

Α.Τ.Ε.Ι. ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ :

“ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ”



ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ :

Αρφάνης Χρήστος

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ :

Αναστάσιος Π. Βασιλόπουλος
Dr. Μηχανολόγος Μηχανικός

Πάτρα 2006

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	2
1. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	3
2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
3. ΘΕΩΡΙΑ	4
3.1 - Θεωρία του Εφελκυσμού.....	4
3.2 - Σχέσεις που ισχύουν στον εφελκυσμό.....	5
3.3 - Χαρακτηριστικά διαγράμματα εφελκυσμού.....	6
3.3 - Η θραύση των όλκιμων και ψαθυρών υλικών.	11
3.5 - Πίνακες υλικών. Μηχανικές ιδιότητες διαφόρων υλικών.....	13
Παράδειγμα : (για την δοκιμή του εφελκυσμού).....	14
4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΗΣ.....	20
4.1 - Θεωρητική προσέγγιση.....	20
Η “ιδέα” της κατασκευής της μηχανής.	20
Προσεγγιστική περιγραφή της μηχανής.	20
4.2 - Τεχνική περιγραφή - Κατασκευαστικά σχέδια.....	24
5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ	31
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΧΟΛΙΑ.....	41
7. ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ.....	42
8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	46

1. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου κ. Αναστάσιο Βασιλόπουλο που με βοήθησε διαθέτοντας ένα μεγάλο μέρος από τον πολύτιμό χρόνο του για να μπορέσω να φέρω εις πέρας αυτή την πτυχιακή εργασία.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Γαζή Ιωάννη που πίστεψε στις ικανότητες μου και μου παραχώρησε μέρος του μηχανουργείου του για να πραγματοποιήσω το πρακτικό σκέλος της εργασίας, καθώς και τους εργαζόμενους σε αυτό μηχανολόγους κ.κ. Σταθάκο Αντώνιο και Κοτσίδα Παύλο που συνέβαλαν με τις γνώσεις και την πολύχρονη εμπειρία τους στον τομέα της μηχανολογίας, στη σχεδίαση και κατασκευή της μηχανής εφελκυσμού.

Φυσικά δεν θα μπορούσα να παραβλέψω τη συμβολή και στήριξη των γονέων μου, Χαρίλαου και Μαρίας Αρφάνη, όλα αυτά τα χρόνια της φοίτησης μου. Για το λόγο αυτό τους αφιερώνω αυτή την πτυχιακή εργασία, για να τους ευχαριστήσω από τα βάθη της καρδιάς μου, για την ψυχική και υλική προσφορά τους προκειμένου να επιτύχω ως φοιτητής στην ειδικότητα της Μηχανολογίας.

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Θα κατασκευάσουμε μια μηχανή εφελκυσμού, η οποία θα μας δείχνει το φορτίο που ασκούμε πάνω στο δοκίμιο και ακόμα θα βλέπουμε και την επιμήκυνση του δοκιμίου έως να επέλθει η θραύση αυτού. Με αυτό τον τρόπο θα μπορούσαμε να σχεδιάσουμε το διάγραμμα P-Δl και κατόπιν να βρούμε το διάγραμμα τάσεως - επιμηκύνσεως (σ-ε), γιατί με αυτό θα έχουμε έναν πλήρη έλεγχο των μηχανικών ιδιοτήτων του εξεταζόμενου υλικού που έχουμε βάλει για να μελετήσουμε πάνω στην μηχανή. Στην συνέχεια έχουμε τη δυνατότητα να προσδιορίσουμε και τα υπόλοιπα μεγέθη που μπορούμε να έχουμε στην δοκιμή του εφελκυσμού : σ_A , σ_E , σ_D , $\sigma_{\theta p}$, E, $\delta\%$, $\psi\%$. Ακόμη αυτή η κατασκευή θα μας βοηθήσει στην κατανόηση της δοκιμής του εφελκυσμού σε ανθρώπους που δεν έχουν σχέση με αυτή την διεργασία, με την οποία ασχολούνται οι μηχανολόγοι και οι τεχνικοί έργων υποδομής.

Ο λόγος που θα προβούμε στην κατασκευή αυτής της μηχανής είναι για εκπαιδευτικό σκοπό, ο οποίος είναι να αποδειχθεί πόσο εύκολο και γρήγορο είναι δυνατόν να στηθεί μια τέτοια μηχανή για το πείραμα του εφελκυσμού καθώς και το χαμηλό κόστος κατασκευής της από οικονομικής άποψης. Αυτή η συσκευή έχει ως πλεονέκτημα την εύκολη συναρμολόγηση υποβοηθώντας στην κατανόηση του πειράματος.

Όλες οι απαιτούμενες εργασίες για την κατασκευή της μηχανής πραγματοποιήθηκαν στο μηχανουργείο του κ. Γαζή Ιωάννη που βρίσκεται στον Πειραιά επί της οδού Δήμητρας 2. Στο χώρο αυτό κάναμε όλη την προεργασία και περαιτέρω κατασκευή, στην οποία βοήθησαν οι Σταθάκος Αντώνιος & Κοτσίδης Παύλος. Οι δύο τελευταίοι συνέβαλαν ειδικότερα στην κοπή και συναρμολόγηση των εξαρτημάτων που απαιτούνται για την μηχανή.

3. ΘΕΩΡΙΑ

3.1 - Θεωρία του Εφελκυσμού.

Ο εφελκυσμός είναι μια απλή καταπόνηση. Ένα σώμα καταπονείται σε εφελκυσμό, όταν επενεργούν δύο ίσες και αντίθετες δυνάμεις, οι οποίες τείνουν να το διασπάσουν.

Στον εφελκυσμό έχουμε γραμμική παραμόρφωση από τις εξωτερικές δυνάμεις που εφαρμόζουμε πάνω στο δοκίμιο μας. Αυτό βέβαια γίνεται στο δοκίμιο όταν το υποβάλουμε σε εξωτερική φόρτιση (δηλ. σε αξονικό εφελκυστικό φορτίο), που με αργό ρυθμό συνεχώς αυξάνεται μέχρι να φτάσουμε στην θραύση.

3.2 - Σχέσεις που ισχύουν στον εφελκυσμό.

Οι σχέσεις που έχουμε για την επίλυση ενός προβλήματος στον εφελκυσμό είναι :

♦ Υπολογισμός της ορθής τάσης : $\sigma = \frac{P}{F}$

♦ Υπολογισμός της ανοιγμένης επιμήκυνσης ή της παραμόρφωσης : $\varepsilon = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} = \frac{\ell' - \ell}{\ell_0}$

♦ Διάφορες μορφές του νόμου του Hooke : $\Delta \ell = \frac{P \cdot l}{E \cdot F}$ ή $\sigma = \varepsilon \cdot E$ ή $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$

♦ Το μέτρο ελαστικότητας : $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

♦ Ανοιγμένη εγκάρσια παραμόρφωση : $\varepsilon_q = \frac{\Delta b}{b} = \frac{b' - b}{b}$

♦ Ο λόγος Poisson : $\mu = -\frac{\varepsilon_q}{\varepsilon}$

♦ Η σταθερά του Poisson : $m = \frac{1}{\mu}$

♦ Όριο θραύσης : $\sigma_{\theta\pi} = \frac{P_{\max}}{F}$

♦ Η διάταση θραύσης ή ανοιγμένη επιμήκυνση θραύσης : $\delta\% = \frac{l_{\theta\pi} - l}{l} \cdot 100 = \frac{\Delta l_{\theta\pi}}{l} \cdot 100$

♦ Στένωση θραύσης : $\psi\% = \frac{F - F_{\theta\pi}}{F} \cdot 100 = \frac{\Delta F_{\theta\pi}}{F} \cdot 100$

3.3 - Χαρακτηριστικά διαγράμματα εφελκυσμού.

Η χρησιμοποίηση των υλικών στις διάφορες κατασκευές προϋποθέτει τη γνώση της συμπεριφοράς τους σε εφελκυσμό.

Για την πληρέστερη κατανόηση της συμπεριφοράς των υλικών σε εφελκυσμό, απαιτείται η εκτέλεση ενός πρότυπου πειράματος εφελκυσμού μέχρι τη θραύση του δοκιμίου (που συνήθως έχει κυκλική διατομή), η σχεδίαση της καμπύλης μεταβολής της τάσης (σ) σε συνάρτηση με την ανοιγμένη επιμήκυνση (ϵ) και ακολούθως η εξαγωγή συμπερασμάτων από την καμπύλη αυτή.

(Σχήμα : 3.1)

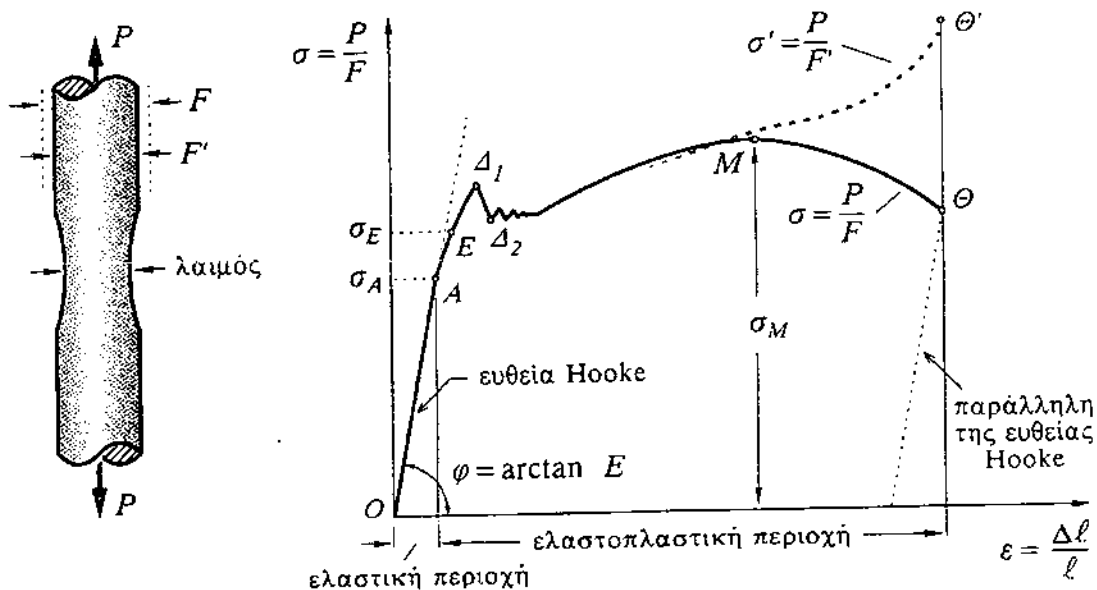
Κατά το σχηματισμό της καμπύλης του **διαγράμματος εφελκυσμού** έχει θεωρηθεί ότι, οι τιμές της τάσης προκύπτουν με διαίρεση του αξονικού φορτίου P που επιβάλλεται δια του αρχικού εμβαδού F της διατομής ($\sigma = P/F$), ενώ η παραμόρφωση $[\epsilon]$ ως ο λόγος της μεταβολής του μήκους Δl του δοκιμίου δια του αρχικού του μήκους l . (δηλαδή $\epsilon = \Delta l/l$).

Στο πρώτο τμήμα του διαγράμματος, από το O ως το A , παρατηρείται μία **γραμμική σχέση μεταξύ τάσης και παραμόρφωσης**. Η σχέση που συνδέει τις τάσεις και τις παραμορφώσεις είναι $\sigma = E\epsilon$, δηλαδή ο νόμος του Hooke. Ο συντελεστής αναλογίας E είναι το **μέτρο ελαστικότητας** ή **μέτρο Young** του υλικού και έχει μονάδες τάσης. Πειραματικά το μέτρο ελαστικότητας προσδιορίζεται από το πηλίκο σ/ϵ , που αντιστοιχεί σε οποιοδήποτε σημείο της **περιοχής των ελαστικών παραμορφώσεων** (OA) ή από την εφαπτόμενη της γωνίας ϕ . Η τάση σ_A που αντιστοιχεί στο σημείο A ονομάζεται **όριο αναλογίας** του υλικού. Δηλαδή, το σημείο A αποτελεί και το **όριο μέχρι του οποίου, ισχύει η γραμμική ελαστικότητα**.

Η παραμόρφωση που αντιστοιχεί στο σημείο αναλογίας A στην περίπτωση του χάλυβα, είναι μόλις 0,12% (δηλαδή $\epsilon_A = 0.0012$).

Εξακολουθώντας τη φόρτιση πέρα του σημείου A , ενώ η σχέση τάσης παραμόρφωσης δεν συνεχίζει να είναι γραμμική, το υλικό εξακολουθεί μέχρι ενός σημείου E να συμπεριφέρεται ελαστικά, δηλαδή αν αποφορτιστεί επανέρχεται στις αρχικές του διαστάσεις. Η περιοχή (AE) χαρακτηρίζεται σαν **περιοχή μη γραμμικής ελαστικής συμπεριφοράς** του υλικού και η τάση σ_E που αντιστοιχεί στο σημείο E λέγεται **όριο ελαστικότητας**.

Πέρα από το σημείο E ακολουθεί μία **ασταθής περιοχή** ($E\Delta_1\Delta_2$) που χαρακτηρίζεται από αύξηση της παραμόρφωσης χωρίς αντίστοιχη σημαντική αύξηση της τάσης. Στην περιοχή αυτή, είναι δυνατόν το δοκίμιο να αυξήσει την επιμήκυνση του δέκα ως δεκαπέντε φορές περισσότερο από την αύξηση που αντιστοιχούσε στο όριο ελαστικότητας. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **διαρροή** του υλικού.



Σχήμα 3.1 : Διάγραμμα “τάσεων - ανηγμένων παραμορφώσεων” σε εφελκυσμό για το χάλυβα.

Αναλυτικότερα, σε αυτήν την περιοχή παρατηρείται αρχικά πως με την αύξηση των ανοιγμένων επιμηκύνσεων, οι ορθές τάσεις αυξάνουν δυσανάλογα μέχρι την τάση που αντιστοιχεί στο σημείο Δ_1 που ονομάζεται **ανώτερο όριο διαρροής**. Μετά από αυτό και ενώ οι ανοιγμένες επιμηκύνσεις εξακολουθούν πάντα να αυξάνουν, οι ορθές τάσεις μικραίνουν φτάνοντας στην ελάχιστη τάση επιρροής που αντιστοιχεί στο σημείο Δ_2 και ονομάζεται **κατώτερο όριο διαρροής**.

Η παρατήρηση των δύο ορίων είναι δυνατή κατά την εκτέλεση πειράματος ακρίβειας, διαφορετικά τα σημεία E, Δ_1 , Δ_2 , είναι πολύ δύσκολο να διακριθούν μεταξύ τους και η περιοχή (E $\Delta_1\Delta_2$) φαίνεται σαν ένα ευθύγραμμο τμήμα παράλληλο προς τον άξονα των παραμορφώσεων μέσα στο οποίο και για την περίπτωση του χάλυβα, ενώ η τάση παραμένει σταθερή, η παραμόρφωση αυξάνει από 0,12% σε 2%. Ένα άλλο χαρακτηριστικό της περιοχής αυτής αλλά και αιτία της διαρροής είναι η εμφάνιση στην επιφάνεια του δοκιμίου ορατών λεπτών λωρίδων (γραμμών) που είναι κεκλιμένες κατά 45° ως προς τον άξονα του δοκιμίου. Οι γραμμές αυτές ονομάζονται **γραμμές Luders** και η εμφάνισή τους αποδεικνύει ότι η διαρροή του υλικού οφείλεται σε αστοχία του υλικού σε διάτρηση.

Ο προσανατολισμός των γραμμών Luders εξηγείται θεωρητικά, γιατί οι μέγιστες διατμητικές τάσεις εμφανίζονται στα επίπεδα που είναι κεκλιμένα κατά 45° ως προς τον άξονα του δοκιμίου. Εξακολουθώντας τη φόρτιση στο δοκίμιο πέρα από το σημείο Δ_2 , παρατηρείται μία αύξηση της παραμόρφωσης μέχρι ενός σημείου M. Η αύξηση της τάσης στην περιοχή (Δ_2M) γίνεται με μικρότερο ρυθμό από εκείνον της ελαστικής περιοχής (OA) ώστε το αντίστοιχο τμήμα της καμπύλης να εμφανίζεται πεπλατυσμένο και στρέφοντας τα κοίλα προς τα κάτω. Στην περιοχή

(Δ_2M) θα μπορούσαμε να πούμε ότι το υλικό επανακτά μέρος της ελαστικής του συμπεριφοράς. Η περιοχή αυτή ονομάζεται **περιοχή κρύνσης** του υλικού και η μέγιστη τάση σ_M που αντιστοιχεί στο σημείο M χαρακτηρίζεται σαν **όριο αντοχής** ή **όριο θραύσης** του υλικού, δηλαδή $\sigma_M = P_{max}/F$.

Πέρα από το M παρατηρείται μία πτώση της τάσης ενώ η παραμόρφωση εξακολουθεί να αυξάνει μέχρι του σημείου Θ όπου το υλικό σπάει απότομα. Η τάση που αντιστοιχεί στο σημείο Θ ονομάζεται **τάση θραύσης σε εφελκυσμό** του υλικού.

