψης (I) που θα πρέπει να ικανοποιείται :

$$\begin{aligned} \frac{F_{\max} L^3}{192 EI} &\leq 10^{-4}\text{m} \Rightarrow \\ I &\geq \frac{80 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot (0,5)^3 \text{ m}^3}{192 \cdot 200 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2 \cdot 10^{-4} \text{ m}} \Rightarrow \\ I &\geq 2,604 \cdot 10^{-6} \text{ m}^4 \Rightarrow \\ I &\geq 260,4 \cdot \text{cm}^4 \end{aligned} \quad (46)$$

Επίσης η ροπή κάμψης για την ορθογωνική διατομή δίνεται από την παρακάτω σχέση και εξαρτάται από τις διαστάσεις b και h της διατομής :

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (47)$$

Με αντικατάσταση της τιμής που βρήκαμε παραπάνω για τη ροπή κάμψης στο τελευταίο τύπο καταλήγουμε σε μία σχέση μεταξύ του b και h.

$$I = \frac{bh^3}{12} \Rightarrow$$
$$\frac{bh^3}{12} \geq 260,4cm^4 \quad (48)$$

Τελικά :

$$b \geq \frac{3124,8}{h^3} \quad (49)$$

Στη συνέχεια επιλέξαμε τρεις τιμές του h και υπολογίσαμε αρχικά τη τιμή του b, του βάρους της δοκού (w) και σε συνδυασμό με την υπολογισμένη ελάχιστη τιμή της ροπής κάμψης, το βέλος κάμψης. Παρατηρούμε ότι λόγω της αυξημένης καταπόνησης της δοκού λόγω του βάρους της, δεν ικανοποιείται το κριτήριο που έχουμε θέσει για το βέλος κάμψης. Παίρνοντας μεγαλύτερες τιμές του b και για σταθερό h έχουμε αλλαγή της τιμής της ροπής κάμψης, του βάρους και τελικά του βέλους κάμψης.

Πίν.7 Συσχετισμός βέλους κάμψης δοκού με τις διατάσεις

E (GPa)	I (m⁴)	h (m)	b (m)	Βάρος w (kg)	δ_{max} (mm)
210	2,480E-06	0,060	0,138	33,069	0,1004
210	2,520E-06	0,060	0,140	33,600	0,0988
210	2,610E-06	0,060	0,145	34,800	0,0954
210	2,700E-06	0,060	0,150	36,000	0,0922

E (GPa)	I (m⁴)	h (m)	b (m)	Βάρος w (kg)	δ_{max} (mm)
210	2,480E-06	0,070	0,087	24,295	0,1004
210	2,715E-06	0,070	0,095	26,600	0,0917
210	2,858E-06	0,070	0,100	28,000	0,0871
210	3,430E-06	0,070	0,120	33,600	0,0726

E (GPa)	I (m⁴)	h (m)	b (m)	Βάρος w (kg)	δ_{max} (mm)
210	2,480E-06	0,080	0,058	18,601	0,1004
210	2,645E-06	0,080	0,062	19,840	0,0942
210	2,773E-06	0,080	0,065	20,800	0,0898
210	2,987E-06	0,080	0,070	22,400	0,0834
210	3,413E-06	0,080	0,080	25,600	0,0730

Τελικά επιλέγουμε τη διατομή με $h= 0,08m$ και $b= 0,065m$ λόγω του μικρού βάρους της δοκού και της ικανοποιητικής τιμής του βέλους κάμψης που καλύπτει τις αρχικές μας απαιτήσεις.

3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

Ο κινητήρας που πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τη συγκεκριμένη μηχανή εφελκυσμού πρέπει να πληρεί δύο βασικές προδιαγραφές. Πρώτα από όλα θα πρέπει να αποδίδει την απαιτούμενη ισχύ, αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να μπορεί να εφελκύσει δοκίμιο και να ασκήσει δύναμη σε αυτό ίση με την δύναμη $F_{\max}=8,16\text{tons}$. Επίσης είναι απαραίτητο για να επιτευχθεί ταχύτητα απομάκρυνσης αρπάγων $V=1\text{mm/s}$ στους κοχλίες, να έχουμε στο κινητήρα τις απαραίτητες στροφές εξόδου που δίνονται από τον παρακάτω τύπο:

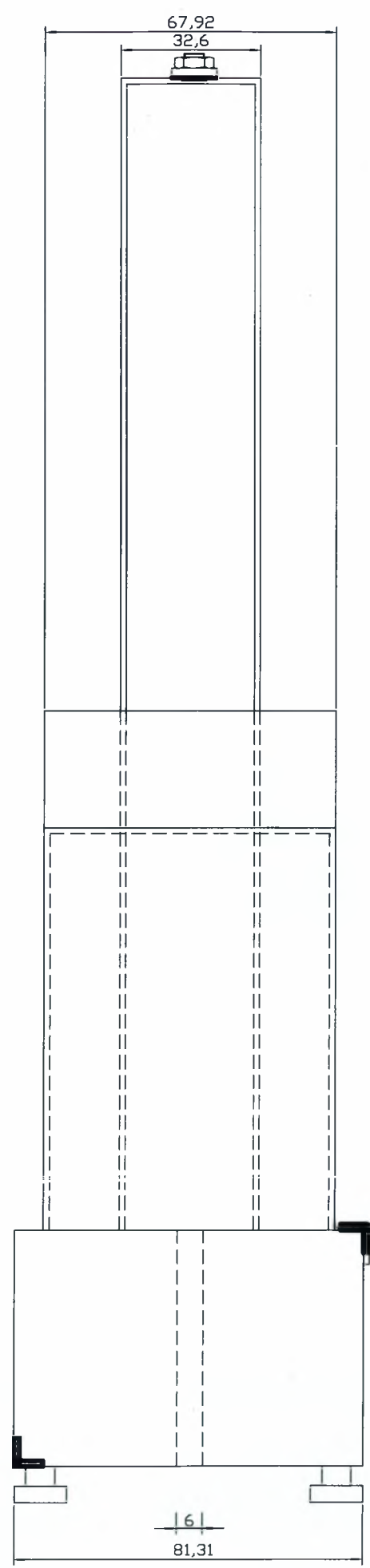
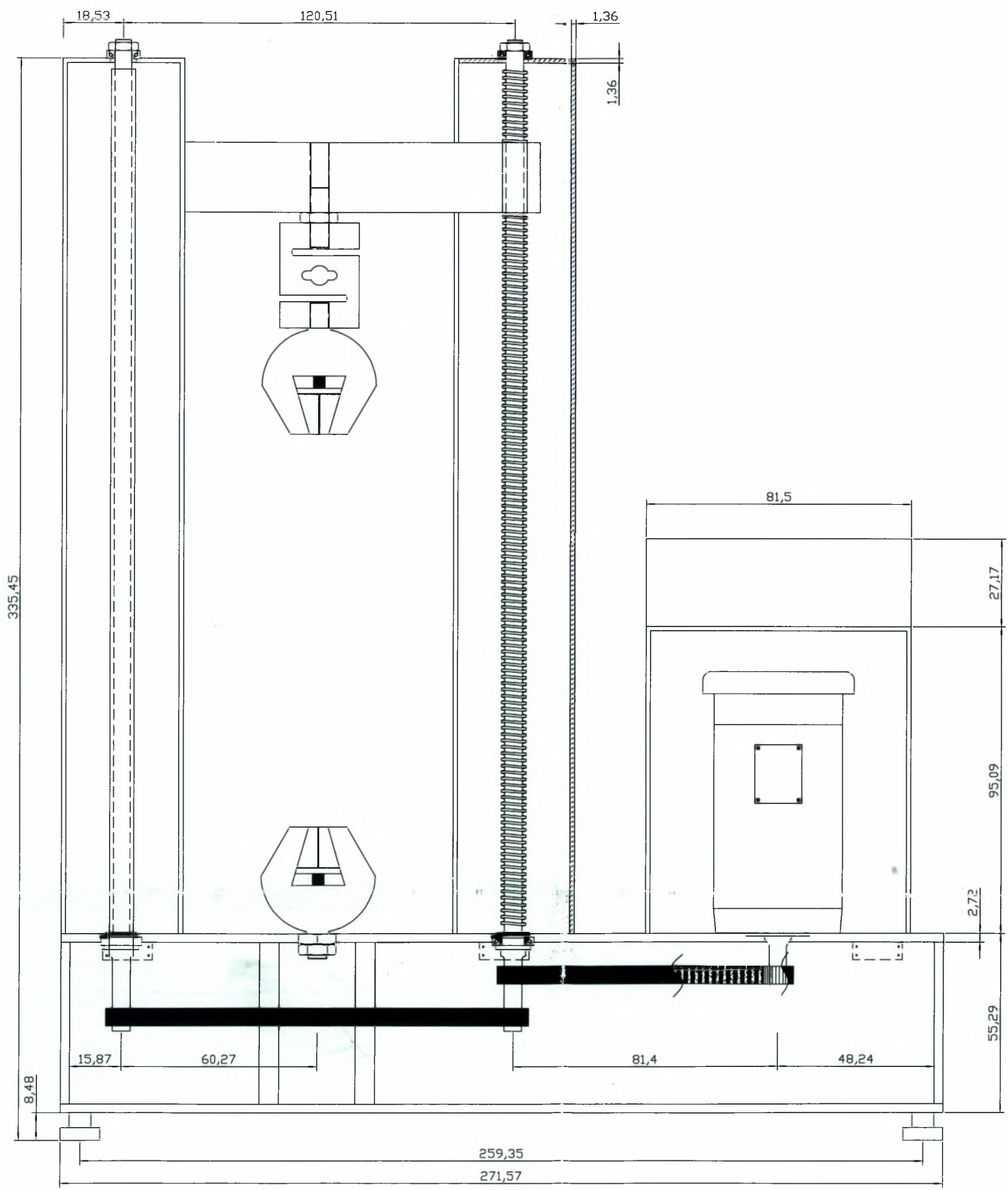
$$N = \frac{60 \cdot V}{z \cdot \rho} \Rightarrow \quad (50)$$

όπου:

z: ο αριθμός αρχών του εκάστοτε κοχλία

τελικά:

$$N = 12 \text{ RPM}$$



ΓΕΝΙΚΟ	SCALE : 1:2,7156	DESIGNERS : ΠΑΓΩΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΚΑΡΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
ΣΧΕΔΙΟ Νο1		

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα παρατεθούν σχέδια της γενικής διάταξης και ορισμένων από τα εξαρτήματα που συγκροτούν τη μηχανή εφελκυσμού για την οποία γίνεται μελέτη στη παρούσα διπλωματική εργασία. Αξίζει να σημειωθεί πως κάθε ένα σχέδιο έχει φτιαχτεί με ανεξάρτητη κλίμακα και αυτό για να είναι όσο το δυνατόν πιο ευκρινείς οι λεπτομέρειες που καθένα παρουσιάζει. Έτσι η αναφορά των κλιμάκων είναι πάντα ως προς τη πραγματική μηχανή εφελκυσμού και όχι μεταξύ των σχεδίων.

