

**Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

Πτυχιακή Εργασία

*Συντήρηση και ανακατασκευή χειροκίνητου κυλίνδρου
ελασματοουργείου εργαστηρίου Μηχανουργικής
Τεχνολογίας , Τμήματος Μηχανολόγων , Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ.*

ΔΟΥΡΧΑΝ Αδέμ

A.M. 39500

ΔΡΟΓΓΙΤΗΣ Κλέον-Χρήστος

A.M. 39150

Επιβλέπων:
Λουκίδης Λουκάς

**ΑΙΓΑΛΕΩ
ΙΟΥΝΙΟΣ 2017**

Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Διπλ. Μηχανολόγο Μηχανικό κ. **Λουκίδη Λουκά** για την συνεργασία που είχαμε μαζί του κατά την εκπόνηση της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας.

Επίσης θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τις **οικογένειές** μας για όλη την υλική και ηθική υποστήριξη που μας παρείχαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

Περίληψη

Η κάμψη είναι από τις κατεργασίες διαμόρφωσης του επίπεδου ελάσματος, με μεγάλη πρακτική εφαρμογή, δεδομένου ότι με κατάλληλο συνδυασμό και με επανάληψη καμπτικών παραμορφώσεων στο τεμάχιο, λαμβάνεται ποικιλία διατομών με ευρύτατη βιομηχανική χρήση. Η κάμψη εκτελείται είτε με πρέσα κάμψης (π.χ. στραντζόπρεσα) είτε με μηχανές κάμψης, με τον κύλινδρο κάμψης ελασμάτων να μην αποτελεί εξαίρεση.

Οι κύλινδροι κάμψης είναι σημαντικά ελασματοουργικά εργαλεία και τα προϊόντα τους βρίσκουν πολυάριθμες εφαρμογές σε διάφορους τομείς της βιομηχανίας. Συγκαταλέγονται στις κατεργασίες πλαστικής παραμόρφωσης διότι αλλάζουν μόνιμα τη γεωμετρία μεταλλικών ελασμάτων μέσω καμπτικών δυνάμεων και χωρίς αφαίρεση υλικού.

Στο εργαστήριο μηχανουργικής τεχνολογίας του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Α.Ε.Ι. Πειραιά Τ.Τ., υπάρχουν αρκετά μηχανήματα κάμψης ελασμάτων όπως: μια υδραυλική στραντζόπρεσα, ένας χειροκίνητος κύλινδρος κάμψης ελασμάτων, μια μηχανική πρέσα εκκέντρου και μια χειροκίνητη στράντζα.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με την ανακατασκευή του χειροκίνητου κυλίνδρου κάμψης ελασμάτων, που βρίσκεται στο εργαστήριο «σχεδόν σε απραγία» για δεκαετίες.

Λέξεις κλειδιά

Ελασματοουργικοί κύλινδροι, πρέσες, πλαστική παραμόρφωση, ανακατασκευή, συντήρηση

Dissertation title:

“Maintenance and Reconstruction of a Metal Sheet Rolling Machine of the Mechanical Technology Laboratory of the Mechanical Engineering section at PUAS”

Abstract

Bending is a metalworking process used for the plastic deformation of metal sheet. This particular method can produce various shapes, and has numerous applications in the manufacturing industry. For the sheet bending, presses and rolling machines are usually utilised.

Rolling machines are important machinetools and their products are used in many sectors of the industry. Unlike material subtractive technologies, bending fall under the plastic deformation processes as the shape of sheet metals is permanently changed through bending forces.

The manufacturing workshop that lies in the PUAS's department of Mechanical Engineering houses many bending machines like a hydraulic press, a press brake, a hand rolling machine and an eccentric press.

The scope of this dissertation is to reconstruct the manual rolling machine that lies in the lab, untouched for decades.

Key words

Plate rolling machines, presses, plastic deformation, reconstruction, maintenance.

Δομή

Η δομή της παρούσας πτυχιακής εργασίας αποτελείται από τέσσερα κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια ιστορική αναδρομή των κατασκευαστικών τεχνολογιών με παραμόρφωση, στην συμπεριφορά των ελασμάτων και στις συνθήκες κατεργασίες.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται στη λειτουργία και τα είδη των μηχανών παραμόρφωσης. Επίσης, καταγράφεται η λειτουργία των πρεσών όλων των ειδών, υδραυλικών, μηχανικών, διπλής ενέργειας κ.τ.λ.

Το τρίτο κεφάλαιο αναφέρεται στην λειτουργική και μηχανική ανάλυση των μηχανών παραμόρφωσης. Αναφέρονται όλες οι δυνάμεις που επενεργούν σε έναν κύλινδρο κάμψης κατά την διάρκεια της διαμόρφωσης ενός ελάσματος.

Τέλος το τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται τη διαδικασία ανακατασκευής του χειροκίνητου ελασματοουργικού κυλίνδρου. Αναφέρονται συμπεράσματα, σχολιάζεται η συνολική διαδικασία που ακολουθήθηκε και δίνεται όλη η σχετική βιβλιογραφία.

Πίνακας Περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	3
ABSTRACT.....	4
ΔΟΜΗ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	8
1.1. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	8
1.1.1.Κατασκευαστικές Τεχνολογίες	9
1.2 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	10
1.3 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ.....	13
1.4 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ	15
1.5 Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ	18
1.6 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΕΝ ΨΥΧΡΩ	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	20
2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΡΕΣΕΣ	20
2.2 ΕΙΔΗ ΠΡΕΣΩΝ	22
2.2.1 Μηχανικές πρέσες	23
2.2.2 Υδραυλικές Πρέσες.....	27
2.2.3. Κοχλιοφόρες πρέσες με επίπεδους δίσκους τριβής	28
2.3 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΡΕΣΩΝ	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	35
3.1 ΤΡΙΒΗ ΚΑΙ ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ.....	35
3.2 ΛΙΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ	37
3.3 ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ ΚΑΙ ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΠΟΥ ΕΠΕΝΕΡΓΟΥΝ ΣΤΟΝ ΚΥΛΙΝΔΡΟ ΚΑΜΨΗΣ	40
3.4 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΜΗΧΑΝΗΣ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΚΑΜΨΗΣ	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	47
4.1 ΑΝΑΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΥΛΙΝΔΡΟΥ ΚΑΜΨΗΣ	47
4.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΠΟΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ	47
4.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΡΧΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	52
4.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ	55
4.5 ΣΗΜΑΝΣΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ	63
4.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΕΛΙΚΩΝ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	63
4.7 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	64
4.8 Έλεγχος με μετρητικά ρολογία	65
4.9 Έλεγχος δοκιμίου	66
4.10 ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ –ΣΗΜΕΙΑ ΛΙΠΑΝΣΗΣ	67

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ –ΣΧΟΛΙΑ.....	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	69
ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	70
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ	70
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΕΙΣ ΜΕ ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ.....	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1. Ιστορική αναδρομή

Το εργαλείο που βρήκε αρχικά ο άνθρωπος ήταν η πέτρα την οποία στην αρχή την χρησιμοποιούσε με τη μορφή που την έβρισκε στη φύση. Με αυτό λοιπόν το ακατέργαστο εργαλείο κατάφερε στη συνέχεια να κατασκευάσει τα πρώτα εργαλεία από πέτρα, ξύλα και οστά, τα οποία προσαρμοσε κατάλληλα, ανάλογα με την απαιτούμενη χρήση.

Τα μέταλλα ανακαλύφθηκαν αργότερα. Η επικρατέστερη θεωρία σχετικά με την ανακάλυψη των μετάλλων υποστηρίζει ότι λόγω μεγάλων πυρκαγιών έλιωσαν τα μέταλλα που υπήρχαν μέσα στα διάφορα πετρώματα και έτσι έγινε δυνατή η εξόρυξή τους. Μάλλον με αυτό τον τρόπο ανακαλύφθηκε ο χαλκός (περίπου το 5000 π.Χ.) και ο μπρούντζος (περίπου το 3000 π.Χ.). Τον σίδηρο ο άνθρωπος τον ανακάλυψε περίπου το 1000 π.Χ. πιθανότατα από τους διάφορους μετεωρίτες που έπεφταν στη γη.

Με τη αύξηση των προσπαθειών του ανθρώπου σχετικά με την έρευνα αρχίζει η ιστορία της μηχανοποίησης. Έτσι, κατά τον 12ο αιώνα μ.Χ. εμφανίζεται η μηχανή με τα υδραυλικά σφυριά. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται η μηχανή με τα «κατερχόμενα σφυριά», ο όγκος των οποίων υψώνεται μεταξύ δύο ράβδων ολισθήσεως και αφήνεται στη συνέχεια να πέσει πάνω στο υλικό που θα σφυρηλατηθεί. Με αυτόν τον τρόπο το 1346 κατασκευάζονται στη Φλωρεντία πυροβόλα από ορείχαλκο που χρησιμοποιούσαν σφαίρες από σφυρήλατο σίδηρο.

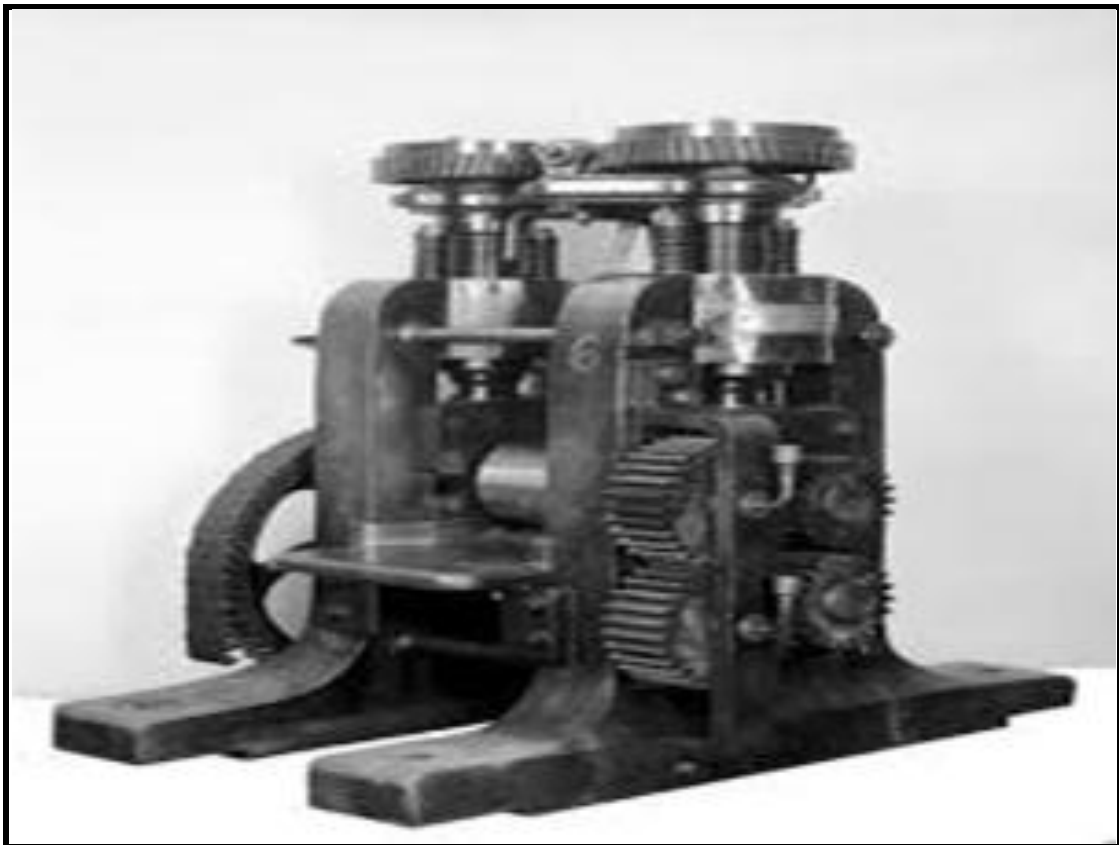
Το 15ο αιώνα κατασκευάστηκαν βόμβες από σίδηρο και σφαίρες από χυτοσίδηρο. Η έλαση ξεκινά τον 16ο αιώνα με σκοπό την κατασκευή χαλυβδοφύλλων που προορίζονταν για νομισματοκοπία. Μεταγενέστερα, γενικεύεται η χρήση της και στην κατασκευή ράβδων για μεταλλικές κατασκευές. Το 1784 ο Watt δοκιμάζει τη σφύρα κρούσεως, η οποία όμως αρχίζει να κατασκευάζεται για την παραγωγική διαδικασία, κατά το 1842. Το 1861 κάνει την εμφάνισή της η πρώτη υδραυλική πρέσα.

1.1.1.Κατασκευαστικές Τεχνολογίες

Όλα τα παραπάνω συνηγορούν στην άποψη ότι η μεταλλουργία και ειδικότερα η σιδηρομεταλλουργία επειδή αποτελούσε τη βάση της στρατιωτικής ισχύος, έτυχε ευνοϊκότερης μεταχείρισης από άλλες τέχνες και επιστήμες και για το λόγο αυτό κατάφερε να αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό.

Ο 19^{ος} αιώνας χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη πρόοδο της μεταλλουργίας, με την ανακάλυψη νέων μετάλλων. Έτσι εμφανίζεται το αλουμίνιο και τα κράματά του, το τιτάνιο και ο χάλυβας, οι ιδιότητες των οποίων τα καθιστούν ιδανικά για τη χρήση τους στη παραγωγή.

Κατά την περίοδο της βιομηχανικής επανάστασης και την εφαρμογή της «γραμμής παραγωγής» στη βιομηχανία αυξήθηκε ο ρυθμός παράγωγης με αποτέλεσμα τα σύγχρονα χαλυβουργεία να μπορούν να επεξεργαστούν πολύ μεγάλες ποσότητες μετάλλων σε λιγότερο χρόνο.

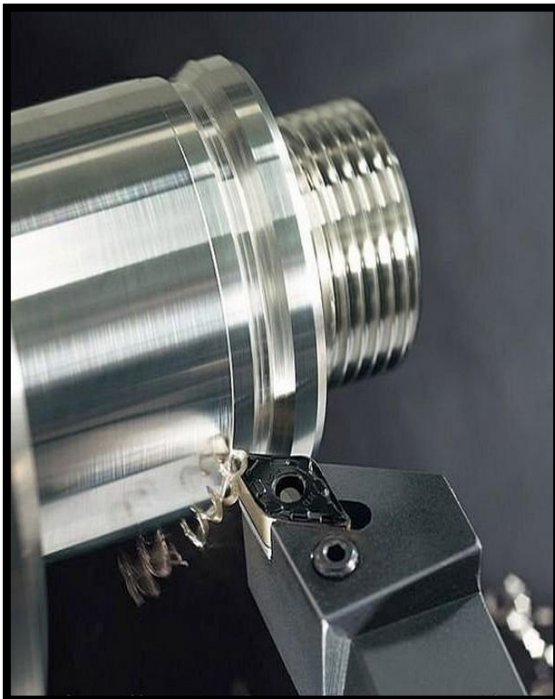


Σχήμα 1.1 Έλαστρο για μορφοσιδήρους ,Sons and Field, 1882 (<http://museu.ms>,2017)

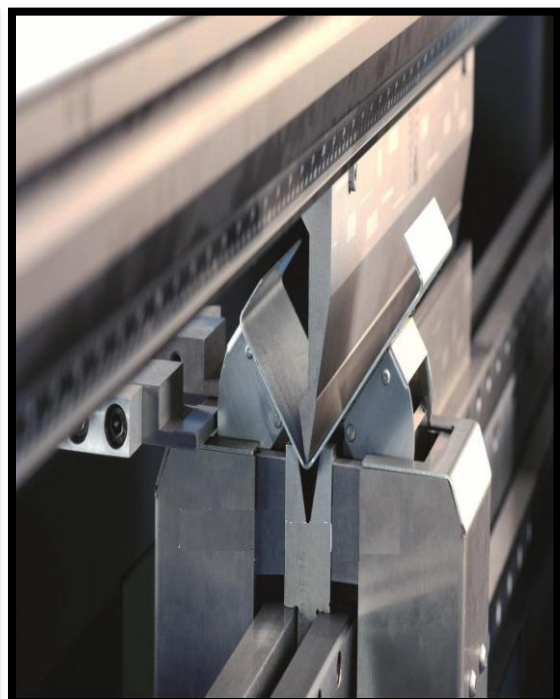
1.2 Εισαγωγή

Με τον όρο μηχανουργικές κατεργασίες εννοούμε τους τρόπους και τις μεθόδους που χρησιμοποιούμε για να δώσουμε την επιθυμητή μορφή σε κάποιο υλικό, ώστε να μπορέσει αυτό να χρησιμοποιηθεί για κάποιο σκοπό. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούμε για την κατασκευή ενός προϊόντος χωρίζονται στις παρακάτω κυρίως κατηγορίες:

- Κατεργασίες με βαθμιαία αφαίρεση υλικού (τόρνευση, πλάνισμα, διάτρηση, φρεζάρισμα κ.α.).
- Κατεργασίες με παραμόρφωση του υλικού (απότμηση, κοίλανση, κάμψη, κ.α.).
- Μορφοποίηση με χύτευση.
- Μορφοποίηση με προσθήκη (συγκόλληση, κ.α.)



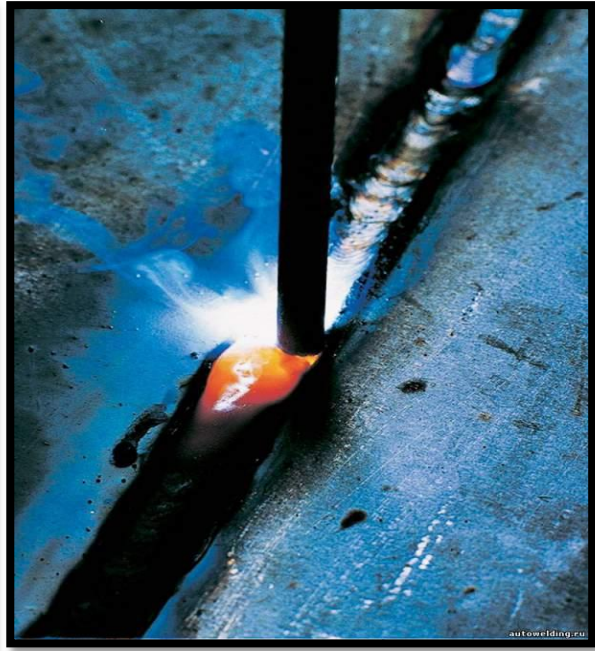
Εικόνα 1.1 Κατεργασία με τόρνευση
(<http://omsk.all.biz,2017>)



Εικόνα 1.2 Κατεργασία με κάμψη
(<http://yekaterinburg.all.biz,2017>)



Εικόνα 1.3 Μορφοποίηση με χύτευση
(<http://nnovgorod.all.biz>,2017)



Εικόνα 1.4 Συγκόλληση
(<http://moskva.all.biz>,2017)

Μια σύγκριση των κατεργασιών με βαθμιαία αφαίρεση υλικού και των κατεργασιών με παραμόρφωση φαίνεται παρακάτω:

♦ Κατεργασίες με βαθμιαία αφαίρεση υλικού.

Πλεονεκτήματα :

- Μεγάλη ακρίβεια (0,1 ~ 0,01 mm).
- Κατασκευή πολύπλοκων μορφών και σχημάτων.
- Μικρή και χωρίς μεγάλη δαπάνη προεργασία και προπαρασκευή.
- Κατεργασία εξαρτημάτων οιοδήποτε υλικού.

Μειονεκτήματα :

- Μεγάλη δαπάνη υλικού υπό μορφή αποβλήτων (γρεζιών), η ανακύκλωση των οποίων δεν είναι συμφέρουσα.
- Μικρή ταχύτητα παραγωγής .

♦ Κατεργασίες με παραμόρφωση του υλικού.

Πλεονεκτήματα :

- Μεγαλύτερη οικονομία του υλικού.
- Μεγάλη ταχύτητα παραγωγής.

Μειονεκτήματα :

- Μεγάλη και δαπανηρή προεργασία σε καλούπια.
- Μικρότερη ακρίβεια (1~ 0,2 mm).
- Περιορισμοί στην ποικιλία μορφών.

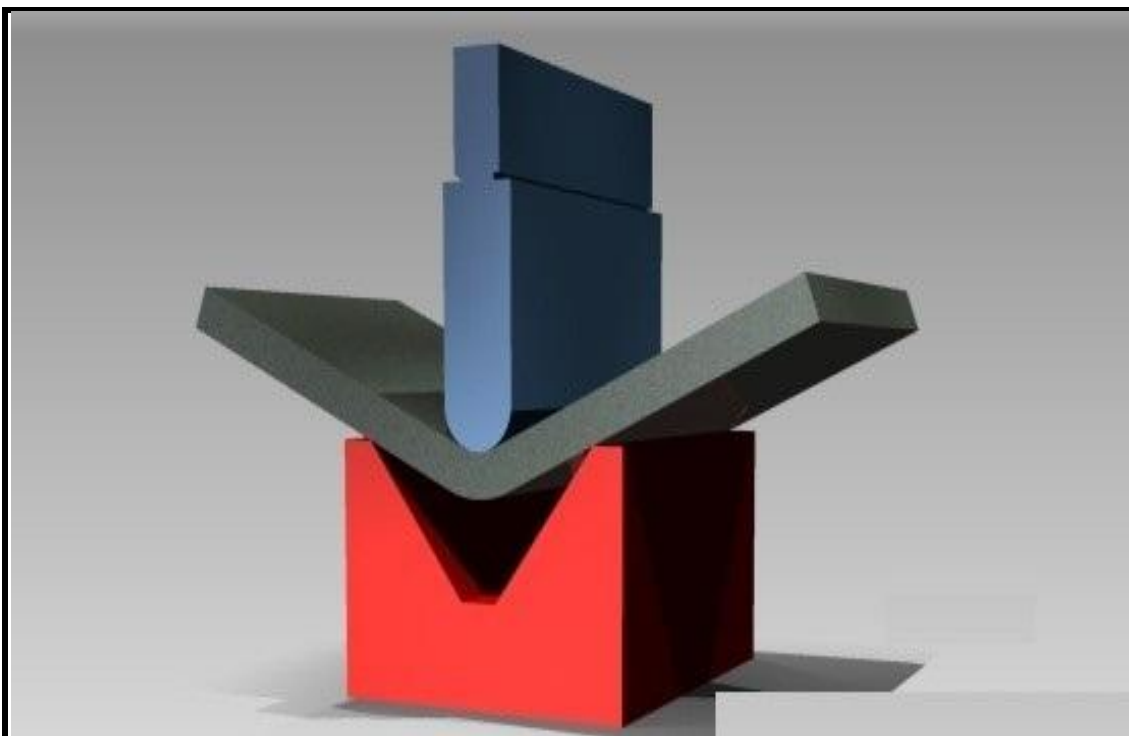
Αρκετά από τα προϊόντα που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή έχουν πάρει την τελική τους μορφή με κάποια ή με συνδυασμό κάποιων εκ των παραπάνω κατεργασιών. Αντικείμενο βέβαια αυτής της εργασίας είναι οι Μηχανουργικές κατεργασίες με παραμόρφωση ή αλλιώς Μηχανικές διαμορφώσεις.