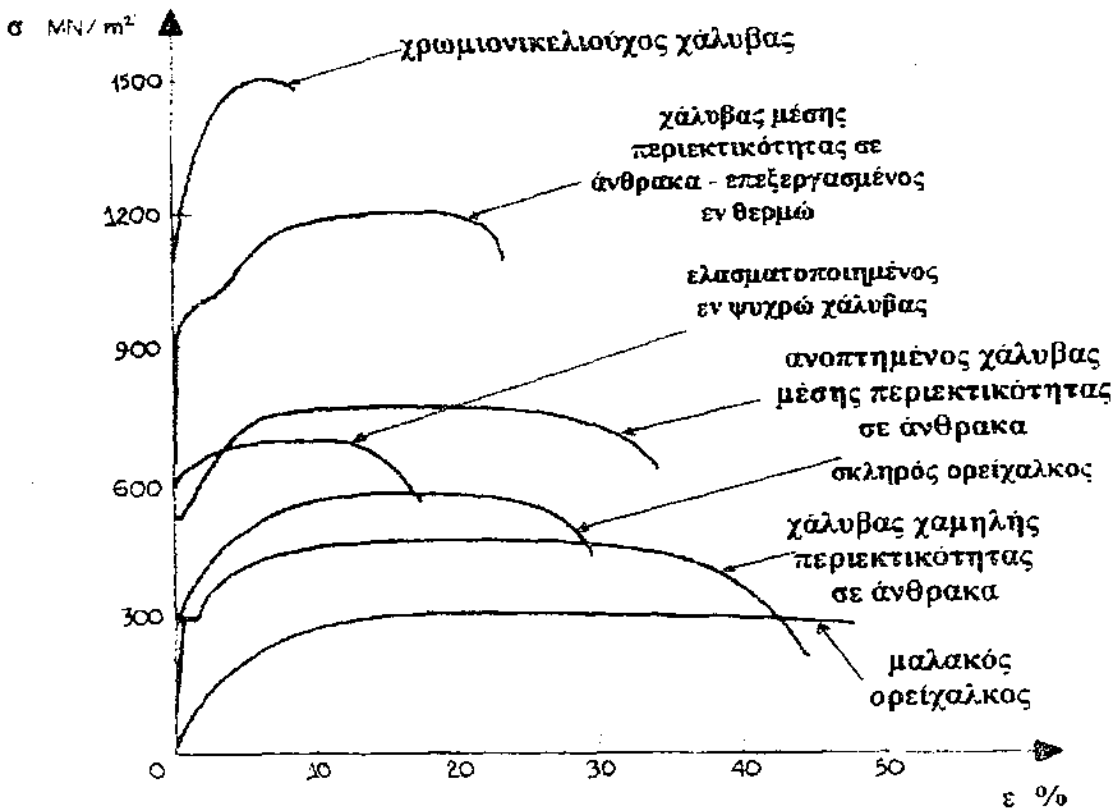
Χαρακτηριστικό της περιοχής MΘ είναι ότι λίγο μετά το όριο θραύσης M, το δοκίμιο παρουσιάζει **λαιμό** δηλαδή παρατηρείται μία ορατή ελάττωση της διατομής στο μέσον του δοκιμίου.

Ένα σημείο που πρέπει να επισημανθεί είναι ότι στο διάγραμμα του εφελκυσμού (**Σχήμα 3.1**) έχει σχεδιαστεί η συμβατική τάση σ , δηλαδή η δύναμη P ανά μονάδα επιφάνειας της αρχικής διατομής F του δοκιμίου, σαν συνάρτηση της προκαλούμενης παραμόρφωσης.

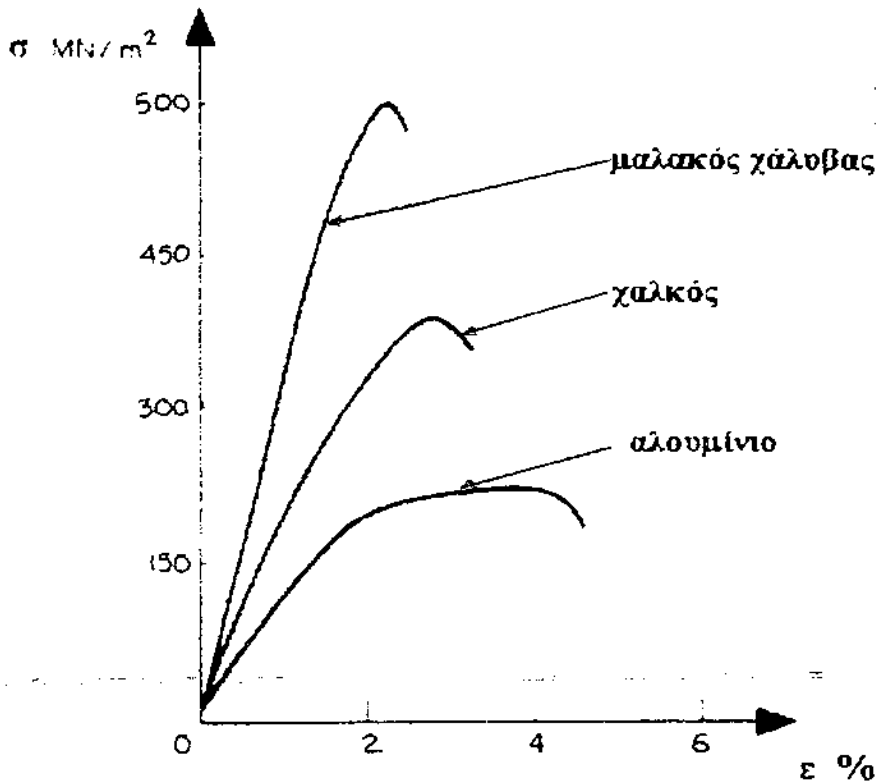
Λαμβάνοντας υπόψη την ελάττωση της επιφάνειας της διατομής του δοκιμίου, σε συνάρτηση με την πραγματική παραμόρφωση, προκύπτει η πραγματική τάση $\sigma' = P/F'$, οι τιμές της οποίας αποτελούν την καμπύλη που παριστάνεται με διακεκομμένη γραμμή στο (**Σχήμα : 3.1**)

Στην καμπύλη αυτή φαίνεται ότι η τάση θραύσης είναι η μέγιστη τάση που παρατηρείται, ενώ το M από σημείο μέγιστης τάσης μετατρέπεται σε σημείο καμψής. Στην πράξη όμως, συντίθεται ο υπολογισμός της τάσης με βάση την αρχική διατομή του δοκιμίου.

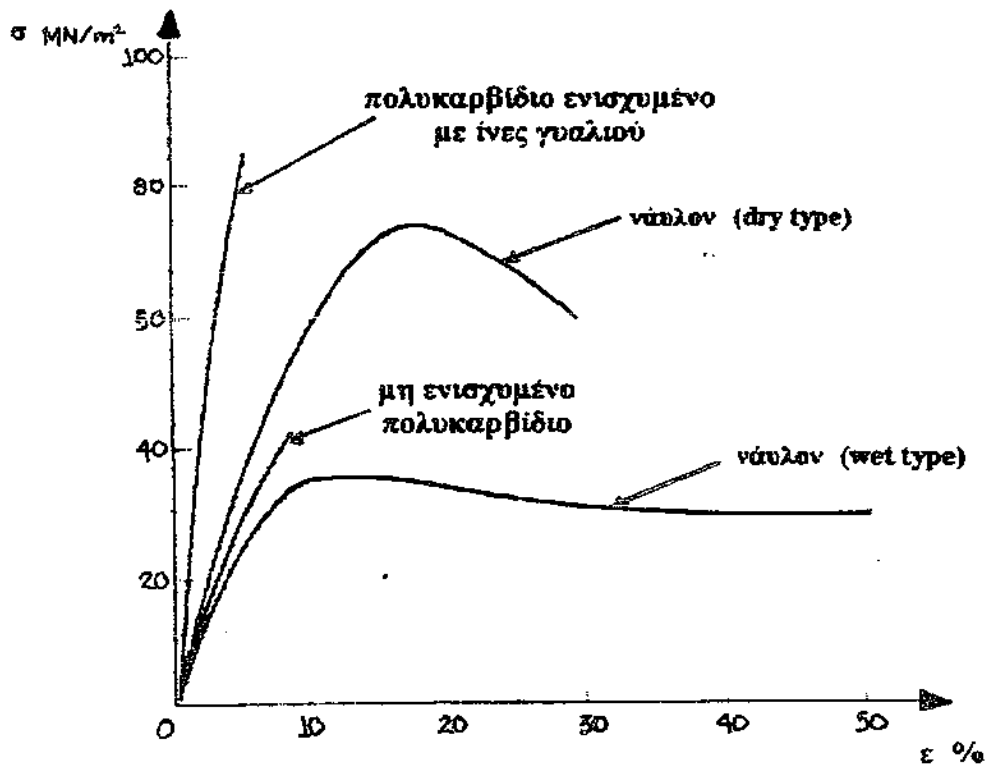
Παρακάτω θα δούμε και άλλα χαρακτηριστικά διαγράμματα (σ, ϵ) διαφόρων υλικών (**Σχήμα 3.2**), με πολύ μικρές τιμές των επιμηκύνσεων λόγω ότι το υλικό είναι σύρμα (**Σχήμα 3.3**), ακόμα διάφορους τύπους νάυλον και πολυκαρβιδίων (**Σχήμα 3.4**) και την μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων χάλυβα σε συνάρτηση της περιεκτικότητας σε άνθρακα (**Σχήμα 3.5**).



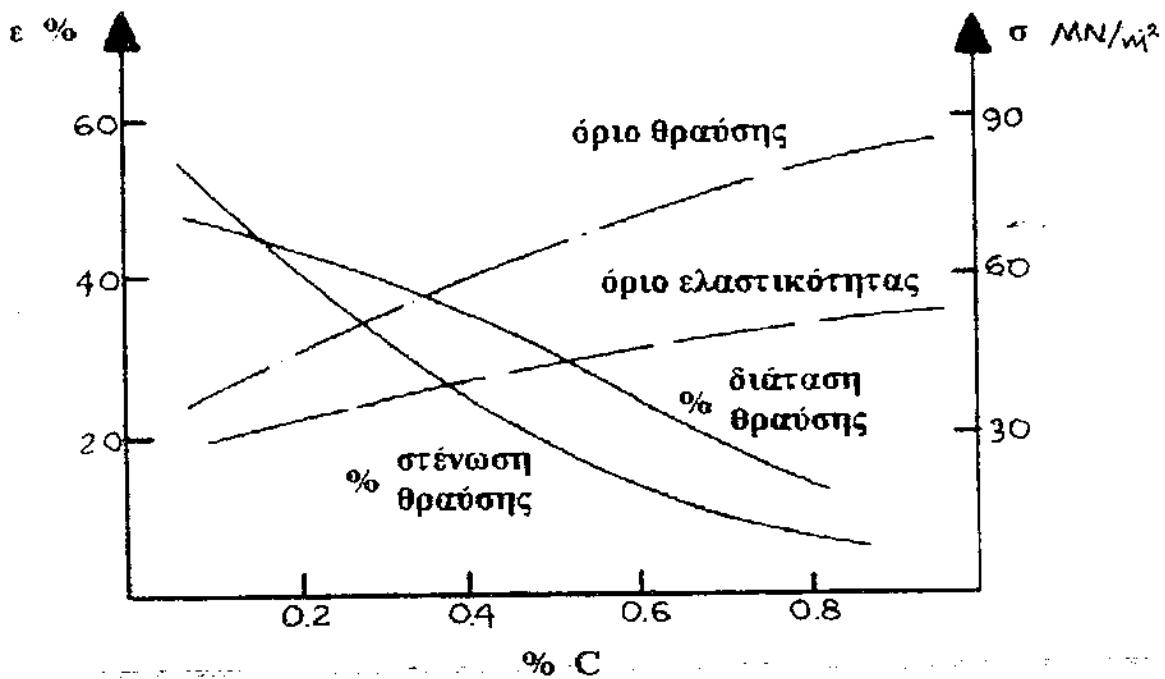
Σχήμα 3.2 : Χαρακτηριστικά διαγράμματα (σ , ϵ) διαφόρων μετάλλων.



Σχήμα 3.3 : Τυπικά διαγράμματα (σ , ϵ) συρμάτων. Σημειώσατε τις πολύ μικρές τιμές των επιμηκύνσεων σε σχέση με το παραπάνω (Σχήμα 3.2)



Σχήμα 3.4 : Τυπικά διαγράμματα (σ, ϵ) για διάφορους τύπους νάυλον και πολυκαρβιδίων.



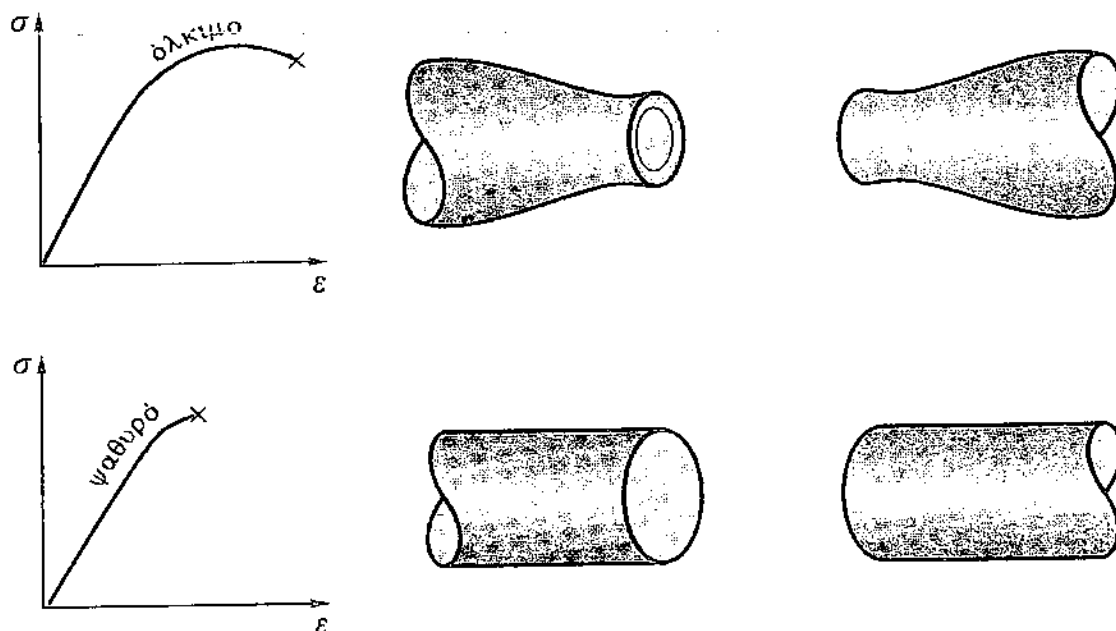
Σχήμα 3.5 : Μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων χάλυβα σε συνάρτηση της περιεκτικότητας σε άνθρακα

3.3 - Η θραύση των όλκιμων και ψαθυρών υλικών.

Η όλκιμη θραύση διακρίνεται από τις έντονες πλαστικές παραμορφώσεις γύρω από την περιοχή θραύσης και η επιφάνεια θραύσης είναι ανομοιόμορφη και χοντρόκοκκοι. Κατά τη θραύση αυτή, το υλικό σπάει εξαιτίας κυρίως, των διατμητικών τάσεων.

Τα υλικά που έχουν την ιδιότητα να σπάνε σαν όλκιμα, χαρακτηρίζονται ως **όλκιμα υλικά** ή **συνεκτικά**. Στο πείραμα του εφελκυσμού, η όλκιμη θραύση φαίνεται από τη δημιουργία λαιμού στο δοκίμιο. Η τάση ενός υλικού προς την όλκιμη θραύση, αυξάνει με αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση της ταχύτητας φόρτισης. Επειδή η όλκιμη θραύση γίνεται αργά, δεν είναι τόσο επικίνδυνη όσο η ψαθυρή.

Στα όλκιμα υλικά, σαν κριτήριο διαστασιολόγησης ή ελέγχου χρησιμοποιείται η μέγιστη διατμητική τάση. Τα όλκιμα υλικά διαρρέουν πριν αστοχήσουν. Η διαρροή αυτή είναι αποτέλεσμα κρίσιμων διατμητικών τάσεων σε επίπεδο 45° .



Σχήμα 3.6 : Θραύση όλκιμων και ψαθυρών υλικών

Ψαθυρή είναι η θραύση εκείνη, κατά την οποία το υλικό σπάει κάθετα στη διεύθυνση φόρτισής του, χωρίς σημαντικές πλαστικές παραμορφώσεις γύρω από την περιοχή θραύσης και άρα η επιφάνεια θραύσης είναι λεία και λεπτόκοκκη. Τα υλικά που έχουν την ιδιότητα να σπάνε σαν ψαθυρά, χαρακτηρίζονται ως **ψαθυρά υλικά**. Στο πείραμα του εφελκυσμού, η ψαθυρή θραύση φαίνεται από τη μη δημιουργία έντονου λαιμού στην περιοχή θραύσης, δηλαδή τα ψαθυρά υλικά θραύονται χωρίς προηγουμένως να διαρρέυσουν. Η τάση ενός υλικού προς ψαθυρή θραύση, αυξάνει με μείωση της θερμοκρασίας και αύξηση της ταχύτητας φόρτισης. Επειδή η ψαθυρή

θραύση μπορεί να δημιουργηθεί ακόμα και κάτω από μικρές φορτίσεις και επειδή επιπλέον διαδίδεται ταχύτατα, είναι πολύ επικίνδυνο.