4.2 ΓΕΝΙΚΗ ΔΙΑΤΑΞΗ

Στη παράγραφο αυτή παρουσιάζεται ένα λεπτομερές σχέδιο του συναρμολογημένου συνόλου της μηχανής εφελκυσμού. Παρουσιάζονται οι βασικές διαστάσεις της ενώ φαίνονται σε τομή βασικά σημεία λειτουργίας και κατασκευής των επιμέρους μερών.

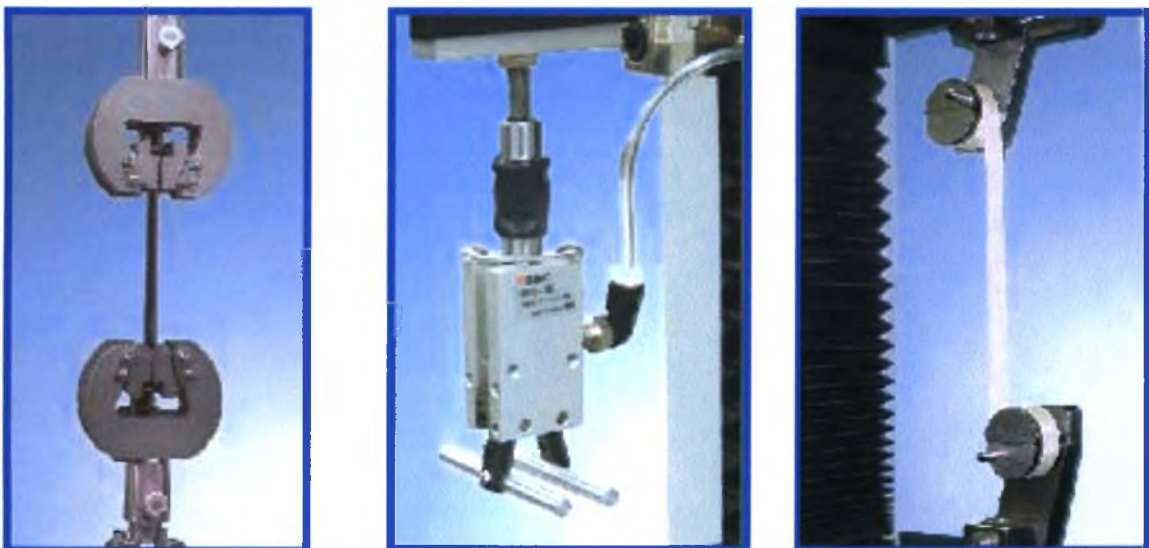
4.3 ΔΑΓΚΑΝΕΣ

Οι δαγκάνες είναι από τα ουσιαστικότερα μέρη της μηχανής εφελκυσμού. Μέσω αυτών συνδέεται το δοκίμιο με τη μηχανή εφελκυσμού. Επίσης σημαντικό είναι η συγκράτηση του δοκιμίου να είναι σταθερή και οι δύο δαγκάνες να βρίσκονται στην ίδια κατακόρυφο για να λαμβάνουμε σωστά αποτελέσματα από τη δοκιμή εφελκυσμού.

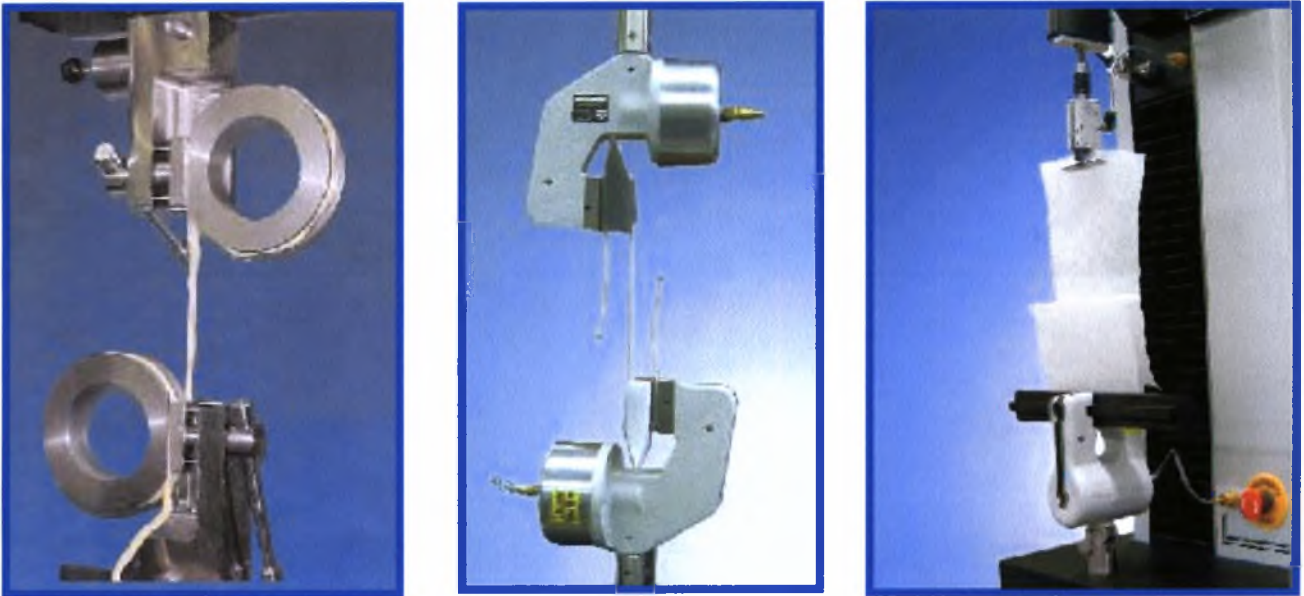
Η δαγκάνα είναι κατασκευασμένη με τέτοιο τρόπο ώστε δεχόμενη τη δύναμη από τους κοχλίες μέσω της δοκού στήριξης να συσφίγγει ακόμη πιο πολύ το δοκίμιο αυξάνοντας έτσι την επιφανειακή τάση που το τελευταίο δέχεται, άρα και την τριβή ανάμεσα στο δοκίμιο και στις αρπάγες της δαγκάνας. Αυτό επιτυγχάνεται δημιουργώντας τα δύο αντίθετα κεκλιμένα επίπεδα στους οδηγούς των αρπαγών. Επίσης κάνοντας πιο τραχεία την επιφάνεια στις αρπάγες αυξάνουμε ακόμη πιο πολύ την τριβή ανάμεσα στο δοκίμιο και στις αρπάγες.

Ένα δεύτερο στοιχείο που θα πρέπει να χαρακτηρίζει τις δαγκάνες είναι η ικανότητα για εύκολη και γρήγορη αποδέσμευση και δέσμευση του δοκιμίου. Στη δαγκάνα της μελετώμενης μηχανής εφελκυσμού επιλέχθηκε ένας μηχανισμός που χρησιμοποιεί ελατήριο και συνδέσεις-οδηγούς των αρπαγών με την υπόλοιπη δαγκάνα για να είναι γρήγορη και εύκολη η αλλαγή των δοκιμίων.

Κάπου εδώ θα πρέπει να αναφερθούν οι πολλοί και διαφορετικοί τύπου δαγκανών που υπάρχουν και έχουν δημιουργηθεί ανάλογα τις ανάγκες του κάθε πειράματος και της κάθε δοκιμής. Ενδεικτικά παρατίθενται παρακάτω εικόνες από διάφορα είδη δαγκανών για διάφορους τύπους δοκιμών και δοκιμίων.



Εικ. 29 Φωτογραφίες διαφόρων δαγκανών για ελάσματα, σχοινιά, ιμάντες [12]



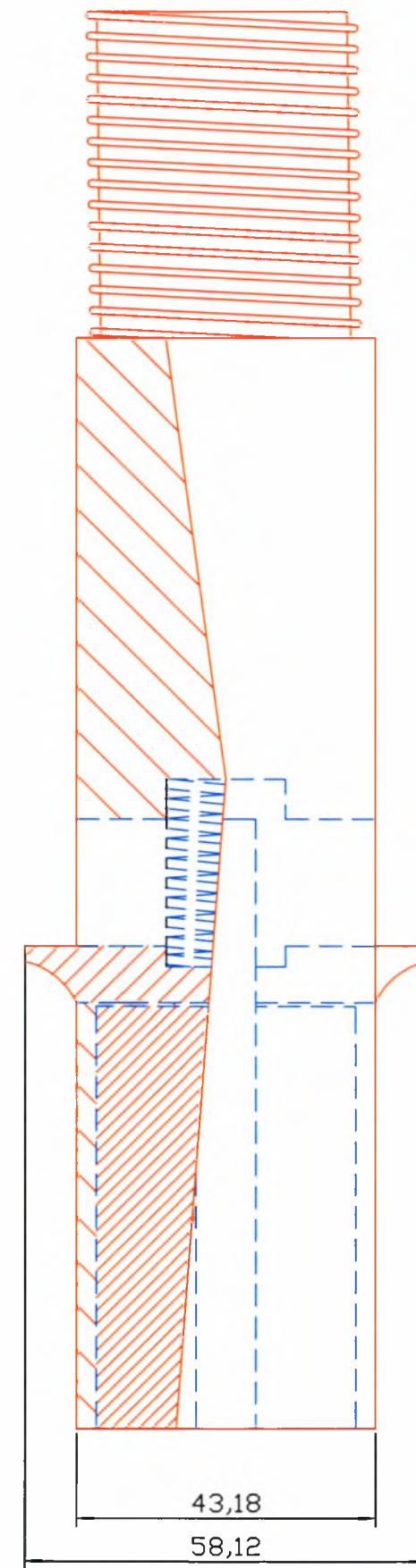
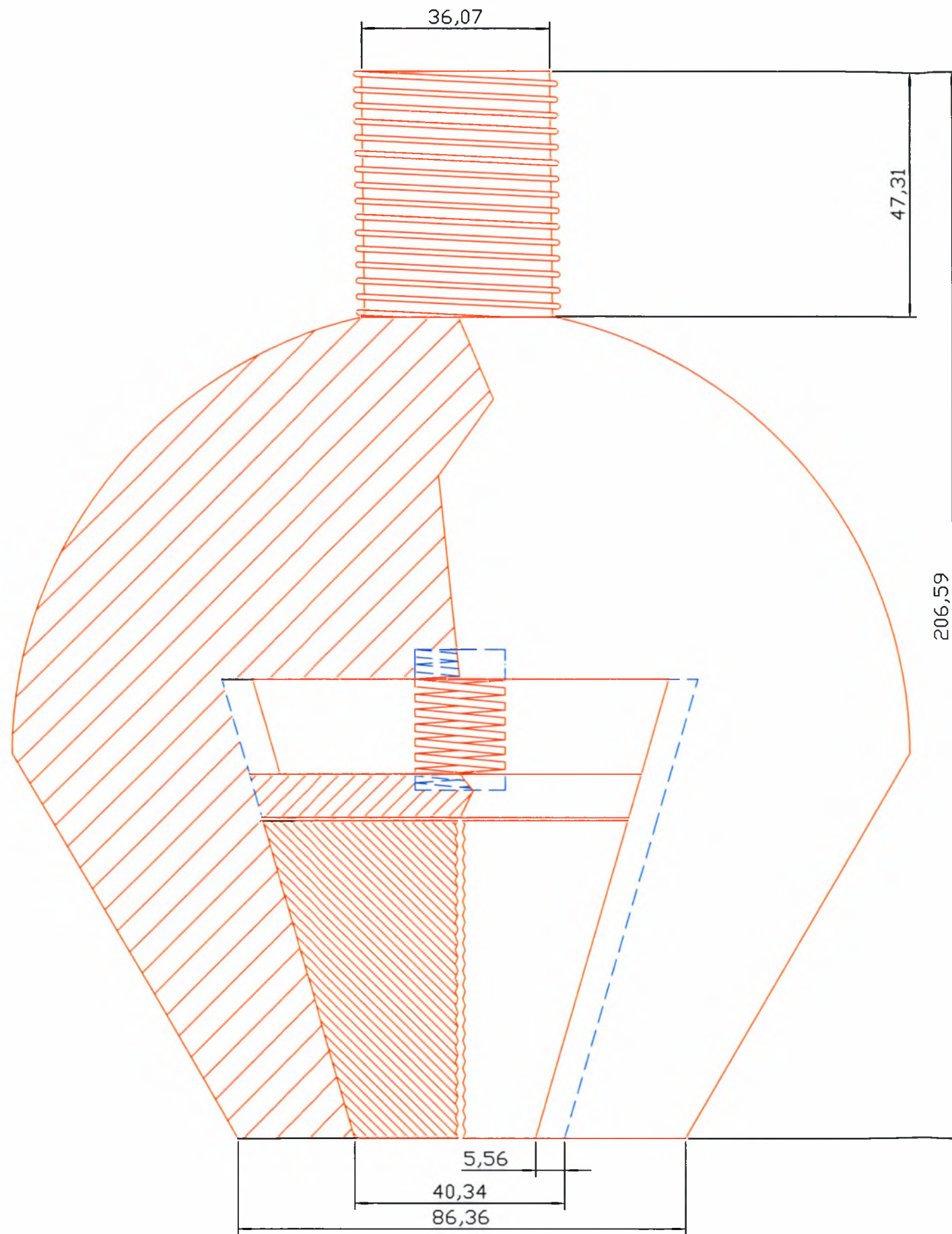
Εικ. 30 Φωτογραφίες διαφόρων δαγκανών για σχοινιά, καλώδια και χαρτιά



