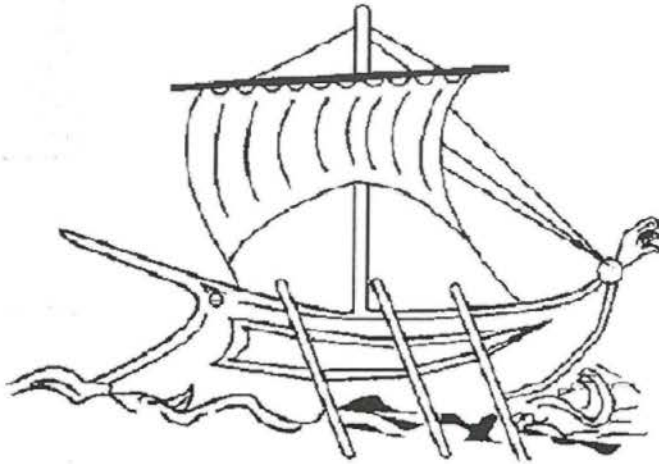


M/7  
831



ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ – ΑΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

με θέμα:

Σχεδιασμός και κατασκευή διαμορφωτικού -  
κοπτικού καλουπιού.



Γιαμάκης Μιχάλης ΑΜ.30144

Επιβλέπων καθηγητής : Δρ.Στεργίου Κωνσταντίνος

ΠΕΙΡΑΙΑΣ 2013

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.Πρόλογος .....	3
2.Ιστορική αναδρομή.....	4
3.Εισαγωγή.....	6
4.Κοπτικά εργαλεία βαθείας κοίλανσης.....	39
5.Πρέσες.....	42
6.Βοηθητικές μηχανές και μηχανήματα.....	50
7.Βαθεία κοίλανση.....	54
8.Υπολογιστικά στοιχεία.....	73
9.Στοιχεία καλουπιού & λαμαρίνας.....	80
10-Ανάλυση κατεργασίας, κατασκευή , προβλήματα που συναντήθηκαν και τροποί επίλυσης τους.....	84
10.1 Κατεργασίες για το πάνω μέρος του καλουπιού	
10.2 Κατεργασίες για το κάτω μέρος του καλουπιού	
10.3 Κατασκευή καλουπιού	
10.4 Διαδικασία σχεδιασμού στο Creo – Pro Engineer	
10.5 Συναρμολόγηση στο Creo – Pro Engineer	
10.6 Διαδικασία CAM στο Creo – Pro Engineer	
10.7 Τοποθέτηση καλουπιού στη πρέσα	
11.Τελικά συμπεράσματα.....	124
12. Διαγράμματα.....	124
13.Πίνακες Μονάδων.....	131
14.Σχέδια.....	135
15.Βιβλιογραφία.....	150

## 1. ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ύστερα από την περάτωση των μαθημάτων μηχανολογικού σχεδιασμού με το πρόγραμμα Inventor και μηχανολογικών κατασκευών στα οποία μαθήματα καθηγητής μου ήταν ο κ. Κων/νο Στεργίου αποφάσισα να χρησιμοποιήσω τις γνώσεις που αποκόμισα δημιουργώντας κάτι χειροπιαστό που θα πιάσει και τόπο.

Μετά από συνεννόηση με το καθηγητή μου κ. Κων/νο Στεργίου πήραμε την απόφαση να περάσουμε στη κατασκευή κοπτικού διαμορφωτικού καλουπιού βαθείας κοίλανσης το οποίο θα έχει απώτερο σκοπό τη παραγωγή διαφημιστικών σταχτοδοχείων για την εταιρεία μας , Yamastik.

Η εταιρεία μας Yamastik είναι κατασκευαστική εταιρεία με μεγάλο εύρος εργασιών μηχανολογικού και μη περιεχομένου όπως μηχανουργικές κατεργασίες ακριβείας , καλούπια κοπτικά-διαμορφωτικά, καλούπια για πλαστικά ηλεκτρονικά είδη μηχανολογικές κατασκευές κ.α.

Ο σχεδιασμός της εργασίας έγινε απο εμένα στο Pro Engineer σε συνεργασία πάντα με το κ.Στεργίου .

Στη κατασκευή έλαβαν μέρος άλλα δύο άτομα της ομάδας του μηχανουργείου της εταιρείας μας, η οποίοι συνέβαλαν αρκετά με τις γνώσεις και την εμπειρία τους.

Τελειώνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω το καθηγητή μου κ.Στεργίου ο οποίος συμβάλει καθοριστικά στην ανάπτυξη των φοιτητών στη νοοτροπία και σκέψη γύρω απ τη μηχανολογία και τις μηχανολογικές κατασκευές.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για τη συνεργασία τους και την οικονομική προσφορά που συνέβαλε για τη σωστή ανάπτυξη της πτυχιακής μου εργασίας και τέλος ευχαριστώ όλους που συνεργάστηκαν για να ολοκληρωθεί αυτή η πτυχιακή εργασία .

## 2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το πρώτο εργαλείο του ανθρώπου ήταν η πέτρα την οποία στην αρχή την χρησιμοποιούσε με τη μορφή που την έβρισκε στη φύση. Με τη βοήθεια αυτού λοιπόν του ακατέργαστου εργαλείου κατάφερε στη συνέχεια να κατασκευάσει τα πρώτα εργαλεία από πέτρα, ξύλα και κόκαλα, τα οποία προσαρμοζόταν καλύτερα στη χρήση για την οποία προορίζονταν.



Σχήμα 2.1 : Ο Ήφαιστος κατασκευάζει τον κεραυνό του Δία.

Τα μέταλλα τα ανακάλυψε πολύ αργότερα. Μια από τις επικρατέστερες θεωρίες σχετικά με την ανακάλυψη των μετάλλων υποστηρίζει ότι μετά από μεγάλες πυρκαγιές έλιωναν τα μέταλλα που υπήρχαν μέσα στα διάφορα πετρώματα και έτσι γινόταν δυνατή η εξόρυξή τους. Πιθανότατα με αυτό τον τρόπο ανακαλύφθηκε ο χαλκός (περίπου το 5000π.Χ.) και ο μπρούντζος (περίπου το 3000π.Χ.). Το σίδηρο ο άνθρωπος τον ανακάλυψε περίπου το 1000π.Χ. πιθανότατα από τους διάφορους μετεωρίτες που έπεφταν στη γη.

Με τη διεύρυνση των προσπαθειών του ανθρώπου γύρω από την έρευνα αρχίζει η ιστορία της μηχανοποίησης. Έτσι κατά τον 12μ.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 σφυρηλατο σίδηρο. Το 15μ.Χ. αιώνα κατασκευάζονται βόμβες από σίδηρο και σφαίρες από χυτοσίδηρο. Η έλαση ξεκινά τον 16μ.Χ. αιώνα με αρχικό σκοπό την κατασκευή χαλυβδόφυλλων που προορίζονταν για νομισματοκοπή. Αργότερα γενικεύεται η χρήση της και στην κατασκευή ράβδων για μεταλλικές κατασκευές. Το 1784μ.Χ. ο WATT δοκιμάζει τη σφύρα κρούσεως, η οποία όμως αρχίζει να κατασκευάζεται για χρήση στην παραγωγή, κατά το 1842μ.Χ. Το 1861μ.Χ. κάνει την εμφάνισή της η πρώτη υδραυλική πρέσα.



Σχήμα 2. 2: Η μεταλλουργία τον 16° αιώνα.

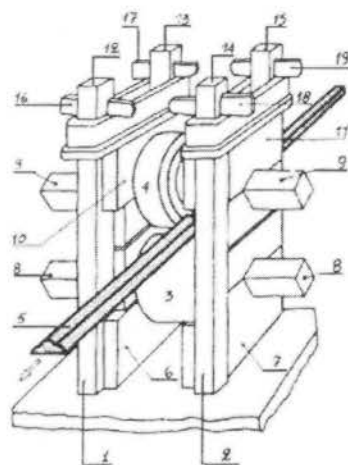
Όλα τα παραπάνω συνηγορούν στην άποψη ότι η μεταλλουργία και ειδικότερα η σιδηρομεταλλουργία επειδή αποτελούσε τη βάση της στρατιωτικής ισχύος, έτυχε ευνοϊκότερης μεταχείρισης από άλλες τέχνες και επιστήμες, και γι' αυτό κατάφερε να αναπτυχθεί σε μεγάλο βαθμό.

Ο 19<sup>ος</sup> αιώνας χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη πρόοδο της μεταλλουργίας, με την ανακάλυψη νέων μετάλλων. Έτσι εμφανίζεται το αλουμίνιο και τα κράματα 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 λίγο χρόνο.



Σχήμα 2. 3 : Έλαστρο για μορφοσιδήρους ( 17<sup>ος</sup> αιώνας ).

1,2 : Στηρίγματα ή Κλωβός.

3 : Κάτω κύλινδρος.

4 : Πάνω κύλινδρος.

5 : Μορφοσίδηρος.

6,7 : Κάτω κουζινέτα.

8,9 : Αξονες και οδηγοί.

10,11 : Κάτω κουζινέτα.

12,13,14,15 : Ακρες των στηριγμάτων.

16,17,18,19 : Σφήνες για τη συγκράτηση των κουζινέτων.

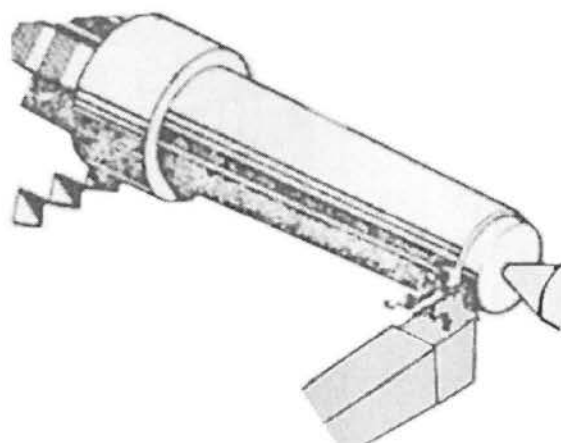
### 3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

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 ( τórνευση, πλάνισμα, διάτρηση, φρεζάρισμα κ.α. ).
- ♦ Κατεργασίες με παραμόρφωση του υλικού ( απότμηση, κοίλανση, κάμψη, σφυρηλασία κ.α. ).
- ♦ Μορφοποίηση με χύτευση.
- ♦ Μορφοποίηση με προσθήκη ( συγκόλληση, επικάλυψη κ.α. ).



Σχήμα 3. 1: Κατεργασία με βαθμιαία αφαίρεση υλικού ( Διάτρηση ).



Σχήμα 3.2. : Κατεργασία με βαθμιαία αφαίρεση υλικού ( Τόρνευση ).

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

Α) 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 οιασδήποτε υλικού.

Μειονεκτήματα :

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

Β)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 το πολύ).
- 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.

Σχήμα 3.3.: Κατεργασία με παραμόρφωση (Σφυρηλάτηση).

Αντικείμενο βέβαια αυτής της εργασίας είναι οι Μηχανουργικές κατεργασίες με παραμόρφωση ή αλλιώς Μηχανικές διαμορφώσεις.

### 3.1.1. ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

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.

Τις Μηχανικές διαμορφώσεις μπορούμε να τις κατατάξουμε με διάφορους τρόπους. Οι πιο συνηθισμένοι είναι:

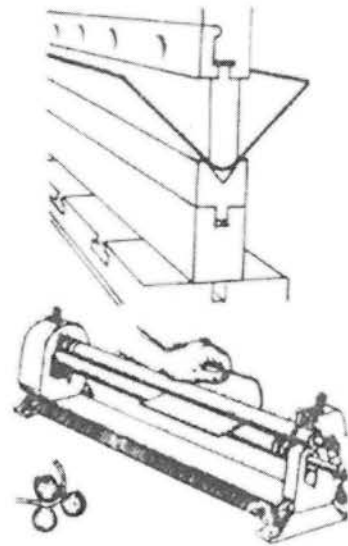
- ♦ Κατάταξη με βάση τη θερμοκρασία

Σχήμα 3.1.1.1: Κατεργασία με παραμόρφωση ( Κάμψη ).

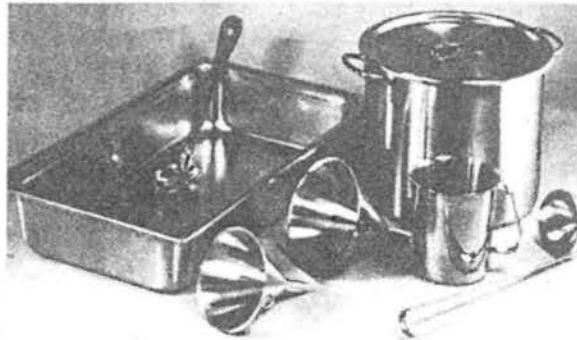
1. Διαμορφώσεις εν θερμώ (θερμολασία).
  - Έλαση
  - Σφυρηλάτηση
  - Τύπωση εν θερμώ
  - Λοιπές κατεργασίες

2. Διαμορφώσεις εν ψυχρώ (ψυξηλασία).
  - Απότμηση
  - Κάμψη
  - Κοίλανση
  - Τύπωση
  - Λοιπές κατεργασίες

- ◆ 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

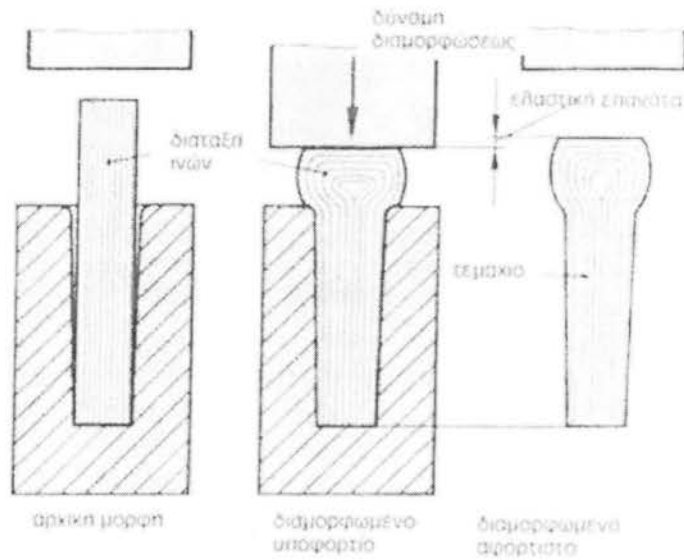


Σχήματα 3.1.1.2 & 3.1.1.3 : Αντικείμενα που έχουν παραχθεί με μηχανικές διαμορφώσεις.



### 3.1.2. ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

Σχήμα 3.1.2.1.: Πλαστική παραμόρφωση στις διαμορφώσεις.

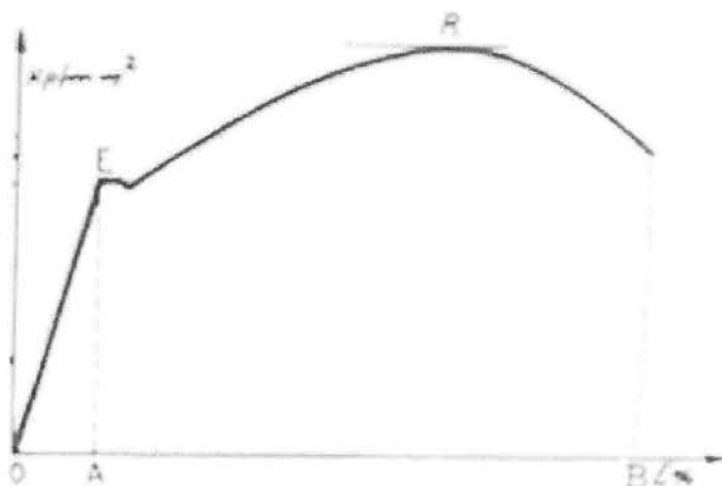


Με την επίδραση εξωτερικών δυνάμεων, δημιουργούνται στο εσωτερικό του υλικού τάσεις. Έτσι αλλάζει η μορφή του. Η επιμέρους θέσεις των ιόντων του μετάλλου μετατοπίζονται μεταξύ τους. Το κρυσταλλικό πλέγμα π.χ. στον εφελκυσμό επιμηκύνεται στην κατά μήκος διεύθυνση, ενώ στην εγκάρσια συστέλλεται. Αν η καταπόνηση 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. 3.1.2.1).

Στο σχήμα 3.1.2.2 παρουσιάζεται το διάγραμμα εφελκυσμού μαλακού χάλυβα. Όταν ένα τεμάχιο μαλακού χάλυβα υπόκειται σε μια σχετικά μικρή καταπόνηση δεν υφίσταται παρά μόνο ελαστικές παραμορφώσεις (περιοχή OA της καμπύλης).



Σχήμα 3.1.2.2.: Διάγραμμα εφελκυσμού μαλακού χάλυβα.

OA: Ελαστική περιοχή.

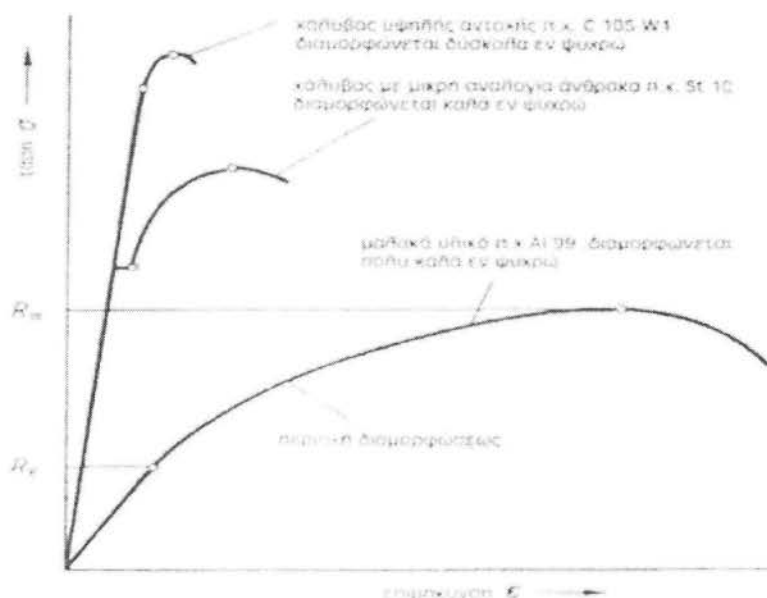
AB: Ελαστοπλαστική Περιοχή.

E: Όριο ελαστικότητας.

R: Αντοχή θραύσης σε εφελκυσμό.

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 3.1.2.3., 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.



### 3.1.3. Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

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 σ' αυτή την περίπτωση, είναι μικρότερος.

Σχήμα 3.1.2.3: Περιοχές διαμόρφωσης διαφόρων υλικών.  
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 οι κατεργασίες διαμόρφωσης των μετάλλων εν θερμώ. Ταυτόχρονα, τις περισσότερες φορές με την αύξηση της θερμοκρασίας αυξάνεται η ολκιμότητα του μετάλλου ενώ το όριο ελαστικότητας μειώνεται.

### 3.1.4. ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΕΝ ΘΕΡΜΩ ΚΑΙ ΕΝ ΨΥΧΡΩ

Οι μηχανικές διαμορφώσεις πραγματοποιούνται εν θερμώ ή εν ψυχρώ. Η διαφορά ανάμεσα στις δύο αυτές μεθόδους είναι η θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται το υλικό πριν ασκηθεί πάνω του η δύναμη παραμόρφωσης. Έτσι αν το υλικό βρίσκεται σε θερμοκρασία πάνω από τη θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης θα λέμε ότι η παραμόρφωση γίνεται εν θερμώ, ενώ σε αντίθετη περίπτωση θα λέμε ότι το υλικό παραμορφώνεται εν ψυχρώ. Συγκρίνοντας τις δύο αυτές μεθόδους μπορούμε να πούμε τα εξής:

- ◆
- ◆ Διαμορφώσεις εν θερμώ.
  - Θερμοκρασία κατεργασίας υψηλότερη της θερμοκρασίας ανακρυστάλλωσης.
  - Μεγάλη ικανότητα των υλικών για παραμόρφωση.
  - Μικρές απαιτούμενες δυνάμεις.
  - Μικρή αλλαγή της αντοχής και της επιμηκύνσεως στο διαμορφούμενο υλικό.
- ◆ Διαμορφώσεις εν ψυχρώ.
  - Θερμοκρασία κατεργασίας μικρότερη της θερμοκρασίας ανακρυστάλλωσης.
  - Είναι δυνατές μικρές ανοχές.
  - Δεν καίγεται η εξωτερική επιφάνεια του υλικού.
  - Αύξηση της αντοχής και ελάττωση της επιμήκυνσης (κράτυνση).

## 3.2 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟΤΕΡΑ

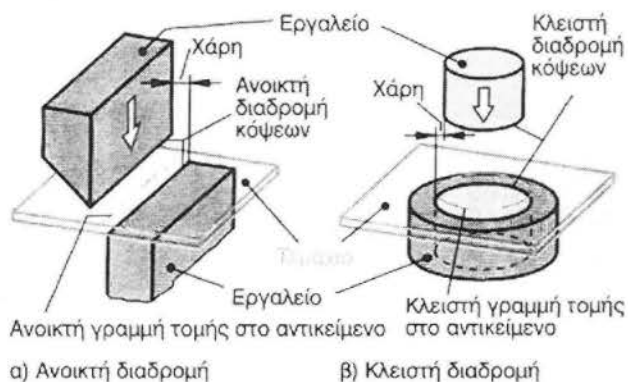
### 3.2.1 ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΣ ( ΚΟΠΗ )

Ο τεμαχισμός κατά DIN 8588 είναι μια μέθοδος διαχωρισμού χωρίς απόβλητα. Είναι δηλαδή η κατεργασία κατά την οποία ένα τμήμα ενός υλικού αποχωρίζεται από το υπόλοιπο, κάτω από την επίδραση μιας εξωτερικής δύναμης. Η δύναμη αυτή ασκείται πάνω στο υλικό μέσω ενός κοπτικού εργαλείου το οποίο είναι δεμένο συνήθως σε μια μηχανική πρέσα ή σπανιότερα σε υδραυλική πρέσα και μέσω αυτής κινείται και πιέζει το έλασμα.

Δύο είναι οι μέθοδοι τεμαχισμού ο ψαλιδισμός και η κοπή με σφηνοειδή εργαλεία.

#### 3.2.1.1. ΨΑΛΙΔΙΣΜΟΣ

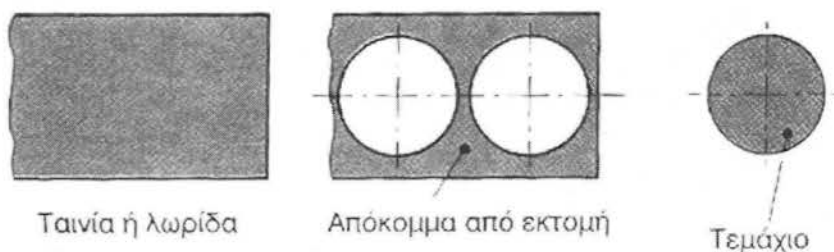
Ο ψαλιδισμός είναι ο τεμαχισμός ελασμάτων από δυο κοπτικές ακμές, οι οποίες διέρχονται η μία παραπλεύρως της άλλης.



Σχήμα 3.2.1.1.1.: Ψαλιδισμός.

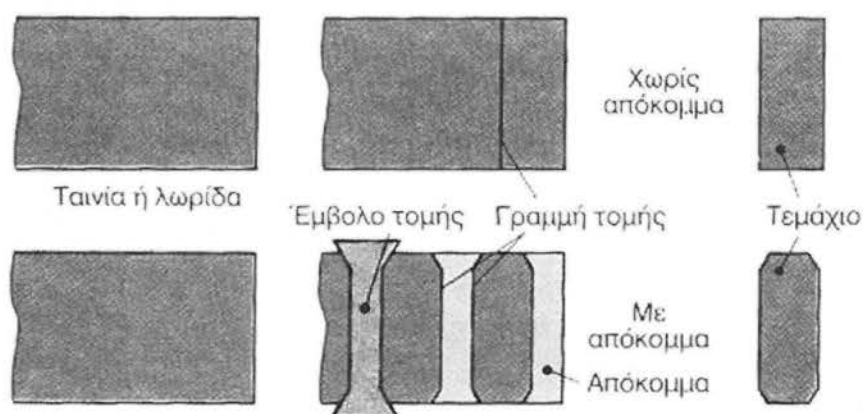
Υπάρχουν πολλές μέθοδοι ψαλιδισμού οι οποίες κατατάσσονται παρακάτω ανάλογα με τη θέση της γραμμής τομής.

- ♦ Η εκτομή : είναι η τομή κατά μήκος μιας κλειστής γραμμής τομής, για την κατασκευή της εξωτερικής μορφής ενός αντικειμένου. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε αντικείμενα στα οποία μας ενδιαφέρει η ακριβής εξωτερική μορφή.



Σχήμα 3.2.1.1.2. : Εκτομή.

- ♦ Η απότμηση: είναι η τομή κατά μήκος μιας ανοικτής γραμμής τομής. Η απότμηση μπορεί να γίνει με ή χωρίς αποκόμματα και εφαρμόζεται σε περιπτώσεις απλών αντικειμένων. Η εξωτερική μορφή κόβεται μόνο κατά ένα μέρος.



Σχήμα 3.2.1.1.3.: Απότμηση.

- ♦ Το τρύπημα : είναι η τομή του υλικού κατά μήκος μιας κλειστής γραμμής για την κατασκευή κάθε είδους εσωτερικής μορφής. Εφαρμόζεται για την κατασκευή αντικειμένων με ακριβή εσωτερική μορφή.



Σχήμα 3.2.1.1.4.: Τρύπημα.

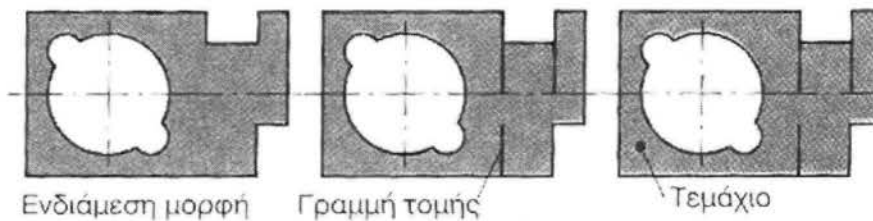
- ♦ Η κοπή εσοχής : είναι η εκτομή τμημάτων επιφάνειας συνεχόμενων της εξωτερικής ή εσωτερικής μορφής κατά

μήκος μιας ανοιχτής γραμμής τομής. Χρησιμοποιείται σε αντικείμενα τα οποία παράγονται σε περισσότερες από μία φάσεις κατεργασίας.



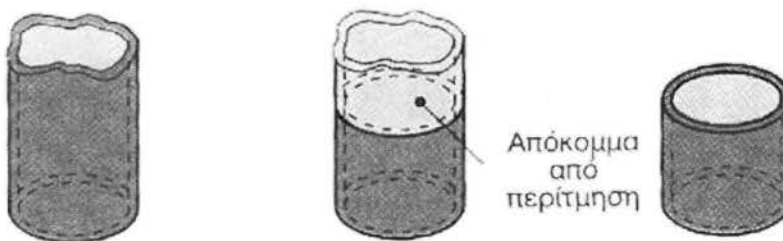
Σχήμα 3.2.1.1.5: Κοπή εσοχής.

- ♦ Η εντομή: είναι η μερική τομή κατά μήκος μιας ανοιχτής γραμμής στο άκρο ή μέσα στο αντικείμενο. Εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που θα επακολουθήσουν για την κατασκευή του αντικειμένου και άλλες κατεργασίες ( π.χ. κάμψη, κοίλανση κ.λ.π.).



Σχήμα 3.2.1.1.6.: Εντομή.

- ♦ Η περίτμηση: είναι η κοπή των προεκταμάτων στα άκρα ή των προσαυξήσεων λόγω κατεργασίας. Γίνεται κατά μήκος



κλειστής ή ανοιχτής γραμμής τομής και εφαρμόζεται για αντικείμενα στα οποία απαιτούνται ακριβείς διαστάσεις και μορφή.

Σχήμα 3.2.1.1.7.: Περίτμηση.

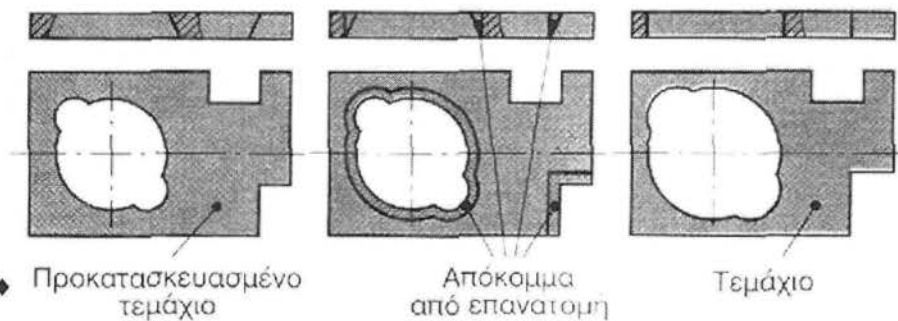
3. Η αφαίρεση προεκταμάτων : σε χυτά ή χυτοπρεσαριστά ή σφυρήλατα αντικείμενα στα οποία υπάρχουν



Σχήμα 3.2.1.1.8.: Αφαίρεση προεκταμάτων.

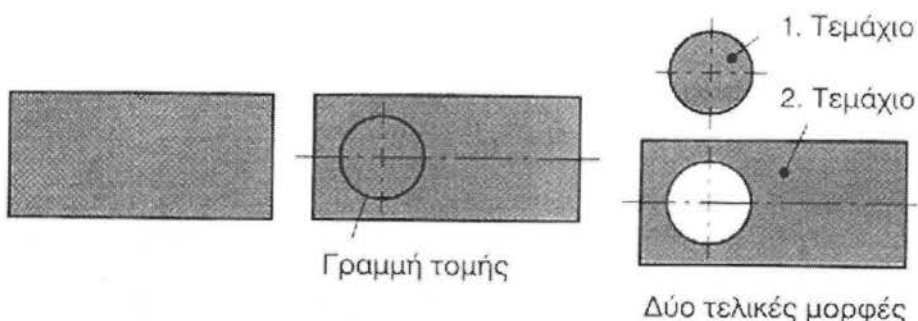
προεκτάματα λόγω προηγούμενης κατεργασίας.

- ♦ Η απόξεση – λείανση : είναι η απομάκρυνση λεπτών περιθωρίων κατά μήκος κλειστών ή ανοικτών γραμμών τομής σε τεμάχια με δεύτερη απότμηση. Εφαρμόζεται σε αντικείμενα στα οποία απαιτείται μια λεία κάθετη επιφάνεια τομής.



Σχήμα 3.2.1.1.9.: Απόξεση – λείανση.

- ♦
- ♦ Η κοπή διαχωρισμού : είναι η τομή κατά μήκος μιας κλειστής ή ανοικτής γραμμής τομής, όπου από την αρχική μορφή μπορούν να κατασκευαστούν περισσότερα του ενός τεμάχια.

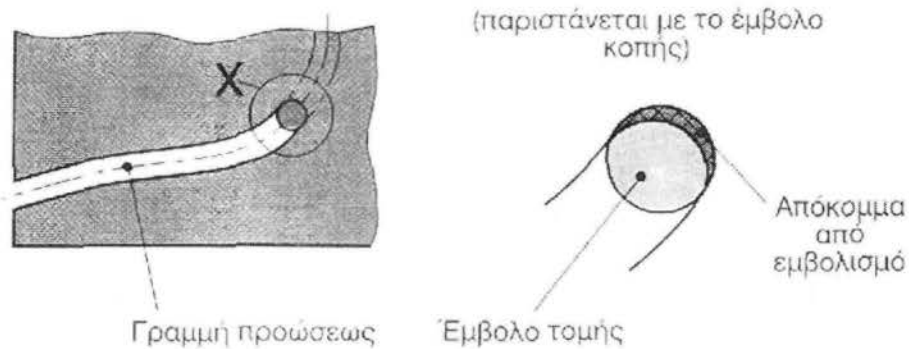




- ♦ Η κοπή με ζουμποψάλιδο : είναι ο διαχωρισμός κατά τεμάχια του υλικού κατά μήκος μιας ανοιχτής γραμμής τομής

Σχήμα 3.2.1.1.10.: Κοπή διαχωρισμού.

οποιοδήποτε σχήματος. Εφαρμόζεται σε αντικείμενα που έχουν περίμετρο τυχαίας μορφής.



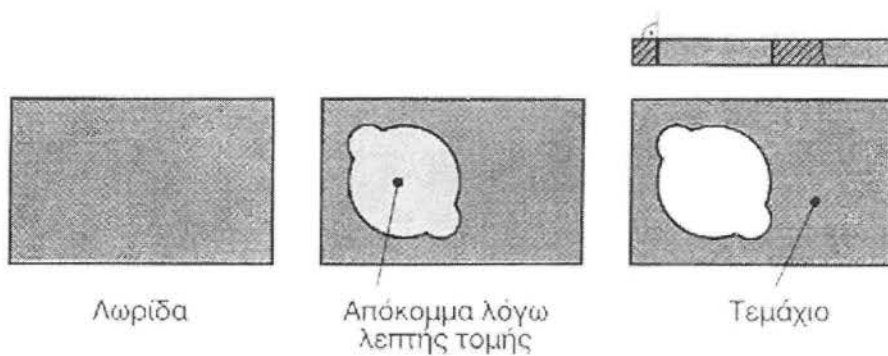
Σχήμα 3.2.1.1.11.: Κοπή με ζουμποψάλιδο.

- ♦ Η λεπτή τομή : είναι η τομή ενός υλικού για την κατασκευή εσωτερικών μορφών, οι οποίες είναι κάθετες προς την επιφάνεια του αντικειμένου και παρουσιάζουν μια ελάχιστη τραχύτητα επιφάνειας. Εφαρμόζεται σε παχιά αντικείμενα που χρειάζονται ακριβή, ορθογώνια και λεία επιφάνεια τομής.

Ο ψαλιδισμός είναι μια κατεργασία με την οποία εξοικονομούμε μεγάλη ποσότητα υλικού αφού δεν παράγεται απόβλητο ( γρέζι ), έχει πολύ υψηλό ρυθμό παραγωγής και τα εργαλεία με τα οποία εκτελείται, λόγω των ανθεκτικών υλικών από τα οποία κατασκευάζονται, επιτρέπουν την παραγωγή πάρα πολλών τεμαχίων ( της τάξης των χιλιάδων ).

Το σημαντικότερο μειονέκτημα του τεμαχισμού είναι η χρονοβόρα κατασκευή των εργαλείων και το κόστος τους, που όμως αντισταθμίζεται από την παραγωγή μεγάλου αριθμού προϊόντων.

Τα πάχη των ελασμάτων που μπορούμε να κατεργαστούμε αρχίζουν από τις πιο λεπτές ταινίες ( μερικών εκατοστών του χιλιοστού ) μέχρι τις λαμαρίνες από χάλυβα των 8 και ακόμη των 20 mm.



Σχήμα 3.2.1.1.12.: Λεπτή τομή.

### 3.2.1.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΨΑΛΙΔΙΣΜΟΥ

Η διαδικασία της κοπής του ελάσματος μπορεί να χωριστεί σε διαδοχικές φάσεις κατά τις οποίες η συμπεριφορά του υλικού μεταβάλλεται ανάλογα με την θέση του εμβόλου. Οι φάσεις αυτές περιγράφονται παρακάτω.

Είναι απαραίτητο να διαθέτουμε μια πρέσα και ένα εργαλείο κοπής το οποίο αποτελείται από ένα κινητό μέρος το έμβολο και ένα ακίνητο τη μήτρα, πάνω στην οποία είναι τοποθετημένο το υλικό.