Στα ψαθυρά υλικά, σαν κριτήριο διαστασιολόγησης ή ελέγχου χρησιμοποιείται η μέγιστη ορθή τάση, γιατί τα υλικά αυτά αστοχούν κάθετα στη διεύθυνση της μέγιστης ορθής τάσης.

Η θραύση καθώς και το διάγραμμα σ-ε, όλκιμων και ψαθυρών υλικών, φαίνεται στο (Σχήμα 3.6). Τόσο η όλκιμότητα (συνεκτικότητα) όσο και η ψαθυρότητα, δεν είναι χαρακτηριστικές ιδιότητες ενός υλικού (όπως π.χ. το όριο διαρροής), αλλά μεταβάλλονται από εξωτερικές επιδράσεις όπως είναι η θερμοκρασία, το είδος της φόρτισης, η ταχύτητα καταπόνησης κ.α., ώστε το ίδιο υλικό άλλοτε να συμπεριφέρεται όλκιμα και άλλοτε ψαθυρά, ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες.

3.5 - Πίνακες υλικών. Μηχανικές ιδιότητες διαφόρων υλικών

Υλικό	Ελαστικές σταθερές			Τάση Διαρροής		Τάση Θραύσης				Φυσικές σταθερές	
	Μέτρο Ελαστικότητας	Μέτρο Διάτμησης	Λόγος Poisson μ	Εφελκυσμός	Διάτμηση	Εφελκυσμός	Θλιψη	Διάτμηση	Ολικότητα (Επιμήκυνση θραύσης)	Πυκνότητα	Συντελεστής θερμικής διαστολής
	GPa	GPa	—	MPa	MPa	MPa	MPa	MPa	(%)	kg/m ³	10 ⁻⁶ /C ^o
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ											
Κράμμα (99% Al)	70	26		95	55	110	...	70	20	2710	23.6
Κράμμα (44% Cu)	72	27	.34	410	220	480	...	290	13	2800	23.0
Κράμμα (1% Mg)	69	26		255	140	290	...	185	17	2710	23.6
ΚΡΑΜΜΑ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ (8.5% Al)	45	...	.30	275	...	380	...	165		1800	26.0
ΜΟΛΥΒΔΟΣ	5		.44	14	14	175			50	1400	
ΞΥΛΕΙΑ											
Έλατο (παρ/λα στις ίνες)	12.5	...		...	...	56	50	7.5		525	3-4
Πεύκο	11	...		...	...	57	50	9.2		610	3-4
Δρυς (παρ/λα στις ίνες)	12.5	...		...	...	48	42	6.8		556	3-4
ΟΡΕΙΧΑΛΚΟΣ (65%Cu, 35%Zn)											
Ψυχρά κατεργασμένος	105	39	.38	105	65	540	...	300	8	8470	20.0
Θερμικά κατεργασμένος	...	...	...	...	...	330	...	220	...	8470	...
ΟΡΕΙΧΑΛΚΟΣ ΦΩΣΦΟΡΟΥΧΟΣ											
Ψυχρά κατεργασμένος	110	41		520	275	560	...	...		8860	17.8
Βαμμένος	110	...		...	...	840	...	...		8780	18.4
ΣΙΔΗΡΟΣ	189	70	.28	210	...	350	420	280	25	7695	12.1
ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ											
B225	25	...	.20	...	...	...	22.5	...		2320	10.0
B450	30	...		...	...	...	45	...		2320	10.0
ΚΡΑΜΑ ΤΙΤΑΝΙΟΥ (6%Al, 4%V)	114	...		825	...	900	...	...		4460	9.5
ΧΑΛΚΟΣ	119	42	.35	266	161	385			10	8913	16.7
ΧΑΛΥΒΑΣ											
Δομικός	200	83		250	145	400	...	...	23	7860	11.7
Υψηλής αντοχής (StII)	200	83		345	210	480	...	...	21	7860	11.7
Υψηλής αντοχής (StIV)	200	83		690	380	825	...	...	18	7860	11.7
Ανοξειδωτος											
Ψυχρά κατεργασμένος	190	72		520	...	860	...	700	12	7920	17.3
Θερμικά κατεργασμένος	190	72		275	152	620	...	...	50	7920	17.3
ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ (4.5%C)											
Στακτόχρους, ASTM-48	70	28		...	...	170	650	240	10.5	7200	12.1
Ελατός ASTM - 47	165	64	.25	230	...	340	620	330	10	7200	12.1
ΔΙΑΦΟΡΑ ΥΛΙΚΑ											
Νάυλον	2	...	.40	...	...	55	...	...		1100	81
Πολυστυρένιο	3	...		...	...	48	90	55		1050	72
Λάστιχο	...	...	.43	...	...	14	...	...		919	162
Νεοπρίν	...	...		...	...	24	...	...		1250	...
Γρανίτης	70	...		...	...	20	240	35		2770	7
Γυαλί, 98% χαλαζίας	65	28	.1+.28	...	...	...	50	...		2190	80

*Οι τιμές του παραπάνω πίνακα είναι ενδεικτικές.

Παράδειγμα : (για την δοκιμή του εφελκυσμού)

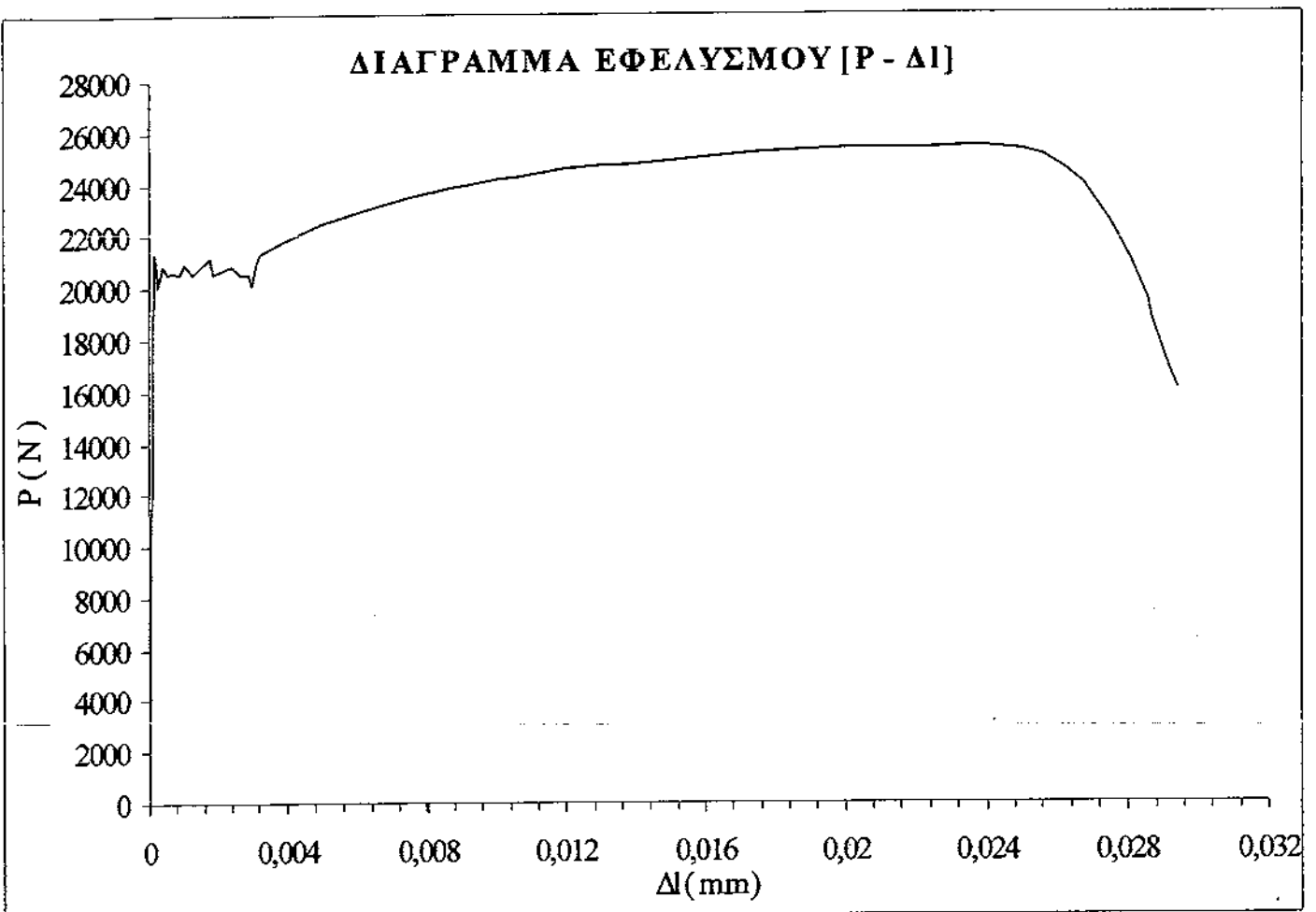
Το πείραμα γίνεται σε μία συσκευή εφελκυσμού, της οποίας το δοκίμιο έχει σχήμα κυλινδρικό και είναι έτσι διαμορφωμένο ώστε να μην έχουμε αστοχία στα σημεία συγκράτησης του, διότι σε αυτό ασκείται μια σύνθετη καταπόνηση. Επιπλέον είναι καλό να γνωρίζουμε αν το δοκίμιο είναι μακρό ή βραχέο, γιατί ως γνωστών επηρεάζονται οι τάσεις και οι παραμορφώσεις της δοκιμής.

Πριν ξεκινήσουμε το πείραμα πήραμε τις αρχικές διαστάσεις που έχει το δοκίμιο (δηλ. το μήκος του που ήταν 100mm και τη διάμετρο του 10mm). Μετά ρυθμίσαμε την κάτω και την πάνω σιαγόνα για να επιτύχουμε το ισομήκες του πασίματος του δοκιμίου και κατόπιν ρυθμίσαμε την κλίμακα που θα έχουμε στον X άξονα που είναι η επιμήκυνση $[\Delta l]$ και στον Y άξονα που είναι το φορτίο $[P]$, την οποία θα μας δώσει το διάγραμμα. Αφού πιάνουμε το δοκίμιο και το σημαδεύουμε πάνω στην μηχανή αρχίζουμε να του επιβάλλουμε τη δύναμη. Η επιμήκυνση θα μετρηθεί με ειδικό όργανο το μηκυσιόμετρο και την αύξηση του φορτίου μας θα την δείχνει ένας βαθμονομημένος πίνακας που έχει το μηχανήμα. Κατά τη διάρκεια που το δοκίμιο επιφορτίζεται παρατηρούμε το πέρασμα απ' τα στάδια του ορίου αναλογίας, της ελαστικότητας, της διαρροής και πριν φτάσει στο όριο θραύσης δημιουργείται ένας λαιμός και κόβεται.

Στο πείραμα που κάναμε παίρνουμε από την μηχανή το διάγραμμα φορτίου – επιμηκύνσεως (Σχήμα : 3.7) γιατί με αυτό έχουμε έναν πλήρη έλεγχο των μηχανικών ιδιοτήτων του εξεταζόμενου υλικού και μετά μπορούμε να προσδιορίσουμε και όλα τα υπόλοιπα μεγέθη : σ_A , σ_E , σ_D , $\sigma_{θρ}$, E , $\delta\%$, $\psi\%$.

Αρχικές διαστάσεις : $l_0 = 100 \text{ mm}$, $d_0 = 10 \text{ mm}$

1) Το διάγραμμα P-Δl από την μηχανή μας (Σχήμα 3.7).



Σχήμα 3.7 : Διάγραμμα φορτίου - επιμήκυνσης

2) Αφού τώρα έχουμε το διάγραμμα P-Δl τώρα πάμε να κατασκευάσουμε το διάγραμμα σ-ε.

Για να φτιάξουμε το διάγραμμα τάσης-παραμόρφωσης πρέπει να ξέρουμε τις σχέσεις από τις οποίες θα βγάλουμε αυτές τις τιμές και είναι οι εξής :

✓ Ο τύπος για την ονομαστική ή συμβατική ορθή τάση είναι ο τύπος : $\sigma = \frac{P}{F}$.

✓ Ο τύπος για την ανοιγμένη ονομαστική ή συμβατική παραμόρφωση είναι ο τύπος :

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} = \frac{l' - l}{l}$$

Τοποθετούμε τα στοιχεία που έχουμε στον πίνακα από το διάγραμμα φορτίου – επιμήκυνσης (Σχήμα 3.7) και στην συνέχεια αφού συμπληρώσουμε τον πίνακα θα φτιάξουμε το διάγραμμα σ-ε:

Πίνακας 3.1

α/α	ΦΟΡΤΙΟ P N	ΔΙΑΤΟΜΗ F ₀ *10 ⁻⁵ m ²	ΤΑΣΗ σ MPa	ΕΠΙΜΗΚΥΝΣΗ Δl mm	ΑΡΧΙΚΟ ΜΗΚΟΣ l ₀ mm	ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ε Δl/l ₀
1	0	7,854	0	0	100	0
2	750	7,854	9,5492966	4,77465E-06	100	4,77465E-05
3	1500	7,854	19,098593	9,5493E-06	100	9,5493E-05
4	2250	7,854	28,64789	1,43239E-05	100	0,000143239
5	3000	7,854	38,197186	1,90986E-05	100	0,000190986
6	3750	7,854	47,746483	2,38732E-05	100	0,000238732
7	4500	7,854	57,29578	2,86479E-05	100	0,000286479
8	5250	7,854	66,845076	3,34225E-05	100	0,000334225
9	6000	7,854	76,394373	3,81972E-05	100	0,000381972
10	6750	7,854	85,943669	4,29718E-05	100	0,000429718
11	7500	7,854	95,492966	4,77465E-05	100	0,000477465
12	8250	7,854	105,04226	5,25211E-05	100	0,000525211
13	9000	7,854	114,59156	5,72958E-05	100	0,000572958
14	9750	7,854	124,14086	6,20704E-05	100	0,000620704
15	10500	7,854	133,69015	6,68451E-05	100	0,000668451
16	11250	7,854	143,23945	7,16197E-05	100	0,000716197
17	12000	7,854	152,78875	7,63944E-05	100	0,000763944
18	12750	7,854	162,33804	8,1169E-05	100	0,00081169
19	13500	7,854	171,88734	8,59437E-05	100	0,000859437
20	14250	7,854	181,43664	9,07183E-05	100	0,000907183
21	15000	7,854	190,98593	9,5493E-05	100	0,00095493
22	15750	7,854	200,53523	0,000100268	100	0,001002676
23	16500	7,854	210,08452	0,000105042	100	0,001050423
24	17250	7,854	219,63382	0,000109817	100	0,001098169
25	18000	7,854	229,18312	0,000114592	100	0,001145916
26	18750	7,854	238,73241	0,000119366	100	0,001193662
27	19500	7,854	248,28171	0,000124141	100	0,001241409
28	20250	7,854	257,83101	0,000128916	100	0,001289155
29	21000	7,854	267,3803	0,00013369	100	0,001336902
30	21300	7,854	271,20002	0,00013369	100	0,001356
31	21000	7,854	267,3803	0,00019619	100	0,001336902
32	20100	7,854	255,92115	0,00022119	100	0,001279606
33	20850	7,854	265,47045	0,00038369	100	0,001327352

34	20550	7,854	261,65073	0,00054619	100	0,001308254
35	20625	7,854	262,60566	0,00063369	100	0,001313028
36	20550	7,854	261,65073	0,00085869	100	0,001308254
37	20925	7,854	266,42537	0,00100869	100	0,001332127
38	20550	7,854	261,65073	0,00125869	100	0,001308254
39	21150	7,854	269,29016	0,00175869	100	0,001346451
40	20550	7,854	261,65073	0,00188369	100	0,001308254
41	20850	7,854	265,47045	0,00238369	100	0,001327352
42	20550	7,854	261,65073	0,00263369	100	0,001308254
43	20550	7,854	261,65073	0,00288369	100	0,001308254
44	20100	7,854	255,92115	0,00300869	100	0,001279606
45	21000	7,854	267,3803	0,00313369	100	0,001336902
46	21300	7,854	271,20002	0,00323369	100	0,0323369
47	21750	7,854	276,9296	0,00375869	100	0,0375869
48	22500	7,854	286,4789	0,00500869	100	0,0500869
49	23025	7,854	293,16341	0,00625869	100	0,0625869
50	23475	7,854	298,89298	0,00750869	100	0,0750869
51	23925	7,854	304,62256	0,00875869	100	0,0875869
52	24000	7,854	305,57749	0,00913369	100	0,0913369
53	24225	7,854	308,44228	0,01000869	100	0,1000869
54	24300	7,854	309,39721	0,01063369	100	0,1063369
55	24450	7,854	311,30707	0,01125869	100	0,1125869
56	24600	7,854	313,21693	0,01188369	100	0,1188369
57	24750	7,854	315,12679	0,01313369	100	0,1313369
58	24780	7,854	315,50876	0,01375869	100	0,1375869
59	24900	7,854	317,03665	0,01500869	100	0,1500869
60	24975	7,854	317,99158	0,01563369	100	0,1563369
61	25050	7,854	318,94651	0,01625869	100	0,1625869
62	25200	7,854	320,85637	0,01750869	100	0,1750869
63	25275	7,854	321,81129	0,01875869	100	0,1875869
64	25350	7,854	322,76622	0,02000869	100	0,2000869
65	25350	7,854	322,76622	0,02125869	100	0,2125869
66	25350	7,854	322,76622	0,02250869	100	0,2250869
67	25425	7,854	323,72115	0,02375869	100	0,2375869
68	25275	7,854	321,81129	0,02500869	100	0,2500869
69	25050	7,854	318,94651	0,02563369	100	0,2563369
70	24525	7,854	312,262	0,02625869	100	0,2625869
71	24000	7,854	305,57749	0,02675869	100	0,2675869
72	22500	7,854	286,4789	0,02750869	100	0,2750869
73	21000	7,854	267,3803	0,02807119	100	0,2807119
74	20250	7,854	257,83101	0,02832119	100	0,2832119