1.3 Μηχανικές διαμορφώσεις

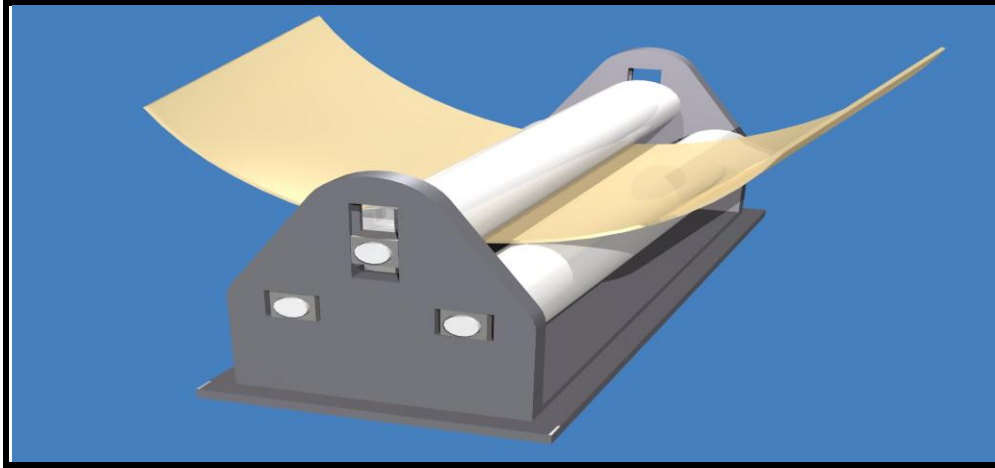
Με τον όρο διαμόρφωση εννοείται κατά DIN 8580 κατασκευή με πλαστική μεταβολή του σχήματος ενός στερεού σώματος. Δηλαδή στις διαμορφώσεις τροποποιείται η γεωμετρική μορφή του υλικού. Η «διάταξη των ινών» παραμένει, βελτιώνεται η αντοχή του υλικού και μπορούν να κατασκευαστούν δύσκολα σχήματα με καλή ποιότητα επιφάνειας και μικρές ανοχές.

Οι Μηχανικές διαμορφώσεις κατατάσσονται ως εξής :

- Κατάταξη με βάση τη θερμοκρασία
- Διαμορφώσεις εν θερμώ
- Έλαση
- Σφυρηλάτηση
- Τύπωση εν θερμώ
- Λοιπές κατεργασίες



Σχήμα 1.6 Κατεργασία με κάμψη (<http://www.hydrum.co.uk>,2017)



Σχήμα 1.6 Κατεργασία με κάμψη (<https://readtiger.com>,2017)

Κατάταξη με βάση τη διαδικασία παραμόρφωσης και του τρόπου χειρισμού του μετάλλου:

1.Παραγωγή προϊόντων με πλαστική παραμόρφωση

- Έλαση (εν θερμώ και εν ψυχρώ)
- Σφυρηλάτηση
- Τύπωση
- Κάμψη
- Κοίλανση
- Ειδικές κατεργασίες

2.Παραγωγή προϊόντων με απ' ευθείας κοπή

- Κοπή με σφηνοειδή εργαλεία
- Ψαλιδισμός

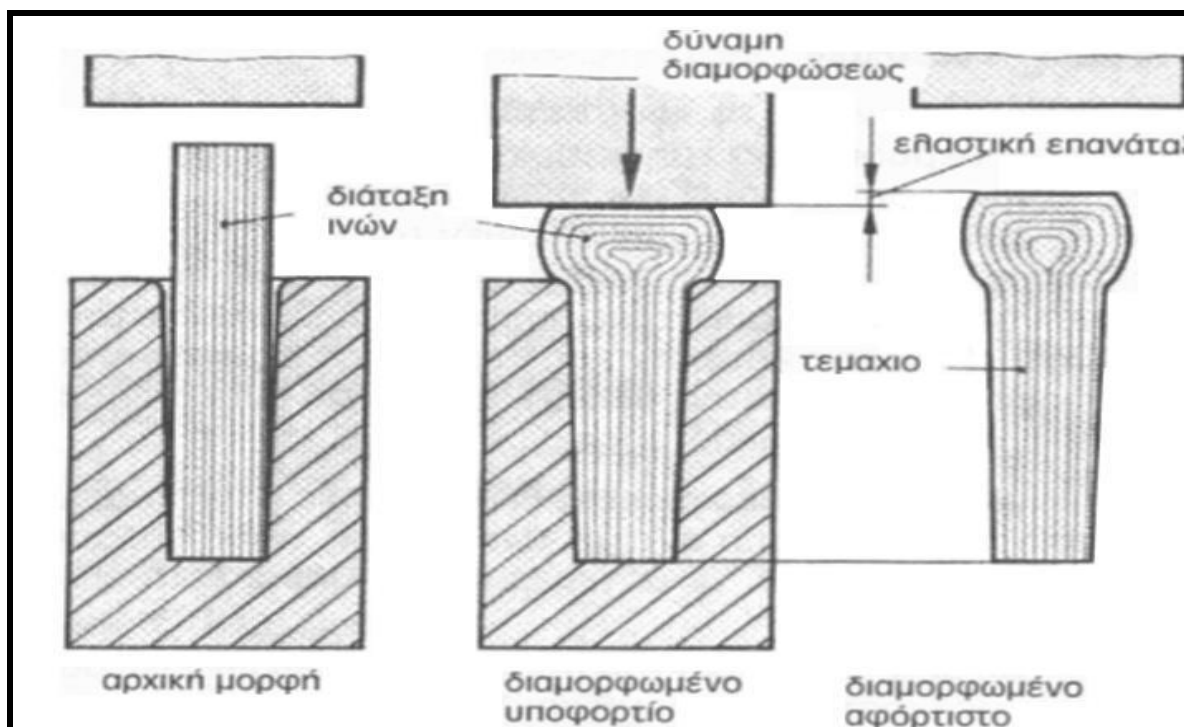


Εικόνα 1.7: Αντικείμενα που έχουν παραχθεί με μηχανικές διαμορφώσεις (<http://vollrathmanufacturing.com>,2017)

1.4 Συμπεριφορά των μετάλλων

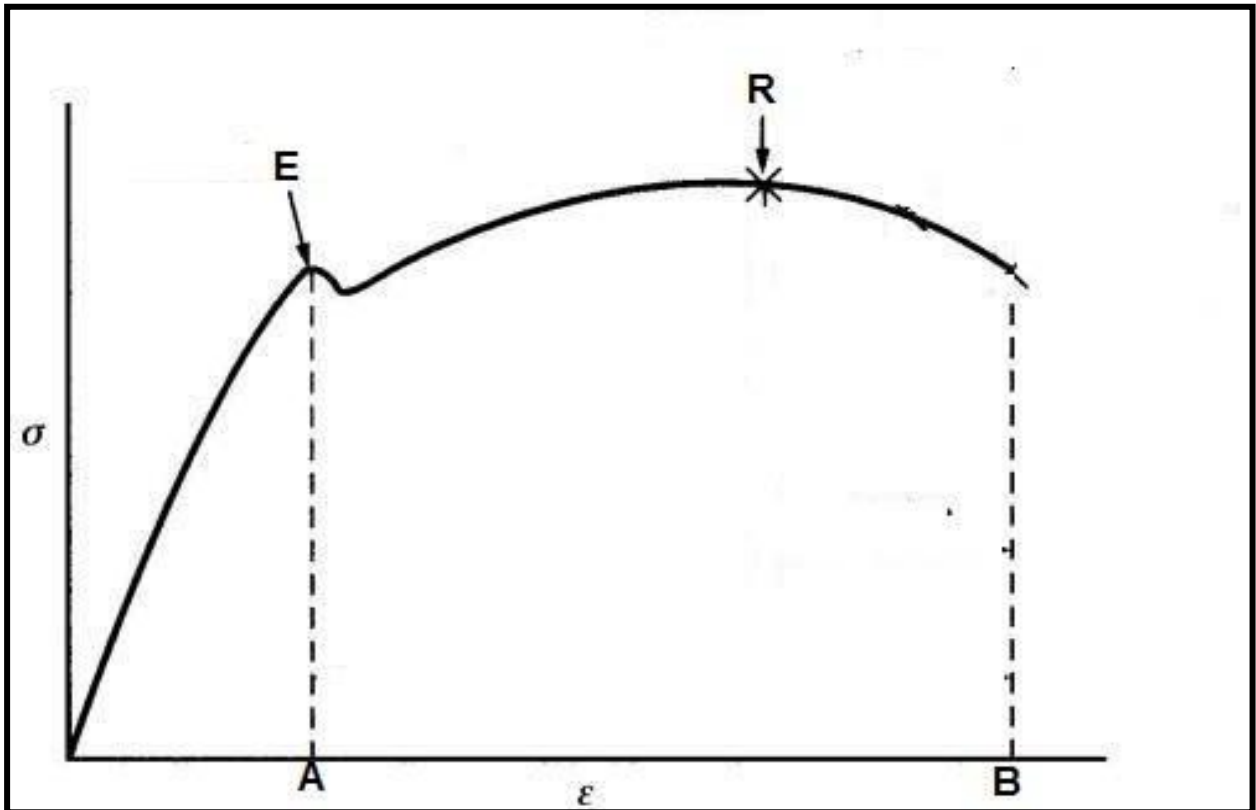
Με την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων, δημιουργούνται στο εσωτερικό του υλικού τάσεις. Έτσι αλλάζει η μορφή του. Οι επιμέρους θέσεις των ιόντων του μετάλλου μετατοπίζονται μεταξύ τους. Το κρυσταλλικό πλέγμα π.χ. στον εφελκυσμό επιμηκύνεται στην κατά μήκος διεύθυνση, ενώ στην εγκάρσια συστέλλεται. Αν η καταπόνηση είναι μικρή, τότε το υλικό επανέρχεται στην αρχική του μορφή, υπό την επίδραση των δυνάμεων συνοχής που ασκούνται μεταξύ των ατόμων του, μόλις σταματήσει η καταπόνηση. Αυτό σημαίνει ότι το υλικό υπέστη μια ελαστική παραμόρφωση.

Σε περίπτωση που ασκηθεί στο υλικό μεγαλύτερη δύναμη, τότε τα ιόντα του μετάλλου, μετατοπίζονται μεταξύ τους σε θέσεις οι οποίες προσεγγίζουν τις περιοχές έλξης των άλλων ατόμων. Έτσι κατακρατούνται στη νέα τους θέση και αλλάζουν τη δομή του πλέγματος. Το υλικό δηλαδή παραμορφώθηκε πλαστικά. Η συγκρότηση του υλικού δεν έχει χαθεί, απλά το αντικείμενο έλαβε μια άλλη μορφή (σχ. 1.8).



Εικόνα 1.8: Πλαστική παραμόρφωση στις διαμορφώσεις
(Καρούζος,1987)

Στο σχήμα 1.9 παρουσιάζεται το διάγραμμα εφελκυσμού μαλακού χάλυβα. Όταν ένα τεμάχιο μαλακού χάλυβα υπόκειται σε μια σχετικά μικρή καταπόνηση δεν υφίσταται παρά μόνο ελαστικές παραμορφώσεις (περιοχή ΟΑ της καμπύλης).

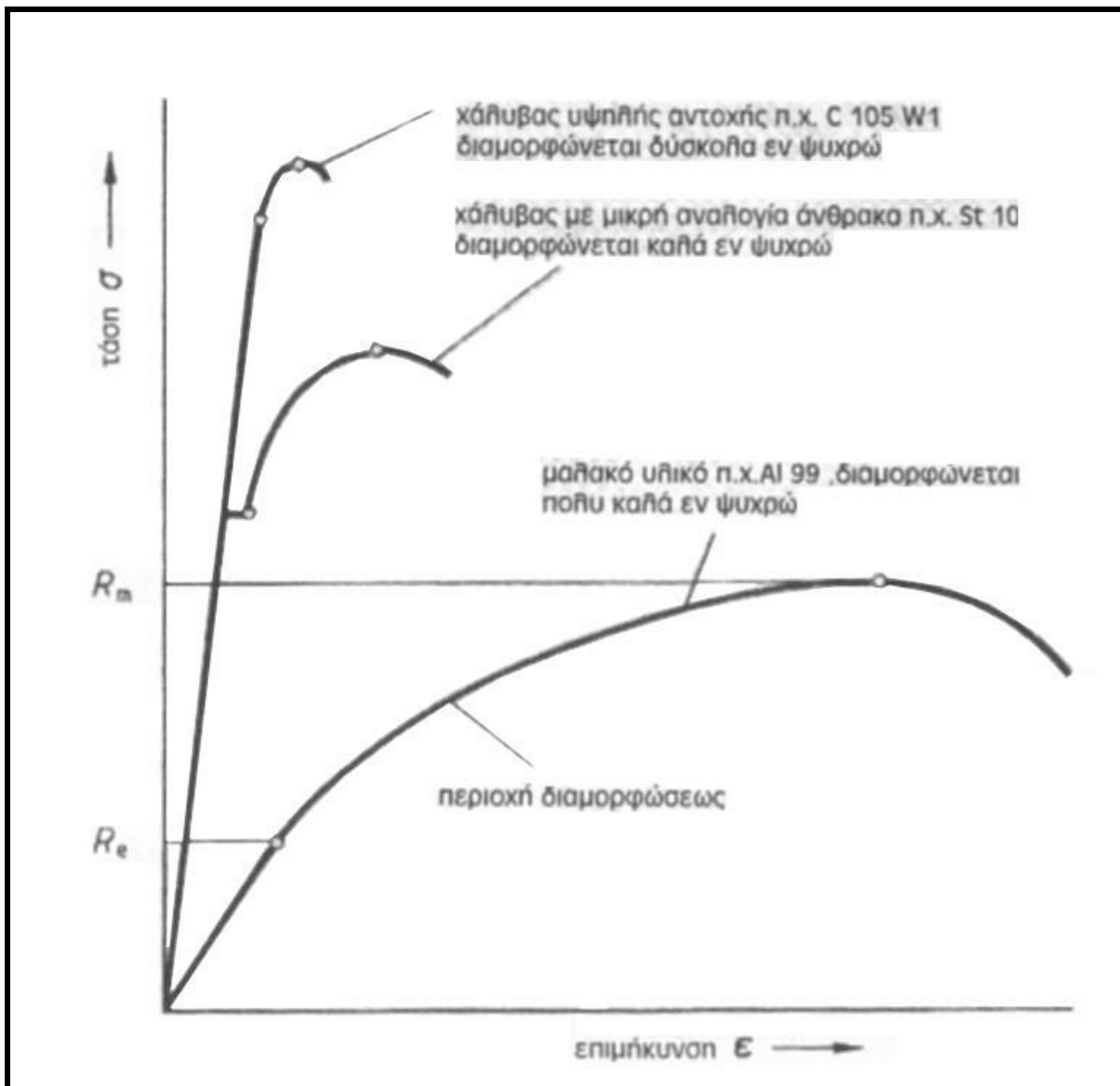


Εικόνα 1.9: Διάγραμμα εφελκυσμού μαλακού χάλυβα
OA : Ελαστική περιοχή. **AB** : Ελαστοπλαστική περιοχή
E : Όριο ελαστικότητας. **R** : Αντοχή θραύσης σε εφελκυσμού
 σ : Τάση εφελκυσμού. **ϵ** : Ανηγμένη επιμήκυνση

Όταν όμως η τάση γίνει μεγαλύτερη του ορίου ελαστικότητας του υλικού (σημείο E) τότε η παραμόρφωση είναι πλαστική ή μόνιμη. Παρατηρώντας την καμπύλη μπορεί να δει κανείς το σημείο R το οποίο αντιστοιχεί στην τάση θραύσης δηλαδή στην τιμή της τάσης που αν υπερβούμε τότε το υλικό θα σπάσει.

Οι περιοχές διαμόρφωσης μερικών υλικών σε διαμόρφωση εν ψυχρώ φαίνονται στο σχήμα 1.10, όπου το σημείο R_e αντιστοιχεί στο όριο διαρροής του υλικού. Είναι δηλαδή η τιμή της τάσης στην οποία το υλικό παρουσιάζει μια μετρήσιμη μόνιμη

παραμόρφωση. Το δε σημείο R_m αντιστοιχεί στο όριο θραύσης του υλικού. Γίνεται κατανοητό λοιπόν από το διάγραμμα αυτό ότι το αλουμίνιο διαμορφώνεται πολύ εύκολα (με μικρή τάση). Ο μαλακός χάλυβας π. χ. St 10, διαμορφώνεται εξίσου καλά, σε υψηλότερες όμως τάσεις. Τέλος ο χάλυβας υψηλής αντοχής π.χ. C 105 W1, δεν είναι κατάλληλος για διαμορφώσεις, αφού παρουσιάζει πολύ μικρή επιμήκυνση σε σχέση με την τάση την οποία απαιτεί για την παραμόρφωση αυτή.



Σχήμα 1.10: Περιοχές διαμόρφωσης διαφόρων υλικών (Καρούζος,1987)

1.5 Η επίδραση της θερμοκρασίας

Όπως είπαμε με τις διαμορφώσεις παραμορφώνεται το κρυσταλλικό πλέγμα του υλικού. Αν το διαμορφωμένο τεμάχιο θερμανθεί, τότε για κάποια θερμοκρασία χαρακτηριστική του κάθε υλικού, εμφανίζεται νέος σχηματισμός του πλέγματος (ανακρυστάλλωση). Αυτή η θερμοκρασία ονομάζεται θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης. Αν η παραμόρφωση γίνει σε θερμοκρασία μεγαλύτερη από τη θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης, τότε με την αναδημιουργία των κρυστάλλων, ελαττώνονται οι εσωτερικές τάσεις που εμφανίζονται στο υλικό. Σ' αυτή την περιοχή θερμοκρασιών μπορούν να επιτευχθούν μεγαλύτερες παραμορφώσεις χωρίς τον κίνδυνο εμφάνισης ρωγμών ή θραύσεων στο υλικό. Διαμορφώσεις οι οποίες γίνονται σε θερμοκρασία μικρότερη από τη θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης, οδηγούν σε ισχυρές παραμορφώσεις του κρυσταλλικού πλέγματος του υλικού, χωρίς ταυτόχρονη αναδημιουργία του κρυστάλλου. Όπως γίνεται εύκολα κατανοητό, ο βαθμός παραμόρφωσης σε αυτή την περίπτωση, είναι μικρότερος. Γενικά η αύξηση της θερμοκρασίας σε ένα υλικό επιφέρει τη μείωση του ορίου διαρροής, ιδιαίτερα σε θερμοκρασίες πάνω από τη θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης, όπου και γίνονται κατεργασίες διαμορφώσεις των μετάλλων εν θερμώ. Ταυτόχρονα, τις περισσότερες φορές με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται η ολκιμότητα του μετάλλου ενώ το όριο ελαστικότητας μειώνεται.

1.6 Διαμορφώσεις εν ψυχρώ

Οι βασικές μηχανικές διαμορφώσεις πραγματοποιούνται εν ψυχρώ. Μερικές από αυτές είναι ψυχρή έλαση, η σφυρηλάτηση τύπωση η κάμψη κ.α.

Πάρα πολλές από αυτές τις μηχανικές διαμορφώσεις παρουσιάζουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά με τις θερμές διαμορφώσεις. Η βασική ιδιομορφία των διαμορφώσεων εν ψυχρώ, είναι η διαφορετική συμπεριφορά που παρουσιάζουν τα μέταλλα στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Τα χαρακτηριστικά των ψυχρών διαμορφώσεων είναι τα εξής:

- Έντονη φθορά των εργαλείων
- Ικανοποιητική ακρίβεια στις διαστάσεις
- Καλή εξωτερική επιφάνεια
- Μεγάλες δυνάμεις παραμορφώσεις
- Βελτιωμένη κρυσταλλική δομή και μηχανική αντοχή
- Διαδοχικές θερμικές κατεργασίες για την εξαφάνιση των εσωτερικών τάσεων και την αύξηση της ολκιμότητας του υλικού
- Χρειάζεται ειδικευμένο προσωπικό και εκτεταμένη μηχανουργική υποδομή
- Μικρό κόστος παραγωγής για μεγάλη ποσότητα κομματιών

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τη συμπεριφορά του υλικού που είναι ο καθοριστικός παράγοντας στις ψυχρές διαμορφώσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 Γενικά για τις πρέσες

Οι πρέσες είναι τα μηχανήματα με τα οποία οι μηχανικές διαμορφώσεις πραγματοποιούνται. Χρησιμοποιώντας μηχανική ή υδραυλική ενέργεια μπορούν να ασκήσουν μεγάλες δυνάμεις ώστε να δημιουργηθούν μία σειρά από κατεργασίες διαμόρφωσης. Διακρίνονται ανάλογα με τον τύπο του πλαισίου τους, την απόδοση τους, την πηγή ενέργειας κ.λπ.

Οι πρέσες έχουν την ικανότητα να επιτρέπουν την τοποθέτηση πάνω σε αυτές διαφόρων εργαλείων (καλουπιών). Έτσι όταν πρόκειται να εκτελέσουμε κάποια κατεργασία διαμόρφωσης παίρνουμε το κατάλληλο για τη διαμόρφωση που επιθυμούμε εργαλείο, το στερεώνουμε αφού πρώτα το ευθυγραμμίσουμε πάνω στην πρέσα και έπειτα μπορούμε να ξεκινήσουμε την κατεργασία.



Σχήμα 2.1: Υδραυλική πρέσα

(<http://www.swastikmachinery.com>,2017)

Οι πρέσες όπως αναφερθήκαμε παραπάνω μπορούν να είναι μηχανικές ή υδραυλικές (σχ. 2.1). Στις μηχανικές πρέσες ένας στρόφαλος χρησιμοποιείται ως πηγή ενέργειας, ενώ στις υδραυλικές ένα ή περισσότερα έμβολα δίνουν την ενέργεια που χρειαζόμαστε.