Εικ. 31 Διαμορφωμένη δαγκάνα για ετικέτες



Εικ. 32 Διαμορφωμένη δαγκάνα δοκιμή εφελκυσμού υπό υψηλές θερμοκρασίες



ΑΝΩ-ΚΑΤΩ ΔΑΓΚΑΝΑ	SCALE : 18,5078:1	DESIGNERS : ΠΑΓΩΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΚΑΡΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
-----------------------------	-----------------------------	--

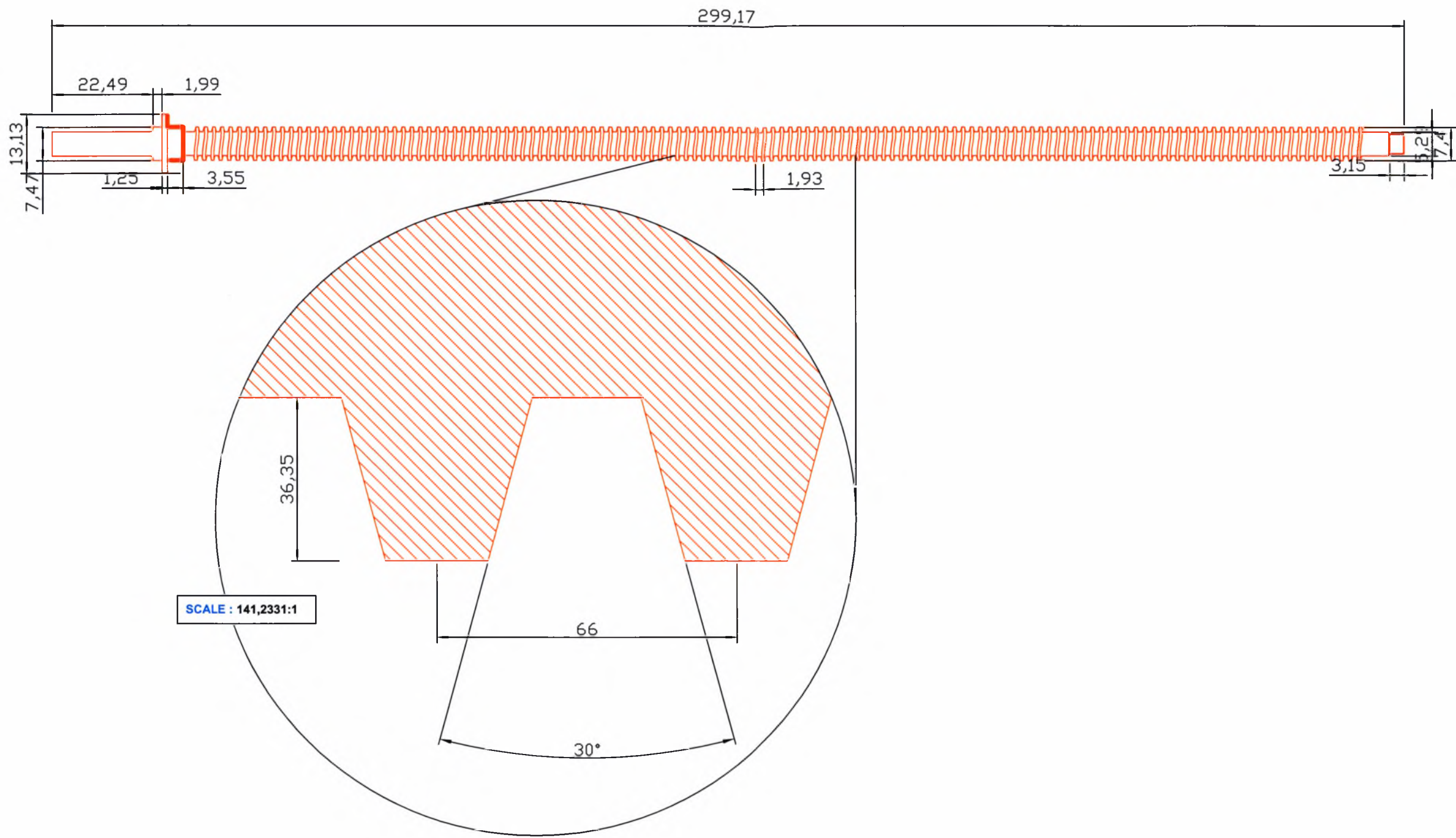
ΣΧΕΔΙΟ Νο2

4.4 ΚΟΧΛΙΕΣ

Οι κοχλίες είναι ένα από τα πιο σημαντικά δομικά μέρη της μηχανής εφελκυσμού. Στο σχεδιασμό τους δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στην αντοχή τους στις δυνάμεις που θα δέχονται κατά τη διάρκεια της δοκιμής εφελκυσμού. Επίσης ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στη λειτουργικότητα της κατασκευής αυτής αφού σε αντίθεση με τα περισσότερα εξαρτήματα της μηχανής οι κοχλίες δεν συνδέονται απλά με τη βάση ή με κάποιο έτερο εξάρτημα, αλλά συνδέει πολλά μέρη της μηχανής μεταξύ τους και είναι το στοιχείο εκείνο που μέσω της περιστροφικής του κίνησης κάνει πραγματικότητα τη θεωρία της δοκιμής εφελκυσμού.

Θα πρέπει κάπου εδώ να αναφερθεί ο σκοπός που εξυπηρετούν οι διαφορετικές διατομές που παρουσιάζονται στα σχέδια κυρίως στα άκρα των κοχλιών. Αυτές οι διαφορετικές διατομές χρησιμεύουν στη σύσφιξη των εδράνων κύλισης μεταξύ των κοχλιών και του πλαισίου της μηχανής. Επίσης στο κάτω άκρο των κοχλιών κατά τη συναρμολόγηση τοποθετούνται τα γρανάζια κίνησης με τρόπο τέτοιο ώστε να υπάρχει απόλυτη συναρμογή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε θερμαίνοντας τα γρανάζια πριν την σύνδεση τους πάνω στους κοχλίες, είτε με τη παρεμβολή μιας σφήνας μεταξύ γραναζιών και κοχλιών. Και με τους δύο προαναφερθέντες τρόπους επιτυγχάνεται μετάδοση κίνησης μεταξύ γραναζιών και κοχλιών.

Επόμενο στάδιο είναι η σύνδεση των γραναζιών μεταξύ τους και ο τρόπος για να επιτευχθεί κάτι τέτοιο είναι με χρήση ενός κατάλληλου πλάτους τραπεζοειδούς ιμάντα. Παρόμοιο είδος ιμάντα χρησιμοποιείται για τη σύνδεση του ενός εκ των κοχλιών με τον κινητήρα.



ΑΤΕΡΜΩΝ ΚΟΧΛΙΑΣ	SCALE : 4,1273:1	DESIGNERS : ΠΑΓΩΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΚΑΡΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
--------------------	---------------------	---

ΣΧΕΔΙΟ Νο3

4.5 ΔΟΚΟΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΡΠΑΓΩΝ

Η δοκός αυτή συνδέει την άνω δαγκάνα με τους κοχλίες και μεταφέρει τη δύναμη που χρειάζεται για τον εφελκυσμό του δοκιμίου, πράγμα που δίνει ιδιαίτερο βάρος στο σχεδιασμό της.