Η διαδικασία αρχίζει όταν το έμβολο κινούμενο από την πρέσα κατέρχεται και αρχίζει να συμπιέζει το υλικό. Η κατεργασία του τεμαχισμού εξελίσσεται σε επιμέρους στάδια τα οποία είναι :

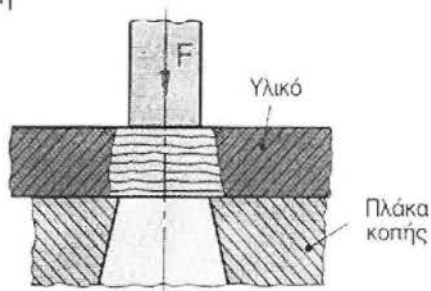
- Φάση 1<sup>η</sup> :

Ελαστική παραμόρφωση

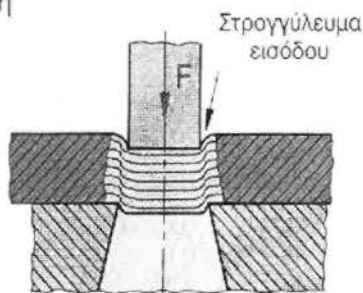
Το υλικό παραμορφώνεται ελαστικά από το κατερχόμενο έμβολο.

- ◆ Φάση 2<sup>η</sup> :

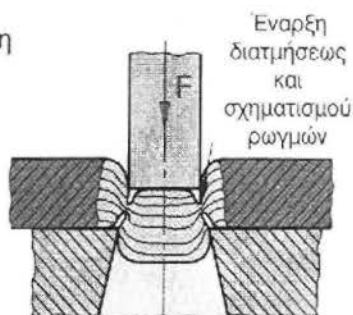
1. Φάση



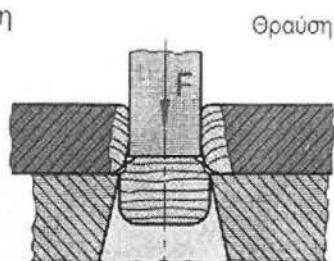
2. Φάση



3. Φάση



4. Φάση



### Παραμένουσα παραμόρφωση

Κατά την περαιτέρω διείδυση του εμβόλου μέσα στο υλικό, διαστέλλονται οι ίνες του υλικού. Έχουμε υπέρβαση του ορίου ελαστικότητας του υλικού και έτσι εμφανίζεται μια μόνιμη παραμόρφωση. Το υλικό έλκεται από έξω προς την κοπτική ακμή του εμβόλου. Έτσι εμφανίζονται στο έλασμα στρογγυλεύματα των οποίων το μέγεθος εξαρτάται από το πάχος του ελάσματος και τη χάρη μεταξύ εμβόλου και μήτρας.

#### ♦ Φάση 3<sup>η</sup> :

Σχήμα 3.2.1.2.: Φάσεις  
κοπής

### Διάτμηση

Με τη συνεχιζόμενη διείδυση του εμβόλου, γίνεται υπέρβαση του ορίου διάτμησης του υλικού, το οποίο υποβάλλεται σε διάτμηση μεταξύ των κοπτικών ακμών του εμβόλου και της μήτρας. Εκεί σχηματίζονται και οι επιφάνειες κοπής. Στην περαιτέρω πορεία δημιουργούνται ρωγμές στο υλικό στα σημεία που αυτό έρχεται σε επαφή με τις ακμές του εμβόλου και της μήτρας, οι οποίες τείνουν να συνενωθούν .

#### ♦ Φάση 4<sup>η</sup> :

### Θραύση

Η αντοχή της υπόλοιπης διατομής έχει εξασθενήσει τώρα τόσο πολύ, ώστε να συνεχίζεται η ανάπτυξη των ρωγμών, μέχρι την τελική συνένωσή τους οπότε έχουμε την θραύση του υλικού. Η επιφάνεια θραύσης δεν εκτείνεται τώρα κάθετα, αλλά πλάγια προς την επιφάνεια του αντικειμένου.

#### • Φάση 5<sup>η</sup> :

### Λείανση των επιφανειών κοπής

Μετά το διαχωρισμό του υλικού, το έμβολο υποχωρεί (προς τα πάνω). Κατά την κίνηση αυτή το έμβολο πιέζεται από τις δυνάμεις επαναφοράς του υλικού ( $F_e$ ). Με αυτόν τον τρόπο προκαλείται μια προσθετή λείανση της επιφάνειας κοπής. Το υλικό που περισφίγγει το έμβολο απομακρύνεται με τη βοήθεια ενός εξολκέα , όταν ανέρχεται το έμβολο.

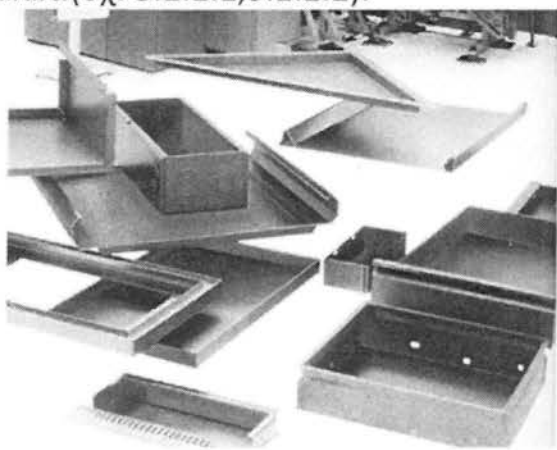
#### ♦ Φάση 6<sup>η</sup> :

### Επανάταξη

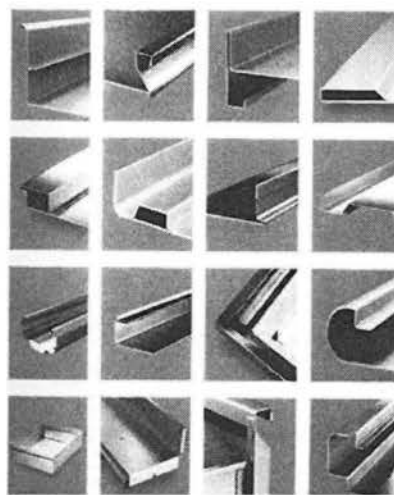
Μετά την επιστροφή του εμβόλου σημειώνεται μια ελαστική επαναφορά του υλικού. Αυτή η επαναφορά έχει ως αποτέλεσμα την ελάττωση ( πολύ μικρή ) της διαμέτρου των οπών και την αύξηση της διαμέτρου των απόκοπτομένων τεμαχίων, σε σχέση με αυτές του εμβόλου και της μήτρας.

### 3.2.2.ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΜΨΗ

Η κάμψη είναι η απλούστερη και η πιο συνηθισμένη από τις πλαστικές κατεργασίες. Εφαρμόζεται σε υλικά τα οποία προηγουμένως έχουν διαμορφωθεί σαν φύλλα (λαμαρίνες), ή σαν επιμήκεις δοκοί (βέργες, σωλήνες, δοκάρια κ.λ.π.). Η ευκολία με την οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί η κάμψη τόσο με απλά εργαλεία ( μέγγενη, αμόνι ) όσο και με πιο σύνθετα (στράντζες, πρέσες), η μεγάλη ποικιλία μορφών που μπορούμε να επιτύχουμε, η οικονομία των υλικών, και η αντοχή των αντικειμένων που έχουν παραχθεί με κάμψη είναι μερικοί από τους λόγους που η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται για την κατασκευή μεταλλικών επίπλων, αμαξωμάτων, σωλήνων, προφίλ από λαμαρίνα κ.λ.π.(σχ. 3.2.2.1,3.2.2.2).



Σχήμα 3.2.2.1: Αντικείμενα που έχουν παραχθεί με κάμψη.

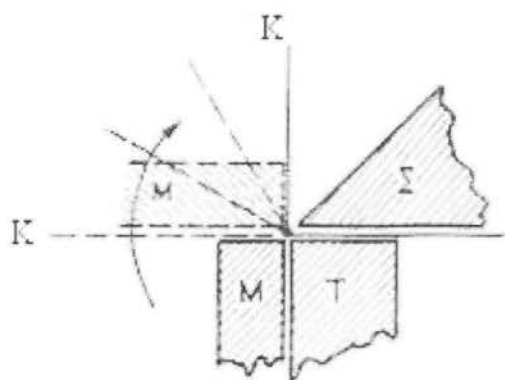


Σχήμα 3.2.2.2: Προφίλ από λαμαρίνα.

Μπορεί να πραγματοποιηθεί εν ψυχρώ, όταν πρόκειται για ελάσματα με μικρή διατομή και εν θερμώ για μεγάλες διατομές ελασμάτων, που για την διαμόρφωσή τους εν ψυχρώ θα χρειαζόταν πολύ μεγάλη δύναμη από το εργαλείο. Βέβαια ο τρόπος εξαρτάται και από άλλους παράγοντες όπως το είδος της κάμψης που θα πραγματοποιηθεί, τις ιδιότητες του υλικού, τις διαστάσεις του αντικείμενου κ.λ.π.

Πρόκειται για μια κατεργασία διαμόρφωσης κατά την οποία το έλασμα παραμορφώνεται (λυγίζεται) ώστε να αποκτήσει το επιθυμητό σχήμα. Πολλές φορές ένα υλικό κάμπτεται όχι μόνο για να αλλάξει η μορφή του αλλά, για να αποκτήσει μεγαλύτερη στιβαρότητα.

Τα μηχανήματα με τα οποία διεξάγεται η κάμψη είναι οι στράντζες και οι στραντζοπρέσες. Η αρχή λειτουργίας των δυο αυτών μηχανών φαίνεται στα σχήματα 3.2.2.1 και 3.2.2.2 .



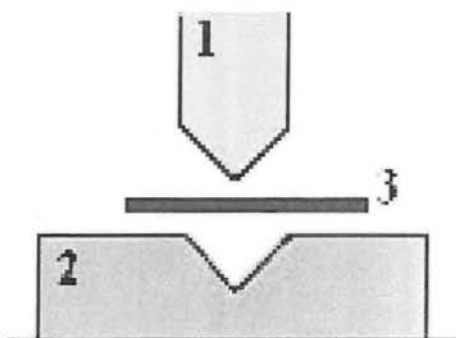
Σχήμα 3.2.2.3: Τρόπος λειτουργίας στράντζας.

*Κ: Έλασμα.*

*Μ: Καμπτήρας.*

*Τ: Τράπεζα.*

*Σ: Σφρηκτήρας.*



Σχήμα 3.2.2.4.: Τρόπος λειτουργίας στραντζοπρέσας.

*1: Έμβολο.*

*2: Μήτρα.*

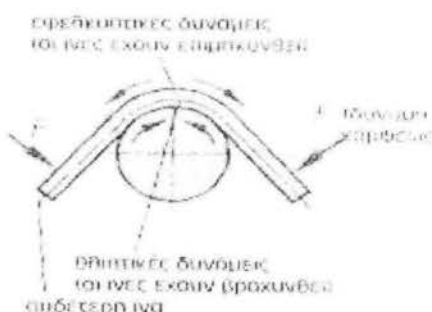
*3: Έλασμα προς διαμόρφωση.*

### 3.2.2.1 ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΚΑΜΨΗ

Κατά την κάμψη σε στραντζοπρέσες, το υλικό πιέζεται από το έμβολο, αναγκάζοντάς το να υποχωρήσει και να πάρει τη μορφή που απαιτούμε. Αρχικά το έλασμα κάμπτεται ελαστικά (ελαστική παραμόρφωση του υλικού). Συνεχίζοντας όμως το έμβολο να κατεβαίνει, το υλικό φορτίζεται πέρα από το όριο διαρροής και έτσι η παραμόρφωση είναι μόνιμη (πλαστική παραμόρφωση του υλικού).

Στο υλικό οι εξωτερικές ίνες του καταπονούνται σε εφελκυσμό (επιμηκύνονται), ενώ οι εσωτερικές σε θλίψη (μικραίνουν). Μεταξύ των δυο, βρίσκεται μια ίνα, η οποία δεν καταπονείται ούτε σε εφελκυσμό, ούτε σε θλίψη και ονομάζεται ουδέτερη ίνα ή ουδέτερος άξονας της διατομής. Η ίνα αυτή όπως γίνεται εύκολα κατανοητό διατηρεί το αρχικό της μήκος και έτσι μπορούμε με βάση αυτή να υπολογίσουμε με ακρίβεια το αρχικό μήκος των ελασμάτων που πρόκειται να καμφθούν (σχ. 3.2.2.1.1).

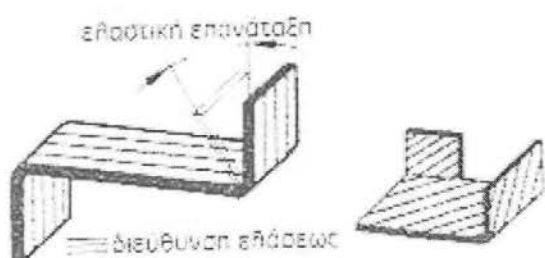
Παρόλα αυτά όταν η ακτίνα κάμψης είναι μικρή η ουδέτερη ίνα δεν βρίσκεται ακριβώς στο μέσον της διατομής αλλά είναι μετατοπισμένη προς την εσωτερική πλευρά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αποκλίσεις στον υπολογισμό του αναπτύγματος του



Σχήμα 3.2.2.1.1.: Συμπεριφορά του υλικού κατά την κάμψη.

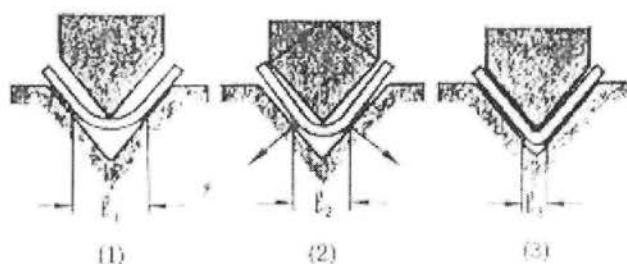
ελάσματος.

Μεγάλη προσοχή κατά την κάμψη ελασμάτων πρέπει να δίνεται στη διεύθυνση ελάσεως του ελάσματος. Γιατί όπως έχει ήδη αναφερθεί τα ελάσματα που χρησιμοποιούμε στην κάμψη έχουν υποστεί μια κατεργασία για να πάρουν τη μορφή λαμαρίνας, βέργας, δοκού κ.λ.π. Η πρώτη φάση της διαμόρφωσης των ελασμάτων είναι η έλαση για την οποία εκτενέστερα θα αναφερθούμε σε επόμενο κεφάλαιο. Στην έλαση λοιπόν το πλέγμα του υλικού υφίσταται μια επιμήκυνση κατά τη διεύθυνση της κατεργασίας και έτσι δημιουργείται μια δομή όμοια με τη μορφή των ινών. Αν κατά την κάμψη το υλικό φορτιστεί κάθετα προς τις ίνες υπάρχει κίνδυνος να σχιστεί, ενώ οι φορτίσεις κατά τη διεύθυνση της έλασης παραλαμβάνονται καλύτερα από το υλικό και η αντοχή του είναι μεγαλύτερη (σχ. 3.2.2.1.2).



Σχήμα 3.2.2.1.2: Διεύθυνση έλασης στην κάμψη.

Η γωνία κάμψης στο υπό διαμόρφωση έλασμα παίρνει την τελική της μορφή όταν το έμβολο φτάσει στο κάτω νεκρό σημείο της διαδρομής του. Στην αρχή και κατά τη διάρκεια της σταδιακής καθόδου του εμβόλου η γωνία αυτή είναι μεγαλύτερη από την τελική, το μέγεθός της όμως μειώνεται σταδιακά μέχρι την τελική μορφή της γωνίας (σχ. 3.2.2.1.3).



Σχήμα 3.2.2.1.3: Διαδικασία κάμψης σε στραντζοπρέσα.

Όταν πρόκειται να καμφθούν εξαρτήματα στα οποία απαιτείται μεγάλη ακρίβεια, το έλασμα πρέπει να στερεώνεται σωστά πάνω στη καμπτική πλάκα ώστε να εξασφαλίζεται η ακριβής του θέση κατά την διάρκεια της κάμψης. Αυτό επιτυγχάνεται με την ύπαρξη κατάλληλης υποδοχής πάνω στην πλάκα. Ένα έλασμα βιδωμένο με κοχλίες και κατάλληλα διαμορφωμένο, μπορεί να αποτελέσει το έλασμα υποδοχής

του προς κατεργασία ελάσματος. Η ακριβής συγκράτηση του ελάσματος μπορεί επίσης να επιτευχθεί με τη χρήση πύρων υποδοχής, που βρίσκονται στερεωμένοι στην καμπτική μήτρα. Σε αυτή την περίπτωση όμως απαιτείται στο έλασμα που πρόκειται να καμφθεί, να υπάρχουν ανοιγμένες οπές μέσα στις οποίες θα εισέλθει ο πύρος.

Για να διασφαλιστεί η σωστή κάμψη όταν στο αντικείμενο υπάρχουν οπές πρέπει να απέχουν από την καμπτική ακμή μια ελάχιστη απόσταση, ώστε να αποφευχθούν παραμορφώσεις τους (σχ. 3.2.2.1.4).

Η εμπειρική σχέση για τον υπολογισμό της ελάχιστης απόστασης μεταξύ μιας οπής και της γωνίας κάμψης είναι:

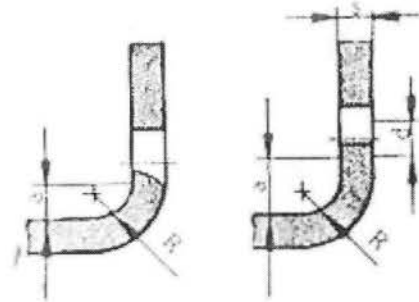
$$a \geq r_i + 2 * s \text{ mm} \quad (2.12)$$

όπου:

a = ελάχιστη απόσταση οπής - γωνίας (mm)

$r_i$  = ακτίνα καμπυλότητας τεμαχίου (mm)

s = πάχος ελάσματος (mm)



Σχήμα 3.2.2.1.4: Θέση οπής κατά την κάμψη.

### 3.2.2.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΚΑΜΨΗΣ

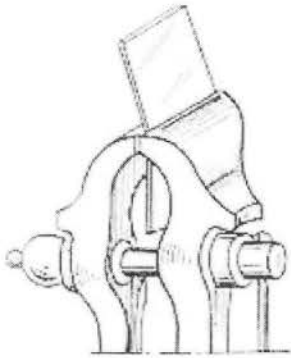
Υπάρχουν πολλές μέθοδοι κάμψης, οι οποίες ανάλογα με τον τρόπο που ασκούμε τη δύναμη στο έλασμα κατατάσσονται ως εξής:

- ◆ ελεύθερη κάμψη.
- ◆ κάμψη με καλούπια.
- ◆ κάμψη με στροφή.
- ◆ κάμψη σε κύλινδρο.

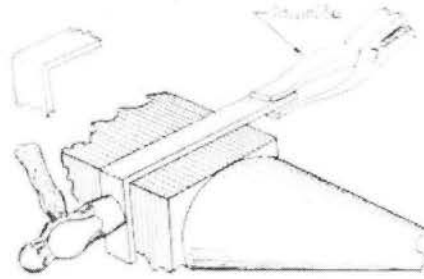
### 3.2.2.3 ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΚΑΜΨΗ

Με τον όρο ελεύθερη κάμψη εννοούμε κάθε κάμψη ελάσματος που γίνεται χωρίς τη χρήση μηχανημάτων. Συνήθως πραγματοποιείται με τη βοήθεια απλών εργαλείων όπως σφυρί, αμόνι, μέγγενη κ.λ.π., τα

οποία υπάρχουν σε αφθονία σε όλα τα μηχανουργεία ( σχ. 3.2.2.3.1, 3.2.2.3.2).



Σχήμα 3.2.2.3.2: Κάμψη στη μέγγενη.



Σχήμα 3.2.2.3.1: Κάμψη στο αμόνι.

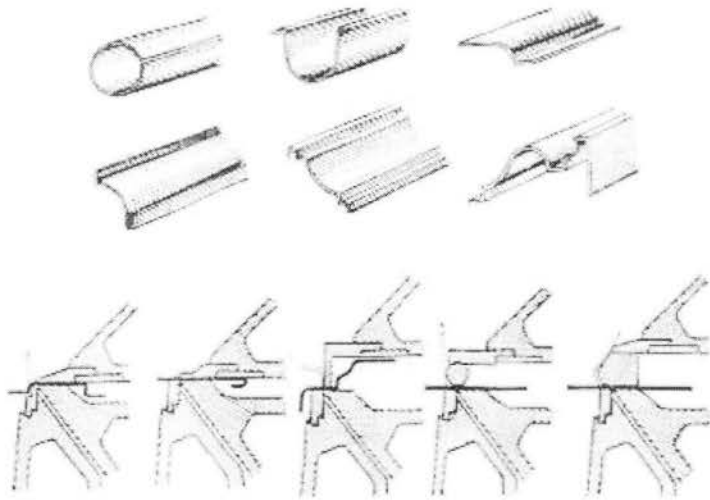
Η εργασία αυτή τις περισσότερες φορές και ιδιαίτερα όταν πρόκειται για ελάσματα με μεγάλη διατομή, γίνεται εν θερμώ ώστε να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο, η δύναμη που πρέπει να ασκηθεί στο έλασμα.

Μπορούμε να επιτύχουμε με αυτό τον απλό τρόπο διάφορες μορφές αντικειμένων από απλή κάμψη σε ορθή γωνία έως και καμπυλωτή κάμψη. Παρόλα αυτά το αντικείμενο που θα προκύψει από μια τέτοια κατεργασία δεν θα έχει ακριβείς διαστάσεις, ενώ υπάρχει και ο κίνδυνος της καταστροφής της εξωτερικής επιφάνειας του ελάσματος από τα χτυπήματα. Τα σημαντικότερα ωστόσο μειονεκτήματα της μεθόδου αυτής είναι ο πολύ μικρός ρυθμός παραγωγής των αντικειμένων και η αδυναμία κατεργασίας ελασμάτων μεγάλου μήκους και διατομής.



### 3.2.2.4.ΚΑΜΨΗ ΜΕ ΣΤΡΟΦΗ

Στην κάμψη με στροφή το έλασμα κάμπτεται από ένα βραχίονα, ενώ συγκρατείται από ειδικό σφιγκτήρα. Η κατεργασία αυτή πραγματοποιείται στις στράντζες. Οι στράντζες συναντώνται χειροκίνητες που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μεμονωμένων τεμαχίων και μηχανοκίνητες για την παραγωγή μεγαλύτερου αριθμού τεμαχίων. Μπορούμε με αυτόν τον τρόπο να διαμορφώσουμε ελάσματα μεγάλου μήκους και διατομής με αρκετά μεγάλη ακρίβεια στις διαστάσεις και με μεγάλη ποικιλία μορφών (σχ. 3.2.2.4.1).

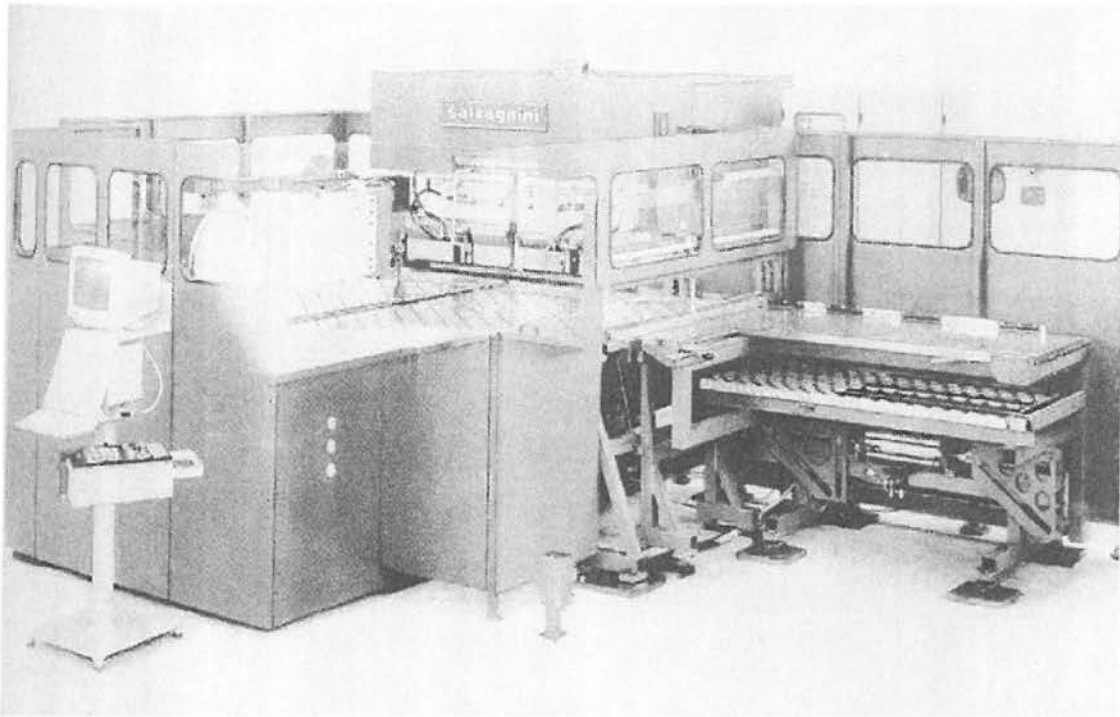


Οι συνηθισμένες στράντζες έχουν μέγεθος από 1 έως 2,5 m και μας δίνουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουμε τις σιαγόνες ώστε να μεταβάλλουμε την ακτίνα κάμψης και να μπορούμε να σχηματίσουμε γωνίες κάμψης μέχρι 130° περίπου.

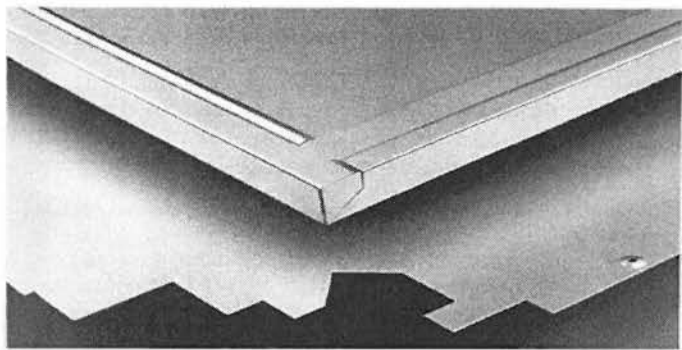
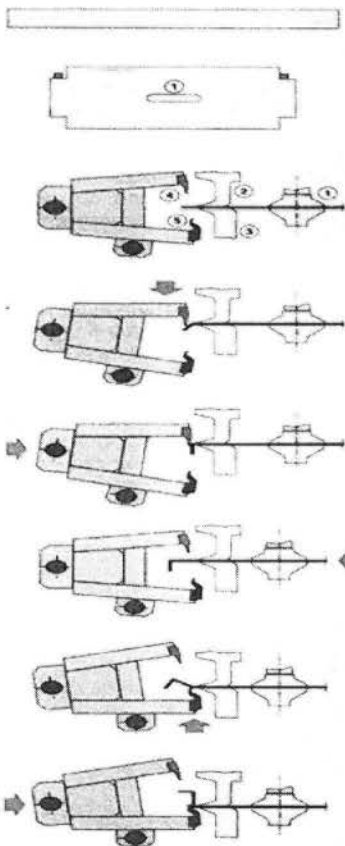
Οι στράντζες δεν έχουν όλες την ίδια δυνατότητα κάμψης. Λέγοντας δυνατότητα κάμψης εννοούμε το μέγιστο μήκος και πάχος ελάσματος που μπορεί να κατεργαστεί.

Στην προσπάθεια να αυξηθεί ο ρυθμός παραγωγής έχουν αναπτυχθεί οι αυτόματες στράντζες που είναι προγραμματιζόμενες και έτσι μπορούν να λειτουργήσουν ακόμα **Σχήμα 3.2.2.4.1: Προφίλ από λαμαρίνα που έχουν κατασκευαστεί σε στράντζα.**

3.2.2.4.2, 3.2.2.4.3). Η τροφοδοσία τους με κομμένα αναπτύγματα λαμαρίνας μπορεί να γίνεται αυτόματα από ντάνα ή χειροκίνητα. Ακόμα όμως και στην περίπτωση που χρησιμοποιείται η χειροκίνητη τροφοδοσία ο ρυθμός παραγωγής παραμένει υψηλός αφού όλες οι ανθρώπινες δραστηριότητες γίνονται σε χρόνο που η μηχανή δουλεύει αυτόματα το προηγούμενο κομμάτι (masked time).



Σχήμα 3.2.2.4.2: Αυτόματη στράντζα.



Σχήμα 3.2.2.4.3: Έλασμα που έχει υποστεί εκτομή και προορίζεται για κάμψη.

Σχήμα 3.2.2.4.4: Διαδικασία κάμψης ελάσματος σε αυτόματη στράντζα.

Ένα τέτοιο μηχάνημα μπορεί να δουλεύει μόνο του (stand alone) ή να συμμετέχει σε γραμμή παραγωγής με άλλες μονάδες π.χ. εκτομής, τρυπήματος, κ.λ.π. (σχ.3.2.2.4.3).

Στο σχήμα 3.2.2.4.4 φαίνεται η διαδικασία κατεργασίας ενός ελάσματος από μια αυτόματη στράντζα. Το κομμένο στις κατάλληλες διαστάσεις έλασμα, μπαίνει στο σύστημα αυτόματα ή χειροκίνητα και παραλαμβάνεται αυτόματα από τον διαχειριστή, που αναλαμβάνει να πάρει το σημείο αναφοράς του κομματιού και να εκτελέσει τις απαιτούμενες περιστροφές και προωθήσεις του. Έτσι θα πάει στις λάμες που θα κάνουν τις προγραμματισμένες διπλώσεις. Το έλασμα για να διπλωθεί συγκρατείται σε σταθερή θέση από κατάλληλους συγκρατητές, των οποίων των συνολικό πλάτος είναι μεταβλητό και ρυθμίζεται αυτόματα.

Η δίπλωση μπορεί να είναι είτε προς τα πάνω (θετική) είτε προς τα κάτω (αρνητική). Πράγμα που έχει ως αποτέλεσμα για δυο διαδοχικές διπλώσεις, που η μία θα είναι « θετική » και η άλλη « αρνητική », να μην απαιτείται αναποδογύρισμα του κομματιού.

### 3.2.2.5. ΚΑΜΨΗ ΜΕ ΚΑΛΟΥΠΙΑ

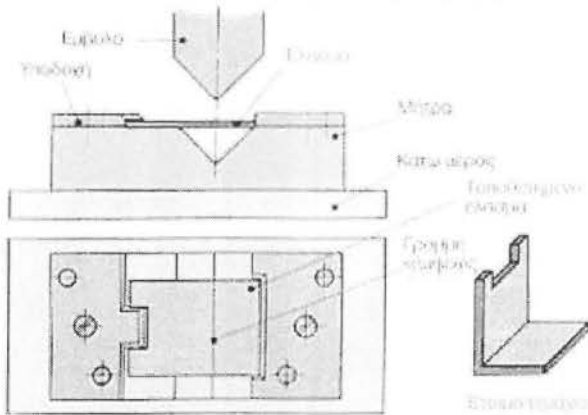
Στην κάμψη με καλούπια, το έλασμα κάμπτεται από τη δύναμη που ασκούν σε αυτό η καμπτικές ακμές του εμβόλου και της μήτρας. Με αυτόν τον τρόπο κάμψης μπορούμε να κατασκευάσουμε δύσκολα σχήματα και με μεγάλο ρυθμό παραγωγής. Η κατεργασία αυτή εκτελείται στις στραντζοπρέσες οι οποίες είναι εξοπλισμένες με τα κατάλληλα εργαλεία κάμψης.

Η κάμψη μπορεί να γίνει σε απλά εργαλεία ( που εκτελούν μόνο κάμψη) αλλά και σε σύνθετα εργαλεία ( τα οποία εκτελούν και άλλες κατεργασίες π.χ. κοίλανση , εκτομή κ.λ.π. ).

Οι κατεργασίες σε στραντζοπρέσες μπορούν να καταταγούν ανάλογα με το σχήμα της γωνίας κάμψης, ως εξής:

- ◆ Κάμψη σε γωνία τύπου V

Λέγοντας κάμψη τύπου V, ουσιαστικά εννοούμε κάμψη του ελάσματος κατά μία γωνία. Το έλασμα τοποθετείται στην κατάλληλη θέση δηλαδή σε τέτοια θέση ώστε η γραμμή κάμψης του ελάσματος να συμπίπτει με τη ακμή κάμψης του εμβόλου, και συγκρατείται εκεί με τη βοήθεια ενός κατάλληλα διαμορφωμένου ελάσματος. Το έμβολο κατεβαίνει και αναγκάζει το υλικό να εισχωρήσει στη μήτρα παίρνοντας ταυτόχρονα και το σχήμα της (σχ. 3.2.2.5.1).

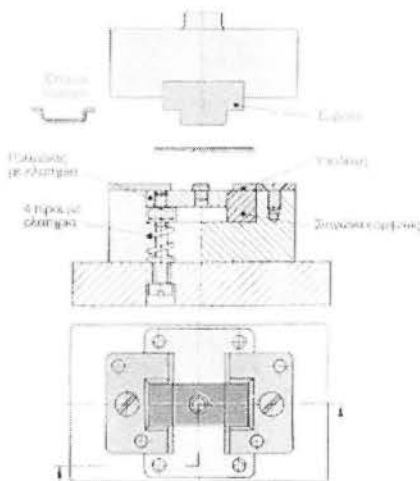


Σχήμα 3.2.2.5.1: Κάμψη τύπου V.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να διαμορφωθεί ακριβώς η γραμμή κάμψης και να μην παρουσιαστεί στρέβλωση στο αντικείμενο είναι το έμβολο και η μήτρα να είναι ευθυγραμμισμένα. Πράγμα που επιτυγχάνεται αν δοθεί η ανάλογη προσοχή κατά την τοποθέτηση του εργαλείου κάμψης στην πρέσα.

♦ Κάμψη σε γωνία τύπου U

Στην κάμψη τύπου U στα τεμάχια διαμορφώνονται δυο γωνίες ταυτόχρονα. Η διαδικασία γίνεται όπως και προηγουμένως με ένα κατάλληλο έμβολο και μια μήτρα. Το έλασμα τοποθετείται και συγκρατείται στην σωστή θέση και καθώς το έμβολο κινείται το αναγκάζει να καμφθεί.



Σχήμα 3.2.2.5.2: Κάμψη τύπου U.

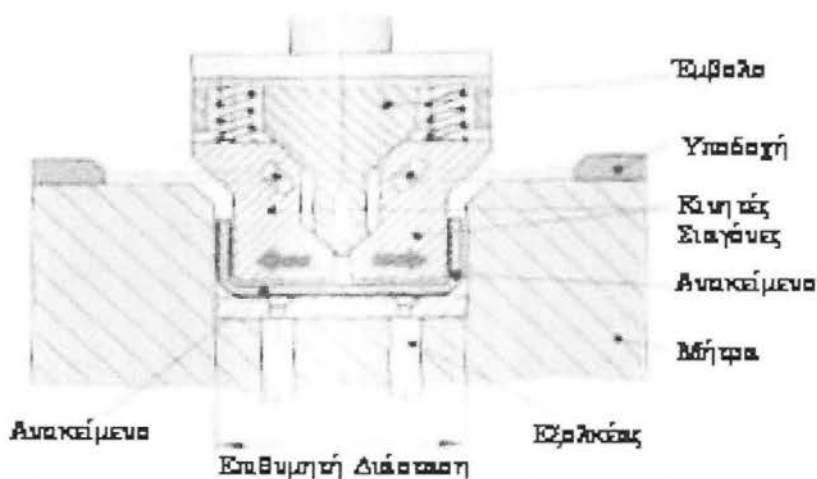
Σε αυτού του είδους την κατεργασία παρουσιάζεται μια ιδιαιτερότητα η οποία έχει να κάνει με την επανάταξη (δηλαδή την ελαστική επιστροφή) του υλικού εξ' αιτίας της οποίας το τεμάχιο συσφίγγεται στη μήτρα και γι' αυτό είναι απαραίτητη η

ύπαρξη εξολκεία ο οποίος θα απομακρύνει το τεμάχιο από το εργαλείο (σχ 3.2.2.5.2).