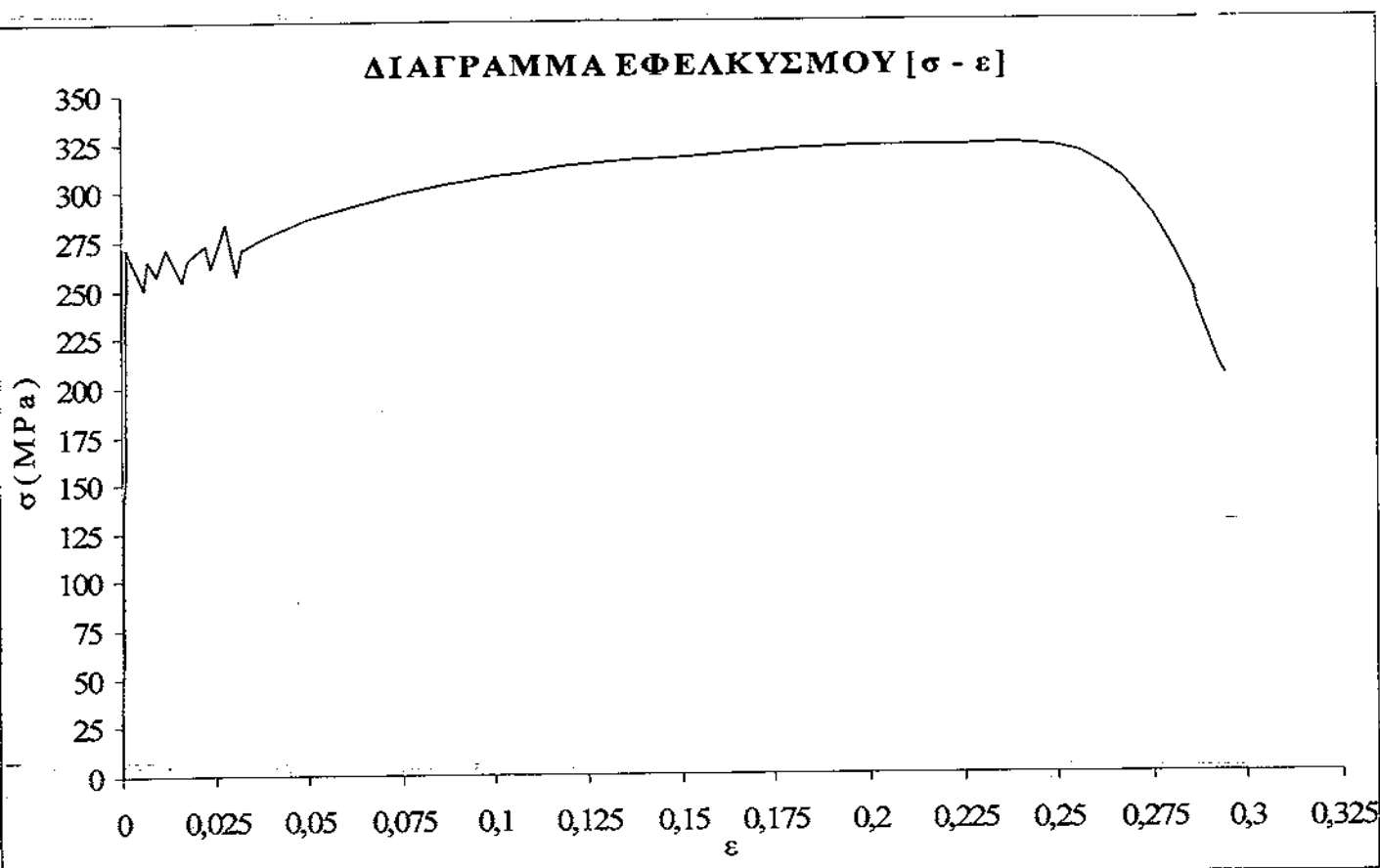
75	19500	7,854	248,28171	0,02857119	100	0,2857119
76	18750	7,854	238,73241	0,02869619	100	0,2869619
77	18000	7,854	229,18312	0,02888369	100	0,2888369
78	17250	7,854	219,63382	0,02907119	100	0,2907119
79	16500	7,854	210,08452	0,02925869	100	0,2925869
80	16050	7,854	204,35495	0,02938369	100	0,2938369

Υπολογισμός της διατομής :

$$F = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 = \frac{\pi}{4} \cdot (0,01)^2 = 7,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

Τους υπολογισμούς της ορθής τάσης και της παραμόρφωσης, τις κάνουμε και για τα υπόλοιπα σημεία που έχουμε στον πίνακα 3.1 που τα έχουμε πάρει από το διάγραμμα P-Δl.

- 3) Αφού έχουμε κάνει τους υπολογισμούς στον πίνακα και έχουμε βρει την ορθή τάση και την παραμόρφωση του υλικού μας θα πάμε να φτιάξουμε τώρα το διάγραμμα σ-ε.
(Σχήμα : 3.8)



Σχήμα 3.8 : Διάγραμμα τάσεως - παραμορφώσεως

4) Τώρα θα υπολογίσουμε το μέτρο ελαστικότητας ή μέτρο του Young που είναι ο λόγος της τάσης αναλογίας σ_A προς την ανοιγμένη παραμόρφωση ε στην ελαστική περιοχή του υλικού μας. Άρα :

$$\sigma = \varepsilon \cdot E \Rightarrow E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \Rightarrow E = \frac{248,2817112 \text{ MPa}}{0,001289155} = 192592,597 \text{ MPa}$$

5) Υπολογισμός του ορίου αναλογίας :

$$\sigma_A = \frac{P}{F} = \frac{17250 \text{ N}}{7,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 2196338215 \text{ N/m}^2 \approx 219,63 \text{ MPa}$$

6) Υπολογισμός του ορίου διαρροής :

$$\max : \sigma_{\Delta} = \frac{P}{F} = \frac{21300 \text{ N}}{7,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 271200023 \text{ N/m}^2 \approx 271,2 \text{ MPa}$$

$$\min : \sigma_{\Delta} = \frac{P}{F} = \frac{20550 \text{ N}}{7,85 \times 10^{-5} \text{ m}^2} = 2616507264 \text{ N/m}^2 \approx 261,65 \text{ MPa}$$

7) Υπολογισμός του ορίου θραύσης :

$$\sigma_{\theta p.} = \frac{P_{\max}}{F} = \frac{25425 \text{ N}}{7,854 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 3237211542 \text{ N/m}^2 \approx 323,72 \text{ MPa}$$

8) Υπολογισμός της διαστολής :

$$\delta\% = \frac{l_{\theta p.} - l}{l} \cdot 100 = \frac{130 - 100}{100} = 30\%$$

4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΗΣ

4.1 - Θεωρητική προσέγγιση

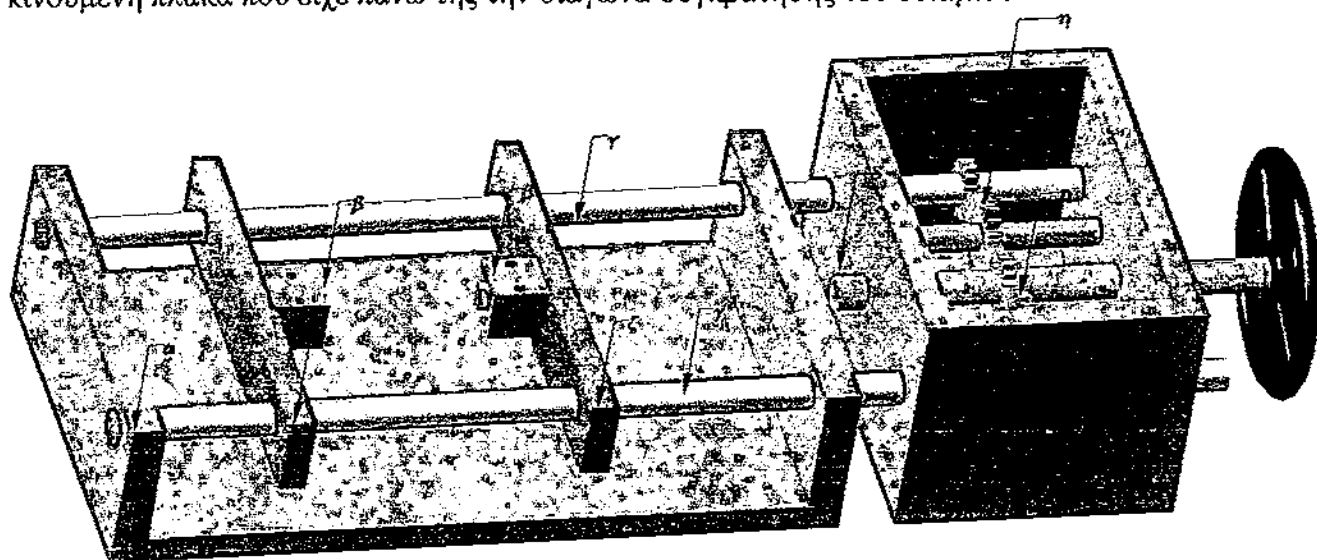
Η “ιδέα” της κατασκευής της μηχανής.

Η κατασκευή της μηχανής εφελκυσμού ήταν μια απόφαση που πάρθηκε από κοινού από εμένα και τον καθηγητή Βασιλόπουλο Αναστάσιο. Την απόφαση αυτή ακολούθησε η αναζήτηση τύπου μηχανής εφελκυσμού για να προσανατολιστούμε στο είδος της μηχανής που θα επιλέγαμε να κατασκευάσουμε καθώς και τη λειτουργία αυτής.

Το αποτέλεσμα της αναζήτησης μας είναι η κατασκευή μιας μηχανής εφελκυσμού οριζόντιου τύπου.

Προσεγγιστική περιγραφή της μηχανής.

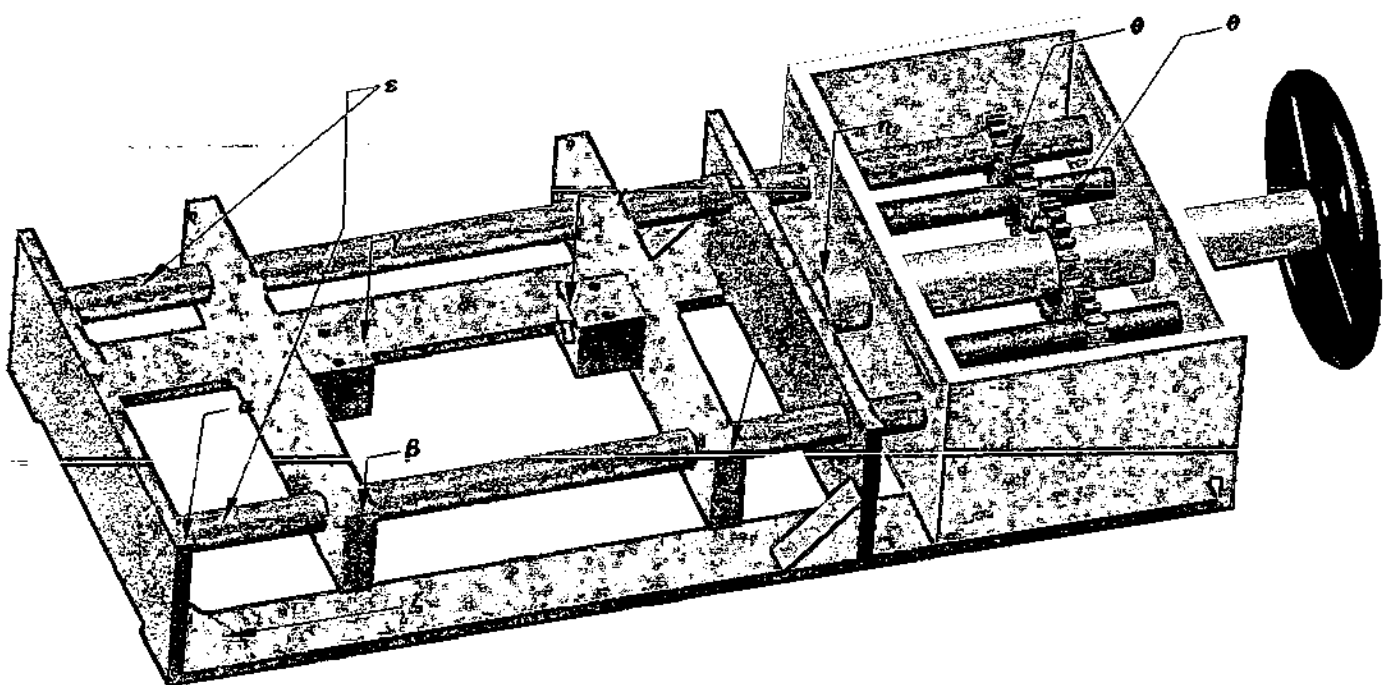
Η πρώτη μορφή της μηχανής που σχεδιάσαμε απεικονίζεται στην [Εικόνα : 1]. Αυτή η μηχανή είχε σχεδιαστεί να έχει δύο άξονες κινήσεως ώστε να μπορούμε να μετακινούμε την κινούμενη πλάκα που είχε πάνω της την σιαγόνα συγκράτησης του δοκιμίου.



Εικόνα 1 : Μηχανή εφελκυσμού πρώτη μορφή

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| α) το σασί της μηχανής | ε) το σταθερό μέρος |
| β) οι σιαγώνες συγκράτησης | ζ) το κινητό μέρος |
| γ) οι κύριοι άξονες κίνησης | η) γρανάζια μετάδοσης κίνησης |
| δ) ο δευτερεύον άξονας κίνησης | |

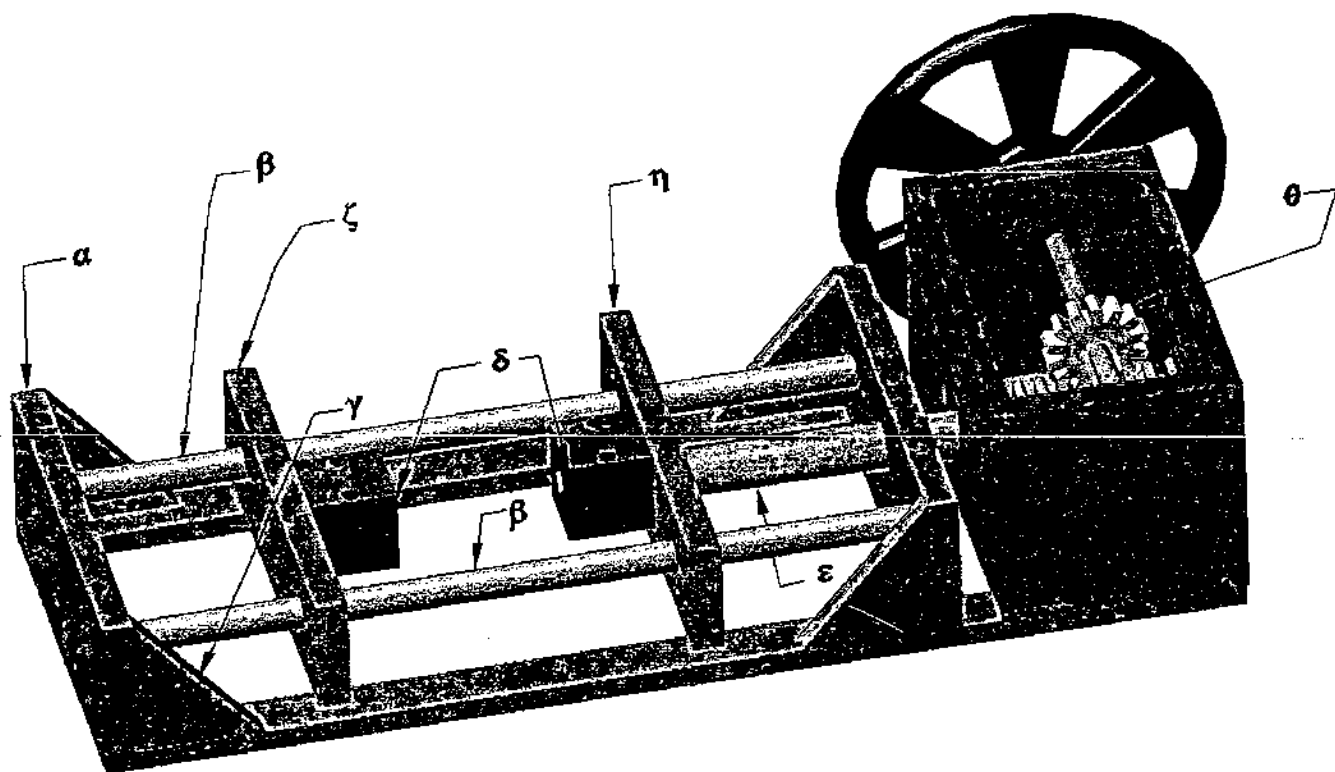
Βέβαια επειδή αυτή η μηχανή που φτιάχνουμε είναι για εκπαιδευτικό σκοπό, αλλάξαμε το σχεδιασμό της όπως αυτός φαίνεται στην [Εικόνα 1]. Η νέα σχεδίαση της μηχανής θα είναι πιο ελαφριά όπως απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα [Εικόνα 2], για το λόγο ότι θέλουμε να είναι εύκολη στη μεταφορά αλλά και στη χρήση της.