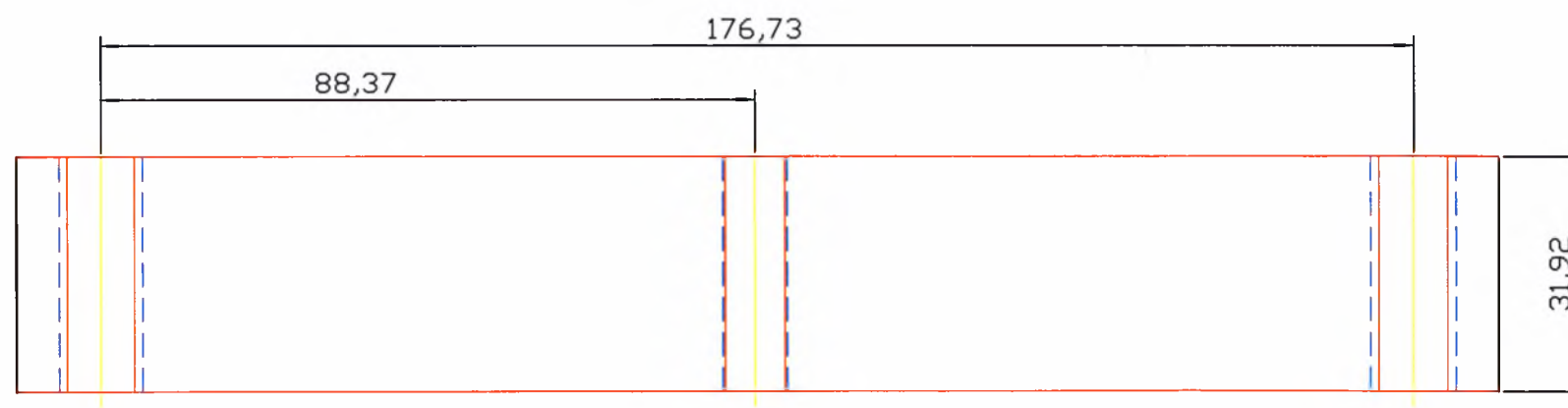
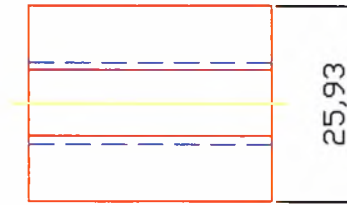
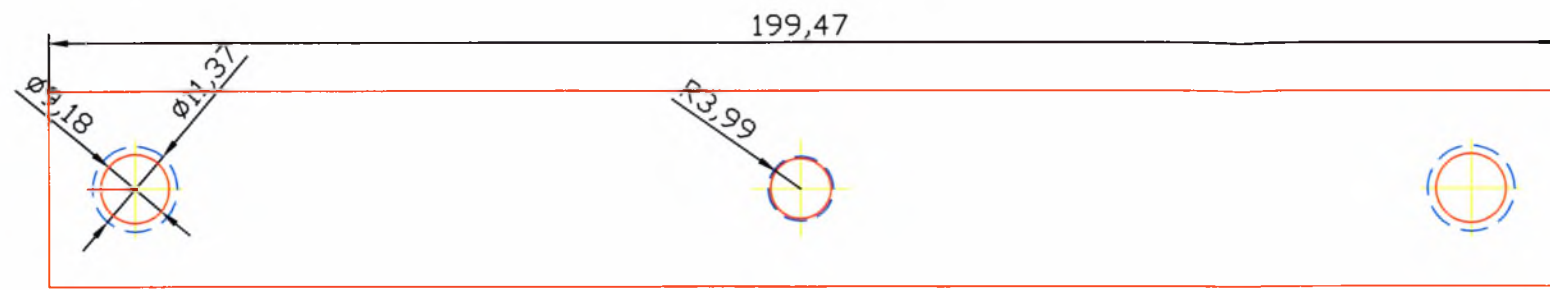
Στις επόμενες εικόνες παρουσιάζονται διάφοροι τύποι δοκών ανάλογα κυρίως αν η μηχανή εφελκυσμού είναι δύο ή ενός κοχλία μετάδοσης κίνησης.



Εικ. 33 ΔοκόςΕικ. 34 Δοκός μηχανής εφελκυσμού
εφελκυσμού ενός κενός κοχλία (φωτο 20 [6])



Εικ. 34 Άνω δοκός σταθερή και
κάτω δοκός κινούμενη



ΑΝΩ-ΚΑΤΩ ΔΑΓΚΑΝΑ	SCALE : 5,1946:1	DESIGNERS : ΠΑΓΩΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΚΑΡΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
-----------------------------	----------------------------	--

ΣΧΕΔΙΟ Νο4

4.6 ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ

Ο σχεδιασμός του κινητήρα που ακολουθεί είναι περισσότερο ενδεικτικός, υπάρχουν πολλά είδη με διαφορετικές ιδιότητες το καθένα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη κίνηση της μηχανής εφέλκυσμού.

Βασικό κριτήριο για την επιλογή κινητήρα εκτός των χαρακτηριστικών του, είναι να έχει την ικανότητα να διατηρεί καθ'όλη τη διάρκεια της δοκιμής σταθερή τιμή ροπής. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος είναι χρησιμοποιώντας έναν κινητήρα με ισχύ πολύ μεγαλύτερη από αυτή που απαιτείται για να ολοκληρωθεί η δοκιμή. Ο δεύτερος χρησιμοποιώντας ένα σύγχρονο κινητήρα του οποίου το πρόσθετο χαρακτηριστικό είναι ακριβώς αυτό, η διατήρηση σταθερής ροπής σε μεταβλητά φορτία.

Ακολουθεί πίνακες ενδεικτικοί της ποικιλίας των κινητήρων που υπάρχουν στο εμπόριο με βάση τα χαρακτηριστικά.

Πίν.8 Μοντέλα κινητήρων και χαρακτηριστικά τους [13]

PHASE	HORSEPOWER /kw	RPM	VOLTAGE	ENCLOSURE	NEMA	CATALOG NUMBER
1	0.33/0.25	1425	110/220	OPEN	48	L1206-50
1	0.33/0.25	1425	110/220	XPFC	56C	CL5001A-50
1	0.33/0.25	1425	110/220	TEFC	56	L3501-50
1	0.33/0.25	1425	110/220	TEFC	56C	VL3501-50
1	0.33/0.25	2850	110/220	OPEN	48	L1205-50
1	0.50/0.37	1425	110/220	TEFC	48	L3409-50
1	0.50/0.37	1425	110/220	XPFC	56C	CL5004A-50
1	0.50/0.37	1425	110/220	TEFC	56C	VL3504-50
1	0.50/0.37	1425	110/220	TEFC	56	L3504-50
1	0.50/0.37	1425	110/220	OPEN	48	L1209-50
1	0.50/0.37	1425	110/220	OPEN	56	L1304-50
1	0.50/0.37	2850	110/220	OPEN	48	L1208-50
1	0.50/0.37	2850	110/220	TEFC	56C	VL3503-50
1	0.50/0.37	2850	110/220	TEFC	56	L3503-50
1	0.75/0.56	1425	110/220	TEFC	56	L3507-50

Πίν.9 Μοντέλα κινητήρων και χαρακτηριστικά τους [13]

PHASE	HORSEPOWER /kw	RPM	VOLTAGE	ENCLOSURE	NEMA	CATALOG NUMBER
1	0.75/0.56	1425	110/220	OPEN	56	L1307-50
1	0.75/0.56	1425	110/220	TEFC	56C	VL3507-50
1	0.75/0.56	1425	110/220	XPFC	56C	CL5007A-50
1	0.75/0.56	2850	110/220	TEFC	56C	VL3506-50
1	0.75/0.56	2850	110/220	OPEN	56	L1306-50
1	0.75/0.56	2850	110/220	TEFC	56	L3506-50
1	1.00/0.75	1425	110/220	TEFC	56	L3510-50
1	1.00/0.75	1425	110/220	OPEN	56	L1318-50
1	1.00/0.75	1425	110/220	XPFC	56C	CL5023-50
1	1.00/0.75	1425	110/220	TEFC	56C	VL3510-50
1	1.00/0.75	2850	110/220	TEFC	56C	VL3509-50

Product Overview: L3501-50



Catalog Number: L3501-50
Description: .33HP, 1425RPM, 1PH, 50HZ, 56, 3418L, TEFC, F1
Ship Weight: 25 lbs.
List Price: \$290
Multiplier Symbol: K

FEATURES

- Windings tied each end at every slot for rigidity
- Ball bearings
- High temperature insulation
- Copper windings

APPLICATIONS

Suitable for a wide variety of applications where only 50 hertz power is available. Motors are designed to be used at rated voltages with tolerance of $\pm 15\%$ on voltage.

Specifications: L3501-50

Catalog Number:	L3501-50
Specification Number:	34C61W120
Horsepower:	1/3
Voltage:	110/220
Hertz:	50
Phase:	1
Full Load Amps:	6.4/3.2
Usable at 208 Volts:	N/A
RPM:	1425
Frame Size:	56
Service Factor:	1.35
Rating:	40C AMB-CONT
Locked Rotor Code:	L
NEMA Design Code:	N
Insulation Class:	F
Full Load Efficiency:	59
Power Factor:	60
Enclosure:	TEFC
Baldor Type:	3418L
DE Bearing:	6203
ODE Bearing:	6203
Electrical Specification Number:	34WGW120
Mechanical Specification Number:	34C061
Base:	RG
Mounting:	F1

Εικ. 35 Ενδεικτικό μοντέλο κινητήρα και τα χαρακτηριστικά του
[13]

Product Overview: L1208-50



Catalog Number: L1208-50
Description: .5HP,2850RPM,1PH,50HZ,48,3420L,OPEN,F1
Ship Weight: 26 lbs.
List Price: \$236
Multiplier Symbol: K

FEATURES

- Windings tied each end at every slot for rigidity
- Ball bearings
- High temperature insulation
- Copper windings