Με τη χρήση ενός τέτοιου εργαλείου όμως δεν μπορούμε να επιτύχουμε αντικείμενα με ακριβώς παράλληλες πλευρές και αυτό γιατί μετά την έξοδο του από το εργαλείο οι πλευρές του αντικειμένου ανοίγουν ελάχιστα με αποτέλεσμα να μην είναι παράλληλες μεταξύ τους. Για το λόγο αυτό μπορούμε σε διαμορφώσεις που απαιτούμε να κατασ-

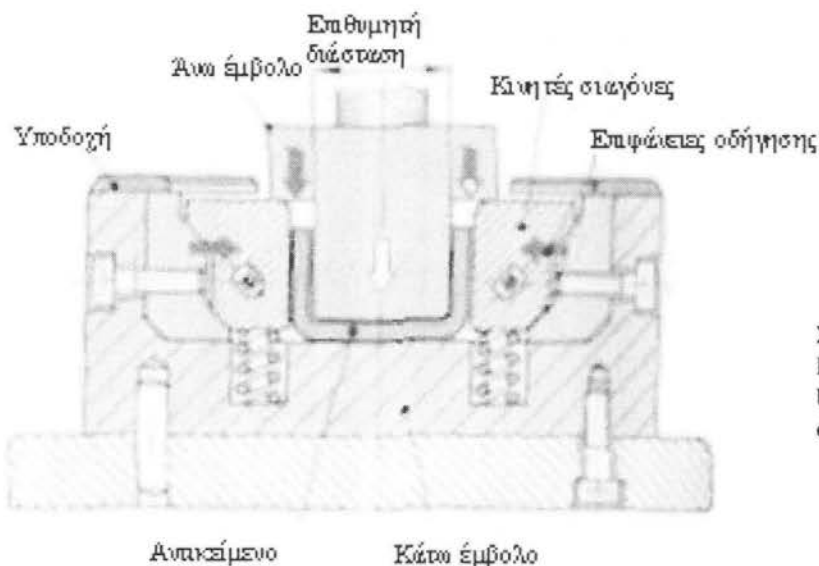
κευαστούν με ακρίβεια οι εξωτερικές διαστάσεις, να προσαρμόσουμε στο έμβολο κινητές σιαγόνες (σχ. 3.2.2.5.3) και να διαμορφώσουμε το κυρίως σώμα του εμβόλου με τέτοιο τρόπο, ώστε να σχηματιστούν οι κεκλιμένες επιφάνειες που φαίνονται στο σχήμα.

Αμέσως μετά το τέλος της κατεργασίας της κάμψης και ενώ το έμβολο βρίσκεται στο κάτω νεκρό σημείο, οι κεκλιμένες επιφάνειες πιέζουν τις κινητές σιαγόνες και τις αναγκάζουν να κινηθούν προς τα έξω. Καθώς το έμβολο κινείται προς τα πάνω, οι κινητές σιαγόνες επανέρχονται στην αρχική τους θέση, το αντικείμενο ελευθερώνεται από το έμβολο και εξέρχεται από τη μήτρα με την επίδραση του εξολκέα.



Σχήμα 3.2.2.5.3: Κάμψη τύπου U σε εργαλείο με κινητές σιαγόνες στο έμβολο.

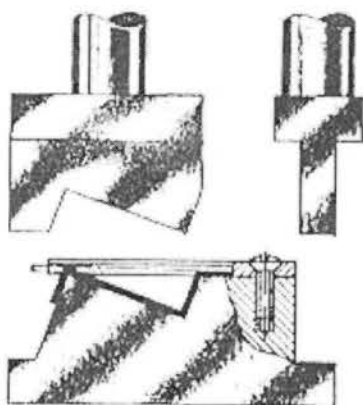
Αν η απαίτησή μας για ακρίβεια αφορά τις εσωτερικές διαστάσεις τότε οι κινητές σιαγόνες και οι κεκλιμένες επιφάνειες τοποθετούνται στην καμπτική μήτρα (σχ.3.2.2.5.4). Η λειτουργία του εργαλείου σ' αυτή την περίπτωση είναι η ίδια με την προηγούμενη με τη διαφορά της ύπαρξης δυο ελατηρίων που πιέζουν τις κινητές σιαγόνες προς τα πάνω. Αμέσως μετά το τέλος της κάμψης οι κινητές σιαγόνες πιέζονται από το έμβολο προς τα κάτω και τα ελατήρια συμπιέζονται. Κατά την κίνηση αυτή οι σιαγόνες ολισθαίνουν πάνω στις κεκλιμένες επιφάνειες και κινούνται προς τα μέσα συμπιέζοντας την εξωτερική επιφάνεια του αντικειμένου. Όταν το έμβολο αρχίζει να ανεβαίνει τα συμπιεσμένα ελατήρια επανέρχονται ωθώντας τις σιαγόνες προς τα πάνω. Έτσι απελευθερώνεται το αντικείμενο και μπορεί να εξέλθει από τη καμπτική μήτρα.



Σχήμα 3.2.2.5.4: Εργαλείο κάμψης τύπου U με κινητές σιαγόνες στην μήτρα.

♦ Κάμψη κατά διπλή γωνία Z

Αυτός ο τρόπος κάμψης χρησιμοποιείται για να κατασκευάσουμε δυο γωνίες εκατέρωθεν του ελάσματος, όταν πρόκειται να κατασκευαστεί μεγάλος αριθμός τεμαχίων (σχ. 3.2.2.5.5). Ουσιαστικά πρόκειται για έναν τρόπο αύξησης του ρυθμού παραγωγής τεμαχίων, αφού αν διαμορφώναμε τον ίδιο αριθμό ελασμάτων με ένα εργαλείο τύπου V, θα ήταν αναγκαίες διπλάσιες κινήσεις της πρέσας συν τον ενδιάμεσο χρόνο για την μετακίνηση και επανατοποθέτηση του αντικειμένου.



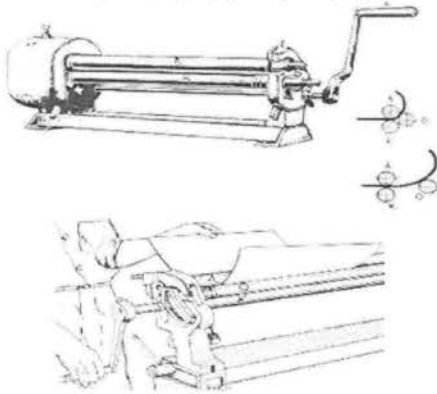
Σχήμα 3.2.2.5.5: Κάμψη τύπου Z.

Στην πορεία της κίνησης προς τα κάτω το έμβολο πρέπει σε κάποιο στάδιο να έρθει πρώτα σε ταυτόχρονη επαφή με δύο σημεία στο πάνω μέρος του ελάσματος ώστε να αποκλειστεί το ενδεχόμενο μετακίνησης του ελάσματος στην καμπτική πλάκα. Στη συνέχεια πρέπει να πιέσει το έλασμα μέσα στην μήτρα ώστε να πάρει τη μορφή που επιθυμούμε.

### 3.2.2.6. ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΗ ΚΑΜΨΗ

Λέγοντας κυλινδρική κάμψη εννοούμε την κατεργασία κατά την οποία ένα ευθύγραμμο έλασμα το διαμορφώνουμε σε κυλινδρικό. Η κυλινδρική μορφή μπορεί να δοθεί σε όλο το μήκος του ελάσματος π.χ. κατασκευή σωλήνα, ή σε ένα μόνο μέρος του ελάσματος π.χ. ενίσχυση των άκρων ενός δοχείου.

Η κάμψη υπό μορφή κυλίνδρου γίνεται χειροκίνητα ή με τη χρήση μηχανημάτων. Τα εργαλεία που χρησιμοποιούμε για χειροκίνητη διαμόρφωση είναι αμόνι, μέγγενη, σφυρί, κυλίνδρους κάμψης, κορδονιέρα. Με τα εργαλεία αυτά μπορούμε να διαμορφώσουμε ελάσματα σε κυλινδρική μορφή, να κατασκευάσουμε ενισχύσεις στα χείλη ενός κυαθίου κ.λ.π.



Στο σχήμα 3.2.2.6.1 βλέπουμε τους κυλίνδρους κάμψης. Είναι ένα χειροκίνητο μηχάνημα το οποίο αποτελείται από τρεις χαλύβδινους κυλίνδρους από τους οποίους οι δύο βρίσκονται τοποθετημένοι στο μπροστινό μέρος του εργαλείου και ο ένας

στο πίσω. Οι μπροστινοί κύλινδροι περιστρέφονται με τον χειρομοχλό και αναγκάζουν το έλασμα να μετακινηθεί προς τον πίσω κύλινδρο ο οποίος γυρίζει ελεύθερα και ονομάζεται κύλινδρος κάμψης. Όταν το έλασμα ακουμπήσει σ' αυτόν τον κύλινδρο αναγκάζεται να λυγίσει και να τυλιχθεί γύρω από τον μπροστινό κύλινδρο.

Η διάμετρος του κυλίνδρου που θα προκύψει από μια τέτοια διαμόρφωση εξαρτάται από την απόσταση μεταξύ του κυλίνδρου κάμψης και των μπροστινών κυλίνδρων του μηχανήματος. Όσο μεγαλώνει η απόσταση αυτή τόσο μεγαλώνει και η διάμετρος του κυλίνδρου που θα κατασκευάσουμε.

Στο σχήμα 3.2.2.6.2 φαίνεται η κατεργασία διαμόρφωσης ενισχύσεων στα χείλη ενός δοχείου. Το εργαλείο το οποίο χρησιμοποιούμε ονομάζεται κορδονιέρα και αποτελείται από δυο άξονες που περιστρέφονται ο ένας αντίθετα από τον άλλο. Η περιστροφή γίνεται με τον χειροστρόφαλο που στρέφει τον ένα άξονα ο οποίος με τη βοήθεια γραναζιών περιστρέφει τον άλλο. Στα ελεύθερα άκρα των δυο αυτών αξόνων τοποθετούνται κατάλληλα διαμορφωτικά εργαλεία (ράουλα), ανάμεσα στα οποία

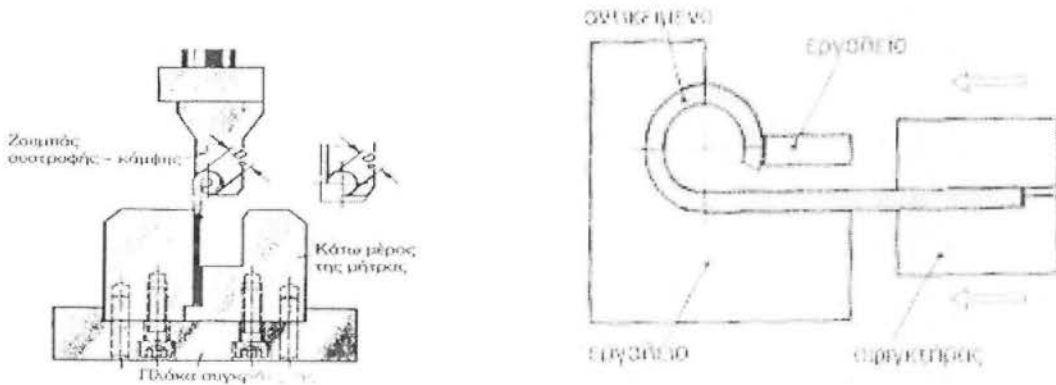


Σχήμα 3.2.2.6.1: Κύλινδροι κάμψης.

Σχήμα 3.2.2.6.2: Κάμψη με κορδονιέρα.

συμπιέζεται το μεταλλικό φύλο και με την περιστροφή τους διαμορφώνεται.

Κυλινδρική κάμψη μπορούμε να επιτύχουμε και με καμπτικά εργαλεία εμβόλου – μήτρας. Ένα είδος κάμψης που εκτελούνται σε μήτρες συστροφής – κάμψης είναι η συστροφή των άκρων ενός επίπεδου ελάσματος π.χ. μεντεσέδες για πόρτες και παράθυρα (σχ.3.2.2.6.3 και 3.2.2.6.4).

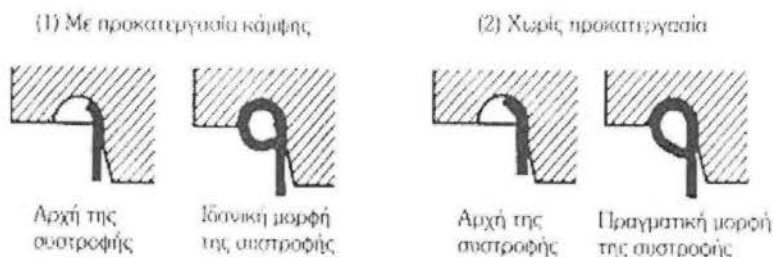


Σχήμα 3.2.2.6.4: Οριζόντια τοποθετημένο εργαλείο συστροφής κάμψης.

Σχήμα 3.2.2.6.3: Εργαλείο συστροφής κάμψης.

Το έλασμα τοποθετείται στην πλάκα συγκράτησης και με την κίνηση του ειδικά διαμορφωμένου εμβόλου παίρνει το επιθυμητό σχήμα. Το διαμορφωμένο έλασμα παρασύρεται προς τα πάνω και βγαίνει από το εργαλείο, όταν το έμβολο επιστρέφει στην αρχική του θέση. Για να μειωθούν οι τριβές μεταξύ του καμπτικού εμβόλου και του αντικειμένου, το έμβολο υποβάλλεται σε θερμική επεξεργασία ολικής σκλήρυνσης και στο σημείο που γίνεται η συστροφή σε κατεργασίες λείανσης και στίλβωσης.

Για να διευκολυνθεί η παραπάνω διαδικασία και η μορφή του



Σχήμα 3.2.2.6.5: Μορφή της κύρτωσης ανάλογα με την ύπαρξη ή όχι προεργασίας στα άκρα του ελάσματος.

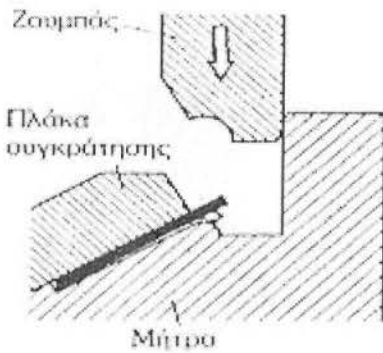
αντικειμένου να είναι αυτή ακριβώς που θέλουμε, πρέπει τα άκρα του ελάσματος να υποβληθούν προηγουμένως σε προεργασία κάμψης (σχ. 3.2.2.6.5.). Η προεργασία αυτή μπορεί να γίνει ταυτόχρονα με την αποκοπή του





ελάσματος από τη λωρίδα ή μετά την αποκοπή σε άλλο εργαλείο.

Στο σχήμα 3.2.2.6.6 παριστάνεται η ταυτόχρονη προεργασία κάμψης και αποκοπής σε ένα κοπτικό εργαλείο. Παρατηρούμε ότι το κοπτικό έμβολο είναι κατάλληλα διαμορφωμένο ώστε αποκόπτοντας το έλασμα να έχει δημιουργηθεί σε αυτό ένα μικρό λύγισμα στη μια του πλευρά. Η ακτίνα καμπυλότητας του εμβόλου θα πρέπει να είναι ίση με το μισό της εσωτερικής διαμέτρου της συστροφής.



ελάσματος.

Σχήμα 3.2.2.6.7.: Προεργασία κάμψης στα άκρα ελάσματος.

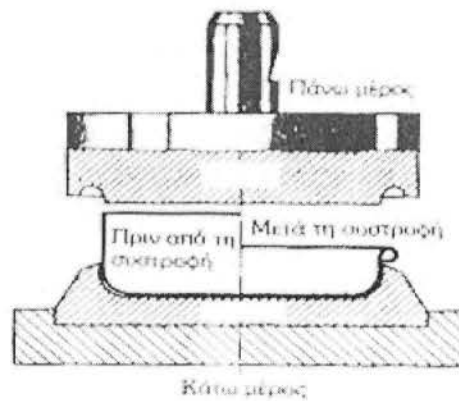
κουαθίου γίνεται με το εργαλείο του σχήματος 3.2.2.6.8. Με την πίεση ασκεί το έμβολο στο του κουαθίου προκαλείται αρχή το τσάκισμα του και στη συνέχεια η συστροφή του. Σε τέτοιες περιπτώσεις κατεργασίας αντικείμενο πρέπει να εφαρμόζει με ακρίβεια στο μέρος της μήτρας και να προεξέχει από αυτή λίγο περισσότερο από το μήκος της περιφέρειας του ενισχυτικού γύρου. Αυτό είναι πολύ σημαντικό γιατί εάν το αντικείμενο προεξέχει πολύ περισσότερο προς τα πάνω το αντικείμενο θα καταστραφεί αφού θα σχηματιστεί πρώτα ο ενισχυτικός γύρος και στη συνέχεια το στόμιο θα τσακιστεί ξανά χάνοντας το σχήμα του.

Οι επιφάνειες του εμβόλου που έρχονται σε επαφή με την εσωτερική επιφάνεια του κουαθίου κατασκευάζονται με λοξότμηση 30° ώστε με την κάθοδο του εμβόλου να κεντράρεται το αντικείμενο μέσα στη μήτρα. Τα σημεία όπου γίνεται

Στην περίπτωση που η  
Σχήμα 3.2.2.6.6.: Ταυτόχρονη αποκοπή και προεργασία κάμψης.

προεργασία κάμψης θα γίνει μετά την αποκοπή του ελάσματος, χρησιμοποιούμε το εργαλείο του σχήματος 3.2.2.6.7. Στο οποίο τοποθετούμε το έλασμα στον συγκρατητή και στη συνέχεια το κατάλληλα κατασκευασμένο έμβολο κατεβαίνει και διαμορφώνει το άκρο του

Η δημιουργία ενισχύσεων στα άκρα



Σχήμα 3.2.2.6.8: Δημιουργία ενισχυτικού γύρου στα γείλη κουαθίου.

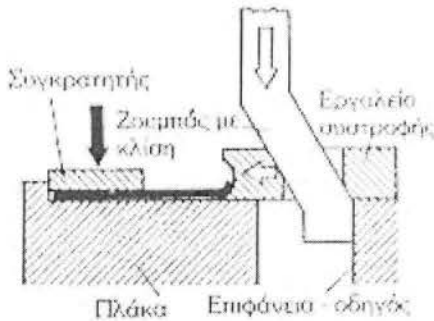
που  
στόμιο  
στην  
στομίου

το

κάτω

η συστροφή του αντικειμένου πρέπει να υποβάλλονται σε κατεργασίες λείανσης και στίλβωσης ώστε να μειώνονται στο ελάχιστο οι τριβές. Σε αρκετές περιπτώσεις που το ύψος των κυαθίων είναι μεγάλο είναι απαραίτητο να υπάρχει στο εργαλείο κατάλληλος εξολκέας ο οποίος μετά το τέλος της κατεργασίας θα απομακρύνει το αντικείμενο από τη μήτρα.

Η συστροφή αντικειμένων σε εργαλεία διαδοχικής σειράς



Σχήμα 3.2.2.6.9: Εργαλείο διαδοχικής σειράς κατεργασιών.

κατεργασιών επιτυγχάνεται σε δυο στάδια. Στο πρώτο στάδιο γίνεται η προεργασία κάμψης και στο δεύτερο η συστροφή. Η κίνηση του εργαλείου συστροφής που σε αυτές τις μήτρες βρίσκεται σε οριζόντια θέση επιτυγχάνεται με κατάλληλο έμβολο που έχει κάποια κλίση (σχ.3.2.2.6.9).

Η χρήση αυτού του είδους του εργαλείου επιβάλλεται γιατί πρέπει κατά την επιστροφή του εμβόλου το

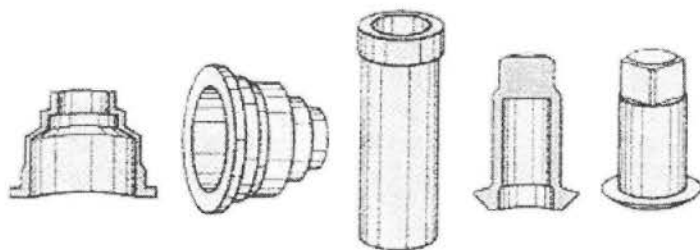
έλασμα να μην παρασύρεται προς τα πάνω, αφού μετά το τέλος της κατεργασίας συστροφής το έλασμα θα προωθηθεί για το επόμενο στάδιο κατεργασίας.

### 3.2.3.ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΕΛΑΣΗ -ΦΙΛΑΡΙΣΜΑ

Στην εξέλαση – φιλάρισμα το αρχικό υλικό υπό μορφή δίσκων και με τη βοήθεια ενός εμβόλου και μιας μήτρας διαμορφώνεται με μια φάση κατεργασίας σε συμπαγές ή κοίλο τεμάχιο. Η κατεργασία γίνεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και τα υλικά που χρησιμοποιούνται πρέπει να παρουσιάζουν υψηλό βαθμό πλαστικότητας στη θερμοκρασία αυτή. Το υλικό υποχρεώνεται να περάσει από το διάκενο μεταξύ εμβόλου και μήτρας, ενώ έχουμε υπερβεί το όριο διαρροής του.

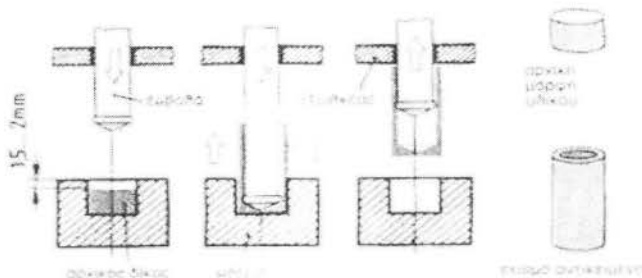
Αυτή η διαδικασία διαμόρφωσης χρησιμοποιείται για την παραγωγή σωληναρίων για συσκευασία διαφόρων προϊόντων (οδοντόπαστες, κρέμες κάθε είδους, τρόφιμα σε μορφή πάστας, φαρμακευτικά προϊόντα κ.α.). Τέτοια μεταλλικά υλικά είναι ο μολυβδος, ο κασίτερος, ο ψευδάργυρος, ο χαλκός, το καθαρό αλουμίνιο και τα κράματά του, ο μαλακός ορείχαλκος και οι χάλυβες με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα. Το αλουμίνιο και τα κράματά του είναι ιδιαιτέρως κατάλληλα για εξέλαση και μας δίνουν τη δυνατότητα να κατασκευάσουμε περίπλοκα αντικείμενα όπως εξαρτήματα

ραδιοφώνων, κυάθια κάθε είδους έμβολα αυτοκινήτων κ.α. Ο μόλυβδος, ο χαλκός και ο κασσίτερος, υπόκεινται σε εξέλαση για την κατασκευή σωλήνων. Ο ψευδάργυρος χρησιμοποιείται για την κατασκευή στεγνών μπαταριών (στήλες). Οι χάλυβες με μικρή περιεκτικότητα σε άνθρακα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή με εξέλαση προσχεδίων γραναζιών, πλημνών τροχών, γραναζιών κούφιων κ.α.(σχ. 3.2.3.1).



Σχήμα 3.2.3.1: Αντικείμενα που έχουν κατασκευαστεί με εξέλαση.

Κατά την κατεργασία εξέλασης - φιλαρίσματος ένας επίπεδος δίσκος υλικού τοποθετείται μέσα στο κοίλωμα της μήτρας. Επειδή το υλικό δεν μπορεί να παρακάμψει την πίεση του κατερχόμενου εμβόλου αναγκάζεται να κινηθεί μεταξύ του διακένου του εμβόλου και της μήτρας (αντίρροπη εξέλαση) ή μεταξύ του εμβόλου και του



Σχήμα 3.2.3.2: Αρχή λειτουργίας αντίρροπης εξέλασης.

σχήμα 3.2.3.2 φαίνεται ο τρόπος κατασκευής ενός αντικειμένου με αντίρροπη εξέλαση.

να παρακάμψει την πίεση του κατερχόμενου εμβόλου αναγκάζεται να κινηθεί μεταξύ του διακένου του εμβόλου και της μήτρας (αντίρροπη εξέλαση) ή μεταξύ του εμβόλου και του δακτυλίου εξέλασης (ομόρροπη εξέλαση). Στο

Οι διατομές που μπορούμε να επιτύχουμε με την εξέλαση μπορούν να είναι στρογγυλές, τετραγωνικές, ορθογώνιες, ανάλογα με τη διατομή του εμβόλου εξέλασης. Το μήκος των αντικειμένων που παράγονται με διαδικασία εξέλασης προκειμένου για κυλινδρικά τεμάχια από υλικό μεγάλης ειδικής επιμήκυνσης μπορεί να φτάσει το εξαπλάσιο της διαμέτρου του αρχικού δίσκου και το πάχος των τοιχωμάτων των αντικειμένων μπορεί να κυμανθεί από 0,1 ~ 1,5mm. Ενώ στην βαθεία κοίλανση η κατασκευή ενός αντικειμένου με τέτοιο μήκος θα χρειαζόταν περισσότερες φάσεις κατεργασίας, με την εξέλαση μπορούμε να το κατασκευάσουμε με μία μόνο φάση άρα οικονομικότερα.

Είναι ιδανική μορφή κατεργασίας για την κατασκευή αντικειμένων κυλινδρικού σχήματος των οποίων τα τοιχώματα πρέπει να είναι λεπτότερα από την βάση τους, ή εάν επιθυμούμε τα τοιχώματα του αντικειμένου να έχουν αυλακώσεις ή νευρώσεις.

Σαν μέτρο για την πραγματοποιούμενη διαμόρφωση λαμβάνεται ο λόγος της νέας διατομής προς την αρχική διατομή, καθώς και ο λόγος του νέου πάχους του τοιχώματος προς το αρχικό πάχος του υλικού. Για

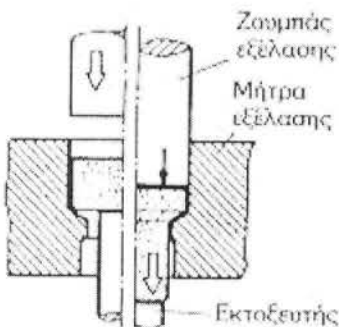
καθαρό αλουμίνιο πραγματοποιούνται μεταβολές στη διατομή έως και 99%.

### 3.2.3.1 ΤΡΟΠΟΙ ΕΞΕΛΑΣΗΣ - ΦΙΛΑΡΙΣΜΑΤΟΣ

Όπως αναφέραμε και παραπάνω η εξέλαση πραγματοποιείται με την πίεση που ασκεί το κατερχόμενο με μεγάλη ταχύτητα έμβολο σε ένα τεμάχιο υλικού που βρίσκεται τοποθετημένο μέσα σε μια μήτρα. Η σχέση μεταξύ της διεύθυνσης της κίνησης του εμβόλου και της διεύθυνσης της ροής του υλικού καθώς και το είδος του αντικειμένου που πρόκειται να παραχθεί (αν είναι συμπαγές ή κοίλο), καθορίζουν το χαρακτηρισμό της εξέλασης. Έτσι έχουμε:

- Ομόρροπη εξέλαση συμπαγούς αντικειμένου.

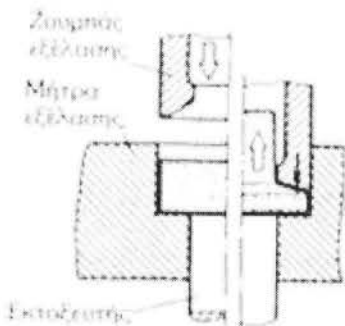
Κατεργασία στην οποία η κίνηση του υλικού έχει την διεύθυνση της κίνησης του εμβόλου (σχ. 3.2.3.1.1).



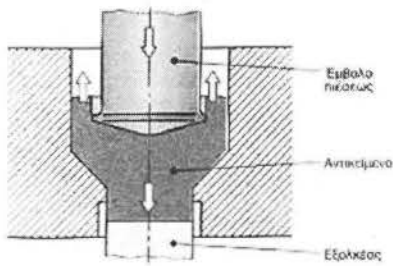
Σχήμα 3.2.3.1.1: Ομόρροπη εξέλαση συμπαγούς αντικειμένου.

- Αντίρροπη εξέλαση συμπαγούς αντικειμένου.

Κατεργασία στην οποία η κίνηση του υλικού έχει την αντίθετη διεύθυνση από την κίνηση του εμβόλου (σχ. 3.2.3.1.2).



Σχήμα 3.2.3.1.2: Αντίρροπη εξέλαση συμπαγούς



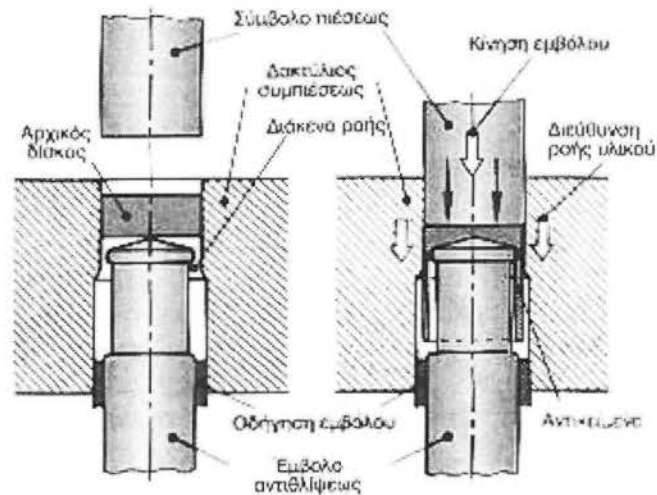
- Συνδυασμός των δύο αυτών μεθόδων.

Σε αυτή την περίπτωση (σχ. 3.2.3.1.3) ένα μέρος του υλικού κινείται στην ίδια διεύθυνση με το έμβολο, ενώ το υπόλοιπο υλικό κινείται

αντίθετα από την κίνηση του εμβόλου.

- ♦ Ομόρροπη εξέλαση κοίλου αντικειμένου με αντίθλιψη.

Σε αυτή τη μέθοδο το εργαλείο αποτελείται από δύο έμβολα. Το ένα ονομάζεται έμβολο εξέλασης και είναι αυτό που πιέζει το υλικό και το άλλο ονομάζεται έμβολο αντίθλιψης, το οποίο αναγκάζει το υλικό να ακολουθήσει την πορεία που



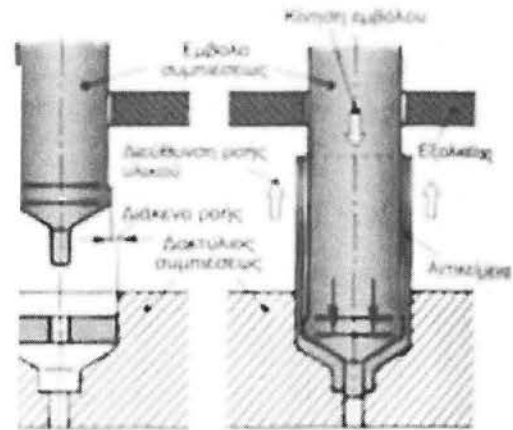
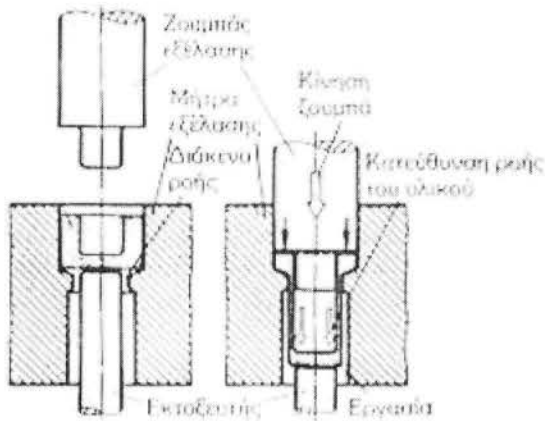
Σχήμα 3.2.3.1.4: Ομόρροπη εξέλαση κοίλου αντικειμένου με αντίθλιψη.

επιθυμούμε και στο τέλος της διαδικασίας παίζει το ρόλο του εξολκέα. Το υλικό κινείται προς τη διεύθυνση κίνησης του εμβόλου και αναγκάζεται να διέλθει μέσα από το διάκενο ροής, που σχηματίζεται είτε με διαμόρφωση του εμβόλου και του δακτύλιου εξέλασης, είτε από το έμβολο αντίθλιψης και το δακτύλιο εξέλασης (σχ. 3.2.3.1.4).

- Ομόρροπη εξέλαση κοίλων αντικειμένων χωρίς αντίθλιψη. Όπως δηλώνει και το όνομά της, δεν υπάρχει έμβολο αντίθλιψης, αλλά ένας εξολκέας για να απομακρύνει το αντικείμενο από την μήτρα μετά το τέλος της κατεργασίας. Σε αυτού του είδους την εξέλαση ο αρχικός δίσκος έχει ένα τυφλό κοίλωμα ή μια διαμπερή οπή. Το έμβολο εισέρχεται μέσα στο κοίλωμα αυτό ή την οπή και πιέζει το υλικό να διέλθει από το διάκενο ροής, που σχηματίζεται από το έμβολο εξέλασης και το δακτύλιο της μήτρας. Το υλικό ρέει προς

τη διεύθυνση της κίνησης του εμβόλου και παίρνει το επιθυμητό σχήμα. Αυτός ο τρόπος εξέλασης δεν ενδείκνυται για την κατασκευή αντικειμένων με λεπτά τοιχώματα γιατί αυτά θα παραμορφωθούν κατά την κίνηση του εξολκέα (σχ. 3.2.3.1.5).

**Σχήμα 3.2.3.1.5: Ομόρροπη εξέλαση κοίλου αντικειμένου χωρίς αντίθλιψη.**



**Σχήμα 3.2.3.1.6: Αντίρροπη εξέλαση κοίλου αντικειμένου.**

- ◆
- ◆ Αντίρροπη εξέλαση κοίλων τεμαχίων.

Στη μέθοδο αυτή το υλικό κινείται αντίθετα από το έμβολο και παίρνει το κατάλληλο σχήμα περνώντας από το διάκενο ροής, που σχηματίζεται μεταξύ του εμβόλου εξέλασης και του δακτυλίου συμπίεσης. Ο αρχικός δίσκος μπορεί να είναι πλήρης ή με οπή και πρέπει να έχει το εξωτερικό σχήμα των έτοιμων τεμαχίων (σχ. 3.2.3.1.6).

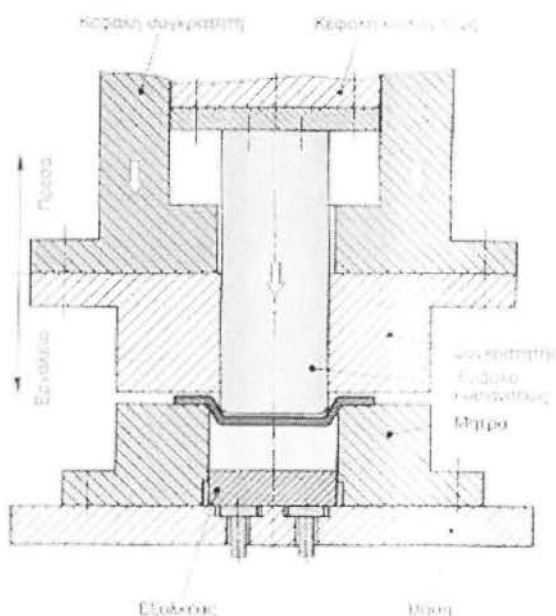
Πολύ σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία της εξέλασης είναι η σωστή λίπανση του προς διαμόρφωση υλικού ώστε να αποφευχθούν μεγάλες φθορές στο εργαλείο. Κατά την επεξεργασία μη σιδηρούχων μετάλλων δε χρειάζεται γενικά λίπανση γιατί αυτά τα υλικά είναι αυτολιπανόμενα. Κατά την επεξεργασία χάλυβα είναι απαραίτητη μια σιβάδα διαχωρισμού και λίπανσης. Αυτό επιτυγχάνεται με φωσφάτωση του ακατέργαστου χάλυβα ή με χρήση λιπαντικών ( μίγμα από λάδι γογγυλιών, ρετσινόλαδο και ταλκ, ορυκτέλαια κ.α.).