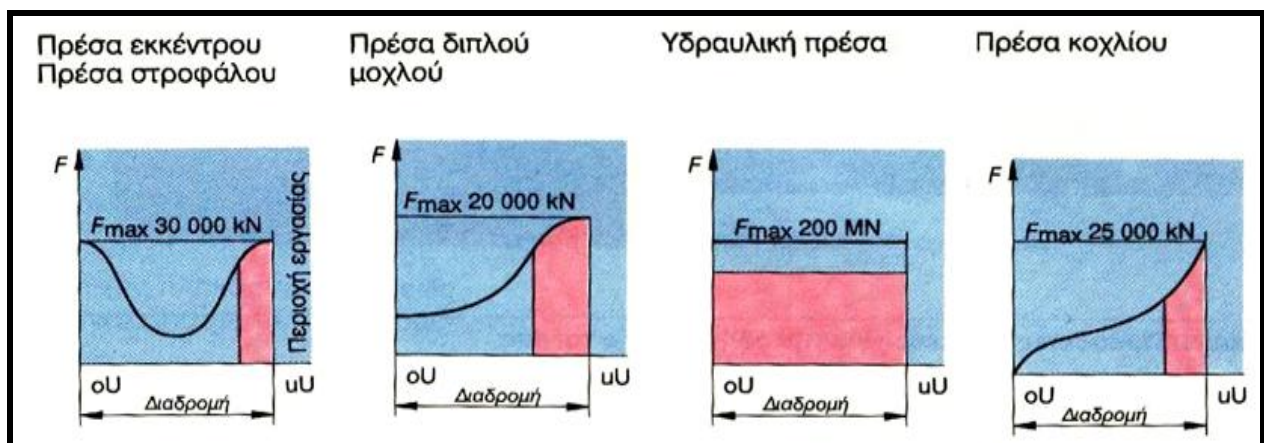
Τα δύο αυτά είδη πρεσών διαφέρουν μεταξύ τους εκτός από την πηγή ενέργειας και στον τρόπο λειτουργίας. Οι βασικές διαφορές τους είναι:

- Οι υδραυλικές πρέσες εξασκούν σταθερή δύναμη ανά εμβολισμό, ενώ στις μηχανικές, η δύναμη εξαρτάται από την εκάστοτε θέση του διωστήρα.
- Στις υδραυλικές πρέσες το μήκος του εμβολισμού μπορεί να οριστεί εύκολα και με ακρίβεια, πράγμα που δεν συμβαίνει με τις μηχανικές.
- Η ταχύτητα εμβολισμού στις υδραυλικές πρέσες μπορεί να ρυθμιστεί μέσα σε ένα μεγάλο εύρος, ενώ στις μηχανικές, περιορίζεται από τον τύπο του κιβωτίου ταχυτήτων.
- Οι υδραυλικές πρέσες δεν μπορούν να υπερφορτιστούν και έτσι να υποστούν ζημιές, αφού όταν η δύναμη που εξασκείται ξεπεράσει μια οριακή τιμή, η υδραυλική πρέσα σταματά. Αντιθέτως οι μηχανικές πρέσες, αν δεν διαθέτουν ειδική διάταξη για υπερφόρτιση, συνεχίζουν να λειτουργούν ακόμα και αν υπερφορτωθούν και έτσι κινδυνεύουν να υποστούν σοβαρές ζημιές.
- Οι μηχανικές πρέσες επανέρχονται γρηγορότερα σε σχέση με τις υδραυλικές και έτσι είναι καλύτερες όταν απαιτείται υψηλός ρυθμός παραγωγής.
- Επειδή η μηχανική ενέργεια αποθηκεύεται στο στρόφαλο, οι μηχανικές πρέσες χρησιμοποιούν μικρότερο κινητήρα. Σε αρκετές περιπτώσεις το μέγεθος του κινητήρα που απαιτείται να έχει μια μηχανική πρέσα, μπορεί να είναι 2,5 φορές μικρότερο από μια υδραυλική.
- Η ταχύτητα του εμβόλου στις μηχανικές πρέσες είναι μεγαλύτερη, με συνέπεια οι μηχανικές πρέσες να είναι αποδοτικότερες στον τεμαχισμό που απαιτείται μεγάλο κρουστικό φορτίο. Αντίστοιχα στις υδραυλικές πρέσες λόγω του μεγάλου κρουστικού φορτίου υπάρχει ο κίνδυνος να υποστεί βλάβη το υδραυλικό σύστημα.

2.2 Είδη πρεσών

Για την επιλογή της κατάλληλης για κάθε κατεργασία πρέσας πρέπει να γνωρίζουμε αρκετά στοιχεία τόσο για την πρέσα όσο και για την ίδια την κατεργασία που πρόκειται να διεξάγουμε. Σε γενικές γραμμές όμως μπορούμε να πούμε ότι αν γνωρίζουμε το διάγραμμα της μεταβολής της δύναμης που ασκεί η πρέσα σε συνάρτηση με τη διαδρομή του εμβολισμού, μπορούμε να επιλέξουμε την κατάλληλη πρέσα.

Στο σχήμα 2.2 παρουσιάζονται τα διαγράμματα δύναμης - διαδρομής της ωστικής κεφαλής, για τα διάφορα τυπικά είδη των πρεσών.



Σχήμα 2.2: Τυπικά διαγράμματα δύναμης – διαδρομής διαφόρων πρεσών.

(Καρούζος, 1987)

Παρατηρώντας το σχήμα βλέπουμε ότι στις πρέσες έκκεντρου και στροφάλου η δύναμη της πρέσας μεταξύ του άνω και του κάτω νεκρού σημείου μειώνεται σημαντικά. Συνεπώς δεν πρέπει να γίνεται κατεργασία τεμαχίου σε αυτή τη περιοχή που η πρέσα διαθέτει ελάχιστη δύναμη. Έτσι οι κατεργασίες για τις οποίες είναι κατάλληλες αυτές οι πρέσες είναι η κοπή και η κάμψη. Οι υδραυλικές πρέσες παρουσιάζουν την ιδιότητα να διατηρούν σταθερή δύναμη σε όλο το μήκος του εμβολισμού. Από την αρχή του εμβολισμού δηλαδή οι πρέσες αυτού του τύπου μπορούν να αποδώσουν τη μέγιστη δύναμη και να τη διατηρήσουν σταθερή. Αυτό είναι αναγκαίο κατά την κοίλανση και τη διάτρηση. Οι πρέσες διπλού μοχλού στην αρχή της διαδρομής αποδίδουν σχεδόν το ένα τρίτο της μέγιστης δύναμης και

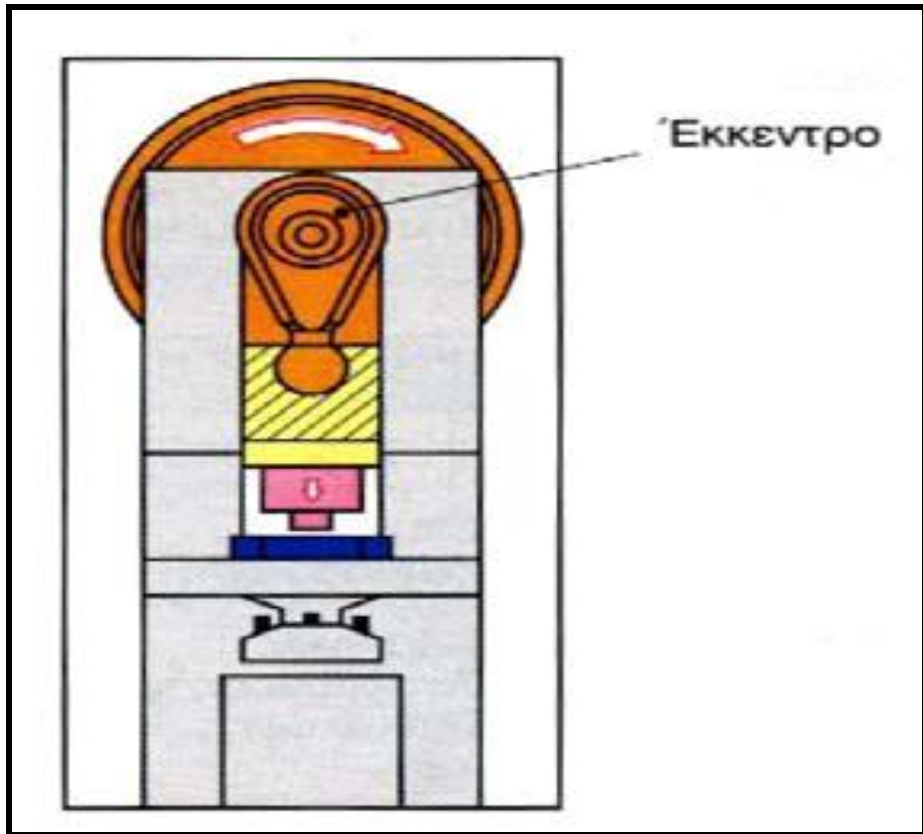
σταδιακά έως το κάτω νεκρό σημείο αποδίδουν τη μέγιστη δύναμη. Έτσι είναι κατάλληλες για διαμορφώσεις που στην αρχή τους χρειαζόμαστε μικρή δύναμη και κατά το τέλος της παραμόρφωσης απαιτούμε τη μέγιστη δύναμη. Τέτοιες κατεργασίες είναι η κοπή, η κάμψη και η τύπωση. Στις πρέσες κοχλία η δύναμη στην αρχή της διαδρομής είναι μηδέν και γίνεται μέγιστη στο τέλος της διαδρομής. Η ιδιαιτερότητά τους αυτή τις κάνει κατάλληλες για κατεργασίες διαμόρφωσης σε μήτρες όπου το εργαλείο έρχεται σε επαφή με το προς διαμόρφωση υλικό στο κάτω νεκρό σημείο της κίνησης της ωστικής κεφαλής της πρέσας.

2.2.1 Μηχανικές πρέσες

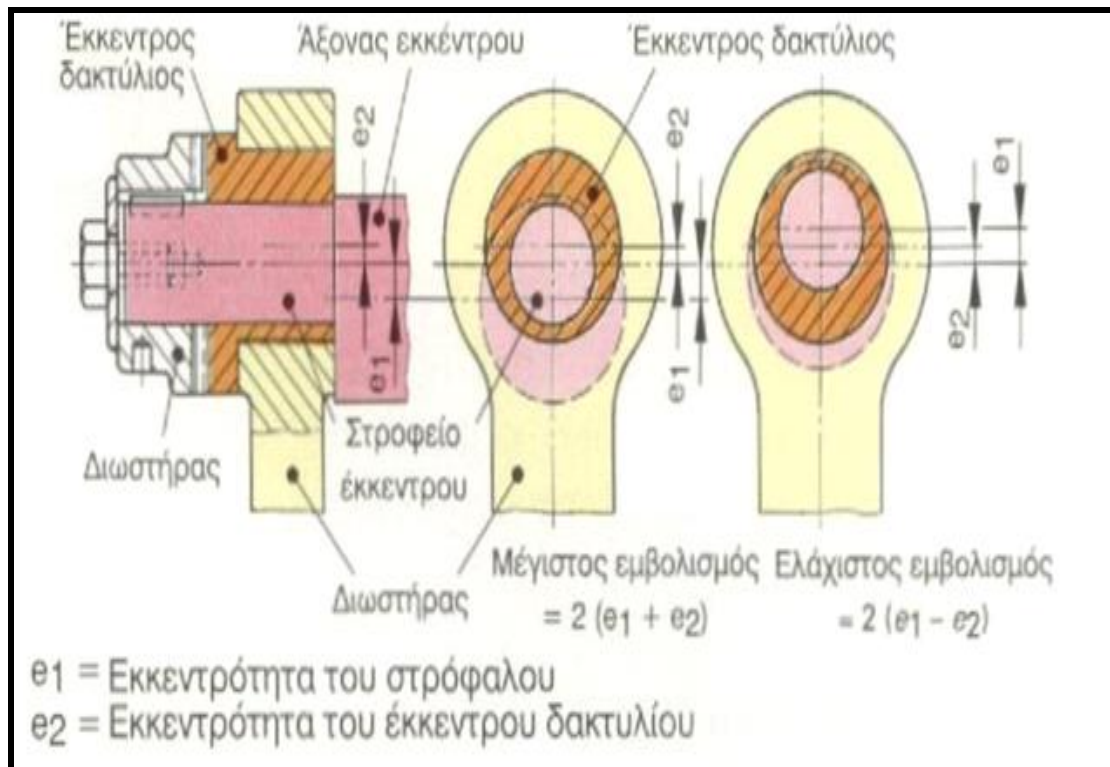
Στις μηχανικές πρέσες η ενέργεια που παράγεται από τον κινητήρα αποθηκεύεται στον στρόφαλο και από εκεί ανάλογα με το είδος της μηχανικής πρέσας μεταφέρεται στην ωστική κεφαλή. Διακρίνονται σε:

➤ Πρέσες Έκκεντρου

Στις πρέσες έκκεντρου απλής ενέργειας (σχ.2.3), ο άξονας τους κινείται από έναν κινητήρα μέσω σφονδύλου, συμπλέκτη και μιας διάταξης φρένου. Στο κομβίο του έκκεντρου αυτού του άξονα βρίσκεται ένας έκκεντρος δακτύλιος, συνδεδεμένος μέσω οδοντωτού δακτυλίου με τον άξονα (σχ.2.4). Όταν λυθεί ο οδοντωτός δακτύλιος, τότε μπορεί να στραφεί ο έκκεντρος δακτύλιος ανεξάρτητα από τον άξονα. Έτσι μπορεί να μεταβληθεί η διαδρομή της ωστικής κεφαλής της πρέσας. Η παλινδρομική κίνηση της πρέσας μεταφέρεται μέσω διωστήρα μεταβλητού μήκους (παρεμβάλλεται ένας κοχλίας), στην ωστική κεφαλή.



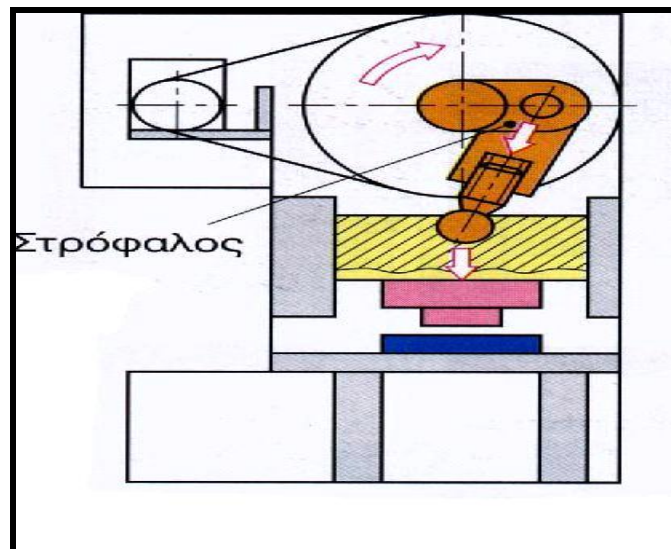
Σχήμα 2.3: Πρέσα Έκκεντρου(Καρούζος,1987)



Σχήμα 2.4: Ρύθμιση διαδρομής πρέσας έκκεντρου. (Καρούζος,1987)

➤ Πρέσες Στροφάλου

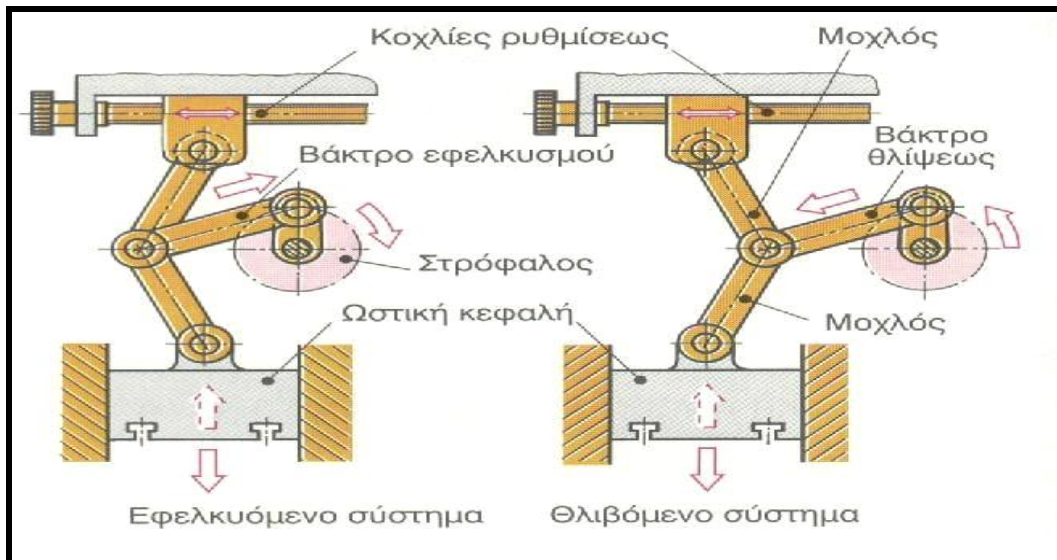
Η κίνηση της ωστικής κεφαλής επιτυγχάνεται με σύστημα διωστήρα στροφάλου. Από τον περιστρεφόμενο στρόφαλο η κίνηση μεταφέρεται στην ωστική κεφαλή μέσω ενός στιβαρού διωστήρα. Εδώ δεν μπορεί να μεταβληθεί η διαδρομή της παλινδρομικής κίνησης, μπορεί όμως να κινηθεί η ωστική κεφαλή μέσω μιας σφαιρικής ατράκτου και έτσι να επιτύχουμε την σωστή τοποθέτηση κάποιου εργαλείου στην πρέσα. Οι πρέσες στροφάλου μπορούν να ασκήσουν δυνάμεις από 1250 ~ 40000KN.



Σχήμα 2.5: Πρέσα στροφάλου
(Καρούζος,1987)

➤ Πρέσες διπλού μοχλού

Περιστροφική κίνηση του στροφάλου μεταφέρεται με μια ελκτική ή θλιπτική ράβδο στους μοχλούς (σχ. 2.6). Αυτά τα συστήματα κίνησης διακρίνονται σε εφελκούμενα και σε θλιβόμενα συστήματα. Κατά την κίνηση των μοχλών, η ωστική κεφαλή κινείται προς τα κάτω και εμφανίζονται στο κάτω νεκρό σημείο πολύ μεγάλες δυνάμεις. Με μεταβολή του άνω κέντρου στροφής του ενός μοχλού με ένα ρυθμιστικό κοχλία μπορεί να ρυθμιστεί με ακρίβεια, η θέση του εργαλείου που απαιτείται για την διεξαγωγή της κάθε κατεργασίας. Οι πρέσες διπλού μοχλού μπορούν να ασκήσουν δυνάμεις από 250 ~ 36000KN.



Σχήμα 2.6: Σύστημα κίνησης σε πρέσα διπλού μοχλού(Καρούζος,1987)

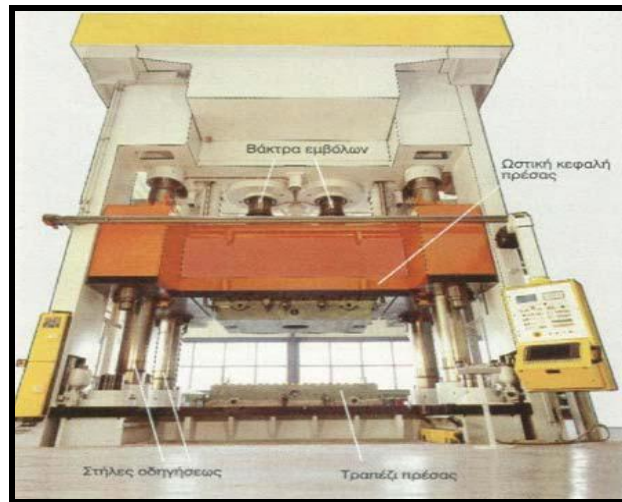
➤ Πρέσες Κοχλία

Οι πρέσες κοχλία χαρακτηρίζονται ως πρέσες με εξάρτηση από την ενέργεια. Τις χαρακτηρίζουμε έτσι γιατί η κίνηση τους εξαρτάται από την ενέργεια που έχει κάποιο σώμα λόγω της πτώσης του, της περιστροφής του κ.λπ. Η μεταφορά της ενέργειας αυτής στην ωστική κεφαλή της πρέσας πραγματοποιείται, ανάλογα με το σκοπό, το μέγεθος, και το κατασκευαστικό είδος, σε μια θέση ή σε δύο ή σε τέσσερις θέσεις. Για το λόγο αυτό οι πρέσες αυτού του είδους ονομάζονται και πρέσες ενός, δύο ή τεσσάρων σημείων.

Οι πρέσες κοχλία (Friction), χρησιμοποιούνται για την κατασκευή προϊόντων συμπίεσης εν ψυχρώ ή εν θερμώ και για εργασίες τυπώματος. Μετά την απελευθέρωση της πρέσας ο κοχλίας αρχίζει να περιστρέφεται παρασυρόμενος από ένα δίσκο τριβής. Ταυτόχρονα βιδώνεται η άτρακτος αυτή στο σπείρωμα του περικοχλίου του κορμού της πρέσας και κινεί την ωστική κεφαλή μαζί με το άνω μέρος του εργαλείου προς τα κάτω. Η μήτρα στο άνω μέρος του εργαλείου συναντά με ορμή και μεγάλη ταχύτητα το υλικό και διαμορφώνει έτσι το τεμάχιο μέσα στο κλειστό πλέον καλούπι. Με ένα δεύτερο δίσκο τριβής αρχίζει η αντίστροφη κίνηση της ωστικής κεφαλής. Αυτό το είδος της κίνησης ονομάζεται Friction, που στα λατινικά σημαίνει το προερχόμενο από τριβή. Οι δυνάμεις για την παραμόρφωση του υλικού προέρχονται από την κινητική ενέργεια της άτρακτου και του σφονδύλου.

2.2.2 Υδραυλικές Πρέσες

Οι πρέσες αυτές αποκτούν ενέργεια από το συμπιεσμένο λάδι που τους παρέχεται. Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται πρέσες με εξάρτηση από τη δύναμη. Το μέγεθος του παραγόμενου έργου της πρέσας εξαρτάται από την ισχύ της αντλίας και από τη διατιθέμενη επιφάνεια του εμβόλου.