Εικόνα 2 : Μηχανή εφελκυσμού δεύτερη μορφή

- | | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| α) το σασί | ε) κύριοι άξονες κίνησης |
| β) το σταθερό μέρος | ζ) 4 νεύρα για την ενίσχυση του σασί |
| γ) οι σιαγώνες συγκράτησης | η) ο δευτερεύον άξονας κίνησης |
| δ) το κινητό μέρος | θ) τα γρανάζια μετάδοσης κίνησης |

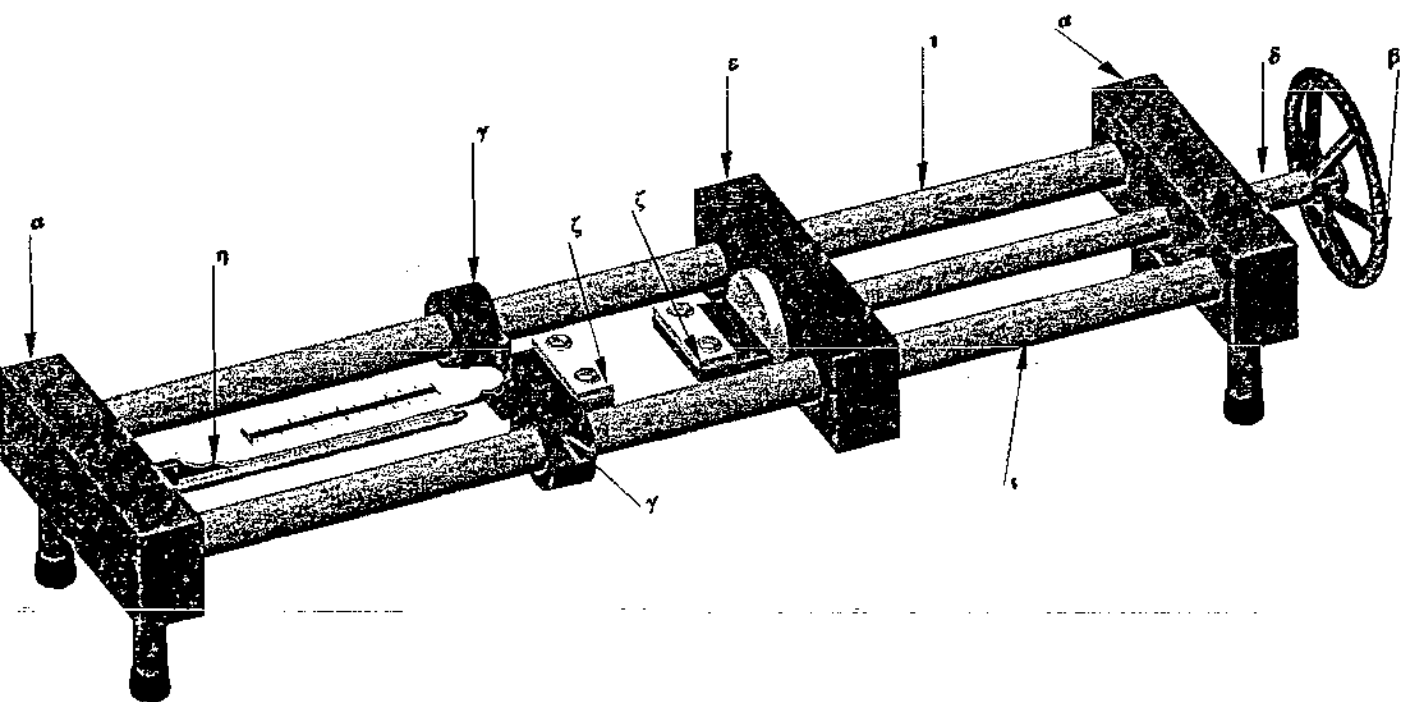
Καθώς αρχίσαμε να μελετάμε τη συμπεριφορά όλων των μερών της μηχανής αλλά και την λειτουργικότητα αυτής, είχαμε ένα πρόβλημα προς τη μετάδοση κίνησης με τους δύο άξονες (δηλ. δεν είχαμε καλή μετατόπιση της κινούμενης πλάκας που επάνω είναι προσαρμοσμένη η σιαγόνα συγκράτησης του δοκιμίου). Έτσι για να αποφύγουμε αυτό το πρόβλημα της μετακίνησης της κινούμενης πλάκας έγινε μια μετατροπή. Αντικαταστήσαμε τους δύο κινούμενους άξονες με έναν άξονα και έτσι λύσαμε το πρόβλημα της μετακίνησης, έχοντας ταυτόχρονα και σημαντική μείωση του βάρους της μηχανής. [Εικόνα 3].



Εικόνα 3 : Μηχανή εφελκυσμού τρίτη μορφή

- | | |
|--------------------------------------|--|
| α) το σασί της μηχανής | ε) κύριος άξονας κίνησης |
| β) οδηγοί άξονες | ζ) σταθερό μέρος |
| γ) 4 νεύρα για την ενίσχυση του σασί | η) κινητό μέρος |
| δ) σιαγώνες συγκράτησης δοκιμίου | θ) γρανάζια με κανόνα για μετάδοση κίνησης |

Μετά από όλα αυτά τα σχέδια που προηγήθηκαν καταλήξαμε στο σχεδιασμό της μηχανής όπως αυτή απεικονίζεται στην [Εικόνα 4]. Όπως προκύπτει και από το σχέδιο αυτή θα είναι η τελειωτική μορφή της μηχανής του εφελκυσμού η οποία κατέστη υλοποιήσιμη.

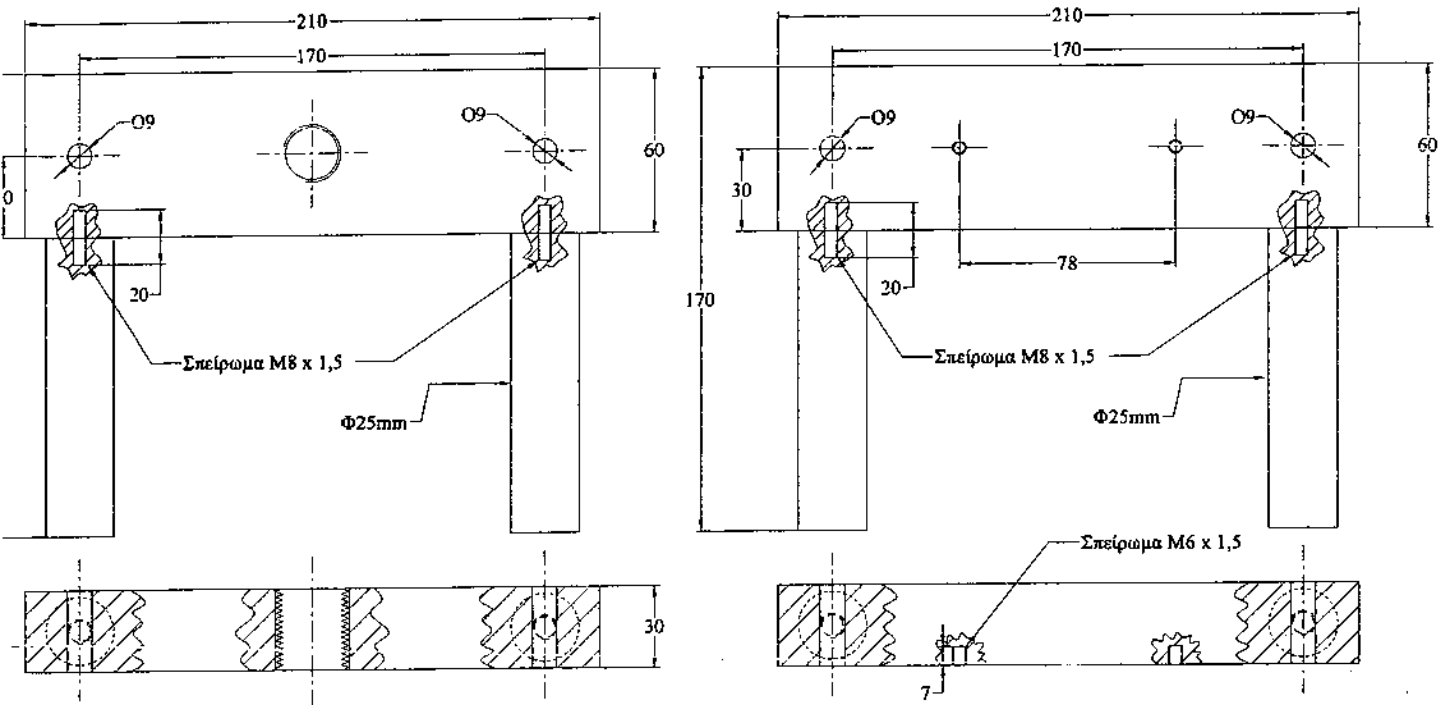


Εικόνα 4 : Μηχανή εφελκυσμού τελική μορφή

- α) το σασί της μηχανής
- β) η τροχαλία κίνησης
- γ) 2 μέρη στοπ
- δ) κύριος άξονας κίνησης
- ε) το κινητό μέρος
- ζ) σιαγώνες συγκράτησης δοκιμίου
- η) το κανταράκι
- θ) 4 ποδαράκια του σασί της μηχανής
- ι) 2 άξονες οδηγοί

4.2 - Τεχνική περιγραφή - Κατασκευαστικά σχέδια.

1.α) Τα δύο τμήματα του σασί της μηχανής. (σχέδια)



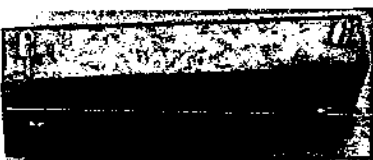
1.β) Πραγματική απεικόνιση των τμημάτων του σασί της μηχανής.

Στα εικονίδια που ακολουθούν παρουσιάζουμε τμήματα του σασί που κατασκευάσα στο μηχανουργείο περνώντας από τα στάδια της κοπής, συναρμολόγησης και βαφής αυτών.

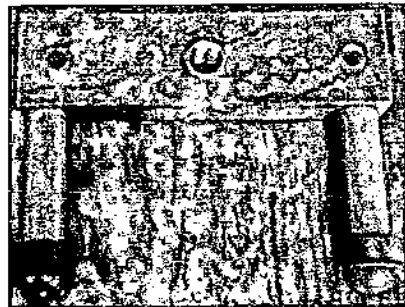
α. Το σασί κατά την διάρκεια που ακόμα φτιάχνεται.

β. Το σασί όταν ποια έχουμε τελειώσει όλες τις διεργασίες που είχαμε.

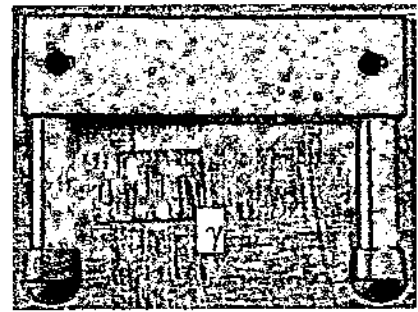
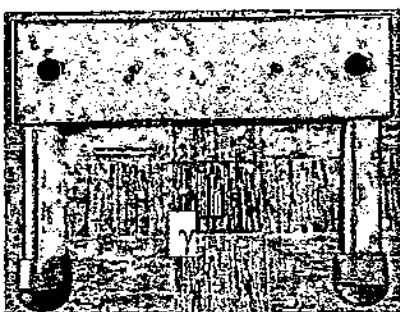
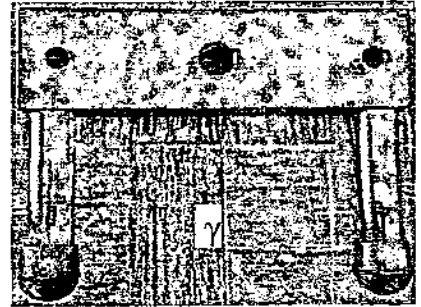
γ. Οι υπόλοιπες φωτογραφίες είναι στο στάδιο που ποια έχουν βαφτεί.



α

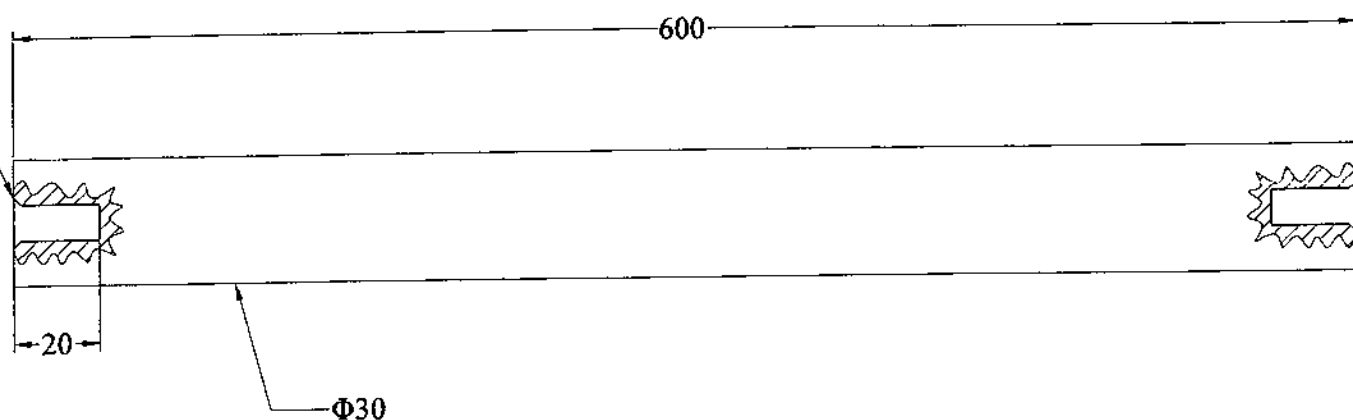


β



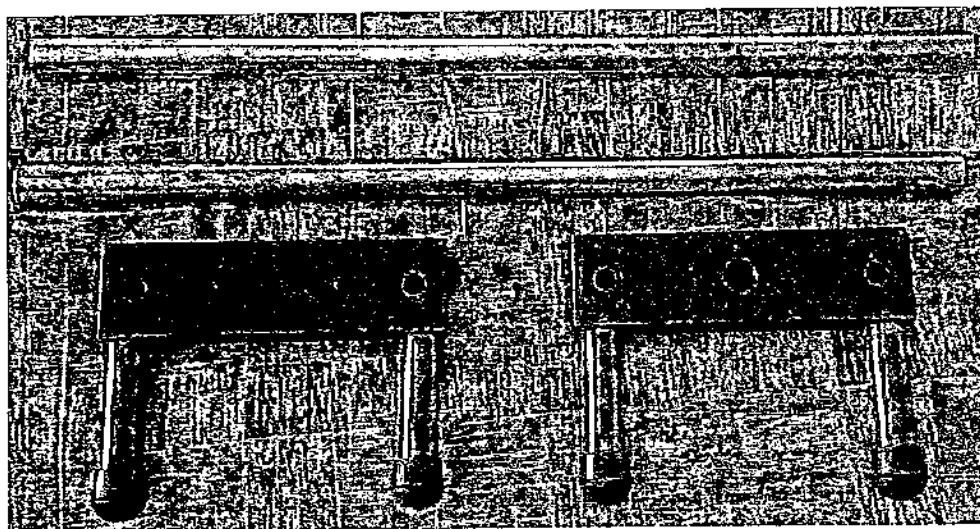
2.α) Οι δύο άξονες που τους χρησιμοποιούμε για οδηγούς. (σχήμα)

M8 x 1,5

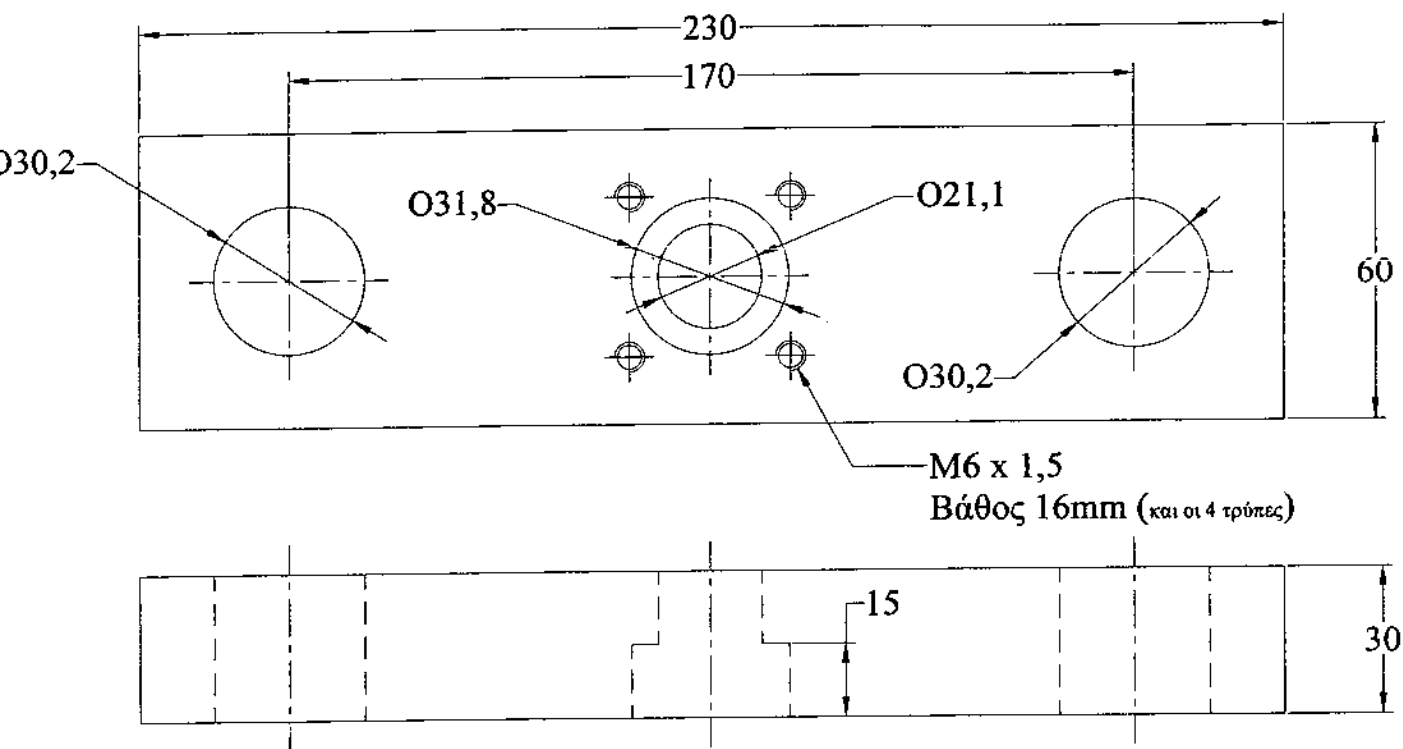


2.β) Πραγματική απεικόνιση των δύο αξόνων που τους χρησιμοποιούμε για οδηγούς.