#### 4. ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΒΑΘΕΙΑΣ ΚΟΙΛΑΝΣΗΣ

Τα εργαλεία βαθείας κοίλανσης όπως έχει ήδη αναφερθεί αποτελούνται από το έμβολο, τη μήτρα, τον συγκρατητή και από εξολκέα αν είναι απαραίτητος.

Το σύστημα εμβόλου – μήτρας (καλούπι) κατασκευάζεται ειδικά για κάθε σειρά αντικειμένων η δε κατασκευή του απαιτεί υψηλή ειδίκευση, πείρα και υποδομή. Για την κατασκευή ενός εργαλείου θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψιν οι ιδιότητες του υλικού που θα διαμορφωθεί, το πάχος του, ο αριθμός των τεμαχίων που θα παραχθούν και η πρέσα η οποία θα χρησιμοποιηθεί. Είναι προφανές ότι για ένα εργαλείο που το κόστος κατασκευής είναι αρκετά μεγάλο δεν επιτρέπονται πειραματισμοί και για το λόγο αυτό ο υπολογισμός της όλης διαδικασίας μειώνει αποφασιστικά τη δαπάνη κατασκευής.

Η δομή των εργαλείων βαθείας κοίλανσης εξαρτάται από τον τύπο της πρέσας τον οποίο θα χρησιμοποιήσουμε. Έτσι τα εργαλεία για πρέσες διπλής ενέργειας διαφέρουν από αυτά των συνηθών πρεσών έκκεντρου ή στοφάλου, κυρίως στη θέση που βρίσκεται τοποθετημένος ο συγκρατητής. Στο σχήμα 4.1 βλέπουμε ένα εργαλείο βαθείας κοίλανσης για πρέσα διπλής ενέργειας. Σ' αυτό το εργαλείο ο συγκρατητής στερεώνεται σε δική του κεφαλή ώσεως, ενώ το έμβολο στηρίζεται σε άλλη κεφαλή, η οποία οδηγείται από την κεφαλή του συγκρατητή.



Σχήμα 4.1: Εργαλείο βαθείας κοίλανσης για πρέσα διπλής ενέργειας.

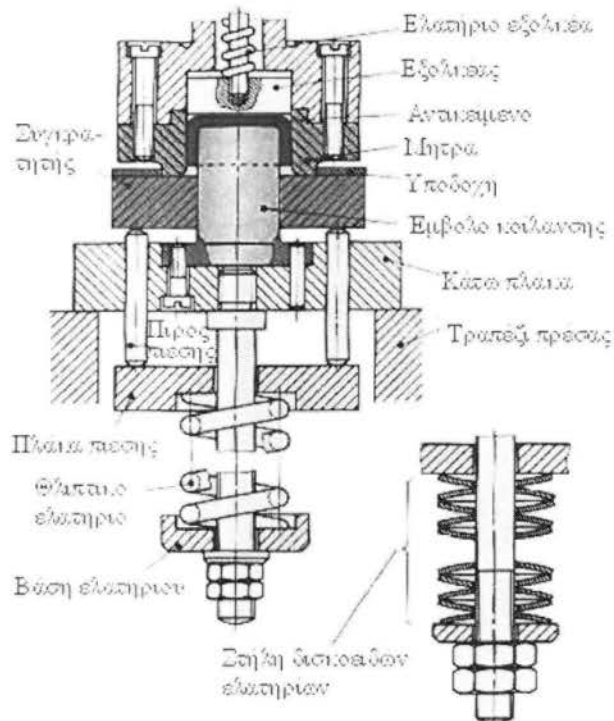
Αρχικά και οι δύο κεφαλές της πρέσας πιέζουν το έμβολο και τον συγκρατητή αναγκάζοντάς τα, να κινηθούν προς τα κάτω. Έτσι ο συγκρατητής πιέζει το έλασμα που βρίσκεται τοποθετημένο στην κατάλληλη υποδοχή, ενώ το έμβολο κοίλανσης κατέρχεται περισσότερο και αρχίζει να παρασύρει το έλασμα εντός της μήτρας. Κατά τη διάρκεια της κοίλανσης η πίεση που ασκεί ο

συγκρατητής στο έλασμα πρέπει να παραμένει σταθερή. Όμως επειδή η φλάντζα του ελάσματος μεταξύ συγκρατητή και μήτρας γίνεται ολοένα και μικρότερη και το έλασμα λόγω της συμπίεσης του παχύτερο, η πίεση του συγκρατητή πρέπει να μειωθεί προς το τέλος της κοίλανσης. Η ανύψωση του συγκρατητή στις υδραυλικές πρέσες επιτυγχάνεται μεταβάλλοντας την πίεση του λαδιού ενώ στις μηχανικές πρέσες γίνεται με κατάλληλο έκκεντρο δίσκο ο οποίος ελέγχει την κίνηση της κεφαλής του συγκρατητή.

Στα εργαλεία κοιλάνσεως για πρέσες έκκεντρου ή στροφάλου τοποθετούνται ελατήρια τα οποία πιέζουν το συγκρατητή επάνω στο έλασμα. Επειδή η δύναμη που ασκούν τα ελατήρια γίνεται συνεχώς μεγαλύτερη και ταυτόχρονα συμβαίνουν τα φαινόμενα που αναφέραμε παραπάνω σχετικά με το πάχος του ελάσματος μεταξύ μήτρας και συγκρατητή, αυτός ο τρόπος συγκράτησης του ελάσματος είναι αναποτελεσματικός.

Για το λόγο αυτό επειδή στο άνω μέρος του εργαλείου δεν υπάρχει αρκετός χώρος, το έμβολο και ο συγκρατητής τοποθετούνται στο κάτω μέρος του εργαλείου και κάτω από το τραπέζι της πρέσας στερεώνεται ένα μακρύ ελατήριο για τον συγκρατητή (σχ.4.2).

Σε πολλές πρέσες υπάρχει μια συσκευή πίεσεως ελατηρίου, με ρυθμιζόμενο κεντρικό ελατήριο, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλα τα εργαλεία. Για το σκοπό αυτό καταλληλότερα είναι τα δισκοειδή ελατήρια, με τη χρησιμοποίησή τους μπορεί να ρυθμιστεί με ακρίβεια η δύναμη του συγκρατητή.

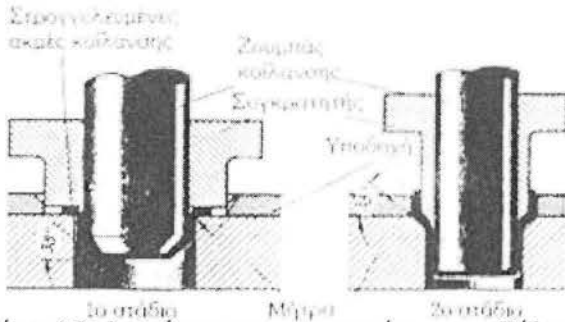


Σχήμα 4.2: Εργαλείο βαθείας κοίλανσης για πρέσα απλής ενέργειας.

Τα εργαλεία βαθείας κοίλανσης κατασκευάζονται με μηχανικές κατεργασίες βαθμιαίας αφαίρεσης υλικού π.χ. τόννευση, φρεζάρισμα, λείανση, πλάνισμα κ.α., από σκληρά μέταλλα (σκληρότητα περίπου 61~64 HRC) όπως π.χ. C100W1, 90Cr3, 90MnV8 κ.α. Τα ανοίγματα της μήτρας τα στρογγυλέματα στις ακμές της μήτρας, του συγκρατητή και του εμβόλου πρέπει να έχουν στιλβωθεί. Επίσης ειδικά τα



στρογγυλέματα του εμβόλου κοίλανσης στις ανακοιλάνσεις κατασκευάζονται λοξοτμημένα υπό γωνία 38° για την διαμόρφωση του ελάσματος στις πρώτες φάσεις της κατεργασίας (σχ.4.3). Οι ακμές της λοξότμησης πρέπει και στην περίπτωση αυτή να στρογγυλεύονται.

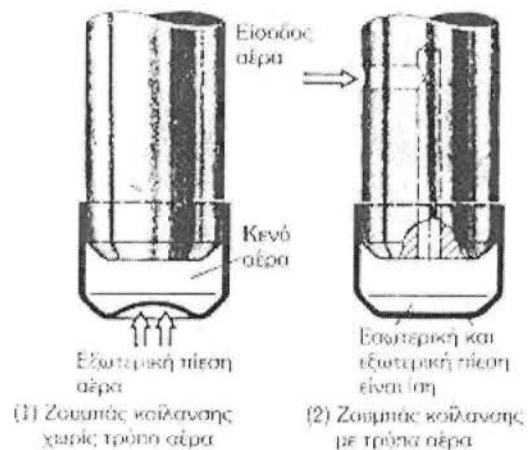


Σχήμα 4.3: Διαμόρφωση των ακμών του εμβόλου για τα αρχικά στάδια της κοίλανσης.

Σχήμα 4.4: Ειδικά διαμορφωμένο έμβολο για την αποφυγή παραμόρφωσης στον πάτο του κυαθίου.

Κατά την κίνηση του εμβόλου κοίλανσης προς τα πάνω δημιουργείται μέσα στο διαμορφωμένο κυάθιο κενό αέρα. Το φαινόμενο αυτό στην περίπτωση αντικειμένων με μικρό πάχος και μεγάλη επιφάνειας πάτου, έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία εξογκώματος στην επιφάνεια του δαπέδου (πάτος) του κυαθίου. Το φαινόμενο αυτό αποφεύγεται αν το έμβολο κοίλανσης διαθέτει μια οπή για την έξοδο του αέρα (σχ.4.4).

Υπάρχουν όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενα κεφάλαια και τα σύνθετα εργαλεία κοίλανσης, εργαλεία δηλαδή που εκτελούν περισσότερες από μία κατεργασίες διαμόρφωσης. Το εργαλείο αυτού του σχήματος είναι ένα σύνθετο εργαλείο εκτομής και κοίλανσης, όπου διακρίνεται το έμβολο, η μήτρα, ο συγκρατητής, ο εξολκέας και άλλα μέρη του εργαλείου. Το έλασμα κόβεται από το έμβολο εκτομής στις κατάλληλες διαστάσεις και ταυτόχρονα το ίδιο έμβολο που είναι ειδικά κατασκευασμένο, διαμορφώνει με τη βοήθεια της μήτρας την κοίλη μορφή του αντικειμένου.

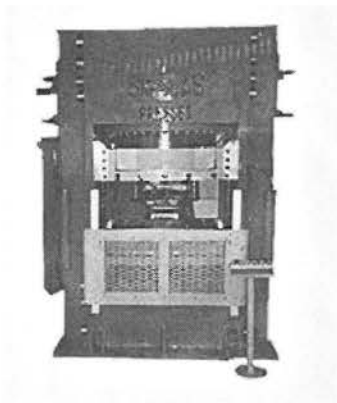


## 5. ΠΡΕΣΕΣ

### 5.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΙΣ ΠΡΕΣΕΣ

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

Οι πρέσες έχουν την ικανότητα να επιτρέπουν την τοποθέτηση πάνω σε αυτές διαφόρων εργαλείων. 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.



Οι πρέσες όπως είπαμε παραπάνω μπορούν να είναι μηχανικές ή υδραυλικές (σχ. 5.1.1). 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:

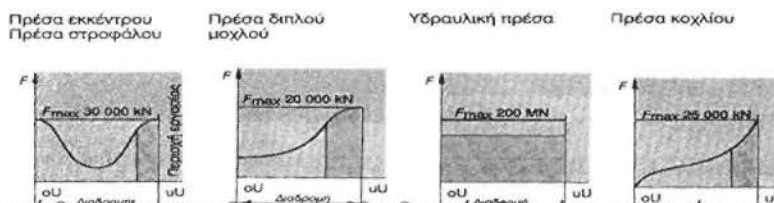
Σχήμα 5.1.1: Υδραυλική πρέσα.

- ◆ 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.

## 5.2 ΕΙΔΗ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΗ ΠΡΕΣΩΝ

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.



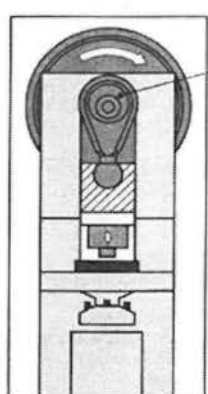
Σχήμα 5.2.1: Τυπικά διαγράμματα δύναμης - διαδρομής διαφόρων πρεσών.

Στο σχήμα 5.2.1 παρουσιάζονται τα διαγράμματα δύναμης - διαδρομής της ωστικής κεφαλής, για τα διάφορα τυπικά είδη των πρεσών. Παρατηρώντας το σχήμα βλέπουμε ότι στις πρέσες εκκέντρου 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.

### 5.3 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΠΡΕΣΕΣ

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 εκκέντρου.



Σχήμα 5.3.1: Πρέσα

Στις πρέσες εκκέντρου απλής ενέργειας (σχ.5.3.1), ο άξονας τους κινείται από έναν κινητήρα μέσω σφονδύλου, συμπλέκτη και μιας διάταξης φρένου. Στο κομβίο του εκκεντρου αυτού

Πρέσα στροφάλου



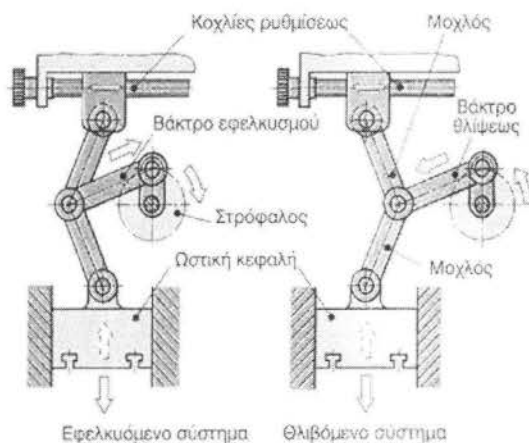
του άξονα βρίσκεται ένας έκκεντρος δακτύλιος, συνδεδεμένος μέσω οδοντωτού δακτυλίου με τον άξονα. Όταν λυθεί ο οδοντωτός δακτύλιος, τότε μπορεί να στραφεί ο έκκεντρος δακτύλιος ανεξάρτητα από τον άξονα. Έτσι μπορεί να μεταβληθεί η διαδρομή της ωστικής κεφαλής της πρέσας. Η παλινδρομική κίνηση της πρέσας μεταφέρεται μέσω διωστήρα μεταβλητού μήκους (παρεμβάλλεται ένας κοχλίας), στην ωστική κεφαλή.

◆ Πρέσες στροφάλου.

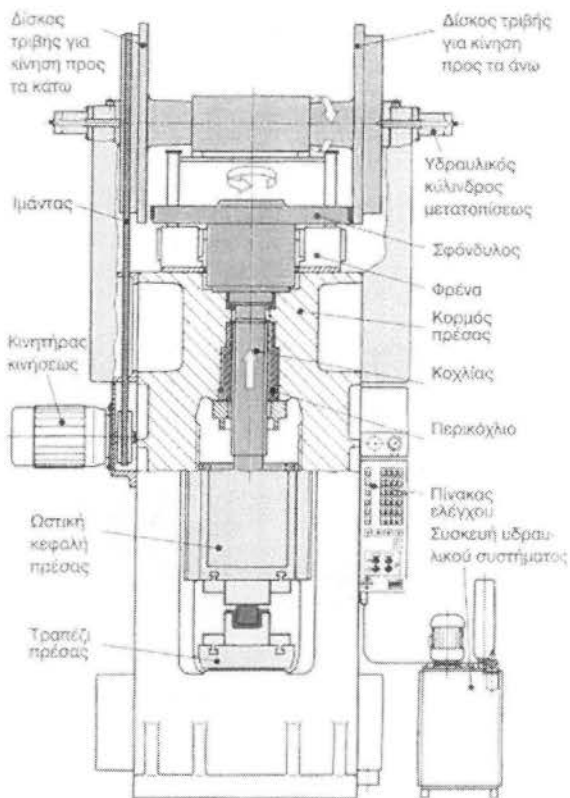
Η κίνηση της ωστικής κεφαλής επιτυγχάνεται με σύστημα διωστήρα στροφάλου. Από τον περιστρεφόμενο στρόφαλο η κίνηση μεταφέρεται στην ωστική κεφαλή μέσω ενός στιβαρού διωστήρα. Εδώ δεν μπορεί να μεταβληθεί η διαδρομή της παλινδρομικής κίνησης, μπορεί όμως να κινηθεί η ωστική κεφαλή μέσω μιας σφαιρικής ατράκτου και έτσι να επιτύχουμε την σωστή τοποθέτηση κάποιου εργαλείου στην πρέσα. **Σχήμα 5.3.2: Πρέσα στροφάλου.** Οι πρέσες στροφάλου μπορούν να ασκήσουν δυνάμεις από 1250 ~ 40000KN.

◆ Πρέσες διπλού μοχλού.

Η περιστροφική κίνηση του στροφάλου μεταφέρεται με μια ελκτική ή θλιπτική ράβδο στους μοχλούς (σχ. 5.3.3). 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 μ' ένα ρυθμιστικό κοχλίας 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 και είναι κατάλληλες για τύπωμα και λεπτή κοπή διότι η δύναμη της πρέσας αυξάνεται με αργό ρυθμό έως τη μέγιστη τιμή της.



**Σχήμα 5.3.3: Σύστημα κίνησης σε πρέσα διπλού μοχλού.**



#### ◆ 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.λ.π. 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) (σχ.5.3.4), 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

Σχήμα 5.3.4: Πρέσα κοχλία.

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 άτρακτος και του σφονδύλου.

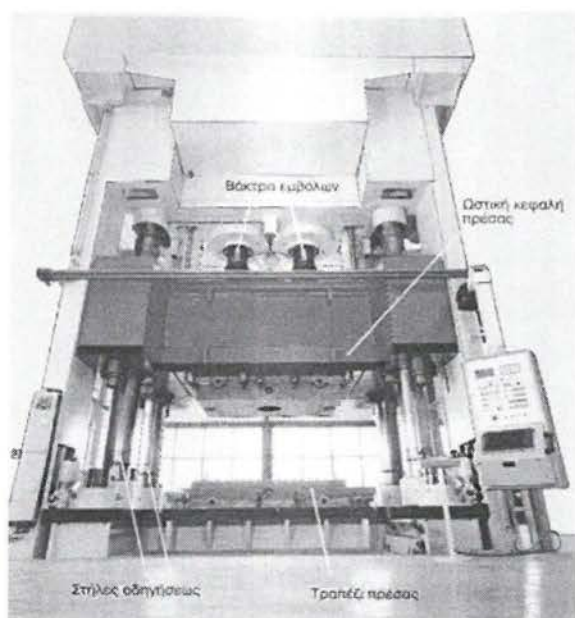
## 5.4 ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΠΡΕΣΕΣ

Οι πρέσες αυτές παίρνουν την δύναμή τους από το συμπιεσμένο λάδι ή τον συμπιεσμένο αέρα 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.

Στις υδραυλικές πρέσες (σχ.5.4.1) 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.

Σχήμα 5.4.1: Υδραυλική πρέσα.



## 5.5 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΡΕΣΩΝ

Οι πρέσες ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας τους χαρακτηρίζονται σαν :

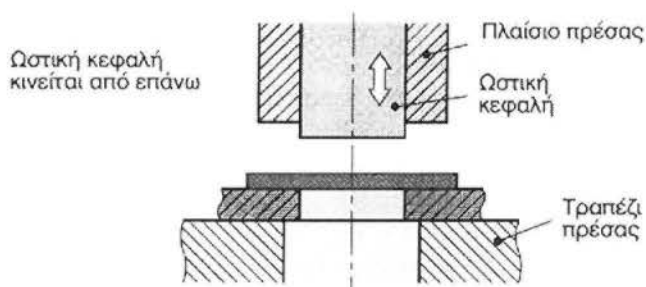
- πρέσες απλής ενέργειας.
- πρέσες διπλής ενεργείας.
- σύνθετης ενέργειας.

Οι διαφορές στον τρόπο λειτουργίας αυτών των πρεσών

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

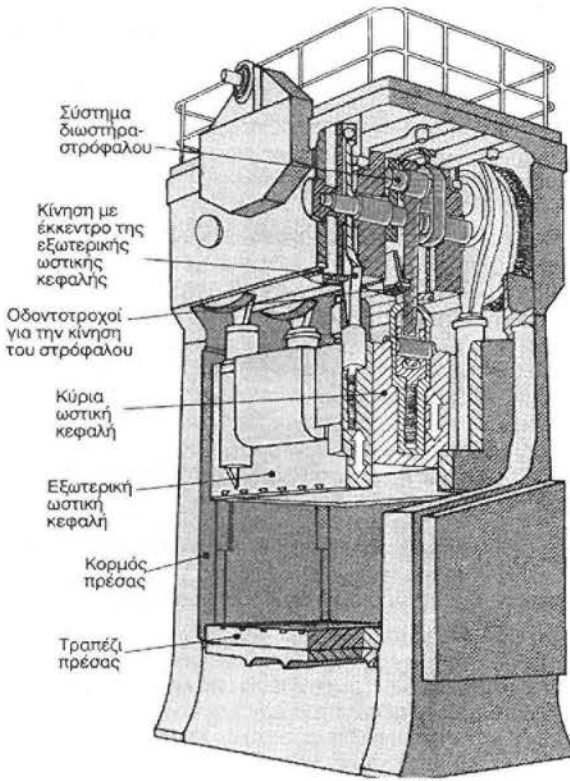
Πρέσες απλής ενέργειας είναι οι πρέσες που διαθέτουν μια ωστική κεφαλή πάνω στην οποία είναι στερεωμένο το έμβολο ή το πάνω μέρος του εργαλείου διαμόρφωσης. Η πρέσες αυτές μπορούν να εκτελέσουν μόνο μία παλινδρομική κίνηση ( σχ. 5.5.1) και για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται συνήθως για την κατασκευή αντικειμένων απλού σχήματος .

Πρέσες διπλής ενέργειας ονομάζονται οι πρέσες που μπορούν να εκτελέσουν δύο κινήσεις ανεξάρτητες μεταξύ τους (σχ. 5.5.2). 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 συγκρατητή, ενώ η εσωτερική που ονομάζεται και κύρια ωστική κεφαλή, φέρει το έμβολο της κοίλανσης.



Σχήμα 5.5.1: Λειτουργία πρέσας απλής ενέργειας.





Σχήμα 5.5.2: Πρέσα διπλής ενέργειας.

υδραυλικούς κυλίνδρους και μεταφέρεται με πίστους στο εργαλείο μέσω κάποιων διαμπερών οπών του τραπεζιού της πρέσας.

Οι πρέσες πολλαπλής ενέργειας μπορούν να εκτελέσουν διαφορετικές κινήσεις των ωστικών κεφαλών ταυτόχρονα ή διαδοχικά (

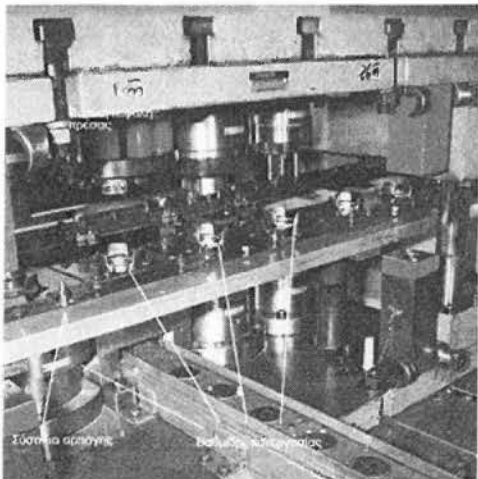


Σχήμα 5.5.3: Λειτουργία πρέσας πολλαπλής ενέργειας.

σχ. 5.5.3). 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 εκκεντρού, 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 εκκεντρων 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.

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 αρπάγες, 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 (αρπάγες), από εργαλείο σε εργαλείο (σχ.5.5.4). Η ωστική κεφαλή της πρέσας φέρει τη διάταξη των εργαλείων και σε κάθε της

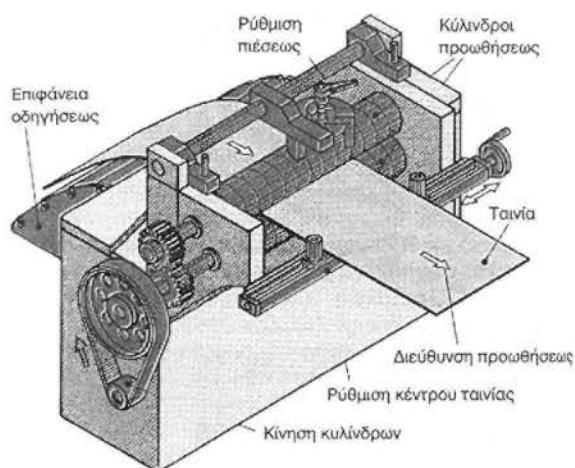
Σχήμα 5.5.4: Βαθμωτή πρέσα.

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.

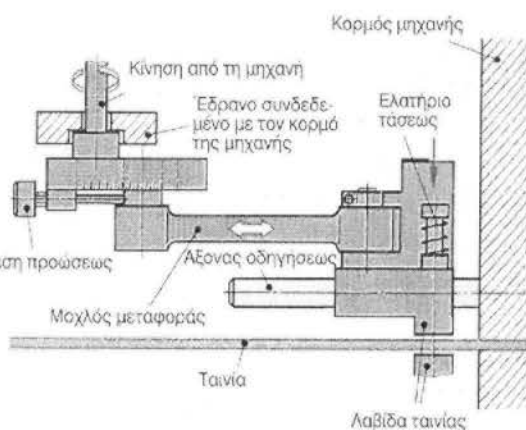
Για την κατασκευή τέτοιων συστημάτων μεταφοράς χρησιμοποιούνται έτοιμα εξαρτήματα. Αυτά είναι προσαρμοσμένα με ακρίβεια στο εκάστοτε προϊόν. Με αυτόν εξοικονομείται χρόνος κατά την προετοιμασία της πρέσας και των εργαλείων μιας κατεργασίας.

## 5.6 ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΣΕ ΠΡΕΣΕΣ

Για την βελτίωση της παραγωγής και την αποφυγή ατυχημάτων, τοποθετούνται στις πρέσες διάφορες βοηθητικές συσκευές. Οι συσκευές αυτές μπορεί να είναι μηχανισμοί προώθησης του υλικού, μηχανισμοί ευθυγράμμισης του τεμαχίου, μηχανισμοί απομάκρυνσης των αποκομμάτων, συσκευές επιτήρησης των εργαλείων, συσκευές ασφαλείας κ.λ.π.



Σχήμα 5.6.1: Προωθητική συσκευή με



Σχήμα 5.6.2: Συσκευή προώθησης με λαβίδες.

1. Μηχανισμοί μεταφοράς και ευθυγράμμισης κατεργαζομένου υλικού.

Η αυτόματη προώθηση του υλικού στην πρέσα επιτυγχάνεται με τη χρήση των συσκευών προώθησης. Η συσκευή αυτές μόλις αρχίσει η άνοδος της ωστικής κεφαλής, προωθούν το υλικό κατά ένα ορισμένο βήμα το οποίο είναι προκαθορισμένο και έχει ρυθμιστεί με ακρίβεια. Η προώθηση γίνεται με κυλίνδρους μεταφοράς (σχ.5.6.1), ή με λαβίδες μεταφοράς που διαθέτει η προωθητική συσκευή (σχ.5.6.2). Η κίνηση των συσκευών προώθησης δίνεται από την πρέσα μέσω ενός άξονα ή από αυτόνομο σύστημα κίνησης που διαθέτει η συσκευή. Αν στο εργαλείο της κατεργασίας έχουν τοποθετηθεί πίροι – πιλότοι,

τότε θα πρέπει να απελευθερώσουν την ταινία κατά τη στιγμή της προώθησης, ώστε αυτή να πάρει τη σωστή θέση μέσα στο εργαλείο από τους πίρους – πιλότους χωρίς τον κίνδυνο ζημιών. Για την επιτήρηση του εντοπισμού του υλικού μπορούν να τοποθετηθούν φωτοκύτταρα. Σε περίπτωση που την διαδικασία της προώθησης την επιτηρούμε με ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου, τότε θα πρέπει να προγραμματιστούν χωριστά οι συσκευές προώθησης.

Οι μηχανισμοί ευθυγράμμισης του τεμαχίου βρίσκονται προς την πλευρά εισόδου της πρέσας και ευθυγραμμίζουν το τεμάχιο καθώς αυτό έρχεται από το σύστημα προώθησης.

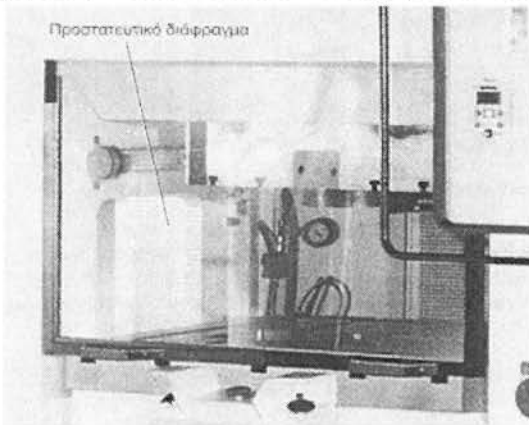
2. Μηχανισμοί ασφαλείας και επιτήρησης.

Για την επιτήρηση του εργαλείου και της μηχανής πρέπει να συγκεντρωθούν στοιχεία από την επιχείρηση ώστε αυτά να αξιολογηθούν. Τα στοιχεία αυτά συλλέγονται με τις συσκευές

συγκέντρωσης στοιχείων που βρίσκονται στις πρέσες είτε κεντρικά, είτε αποκεντρωμένα. Η παραγωγή ελέγχεται σύμφωνα με κριτήρια καθορισμένα εκ των προτέρων. Η επιτήρηση γίνεται με τη βοήθεια αισθητηρίων π.χ. φωτοκύτταρων, οπτικών μετρητών, μηχανικών επαφών, δυναμόμετρων και διατάξεων απαρίθμησης. Όλα αυτά τα εξαρτήματα μπορούν να τοποθετηθούν σε ένα εργαλείο διαμόρφωσης και να μας δώσουν τις πληροφορίες που επιθυμούμε.

Για την αποφυγή ατυχημάτων κατά τη λειτουργία των πρεσών τοποθετούνται σε αυτές διάφορες συσκευές ασφαλείας. Ο ρόλος των συσκευών αυτών είναι να μην επιτρέπουν στην πρέσα να λειτουργεί αν δεν ικανοποιούνται κάποιες προϋποθέσεις π.χ. η ταυτόχρονη πίεση από τον χειριστή δυο διακοπών, η κάθοδος του κλωβού ασφαλείας, η άδεια από το φωτοκύτταρο κ.α.

Κλωβοί προστασίας ή πλέγματα ασφαλείας ή απωθητήρες χεριών είναι κατασκευασμένα από πλαστικό γυαλί ( ακρυλική ύαλο )



και τοποθετούνται με τέτοιο τρόπο πάνω στις πρέσες ώστε η κάθοδος της ωστικής κεφαλής να είναι δυνατή, μόνο αν έχει τοποθετηθεί η προστατευτική διάταξη μπροστά από το εργαλείο (σχ. 5.6.3).

Η λειτουργία με δυο χέρια χρησιμοποιείται συχνά στις μικρές και μεσαίου μεγέθους πρέσες.

Όταν τελειώσουν οι προκαταρκτικές εργασίες π.χ. η τοποθέτηση του τεμαχίου, η προώθηση της ταινίας κ.λ.π., για την κάθοδο της ωστικής κεφαλής πρέπει ο χειριστής να πιέσει ταυτόχρονα δύο μπουτόν (λογική and ), ή να κινήσει δύο μοχλούς. Έτσι εξασφαλίζεται ότι τα χέρια του χειριστή είναι απομακρυσμένα από τα επικίνδυνα σημεία του μηχανήματος.

Τα φωτοκύτταρα μπορούν να καλύψουν τις επικίνδυνες περιοχές της πρέσας, αντί ενός πλέγματος προστασίας. Το σύστημα αποτελείται από μια πηγή ακτινών και από ένα ανακλαστήρα τοποθετημένο απέναντι από την πηγή. Οι ακτίνες που εκπέμπονται από την πηγή ανακλώνται στον ανακλαστήρα και επιστρέφουν στην πηγή. Αν για κάποιο λόγο διακοπεί η φωτεινή δέσμη π.χ. από το χέρι κάποιου χειριστή, τότε το κατερχόμενο έμβολο σταματά με τη βοήθεια μιας ηλε-

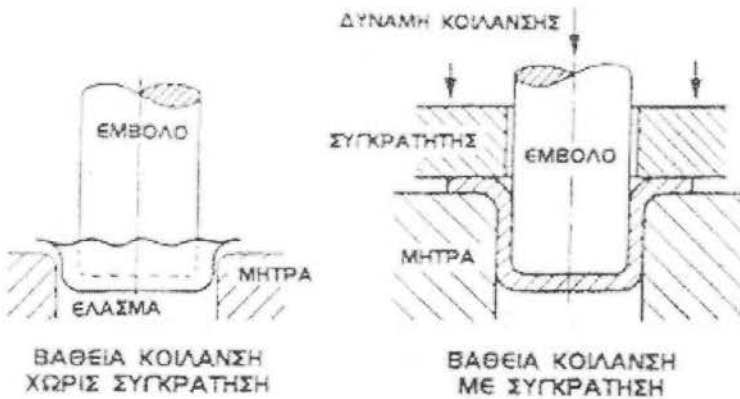
κτρονικής διάταξης. Αυτές οι συσκευές χρησιμοποιούνται συνήθως σε πρέσες που εργάζονται με διαρκή λειτουργία και τις περισσότερες φορές χωρίς συνεχή επιτήρηση.

## 7. ΒΑΘΕΙΑ ΚΟΙΛΑΝΣΗ

### 7.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΒΑΘΕΙΑ ΚΟΙΛΑΝΣΗ

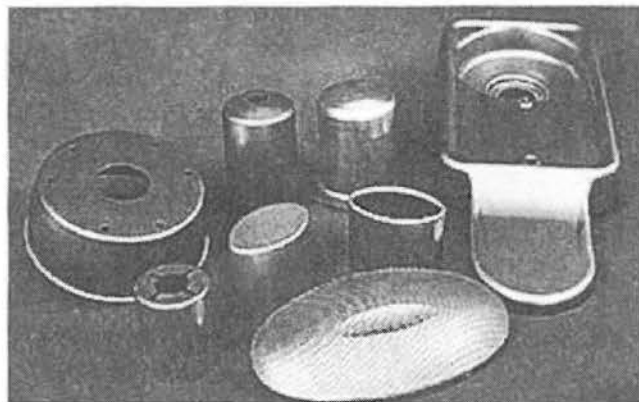
Βαθεία κοίλανση ονομάζουμε την κατεργασία διαμόρφωσης, κατά την οποία ένα επίπεδο έλασμα διαμορφώνεται σε κοίλο με τη βοήθεια ενός εργαλείου που αποτελείται στην απλούστερή του μορφή, από ένα έμβολο και μια μήτρα (σχ.7.1.1). Στις περισσότερες των περιπτώσεων απαιτείται η σωστή συγκράτηση του ελάσματος στο εργαλείο για να μην

Σχήμα 7.1.1: Αρχή λειτουργίας βαθείας κοίλανσης.