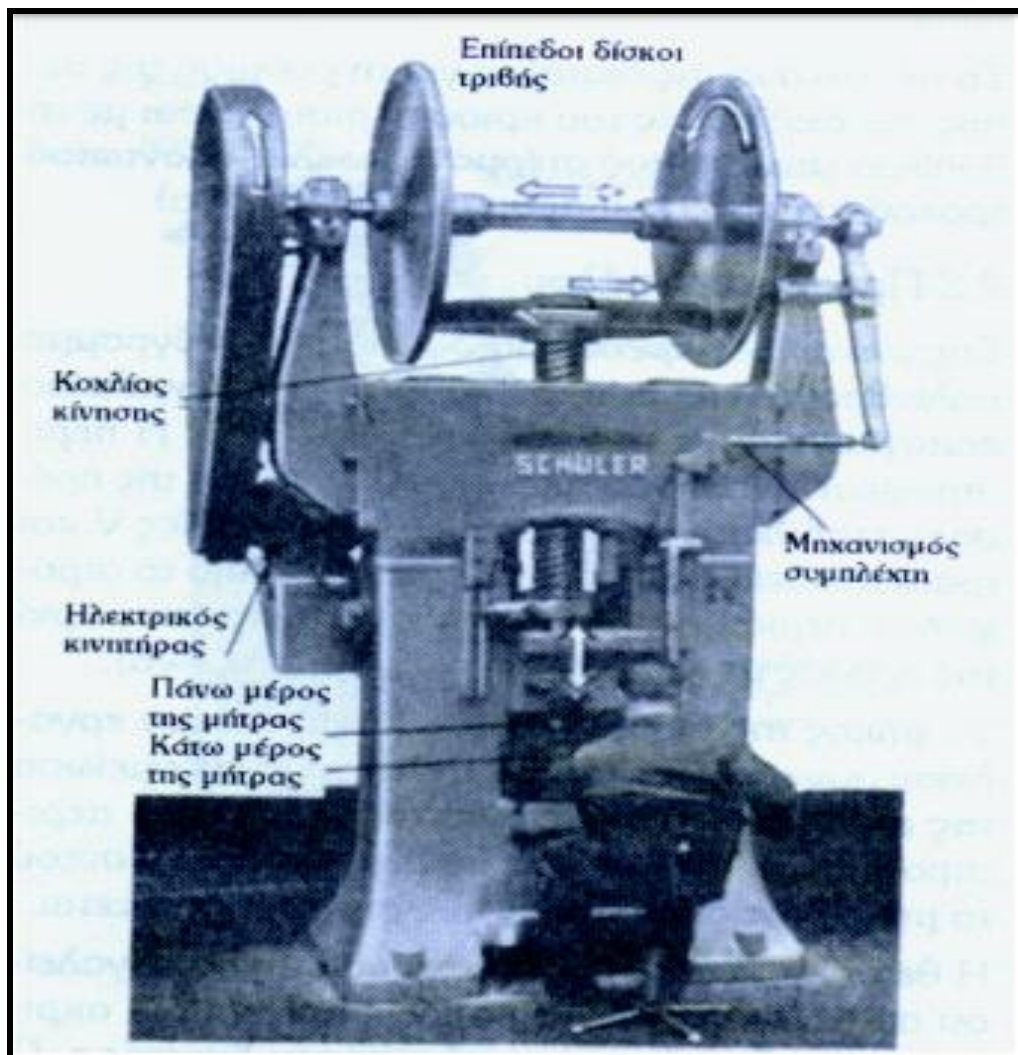
Σχήμα 2.7: Υδραυλική πρέσα. (Καρούζος,1987)

Στις υδραυλικές πρέσες (σχ.2.7) το έμβολο είναι συνδεδεμένο απ' ευθείας με τον φορέα των εργαλείων και την ωστική κεφαλή, μέσω ενός στιβαρού βάκτρου. Με την ενεργοποίηση της πρέσας, μια υδραυλική αντλία πιέζει το λάδι το οποίο μέσω μιας βαλβίδας ελέγχου περνά στο χώρο του κυλίνδρου επάνω από το έμβολο. Έτσι ενεργώντας το λάδι στην επιφάνεια του εμβόλου, δίνει την δύναμη που απαιτούμε.

Η κίνηση της πρέσας μπορεί να είναι οριζόντια ή κατακόρυφη. Ταυτόχρονα τόσο η δύναμη όσο και η ταχύτητα του εμβόλου μπορούν να ρυθμιστούν με ακρίβεια στις ανάγκες της κάθε κατεργασίας. Η διαδρομή της ωστικής κεφαλής στις πρέσες αυτού του τύπου μπορεί να περιορισθεί σε οποιαδήποτε θέση της συνολικής διαδρομής μέσω των βαλβίδων ελέγχου. Οι υδραυλικές πρέσες ασκούν δυνάμεις έως 20000KN και χρησιμοποιούνται ως πρέσες σφυρηλασίας, λεπτής κοπής και κυρίως ως πρέσες κοίλανσης λόγω της σταθερής δύναμης που ασκούν σε όλο το μήκος του εμβολισμού.

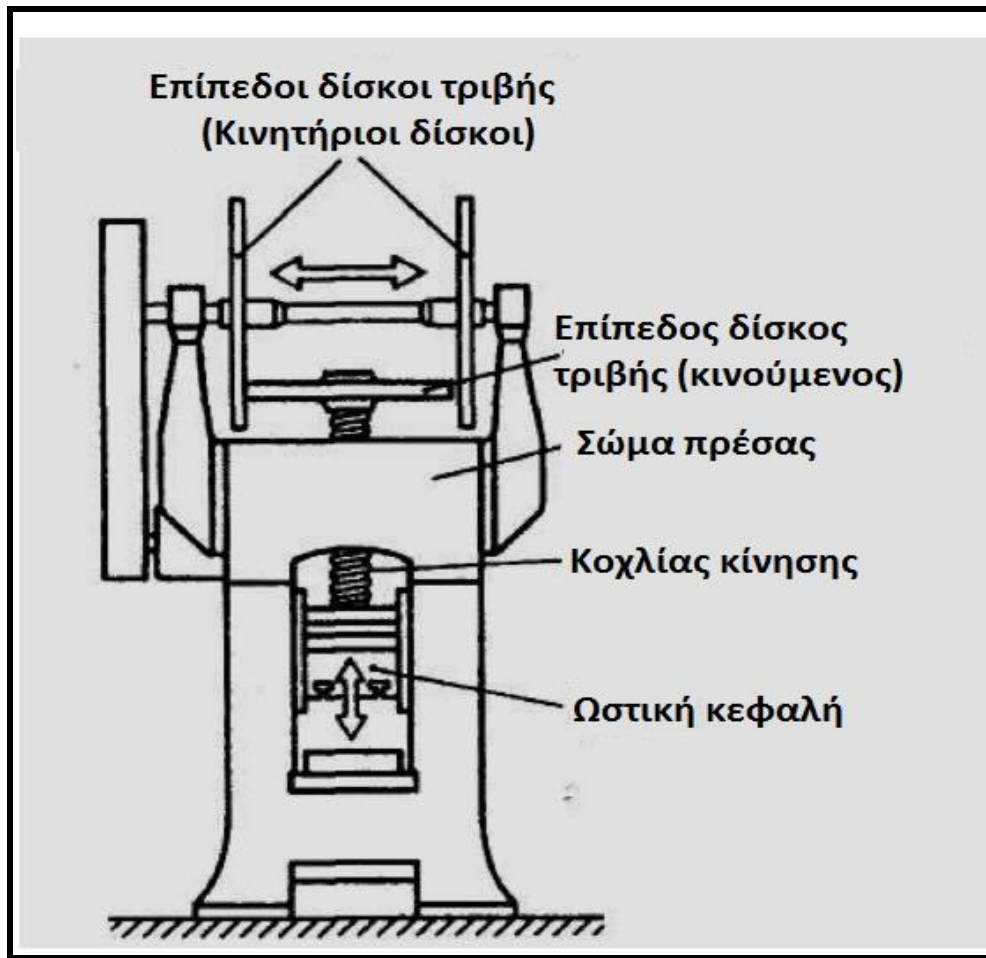
2.2.3. Κοχλιοφόρες πρέσες με επίπεδους δίσκους τριβής

Οι κοχλιοφόρες πρέσες με επίπεδους δίσκους τριβής (σχ. 2.8) χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο στην εκτέλεση εργασιών κοίλανσης σε θερμή και σε ψυχρή κατάσταση καθώς και στην εκτέλεση εργασιών τύπωση.



Σχήμα 2.8: Κοχλιοφόρα πρέσα με επίπεδους δίσκους τριβής
(ΕΚ.ΔΙ.ΤΟ,2017)

Η περιστροφική κίνηση του ηλεκτρικού κινητήρα της πρέσας μεταδίδεται μέσω τραπεζοειδών τροχαλιών V και τραπεζοειδών ιμάντων στον κύριο άξονα της πρέσας, που φέρει δύο επίπεδους δίσκους τριβής (κινητήριοι δίσκοι τριβής, σχ. 2.9)



Σχήμα 2.9: Αρχή λειτουργίας της κοχλιοφόρας πρέσας με επίπεδους δίσκους τριβής (ΕΚ.ΔΙ.ΤΟ,2017)

Από τον κύριο άξονα η περιστροφική κίνηση μεταδίδεται μέσω των επίπεδων δίσκων τριβής στον κοχλία κίνησης της πρέσας, ο οποίος φέρει συνήθως σπείρωμα τραπεζοειδές με πολλές αρχές. Στο κάτω άκρο του κοχλία κίνησης είναι στερεωμένη η ωστική κεφαλή της πρέσας, ο οποίος έχει δυνατότητα ευθύγραμμης παλινδρομικής κίνησης κατακόρυφα, σε κατάλληλους πρισματοειδείς οδηγούς (γλίστρες). Στο πάνω άκρο του κοχλία κίνησης είναι στερεωμένος επίπεδος δίσκος σε οριζόντια διάταξη (κινούμενος δίσκος τριβής).

Με κατάλληλο σύστημα μοχλών επιτυγχάνεται η σύμπλεξη του επίπεδου δίσκου τριβής στο άκρο του κοχλία κίνησης, διαδοχικά τότε με τον επίπεδο δίσκο τριβής στα δεξιά στον κύριο άξονα και τότε με τον επίπεδο δίσκο τριβής στα αριστερά στον κύριο άξονα.

Η περιστροφική κίνηση του ηλεκτρικού κινητήρα της πρέσας, μετατρέπεται με τη βοήθεια των δύο κινητήριων δίσκων τριβής στον κύριο άξονα και του κινούμενου δίσκου τριβής στο πάνω άκρο του κοχλία κίνησης, σε ευθύγραμμη παλινδρομική κίνηση του κριού της πρέσας με τον ακόλουθο τρόπο:

Για την κίνηση της ωστική κεφαλή και του εργαλείου προς τα κάτω, συμπλέκεται ο επίπεδος δίσκος στα δεξιά, στον κύριο άξονα (κινητήριος δίσκος τριβής), με τον επίπεδο δίσκο στο πάνω άκρο του κοχλία κίνησης (κινούμενος δίσκος τριβής).

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα, η περιστροφική κίνηση του ηλεκτρικού κινητήρα να μεταδίδεται μέσω του κυρίου άξονα και των επίπεδων δίσκων τριβής στον κοχλία κίνησης, ο οποίος περιστρέφεται δεξιόστροφα στην περίπτωση αυτή, κοχλιώνεται μέσα στο σταθερό περικόχλιο του και επομένως προωθείται με μεγάλη ταχύτητα προς τα κάτω. Μαζί με τον κοχλία κίνησης κινείται ταυτόχρονα και η ωστική κεφαλή της πρέσας με μεγάλη ταχύτητα προς τα κάτω (ενεργητική διαδρομή της ωστική κεφαλή του εργαλείου της πρέσας).

Για την κίνηση της ωστικής κεφαλής και του εργαλείου προς τα πάνω συμπλέκεται ο επίπεδος δίσκος στα αριστερά, στον κύριο άξονα (κινητήριος δίσκος τριβής), με τον επίπεδο δίσκο στο πάνω άκρο του κοχλία κίνησης (κινούμενος δίσκος τριβής).

Στην περίπτωση αυτή η περιστροφική κίνηση του ηλεκτρικού κινητήρα μεταδίδεται μέσω του κυρίου άξονα και των επίπεδων δίσκων τριβής στον κοχλία κίνησης, ο οποίος περιστρέφεται αριστερόστροφα αυτή τη φορά, αποκοχλιώνεται μέσα στο σταθερό περικόχλιο του και επομένως προωθείται με μεγάλη ταχύτητα προς τα πάνω.

Μαζί με τον κοχλία κίνησης κινείται ταυτόχρονα και η ωστική κεφαλή της πρέσας με μεγάλη ταχύτητα προς τα πάνω (παθητική διαδρομή της ωστική κεφαλή και του εργαλείου της πρέσας).

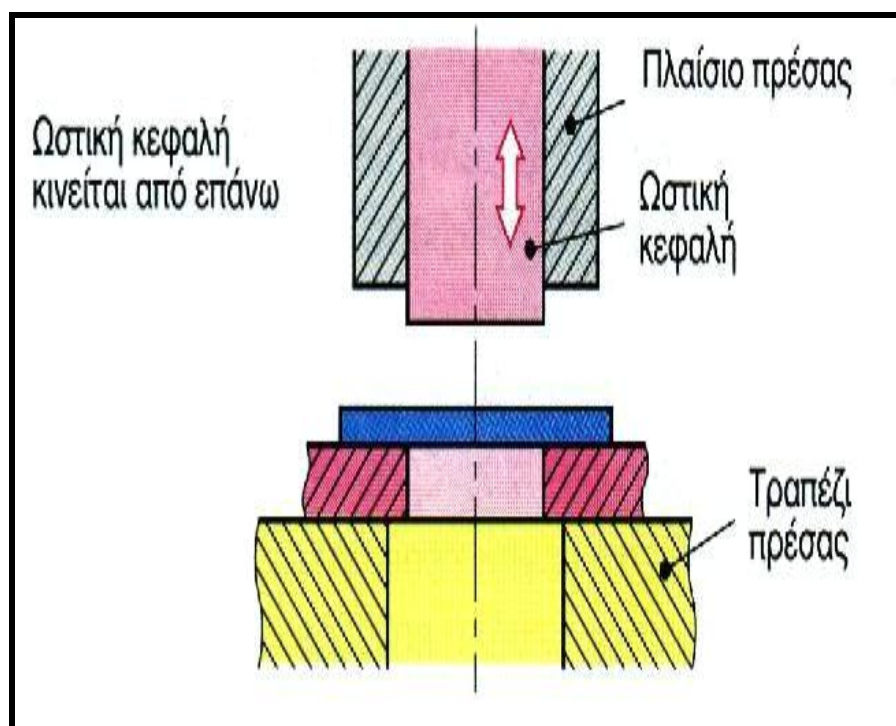
2.3 Λειτουργία Πρεσών

Οι πρέσες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους χαρακτηρίζονται σαν :

- Πρέσες απλής ενέργειας.
- Πρέσες διπλής ενεργείας.
- Σύνθετης ενέργειας.

Οι διαφορές στον τρόπο λειτουργίας αυτών των πρεσών είναι ο αριθμός των κινήσεων που μπορούν να πραγματοποιήσουν ταυτόχρονα ή διαδοχικά. Η δυνατότητα αυτή των πρεσών είναι πολύ σημαντική γιατί πολλές φορές κατά τις μηχανικές διαμορφώσεις πρέπει να εκτελεστούν διαφορετικές αλλά εναρμονισμένες μεταξύ τους κινήσεις της πρέσας.

Πρέσες απλής ενέργειας είναι οι πρέσες που διαθέτουν μια ωστική κεφαλή πάνω στην οποία είναι στερεωμένο το έμβολο ή το πάνω μέρος του εργαλείου διαμόρφωσης. Η πρέσες αυτές μπορούν να εκτελέσουν μόνο μία παλινδρομική κίνηση (σχ. 2.10) και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται συνήθως για την κατασκευή αντικειμένων απλού σχήματος .

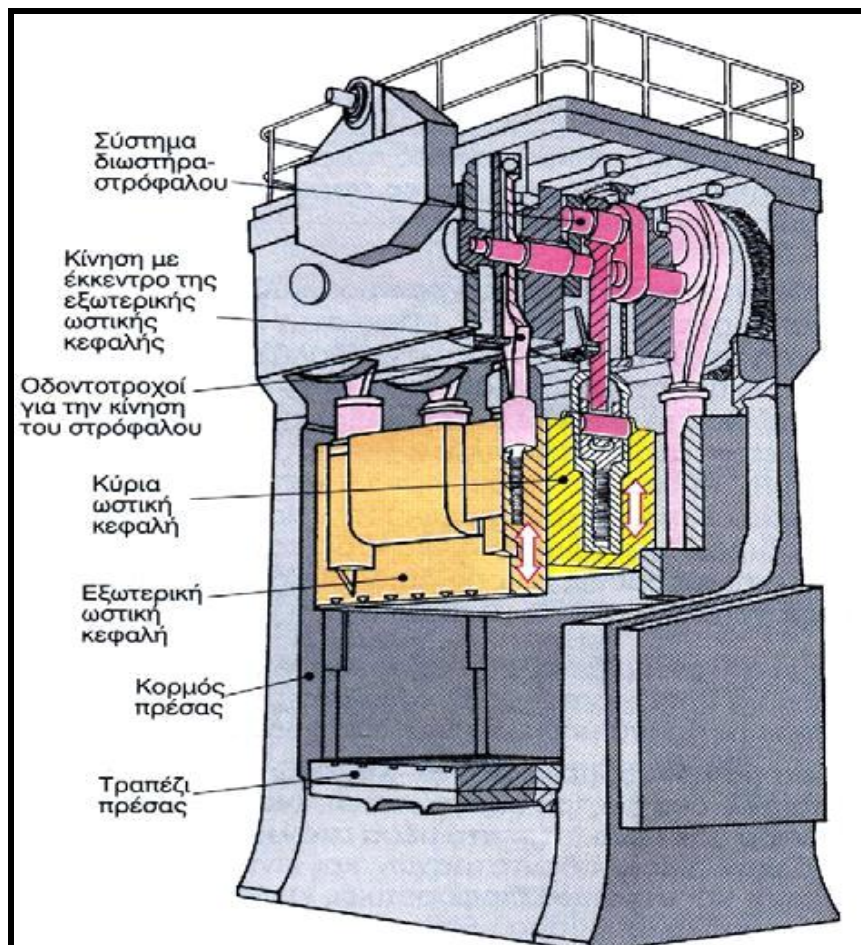


Σχήμα 2.10: Λειτουργία πρέσας απλής ενέργειας

(Καρούζος,1987)

Πρέσες διπλής ενέργειας ονομάζονται οι πρέσες που μπορούν να εκτελέσουν δύο κινήσεις ανεξάρτητες μεταξύ τους (σχ. 2.11). Διαθέτουν δύο ωστικές κεφαλές μια εσωτερική και μια εξωτερική. Αν για παράδειγμα χρησιμοποιηθεί μια τέτοια πρέσα για κοίλανση τότε η εξωτερική ωστική κεφαλή φέρει τον συγκρατείτε, ενώ η εσωτερική που ονομάζεται και κύρια ωστική κεφαλή, φέρει το έμβολο της κοίλανσης.

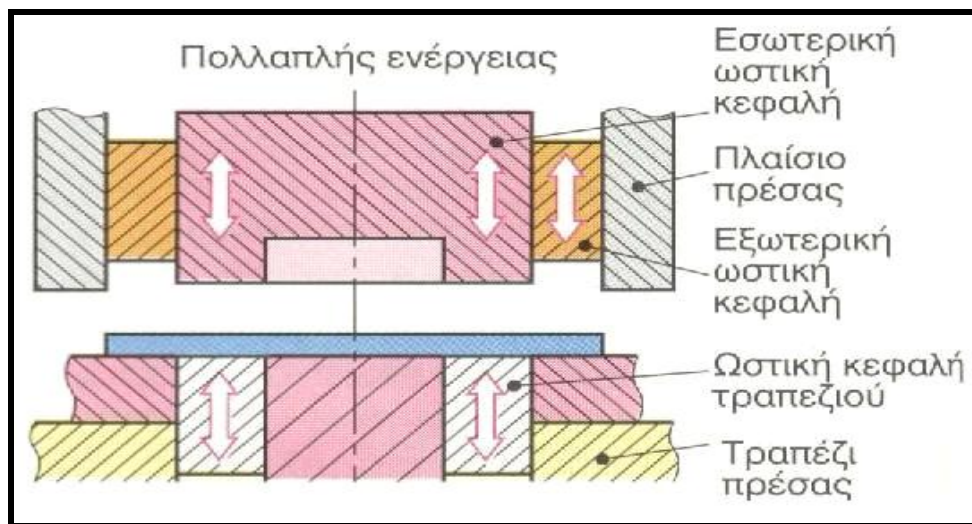
Ωστόσο η δεύτερη ωστική κεφαλή μπορεί να βρίσκεται και στο κάτω μέρος της πρέσας (στο τραπέζι της πρέσας). Η κίνηση αυτής της ωστικής κεφαλής μας χρησιμεύει για άλλου είδους κατεργασίες π.χ. την διάτρηση τεμαχίων που έχουν υποστεί κοίλανση από την κίνηση της κύριας ωστικής κεφαλής της πρέσας. Με αυτόν τον τρόπο λειτουργίας εξοικονομούμε χρόνο, προσωπικό και αριθμό πρεσών. Η κίνηση της ωστικής κεφαλής που βρίσκεται στο τραπέζι της πρέσας, επιτυγχάνεται είτε με συμπιεσμένο αέρα, είτε με υδραυλικούς κυλίνδρους και μεταφέρεται με πέρους στο εργαλείο μέσω κάποιων διαμπερών οπών του τραπεζιού της πρέσας.



Σχήμα 2.11: Πρέσα διπλής ενέργειας

(Καρούζος,1987)

Οι πρέσες πολλαπλής ενέργειας μπορούν να εκτελέσουν διαφορετικές κινήσεις των ωστικών κεφαλών ταυτόχρονα ή διαδοχικά (σχ. 2.12). Για το σκοπό αυτό χρειάζονται όμοια ή διαφορετικά συστήματα κίνησης των ωστικών κεφαλών. Για παράδειγμα σε μια πολλαπλής ενέργειας πρέσα η εσωτερική κεφαλή μπορεί να κινείται με την βοήθεια έκκεντρου, η εξωτερική ωστική κεφαλή να παίρνει κίνηση από έναν στρόφαλο και η κεφαλή του τραπεζιού να κινείται υδραυλικά. Οι διάφορες κινήσεις της πρέσας μπορούν να ελεγχθούν με μηχανικό τρόπο μέσω ανταλλάξιμων έκκεντρων δίσκων ελέγχου ή ηλεκτρονικά μέσω αισθητηρίων διαδρομής και αξιολόγησης της θέσης. Σε μια πρέσα με ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου, η διαδρομή, η ταχύτητα και η δύναμη του εμβολισμού μπορούν, να ρυθμιστούν με απόλυτη ακρίβεια, να απομνημονευθούν από το μηχάνημα και να αναπαραχθούν.



Σχήμα 2.12:Λειτουργία πρέσας πολλαπλής ενέργειας. (Καρούζος,1987)

Μια άλλη κατηγορία πρεσών είναι οι πρέσες βαθμίδων οι οποίες συνήθως διαθέτουν μια πλατιά ωστική κεφαλή. Η διαφορά αυτών των πρεσών με τις προηγούμενες είναι ότι διαθέτουν ένα σύστημα με αρπαγές, προσαρμοσμένο στη μορφή του αντικειμένου που κατεργαζόμαστε.

Τα εργαλεία των επιμέρους βαθμίδων κατεργασίας διατάσσονται το ένα δίπλα στο άλλο και το προς κατεργασία τεμάχιο μεταφέρεται από τη διάταξη μεταφοράς (αρπαγές), από εργαλείο σε εργαλείο (σχ.2.13). Η ωστική κεφαλή της πρέσας φέρει τη διάταξη των εργαλείων και σε κάθε της εμβολισμό παράγεται και μια ενδιάμεση μορφή του αντικειμένου. Η μεταφορά του τεμαχίου γίνεται κατά την άνοδο της

ωστικής κεφαλής. Πράγμα που εξοικονομεί χρόνο στην όλη κατεργασία. Η διάταξη μεταφοράς του αντικειμένου είναι συζευγμένη, μέσω συστημάτων κινήσεως με την πρέσα. Έτσι τα αντικείμενα κινούνται οριζόντια από τη μια βαθμίδα κατεργασίας στην άλλη όταν ανέρχεται η ωστική κεφαλή.