Μετά την κατασκευή των τμημάτων του σασί ασχολήθηκα με την δημιουργία των αξόνων που είναι απαραίτητη για την στήριξη της κινούμενης πλάκας ως οδηγοί (ή γλίστρες).



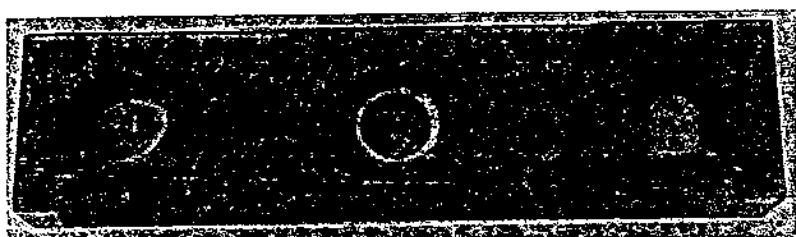
3.α) Κινούμενη πλάκα. (σχέδιο)



3.β) Πραγματική απεικόνιση της κινούμενης πλάκα.

Στο σημείο αυτό έχουμε την κινούμενη πλάκα η οποία κατασκευάστηκε με σκοπό η μετακίνηση της να εφελκύει το δοκίμιο.

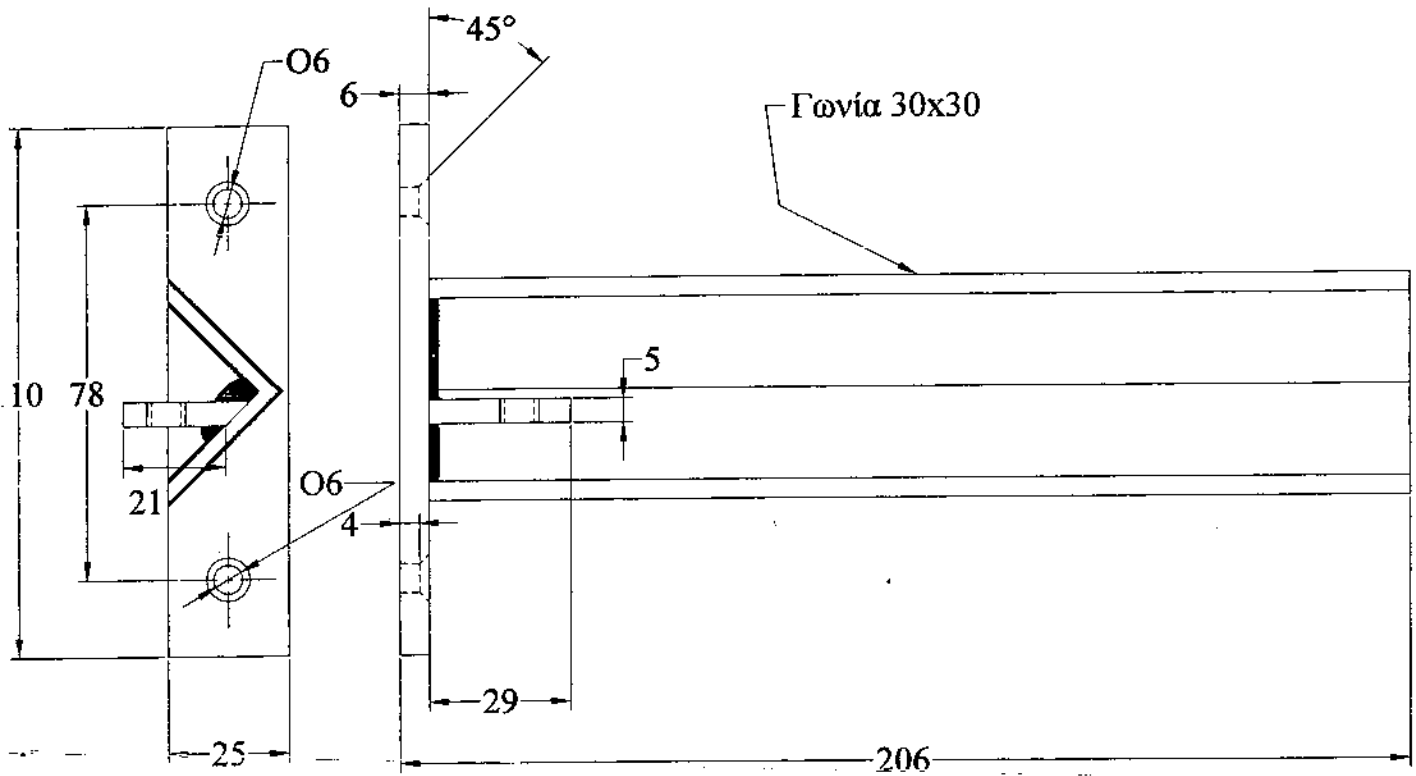
Το κομμάτι που φαίνεται δίπλα είναι μόλις έχει βγει από την κατεργασία που έγινε σε CNC εργαλειομηχανή. Ακόμα έχει και κάποια άλλα τμήματα που χρησιμοποιούμε.



Στις δύο αριστερά μας εικόνες είναι όταν ποια έχουμε βάψει την κινούμενη πλάκα.

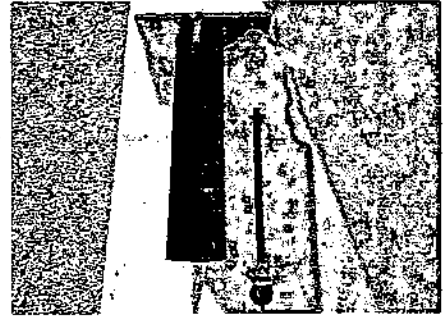
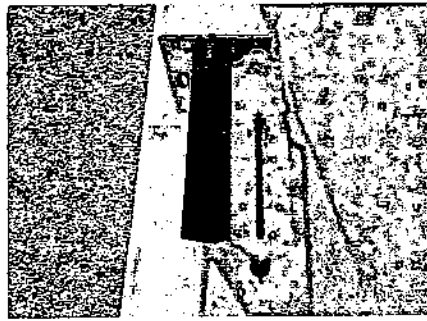
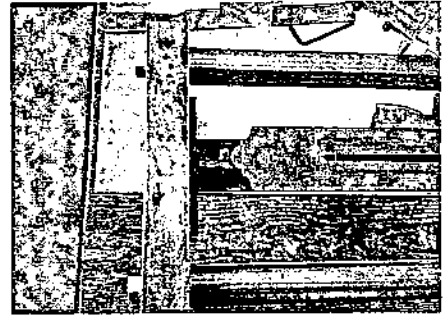
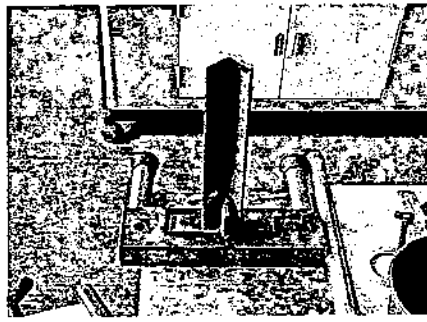
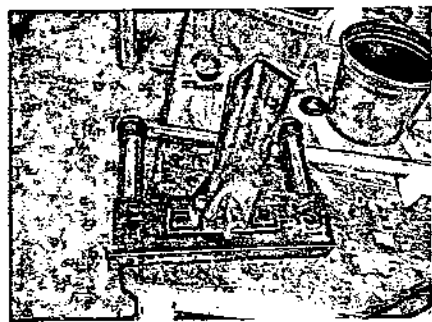


4.α) Κανταράκι. Θέση στήριξης του στο μηχανισμό. (σχέδιο)

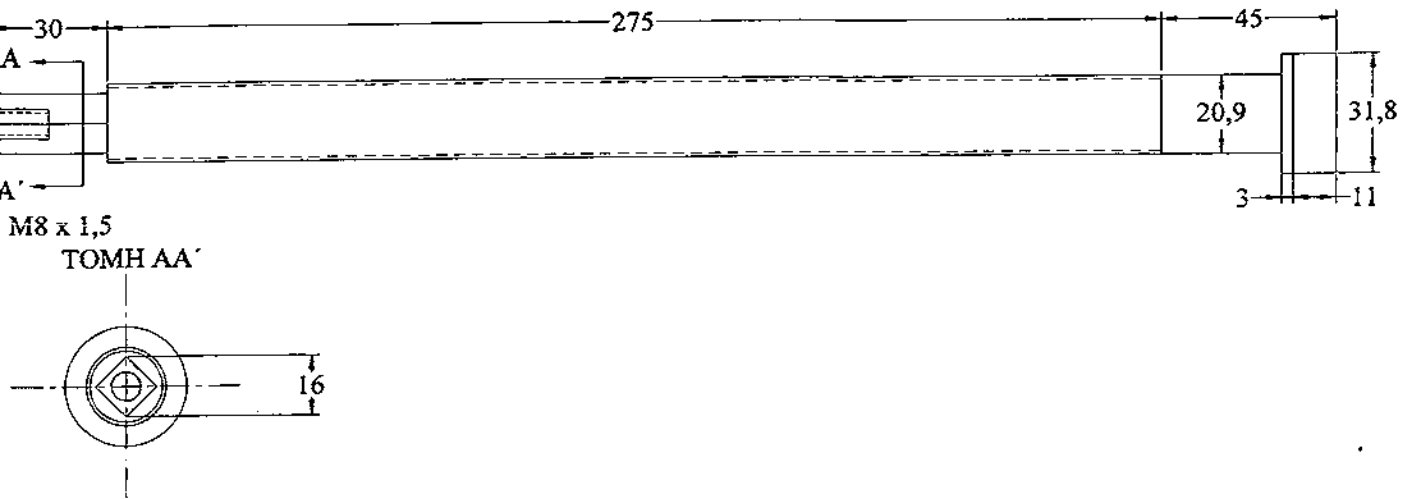


4.β) Πραγματική απεικόνιση μέρος συγκράτησης του για το κανταράκι.

Μια από τις εργασίες που χρειάστηκαν να γίνουν ήταν το φτιάξιμο μιας βάσης για να στηρίξουμε το κανταράκι, όργανο απαραίτητο για την μέτρηση του φορτίου.

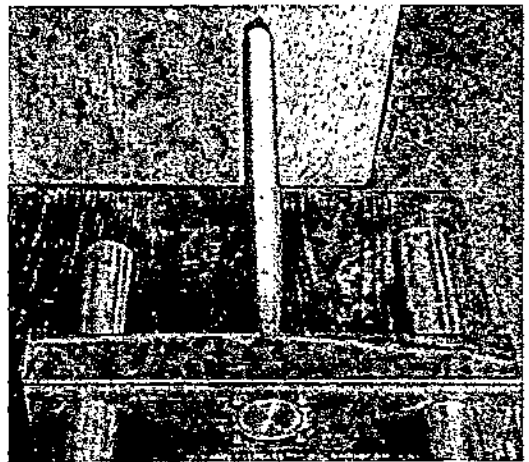
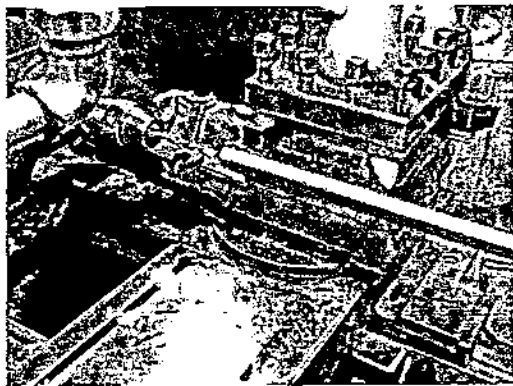


5.α) Άξονας κινήσεως. (σχέδιο)

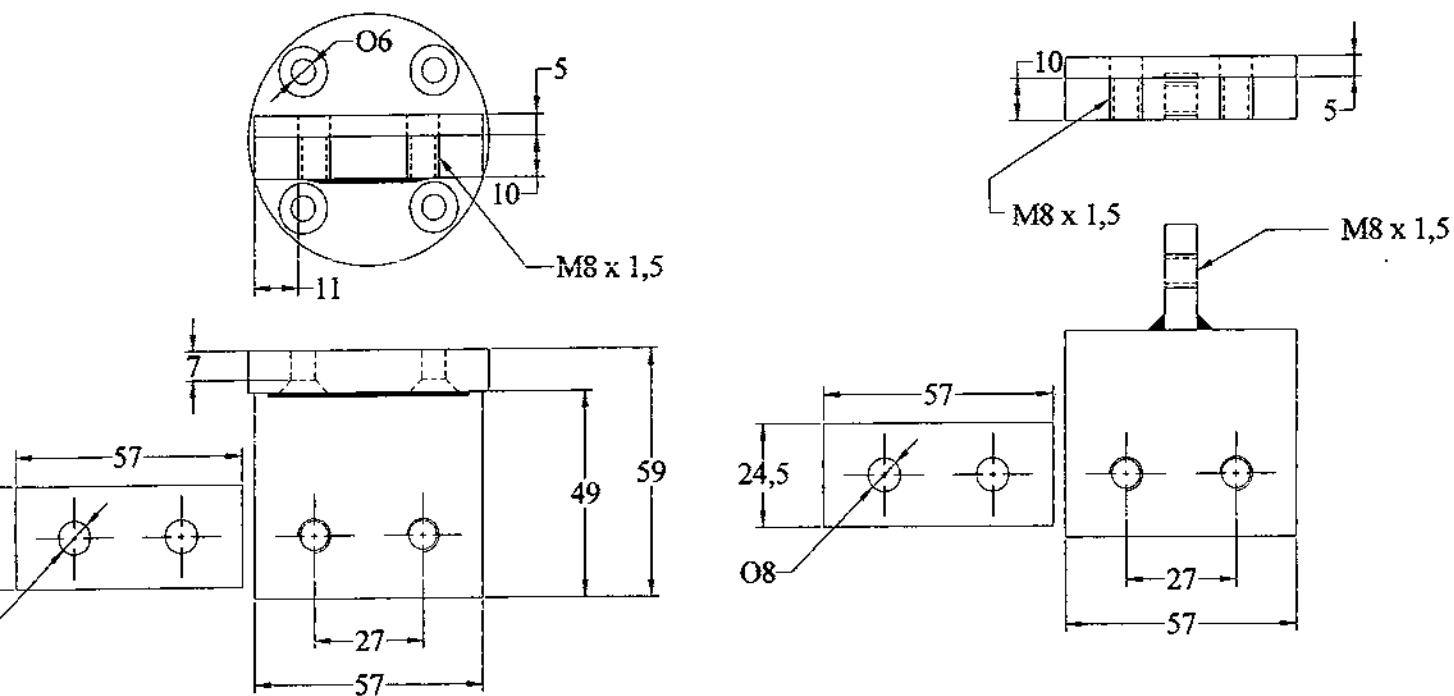


5.β) Πραγματική απεικόνιση του άξονα κινήσεως.

Το βασικό στοιχείο του μηχανισμού εφελκυσμού που είναι ο άξονας κινήσεως κατασκευάστηκε με τη βοήθεια τόννου. Ο άξονας αυτός έχει μεγάλη ακρίβεια σε όλες του τις διαστάσεις και το σπείρωμα που έχει φτιαχτεί είναι ψιλόπασσο της 1/2'' της ιντσας. (σωλήνας σπείρωματος).