δημιουργηθούν στο τελικό αντικείμενο πτυχώσεις, που έχουν σαν συνέπεια την αυξημένη τραχύτητα, τη μειωμένη αντοχή και τη θραύση του. Για το λόγο αυτό στα εργαλεία υπάρχει ο κατάλληλος συγκρατητής ο οποίος κρατάει το έλασμα σταθερό στη σωστή θέση. Το εργαλείο αυτό τοποθετείται σε πρέσα η οποία ασκεί την απαιτούμενη δύναμη ώστε το υλικό να υποστεί πλαστική παραμόρφωση και να πάρει τη μορφή που επιθυμούμε.

Με την κοίλανση μπορούμε να κατασκευάσουμε δοχεία σε διάφορα γεωμετρικά σχήματα τα οποία συναντάμε στην καθημερινή μας ζωή όπως μαγειρικά και οικιακά σκεύη, μεγάλα βαρέλια από αλουμίνιο και ανοξείδωτο χάλυβα για τη βιομηχανία γάλακτος, τη ζυθοποιία κ.α.(σχ. 7.1.2).



Μεταλλικά υλικά που χρησιμοποιούνται για την παραγωγή προϊόντων με κοίλανση εν ψυχρώ είναι ο χαλκός, το αλουμίνιο, ο μαλακός και ο ανοξείδωτος χάλυβας. Στην περίπτωση υλικών που διαμορφώνονται δύσκολα, π.χ. τιτάνιο είναι δυνατόν η

Σχήμα 7.1.2: Σκεύη που έχουν παραχθεί με βαθεία κοίλανση

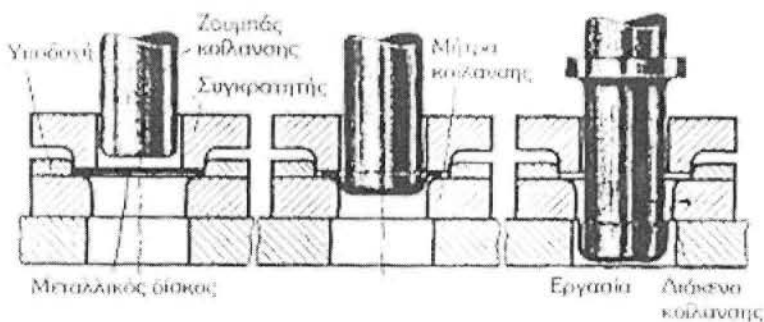
κοίλανση να γίνει εν θερμώ οπότε το υλικό θερμαίνεται τοπικά ή ολόκληρο, ενώ ταυτόχρονα θερμαίνεται και η μήτρα του εργαλείου.

Στην απλούστερή της μορφή η βαθεία κοίλανση συνίσταται στην κατασκευή ενός κυλινδρικού κυαθίου από ένα επίπεδο έλασμα κυκλικής διατομής ( δίσκο ).

Για την επιτυχή κατασκευή ενός αντικειμένου με βαθεία κοίλανση απαιτείται ο ακριβής υπολογισμός της διαμέτρου του αρχικού δίσκου, το σωστό μέγεθος της δύναμης κοίλανσης και της δύναμης συγκράτησης, η χρήση του κατάλληλου λιπαντικού και η ύπαρξη της απαιτούμενης χάρης μεταξύ εμβόλου και μήτρας.

## 7.2. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΟΙΛΑΝΣΗΣ

Το έλασμα που έχει κοπεί στις κατάλληλες διαστάσεις ( διαστάσεις που έχουν υπολογιστεί ), τοποθετείται στην υποδοχή – οδηγό του εργαλείου και κεντράρεται σε σχέση με το έμβολο κοίλανσης. Κατάλληλος συγκρατητής πιέζει το έλασμα μέσα στην υποδοχή. Το έμβολο αρχίζει να κατεβαίνει και πιέζει το υλικό προς τα κάτω. Αρχικά το έλασμα κάμπτεται στα σημεία των στρογγυλεμένων ακμών της μήτρας και στη συνέχεια εφελκύεται προς τα κάτω με



αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα κοίλο δοχείο (σχ.7.2.1).

Το έλασμα μπορούμε να το χωρίσουμε σε τρεις περιοχές ανάλογα με το είδος της καταπόνησης που ασκείται στην καθεμία. Έτσι όπως φαίνεται στο σχήμα 7.2.1 έχουμε την περιοχή X όπου το υλικό βρίσκεται σε επαφή με τη μήτρα. Την κυκλική ζώνη Y η οποία στην αρχή της κατεργασίας δεν βρίσκεται σε επαφή ούτε με το έμβολο ούτε με τη μήτρα και τη κυκλική ζώνη Z που βρίσκεται σε επαφή με το έμβολο.

Στην περιοχή X το υλικό καθώς προχωρεί η διαδικασία κινείται προς την είσοδο του δακτυλίου της μήτρας κάτω από μια εφαρμοζόμενη ακτινική

Σχήμα 7.2.1:

Διαδικασία βαθείας κοίλανσης.

εφελκυστική τάση (συνεχής ολκή). Όταν το υλικό της ζώνης X ολισθαίνει στο καμπύλο τμήμα της μήτρας το πάχος του ελαττώνεται λόγω πλαστικής κάμψης.

Το υλικό στην ζώνη Y υπόκειται σε κάμψη και ολίσθηση πάνω στα στρογγυλεμένα άκρα της μήτρας σε έκταση λόγω εφελκυσμού μεταξύ της μήτρας και του εμβόλου και σε ολίσθηση πάνω στο έμβολο.

Στη ζώνη Z το υλικό υπόκειται σε έκταση και ολίσθηση πάνω στην κεφαλή του εμβόλου.

Το μέγεθος της παραμόρφωσης εξαρτάται από τη γεωμετρία του εμβόλου καθώς και από τις συνθήκες τριβής.

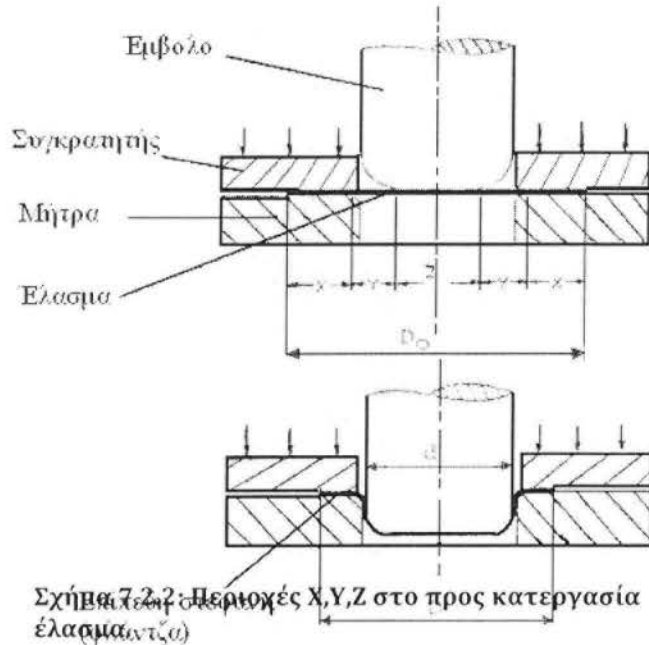
Συνοψίζοντας τα παραπάνω μπορούμε να πούμε ότι κατά την κοίλανση λαμβάνουν χώρα πέντε ειδών καταπονήσεις:

- Ακτινική ολκή μεταξύ της μήτρας και του συγκρατητή.
- Κάμψη και ολίσθηση στα στρογγυλεμένα άκρα της μήτρας.
- Εφελκυσμό μεταξύ της μήτρας και του κυλινδρικού τμήματος του εμβόλου.
- Κάμψη και ολίσθηση στο καμπύλο τμήμα του εμβόλου.
- Έκταση και ολίσθηση επάνω στην κεφαλή του εμβόλου.

Διάφορες περιοχές της ζώνης X υπόκεινται σε μερικές ή όλες τις καταπονήσεις 1,2,3. Περιοχές της ζώνης Y υπόκεινται σε μερικές ή όλες τις καταπονήσεις 2,3,4 και περιοχές της ζώνης Z υπόκεινται σε μερικές ή όλες τις καταπονήσεις 3,4,5.

Μεταξύ των περιοχών που σχετίζονται με την κοίλανση πάνω στην μήτρα και με την έκταση πάνω στο έμβολο υπάρχει μια στενή περιοχή της ζώνης Y που δεν υπόκειται σε πλαστική κάμψη αλλά κυρίως σε απλό εφελκυσμό. Το υλικό λοιπόν σε αυτή τη στενή περιοχή εκτείνεται και λεπταίνει.

Λόγω όλων των παραπάνω καταπονήσεων που δέχεται το υλικό, αρκετές φορές δεν είναι δυνατή η απευθείας παραμόρφωσή του στην τελική του μορφή, αφού το υλικό δεν αντέχει αυτή τη βίαιη αλλαγή της μορφής του και ραγίζει ή σπάει. Σε αυτές τις περιπτώσεις η διαδικασία της κοίλανσης πρέπει να χωριστεί σε επιμέρους κοιλάνσεις οι οποίες ονομάζονται ανακυλάνσεις και έτσι το έλασμα παίρνει την τελική του μορφή αφού προηγουμένως έχει πάρει κάποιες ενδιάμεσες μορφές.





Το στοιχείο εκείνο από το οποίο εξαρτάται ο αριθμός των φάσεων στην κοίλανση ονομάζεται λόγος κοίλανσης για τον οποίο θα αναφερθούμε αναλυτικά παρακάτω.

Για την πραγματοποίηση των ανακοιλάνσεων είναι απαραίτητο το ημιδιαμορφωμένο αντικείμενο να τοποθετηθεί σε άλλο εργαλείο. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό όσες ανακοιλάνσεις πραγματοποιήσουμε τόσα εργαλεία θα χρησιμοποιήσουμε, πράγμα που αυξάνει το κόστος και τον χρόνο της όλης κατεργασίας.



Σχήμα 7.2.3: Άμεση ανακοίλωση.

Οι ανακοιλάνσεις που αναφερθήκαμε προηγουμένως μπορούν να είναι άμεσες δηλαδή το αντικείμενο τοποθετείται στο επόμενο εργαλείο με τον ίδιο τρόπο που ήταν τοποθετημένο κατά την προηγούμενη φάση της κοίλανσης (σχ. 7.2.3), ή με αντιστροφή όπου το αντικείμενο τοποθετείται έτσι ώστε η μέχρι πριν εξωτερική επιφάνεια του αντικειμένου να γίνει εσωτερική, η δε εσωτερική να γίνει εξωτερική.

Το στοιχείο εκείνο από το οποίο εξαρτάται ο αριθμός των φάσεων στην κοίλανση ονομάζεται λόγος κοίλανσης για τον οποίο θα αναφερθούμε αναλυτικά παρακάτω.

Για την πραγματοποίηση των ανακοιλάνσεων είναι απαραίτητο το ημιδιαμορφωμένο αντικείμενο να τοποθετηθεί σε άλλο εργαλείο. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό όσες ανακοιλάνσεις πραγματοποιήσουμε τόσα εργαλεία θα χρησιμοποιήσουμε, πράγμα που αυξάνει το κόστος και τον χρόνο της όλης κατεργασίας.



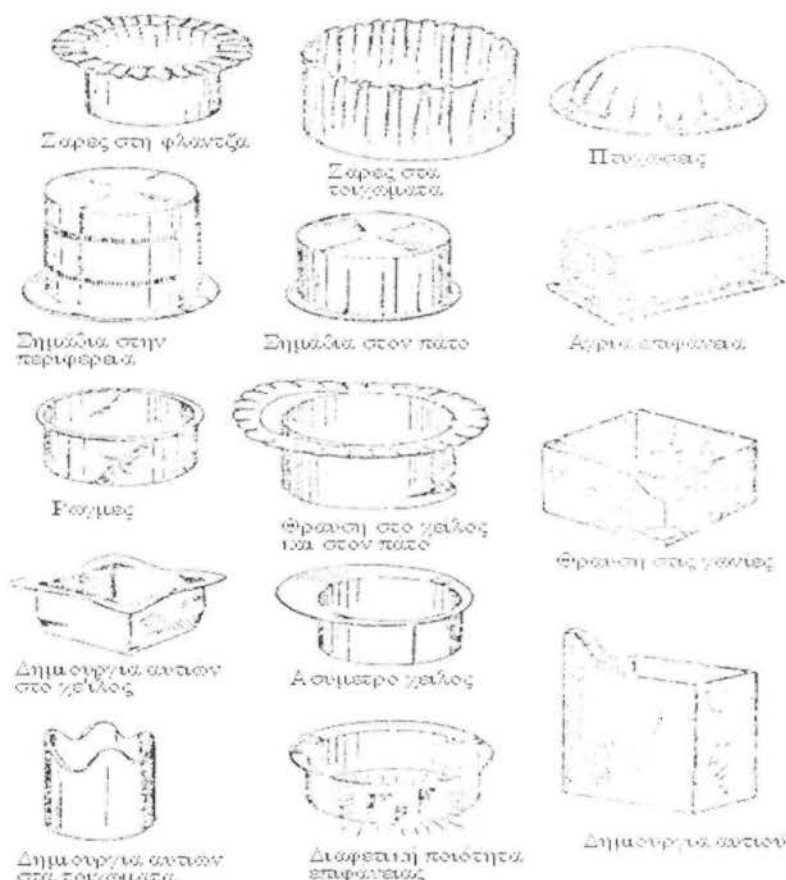
Σχήμα 7.2.4: Αντικείμενο που έχει παραχθεί με διαδοχικές ανάκοιλάνσεις.

### 7.3 ΛΙΠΑΝΣΗ ΣΤΗΝ ΚΟΙΛΑΝΣΗ

Η σωστή λίπανση κατά την κοίλανση μπορεί να αποτελέσει έναν κρίσιμο παράγοντα για την επιτυχία της διαμόρφωσης, αφού με την χρήση του κατάλληλου λιπαντικού περιορίζονται, οι τριβές μεταξύ του ελάσματος με το εργαλείο (έμβολο και μήτρα), η φόρτιση και η καταπόνηση του υλικού, η φθορά στις ακμές του εμβόλου και της μήτρας, οι πιθανές συγκολλήσεις του υπό κατεργασία υλικού στο εργαλείο.

Η εκλογή του κατάλληλου λιπαντικού καθορίζεται από το υλικό κατασκευής του αντικειμένου, το βαθμό λειότητας του υλικού, την ταχύτητα κοίλανσης, την πίεση που ασκεί ο συγκρατητής στο έλασμα και το σχήμα του αντικειμένου. Στο παράρτημα από τον πίνακα 5 σελ.5 μπορούμε να βρούμε το κατάλληλο λιπαντικό ανάλογα με το προς διαμόρφωση υλικό.

### 7.4 ΑΣΤΟΧΙΑ ΣΤΗΝ ΚΟΙΛΑΝΣΗ



Σχήμα 7.4.1: Σφάλματα σε αντικείμενα που έχουν παραχθεί με βαθεία κοίλανση.

Μετά το πέρας της κοίλανσης για πολλούς λόγους τους οποίους θα αναφέρουμε παρακάτω υπάρχει πιθανότητα η μορφή του αντικειμένου που θα παραχθεί να μην είναι η επιθυμητή (σχ.7.4.1). Μπορεί δηλαδή στο αντικείμενο να υπάρχουν ορισμένα ελαττώματα μερικά από τα οποία να είναι μείζονος σημασίας (ρωγμές στο αντικείμενο οι οποίες μειώνουν την αντοχή του) και κάποια άλλα ελάσσονος σημασίας (χαραγές στην εξωτερική επιφάνεια του αντικειμένου οι οποίες επηρεάζουν την εμφάνιση του αντικειμένου).

Αυτό που είναι πολύ σημαντικό για οικονομικούς κυρίως λόγους σε μια τέτοια περίπτωση, είναι να αντιλαμβανόμαστε τις αιτίες που οδήγησαν στην αποτυχία

Σε γενικές γραμμές μπορούμε να πούμε ότι αν ο πυθμένας του αντικειμένου είναι σχισμένος τότε πιθανότατα το πρόβλημα οφείλεται, στη μικρή χάρη, ή στη μεγάλη δύναμη συγκράτησης, ή στις μικρές ακτίνες καμπυλότητας στα άκρα της μήτρας και του εμβόλου, ή στη μεγάλη ταχύτητα κοίλανσης, ή στη μεγάλη τιμή του λόγου κοίλανσης, ή σε συνδυασμό των πιο πάνω παραγόντων.

Αν στο αντικείμενο εμφανίζονται κάθετες πτυχές στο άνω μέρος της φλάντζας, τότε μπορεί κατά την κατεργασία να είχαμε μεγάλη χάρη, ή μικρή δύναμη συγκράτησης, ή μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας στα άκρα του εμβόλου και της μήτρας.

Στο αντικείμενο έχουν δημιουργηθεί γωνιές και ανομοιομορφίες τότε πιθανότατα το αρχικό έλασμα είχε λανθασμένο σχήμα ή διαστάσεις.

Υπάρχουν κατακόρυφες ρωγμές στο άνω χείλος του αντικειμένου, αυτές δημιουργήθηκαν εξ' αιτίας της ύπαρξης μικρής ποσότητας υλικού σ' αυτή τη θέση.

Το αντικείμενο παρουσιάζει ελαττώματα στο σχήμα. Τούτο μπορεί να οφείλεται στη μη συμμετρική τοποθέτηση του ελάσματος στο εργαλείο.

Η εξωτερική επιφάνεια του αντικειμένου δεν είναι λεία. Πιθανότατα δεν υπήρχε κατά τη διαδικασία επαρκής λίπανση.

Γνωρίζοντας λοιπόν τις αιτίες οι οποίες προκαλούν την ύπαρξη ελαττωμάτων σε ένα αντικείμενο μπορούμε να επέμβουμε ώστε να αποφύγουμε την κατασκευή ελαττωματικών προϊόντων ουσιαστικά δηλαδή να μειώσουμε το κόστος που θα είχε η παραγωγή ενός μεγάλου αριθμού ελαττωματικών προϊόντων.

## 8. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Κατά τη διαμόρφωση ενός επιπέδου ελάσματος σε κούλο με βαθεία κούλωση καλούμαστε να υπολογίσουμε κάποια μεγέθη από τα οποία εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό η ποιότητα του αντικειμένου που θα παραχθεί, το πλήθος των απαιτούμενων εργαλείων και κατά συνέπεια το κόστος της κατεργασίας. Τα μεγέθη λοιπόν αυτά που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην κούλωση, θα εξετάσουμε σε αυτό το κεφάλαιο.

### 8.1 ΛΟΓΟΣ ΚΟΥΛΩΣΗΣ ( $\beta$ )

Σαν λόγος κούλωσης ( $\beta$ ) ορίζεται το πηλίκο της διαμέτρου του αρχικού ελάσματος  $D_o$  προς την διάμετρο του εμβόλου  $d$ .

$$\beta = \frac{D_o}{d} \quad (3.1)$$

Η τιμή που μπορεί να πάρει ο λόγος κούλωσης δεν μπορεί να υπερβαίνει την τιμή του οριακού ή επιτρεπόμενου λόγου κούλωσης ( $\beta_{επ}$ ). Δηλαδή πρέπει πάντα να ισχύει.  $\beta \leq \beta_{επ}$  (3.2).

Η οριακή τιμή του λόγου κούλωσης εξαρτάται από τη γεωμετρία του εργαλείου, το κατεργαζόμενο υλικό, την πίεση συγκράτησης, την τελική διάμετρο και το πάχος του ελάσματος. Οι τιμές του επιτρεπόμενου λόγου κούλωσης λαμβάνονται από πίνακες.

Ο λόγος κούλωσης χαρακτηρίζει την ποιότητα του υλικού από την άποψη της κούλωσης και έχει μεγάλη σημασία γιατί από αυτόν εξαρτάται ο αριθμός των φάσεων κατεργασίας (αριθμός ανακούλωσης) και συνεπώς το πλήθος των εργαλείων από το οποίο εξαρτάται το κόστος της κατεργασίας.

Στην περίπτωση που ο λόγος κούλωσης ξεπερνά τον οριακό, είναι απαραίτητο η κατεργασία να διεξαχθεί σε περισσότερες φάσεις, οπότε ο λόγος κούλωσης για κάθε μια από τις ενδιάμεσες φάσεις προκύπτει από τη σχέση 3.1.

Οι ενδιάμεσοι λόγοι κούλωσης είναι:

$$\beta_o = \frac{D_o}{d_o}, \quad \beta_1 = \frac{d_o}{d_1}, \quad \beta_2 = \frac{d_1}{d_2}, \quad \dots, \quad \beta_n = \frac{d_{n-1}}{d_n} \quad (3.3)$$

όπου:  $\beta_o$  = ο λόγος κούλωσης της 1ης κούλωσης.

$\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n =$  ο λόγος κοίλανσης της 1<sup>ης</sup>, 2<sup>ης</sup>, ... νιοστής ανακοίλανσης.

Ο συνολικός λόγος κοίλανσης ( $\beta$ ) της κατεργασίας δίνεται πολλαπλασιάζοντας τους επιμέρους λόγους κοίλανσης άρα :

$$\beta = \frac{D_o}{d}$$

Ο λόγος κοίλανσης σε οποιαδήποτε από τις ενδιάμεσες φάσεις ή τη μία και μοναδική φάση πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερος γιατί έτσι η κατεργασία της κοίλανσης είναι αποδοτικότερη. Παρόλα αυτά η τιμή του λόγου κοίλανσης για τις ενδιάμεσες φάσεις κοίλανσης πρέπει να κυμαίνεται από 1,15~ 1,35 (1,2~1,3 κατά άλλη βιβλιογραφία). Για να επιτύχουμε μεγάλους λόγους κοίλανσης, είναι δυνατό μεταξύ των ενδιάμεσων φάσεων της κοίλανσης να πραγματοποιηθεί ανόπτηση του υλικού με την οποία ο λόγος κοίλανσης μπορεί να αυξηθεί περίπου κατά 20%.

Σε γενικές

Μερικές  $\mu$

τελική διάμετρο, τόσο δυσκολότερη είναι και η διαδικασία της κοίλανσης. Στην περίπτωση αυτή το ύψος πρέπει να είναι  $h \leq 1,5 \cdot d$  (3.4), ώστε η κοίλανση να πραγματοποιηθεί σε ένα στάδιο. Αν το ύψος ξεπερνά την τιμή αυτή τότε πρέπει να μεσολαβήσουν ενδιάμεσα σταδία κοίλανσης.

Αν το τελι

$$\beta = \frac{S \cdot c}{C \cdot s} \quad (3.5) \text{ όπου:}$$

S : η επιφάνεια του αρχικού ελάσματος

C : η περίμετρος του αρχικού ελάσματος

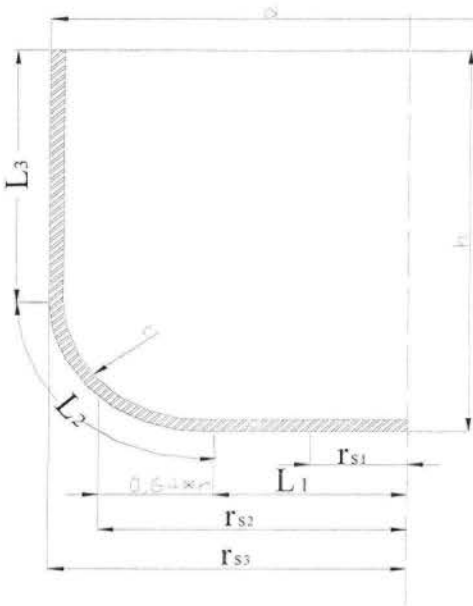
s : η επιφάνεια της προβολής του προϊόντος

c : η περίμετρος της προβολής του προϊόντος

Στην πράξη έχει αποδειχθεί και εξηγείται θεωρητικά ότι όσο πιο μεγάλο πάχος έχει το έλασμα σε σχέση με τη διάμετρο του αντικειμένου, τόσο μεγαλύτερος λόγος κοίλανσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί (βλ. σελ. 1, διάγραμμα 1 του παραρτήματος).

## 8.2 ΑΝΑΠΤΥΓΜΑ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ

Προκειμένου να διαμορφώσουμε ένα έλασμα από επίπεδο σε κοίλο με βαθεία κοίλανση πρέπει πριν από όλα να προσδιορίσουμε το σχήμα και το μέγεθος του αρχικού



Σχήμα 3.13: Κυάθιο.

ελάσματος, που θα τοποθετήσουμε στο εργαλείο για κατεργασία. Για να διευκολυνθούμε στον υπολογισμό των διαστάσεων του αρχικού ελάσματος θεωρούμε ότι κατά την κοίλανση δεν μεταβάλλεται το πάχος του ελάσματος και ότι η επιφάνεια του αρχικού ελάσματος είναι ίση με την αντίστοιχη του τελικού εξαρτήματος.

Όταν έχουμε λοιπόν ένα κυλινδρικό κυάθιο (σχ. 3.13) για να υπολογιστεί η διάμετρος του αρχικού ελάσματος αρκεί να εκφραστεί το άθροισμα των επιμέρους τμημάτων του τελικού εξαρτήματος σαν ίσο με την επιφάνεια του αρχικού ελάσματος. Σύμφωνα με το θεώρημα του Πάππου κατά το οποίο η επιφάνεια του μανδύα ενός σώματος εκ περιστροφής ισούται με το μήκος της γενέτειρας γραμμής επί το δρόμο (απόσταση), που διατρέχει το κέντρο βάρους της γενέτειρας γραμμής κατά την

περιστροφή.

Χωρίζουμε σε επιμέρους τμήματα την περιστρεφόμενη διατομή, από την οποία προκύπτει το ζητούμενο κυάθιο και υπολογίζουμε την εκ περιστροφής επιφάνεια αυτών.

Εν συνεχεία αθροίζουμε τις επιμέρους αυτές επιφάνειες και το άθροισμά τους (S) το εξισώνουμε με τη σχέση που μας δίνει την επιφάνεια ενός κυκλικού δίσκου  $\left(\frac{\pi \cdot D_o^2}{4}\right)$

Λύνοντας ως προς  $D_o$  βρίσκουμε την διάμετρο του αρχικού ελάσματος.

Ένας άλλος τρόπος για την εύρεση της διαμέτρου του αρχικού δίσκου είναι να υπολογίσουμε τη μέση ακτίνα του αρχικού δίσκου σύμφωνα με τη σχέση:

$$Rs_m = \frac{Rs_1 \cdot L_1 + Rs_2 \cdot L_2 + \dots + Rs_n \cdot L_n}{L_1 + L_2 + \dots + L_n} \quad (3.6)$$

όπου :  $Rs_m$  : μέση ακτίνα αρχικού δίσκου

$Rs_1, \dots, Rs_n$  : απόσταση του κέντρου βάρους της γραμμής από τον άξονα περιστροφής.

$L_1, \dots, L_n$  : μήκος της γραμμής.

Μεταξύ της μέσης ακτίνας ( $Rs_m$ ) και της πραγματικής ακτίνας του αρχικού δίσκου ( $R$ ) ισχύει η σχέση:

$$R^2 = 2 \cdot Rs_m \cdot L_\Sigma \quad (3.7)$$

όπου :  $L_\Sigma$  : το άθροισμα των μηκών των τμημάτων (γραμμών) του αντικειμένου  $L_1 + L_2 + \dots + L_n$

Αφού υπολογίσουμε από την παραπάνω σχέση την τιμή της πραγματικής ακτίνας μπορούμε να βρούμε και τη διάμετρο του αρχικού δίσκου.

### 8.3 ΔΥΝΑΜΗ ΚΟΪΛΑΝΣΗΣ ( $F_z$ )

Σημαντικό σε μια διαδικασία βαθείας κοίλανσης είναι να γνωρίζουμε τη δύναμη, που απαιτείται για να εκτελεστεί η κατεργασία, ώστε να επιλέξουμε την κατάλληλη πρέσα

Η δύναμη κοίλανσης υπολογίζεται διαφορετικά για κάθε φάση της κοίλανσης. Βέβαια τη μεγαλύτερη δύναμη θα τη χρειαστούμε κατά την πρώτη φάση και από αυτή την τιμή θα εξαρτηθεί η επιλογή της πρέσας.

Για κυλινδρικό αντικείμενο η σχέση από την οποία λαμβάνουμε τη δύναμη κοίλανσης για την πρώτη φάση της κατεργασίας είναι :

$$F_{z0} = U \cdot s \cdot \sigma_B \cdot n = d \cdot \pi \cdot s \cdot \sigma_B \cdot n(Kp) \quad (3.8)$$

όπου :  $d$  : διάμετρος εμβόλου (mm)

$s$  : πάχος ελάσματος (mm)

$\sigma_B$ : όριο θραύσης σε εφελκυσμό του υλικού (Kp/mm)

$n$  : συντελεστής διόρθωσης που εξαρτάται από το λόγο κοίλανσης και το λόγο  $d/s$ . Λαμβάνεται από πίνακες (βλ. σελ 2, πίνακα 2 του παραρτήματος) και από διαγράμματα (βλ. σελ 3, διάγραμμα 2 του παραρτήματος)

Για την πρώτη ανακοίλωση η δύναμη θα είναι :

$$F_{z1} = \frac{F_{z0}}{2} + d_1 \cdot \pi \cdot \sigma_B \cdot n \quad (3.9)$$

όπου :  $d_1$  : η διάμετρος του εμβόλου στη πρώτη ανακοίλωση.

$$\text{Για τη δεύτερη ανακοίλωση η δύναμη θα είναι : } F_{z2} = \frac{F_{z1}}{2} + d_2 \cdot \pi \cdot \sigma_B \cdot n \quad (3.10)$$

όπου :  $d_2$  : η διάμετρος του εμβόλου στη δεύτερη ανακοίλωση. Με αυτό τον τρόπο υπολογίζουμε τη δύναμη κοίλωσης για όσες ανακοιλάνσεις έχουμε.

#### 8.4 ΔΥΝΑΜΗ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ( $F_N$ )

Δύναμη συγκράτησης ονομάζουμε τη δύναμη που πρέπει να ασκηθεί από τον συγκρατητή στο έλασμα στη διάρκεια της κοίλωσης. Η δύναμη που ασκείται στο έλασμα πρέπει να είναι η ελάχιστη δυνατή, η οποία όμως να εξασφαλίζει τη κατασκευή του αντικειμένου χωρίς τη δημιουργία πτυχώσεων. Όπως έχουμε αναφέρει και παραπάνω τα εργαλεία κοίλωσης φέρουν μηχανισμούς, οι οποίοι μας επιτρέπουν να ρυθμίζουμε τη δύναμη που ασκεί η πλάκα συγκράτησης ανάλογα με τις ανάγκες μας.

Η σχέση από την οποία λαμβάνουμε τη δύναμη συγκράτησης είναι:

$$F_N = p \cdot A_N \quad (\text{Kp}) \quad (3.11)$$

όπου :  $F_N$  : δύναμη συγκράτησης (Kp)

$p$  : πίεση συγκράτησης ( $\text{Kp}/\text{mm}^2$ )

$A_N$ : επιφάνεια συγκράτησης ( $\text{mm}^2$ )

Η πίεση συγκράτησης για την πρώτη φάση της κοίλωσης υπολογίζεται από το διάγραμμα 3 (βλ. σελ.4 του παραρτήματος), σε σχέση με το όριο θραύσης σε εφελκυσμό του υλικού ( $\sigma_B$ ), το λόγο κοίλωσης ( $\beta$ ) και το λόγο  $d/s$ , ή από την παρακάτω σχέση:

$$p = \left[ (\beta_0 - 1)^2 + \frac{d_0}{200 \cdot s} \right] \cdot \frac{\sigma_B}{400} \quad (3.12)$$

όπου :  $p$  : πίεση συγκράτησης ( $\text{Kp}/\text{mm}^2$ )

$\beta_0$  : ο λόγος κοίλωσης για την πρώτη φάση της κατεργασίας

$d_0$  : η διάμετρος του εμβόλου στην πρώτη φάση της κοίλωσης (mm)

$\sigma_B$ : όριο θραύσης σε εφελκυσμό του υλικού ( $\text{Kp}/\text{mm}^2$ )

$s$  : πάχος ελάσματος (mm)

Η επιφάνεια συγκράτησης ( $A_N$ ) λαμβάνεται από τη σχέση:

$$A_N = \left( D^2 - d_w^2 \right) \cdot \frac{\pi}{4} = \left[ D^2 - (D_R + 2r_M)^2 \right] \cdot \frac{\pi}{4} \quad (3.13)$$

όπου :  $A_N$  : επιφάνεια συγκράτησης ( $\text{mm}^2$ )

$d_w$  : διάμετρος κέντρων καμπυλών μήτρας (mm), λαμβάνεται από τη σχέση :



$$d_w = d_i + 2 \cdot r_M \quad (3.14)$$

$$\text{όπου : } r_M = 0,035 \cdot [50 + (D_0 - d_0)] \cdot \sqrt{s}$$

$d_i$  : εσωτερική διάμετρος του συγκρατητή (mm)

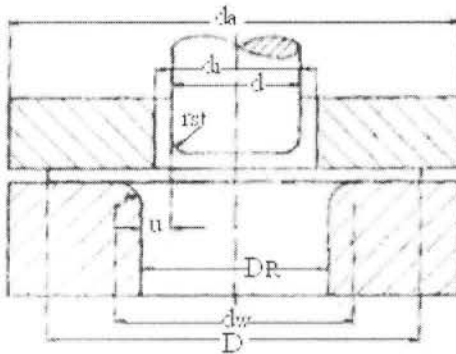
$r_M$  : ακτίνα καμπυλότητας της μήτρας (mm)

$D_0$  : διάμετρος αρχικού ελάσματος (mm)

$D_R$  : εσωτερική διάμετρος μήτρας (mm)

$d_0$  : διάμετρος εμβόλου στην πρώτη φάση της κοίλανσης (mm)

Τα κατασκευαστικά στοιχεία του εργαλείου, που αναφέρονται στις παραπάνω σχέσεις, φαίνονται στο σχήμα 3.14.



Σχήμα 3.14: Χαρακτηριστικά

## 8.5 ΧΑΡΗ ΚΟΙΛΑΝΣΗΣ ( X )

Όπως και στις άλλες κατεργασίες διαμόρφωσης πολύ σημαντικό ρόλο για την επιτυχή κατασκευή του αντικειμένου έχει η χάρη μεταξύ του εμβόλου και της μήτρας. Αυτό συμβαίνει, γιατί πολύ μικρή χάρη έχει σαν συνέπεια να ραγίσει το έλασμα κατασκευής του αντικειμένου, ενώ πολύ μεγάλη χάρη έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία πτυχώσεων στην εξωτερική επιφάνεια του αντικειμένου.

Όπως και στον τεμαχισμό διάκενο ( $w$ ) ονομάζουμε την απόσταση μεταξύ των ακμών εμβόλου και μήτρας, ενώ χάρη ( $X$ ) ονομάζουμε τη συνολική διαφορά των διαμέτρων εμβόλου και μήτρας. Έτσι η σχέση μεταξύ διακένου και χάρης είναι :

$$X = 2 \cdot w \quad (3.15)$$

Την τιμή του διακένου κοίλανσης μπορούμε να πάρουμε από πίνακες (βλ. σελ.2 πίνακα 3 στο παράρτημα).

Επίσης μπορούμε να υπολογίσουμε τη χάρη από την παρακάτω σχέση:

$$X = 2 \cdot s \cdot \sqrt{\frac{D}{d}} \quad (mm) \quad (3.16)$$

όπου :  $X$  : χάρη κοίλανσης (mm).