Για την κατασκευή τέτοιων συστημάτων μεταφοράς χρησιμοποιούνται έτοιμα εξαρτήματα. Αυτά είναι προσαρμοσμένα με ακρίβεια στο εκάστοτε προϊόν. Με αυτόν εξοικονομείται χρόνος κατά την προετοιμασία της πρέσας και των εργαλείων μιας κατεργασίας.



Σχήμα 2.13: Πρέσα βαθμίδων(Καρούζος,1987)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 Τριβή και λίπανση κατά τις μηχανικές διαμορφώσεις

Σε όλες τις διεργασίες μηχανικών διαμορφώσεων παρουσιάζεται σχετική κίνηση μεταξύ των επιφανειών του κομματιού και του εργαλείου, σαν αποτέλεσμα της σχετικής κίνησης του εργαλείου ως προς το κομμάτι και της διαρροής του υλικού του κομματιού. Εξ αιτίας της τελευταίας μάλιστα είναι δυνατόν κατά την εξέλιξη της διαμόρφωσης να μεταβάλλεται το μέγεθος της επιφάνειας επαφής, λόγω μετατόπισης υλικού από το εσωτερικό του κομματιού στην επιφάνεια επαφής και αντίστροφα. Λόγω των υψηλών πιέσεων που ασκούνται μεταξύ κομματιού και εργαλείου (μέχρι 3.000 N/mm^2), οι δυνάμεις τριβής που αναπτύσσονται είναι σημαντικές. Οι επιπτώσεις της τριβής μεταξύ εργαλείου και κομματιού είναι:

- Φθορά του εργαλείου, με συνέπεια την μείωση της διάρκειας ζωής του εργαλείου (δηλ. του συνολικού αριθμού των κομματιών που μπορούν να παραχθούν με το συγκεκριμένο εργαλείο), αλλά και την χειρότερη ποιότητα των κομματιών, τόσο όσον αφορά την διαστασιακή ακρίβεια, όσο και την ποιότητα επιφάνειας. Ρωγμές ή πτυχώσεις στην επιφάνεια του κομματιού.
- Αύξηση της απαιτούμενης δύναμης και συνεπώς ενέργειας για την διαμόρφωση του κομματιού, που έχει σημασία όχι τόσο λόγω της επί πλέον ισχύος που καταναλώνεται από την εργαλειομηχανή, όσο λόγω της αυξημένης καταπόνησης και άρα ταχύτερης φθοράς του εργαλείου.
- Ανομοιομορφία των μηχανικών ιδιοτήτων στην μάζα του κομματιού λόγω ανομοιογενούς παραμόρφωσης.
- Σε περιπτώσεις ελεύθερης διαμόρφωσης απόκλιση από την επιθυμητή μορφή του κομματιού (πχ. κατά την αξονική συμπίεση ενός κυλίνδρου παρουσιάζεται διόγκωση στο μέσον της πλευρικής του επιφάνειας).

Για τους λόγους αυτούς η τριβή μεταξύ εργαλείου και κομματιού είναι (με ελάχιστες εξαιρέσεις, όπως πχ. κατά την έλαση με περιστρεφόμενα εργαλεία) ανεπιθύμητη, και

λαμβάνονται μέτρα για τον περιορισμό της, μέσω κατάλληλης διαμόρφωσης και κυρίως μέσω λίπανσης των τριβομένων επιφανειών.

Επίσης οι επιφάνειες εργαλείου και κομματιού δεν είναι καθαρές, αλλά καλύπτονται από ένα στρώμα οξειδίων, πάχους μερικών χιλιοστών του μ, που προκύπτει από χημικές αντιδράσεις του μεταλλικού υλικού με την ατμόσφαιρα και το λιπαντικό ή απορρόφηση στοιχείων τους. Το στρώμα αυτό παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη σκληρότητα από το μεταλλικό υλικό και το προστατεύει από περαιτέρω χημικές επιδράσεις. Σε περιπτώσεις που σε μικροσκοπικό επίπεδο διασπάται η συνέχεια αυτών των προστατευτικών στρωμάτων και εφ' όσον υπάρχει χημική συγγένεια, συμβαίνουν στιγμιαίες μικρό συγκολλήσεις μεταξύ των υλικών εργαλείου και κομματιού.

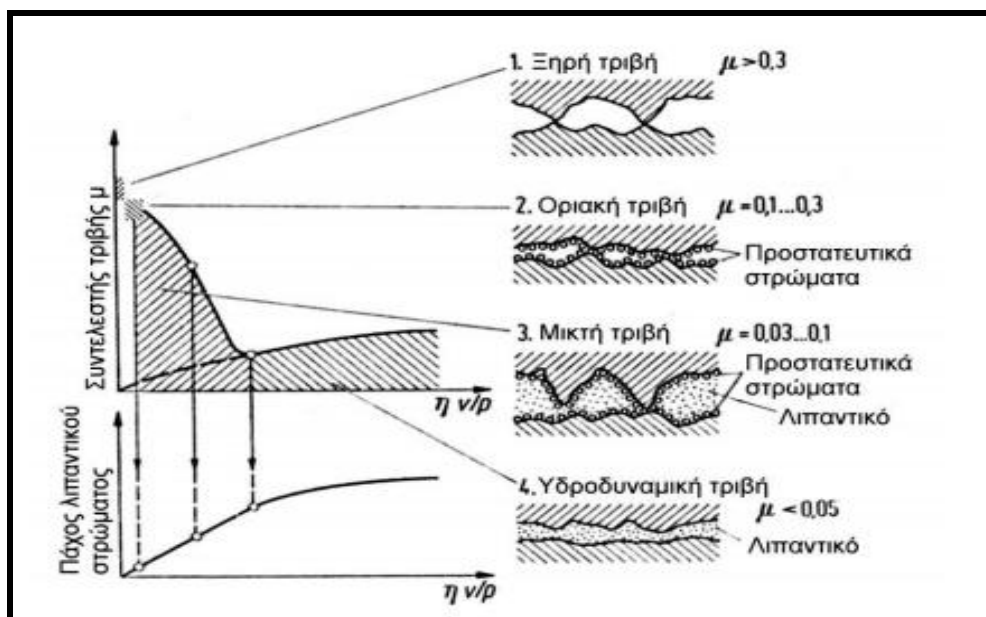
Το μέγεθος της τριβής μεταξύ των επιφανειών εργαλείου και κομματιού εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Από την εφαρμοζόμενη διεργασία διαμόρφωσης, δηλ. από το μέγεθος και την κατανομή των ορθών τάσεων στην επιφάνεια επαφής εργαλείου κομματιού, τις σχετικές ταχύτητες που παρουσιάζονται και τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται. Με βάση κυρίως αυτούς τους παράγοντες επιλέγεται το λιπαντικό.
- Από τα υλικά εργαλείου και κομματιού. Μεταλλικά υλικά περίπου ίδιας αντοχής παρουσιάζουν μεγαλύτερη τάση για μικρό συγκολλήσεις και άρα ταχύτερη φθορά του εργαλείου.
- Από την ποιότητα επιφάνειας του εργαλείου. Όσο καλύτερη, τόσο μικρότερη η τριβή που αναπτύσσεται.
- Από τις ιδιότητες του λιπαντικού (ιξώδες, αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και πιέσεις, τάση χημικής αντίδρασης και απορρόφησης από τα υλικά εργαλείου και κομματιού).

3.2 Λίπανση και προετοιμασία των επιφανειών

Η λίπανση κατά τις μηχανικές διαμορφώσεις εξυπηρετεί δύο κυρίως λειτουργίες:

- Την αποφυγή επαφής μεταξύ των μεταλλικών υλικών κομματιού και εργαλείου, που όπως αναφέρθηκε έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση μικρό συγκολλήσεων που προξενούν αυξημένη φθορά του εργαλείου και κακή ποιότητα του κομματιού.
- Την ελάττωση των δυνάμεων τριβής μεταξύ κομματιού και εργαλείου. Σε ορισμένες εφαρμογές το λιπαντικό μπορεί να έχει και ψυκτική δράση, με την έννοια της παρεμπόδισης της μετάδοσης θερμότητας μεταξύ κομματιού και εργαλείου (κυρίως σε εν θερμώ διαμορφώσεις) ή μπορεί να ασκεί υποβοηθητική ή ανασχετική λειτουργία στην ροή του υλικού του κομματιού σε συγκεκριμένες θέσεις.
- Κατά την εξέλιξη της διαμόρφωσης είναι δυνατόν τοπικά, αναλόγως των συνθηκών, να εμφανισθούν όλες οι δυνατές καταστάσεις τριβής δηλ. ξηρή, οριακή, μικτή ή υδροδυναμική τριβή (Σχ.3.1).



Σχ.3.1 Δυνατές καταστάσεις τριβής σε μηχανική διαμόρφωση. η : δυναμικό ιξώδες του λιπαντικού, v : σχετική ταχύτητα μεταξύ των τριβομένων επιφανειών, ρ : πίεση μεταξύ των τριβομένων επιφανειών. (Παραδεισιάδης,2012)

Κατά την ξηρή τριβή δεν υπάρχουν προστατευτικά στρώματα των επιφανειών, που έρχονται σε άμεση επαφή μεταξύ τους. Εμφανίζεται πολύ σπάνια, μόνον σε διεργασίες κοπής ή όταν τοπικά διακόπτεται η συνέχεια των προστατευτικών στρωμάτων και συμβαίνουν μικρό συγκολλησεις. Ξηρή τριβή εμφανίζεται όμως και όταν μεταξύ κομματιού και εργαλείου παρεμβάλλονται λεπτά στρώματα μαλακότερων (δηλ. με μικρότερη αντοχή σε διάτμηση) υλικών, όπως χαλκού, μολύβδου, ψευδαργύρου, κασσιτέρου ή πλαστικού, που δρουν σαν στερεά λιπαντικά.

Κατά την οριακή τριβή έρχονται σε επαφή, χωρίς παρουσία λιπαντικού, ή με την παρουσία ασυνεχούς λιπαντικού στρώματος πάχους μερικών μορίων, τα προστατευτικά στρώματα των επιφανειών, που ελαττώνουν σημαντικά την τριβή και την φθορά σε σχέση με την ξηρή τριβή. Κατάλληλα τέτοια στρώματα είναι δυνατόν να παραχθούν σκόπιμα, όπως πχ. με την φωσφάτωση επιφανειών κομματιών από χάλυβα ή με επάλειψη των επιφανειών με ειδικά γράσα.

Η μικτή τριβή είναι το είδος τριβής που κυρίως εμφανίζεται στις μηχανικές διαμορφώσεις. Η παρουσία του λιπαντικού περιορίζει το μέγεθος της τριβής πολύ περισσότερο σε σχέση με την οριακή τριβή.

Η υδροδυναμική (ή σε ορισμένες περιπτώσεις υδροστατική) τριβή, κατά την οποία μέσα στο λιπαντικό αναπτύσσονται τόσο μεγάλες πιέσεις, ώστε να εξισορροπούν τις πιέσεις μεταξύ κομματιού και εργαλείου χωρίς επαφή των επιφανειών τους, εμφανίζεται εξαιρετικά σπάνια, λόγω των μεγάλων τιμών αυτών των πιέσεων.

Όταν εμφανίζονται υψηλές πιέσεις μεταξύ εργαλείου και κομματιού ή μεγάλη αύξηση της επιφάνειας επαφής κατά την διάρκεια της διαμόρφωσης, όπως πχ. κατά την εν ψυχρώ διάλυση χάλυβα, λύεται η συνέχεια του λιπαντικού μέσου, με συνέπεια την τοπική επαφή μεταξύ των μεταλλικών υλικών εργαλείου και κομματιού και την εμφάνιση μικρό συγκολλησεων. Σε τέτοιες περιπτώσεις, για την αποφυγή αυτού του φαινομένου, η επιφάνεια του κομματιού, αφού πρώτα καθαριστεί από λίπη και άλλες ακαθαρσίες με την βοήθεια ενός διαλυτικού, επαλείφεται με ειδικές ανόργανες ή μεταλλικές ουσίες. Οι ουσίες αυτές, λόγω χημικής συγγένειας με το υλικό του κομματιού, σχηματίζουν ένα λεπτό στρώμα πολύ ισχυρά προσκολλημένο στην επιφάνεια του υλικού, που χάρις στην πορώδη υφή του αυξάνει την επιφάνεια πρόσφυσης του λιπαντικού. Σαν τέτοιες ουσίες χρησιμοποιούνται κυρίως:

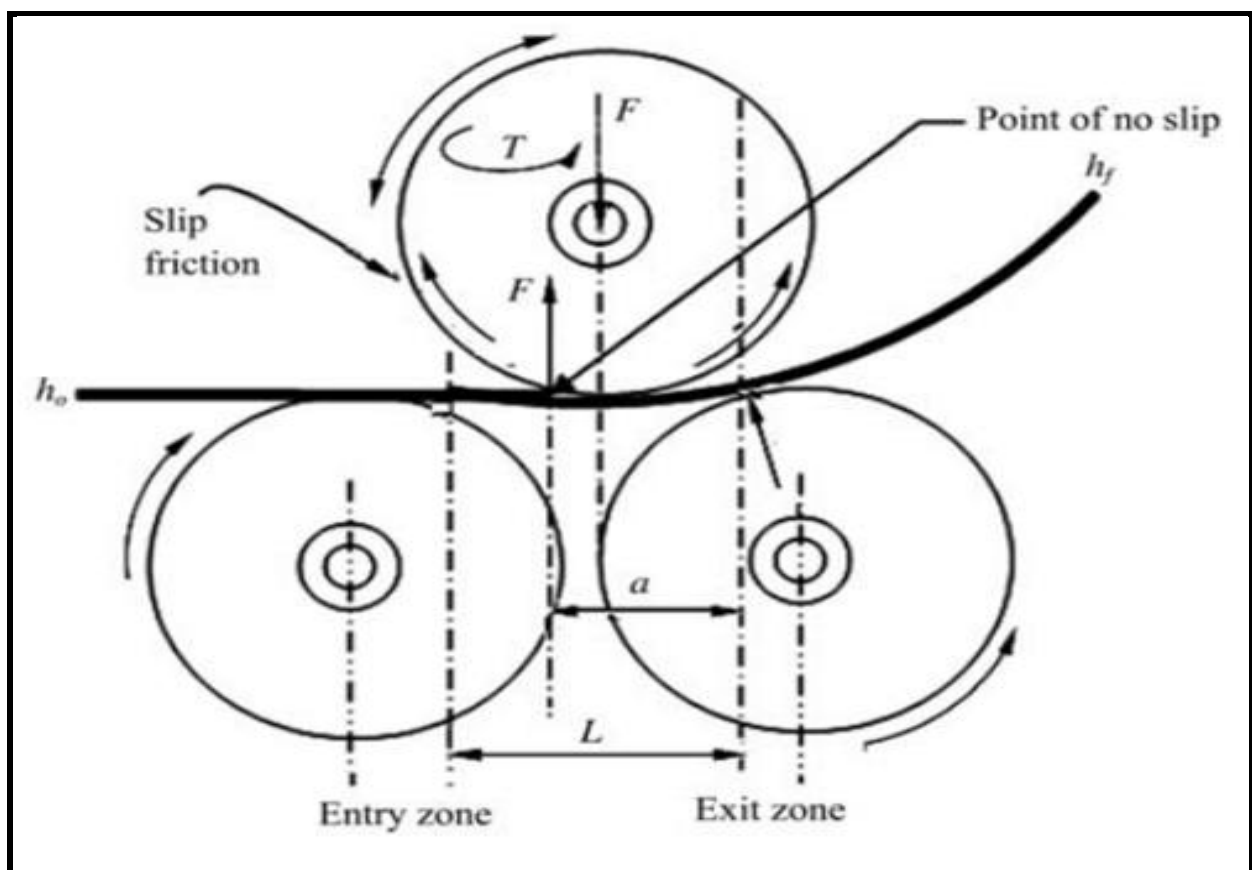
- Μεταλλικά άλατα του φωσφόρου (φώσφατα). Είναι τα ευρύτερα χρησιμοποιούμενα, ιδιαίτερα τα άλατα του ψευδαργύρου, και λιγότερο του μαγγανίου. Η εφαρμογή τους (φωσφάτωση) γίνεται με εμβάπτιση του κομματιού σε όξινο ή αλκαλικό διάλυμα των φωσφάτων. Σχηματίζουν στρώμα πάχους περίπου 5 – 10 μm και αντέχουν μέχρι θερμοκρασία 400 °C.
- Όξινα άλατα του σιδήρου. Λόγω της μεγαλύτερης δραστηριότητάς τους χρησιμοποιούνται σε υλικά επί των οποίων δεν μπορεί να επιτευχθεί προσκόλληση φωσφάτων, όπως πχ. σε ανοξειδωτους χρωμιονικελιούχους χάλυβες. Η εφαρμογή τους γίνεται με την εμβάπτιση του κομματιού σε υδατικό διάλυμα των αλάτων. Αντέχουν σε θερμοκρασία μέχρι 160 °C.
- Μετά την διαμόρφωση, οι ουσίες αυτές απομακρύνονται με την βοήθεια κατάλληλων διαλυτών.

Τα λιπαντικά που χρησιμοποιούνται για την λίπανση της επιφάνειας επαφής κομματιού - εργαλείου είναι:

- Έλαια (ορυκτά ή συνθετικά) και λίπη, ορισμένες φορές με προσμίξεις για την βελτίωση της αντοχής τους σε πολύ ψηλές πιέσεις. Έχουν την ευρύτερη εφαρμογή, ιδιαίτερα σε διαμορφώσεις ελασμάτων.
- Υδατικά διαλύματα ελαίων και σαπουνιών, κυρίως σε εν θερμώ διαμορφώσεις, όπου έχουν και ψυκτική δράση, πχ. σε έλαση με περιστρεφόμενα εργαλεία.
- Μεταλλικές ενώσεις σαπουνιών, με πολύ καλή πρόσφυση και αντοχή σε υψηλές πιέσεις, αλλά μόνον για εν ψυχρώ διαμορφώσεις, αφού χάνουν την λιπαντική τους ικανότητα πάνω από τους 220 °C.
- Στερεά λιπαντικά, κυρίως γραφίτης (αντοχή μέχρι τους 800 °C), και σουλφίδιο του μολυβδαινίου (MoS₂, αντοχή μέχρι τους 400 °C), με την μορφή διαλυμάτων νερού ή ελαίων.

3.3 Αρχές σχεδίασης και δυνάμεις που επενεργούν στον κύλινδρο κάμψης

Τα φύλλα μετάλλου λαμβάνουν τη τελική μορφή δια καμπτικών δυνάμεων χάρη στη διάταξη και λειτουργία των κυλίνδρων. Η κάμψη εξαρτάται από τις ιδιότητες του υλικού στο σημείο κάμψης. Δυο δυνάμεις είναι απαραίτητο να εξασκηθούν επί του φύλλου: μια δύναμη τριβής (αποτρέπει την ολίσθηση μεταξύ κυλίνδρου-φύλλου) και μια καμπτική δύναμη αντίθετη με τη κατεύθυνση τροφοδοσίας του φύλλου. Σχήμα 3.4).



Σχήμα 3.4: Αρχή καμπτικής λειτουργίας και μηχανισμός. Όπου α = απόσταση από τη ζώνη εξόδου (exit zone) έως το σημείο μη-ολίσθησης (υποθέτουμε $\alpha = L / 2$). F = δύναμη που εφαρμόζεται στους κυλίνδρους. T = ροπή που εφαρμόζεται στους κυλίνδρους. L = διάκενο κύλισης. R = ακτίνα κυλίνδρων. M = δύναμη τριβής $0,4 \text{ Nm}^{-1}$. h_o, h_f = πάχος του φύλλο πριν και μετά το χρόνο t (R.S BELLO,2013)

Ανάλογα με το πάχος και τις ιδιότητες του υλικού, τουλάχιστον δύο κύλινδροι εμπλέκονται για επίπεδη παραμόρφωση ενώ τρεις ή περισσότεροι για παραμόρφωση μορφής. Το κατεργαζόμενο φύλλο υπόκειται σε πλαστική παραμόρφωση και δημιουργούνται εσωτερικές τάσεις. Η εξωτερική ακτίνα του φύλλου παραμορφώνεται εφελκύστηκα και η εσωτερική θλιπτικά. Το πάχος στο σημείο κάμψης μειώνεται σύμφωνα με το λόγο του Poisson, ενώ αν η ακτίνα καμπυλότητας είναι πάρα πολύ μικρή, η πλαστική παραμόρφωση στο εξωτερικό της κάμψης οδηγεί σε αστοχία. Το μέγιστο όριο κάμψης δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση (Jack, 2003):

$$L_b = \theta(r + \kappa T) \quad (1)$$

Όπου, L_b = όριο κάμψης. θ = γωνία κάμψης. r = Ακτίνα κάμψης ως προς τον ουδέτερο άξονα. κ = σταθερά υλικού, για $r < 2T$ $\kappa = 0.33$, και για $r < 2T$ $\kappa = 0.5$, όπου T = πάχος υλικού.

Η παραμόρφωση επί της εξωτερικής ακτίνας υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση (Jack, 2003):

$$\varepsilon = \frac{1}{\frac{2r}{T} + 1} \quad (2)$$

ενώ η μέγιστη δύναμη κάμψης είναι:

$$\frac{\sigma_{yield} L T^2}{W} = \frac{\sigma_{UTS} L T^2}{W} \quad (3)$$

Όπου, P = μέγιστο φορτίο κάμψης. κ = σταθερά για συγκεκριμένο καλούπι (0,3-0,7).
 σ_{yield} = όριο ελαστικότητας υλικού, σ_{UTS} = όριο θραύσης υλικού.
 L = μήκος κάμψης (κατά μήκος του άξονα κάμψης). W = απόσταση μεταξύ υποστηριγμάτων.

Όταν οι κύλινδροι φορτίζονται, υπάρχει μια δύναμη τριβής και μια ασκούμενη δύναμη F , όπως επίσης και μια α ολίσθηση μεταξύ των κυλίνδρων η οποία όμως δεν παραμένει σταθερή επί της συνολικής επιφάνειας επαφής (Wagoner and Li, 2007).

Υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει μείωση πάχους κατά τη κατεργασία, για μικρές ακτίνες κάμψης, $\alpha=L$ και για μεγάλες $L>\alpha$, η μέγιστη δύναμη δύνεται από την εξίσωση (Hugh, 2003):

$$\mu^2 r = h_f - h_o = \textit{Maximum Draft} \quad (4)$$

Όπου, μ = δύναμη τριβής $0,4 \text{ Nm}^{-1}$. h_o , h_f = πάχος του φύλλου πριν και μετά το χρόνο t .