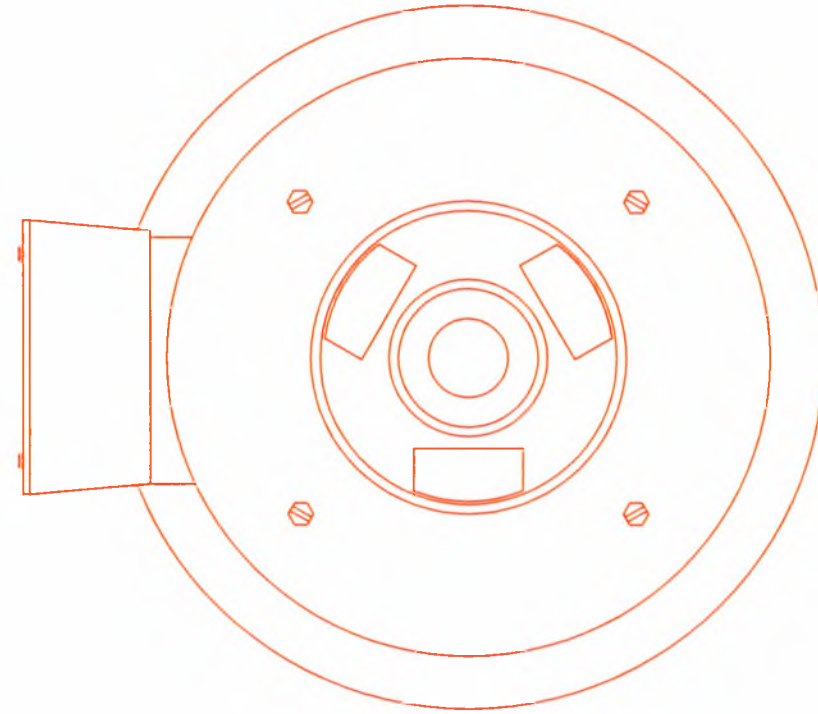
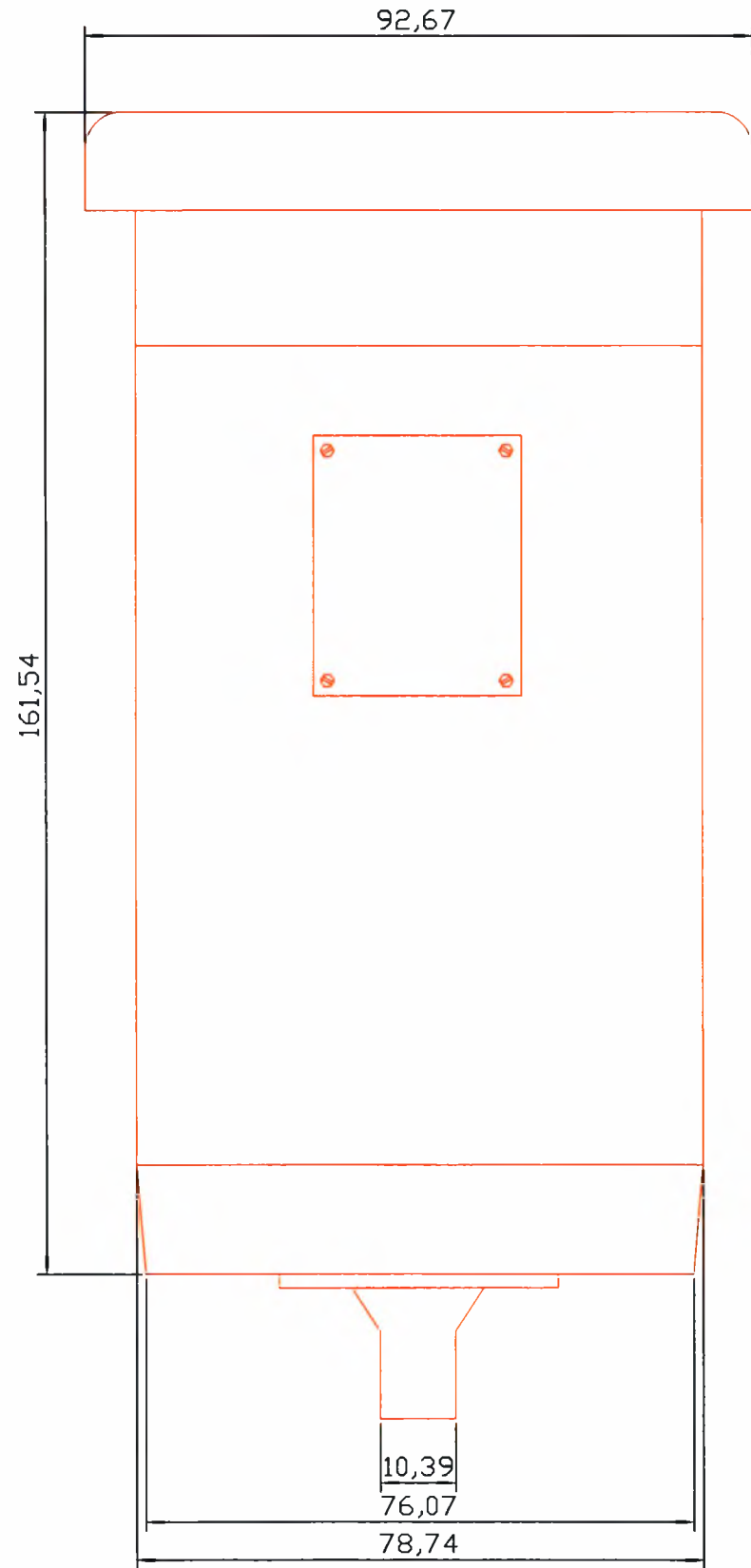
APPLICATIONS

Suitable for a wide variety of applications where only 50 hertz power is available. Motors are designed to be used at rated voltages with tolerance of $\pm 15\%$ on voltage.

Specifications: L1208-50

Catalog Number:	L1208-50
Specification Number:	34F31W633
Horsepower:	1/2
Voltage:	110/220
Hertz:	50
Phase:	1
Full Load Amps:	6.6/3.3
Usable at 208 Volts:	N/A
RPM:	2850
Frame Size:	48
Service Factor:	1.25
Rating:	40C AMB-CONT
Locked Rotor Code:	J
NEMA Design Code:	N
Insulation Class:	B
Full Load Efficiency:	68
Power Factor:	77
Enclosure:	OPEN
Baldor Type:	3420L
DE Bearing:	6203
ODE Bearing:	6203
Electrical Specification Number:	34WGW633
Mechanical Specification Number:	34F031
Base:	RG
Mounting:	F1

Εικ. 36 Ενδεικτικό μοντέλο κινητήρα και τα χαρακτηριστικά του



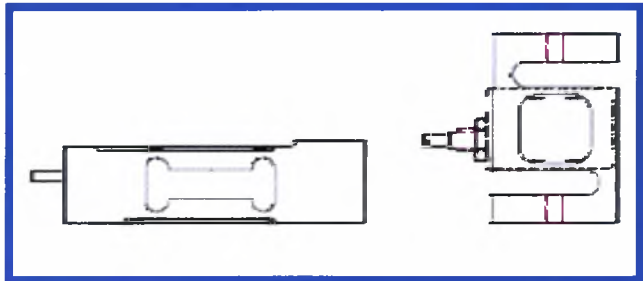
KΙΝΗΤΗΡΑΣ	SCALE : 7,5017:1	DESIGNERS : ΠΑΓΩΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΚΑΡΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
-----------	---------------------	---

ΣΧΕΔΙΟ Νο5

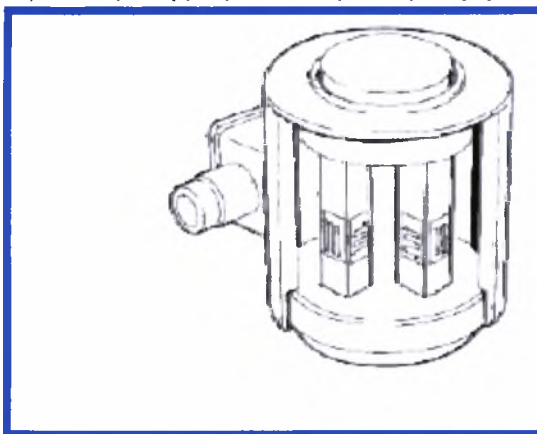
4.7 ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Η ύπαρξη οργάνων μέτρησης σε μία μηχανή εφελκυσμού είναι απαραίτητη αφού χωρίς αυτά δεν μπορούμε να δημιουργήσουμε τη καμπύλη ονομαστικής ή πραγματικής τασης-παραμόρφωσης. Έτσι κάθε μηχανή θα πρέπει να είναι

εφοδιασμένη με μια δυναμοκυψέλη η οποία τοποθετείται συνήθως στη δοκό στήριξης



Εικ. 37 Δυναμοκυψέλη τύπου S



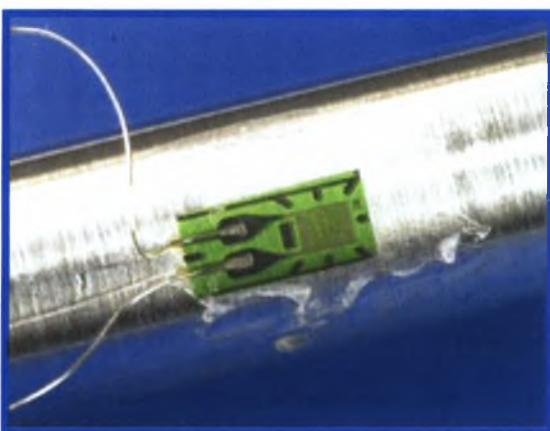
Εικ. 38 Πολυκυψελική δυναμοκυψέλη

της άνω δαγκάνας και με ένα επιμηκυνσιόμετρο το οποίο συνδέεται είτε κατευθείαν πάνω στο δοκίμιο είτε πάνω στις δαγκάνες της μηχανής εφελκυσμού.

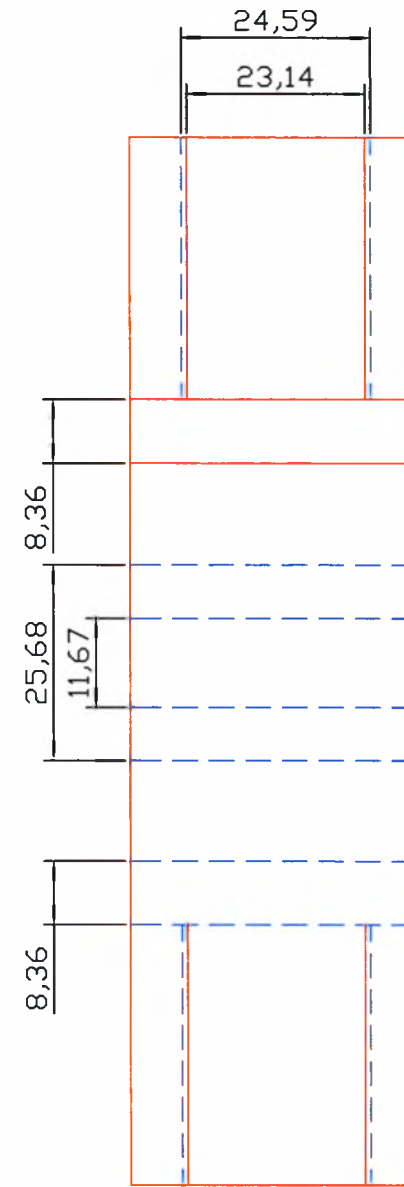
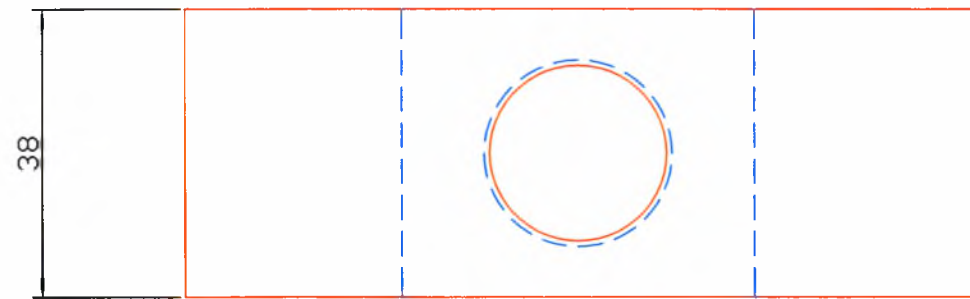
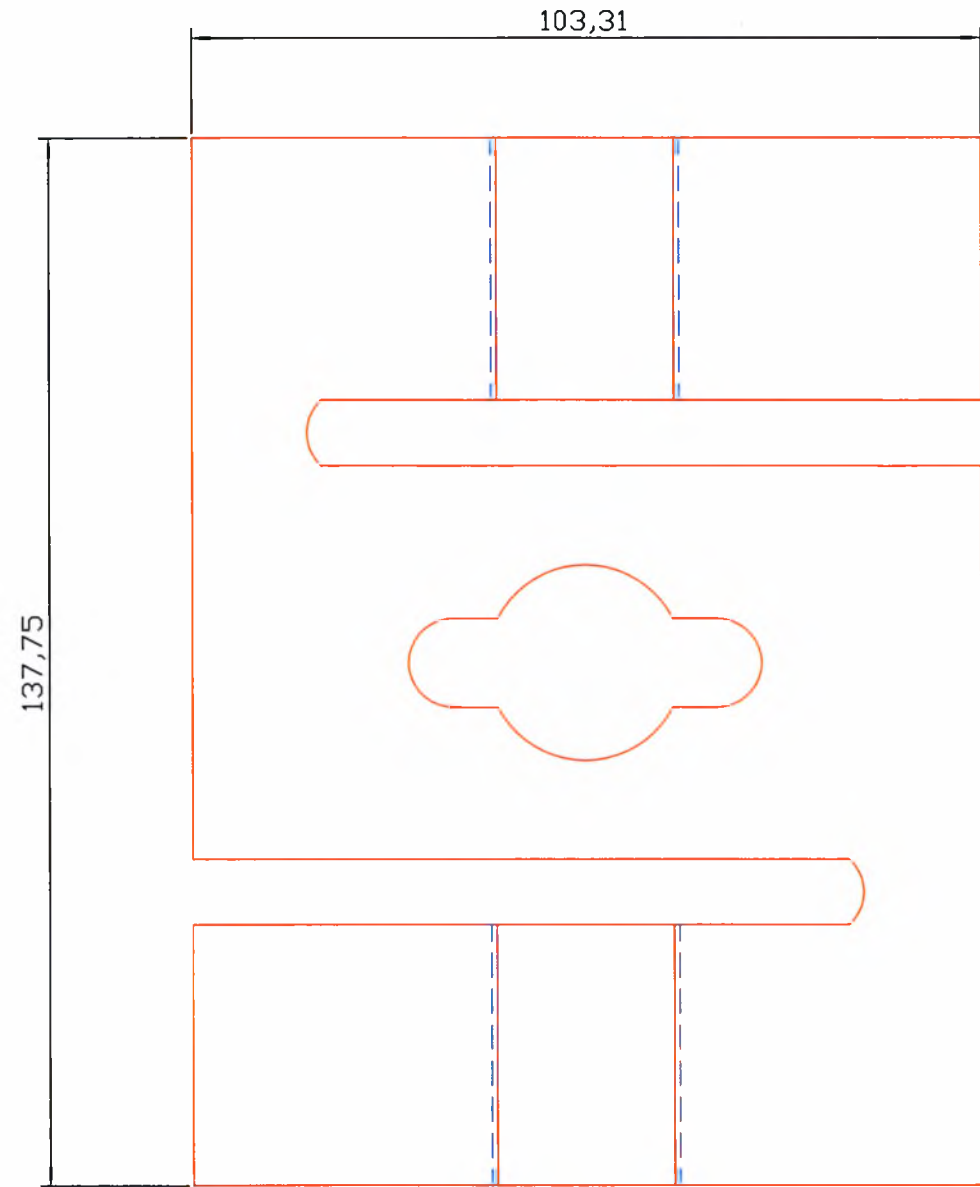
Σε ότι αφορά τις δυναμοκυψέλες υπάρχουν απλές δυναμοκυψέλες τυπου S όπως αυτή της εικόνας 35 αλλά και πολυκυψελικές όπως αυτή της εικόνας 36.