$s$  : πάχος ελάσματος (mm).

$D$  : διάμετρος αρχικού ελάσματος (mm).

$d$  : διάμετρος εμβόλου (mm).

## 8.6 ΕΡΓΟ ΚΟΙΛΑΝΣΗΣ ( W )

Το συνολικά απαιτούμενο έργο για την κοίλανση ενός ελάσματος εξαρτάται από πολλούς παραγόντες. Ο υπολογισμός του έργου κοίλανσης είναι απαραίτητος κατά το σχεδιασμό της κατεργασίας έτσι ώστε να είναι δυνατός ο προγραμματισμός της παραγωγής με την επιλογή της κατάλληλης πρέσας. Έτσι για να βρούμε την τιμή του έργου σε πρέσα διπλής ενέργειας, όπου η δύναμη κοίλανσης και η δύναμη συγκράτησης επιβάλλονται ανεξάρτητα το έργο κοίλανσης προκύπτει από τη σχέση:

$$W = (F_Z \cdot x + F_N) \cdot h(Kpmm) \quad (3.17)$$

Για πρέσα απλής ενέργειας θα πρέπει να χρησιμοποιήσουμε τη συνολική δύναμη, που ασκεί η πρέσα και έτσι η σχέση από την οποία λαμβάνουμε το έργο γίνεται:

$$W = F_Z \cdot x \cdot h(Kpmm) \quad (3.18)$$

όπου : W : έργο κοίλανσης (Kpmm).

x : συντελεστής έργου κοίλανσης (0,5 ~ 0,8).

h : ενεργός διαδρομή του εμβόλου (mm). Η ενεργός διαδρομή του εμβόλου προκύπτει από το ύψος του κυαθίου μετά την πρώτη φάση της κοίλανσης συν το πάχος του ελάσματος.

F<sub>Z</sub>: δύναμη κοίλανσης (Kp).

F<sub>N</sub>: δύναμη συγκράτησης (Kp).

## 8.7 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΙΛΑΝΣΗΣ

Σημαντικότερος παράγοντας ο οποίος επηρεάζει άμεσα την κοίλανση είναι η ταχύτητα με την οποία εκτελείται η κατεργασία. Αυτό συμβαίνει γιατί η ταχύτητα κοίλανσης επηρεάζει το όριο διαρροής του υλικού, την ικανότητα του λιπαντικού να παρέχει επαρκή λίπανση και τον λόγο κοίλανσης (σε περιπτώσεις μεγάλων ταχυτήτων της τάξης των 220 m/min επέρχεται μικρή μείωση του λόγου κοίλανσης).

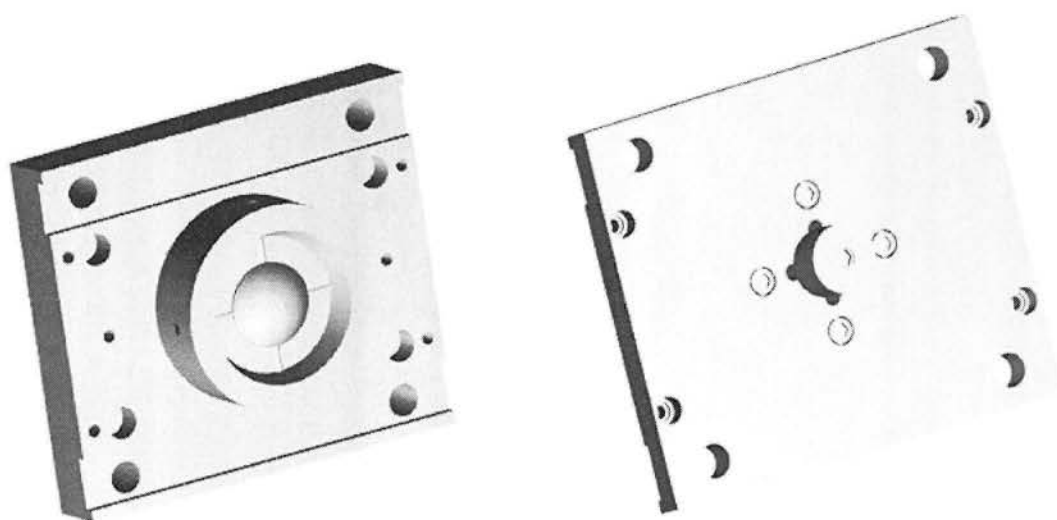
Η χρησιμοποιούμενη ταχύτητα εξαρτάται από τις ιδιότητες του διαμορφούμενου υλικού, τη γεωμετρία του τεμαχίου (όσο πιο πολύπλοκο είναι το σχήμα του αντικείμενου, τόσο μειώνεται και η ταχύτητα κοίλανσης), καθώς και από το είδος της πρέσας.

Τιμές της ταχύτητας κοίλανσης για διάφορα υλικά μπορούμε να βρούμε από πίνακες, με την προϋπόθεση όμως ότι η διαδικασία πραγματοποιείται με τις κατάλληλες συνθήκες. Δηλαδή το κατεργαζόμενο υλικό να είναι κατάλληλο, το αντικείμενο να είναι συμμετρικό, να υπάρχει επαρκής λίπανση, η κατάσταση της πρέσας να είναι άριστη και η δύναμη συγκράτησης να μπορεί να ρυθμιστεί κατάλληλα. Σε περίπτωση που δεν ισχύει κάποια από τις πιο πάνω προϋποθέσεις η τιμή της ταχύτητας κοίλανσης μειώνεται ανάλογα. Αν δεν ισχύουν οι περισσότερες από τις παραπάνω προϋποθέσεις η ταχύτητα πρέπει να λαμβάνεται 8 ~ 10 m/min.

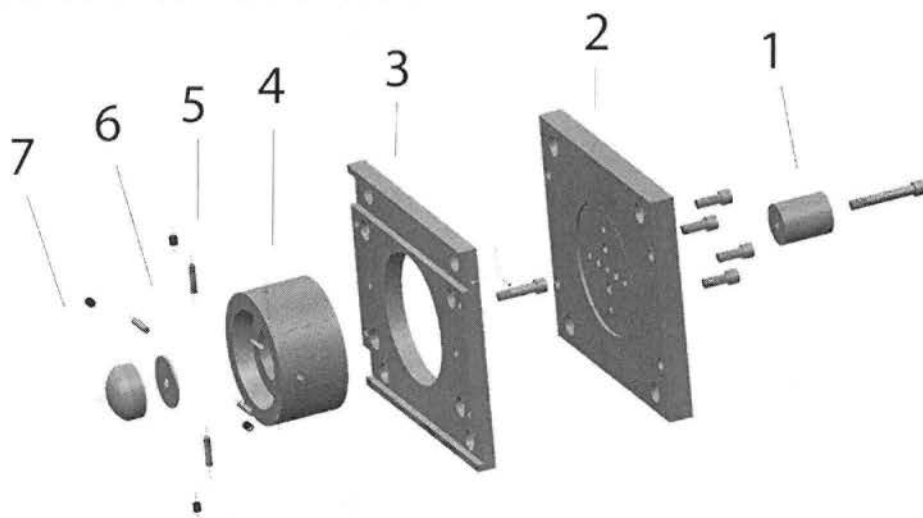
## 9. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ & ΛΑΜΑΡΙΝΑΣ

### 9.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ ( ΑΡΣΕΝΙΚΟ )

#### ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΜΕΝΟ ΠΑΝΩ ΜΕΡΟΣ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ



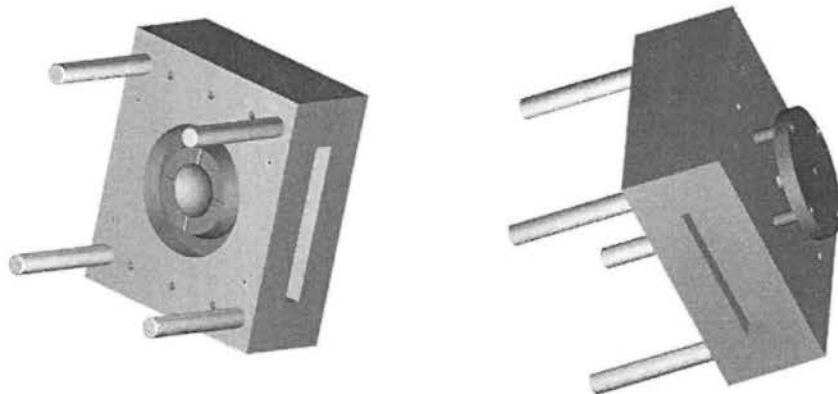
#### ΑΝΑΠΤΥΓΜΑ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΠΑΝΩ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ



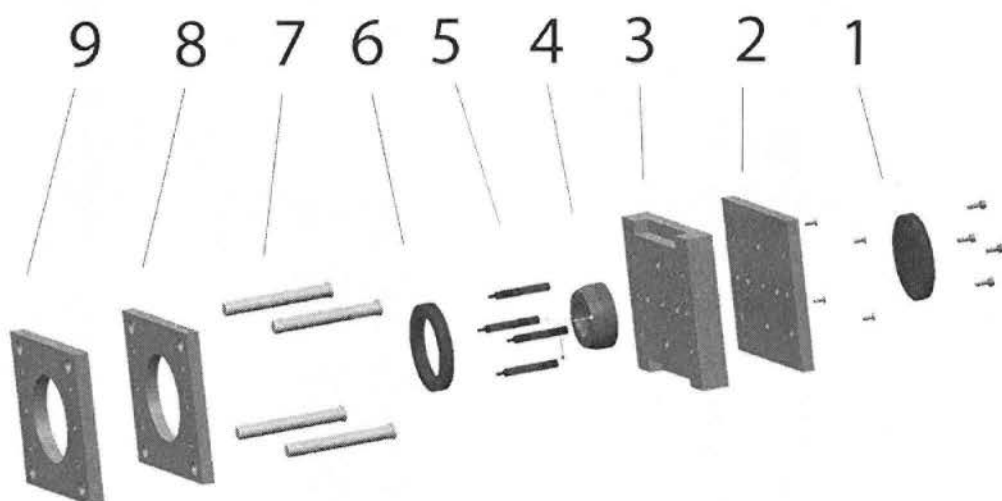
- 1) Πύρος συγκράτησης καλουπιού στη μηχανή (κατασκευή σε συμβατικό τόρνο) *Stal 37 σίδηρος*
- 2) Πισόπλακα (κατασκευή σε κέντρο κατεργασίας) *Stal 37 σίδηρος*
- 3) Πλάκα εξόλκευσης λαμαρίνας. *Stal 37 σίδηρος* (κατασκευή σε κέντρο κατεργασίας) *Stal 37 σίδηρος*
- 4) Αρσενική μήτρα διαμόρφωσης (κατασκευή σε συμβατικό τόρνο και σε φρέζα με διαιρέτη για τις πλαινές τρύπες)
- 5) Πύροι διαμόρφωσης και ακέφαλες βίδες *Ατσάλι Sverker 21*
- 6) Ροδέλα απο λαμαρίνα – αποστάτης
- 7) Ημισφαίριο διαμόρφωσης (κατασκευή σε κέντρο κατεργασίας) *Ατσάλι Sverker 21*

## 9.2 ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΩ ΜΕΡΟΣ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ ( ΘΥΛΙΚΟ ) ΜΕ ΕΞΟΛΚΕΑ (ΚΟΚΚΙΝΟ)

ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΜΕΝΟ ΚΑΤΩ ΜΕΡΟΣ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ



# ΑΝΑΠΤΥΓΜΑ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΚΑΤΩ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ



## 1) Φλάντζα συγκράτησης

Συγκρατεί τον δακτύλιο εξόλκευσης με τους πείρους διαδρομής  
Stal 37 σίδηρος

## 2) Πισώπλατα συγκράτησης

Συγκρατεί το σταθερό μέρος του καλουπιού.  
Stal 37 σίδηρος

## 3) Πλάκα συγκράτησης

Συγκρατεί τις κολόνες και τη μήτρα μορφής και οδήγηση στις κολόνες  
εξόλκευσης του αντικειμένου.  
Stal 37 σίδηρος

## 4) Κοπτικό διαμορφωτικό θηλυκό μέρος

Ατσάλι Sverker 21

### **5) Πίροι διαδρομής**

Δουλεύουν ως κολόνες οδήγησης του κινητού μέρους του καλουπιού.  
4τεμ. (Προκατασκευασμένοι)

### **6) Δαχτυλίδι (εξολκέας)**

### **7) Κολόνες**

Δουλεύουν ως κολόνες οδήγησης του κινητού μέρους του καλουπιού. 4τεμ

### **8) Πλάκα απόστασης**

Stal 37 σίδηρος

### **9) Πλάκα κοπτικό**

Ατσάλι Sverker 21

## **9.3 ΛΑΜΑΡΙΝΑ**

Λαμαρίνα γαλβανιζέ 0.8 mm η οποία παρέχεται σε φύλλα 1m x 1m και κόβεται λωρίδα ....

## **10 - Ανάλυση κατεργασίας, κατασκευή , προβλήματα που συναντήθηκαν και τροποι επίλυσης τους**

### **10.1 Κατεργασίες για το πάνω μέρος του καλουπιού (βάση σχεδίου κεφάλαιο 9)**

- 1) Πλάκα Νο2 – Τρυπήματα σε κέντρο κατεργασίας με CAM
- 2) Πλάκα Νο3 – Τρυπήματα και άνοιγμα κεντρικής μεγάλης οπής σε κέντρο κατεργασίας CAM
- 3) Αρσενική μήτρα διαμόρφωσης Νο4 – Κατεργασία σε συμβατικό τόρνο για την εξωτερική διάμετρο και σε φρέζα με διαιρέτη για τις πλαϊνές τρύπες οι οποίες έγιναν μέχρι το κέντρο του τεμαχίου.  
Στη συνέχεια κατεργασία στο τόρνο για εσωτερική τόννευση της πρώτης

πατούρας μέχρι τη μέση στις πλαϊνές τρύπες και της δεύτερης πατούρας που φωλιάζει το ημισφαίριο διαμόρφωσης Νο7.

Τέλος, σπειρώματα στις πλαϊνές τρύπες ώστε να μπουν ακέφαλες βίδες και να κρατήσουν μεσα τα αξωνάκια διαμόρφωσης Νο5.

4) Ημισφαίριο διαμόρφωσης λαμαρίνας Νο7 (κατασκευή σε κέντρο κατεργασίας CAM)

## **10.2 Κατεργασίες για το κάτω μέρος του καλουπιού (βάση σχεδίου κεφάλαιο 9)**

- 1) Πλάκα Νο2 – Τρυπήματα σε κέντρο κατεργασίας με CAM
- 2) Πλάκα Νο3 – Τρυπήματα σε κέντρο κατεργασίας με CAM
- 3) Κοπτικό διαμορφωτικό θηλυκό μέρος Νο4 σε κέντρο κατεργασίας με CAM
- 4) Δαχτυλίδι (εξολκέας) Νο6 - Κατεργασία σε συμβατικό τόρνο
- 5) Πλάκα απόστασης Νο8 , Τρυπήματα και άνοιγμα κεντρικής μεγάλης οπής σε κέντρο κατεργασίας CAM
- 6) Πλάκα κοπτικό Νο9 , Τρυπήματα και άνοιγμα κεντρικής μεγάλης οπής σε κέντρο κατεργασίας CAM

## **10.3 Κατασκευή καλουπιού**

Αρχικά έγινε μελέτη απο βιβλιογραφίες για τη κατασκευή κοπτικού και διαμορφωτικού καλουπιού βαθείας κοίλανσης και έγινε σχεδιασμός και πλήρης συναρμολόγηση του καλουπιού στο Pro Engineer .

Στη συνέχεια κατασκεύασα όλα τα αποτελούμενα μέρη , τα οποία αφού συναρμολογήθηκαν , ξανά αποσυναρμολογήθηκαν για να γίνει σκλήρυνση στα κοπτικά και διαμορφωτικά εξαρτήματα του καλουπιού.

Η σκλήρυνση έγινε στα 52 HRC με βάση τις προδιαγραφές του sverker 21 για κοπτικά καλούπια και το prospectus επισυνάπτεται στην εργασία.

Έπειτα μετά τη σκλήρυνση αφού συναρμολογήθηκε ξανά το καλούπι έγινε η τοποθέτηση του πάνω στη πρέσα.



## 10.4 Διαδικασία σχεδιασμού στο Creo – Pro Engineer

### Σχεδιασμός Πλάκας Καλουπιού (15 βήματα)

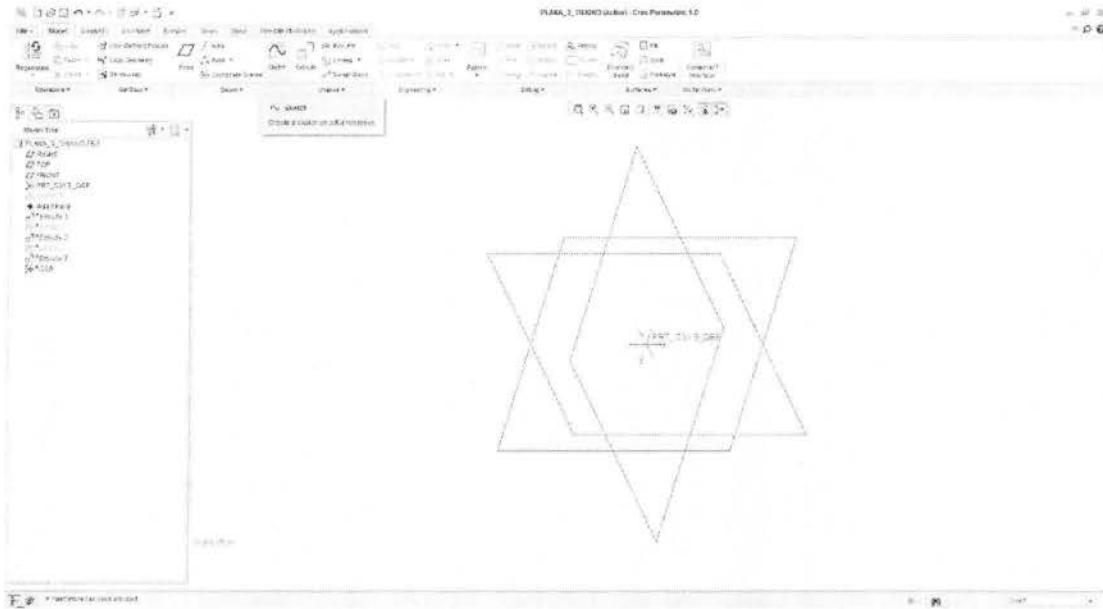
Βήμα 1<sup>ο</sup> : Ανοίγουμε το πρόγραμμα και πατάμε «New»



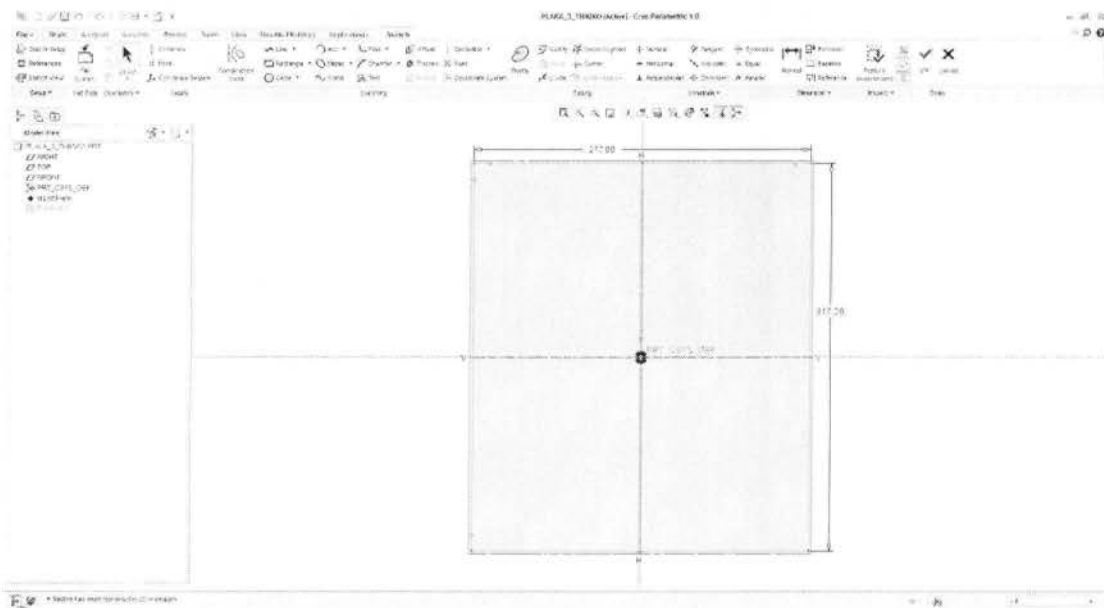
Βήμα 2<sup>ο</sup> : Στον πίνακα που μας ανοίγει πατάμε «Part» και δίνουμε ένα όνομα



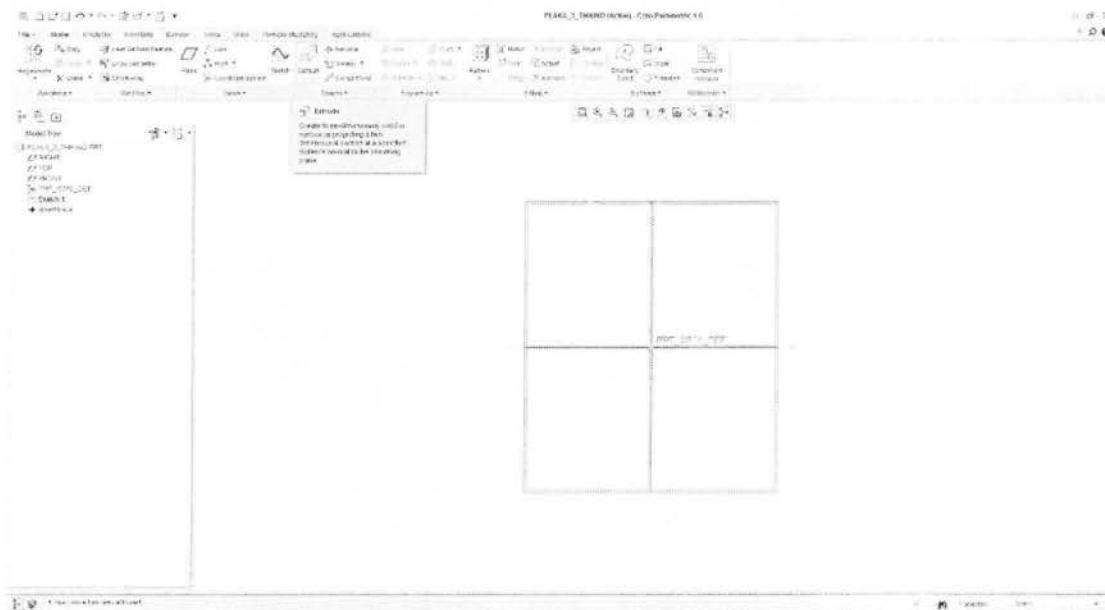
### Βήμα 3<sup>ο</sup> : Επιλεγούμε «Sketch» για να αρχίσουμε



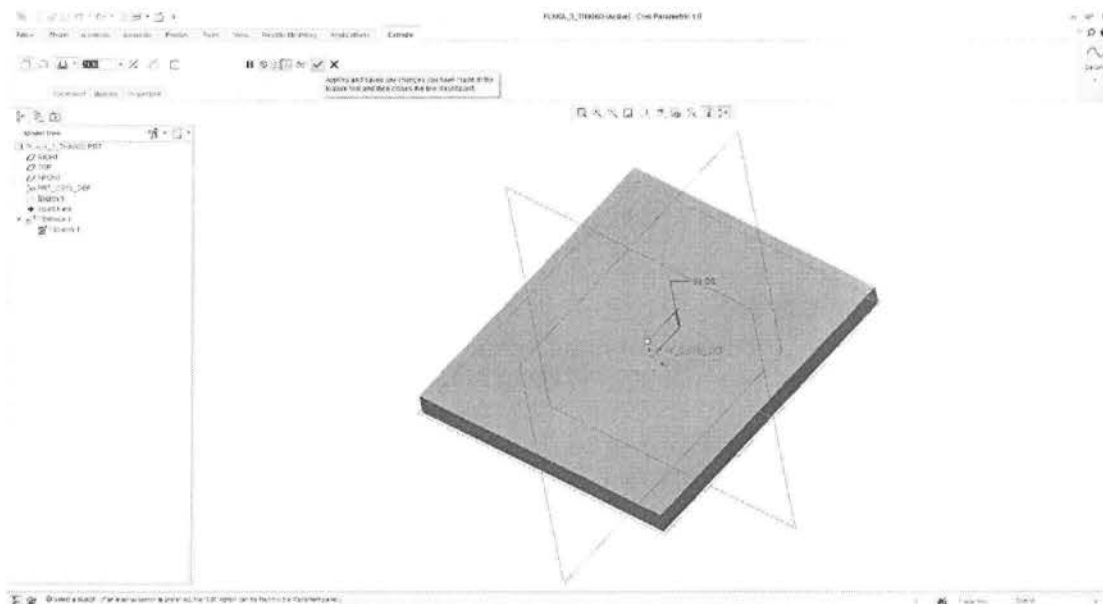
### Βήμα 4<sup>ο</sup> : Δημιουργούμε το σχήμα που θέλουμε



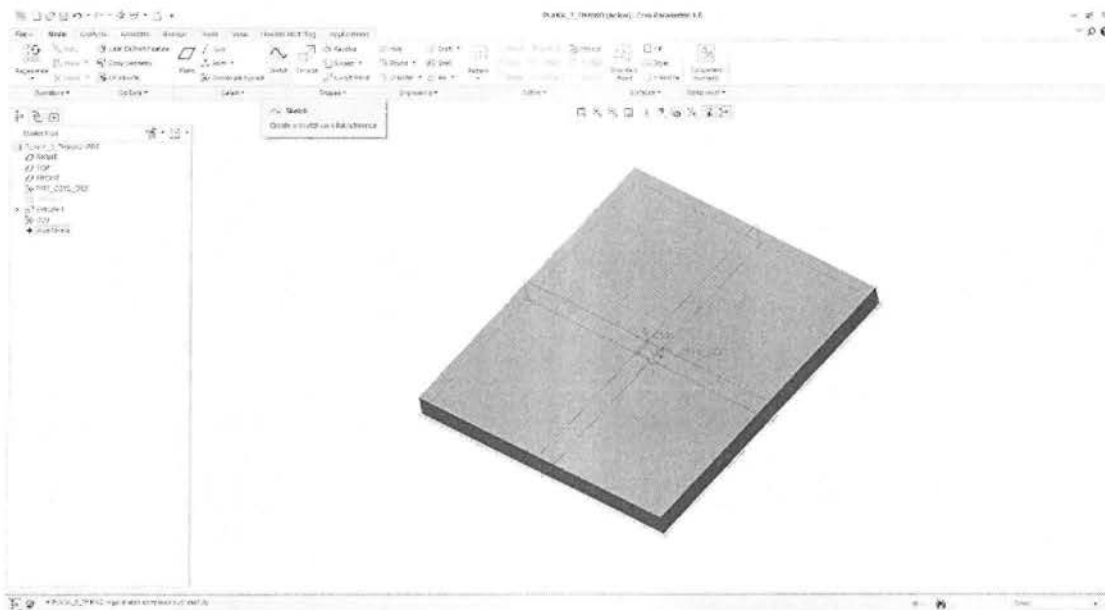
Βήμα 5<sup>ο</sup> : Εφόσον το δημιουργήσουμε πατάμε «Extrude» για να του δώσουμε την 3<sup>η</sup> διάσταση



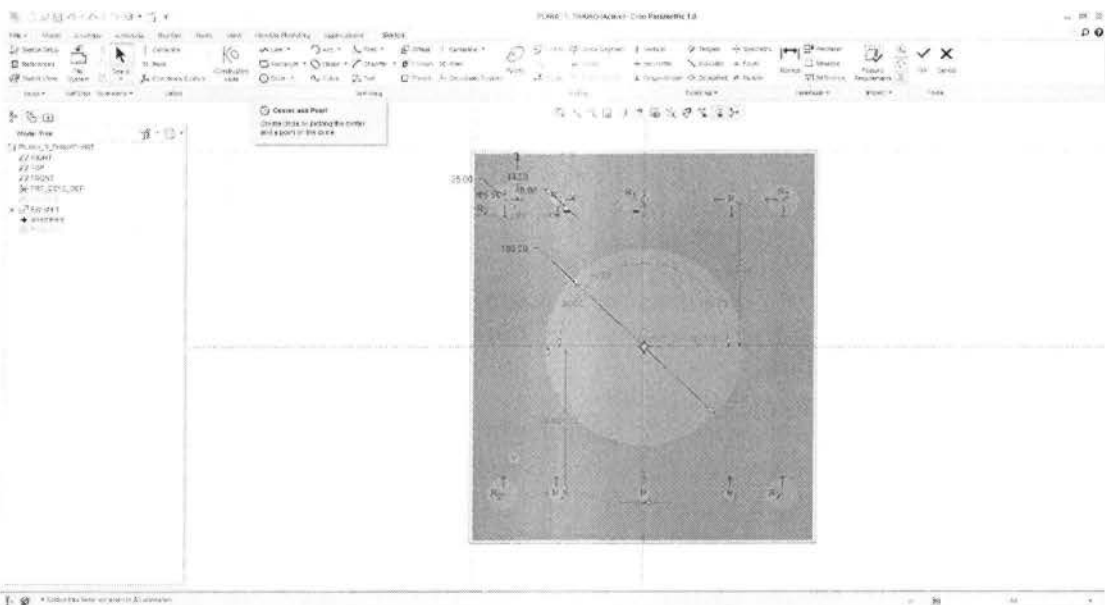
Βήμα 6<sup>ο</sup> : Στο «extrude» δίνουμε την διάσταση



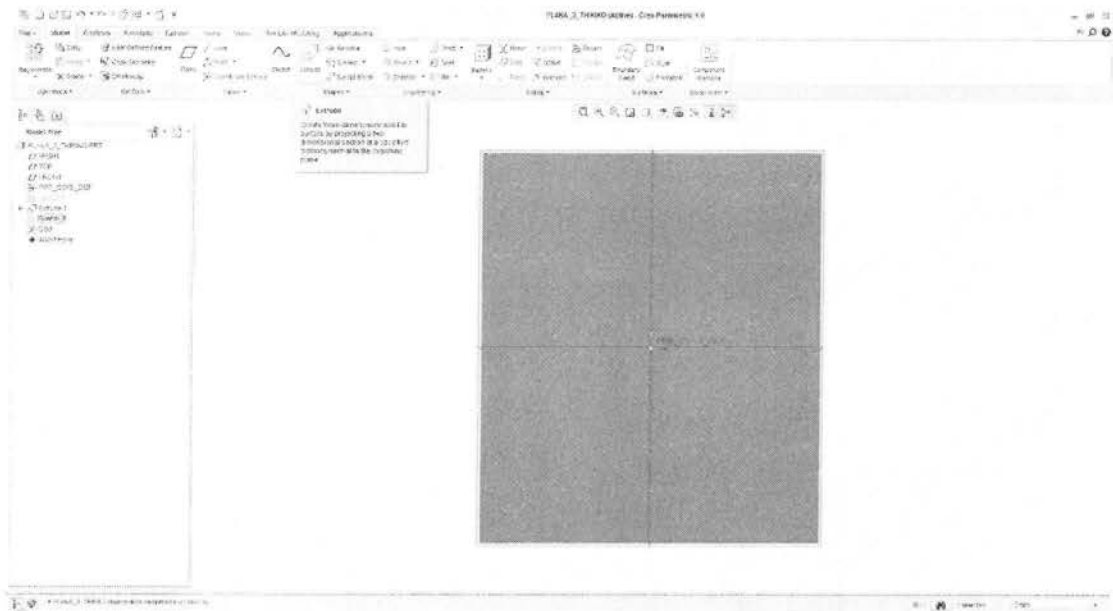
Βήμα 7ο : Αφού δημιουργήσουμε το τρισδιάστατο σχέδιο ξαναπατάμε «Sketch» για να δημιουργήσουμε τις τρύπες



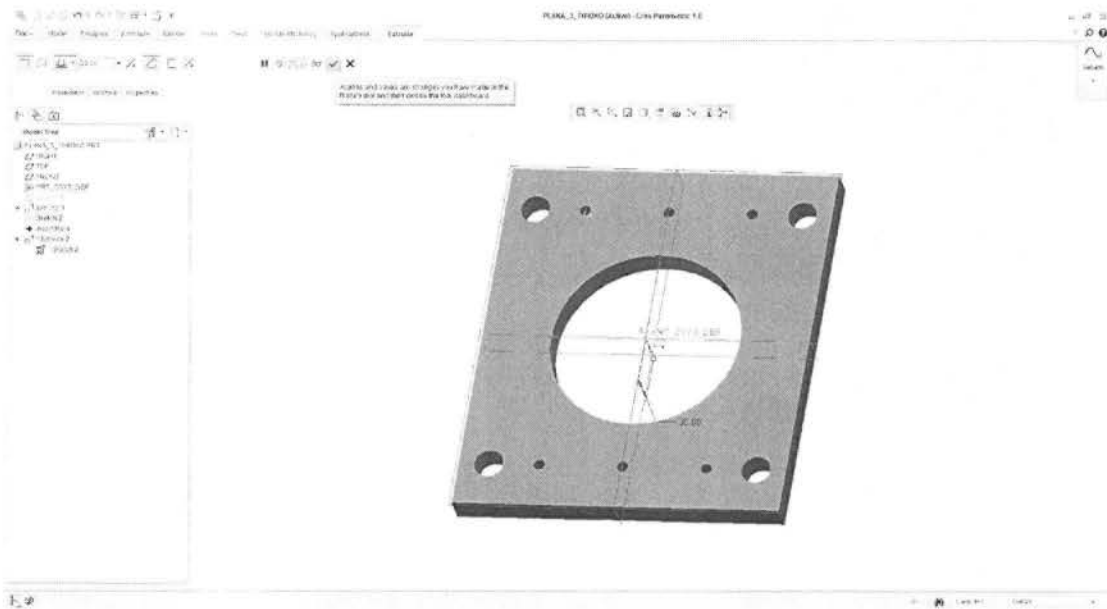
Βήμα 8ο : Στο «Sketch» δημιουργούμε τους κύκλους στα σημεία που θέλουμε να ανοίξουμε τρύπες



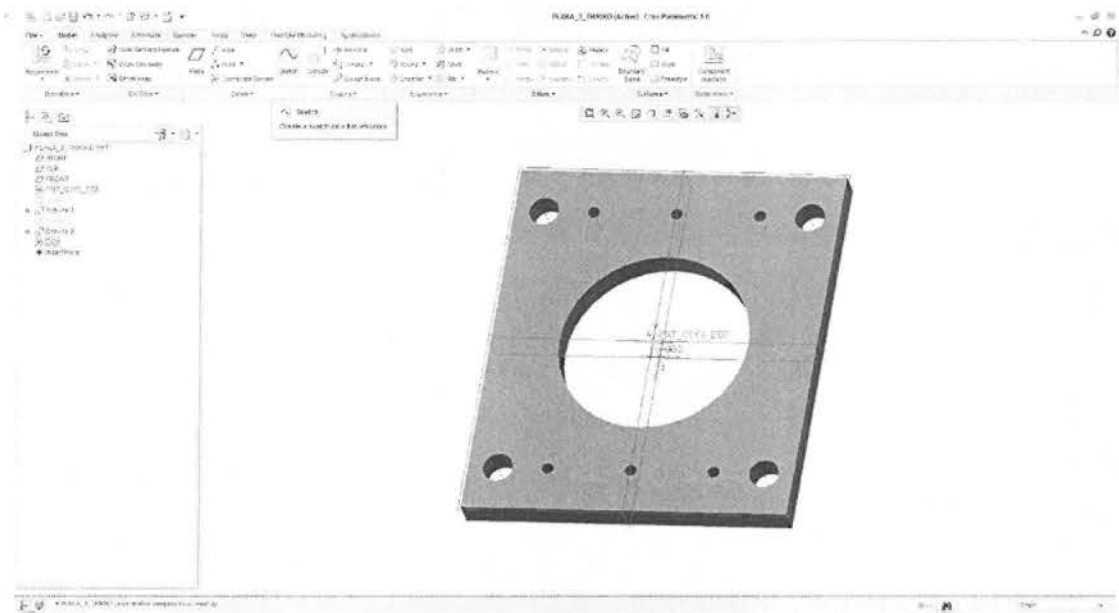
Βήμα 9ο : Μετά πατάμε το «Extrude» για να δώσουμε βάθος στις τρύπες