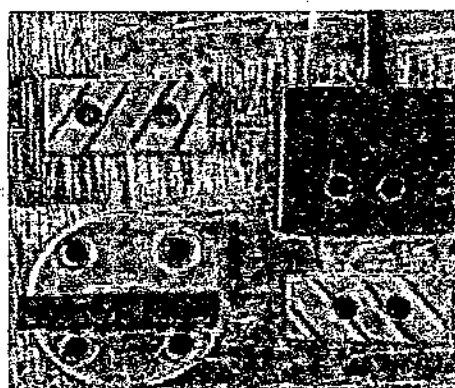
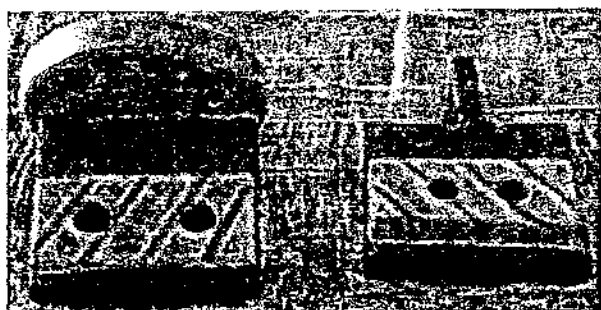
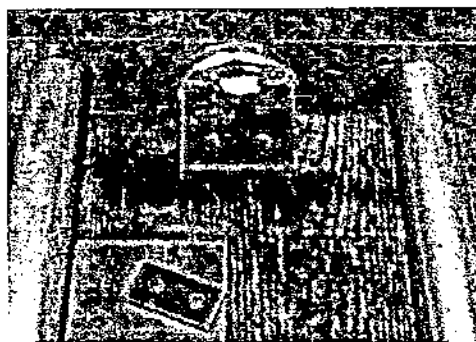
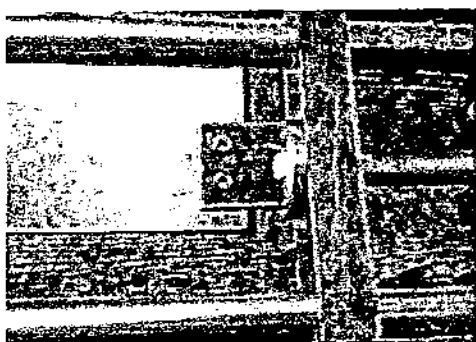


6.α) Σιαγώνες συγκράτησης

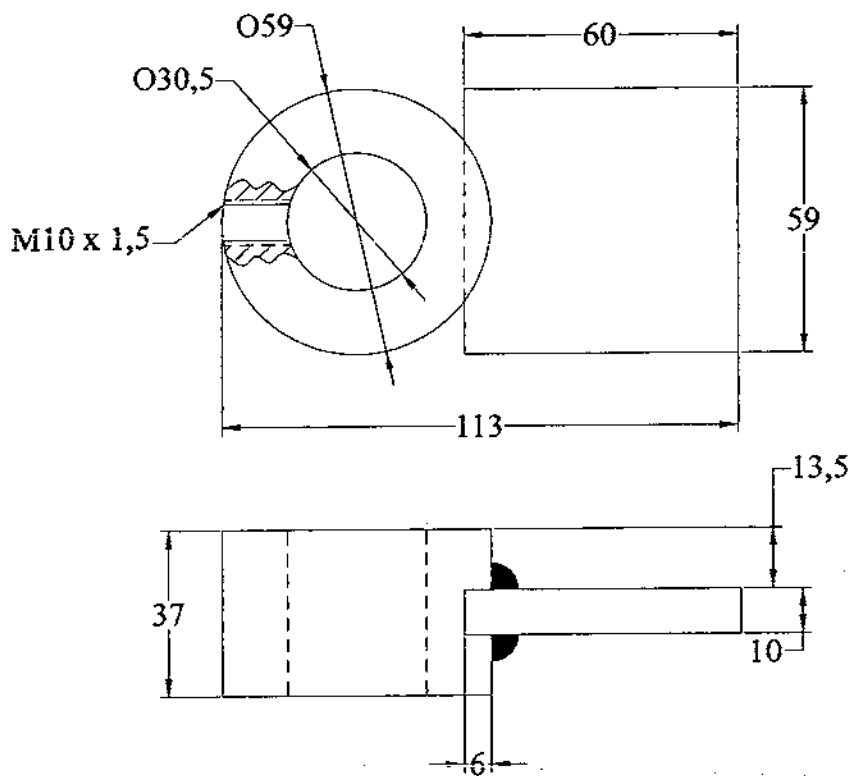


6.β) Πραγματική απεικόνιση των Σιαγώνων συγκράτησης.

Με αυτά τὰ μέρη κάνουμε την πρόσδεση του δοκιμίου ώστε να γίνει το πείραμα του εφελκυσμού.



7.α) Στοπ για την σιαγώνα που είναι δεμένη πάνω στο κανταράκι.



7.β) Πραγματική απεικόνιση των στοπ για την σιαγώνα που είναι δεμένη πάνω στο κανταράκι.



5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΕΠΙΒΕΒΑΙΩΣΗ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ

Στην μηχανή που κατασκευάσαμε, θα κάνουμε το πείραμα με δοκίμιο χάλκινο διαμέτρου 1,3mm για να φτιάξουμε το διάγραμμα τάσεως - επιμηκόνσεως (P - Δl).

Το διάγραμμα φορτίου - επιμήκυνσης (P - Δl) για να πραγματοποιηθεί θα γίνει η δοκιμή με 5 δοκίμια τις ίδιες διαμέτρου και τα στοιχεία που παίρνουμε τα τοποθετούμε σε πίνακες ώστε να μας βοηθούν να φτιάξουμε τα διαγράμματα.

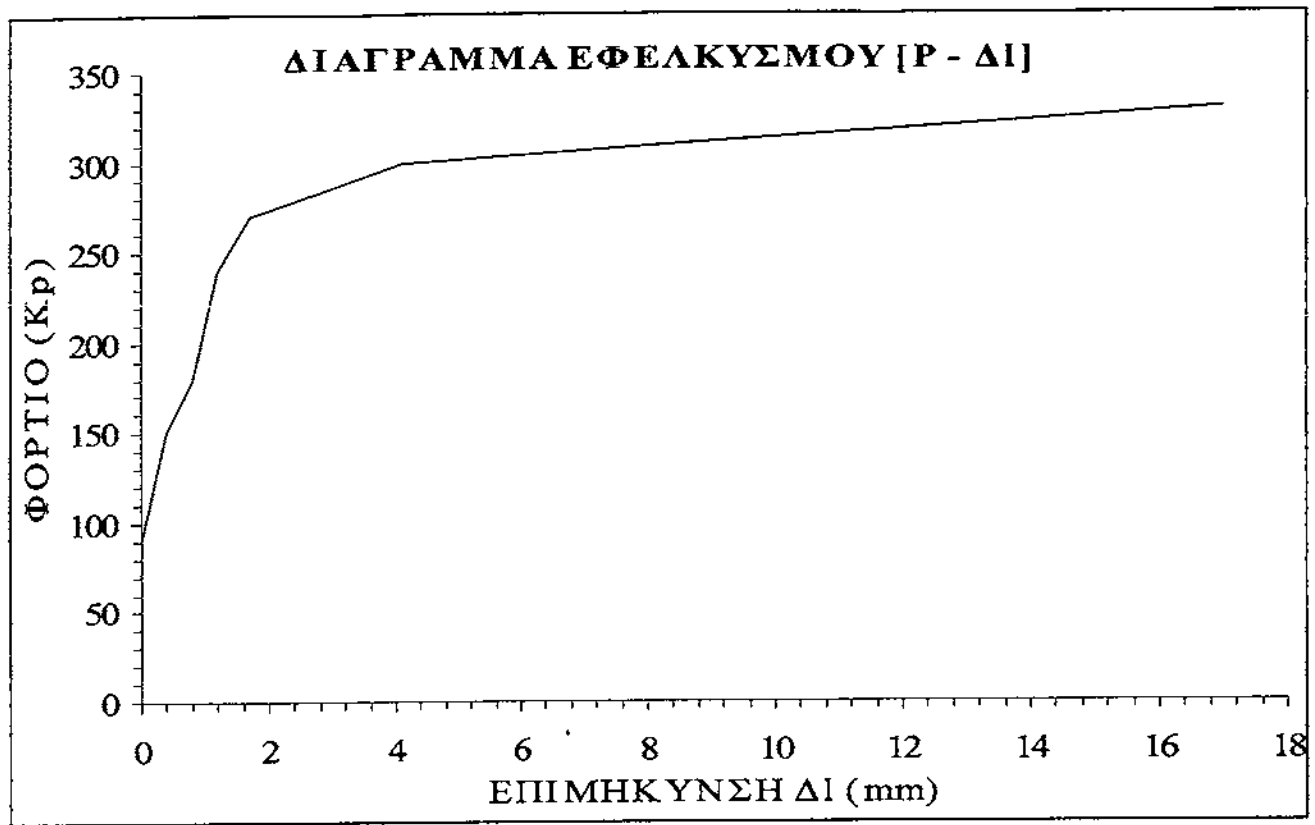
ΠΙΝΑΚΑΣ 1					ΠΙΝΑΚΑΣ 2				
Kp				Δl	Kp				Δl
0	153,6	0	0	0	0	153,5	0	0	0
30	147,6	6	0	0	30	147,5	6	0	0
60	141,6	6	0	0	60	141,3	6,2	0,2	0,2
90	135,6	6	0	0	90	135,1	6,2	0,2	0,4
120	129,4	6,2	0,2	0,2	120	129	6,1	0,1	0,5
150	123,2	6,2	0,2	0,4	150	123	6	0	0,5
180	116,8	6,4	0,4	0,8	180	116,9	6,1	0,1	0,6
210	110,6	6,2	0,2	1	210	110,4	6,5	0,5	1,1
240	104,4	6,2	0,2	1,2	240	104,1	6,3	0,3	1,4
270	97,9	6,5	0,5	1,7	270	97,5	6,6	0,6	2
300	89,5	8,4	2,4	4,1	300	88,5	9	3	5
330	70,6	18,9	12,9	17	330	70	18,5	12,5	17,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 3					ΠΙΝΑΚΑΣ 4				
Kp				Δl	Kp				Δl
0	155,1	0	0	0	0	154,3	0	0	0
20	151,1	4	0	0	20	150	4,3	0,3	0,3
40	147	4,1	0,1	0,1	40	146	4	0	0,3
60	143	4	0	0,1	60	141,8	4,2	0,2	0,5
80	138,8	4,2	0,2	0,3	80	137,8	4	0	0,5
100	134,8	4	0	0,3	100	133,7	4,1	0,1	0,6
120	130,5	4,3	0,3	0,6	120	129,5	4,2	0,2	0,8
140	126,5	4	0	0,6	140	125,3	4,2	0,2	1
160	122,4	4,1	0,1	0,7	160	121,2	4,1	0,1	1,1
180	118,2	4,2	0,2	0,9	180	117,2	4	0	1,1
200	114,2	4	0	0,9	200	113,1	4,1	0,1	1,2
220	110,1	4,1	0,1	1	220	108,9	4,2	0,2	1,4
240	105,9	4,2	0,2	1,2	240	104,6	4,3	0,3	1,7
260	101,3	4,6	0,6	1,8	260	100,2	4,4	0,4	2,1
280	95,7	5,6	1,6	3,4	280	95,4	4,8	0,8	2,9
300	89,5	6,2	2,2	5,6	300	88,4	7	3	5,9
330	71,9	17,6	11,6	17,2	330	72,7	15,7	9,7	15,6

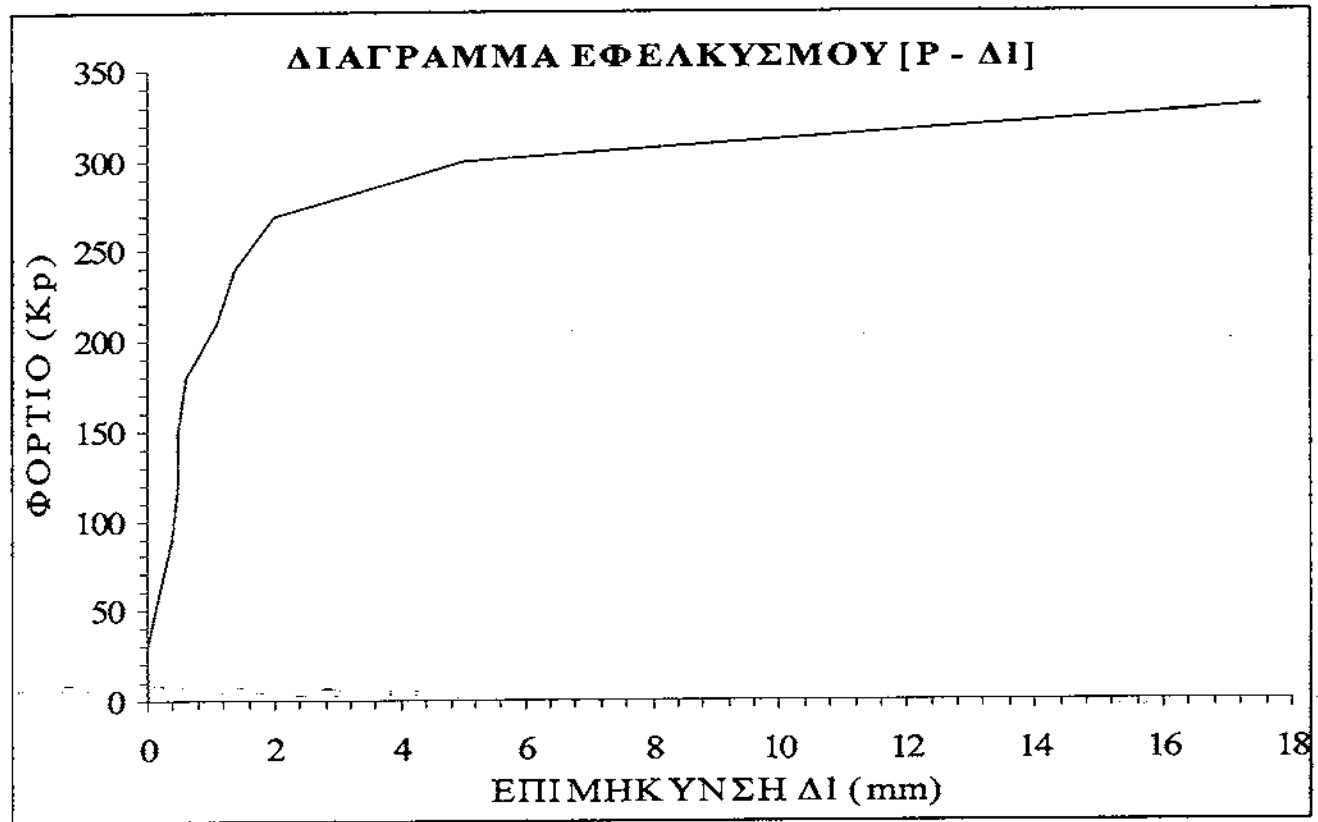
ΠΙΝΑΚΑΣ 5

Kp				Δl
0	154,4	0	0	0
20	150,2	4,2	0,2	0,2
40	146,2	4	0	0,2
60	142,1	4,1	0,1	0,3
80	138,1	4	0	0,3
100	134,1	4	0	0,3
120	129,9	4,2	0,2	0,5
140	125,9	4	0	0,5
160	121,8	4,1	0,1	0,6
180	117,5	4,3	0,3	0,9
200	113,5	4	0	0,9
220	109,2	4,3	0,3	1,2
240	104,9	4,3	0,3	1,5
260	100,6	4,3	0,3	1,8
280	95,3	5,3	1,3	3,1
300	89,2	6,1	2,1	5,2
330	72	17,2	11,2	16,4

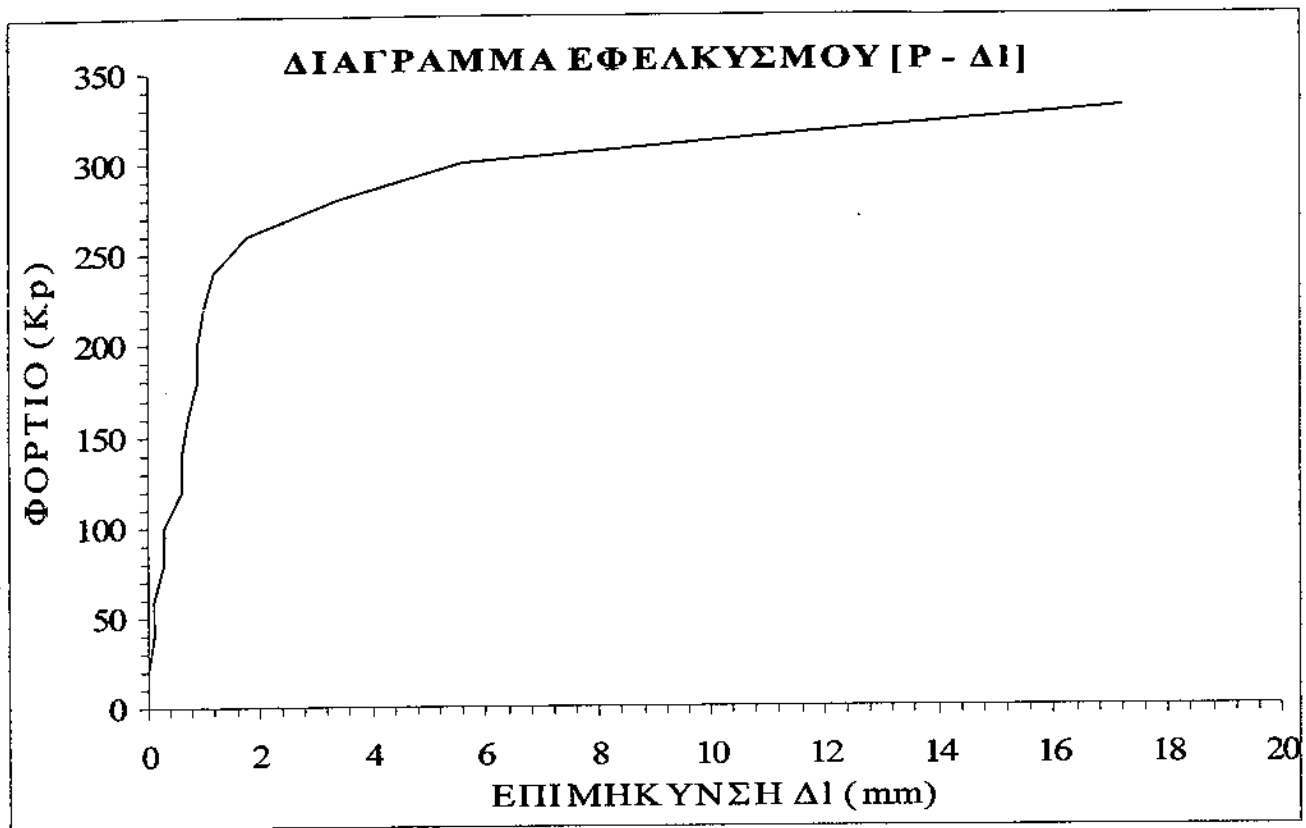
Αφού συμπληρώσαμε τους πίνακες με τα δεδομένα, παρακάτω απεικονίζονται τα διαγράμματα φορτίου - επιμηκύνσεως (P - Δl).