Έτσι μπορεί να χρησιμοποιηθεί η κατάλληλη κυψέλη στη κατάλληλη περίπτωση εφελκυσμού με περισσότερη ή λιγότερη ακρίβεια στη μέτρηση.

Στην εικόνα 37 παρουσιάζεται ένας τύπος επιμηκυνσιόμετρου που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της παραμόρφωσης και που συνδέεται απευθείας πάνω στο δοκίμιο και πιο συγκεκριμένα στη κέντρο της περιοχής που παραμορφώνεται περισσότερο κατά την εφαρμογή του εφελκυστικού φορτίου.



Εικ. 39 Επιμηκυνσιόμετρο τοποθετημένο στο δοκίμιο



ΔΥΝΑΜΟΚΥΨΕΛΗ	SCALE : 16,405:1	DESIGNERS : ΠΑΓΩΝΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΣΚΑΡΑΚΗΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ
---------------------	----------------------------	--

ΣΧΕΔΙΟ Νο6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΚΑΙ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν οι διαστάσεις και οι μέθοδοι καταργασίας των αρχικών κομματιών από τα οποία θα παραχθούν τα εξαρτήματα της μηχανής εφελκυσμού. Αναλυτικότερα θα δοθούν λεπτομέρειες για τους κοχλίες, τη δοκό στήριξης της άνω αρπάγης, των γραναζιών μετάδοσης κίνησης, της βάσης στήριξης της κάτω αρπάγης και του πλαισίου.

Για τη κατασκευή των κοχλιών μετάδοσης κίνησης, αρχικά επιλέγουμε κυλινδρική δοκό διαμέτρου 30mm και μήκους 250mm. Η δοκός θα κοπεί στη μέση και καθένα από τα κομμάτια της θα καταργαστεί σε τόρνο για να δημιουργηθούν το τραπεζοειδές σπείρωμα, το μετρικό σπείρωμα και οι αναγκαίες διαμορφώσεις.

Για την κατασκευή της δοκού χρησιμοποιείται ένα ακατέργαστο κομμάτι με διαστάσεις ίδιες με αυτές που πρέπει να έχει η δοκός ή με λίγο μεγαλύτερες ώστε μετά από καταργασία σε φρέζα να παραχθεί η τελική δοκός με τις επιθυμητές διαστάσεις. Στη συνέχεια με τη χρήση ειδικών εργαλείων στη φρέζα δημιουργούνται τα ανάλογα με τους κοχλίες τραπεζοειδή σπειρώματα και στο μέσον της δοκού το μετρικό σπείρωμα στο οποίο θα συνδεθεί η άνω αρπάγη.

Σε ότι αφορά τη κατασκευή των γραναζιών μετάδοσης κίνησης χρησιμοποιείται μια κυλινδρική δοκός διαμέτρου 35mm και μήκους 100mm. Η δοκός κόβεται στο τόρνο σε τέσσερις ισοπαχείς φέτες. Κατόπιν κάθε ένα από τα κομμάτια τοποθετείται σε φρέζα όπου και καταργάζεται ώστε να μετατραπεί στο επιθυμητό γρανάζι μετάδοσης κίνησης.

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο η βάση στήριξης είναι ένα έλασμα πάχους 22 mm. Στο έλασμα αυτό με ειδικές πρέσες γίνονται οι απαραίτητες γωνίες μορφής ενώ παράλληλα αφού κοπούν τα κομμάτια όπως απεικονίζονται στα σχέδια, συγκολλούνται έτσι ώστε να δημιουργηθεί το πλαίσιο.

Μετά τη καθολική δημιουργία του πλαισίου της μηχανής γίνεται συναρμολόγηση των υπολοίπων μερών αυτής. Πρώτα τοποθετούνται οι ατέρμονες κοχλίες από τη βάση του πλαισίου. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη τοποθέτηση των εδράνων κυλίσεως τόσο στην άνω άκρη των κοχλιών όσο και στην

κάτω. Τα κάτω έδρανα κύλισης θα πρέπει να περαστούν στους κοχλίες πριν συναρμολογηθεί ο κοχλίας στο κάτω έλασμα (βάση) του πλαισίου, ενώ τα άνω μετά τη συναρμολόγηση αυτή του στο πάνω έλασμα (καπάκι). Αφού περαστεί ο κοχλίας από το κάτω έλασμα, τοποθετείται σε αυτόν η δοκός στήριξης που αναφέρθηκε πιο πάνω και έπειτα ο κοχλίας τοποθετείται διαμέσου του άνω ελάσματος, συνδέεται πάνω σε αυτόν το άνω έδρανο κύλισης και τέλος συσφίγγεται πάνω στο άνω έλασμα με τα περικόχλια.

Κατόπιν αφού τοποθετηθεί και στερεωθεί ο κινητήρας της μηχανής εφελκυσμού γίνεται εγκατάσταση του πρώτου ιμάντα ο οποίος συνδέει το γρανάζι του ενός κοχλία με το γρανάζι του κινητήρα. Στη συνέχεια γίνεται σύνδεση του δεύτερου ιμάντα στα γρανάζια που έχουν ήδη συνδεθεί με τους κοχλίες. Έτσι επιτυγχάνεται η ομοιόμορφη και σύγχρονη λειτουργία των δύο ατερμόνων κοχλιών.

Λόγω του μεγέθους της δύναμης για την οποία σχεδιάστηκε η μηχανή εφελκυσμού κρίθηκε αναγκαίο να τοποθετηθούν δύο στηρίγματα εκατέρωθεν του σημείου σύνδεσης της κάτω αρπάγης με το πλαίσιο της μηχανής. Αυτό έγινε κυρίως για να εξαλειφθεί το βέλος κάμψης που πιθανά θα εμφανιζόταν στη περιοχή αυτή και θα μείωνε την ακρίβεια των αποτελεσμάτων.

Ακολούθως βιδώνεται πάνω στη δοκό ένας κοχλιωτός σύνδεσμος ο οποίος χρησιμεύει για να ενώσει πάνω στη δοκό τη δυναμοκυψέλη. Κατόπιν πάνω στη δυναμοκυψέλη αλλά και στο κάτω άκρο – βάση συνδέονται οι δύο δαγκάνες . Ακολουθεί το ηλεκτρονικό κομμάτι της συναρμολόγησης, όπου συνδέονται σε κάποιο υπολογιστικό πρόγραμμα η δυναμοκυψέλη και το επιμηκυνσιόμετρο ώστε να ψηφιοποιήσουν το πείραμα.

Αν όλα έχουν συνδεθεί σωστά τότε η μηχανή εφελκυσμού είναι έτοιμη για λειτουργία και για παραγωγή αποτελεσμάτων δοκιμής εφελκυσμού. Τέλος θα πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η μηχανή εφελκυσμού λόγω του βάρους της αλλά και των δυνάμεων που δέχεται κατά τη διάρκεια λειτουργίας της είναι αναγκαίο να τοποθετηθεί σε μέρος σταθερό αλλά και ελαφρώς υπερυψωμένο για εκπαιδευτικούς σκοπούς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Ρ. Γραικούσης, Στοιχεία Μηχανών, Στοιχεία Συνδέσεως Α',Β'
- [2] Ρ. Γραικούσης, Στοιχεία Μηχανών, Στοιχεία Συνδέσεως Γ',Δ',Ε', Ζ'
- [3] Ρ. Γραικούσης, Στοιχεία Μηχανών, Στοιχεία Περιστροφικής κινήσεως Κ',Λ',Μ'
- [4] University of Cambridge <http://www.msm.cam.ac.uk/doitpoms/tlplib/mechanical-testing>
- [5] http://hekabe.kt.dtu.dk/~vigild/2005_04_melitek/tensile_test.htm
- [6] <http://www.lloyd-instruments.co.uk>
- [7] DIN 50 125, Tensile Test Pieces
- [8] DIN 17 200, Χάλυβες επιβελτιώσεως-χημική σύνθεση και μηχανικές ιδιότητες
- [9] DIN 267/3
- [10] DIN 103, Μετρικό τραπεζοειδές σπείρωμα
- [11] EN 100002-1, Διενέργεια Δοκιμής Εφελκυσμού
- [12] Google search
- [13] <http://www.baldor.com>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Prüfung metallischer Werkstoffe; Zugproben

Supersedes April 1951 edition.

In keeping with current practice in standards published by the International Organization for Standardization (ISO), a comma has been used throughout as the decimal marker.

See Explanatory notes for connection with ISO 6892 - 1984 published by the International Organization for Standardization (ISO), and with EURONORM 2-80 published by the European Coal and Steel Community (ECSC).