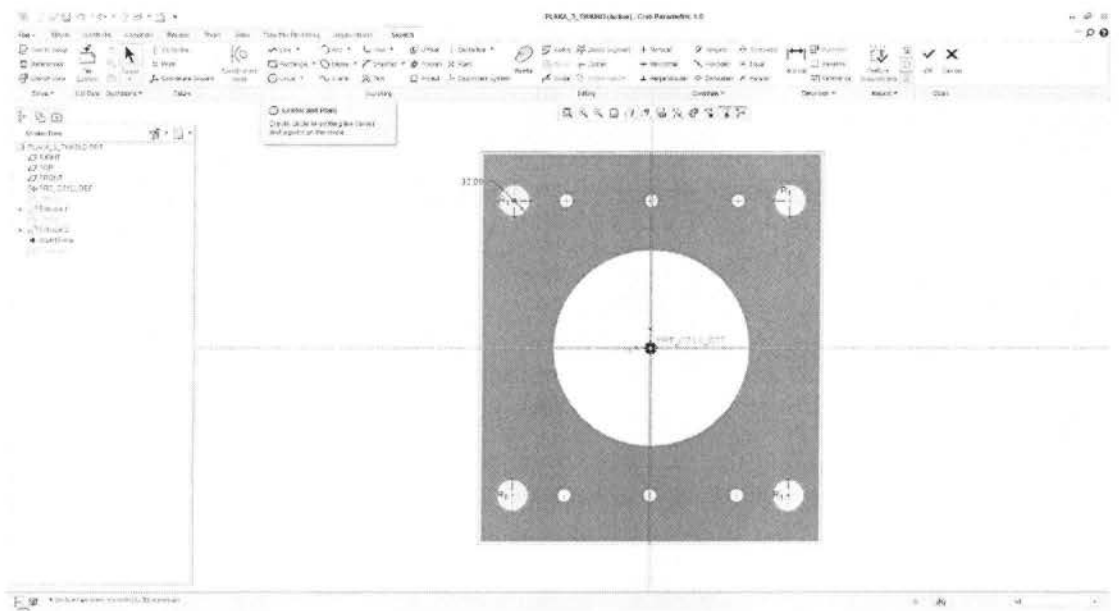
Βήμα 10° : Στο «Extrude» δίνουμε το βάθος στην προκειμένη περίπτωση θέλουμε να είναι διαμπερείς οι τρύπες



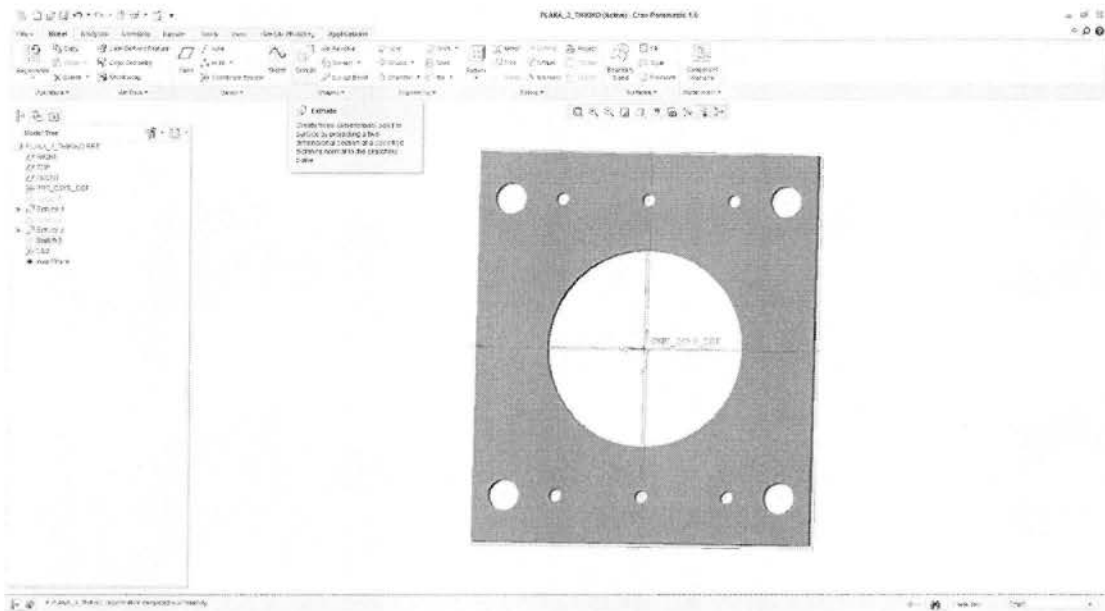
Βήμα 11° : Μετά επιλέγουμε πάλι το «Sketch» για να δημιουργήσουμε πατούρα για τις κολόνες



Βήμα 12<sup>ο</sup> : Δημιουργούμε τις πατούρες για τoις κoλόνες δίνoντας τη διάμετρο της πατούρας



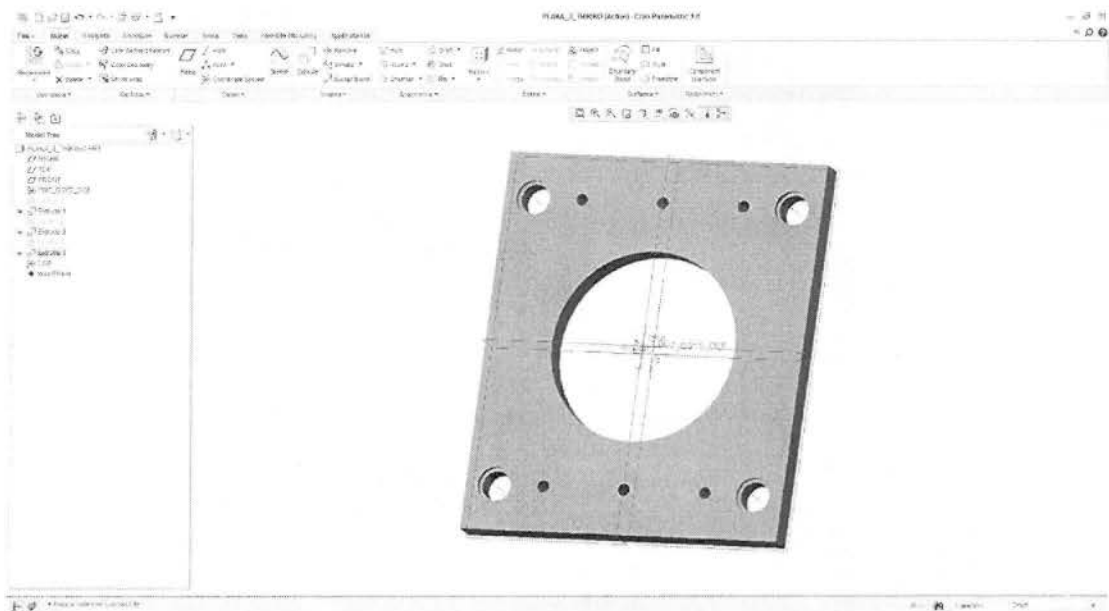
Βήμα 13<sup>ο</sup> : Μόλις τις δημιουργήσουμε πατάμε «Extrude» για να δώσουμε βάθος



Βήμα 14<sup>ο</sup> : Δίνουμε το βάθος που θέλουμε να έχει για να χωνεύονται μέσα οι πατούρες



Βήμα 15<sup>ο</sup> : Η πλάκα του καλουπιού μας είναι έτοιμη



## 10.5 Συναρμολόγηση στο Creo - Pro Engineer

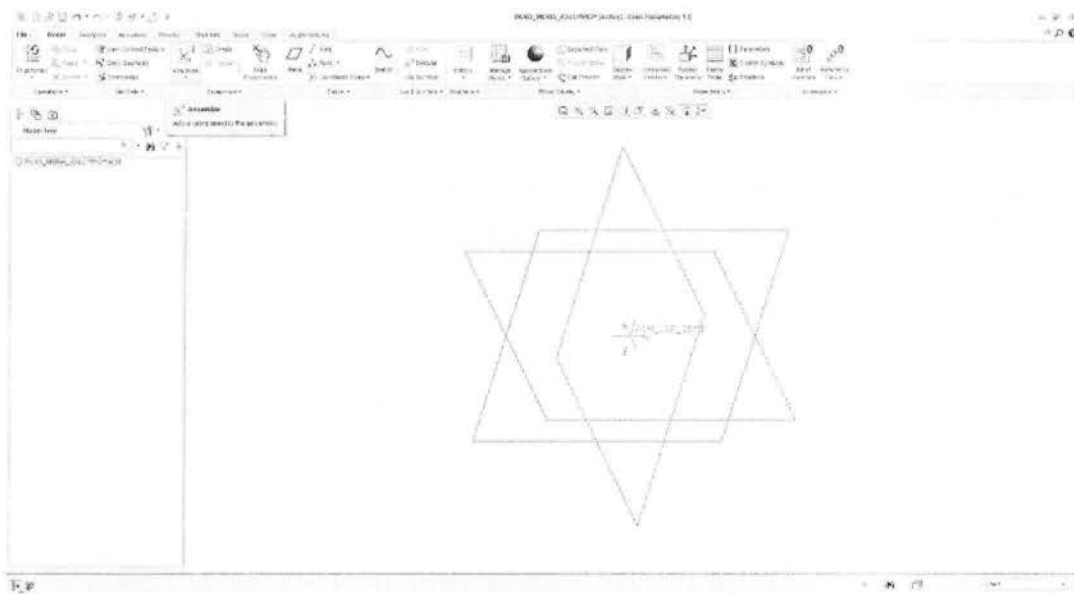
Συναρμολόγηση πάνω μέρος καλουπιού(9 βήματα)

Βήμα 1<sup>ο</sup> : Ανοίγουμε το πρόγραμμα και πατάμε «New» στον πίνακα που ανοίγει επιλέγουμε «Assembly»

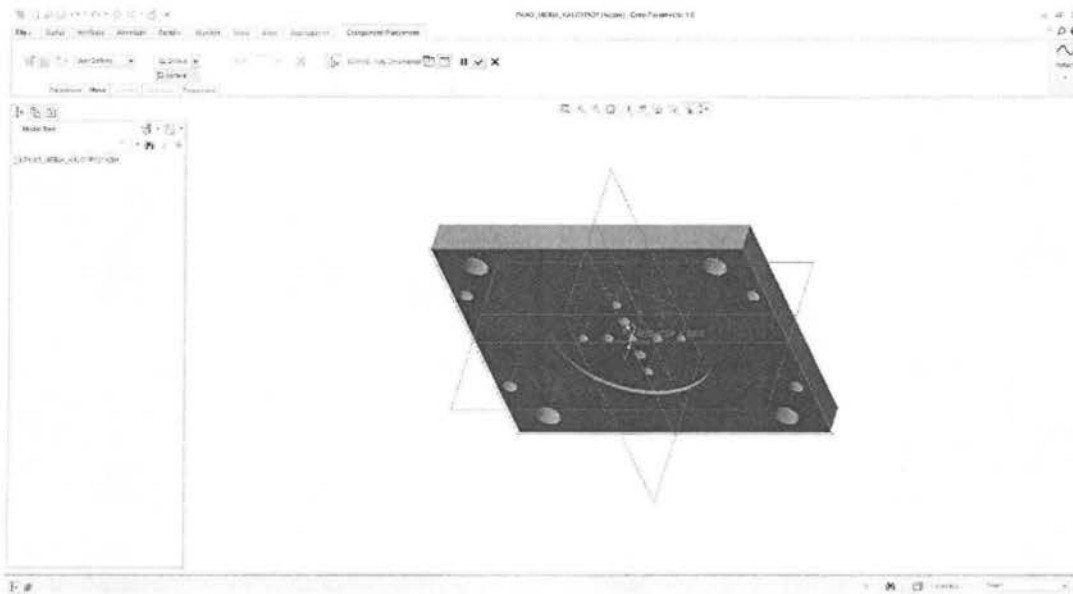




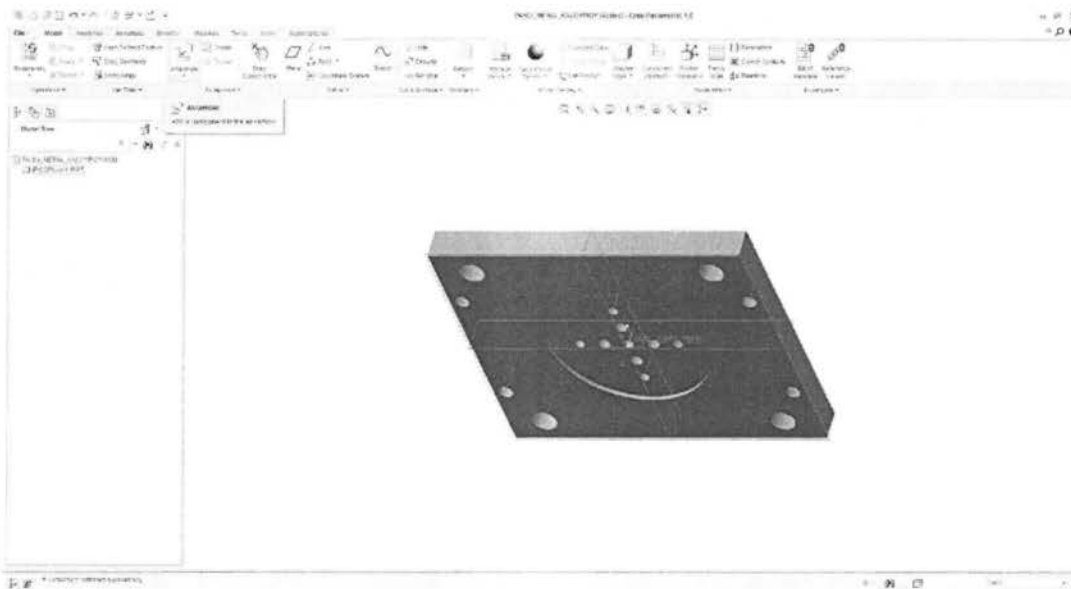
Βήμα 2<sup>ο</sup> : Μόλις ανοίξει επιλέγουμε το εικονίδιο «Assembly»



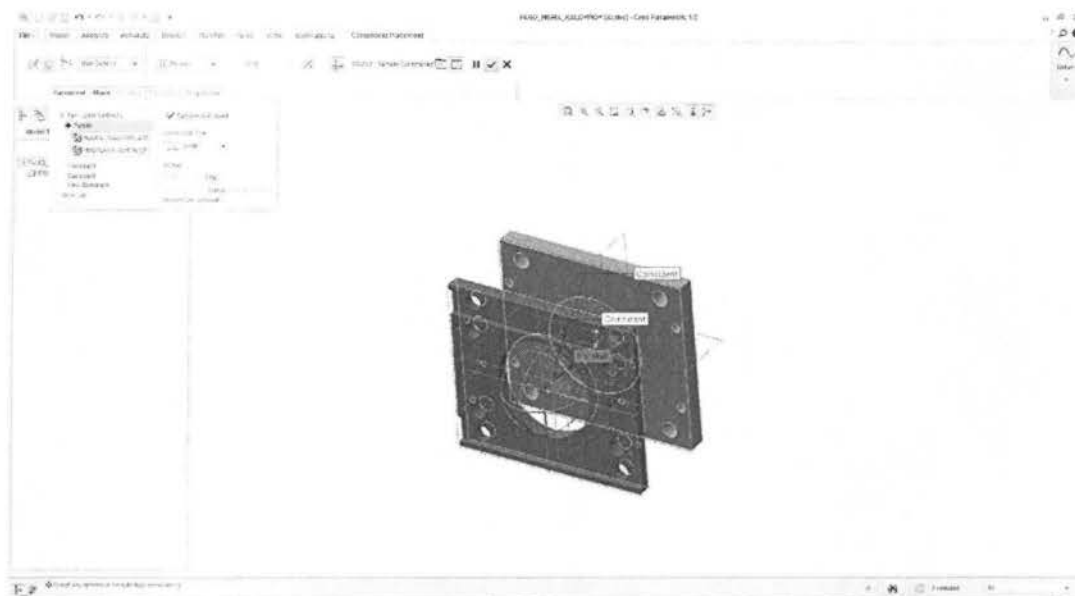
Βήμα 3<sup>ο</sup> : Βάζουμε μέσα το πρώτο κομμάτι μας που θα είναι σταθερό επιλέγοντας το «Default» για να ενώσει τις αξονικές του κομματιού και του χώρου



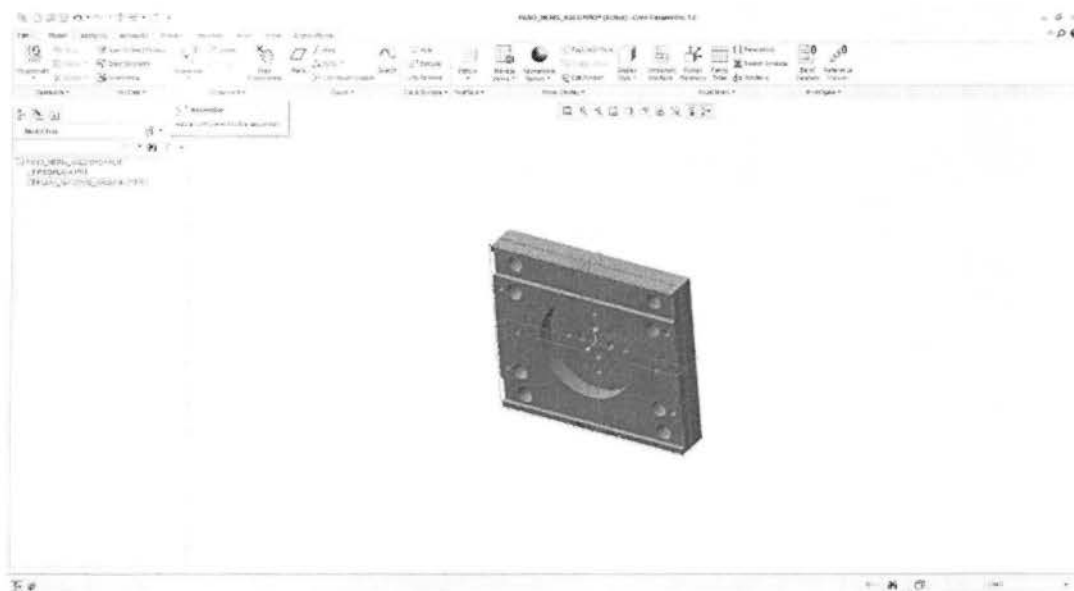
Βήμα 4<sup>ο</sup> : Μετά ξαναπατάμε «Assemble» για να εισάγουμε το επόμενο σχέδιο



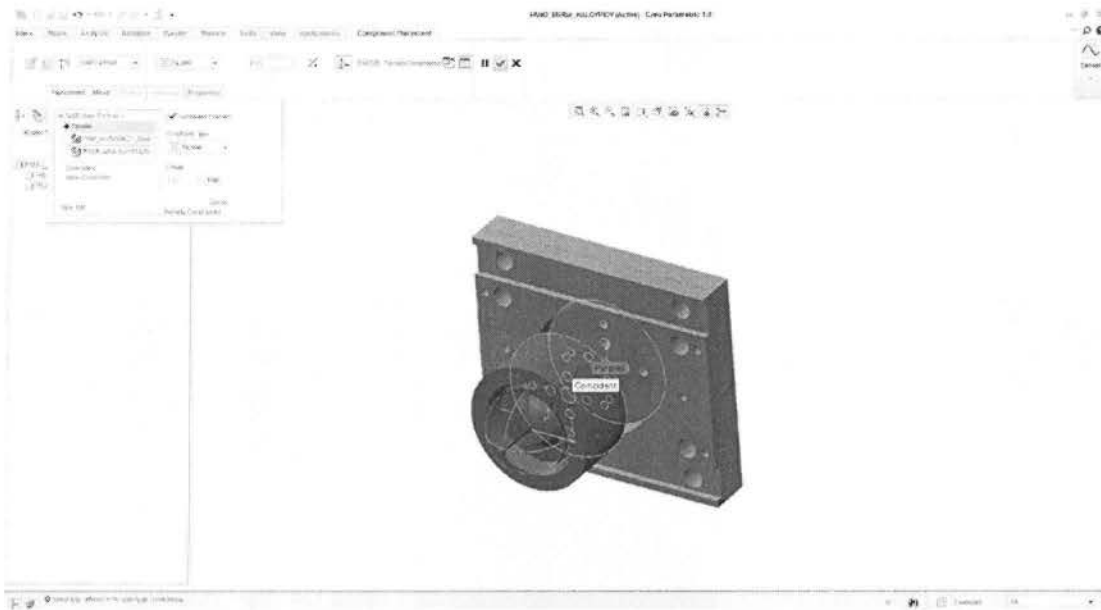
Βήμα 5<sup>ο</sup> : Ενώνουμε τις επιφάνειες για να ολοκληρωθεί η συναρμολόγηση



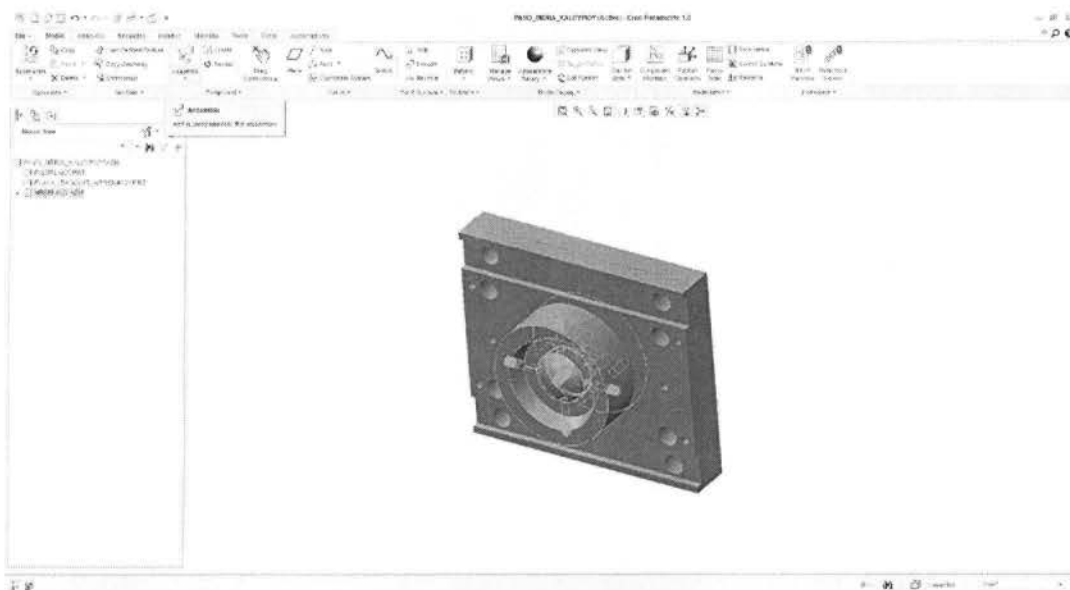
Βήμα 6<sup>ο</sup> : Μόλις ενωθούν πλήρως οι επιφάνειες επιλέγουμε πάλι «Assemble» για να εισάγουμε το επόμενο σχέδιο



Βήμα 7<sup>ο</sup> : Εισάγουμε το επόμενο σχέδιο και ενώνουμε και σε αυτό τις επιφάνειες για να οριστεί πλήρως στο χώρο



Βήμα 8<sup>ο</sup> : Μόλις ολοκληρωθεί και αυτό επιλέγουμε πάλι «Assemble» για να εισάγουμε το επόμενο σχέδιο

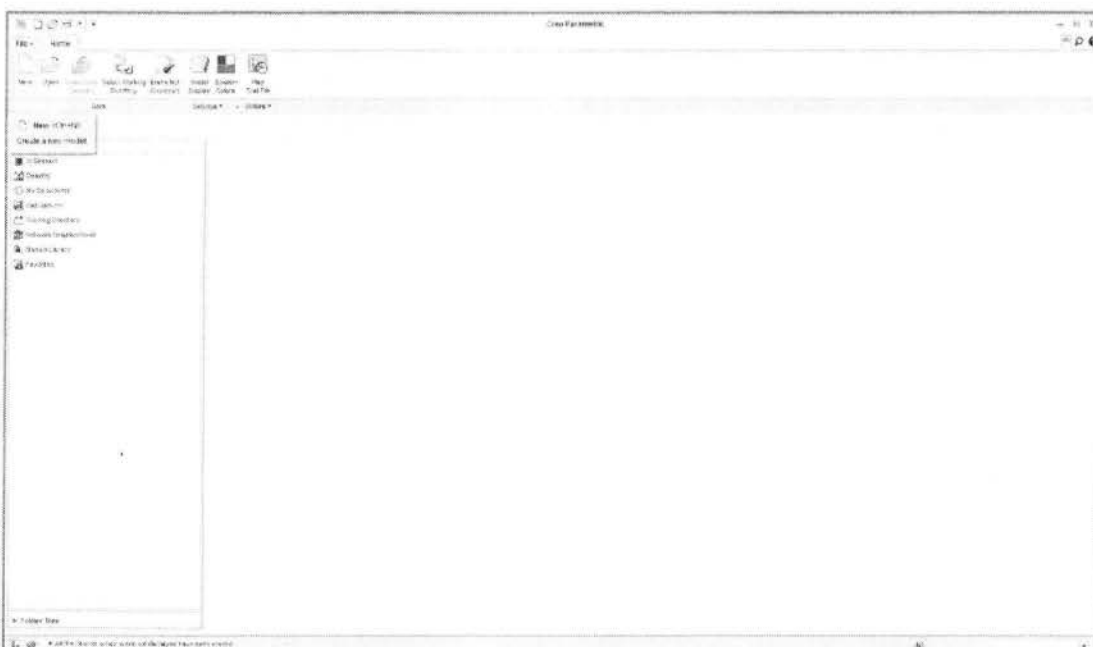


Βήμα 9<sup>ο</sup> : Εισάγουμε και το τελευταίο κομμάτι της συναρμολόγησης και ενώνουμε τις επιφάνειες μεταξύ τους για να οριστεί στο χώρο και το Assemble ολοκληρώθηκε

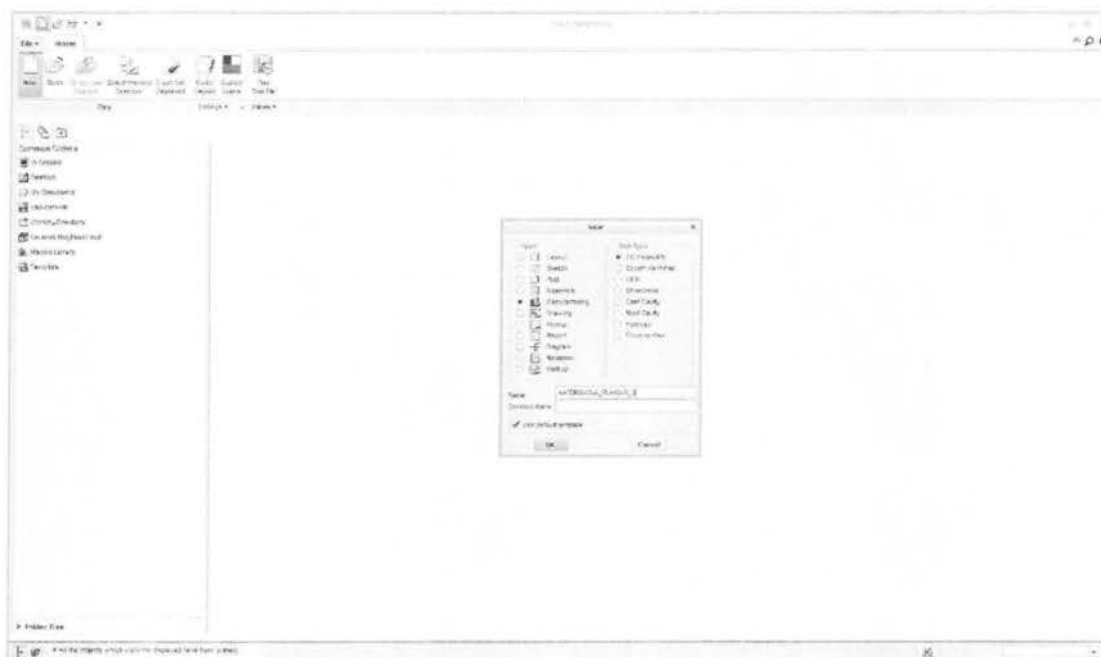


## 10.6 Διαδικασία CAM στο Creo - Pro Engineer (45 βήματα)

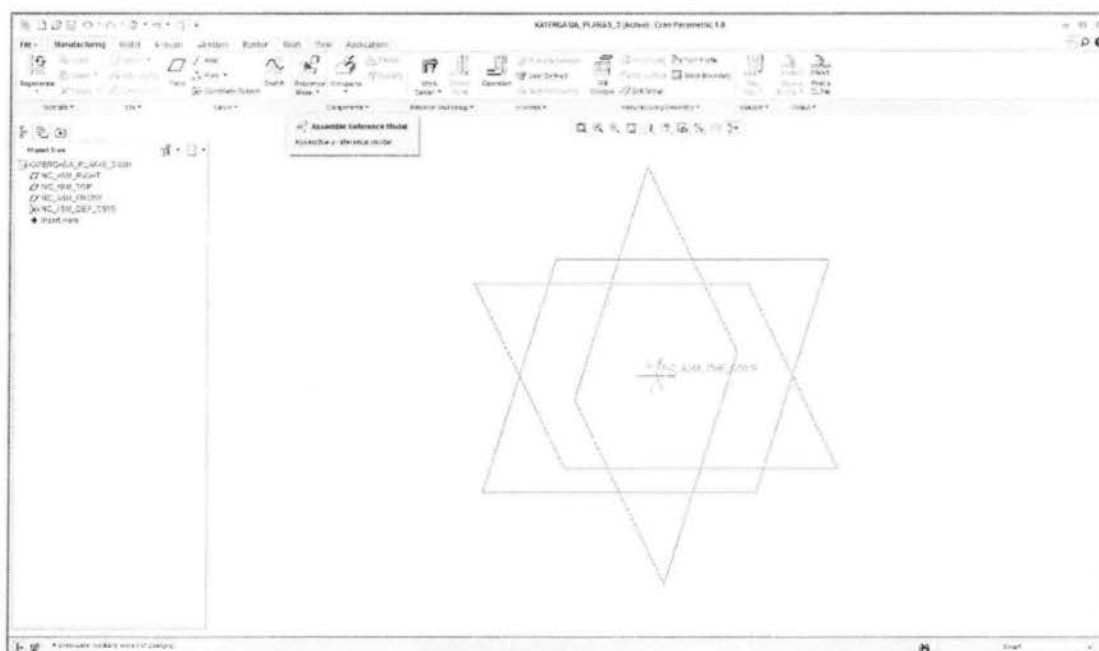
Βήμα 1<sup>ο</sup> : Έχοντας ανοίξει το πρόγραμμα επιλέγουμε «New»



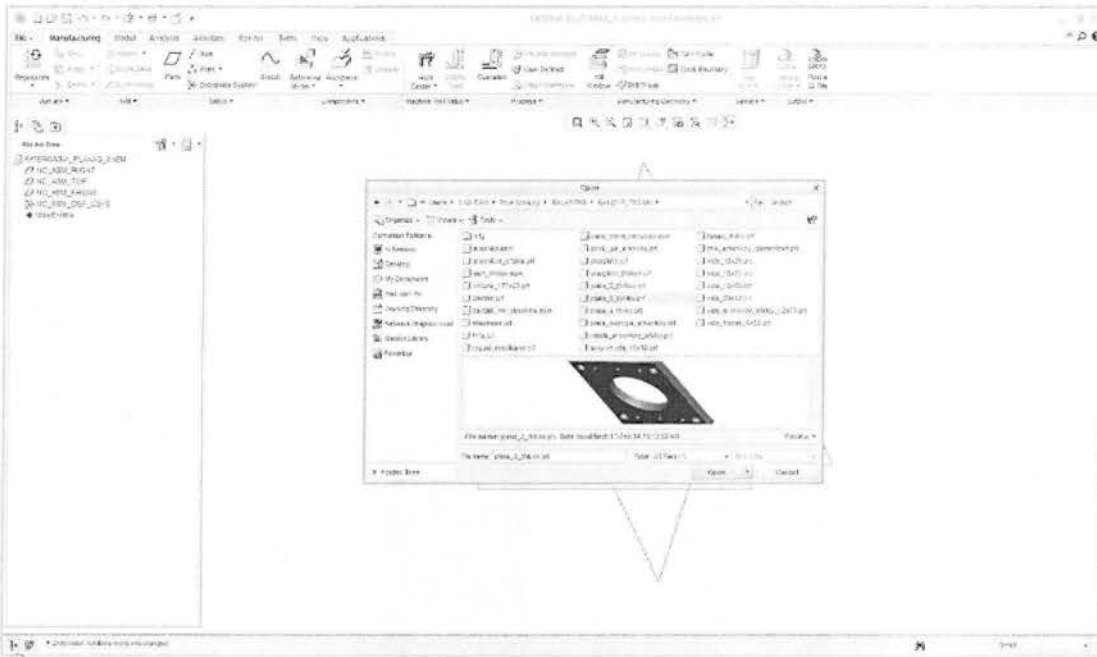
Βήμα 2<sup>ο</sup>: Στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγουμε «Manufacturing» και δίνουμε ένα όνομα στο «Name»



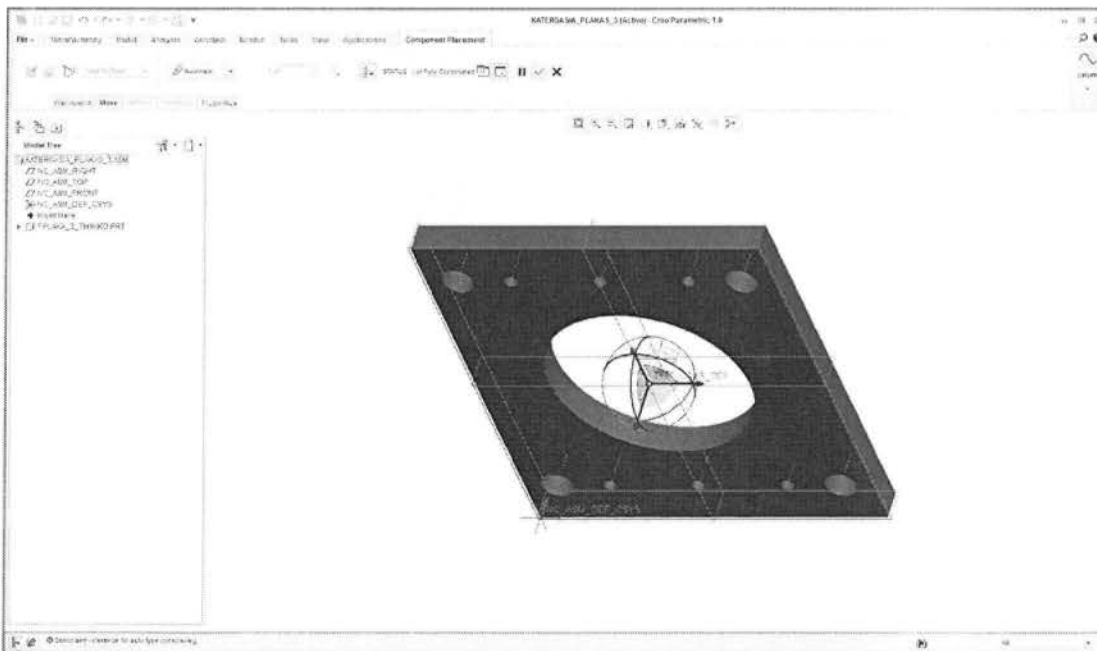
Βήμα 3<sup>ο</sup>: Μόλις μπούμε στο Manufacturing επιλέγουμε «Reference Model»



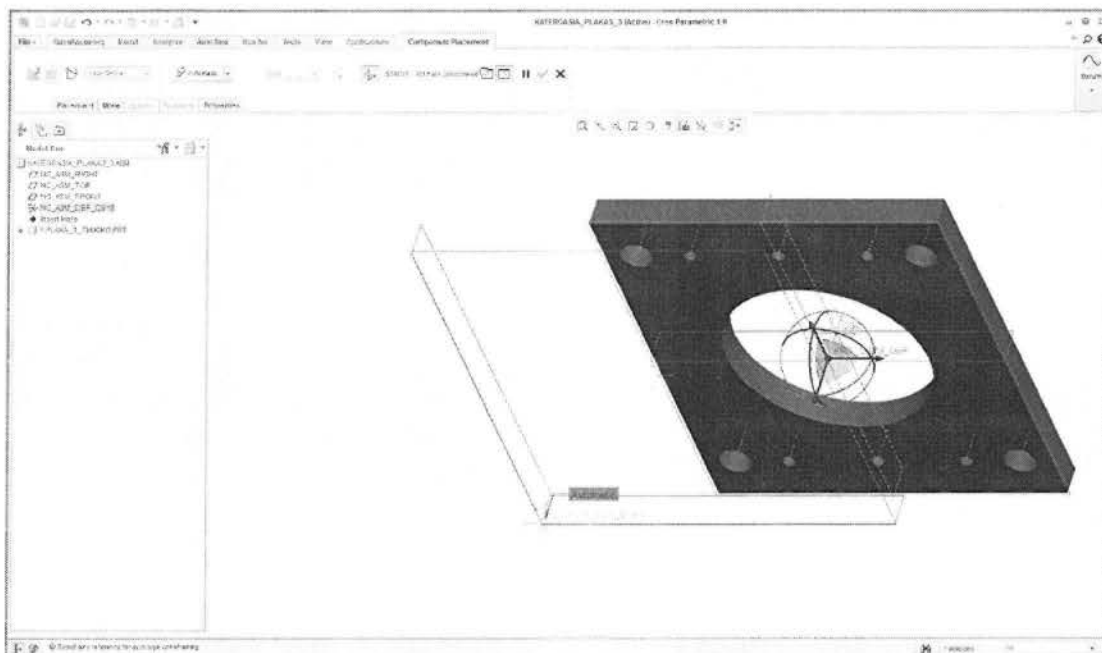
Βήμα 4<sup>ο</sup> : Εισάγουμε το κομμάτι που έχουμε σχεδιάσει για κατεργασία.