Αναλυτικές λύσεις της κατεργασίας κυλινδρισμού έχουν παρουσιαστεί από διάφορους ερευνητές (Dongjuan et al., 2007, Kim et al, 2007, Wagoner and Li, 2007). Ωστόσο, η η ελαστική επαναφορά του υλικού και οι διατμητικές τάσεις αγνοούνται (Behrouzi et al., 2008).

Λαμβάνοντας υπόψη την ελαστική παραμόρφωση (ϵ_e) και την πλαστική παραμόρφωση (ϵ_p), η συνολική αξονική παραμόρφωση (ϵ_x) θα είναι:

$$\varepsilon_x = \varepsilon_e + \varepsilon_p = \frac{(1 - V^2) \sigma_x}{E} + \varepsilon_p \quad (5)$$

Όπου, ε_x = συνολική αξονική παραμόρφωση, ε_e = ελαστική παραμόρφωση, ε_p = πλαστική παραμόρφωση, E = μέτρο ελαστικότητας του Young, V = λόγος του Poisson.

Η απαιτούμενη ροπή κάμψης (M) μπορεί να υπολογιστεί από την:

$$M = \int_A \sigma_x y dA \quad (6)$$

Όπου, A = επιφάνεια άξονα. σ_x = αξονική τάση. y = απόσταση από το σημείο περιστροφής σε mm.

Η αξονική παραμόρφωση (ε_x) και καταπόνηση ($\sigma_x=1$) μπορούν να γραφτούν ως εξής:

$$\varepsilon_x = \frac{2}{t} \int_{y_e}^{t/2} \varepsilon_p dy + \frac{24y}{t^3} \int_{y_e}^{t/2} \varepsilon_p y dy + \frac{12M(1 - V^2)y}{Ebt^3} \quad (7)$$

$$\sigma_x = \frac{2E}{(1 - V^2)t} \int_{y_e}^{t/2} \varepsilon_p dy + \frac{24y}{t^3} \int_{y_e}^{t/2} \varepsilon_p y dy + \frac{12M_y}{bt^3} - \frac{E\varepsilon_p}{(1 - V^2)} \quad (8)$$

Όπου **b** και **t** είναι το πλάτος και το πάχος του φύλλου αντίστοιχα; ϵ_e = ελαστική παραμόρφωση, ϵ_p = πλαστική παραμόρφωση, **E** = μέτρο ελαστικότητας του Young, **V** = λόγος του Poisson.

Η ακτίνα κάμψης μετά την ελαστική επαναφορά, μπορεί να γραφτεί ως:

$$\rho' = \frac{1}{\frac{1}{\rho} - \frac{12M(1-V^2)}{bt^3E}} \quad (9)$$

Όπου ρ και ρ' είναι ακτίνα κάμψεως πριν και μετά την επαναφορά.

Γνωρίζοντας το πάχος και το πλάτος του φύλλου και λαμβάνοντας υπόψη τη συμπεριφορά του υλικού, είναι δυνατή η ανάλυση της κάμψης τύπου V για διάφορες γωνίες κάμψης.

Η ισχύς που απαιτείται για το κυλινδράρισμα του υλικού δίνεται από την:

$$P = force - velocity = (Lw\gamma_{ave}) \times (2\pi r n) \quad (10)$$

Όπου **P** = ισχύς σε watts που απαιτείται για να παραμορφωθεί το φύλλο και **N** = ταχύτητα σε $rmin^{-1}$.

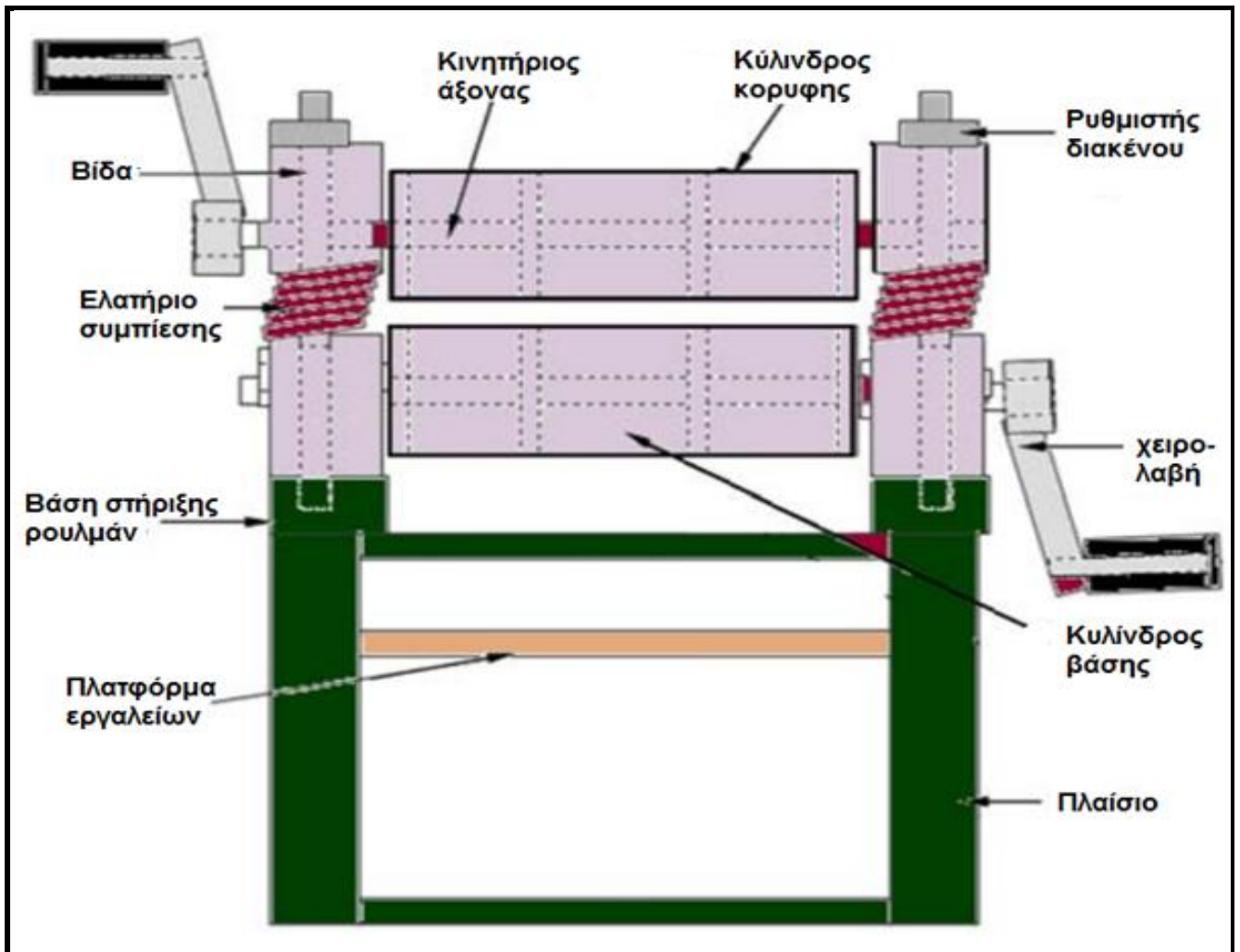
Η επίδραση της ελαστικής επαναφοράς μετά την αποφόρτιση προσεγγίζεται από την:

$$\frac{\sigma_{before}}{\sigma_{after}} = 4 \frac{(r_{before} \sigma_{yield})^3}{ET} - 3 \frac{r_{before} \sigma_{yield}}{ET} + 1 \quad (11)$$

Όπου, $\sigma_{before} = \sigma_{after} = 1$ για το επίπεδο φύλλο και ϵ = καμπτική παραμόρφωση.

3.4 Περιγραφή μηχανής κυλίνδρου κάμψης

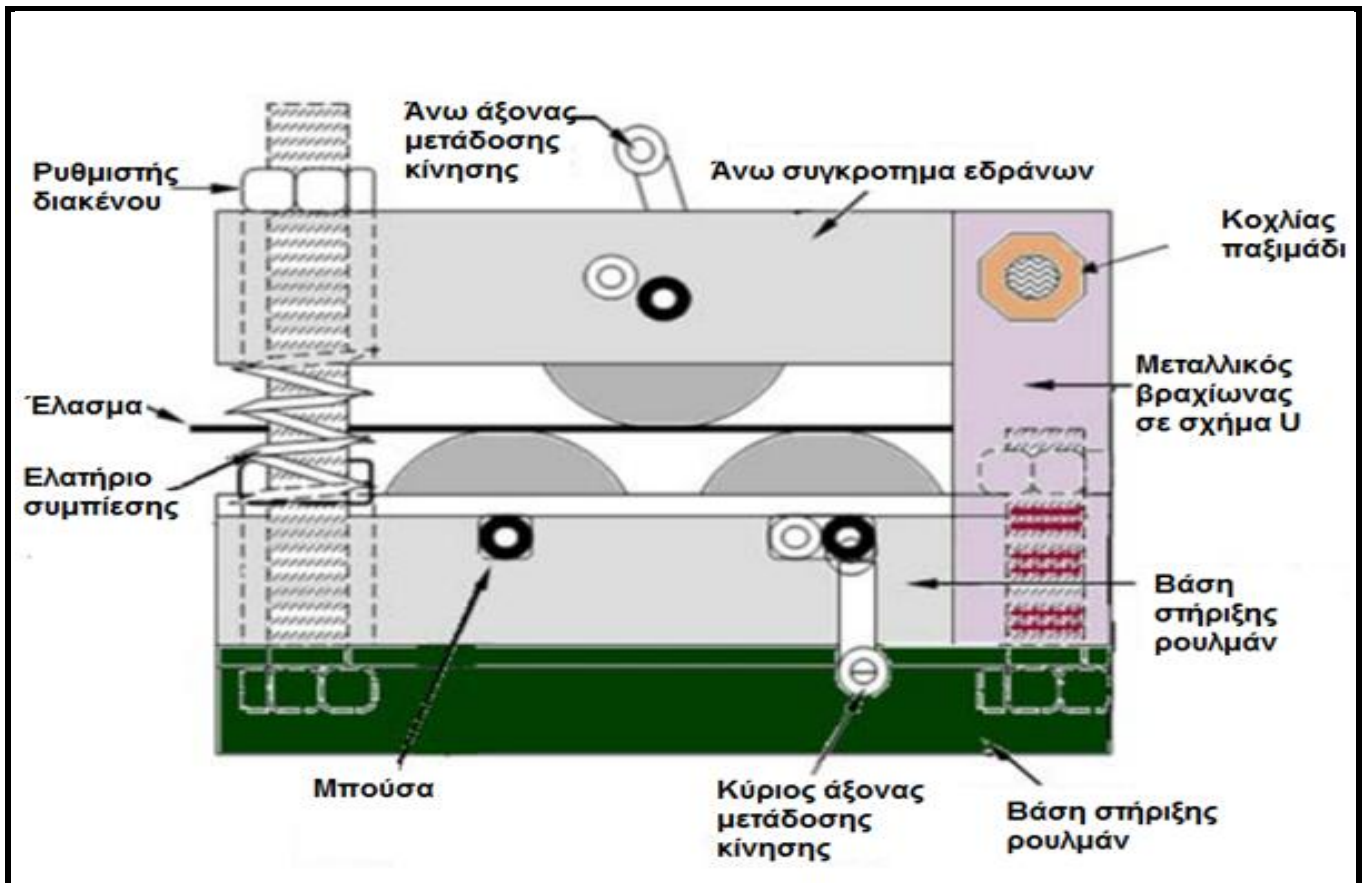
Τα κύρια κατασκευαστικά στοιχεία φαίνονται στο Σχήμα 3.5. Οι τρεις κύλινδροι υποστηρίζονται από έδρανα (ρουλεμάν) τα οποία βρίσκονται επί του πλαισίου, ενώ χρησιμοποιούνται επίσης και ελατήρια.



Σχήμα 3.5: Σχηματική σχεδίαση του μηχανήματος(R.S BELLO,2013)

Οι κύλινδροι είναι τριγωνικά διατεταγμένοι, δυο εξ αυτών βρίσκονται κάτω και ο ένας από πάνω. Ο ανώτερος κύλινδρος ασκεί τη δύναμη κάμψης ενώ ο πίσω εκατέρωθεν κύλινδρος παρέχει την απαιτούμενη δύναμη οδήγησης και ο εμπρόσθιος εκατέρωθεν δημιουργεί την κάμψη σύμφωνα με την καθορισμένη ακτίνα.

Αναφορικά με τη διάταξη των εδράνων, αυτή φαίνεται στο Σχήμα 3.6. Δύο βάσεις με έδρανα είναι τοποθετημένες επί του πλαισίου. Αυτά παρέχουν στήριξη στους εκατέρωθεν κυλίνδρους ενώ ο άνωθεν κύλινδρος στηρίζεται από δύο βάσεις με ρουλεμάν τα οποία είναι τοποθετημένα σε ένα μεταλλικό στέλεχος σχήματος U.



Σχήμα 3.6: Συγκρότημα μπλοκ ρουλεμάν (R.S BELLO, 2013)

Η δοκός σύσφιξης φορτίζεται δια ελατηρίου για την απλοποίηση της τοποθέτησης και της ρύθμισης της ακτίνας καμπυλότητας. Η δοκός σύσφιξης είναι επίσης πλήρως ρυθμιζόμενη εμπρός και πίσω χάρη σε δύο στοιχεία που φέρουν σπείρωμα. Αυτή η διάταξη προσφέρει αρκετά ακριβείς κάμψεις. Η δοκός παραμόρφωσης είναι απλά υποστηριζόμενη και φέρει μια λαβή κίνησης.

Ο ρυθμιστής διαφράγματος εξασφαλίζει εύκολη τροφοδοσία του φύλλου και προσαρμογή στις απαιτούμενες ακτίνες καμπυλότητας. Το ελεύθερο άκρο του άνω συγκροτήματος φορτίζεται δια ελατηρίου ενώ υπάρχουν και δύο οπές, μια σε κάθε ρουλεμάν, που παρέχουν την επιθυμητή ρύθμιση του διακένου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 Ανακατασκευή κυλίνδρου κάμψης

Ο κύλινδρος ελάσματος κάμψης βρίσκεται στο εργαστήριο Μηχανουργικής Τεχνολογίας του τμήματος Μηχανολογίας στο Α.Ε.Ι ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ. Δεν υπάρχει κάποιο αρχείο σχετικά με χρονολογική προέλευση του μηχανήματος αλλά πιθανολογείται ότι έχει κατασκευαστεί τη δεκαετία του '70. Ο σκοπός του κυλίνδρου κάμψης είναι να εξυπηρετεί τις ανάγκες των φοιτητών για την ολοκλήρωση των εργαστηριακών τους ασκήσεων σχετικά με τις ελασματοουργικές εφαρμογές.

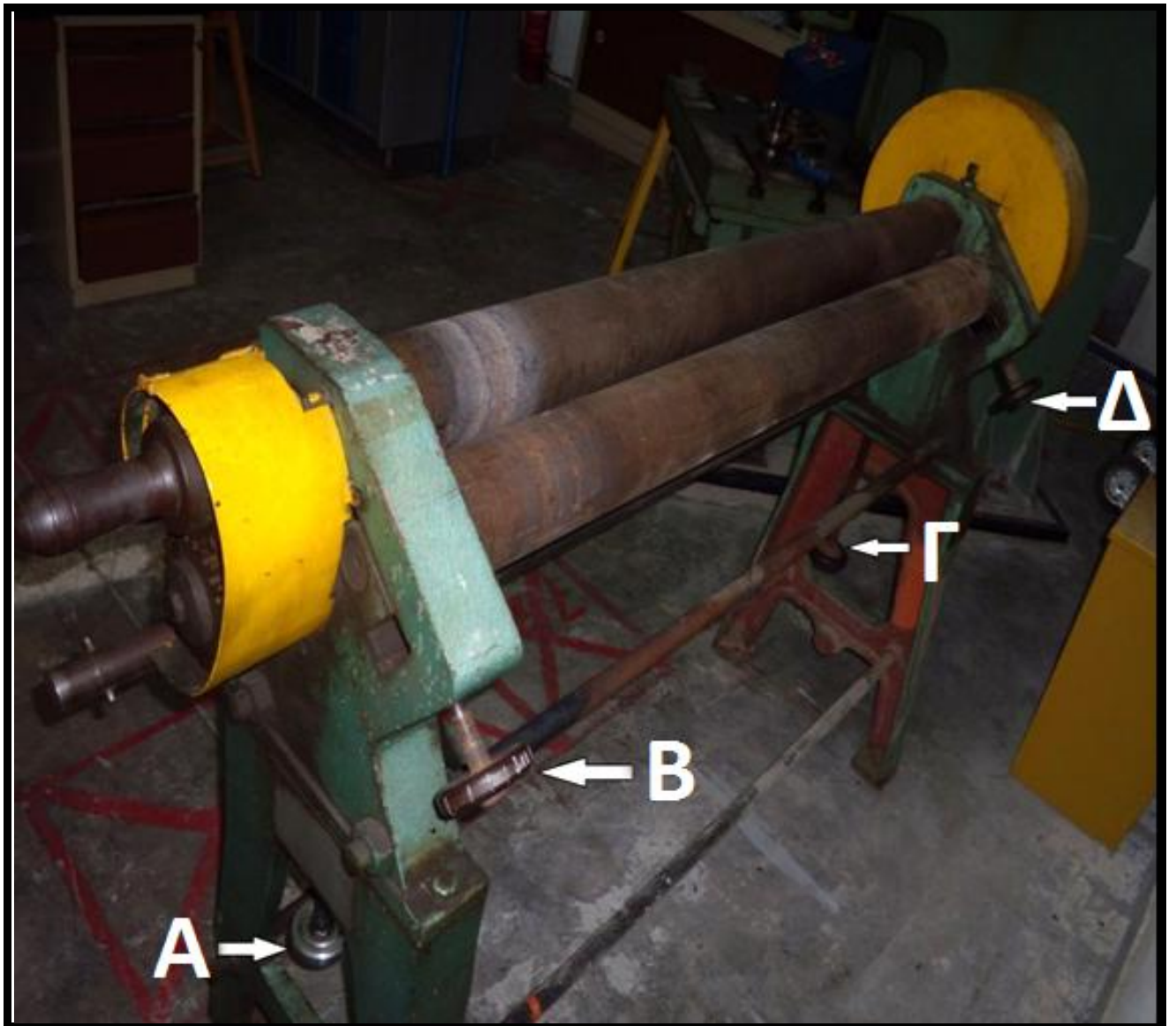
4.2 Διαδικασία αποσυναρμολόγησης

Αρχικά τον κύλινδρο ελάσματος του εργαστηρίου παραλήφθηκε στην κατάσταση που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 4.1:



Εικόνα 4.1 Κύλινδρος του εργαστηρίου

Τα προβλήματα λειτουργίας του συγκεκριμένου μηχανήματος ήταν τα ακόλουθα: Το μηχάνημα διαθέτει τέσσερις (4) κοχλίες ρυθμίσεις. Οι τρεις (3) από αυτούς περιστρέφονταν με δυσκολία, ενώ ο τέταρτος δεν περιστρέφονταν καθόλου, επειδή είχε κολλήσει. Ο μηχανισμός της μετάδοσης κίνησης των συνεργαζόμενων κυλινδρικών επιφανειών απαιτούσε καθαρισμό, λόγω ύπαρξης αποξεραμένων λιπαντικών και σκόνης. Οι τρεις (3) κύλινδροι είχαν στην επιφάνεια διαμορφώσεις των ελασμάτων τους ιδιαίτερη διάβρωση. Η κατάσταση του μηχανήματος δεν προσέλκυε το ενδιαφέρον των φοιτητών για τις εργασιακές ανάγκες του εργαστηρίου. Στην εικόνα 4.2 εμφανίζονται οι κοχλίες ρυθμίσεως.



Εικόνα 4.2 Κοχλίες ρύθμισης

Πριν την έναρξη των εργασιών έγινε η προμήθεια των υλικών για τη λήψη των μέτρων ατομικής προστασίας, ήτοι:

1. κατάλληλη φόρμα εργασίας
2. προστατευτικά μέσα ακοής (ωτοασπίδες)
3. προστατευτικά μέσα ματιών (γυαλιά)
4. προστατευτικά μέσα αναπνευστικών οδών (μάσκα μια χρήσης)
5. προστατευτικά μέσα χεριών (γάντια)
6. προστατευτικά μέσα ποδιών (παπούτσια ασφαλείας)

Τα παραπάνω ΜΑΠ χρησιμοποιήθηκαν όποτε απαιτούνταν.

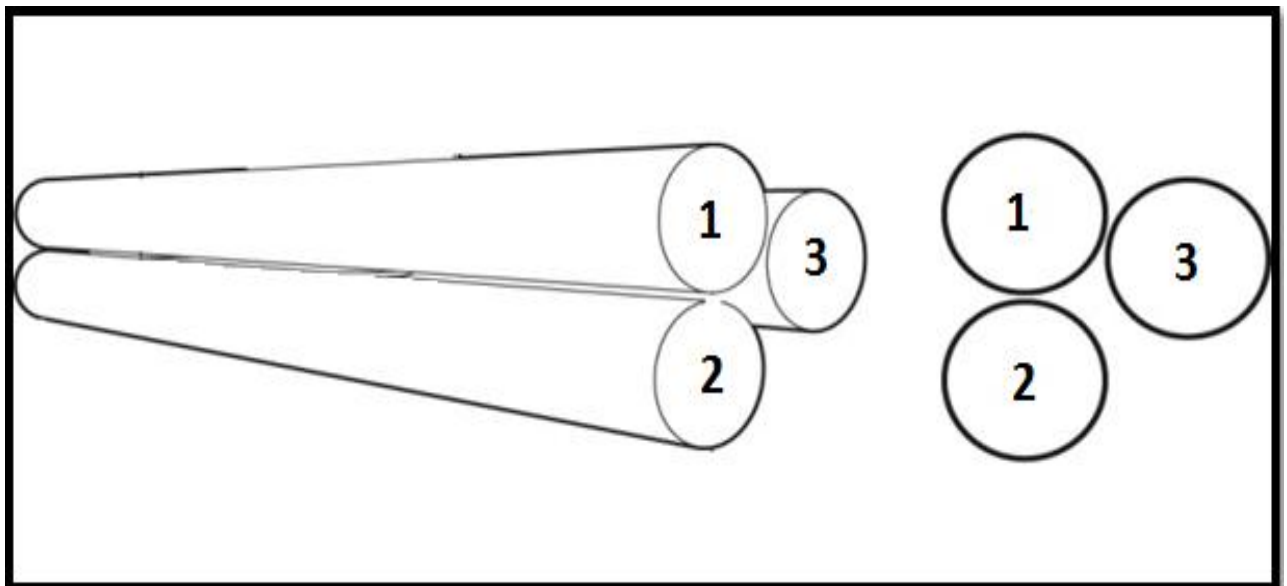
Η πρώτη ενέργεια που πραγματοποιήθηκε ήταν η αφαίρεση των προστατευτικών καλυμμάτων δεξιά και αριστερά από το μηχάνημα. Έπειτα, αφαιρέθηκε ο μεγάλος οδοντωτός τροχός της κίνησης, ο οποίος είχε σφήνα -οδηγό ώστε να συνεργάζεται με τον άξονα. Η επόμενη κίνηση ήταν το ξεβίδωμα ενός κοχλία από το κέντρο του άξονα μαζί με μια μεγάλη ροδέλα, που χρησιμεύουν στην συγκράτηση του οδοντωτού κατά την περιστροφή. Αποσυναρμολογήθηκε επίσης και ο μικρός οδοντωτός τροχός που συνεργαζόταν με το μεγάλο.