Dimensions in mm

1 Scope and field of application

This standard

- a) specifies shapes and dimensions of tensile test pieces of metallic materials.
- b) collates information that are to be observed when preparing tensile test pieces.

This standard shall apply in cases where special shapes and dimensions have not been specified for test pieces in other standards covering particular metallic materials and product forms. For examples, see the "Other relevant standards" clause.

2 Concepts

2.1 Proportional test pieces

Proportional test pieces are tensile test pieces whose original gauge length, L_0 , is related to the original cross-sectional area, S_0 , by the following equation:

$$L_0 = 5 \cdot \sqrt{\frac{4}{\pi}} \cdot \sqrt{S_0} = 5,65 \cdot \sqrt{S_0} \quad (1)$$

For tensile test pieces of circular original cross-sectional area of diameter d_0 (round test pieces) this means that

$$L_0 = 5 \cdot d_0 \quad (2)$$

Note. In principle, all tensile test pieces whose original gauge length is dependent on the original cross-sectional area according to the function $L_0 = k \sqrt{S_0}$ are proportional test pieces. For example, tensile test pieces are also commonly used where $k = 11,3$ or $4,52$. In the case of round test pieces this means that $L_0 = 10 \cdot d_0$ or $L_0 = 4 \cdot d_0$. The restriction whereby in future only those test pieces where $k = 5,65$ are to be designated as proportional test pieces is intended to promote the standardization of the shape of tensile test pieces.

2.2 Non-proportional test pieces

Non-proportional test pieces are tensile test pieces of various original cross-sectional areas the original gauge length of which is independent of the cross-sectional area.

2.3 Parallel length

In the case of machined tensile test pieces, the parallel length, L_c , is the length of the cylindrical or prismatic centre portion of the test piece with the original cross-sectional area S_0 .

The parallel length is expressed

- a) in the case of test pieces of rectangular original cross-sectional area by

$$L_c \geq L_0 + 1,5 \sqrt{S_0} \quad (3)$$

- b) in the case of test pieces of circular original cross-sectional area by

$$L_c \geq L_0 + d_0 \quad (4)$$

3 Shape and dimensions, designation

The shapes and dimensions of tensile test pieces shall conform to the specifications given in clause 2.

In the case of a rectangular original cross-sectional area, the ratio of the test piece width, b , to the test piece thickness, a , shall not be greater than 4 : 1. Such test pieces are normally taken from the test samples in such a way that the test piece thickness is equal to the thickness of the test sample.

In the case of flat bar test pieces with a thickness of less than 5 mm, the ratio of test piece width to test piece thickness may be as large as 8 : 1.

Note. If the sample is so thick that even with a 1 : 1 ratio of test piece width to test piece thickness, the maximum test load of the tensile testing machine is not sufficient to determine the tensile strength, then, subject to agreement, a test piece width may be selected that is less than the test piece thickness. It shall not however be less than a quarter of the test piece thickness.

More detailed specifications on shape and dimensions, together with the corresponding designations, are set out below in subclauses 3.1 to 3.7 for a range of tensile test pieces in order to facilitate the preparation of such test pieces and the documentation of test results. These specifications shall also be applied, as appropriate, to those tensile test pieces for which no individual specifications have been given.

In the case of machined tensile test pieces, the original cross-sectional area in the parallel length shall be either rectangular or circular. Types A, B, C, D and E are proportional test pieces having gripped ends of different design. Other forms of gripped ends may be agreed. In such cases, the minimum values of transition radius for the particular shape of tensile test piece shall be complied with.

Types F and G may be selected if proportional test pieces are to be manufactured from unmachined lengths of round bars, flat bars or sections.

Details not given in the drawings shall be selected according to the required application. The tolerance on cylindricality in the case of round test pieces, and the tolerance on parallelism in the case of flat bar test pieces over the parallel length are specified in table 1. Dimensional tolerances have not been given because it is assumed that for each particular tensile test piece the sizes that influence the test result will be measured before the test. The minimum surface quality requirement shall be indicated as specified in ISO 1302.

Continued on pages 2 to 9

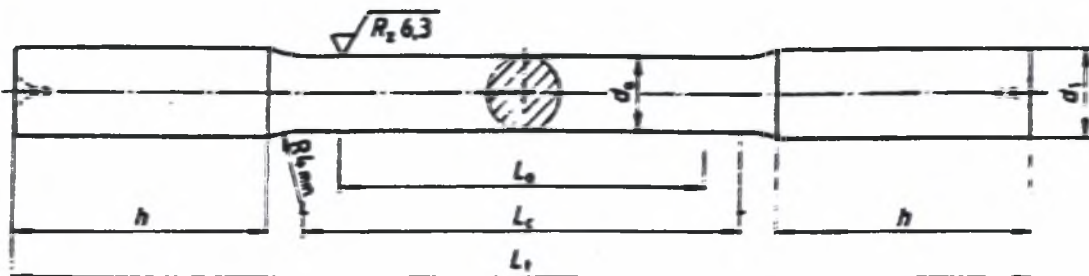
No part of this standard may be reproduced without the prior permission of DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin. In case of doubt, the German language original should be consulted as the authoritative text.

Translation prepared by Fachtechnisches Übersetzungsinstitut Henry G. Freeman, Düsseldorf, edited by DIN-Sprachendienst

Table 1. Tolerances of form for the transverse dimensions of test pieces

Types of test piece	Transverse dimension	Tolerance on cylindricity or parallelism
A, B, C, D	$d_0 \leq 6$	0.03
	$6 < d_0 \leq 18$	0.04
	$d_0 > 18$	0.05
E, machined on both sides	$b \leq 10$	0.20
	$10 < b \leq 18$	0.25
	$18 < b \leq 30$	0.30
	$b > 30$	0.35
E, machined on all sides	$a, b \leq 6$	0.03
	$6 < a, b \leq 18$	0.04
	$a, b > 18$	0.05

3.1 Tensile test pieces, type A (test pieces of circular cross-sectional area with smooth cylindrical ends for gripping in wedge grip)



d_0 test piece diameter

d_1 diameter of gripped ends (approx. $1.2 d_0$)

h length of gripped ends

L_0 original gauge length ($= 5 d_0$)

L_c parallel length ($\geq L_0 + d_0$)

L_t total length

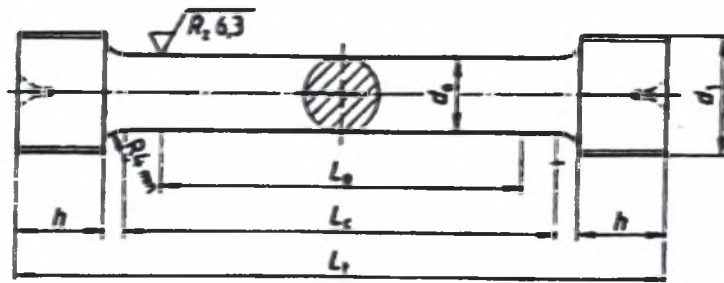
A type A tensile test piece with a diameter d_0 of 12 mm, and an original gauge length L_0 of 60 mm, shall be designated as follows:

Tensile test piece DIN 50125 - A 12 × 60

Table 2. Dimensions of type A tensile test pieces (examples)

d_0	L_0	d_1 =	h mm.	L_c mm.	L_t mm.
3	15	4	12	18	50
4	20	5	16	24	65
5	25	6	20	30	80
6	30	8	25	38	95
8	40	10	30	48	115
10	50	12	35	60	140
12	60	15	40	72	160
14	70	17	45	84	185
16	80	20	50	96	205
18	90	22	55	108	230
20	100	24	60	120	250
25	125	30	70	150	300

3.2 Tensile test pieces, type B (test pieces of circular cross-sectional area with threaded ends)



d_0	test piece diameter	L_0	original gauge length ($= 5 d_0$)
d_1	(metric ISO thread)	L_c	parallel length ($\geq L_0 + d_0$)
h	length of gripped end	L_t	total length

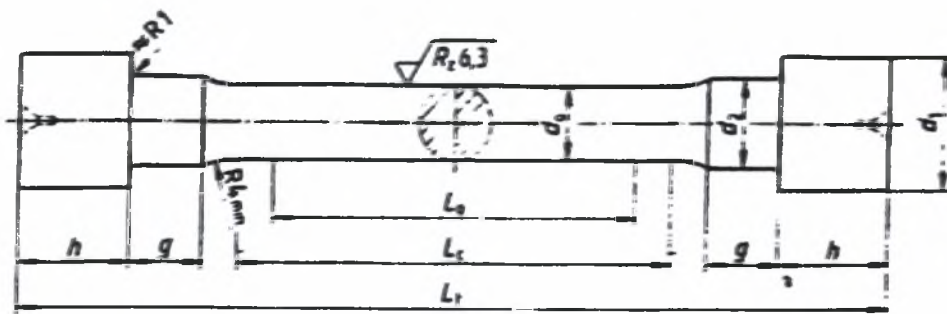
A type B tensile test piece with a diameter d_0 of 14 mm, and an initial gauge length L_0 of 70 mm, shall be designated as follows

Tensile test piece DIN 50125-B14 x 70

Table 3. Dimensions of type B tensile test pieces (examples)

d_0	L_0	d_1	h mm	L_c mm	L_t mm
3	15	M 5	5	18	32
4	20	M 6	6	24	40
5	25	M 8	7	30	50
6	30	M 10	8	36	60
8	40	M 12	10	48	75
10	50	M 16	12	60	90
12	60	M 18	15	72	110
14	70	M 20	17	84	125
16	80	M 24	20	96	145
18	90	M 27	22	108	160
20	100	M 30	24	120	175
25	125	M 33	30	150	220

3.3 Tensile test pieces, type C (test pieces of circular cross-sectional area with shoulder ends)



- d_0 test piece diameter
- d_1 diameter of ends (approx. $1.75 d_0$)
- d_2 diameter of neck (approx. $1.2 d_0$)
- g length of neck (approx. d_0)
- h length of gripped end (approx. $d_0 + 5 \text{ mm}$)
- L_0 original gauge length ($= 5 d_0$)
- L_c parallel length ($\geq L_0 + d_0$)
- L_1 total length

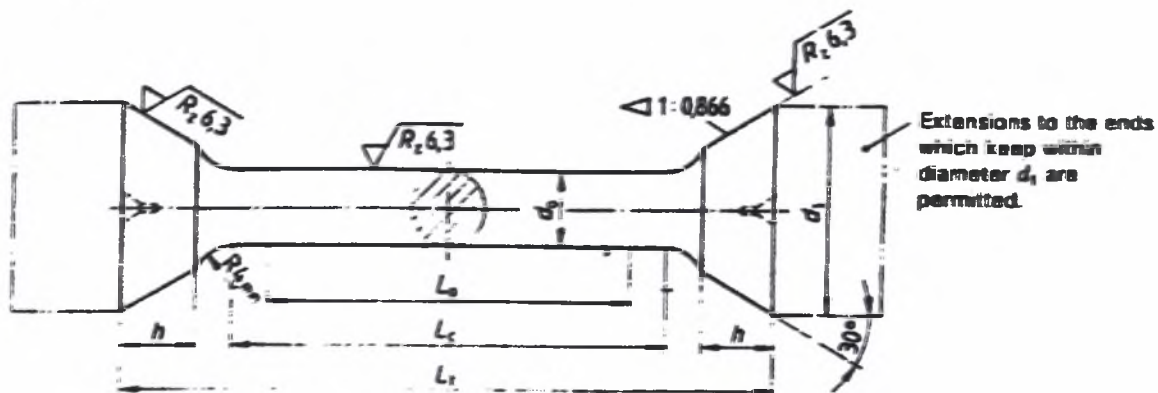
A type C tensile test piece with a diameter d_0 of 16 mm, and an original gauge length L_0 of 80 mm, shall be designated as follows:

Tensile test piece DIN 50125 - C 16 x 80

Table 4. Dimensions of type C tensile test pieces (examples)

d_0	L_0	d_1 mm	d_2	g	h mm	L_c mm	L_1 mm
3	15	6	4	3	6	18	40
4	20	7	5	4	7	24	50
5	25	9	6	5	8	30	60
6	30	11	8	6	11	36	80
8	40	14	10	8	13	48	100
10	50	18	12	10	15	60	120
12	60	21	15	12	17	72	140
14	70	25	17	14	19	84	160
16	80	28	20	16	21	96	180
18	90	31	22	18	23	108	200
20	100	35	24	20	25	120	220
25	125	44	30	25	30	150	270

3.4 Tensile test pieces, type D (test pieces of circular cross-sectional area with conical ends)



- d_0 test piece diameter
- d_1 diameter of ends (approx. $2 d_0 + 8$ mm)
- h length of gripped ends (approx. d_1)
- l_0 original gauge length ($= 5 d_0$)
- l_c parallel length ($\geq L_0 + d_0$)
- l_t total length

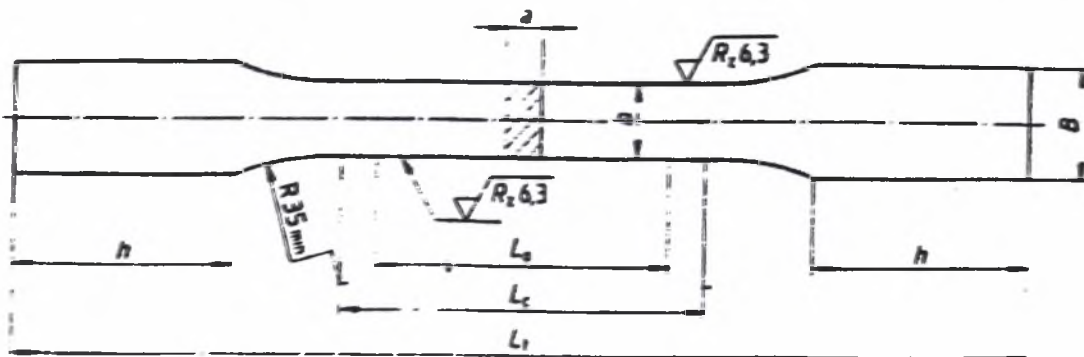
A type D tensile test piece with a diameter d_0 of 12 mm, and an original gauge length l_0 of 60 mm, shall be designated as follows:

Tensile test piece DIN 50125 - D 12 x 60

Table 5. Dimensions of type D tensile test pieces (examples)

d_0	l_0	d_1	h	l_c mm	l_t mm
3	15	10	3	18	30
4	20	12	4	24	38
5	25	14	5	30	48
8	30	20	6	36	60
8	40	24	8	48	75
10	50	28	10	60	90
12	60	32	12	72	105
14	70	36	14	84	120
16	80	40	16	96	140
18	90	44	18	108	155
20	100	48	20	120	170
25	125	58	25	150	210

3.5 Tensile test pieces, type E (flat bar test pieces with ends for wedge grips)



- a test piece thickness
- b test piece width
- B width of gripped ends (approx. $1.2b + 3$ mm)
- h length of gripped ends (approx. $2b + 10$ mm)
- L_0 original gauge length
- L_c parallel length ($\geq L_0 + 1.5\sqrt{S_0}$)
- L_1 total length

A type E tensile test piece with a thickness a of 5 mm, width b of 16 mm, and an original gauge length L_0 of 50 mm, shall be designated as follows:

Tensile test piece DIN 50 125 – E5 × 16 × 50

Table 6. Dimensions of type E tensile test pieces (examples)

a	b	L_0	B min	h min	L_c min	L_1 min
3 4	8 10	30 35	12 15	26 30	38 45	115 135
5 5	10 16	40 50	15 22	30 40	50 65	140 175
6 7	20 22	60 70	27 29	50 55	80 90	210 230
8 10	25 25	80 90	33 33	60 60	105 115	260 270
10 12	30 26	100 100	40 34	70 85	125 125	300 295
15 18	30 30	120 130	40 40	70 70	150 160	325 335

Note 1. Flat test pieces are to be mainly taken from strip, sheet, flat bars and sections. The edges shall be deburred. If possible, the rolling skin should not be machined off; the test piece thickness is then equal to the product thickness.

Note 2. In the case of flat test pieces machined on all sides, the required surface roughness applies to all surfaces except the gripped ends.

5 Marking

Tensile test pieces shall be marked in such a way that it is still possible after the test to determine the sample from which the test pieces were taken and, if required, their position and direction in the sample. The marking shall be applied on the end surface or the side surface of one of the gripped ends or, if necessary, on the side surfaces of both gripped ends.

Standards referred to

ISO 1302 Technical drawings; methods of indicating surface texture on drawings

Other relevant standards

DIN 13912 Dentistry; cobalt-chromium cast alloys; requirements, testing
DIN 50109 Testing of cast iron with lamellar graphite (grey cast iron); tensile test
DIN 50114 Testing of metals; tensile test on sheet or strip less than 3 mm thick, not using an extensometer
DIN 50140 Testing of metallic materials; tensile testing of tubes and tube strips
DIN 50148 Tensile test pieces for pressure die castings of non-ferrous metals
DIN 50149 Testing of malleable iron; tensile test
DIN 50154 Tensile test on aluminium and wrought aluminium alloy strip and sheet up to 0,179 mm thick, not using an extensometer
DIN 51210 Part 1 Testing of metallic materials; tensile testing of wires not using an extensometer
DIN 51210 Part 2 Testing of metallic materials; tensile testing of wires using an extensometer

Previous editions

DIN DVM 125 = DIN 50125: 08.40. 04.51

Amendments

The following amendments have been made in comparison with the April 1951 edition:

- a) The text has been shortened by the omission of general specifications.
- b) No information is now given in the tables for the type of test piece previously designated as the long proportional bar, having the factor $k = 11,3$. This test piece is no longer to be designated as a proportional tensile test piece.
- c) The minimum machining allowances for each side of the test piece in cases where the test piece is taken from the sample by flame cutting or shearing have been reduced in accordance with DIN 50121 Part 1.
- d) The range of the dimensions tabulated in this standard to serve as examples for types A, B, C, D and E tensile test pieces has been extended to include smaller cross-sectional areas.

Explanatory notes

This standard has been prepared by Technical Committee 142 *Prüfverfahren mit zügiger Beanspruchung für Metalle* of the Normenausschuss Materialprüfung (Materials Testing Standards Committee).

A standard has been prepared by the International Organization for Standardization (ISO) which also gives specifications for tensile test pieces, viz. ISO 6892 - 1984, Metallic materials; tensile testing.

The European Coal and Steel Community (ECSC) has issued EURONORM 2-80, Tensile testing of steel, March 1980 edition¹⁾.

These international standards provide specifications for the shape, dimensions and machining of tensile test pieces. There is no international standard specifically covering tensile test pieces of metallic materials.

ISO 6892 specifies that tensile test pieces in which the relationship between the original gauge length, L_0 , and the original cross-sectional area, S_0 , is $L_0 = k \cdot \sqrt{S_0}$ shall be known as proportional test pieces, and that the 5,65 has been adopted internationally as the value for k . Details are then given of machined and unmachined tensile test pieces, and it is recommended that the dimension of the transition radius from the parallel length, L_0 , to the gripped ends be specified in the material standards in cases where ISO 6892 does not specify it.

In contrast to the method adopted in German standards, the ISO specifications covering test piece shapes for particular product types are contained in appendices to ISO 6892. The correlation with DIN Standards is shown in table 10.

Table 10. Comparison of specifications for test pieces in ISO 6892 and DIN Standards

Product type	ISO 6892	DIN Standard
Sheet or strip 0,1 up to and including 3,0 mm thick	Appendix B	DIN 50114
Wire of diameter or side length less than 4 mm	Appendix C	DIN 51210 Part 1
Products not less than 3,0 mm thick or not less than 4 mm in diameter	Appendix D	DIN 50125
Tubes	Appendix E	DIN 50140

The specifications given in ISO 6892, Appendix D, differ from those in DIN 50125 as follows:

- the ratio of the test piece width, b , to its thickness, a , may be 8:1 at the most and not (except for test pieces of less than 5 mm thickness) 4:1 at the most;
- the smallest test piece diameter, d_0 , or the smallest test piece thickness, a , shall not be less than 4 mm, and not at least 3 mm;
- for the parallel length, L_0 , in the case of a circular original cross-sectional area, a minimum value $L_0 + \frac{d_0}{2}$ is specified and not $L_0 + d_0$;
- test pieces of circular cross-section with $d_0 = 20$ mm or 10 mm or 5 mm are specified as preferred test pieces in ISO 6892, Appendix D, but not in DIN 50125.

Furthermore, the specifications regarding the permissible tolerances on dimensions given in ISO 6892, Appendix D, for the case where the diameter and the width and the thickness of the test pieces are not measured but calculated from the nominal values, have not been adopted in DIN 50125. The specifications for the tolerances on shape have been adopted from ISO 6892, Appendix D, but rounded to the nearest 0,05 mm in DIN 50125.

The specifications regarding shape, dimensions and tolerances on dimensions and shape given in EURONORM 2-80 are largely in agreement with the specifications in ISO 6892.

Besides surface roughness, the type of machining of the tensile test piece may also have an influence on the results of the tensile test. For this reason, there is a note in clause 4 that the material properties shall not be influenced by the machining of the test pieces. It is not possible to specify this as a requirement in view of the fact that machining conditions will differ from one test centre to another. But here again, it must be expressly stated that great care is to be taken when preparing tensile test pieces to ensure that the type of machining is appropriate to the material, and that the condition of the material is not thereby affected.

In the case of types A, B, C and D test pieces, a minimum value of 4 mm has been specified for the transition radius between the parallel length and the gripped ends. In the case of metallic materials of high tensile strength and low toughness, a transition radius of 10 mm should be selected in order to avoid a sudden change of stress in the transition area, with a consequent risk of fracture of the test piece at this point.

Owing to the shape of the ends, which makes it impossible for them to slip in the gripping device of the tensile testing machine, types B, C and D test pieces are particularly suitable for tensile tests including extensometer measurements. On the other hand, they are more expensive to make than type A test pieces.

¹⁾ Obtainable from Benth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, D-1000 Berlin 30.

International Patent Classification

G 01 N 3/02



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000089102