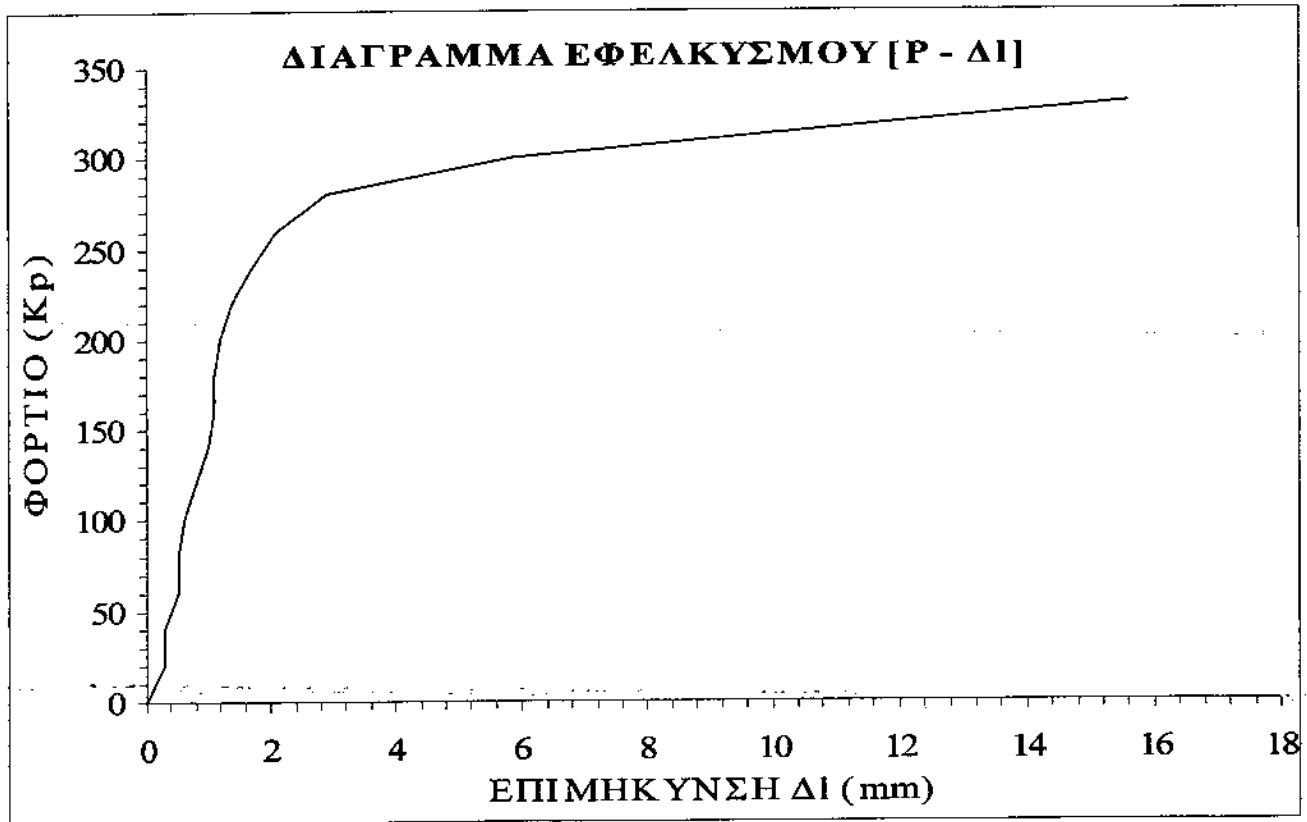
Πειραματικό διάγραμμα από τον πίνακα 1.



Πειραματικό διάγραμμα από τον πίνακα 2.

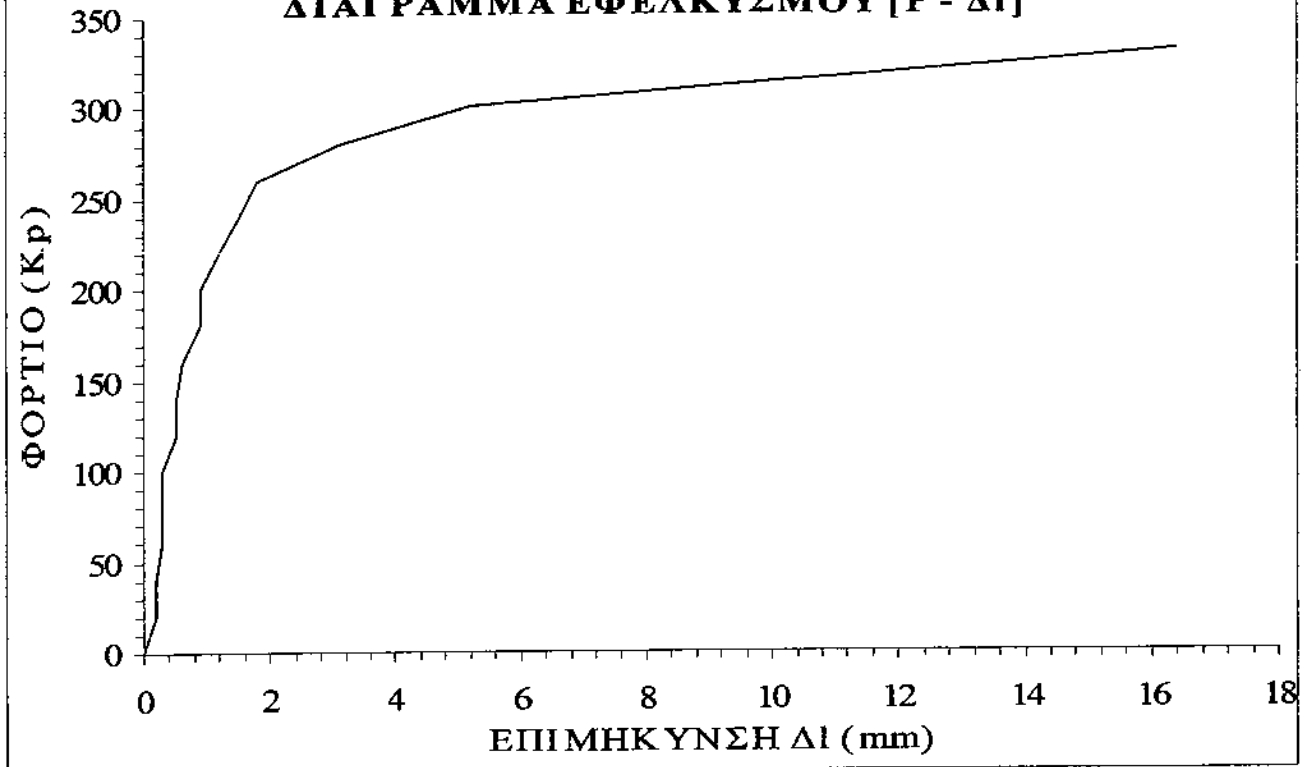


Πειραματικό διάγραμμα από τον πίνακα 3.



Πειραματικό διάγραμμα από τον πίνακα 4.

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ [P - Δl]



Πειραματικό διάγραμμα από τον πίνακα 5.

Αφού πραγματοποιήσαμε τα διαγράμματα φορτίου - επιμηκύνσεως (P - Δl), μετά υπολογίζουμε τις τάσεις και τις παραμορφώσεις που έχουμε στα δοκίμια. Στους παρακάτω πίνακες είναι οι υπολογισμοί των τάσεων και των παραμορφώσεων αυτών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1			ΠΙΝΑΚΑΣ 2		
σ (MPa)	$\epsilon = \Delta l/l$	$\epsilon \%$	σ (MPa)	$\epsilon = \Delta l/l$	$\epsilon \%$
0	0	0	0	0	0
22,60188541	0	0	22,60188541	0	0
45,20377082	0	0	45,20377082	0,004	0,4
67,80565623	0	0	67,80565623	0,008	0,8
90,40754164	0,004	0,4	90,40754164	0,01	1
113,009427	0,008	0,8	113,009427	0,01	1
135,6113125	0,016	1,6	135,6113125	0,012	1,2
158,2131979	0,02	2	158,2131979	0,022	2,2
180,8150833	0,024	2,4	180,8150833	0,028	2,8
203,4169687	0,034	3,4	203,4169687	0,04	4
226,0188541	0,082	8,2	226,0188541	0,1	10
248,6207395	0,34	34	248,6207395	0,35	35

ΠΙΝΑΚΑΣ 3			ΠΙΝΑΚΑΣ 4		
σ (MPa)	$\epsilon = \Delta/l$	$\epsilon \%$	σ (MPa)	$\epsilon = \Delta/l$	$\epsilon \%$
0	0	0	0	0	0
15,06792361	0	0	15,06792361	0,006	0,6
30,13584721	0,002	0,2	30,13584721	0,006	0,6
45,20377082	0,002	0,2	45,20377082	0,01	1
60,27169443	0,006	0,6	60,27169443	0,01	1
75,33961803	0,006	0,6	75,33961803	0,012	1,2
90,40754164	0,012	1,2	90,40754164	0,016	1,6
105,4754652	0,012	1,2	105,4754652	0,02	2
120,5433889	0,014	1,4	120,5433889	0,022	2,2
135,6113125	0,018	1,8	135,6113125	0,022	2,2
150,6792361	0,018	1,8	150,6792361	0,024	2,4
165,7471597	0,02	2	165,7471597	0,028	2,8
180,8150833	0,024	2,4	180,8150833	0,034	3,4
195,8830069	0,036	3,6	195,8830069	0,042	4,2
210,9509305	0,068	6,8	210,9509305	0,058	5,8
226,0188541	0,112	11,2	226,0188541	0,118	11,8
248,6207395	0,344	34,4	248,6207395	0,312	31,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 5

σ (MPa)	$\epsilon = \Delta l/l$	$\epsilon \%$
0	0	0
15,06792361	0,004	0,4
30,13584721	0,004	0,4
45,20377082	0,006	0,6
60,27169443	0,006	0,6
75,33961803	0,006	0,6
90,40754164	0,01	1
105,4754652	0,01	1
120,5433889	0,012	1,2
135,6113125	0,018	1,8
150,6792361	0,018	1,8
165,7471597	0,024	2,4
180,8150833	0,03	3
195,8830069	0,036	3,6
210,9509305	0,062	6,2
226,0188541	0,104	10,4
248,6207395	0,328	32,8

Από τα πειραματικά δεδομένα παρατηρούμε ότι η τάση διαρροής και η τάση θραύσης είναι :

$$\sigma_{\Delta} = 226,019 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\theta\rho.} = 248,621 \text{ MPa}$$

Έχουν κάποιες αποκλίσεις από τα θεωρητικά στοιχεία που βρίσκονται στον πίνακα (μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών σελ.:13). Αυτό οφείλεται σε σφάλματα κατά τις μετρήσεις που παίρνουμε από την μηχανή του εφελκυσμού αλλά και σε άλλους αστάθμητους παράγοντες. Για να έχουμε καλύτερα αποτελέσματα θα πρέπει να βελτιώσουμε τα όργανα μέτρησης της μηχανής του εφελκυσμού.

Το μέτρο Ελαστικότητας που υπολογίζουμε από τους πίνακες που είναι πιο παραπάνω είναι :

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 : $E = 11300,943 \text{ MPa}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 2 : $E = 16951,414 \text{ MPa}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 3 : $E = 7533,962 \text{ MPa}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 4 : $E = 6027,169 \text{ MPa}$

ΠΙΝΑΚΑΣ 5 : $E = 15067,924 \text{ MPa}$

Βλέπουμε ότι έχουμε πολύ χαμηλή τιμή του μέτρου ελαστικότητας σύμφωνα με τον πίνακα των μηχανικών ιδιοτήτων των υλικών όπου υπάρχει στην σελ. 13. Βέβαια το μέτρο ελαστικότητας στον πίνακα για χαλκό είναι στα 119000 MPa. Με αυτό καταλαβαίνουμε ότι έχουμε σφάλματα στον τρόπο μέτρησης του μέτρου ελαστικότητας από τα πειραματικά μας δεδομένα.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΣΧΟΛΙΑ

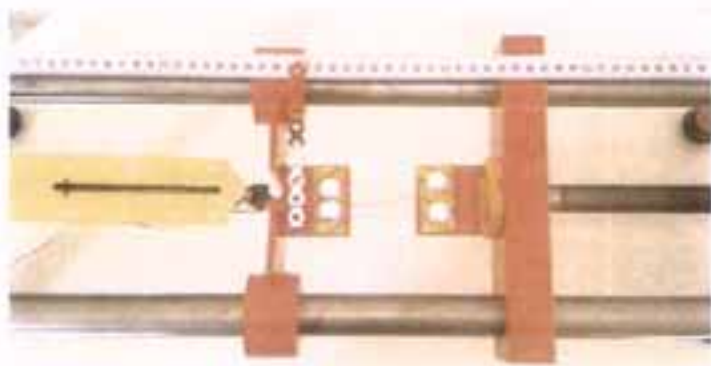
Η συσκευή που σχεδιάσαμε και κατασκευάσαμε για το πείραμα του εφέλκυσμού που σκοπός της είναι η κατανόηση του πειράματος και η εύκολη και εύχρηστη λειτουργία της πραγματοποιήθηκε με επιτυχία. Μια επιτυχία που οφείλεται τόσο στην καλή μελέτη για το σχεδιασμό της μηχανής όσο και στο χαμηλό κόστος που χρειάστηκε για την κατασκευή της.

Αυτή τη μηχανή τη συνιστούμε για εκπαιδευτικό σκοπό διότι πρόκειται για ένα απλό μοντέλο του είδους του που βοηθά στην πραγματική κατανόηση τόσο του θεωρητικού όσο και του πρακτικού μέρους της διαδικασίας του εφέλκυσμού.

Είναι αξιοσημείωτο ότι τα διαγράμματα που προκύπτουν από τα πειραματικά μας δεδομένα έχουν κάποιες αποκλείσεις από τα αντίστοιχα διαγράμματα των εκπαιδευτικών βιβλίων οι οποίες δεν είναι και τόσο μεγάλες.

Το πλαίσιο της μηχανής μας έχει κατασκευαστεί για να αντέχει φορτίο μέχρι 5kN αλλά αυτό δεν έγινε λόγο του ότι για να βρούμε τέτοιο μηχανισμό μέτρησης κοστίζει πολύ ακριβά και γι' αυτό το έχουμε αντικαταστήσει με το κανταράκι που σαν φορτίο έχει 50 kg.

7.ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟΥ.









Βαρος :	20 (kg) κιλά
Μηκος :	800 mm
Πλάτος :	233 mm
Ύψος :	160 mm
Max Δύναμη :	50 (kg) κιλά
Μέγιστη διάμετρο δοκιμίου (κυλινδρικό) :	1,5 mm (χαλκός)

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Π. Α. ΒΟΥΘΟΥΝΗΣ, Τεχνική μηχανική Αντοχή των Υλικών, Ζ' Έκδοση, Αθήνα 2002.
- [2] Γ. ΜΠΑΡΑΚΟΣ, Εργαστηριακό βιβλίο Αντοχής των Υλικών, Α.Τ.Ε.Ι Πάτρας, Τμήμα Μηχανολογίας.