Όταν ξεκίνησε η διαδικασία αφαίρεσης των δυο μικρών οδοντωτών τροχών στη δεξιά μεριά (εικόνα 4.1) του κυλίνδρου προέκυψε ένα πρόβλημα. Η σύνδεση του οδοντωτού τροχού με τον άξονα είχε εξασφαλιστεί με μια τρύπα, κάθετα διαμπερής, που διαιπερνά τον οδοντωτό τροχό-άξονα. Μέσα στη τρύπα υπήρχε ένας πείρος, ο οποίος είχε χτυπημένες (κεφαλωμένες) τις δύο άκρες του και δεν έβγαινε. Ο ένας από τους μικρούς οδοντωτούς τροχούς που επίσης δεν έβγαινε και έπρεπε με το σφυριδόπανο να καθαριστεί ο άξονας για να αφαιρεθεί.

Η δεύτερη ενέργεια που έπρεπε να γίνει ήταν η αφαίρεση των κυλίνδρων κάμψης από το σώμα. Ο μόνος τρόπος που υπήρχε στο εργαστήριο για την πραγματοποίηση αυτής της εργασίας ήταν η κατασκευή ενός συστήματος με 4 καβαλέτα στήριξης, ρυθμιζόμενα, ώστε να πετύχουμε το επιθυμητό ύψος, συνδυαζόμενα σε ζευγάρια, στο πάνω μέρος των τοποθετήθηκαν 2 ξύλα τετραγωνικής διατομής 80x80mm και μήκους $L=1.250\text{mm}$, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 4.3 και 4.4:



Εικόνα 4.3: Κύλινδρος πάνω στα καβαλέτα



Εικόνα 4.4. Θέση κυλίνδρων

Μετά την ολοκλήρωση της με ασφάλεια σταθεροποίησης, η επόμενη ενέργεια που πραγματοποιήθηκε ήταν η αφαίρεση των 3 κυλίνδρων. Πρώτα αφαιρέθηκε αυτός που βρίσκεται επάνω-μπροστά (No1), δηλαδή αυτός που στηρίζεται μόνο στο αριστερό μέρος του σώματος με ένα κουζινέτο και που μπορεί να γυρίζει προς το μέρος του χειρίστη. Σειρά είχε να βγει το δεξί μέρος του σώματος και μετά το αριστερό. Σε αυτή τη φάση έχουν μείνει οι 2 κύλινδροι κάμψης να στηρίζονται στα 4 καβαλέτα. Τα κομμάτια που αφαιρέθηκαν τοποθετήθηκαν σε έναν διπλανό χώρο.

Ο κύλινδρος αποσυναρμολογήθηκε, οι κύλινδροι κάμψης, τα κουζινέτα, τα γρανάζια, ο άξονας, τα μέρη του σώματος, τα προστατευτικά καπάκια τοποθετήθηκαν ξεχωριστά από τη βάση του μηχανήματος.

Ο κύλινδρος κάμψης αποτελείται από τα εξής μέρη (Εικόνες 4.5 και 4.6):

- 3 κύλινδρους
- 4 κοχλίες ρύθμισης
- 5 κουζινέτα
- 1 βάση
- 2 μέρη του σώματος
- 2 κοχλίες ρύθμισης απόστασης
- 2 προστατευτικά καλύμματα
- 1 άξονα μετάδοσης κίνησης
- 1 χερούλι
- 4 γρανάζια



Εικόνα 4.5 Μέρη κυλίνδρου



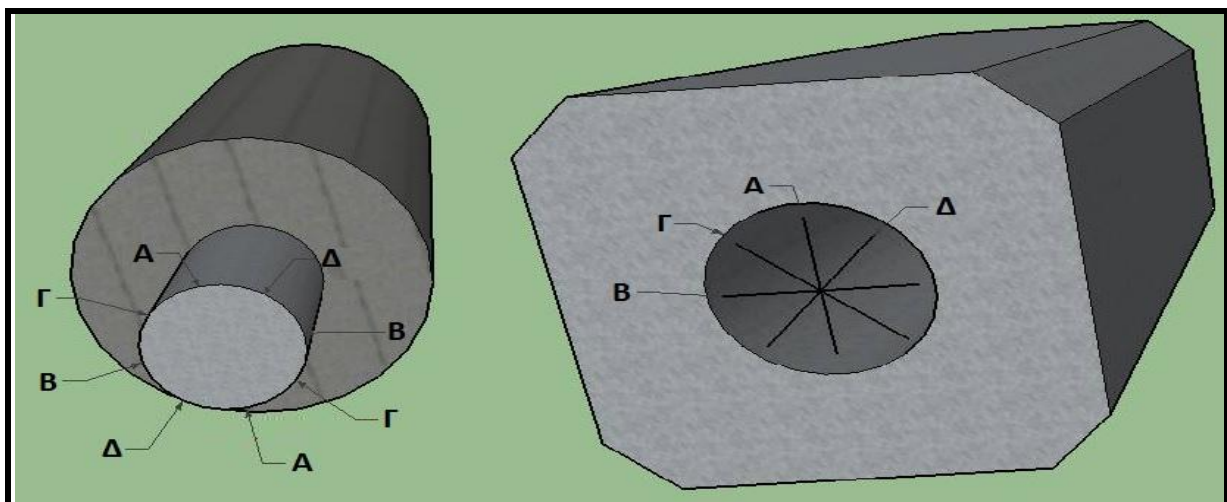
Εικόνα 4.6 Κουζινέτα και κοχλίες ρύθμισης

4.3 Διαδικασία αρχικών μετρήσεων

Τρίτη ενέργεια, πριν ξεκινήσει η διαδικασία συντήρησης, ήταν η πραγματοποίηση μετρήσεων στους κυλίνδρους κάμψης και στα κουζινέτα. Στην εικόνα 4.7 είναι τα κουζινέτα και ένα άκρο κυλίνδρου.

Οι μετρήσεις στα κουζινέτα και στα άκρα των κυλίνδρων γίνανε ως εξής: οριζόντια, κάθετα, σε 45 μοίρες και σε 135 μοίρες στην τρύπα.

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται προκειμένου να διαπιστωθεί η ύπαρξη ή μη φθοράς στα κουζινέτα, που θα αποτελούσα λόγος αντικατάστασής του. Ενώ, στους κυλίνδρους κάμψης οι μετρήσεις γίνανε για να υπάρξει σύγκριση των τιμών με αυτές που θα βρεθούν μετά τον καθαρισμό των κυλίνδρων.



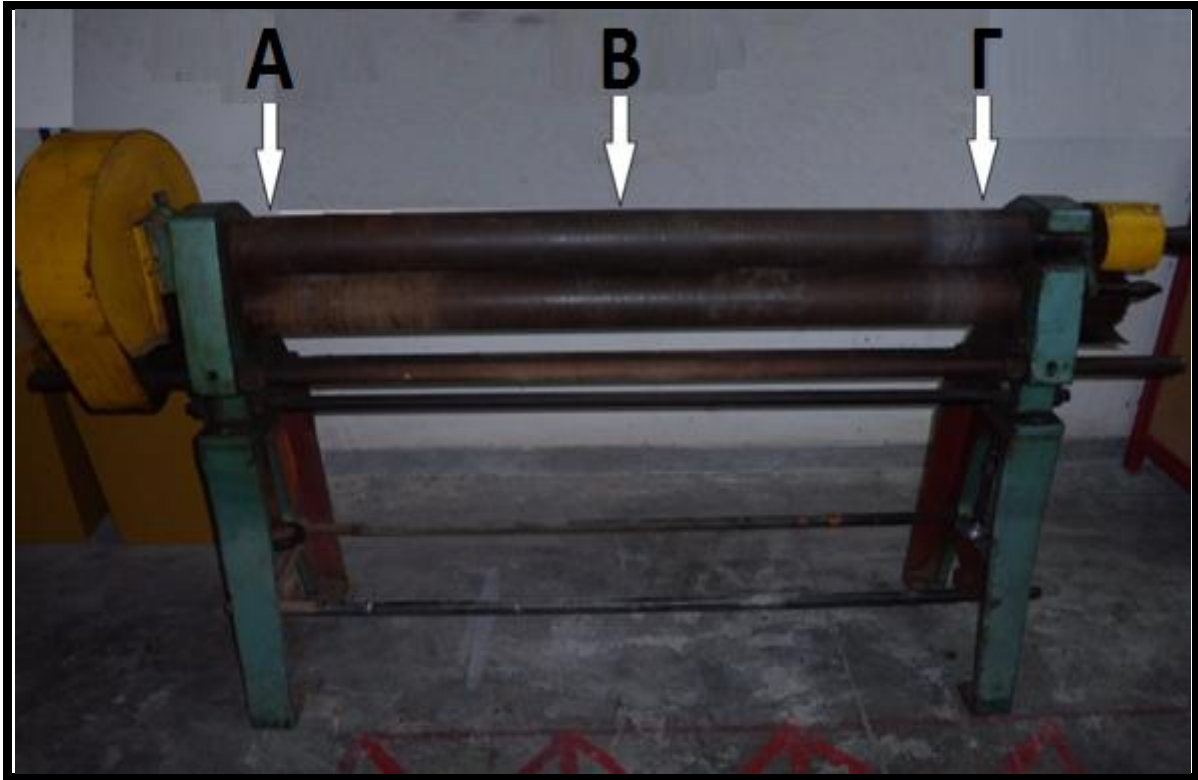
Εικόνα 4.7: Άκρο κυλίνδρου και κουζινέτο

Ο παρακάτω πίνακας αναφέρεται στις τιμές που βρέθηκαν στις μετρήσεις:

Πίνακας 4.1: Μετρήσεις κουζινέτων και κυλίνδρων κάμψης

ΚΟΥΖΙΝΕΤΑ				
	A (90°)	B (180°)	Γ (45°)	Δ (135°)
	Mm	mm	mm	mm
1	39,8	39,8	39,8	39,8
2	43,3	43,2	43,3	43,4
3	39,8	39,8	39,8	39,8
4	39,9	39,8	39,9	39,8
5	39,8	39,8	39,7	39,9
ΑΚΡΑ ΚΥΛΙΝΔΡΩΝ ΚΑΜΨΗΣ				
	A (90°)	B (180°)	Γ (45°)	Δ (135°)
	mm	mm	mm	mm
1	39,7	40	39,9	39,9
2	43,1	43,1	43,2	43,2
3	39,7	39,7	39,7	39,7
4	39,7	39,7	40	39,7
5	39,8	39,7	40	39,8
6	39,8	40	39,7	39,7

Η επόμενη μέτρηση αφορά τους 3 κυλίνδρους κάμψης, σε 3 σημεία (δεξιά A, κέντρο B, αριστερά Γ). Η παρακάτω εικόνα 4.8 δείχνει με βελάκια τα σημεία των μετρήσεων. Συνολικά στους κυλίνδρους κάμψης θα πραγματοποιηθούν 2 μετρήσεις, μια φορά στην αρχική κατάσταση των κυλίνδρων και μια όταν γίνει η συντήρησή τους.



Εικόνα 4.8: Τα σημεία που έγιναν οι μετρήσεις

Στον παρακάτω πίνακα είναι οι αρχικές μετρήσεις:

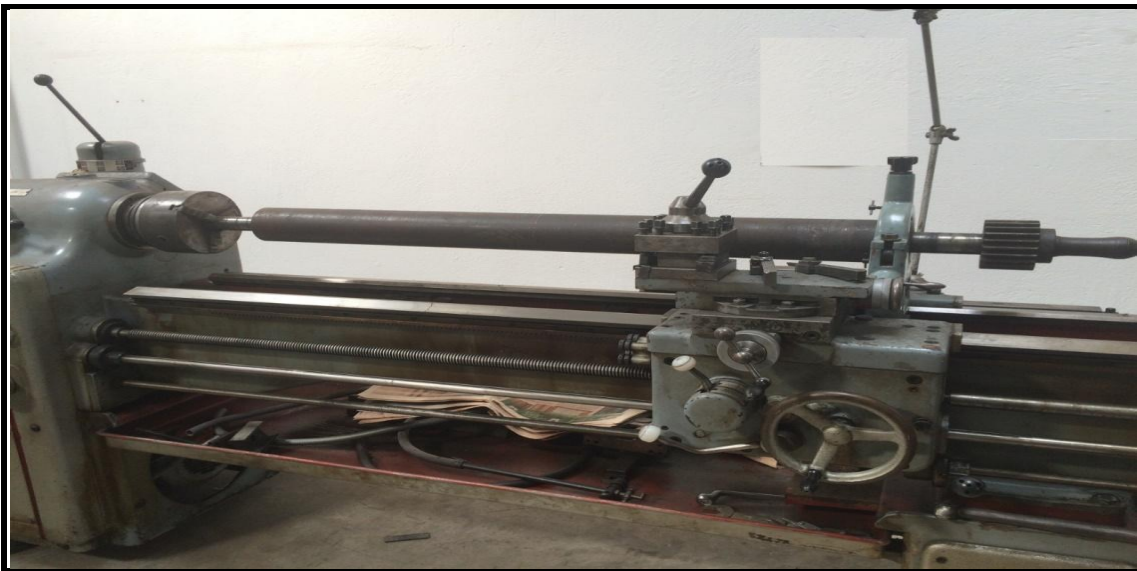
Πίνακας 4.2: Αρχικές μετρήσεις

ΑΡΧΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ (πριν τον καθαρισμό) [mm]			
	A αριστερά	B μέση	Γ δεξιά
1	105,4	105,3	105,4
2	105,3	105,2	105,3
3	105,4	105,2	105,3

4.4 Διαδικασία συντήρησης

Η διαδικασία της συντήρησης ξεκίνησε με τον καθαρισμό των κυλίνδρων, που θα γίνει στο μηχανουργείο του μηχανολογικού εργαστηρίου. Αφού ελέγχθηκαν όλοι οι τόρνοι του εργαστηρίου ο μόνος διαθέσιμος και κατάλληλος ήταν ο τόρνος με αριθμό θέσης 8, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από τη εταιρεία Szerszam Geripari Munk, ουγγρικής προέλευσης. Ο τόρνος αυτός ήταν κατάλληλος επειδή οι κύλινδροι κάμψης ήταν μήκους $L=1250\text{mm}$, ήταν και ο μόνος που είχε μεγάλο μήκος εργασιάς.

Οι εργασίες συντήρησης ξεκίνησαν με την τοποθέτηση στον τόρνο του ενός εκ των τριών κυλίνδρων, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 4.9:

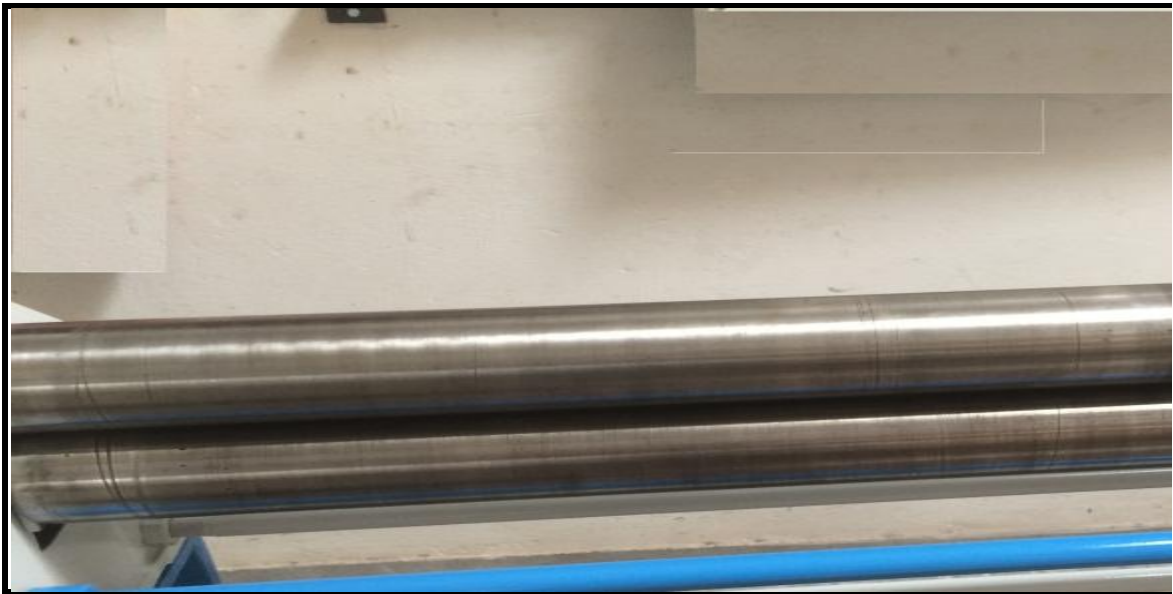


Εικόνα 4.9 Κύλινδρος κάμψης προσδεμένος στον τόρνο

Ο τόρνος τέθηκε σε λειτουργία με ταχύτητα περιστροφής 33,5 rpm και έτσι άρχισε η διαδικασία καθαρισμού των κυλίνδρων. Οι κύλινδροι κάμψης είχαν υπερβολική συσσώρευση οξειδωσης επάνω τους λόγω της πολυκαιρίας. Έτσι έγινε η προμήθεια σμυριδόπανων χρώματος κόκκινου και σε 3 διαφορετικά νούμερα, συγκεκριμένα P40, P80 και P120. Ο P40 που έχει τους πιο χονδρούς κόκκους ήταν κατάλληλος για το πρώτο χέρι καθαρισμού, για να φύγουν οι πολλές σκουριές. Ο P80 που έχει πιο μικρούς κόκκους χρησιμοποιήθηκε για το δεύτερο χέρι καθαρισμού. Το τελευταίο χέρι έγινε με το P120, που έχει ακόμα μικρότερους κόκκους. Αυτή η διαδικασία επαναλήφθηκε και στους άλλους 2 κυλίνδρους κάμψης. Στις εικόνες 4.10 και 4.11 φαίνεται η αρχική και η τελική κατάσταση.



Εικόνα 4.10: Αρχική κατάσταση των αξόνων πριν τον καθαρισμό



Εικόνα 4.11: Τελική κατάσταση των αξόνων μετά τον καθαρισμό

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας καθαρισμού, η επόμενη εργασία ήταν να λιπανθούν οι κύλινδροι κάμψης προκειμένου να προληφθεί η οξείδωσή τους. Μετά την λίπανσή τους και επειδή μέχρι την επόμενη χρήση τους θα μεσολαβούσε χρονικό διάστημα τυλίχτηκαν και με ειδικό χαρτί εμπλουτισμένου λιπαντικού, για επιπλέον προστασία. Αφού ολοκληρώθηκε η διαδικασία καθαρισμού οι κύλινδροι αποθηκεύτηκαν σε ασφαλές μέρος.

Σειρά είχαν τα υπόλοιπα μέρη του κυλίνδρου και συγκεκριμένα οι κοχλίες ρύθμισης, όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία 4.12:



Εικόνα 4.12 Κοχλίας ρύθμισης

Στους κοχλίες καθαρίστηκαν τα σπειρώματα, τα οποία ήταν καλυμμένα με μεγάλη ποσότητα σκουριάς που δεν τους επέτρεπε να λειτουργούν σωστά.

Η παρακάτω εικόνα 4.13 δείχνει την κατάσταση των 2 κοχλιών μετά τον καθαρισμό τους.



Εικόνα 4.13 Κοχλίες μετά τον καθαρισμό .

Επίσης, ο παρακάτω εμφανιζόμενος κοχλίας (εικόνα 4.14) είχε κολλήσει τελείως.



Εικόνα 4.14 Κοχλίας ρύθμισης

Ο κοχλίας αυτός ξεβιδώθηκε, καθαρίστηκε. Εκτός από αυτόν καθαρίστηκε και το σπείρωμα που είναι πάνω στο σώμα του μηχανήματος. Ύστερα έγινε κατεργασία στον κοχλία με μια φιλιέρα χειρός για σπείρωμα σε ίντσες W7/8, δηλαδή 18.76mm. Ένα πέρασμα ήταν αρκετό. Αφού μετρήθηκε το σπείρωμα πρώτα, μετά το δοκιμάστηκε και βίδωνε με ευκολία.

Ωστόσο, το κομμάτι που ήθελε πολύ επίμονη εργασία καθαρίσματος ήταν ο οδοντωτός τροχός του κυλίνδρου. Έπρεπε να καθαριστεί η οδόντωση του τροχού από τα αποξεραμένα λάδια και γράσα που είχαν προσκολληθεί επάνω του. Αυτό έγινε με τη βοήθεια μιας συρματοβούρτσας και με ένα πινέλο καθαρισμού με τη χρήση πετρελαίου. Το επόμενο βήμα ήταν ο καθαρισμός του τροχού από τα παλαιά χρώματα, πράγμα που πραγματοποιήθηκε με χρήση ηλεκτρικού τροχού που είχε επάνω μια συρμάτινη βούρτσα. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ως άνω εργασιών τηρήθηκαν με προσοχή τα μέτρα ασφάλειας και συγκεκριμένα ο καθαρισμός έγινε με τη χρήση προστατευτικών γυαλιών, γαντιών και κατάλληλων ρούχων εργασίας.

Ακριβώς η ίδια εργασία έγινε και στους υπόλοιπους οδοντωτούς τροχούς του μηχανήματος που είναι 3 στον αριθμό και πιο μικροί σε σύγκριση με τους υπολοίπους. Παρακάτω στην εικόνα 4.15 φαίνονται οι μικροί οδοντωτοί τροχοί:



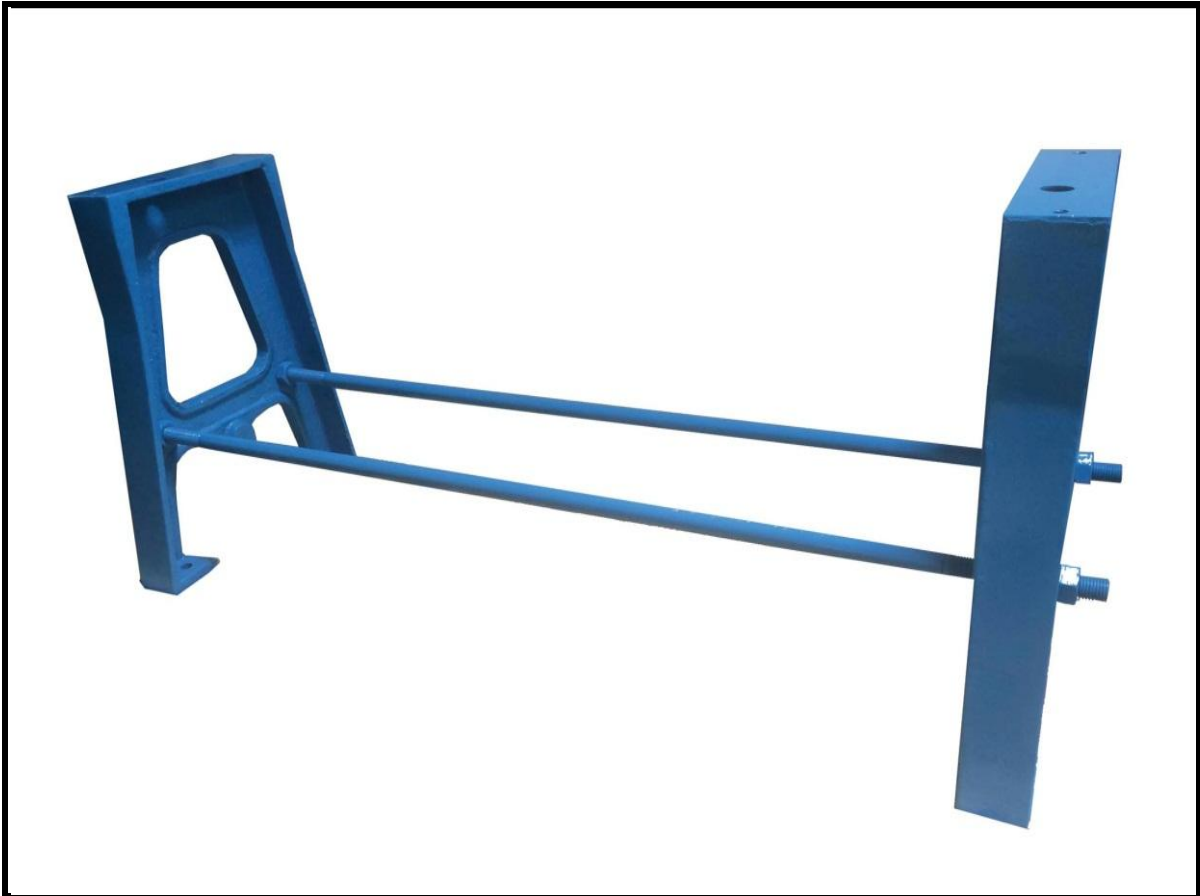
Εικόνα 4.15 Οδοντωτοί τροχοί

Καθαρίστηκαν επίσης ο κινητήριος άξονας του μηχανήματος, που δίνει κίνηση μέσω ενός μικτού οδοντωτού τροχού στο μεγάλο οδοντωτού τροχό, αλλά και τα κουζινέτα του κυλίνδρου με σμυριδόπανο N80, συρματόβουρτσα, και πετρέλαιο.

Στην συνέχεια ήρθε η σειρά του σώματος, που αποτελείται από 2 μέρη. Πρώτα αφαιρέθηκαν τα χρώματα με ιδιαίτερη δυσκολία, λόγω σκόνης και αποξηραμένων λαδιών. Τέλος καθαρίστηκαν η βάση του μηχανήματος, τα προστατευτικά καπάκια, οι διάφορες βίδες, παξιμάδια κλπ

Όταν πλέον ολοκληρώθηκε η διαδικασία καθαρισμού έπρεπε να στοκαριστούν με σιδηρόστοκο ορισμένα σημεία του μηχανήματος για λόγους συντήρησης αλλά και καλλωπισμού. Αφού ολοκληρώθηκε και αυτή η διαδικασία, που δεν ήταν επίπονη σε σύγκριση με τις προηγούμενες εργασίες συντήρησης, ήρθε η ώρα του χρωματισμού των μερών του μηχανήματος βάσει των οδηγιών που λάβαμε από τον επιβλέποντα καθηγητή.

Ο χρωματισμός του μηχανήματος που απεικονίζεται στην εικόνα 4.16 έγινε ως εξής:
Η βάση χρωματίστηκε με χρήση βαφής στην απόχρωση του μπλέ RAL 5015.



Εικόνα 4.16: Η βάση του κυλίνδρου

Τα δύο μέρη του σώματος και τα προστατευτικά καλύμματα χρωματίστηκαν στην απόχρωση του γκρι RAL 7031 εικόνα 4.17.



Εικόνα 4.17 Τα δύο μέρη του σώματος και προστατευτικά καλύμματα

Οι βίδες ρυθμίσεως και η χειρολαβή χρωματίστηκαν με ασημί αλουμινόχρωμα όπως φαίνονται στην εικόνα 4.18



Εικόνα 4.18: Βίδες ρυθμίσεως

Το καπάκι που καλύπτει το οδοντωτό τροχό που βγαίνει έγινε με κίτρινο χρώμα RAL 1021 όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.19.



Εικόνα 4.19: Κύλινδρος στην τελική μορφή

Αφού έληξε η διαδικασία χρωματισμού των μερών του μηχανήματος φτάσαμε στο τελικό στάδιο της επανασυναρμολόγησης. Αρχικά, συναρμολογήσαμε τη βάση του μηχανήματος, χωρίς να αντιμετωπίσουμε ιδιαίτερη δυσκολία. Έπειτα, επανατοποθε-

τήθηκαν τα καβαλέτα στήριξης μαζί με τα ξύλα, όπως ακριβώς είχαν βρεθεί πριν την έναρξη των εργασιών. Τοποθετήθηκαν πάνω στα ξύλα οι δυο κύλινδροι κάμψης και σταθεροποιήθηκαν για να μην πέσουν. Το επόμενο βήμα ήταν να τοποθετηθούν στις άκρες τους τα κουζινέτα, πράγμα το οποίο έγινε με την σύμπραξη δυο ατόμων που πιάνανε το ένα μέρος του σώματος και αντιστοιχίσανε τα κουζινέτα στις οπές τους. Η ίδια διαδικασία επαναλήφθηκε και για το άλλο μέρος του σώματος του μηχανήματος. Αφού βιδώθηκε το σώμα με την βάση, τοποθετήθηκαν και οι οδοντωτοί τροχοί στις θέσεις τους.

Η επόμενη φάση ήταν η τοποθέτηση του άξονα κίνησης. Σε αυτό το σημείο χρειάστηκε καθαρισμός των τρυπών, λόγω χρωμάτων που είχαν διαφύγει και εμπόδιζαν την τοποθέτηση. Μετά την συναρμολόγηση αυτή έπρεπε να ρυθμιστεί το μηχάνημα, που διαπιστώθηκε ότι, όπως ήταν ότι όπως ήταν αναμενόμενο, είχε απορυθμιστεί.

Πριν την τοποθέτηση των προστατευτικών καπακιών έγινε μια γενική λίπανση με ορυκτέλαιο SAE 30 στο μηχάνημα στα σημεία κίνησης και τριβής, στα σημεία λίπανσης που έχει ο κύλινδρος, όπως επίσης τοποθετήθηκαν και όλες οι βίδες ρύθμισης των κυλίνδρων κάμψης.

Οι εργασίες συναρμολόγησης ολοκληρώθηκαν με την τοποθέτηση των προστατευτικών καπακιών. Στην εικόνα 4.20 φαίνεται ο κύλινδρος μετά την συναρμολόγηση.



Εικόνα 4.20: Κύλινδρος στην τελική μορφή

4.5 Σήμανση ασφαλείας

Ακόμα επικολλήθηκε σήμανση ασφαλείας επάνω στον κύλινδρο, όπως εμφανίζεται στην παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 4.21: Σήμανση ασφαλείας

4.6 Διαδικασία τελικών μετρήσεων

Η επόμενη ενέργεια που πραγματοποιήθηκε ήταν η μέτρηση των κυλίνδρων του μηχανήματος μετά τον καθαρισμό τους σε 3 σημεία πάλι. Τα αποτελέσματα των τελικών μετρήσεων εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα 4.3.

Πίνακας 4.3: Τελικές μετρήσεις

ΤΕΛΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ (μετά τον καθαρισμό) [mm]			
A/A	A αριστερά	B μέση	Γ δεξιά
1	105,0	104,8	104,7
2	104,9	104,8	104,7
3	105,0	104,9	104,8

4.7 Συγκριτικός πίνακας μετρήσεων

Οι παρακάτω 2 πίνακες δείχνουν των μέσο όρο των μετρήσεων των κυλίνδρων πριν και μετά τον καθαρισμό. Τα αποτελέσματα του πίνακα 4.4 δείχνουν την αρχική κατάσταση πριν την επεξεργασία που υπέστησαν οι κύλινδροι και ο πίνακας 4.5 την τελική διάμετρο των κυλίνδρων μετά τον καθαρισμό τους.

Πίνακας 4.4

ΑΡΧΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ (πριν τον καθαρισμό) [mm]		
A αριστερά Μ.Ο	B μέση Μ.Ο	Γ δεξιά Μ.Ο
105,36	105,23	105,43

Πίνακας 4.5

ΤΕΛΙΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ (μετά τον καθαρισμό) [mm]		
A αριστερά Μ.Ο	B μέση Μ.Ο	Γ δεξιά Μ.Ο
104,96	104,83	104,73

4.8 Έλεγχος με μετρητικά ρολόγια

Μετά την ολοκλήρωση των παραπάνω μετρήσεων έγινε έλεγχος με χρήση δυο μετρητικών ρολογιών προκειμένου να διαπιστωθεί αν οι κύλινδροι κάμψης έχουν παραμορφωθεί (εικόνα 4.22)



Εικόνα 4.22 : Μετρητικά ρολόγια

Συγκεκριμένα, τοποθετήθηκε ο ένας από αυτούς στο ένα μέρος του σώματος και άλλος στο άλλο και με την ακίδα τους να ακουμπάει τον κύλινδρο κάμψης.

Αφού έγινε περιστροφή του μηχανήματος με αργές κινήσεις διαπιστώθηκε ότι η απόκλιση ήταν 0,05mm που είναι επιτρεπτή, οπότε η επισκευή του κυλίνδρου κάμψης ήταν καθόλα επιτυχής.

4.9 Έλεγχος δοκιμίου

Ακόμα έγινε έλεγχος δοκιμής ενός τεμαχίου ελάσματος. Κόπηκε ένα έλασμα με ανάπτυγμα 100 mm x 471 mm ώστε να παραχθεί ένα κυλινδρικό κομμάτι με διάμετρο 150mm. Μετά την δοκιμή το κομμάτι βγήκε στις επιθυμητές διαστάσεις. Ύστερα από λήψη των μετρήσεων σε 4 σημεία διαπιστώθηκε ότι το δοκίμιο είχε σχήμα κυκλικό και όχι οβάλ, όπως υπήρχε κίνδυνος να βγει. Χαρακτηριστικό της δοκιμής φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 4.23.

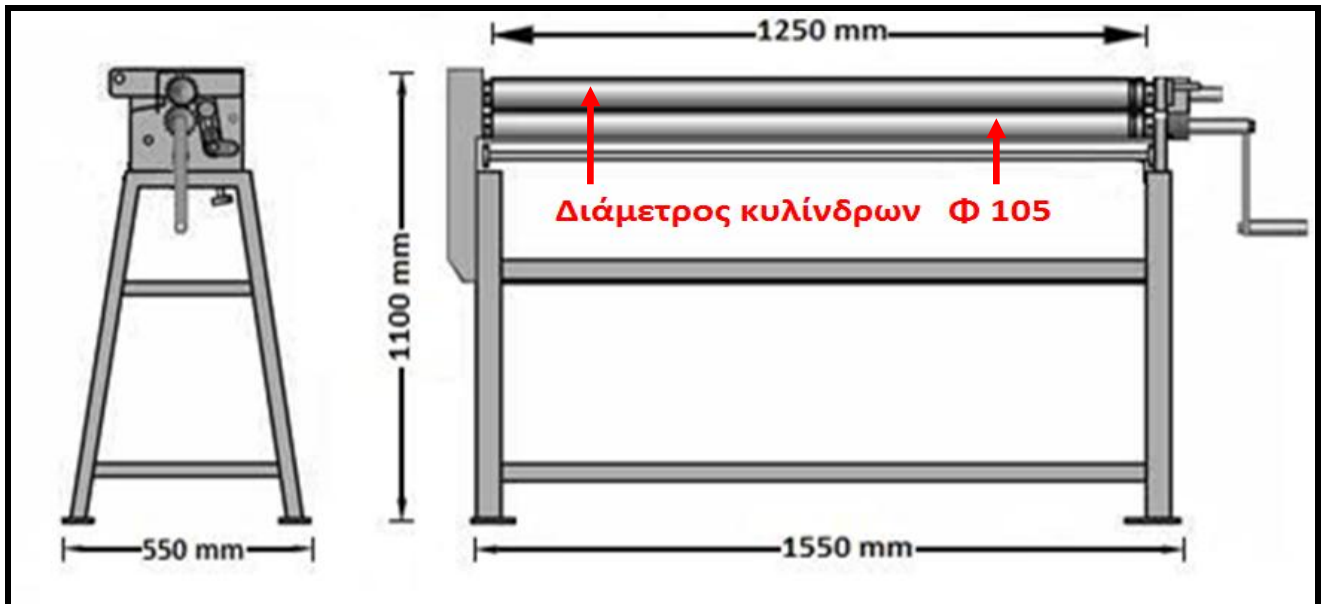
Το αποτέλεσμα ήταν το επιθυμητό.



Εικόνα 4.23: Έλεγχος δοκιμίου

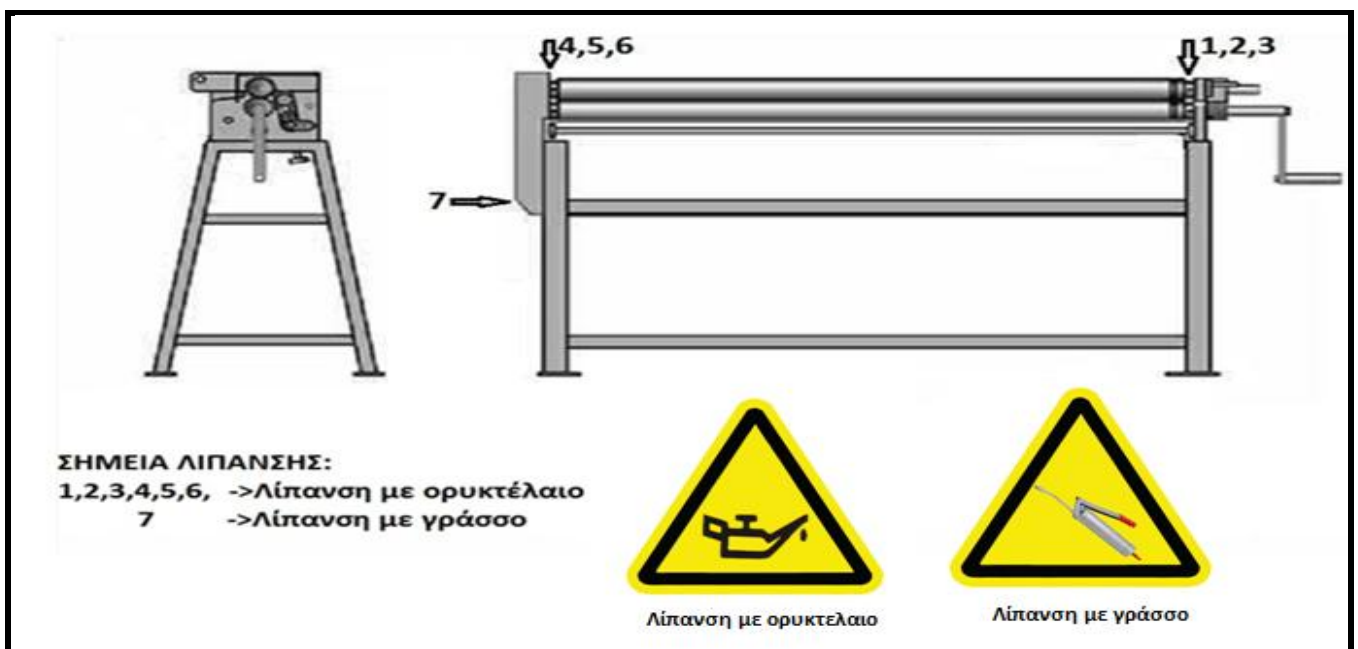
4.10 Τεχνικά χαρακτηριστικά –Σημεία λίπανσης

Ο κύλινδρος κάμψεως έχει ωφέλιμο μήκος εργασίας $L=1250\text{mm}$ και διάμετρο των αξόνων του $D=105\text{mm}$ και μπορεί να επεξεργαστεί μέχρι $t=2\text{mm}$ πάχους ελάσματος. Η παρακάτω εικόνα 4.24 εμφανίζει τις εξωτερικές του διαστάσεις.



Εικόνα 4.24: Διαστάσεις Κυλίνδρου

Η παρακάτω εικόνα 4.25 δείχνει και τα σημεία λίπανσης.



Εικόνα 4.25: Σημεία λίπανσης

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ –ΣΧΟΛΙΑ

- Μετά τις αρχικές μετρήσεις των κυλίνδρων κάμψης διαπιστώθηκε ότι δεν υπάρχουν μεγάλες φθορές, οι οποίες θα μπορούσαν να δημιουργούσαν πρόβλημα στη λειτουργία του κυλίνδρου. Αυτό οφείλεται στο ότι ο κύλινδρος είναι χειροκίνητος, που έχει ως αποτέλεσμα να μην αναπτύσσονται σε αυτήν μεγάλες ταχύτητες, ώστε να υπάρξουν μεγάλες τριβές ανάμεσα σε κουζινέτο και άκρο. Επίσης, το γεγονός ότι ο κύλινδρος είναι εκπαιδευτικής χρήσεως δηλαδή του εργαστηρίου της σχολής μας και ως εκ τούτου δεν χρησιμοποιείται συχνά, είναι ένας από τους λόγους που δικαιολογεί την περιορισμένη φθορά.
- Μετά τις μετρήσεις των κυλίνδρων κάμψης επίσης διαπιστώθηκε ότι η δεξιά μεριά που βρίσκεται η λαβή του κυλίνδρου είναι πιο φθαρμένη από τις άλλες μεριές. Αυτό προφανώς οφείλεται στο γεγονός ότι χρησιμοποιείται από αυτήν την μεριά πιο πολύ, επειδή εκεί βρίσκεται και το χερούλι της κίνησης.
- Στους πίνακες 4.4 και 4.5, ως άνω, αναγράφεται ο μέσος όρος των αρχικών και των τελικών μετρήσεων των κυλίνδρων. Παρατηρήθηκε ότι υπάρχει μια φθορά στα αριστερά 0,4 mm, στην μέση ομοίως 0,4 mm και δεξιά 0,7mm.
- Το μηχάνημα έγινε ποιο ασφαλές λόγω της σήμανσης ασφαλείας που τοποθετήθηκε.
- Ο κύλινδρος κάμψεως ελάσματος έγινε ένα λειτουργικό μηχάνημα μετά την ανακατασκευή του με αποτέλεσμα να ελκύει τους φοιτητές στις εργασίες με θέμα την ελασματοουργία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αντωνιάδης, Α.Θ. (1998). *Μηχανικές Διαμορφώσεις και Τριβολογία*. Ηράκλειο: Σημειώσεις Τμήμα Μηχανολογίας Τ.Ε.Ι. Κρήτης.
2. Αντωνιάδης, Α.Θ. (2012). *Μηχανουργική Τεχνολογία (Τόμος Α΄)*. Αθήνα: Εκδόσεις Τζιόλα.
3. Βούλγαρης, Μ. (1996). *Μηχανουργική Τεχνολογία*. Αθήνα :Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις.
4. Βούλγαρης, Μ. (1998). *Τεχνολογία Κατασκευής Εργαλείων και Καλουπιών Ι*. Αθήνα: Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις.
5. Γκρός, Γ.Ρ. (1992). *Αντοχή υλικών*. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
6. Καρούζος, Σ. (1987). *Σημειώσεις Μηχανικές Διαμορφώσεις*. Ηράκλειο: Χειρόγραφα.
7. Λοπρέστης, Σ. & Μπάχας, Γ. (1974). *Μηχανουργική Τεχνολογία (Τόμος Α΄)*. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου.
8. Μάμαλης, Α.Γ. (1985). *Κατεργασίες των Υλικών*. Αθήνα: Ε.Μ.Π.
9. Φλωράκης, Β.Σ. (1978). *Μηχανουργικές Κατεργασίες με απ' ευθείας Παραμόρφωση*. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Altan, T. (1996). Metal Forming : Fundamentals and Applications. Boston: Addison – Wesley Publishing Company.
2. Hosford, W.F. & Caddell, R.M.(1983). Metal Forming: Mechanics and Metallurgy. U.S.A: Prentice Hall PTR.

ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

1. <http://www.northstared.com>, NorthStar Equipment Co.
2. <http://www.accuratebending.com>, Accurate Forming and Bending Ltd.
3. <http://www.webendtube.com>, Harco Metal Productions Inc.
4. <http://www.oakleysteel.com>, Oacley Steel Products Inc.
5. <http://www.h-h-tube.com>, H&H Tube & Manufacturing Co.
6. <http://www.rrpress.com>, R&R Press Equipment Inc
7. http://www.oximatn.drwx.eu/files/trivologia_diamorfoseis.pdf
8. http://www.edume.myds.me/00_0070_e_library/10020/1002/11.pdf
9. <http://www.cigrjournal.org/index.php>

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΑΝΑΖΗΤΗΣΕΙΣ ΜΕ ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ

1. **Συγκόλληση**: <http://moskva.all.biz/el/syghkllisi-metllon-s172364#.WTb3wJLyjIU>
2. **Χύτευση** : <http://nnovgorod.all.biz/el/khytrio-metllon-s385173>
3. **Τόρνευση** : <http://omsk.all.biz/el/erghases-trnoy-s378323#.WTbo2ZLyjIU>
4. **Κάμψη** : <http://yekaterinburg.all.biz/el/kmpsi-metllon-s388173#.WTbnGZLyjIU>
5. **Κάμψη** : <http://spb.all.biz/el/sfrghisi-s172725#.WTb0MZLyjIU>
6. **Κοίλανση** : <http://vollrathmanufacturing.com/>
7. **Υδραυλική πρέσα** : <http://www.swastikmachinery.com/contactus.html> [pressa)
8. **Κάμψη** : [https://readtiger.com/wkp/en/Rolling_\(metalworking\)](https://readtiger.com/wkp/en/Rolling_(metalworking))
9. **Κάμψη** : <http://www.hydrum.co.uk/technical/how-bending-works/>
10. **Rolling mill** : <http://museu.ms/collection/object/215780/rolling-mill-built-by-maudslay-sons-and-field-1882?pUnitId=463>