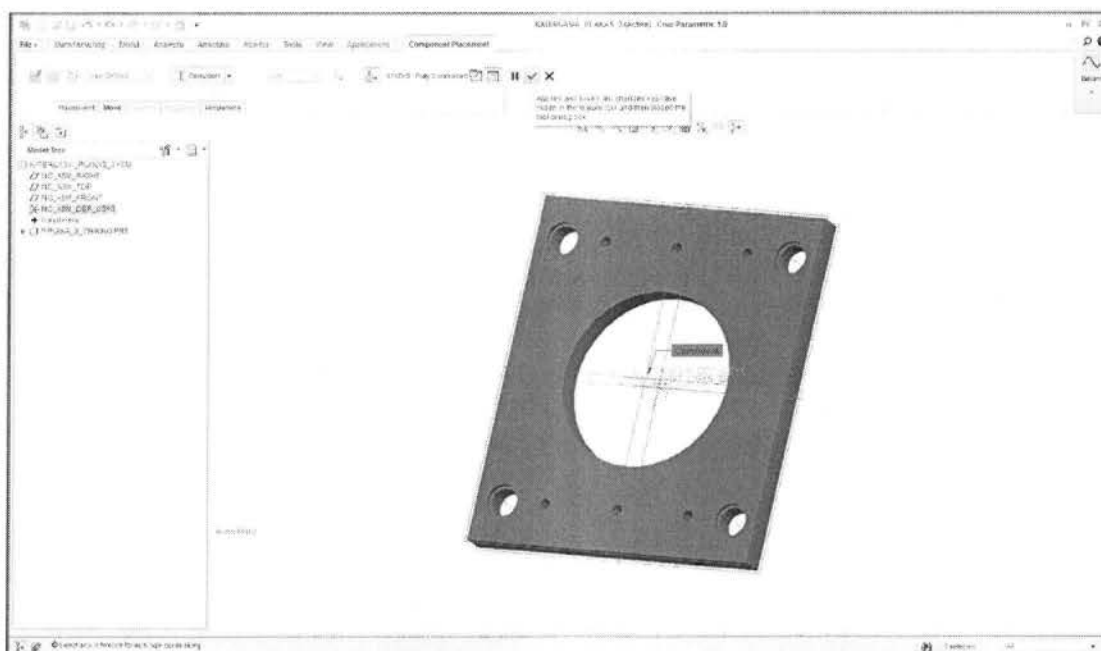
Βήμα 5<sup>ο</sup> : Μόλις βάλουμε το κομμάτι στο Manufacturing το ορίζουμε στο χώρο



Βήμα 6ο : Ορίζουμε το κομμάτι μας στο χώρο με την βοήθεια των συντεταγμένων

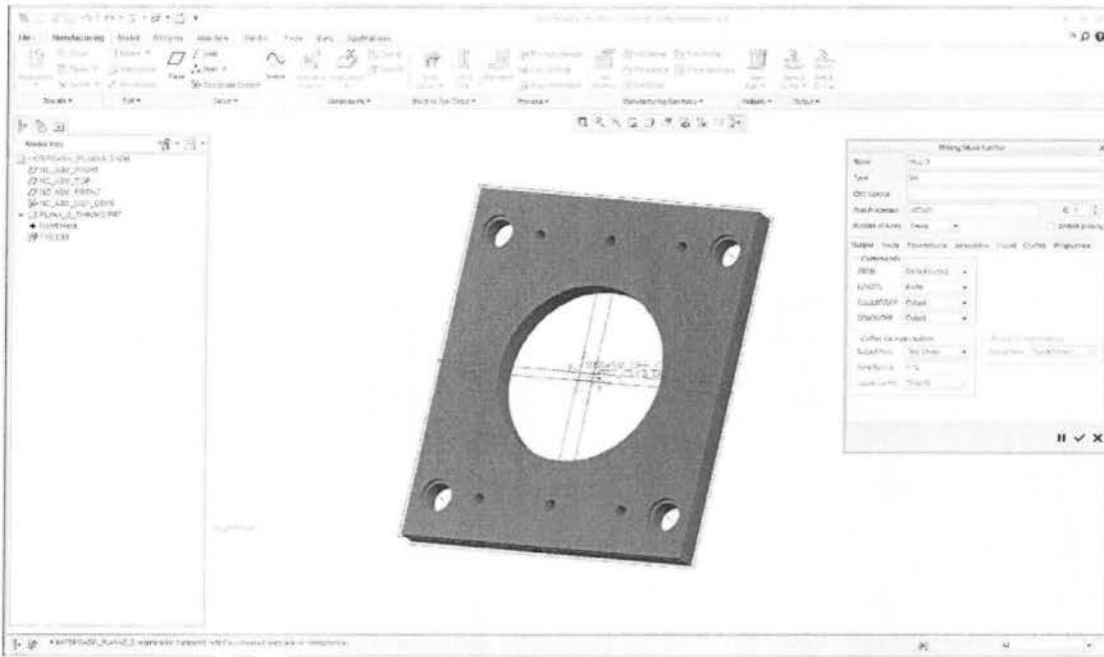


Βήμα 7ο : Εφόσον το ορίσουμε στο χώρο πατάμε το «correct √»





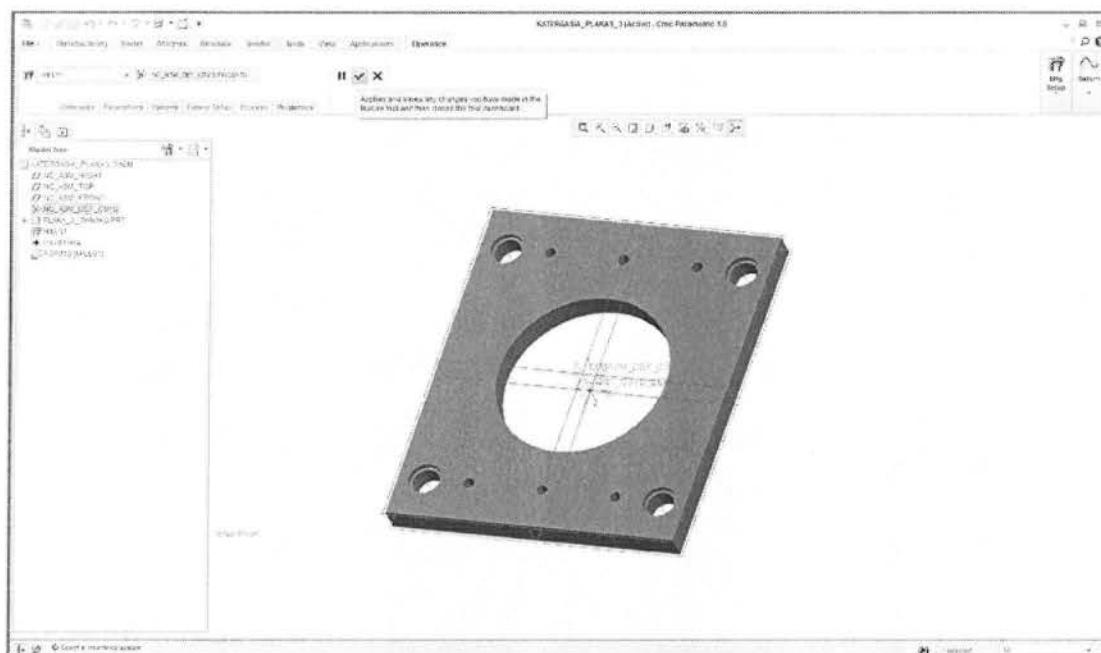
Βήμα 8ο : Μετά του δίνουμε στοιχεία για το μηχάνημα μας πατώντας το «work center» όπου του ορίζουμε εάν είναι Mill ή Lathe και τον αριθμό των αξόνων.



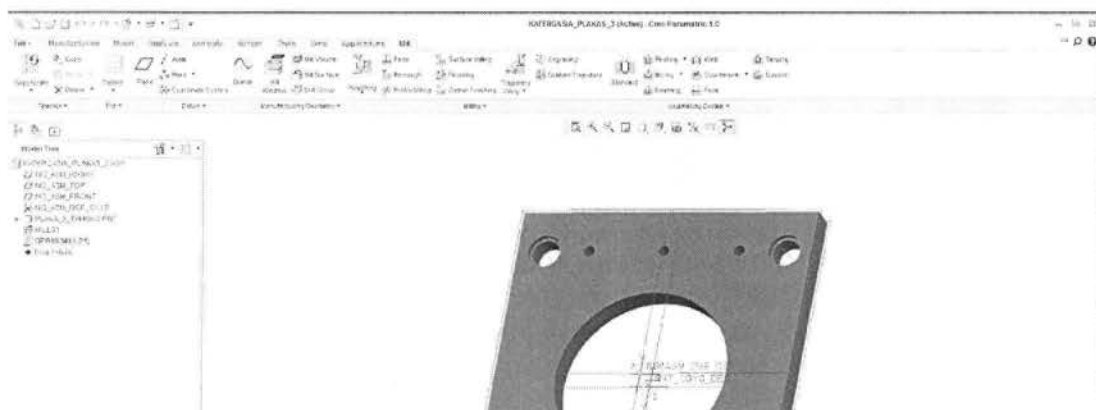
Βήμα 9ο : Πατάμε το «Operation» για να μας δημιουργήσει τις επιλογές κατεργασιών ανάλογα με τα στοιχεία που του δώσαμε στο προηγούμενο βήμα



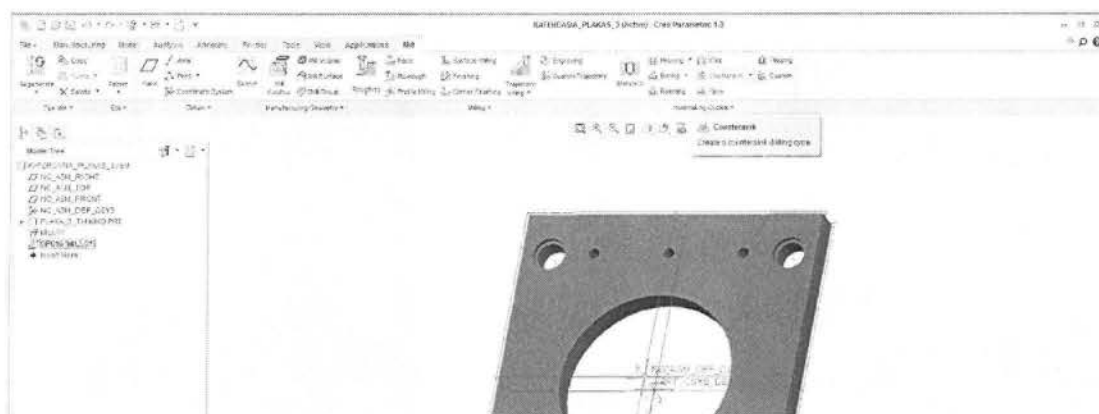
Βήμα 10<sup>ο</sup> : Στο Operation μας ζητάει σύστημα συντεταγμένων στο οποίο θα κουνηθεί η μηχανή.



Βήμα 11<sup>ο</sup> : Μόλις ολοκληρωθεί το Operation μας εμφανίζει τις κατεργασίες που μπορεί να κάνει η CNC φρέζα.



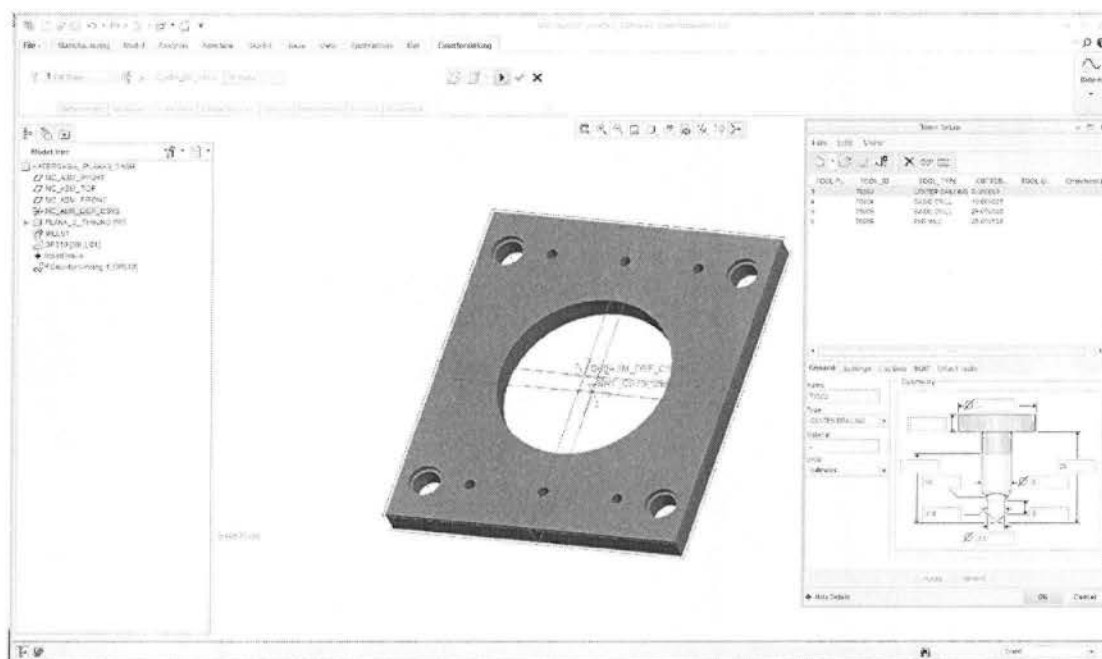
Βήμα 12<sup>ο</sup> : Στο συγκεκριμένο κομμάτι πρέπει να δημιουργηθούν πρώτα οι τρύπες, όποτε επιλεγώ «countersink» δηλαδή κεντραδόρο.



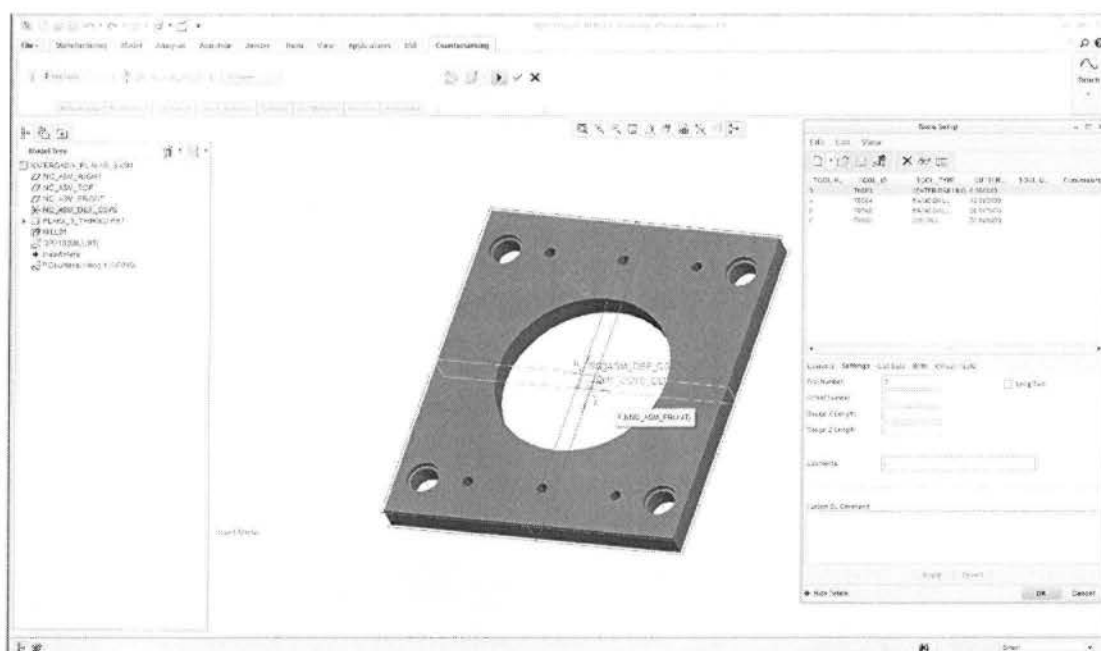
Βήμα 13<sup>ο</sup> : Πατάω το tool για να προσθέσω εργαλείο



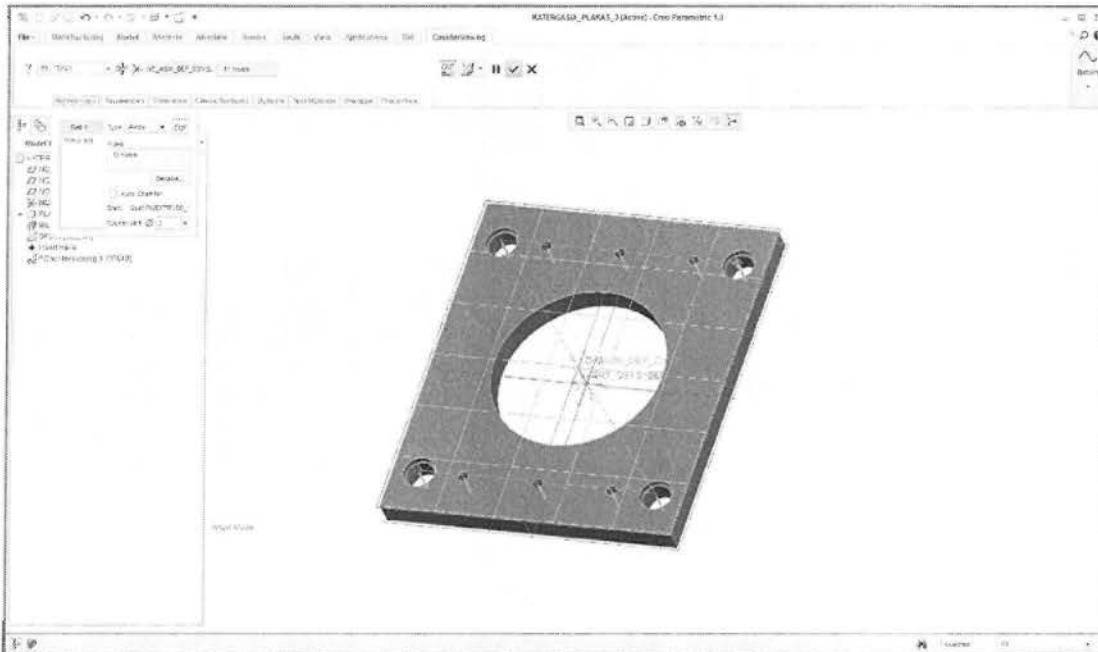
Βήμα 14<sup>ο</sup> : Μου εμφανίζει το εικονίδιο «Tools setup» όπου στο General του καθορίζω τα χαρακτηριστικά του κοπτικού.



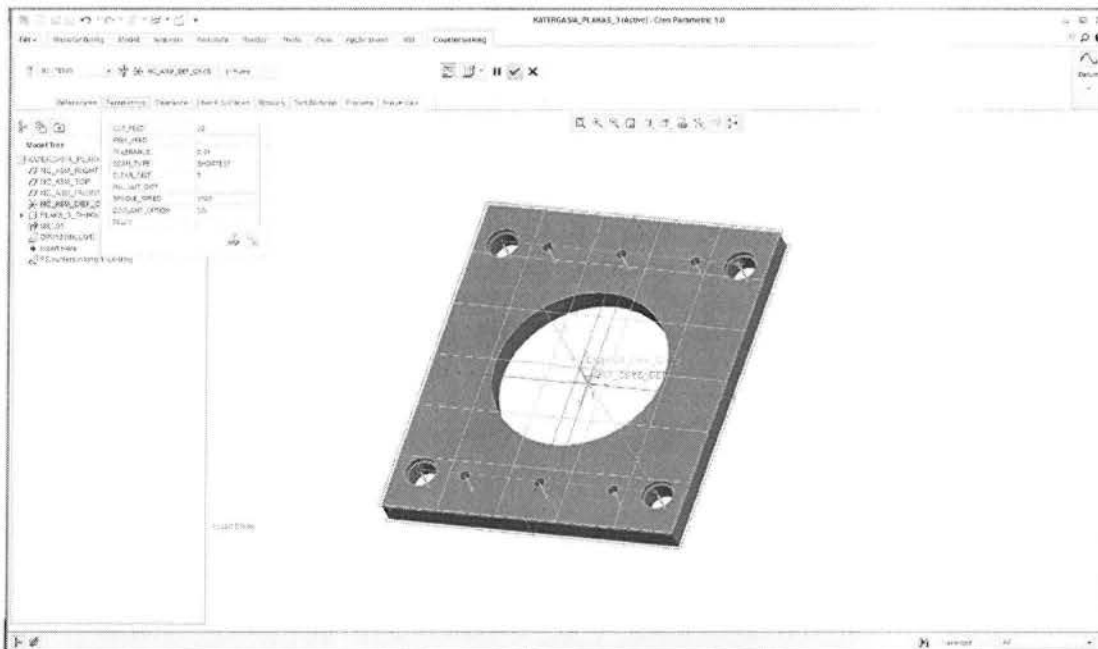
Βήμα 15<sup>ο</sup> : Στο ίδιο παράθυρο στο Settings καθορίζω τη θέση του κοπτικού πάνω στην ομπρέλα της μηχανής.



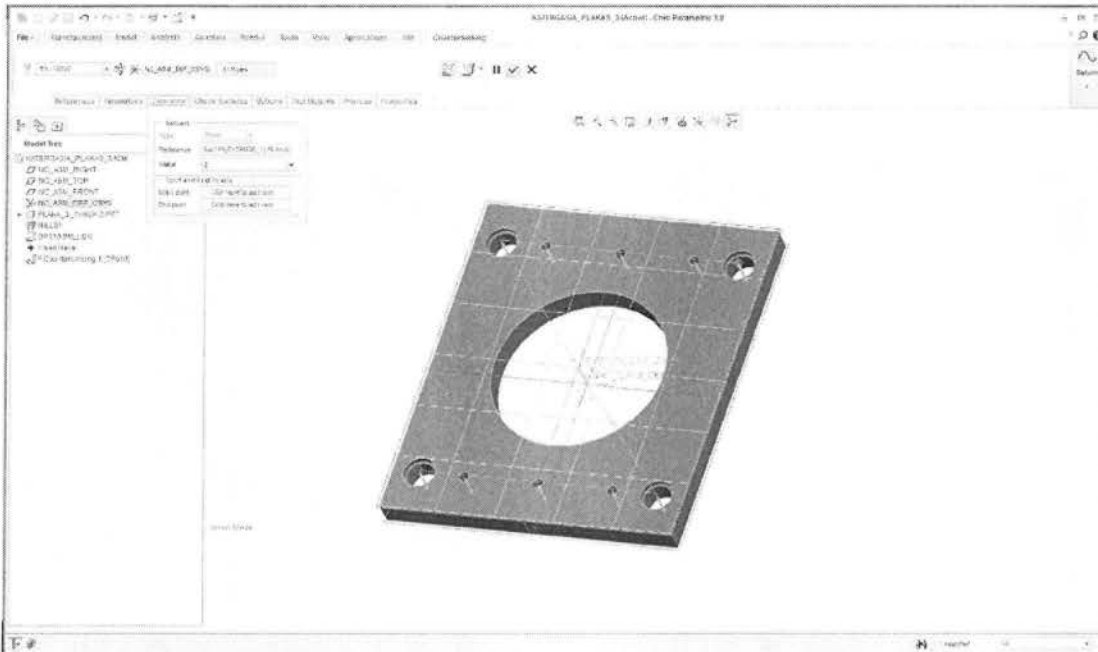
Βήμα 16° : Μετά επιλέγω «References» όπου επιλέγω τις τρύπες που θέλω να γίνουν με την βοήθεια των αξόνων



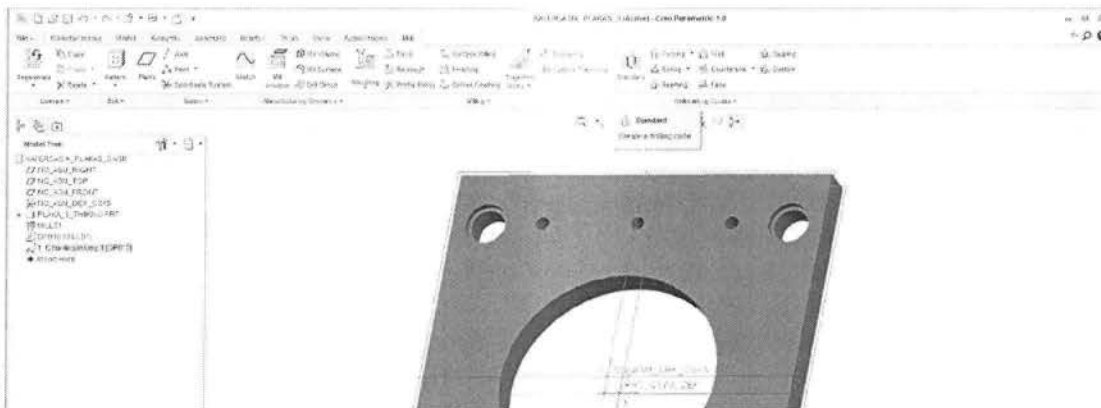
Βήμα 17° : Μετά επιλέγω «Parameters» όπου του προσδιορίζω συνθήκες κοπής



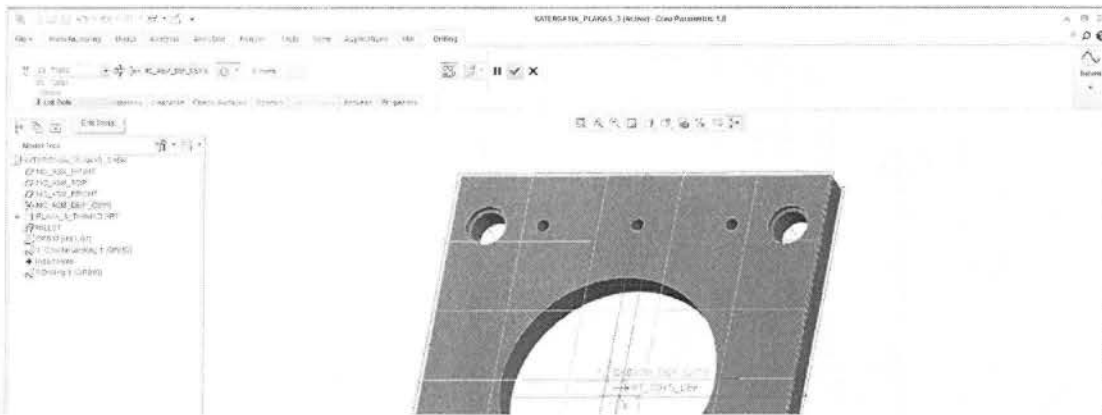
Βήμα 18<sup>ο</sup> : Έπειτα επιλέγω το «Clearance» για να του προσδιορίσω σε πόσο ύψος στον Z άξονα θα σηκώνεται για να κινείται ελεύθερα.



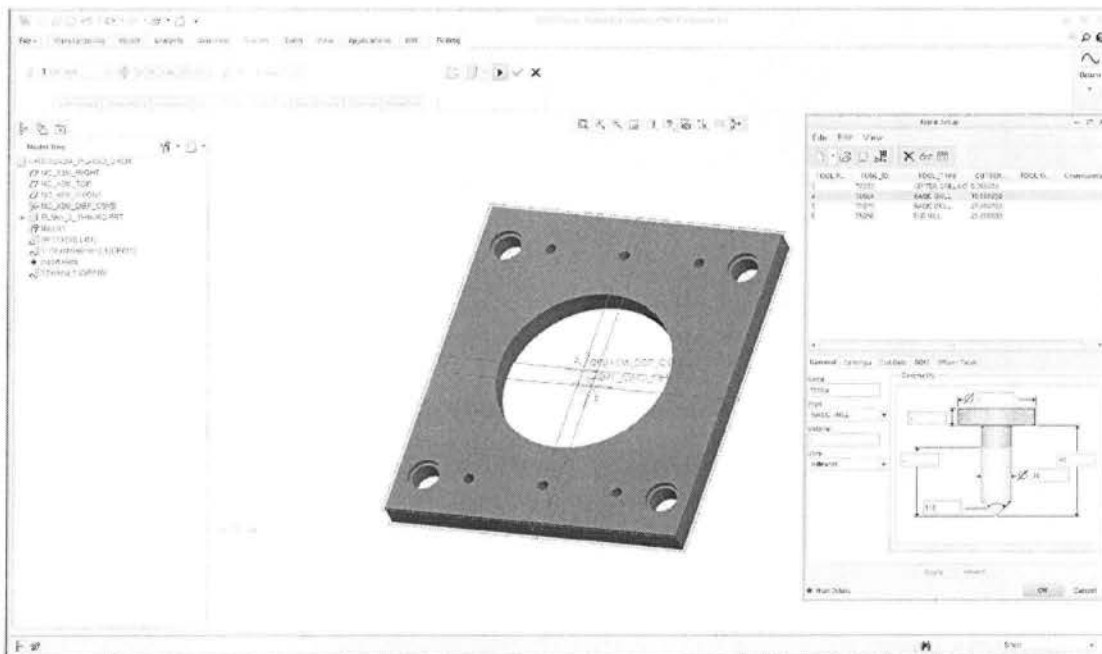
Βήμα 19<sup>ο</sup> : Έπειτα επιλέγω το «Standard» όπου είναι για τρυπάνια



Βήμα 20<sup>ο</sup> : Επίσης προσθέτω με τον ίδιο τρόπο με το (Βήμα 13) εργαλείο και σε αυτή την εντολή



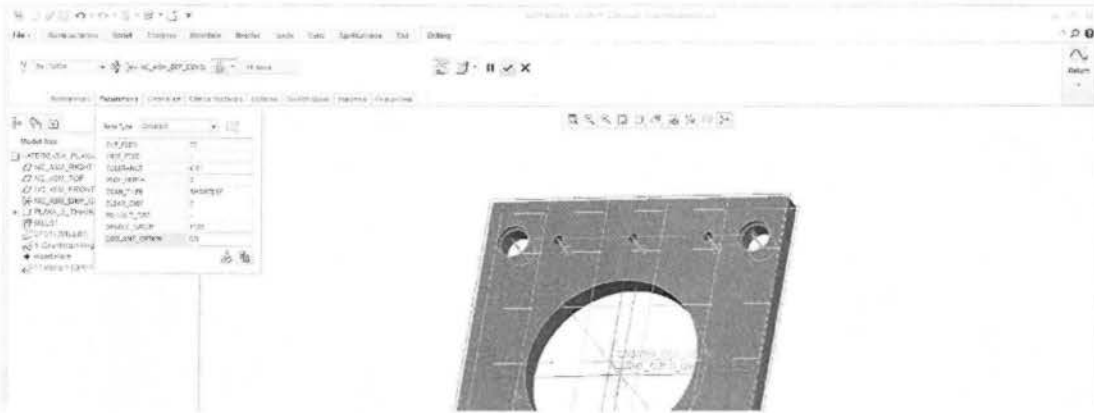
Βήμα 21<sup>ο</sup> : Μου εμφανίζει το εικονίδιο «Tools setup» όπου στο General του καθορίζω τα χαρακτηριστικά του κοπτικού.



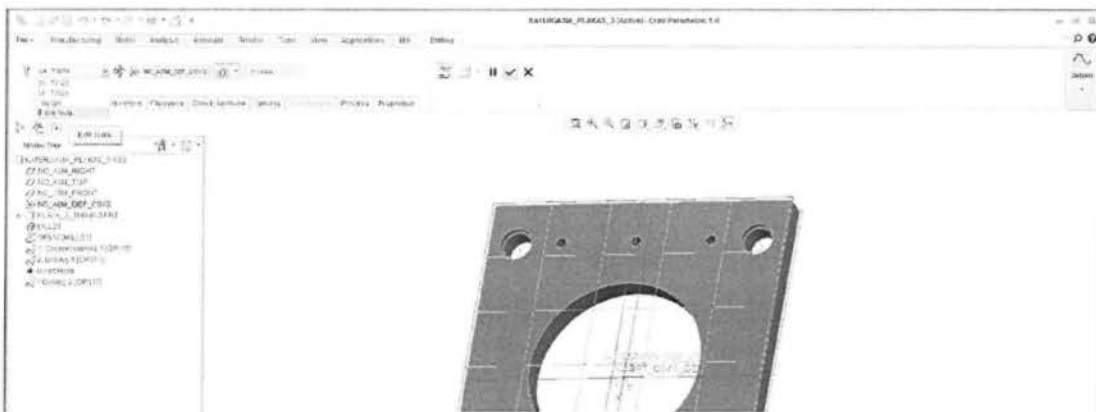




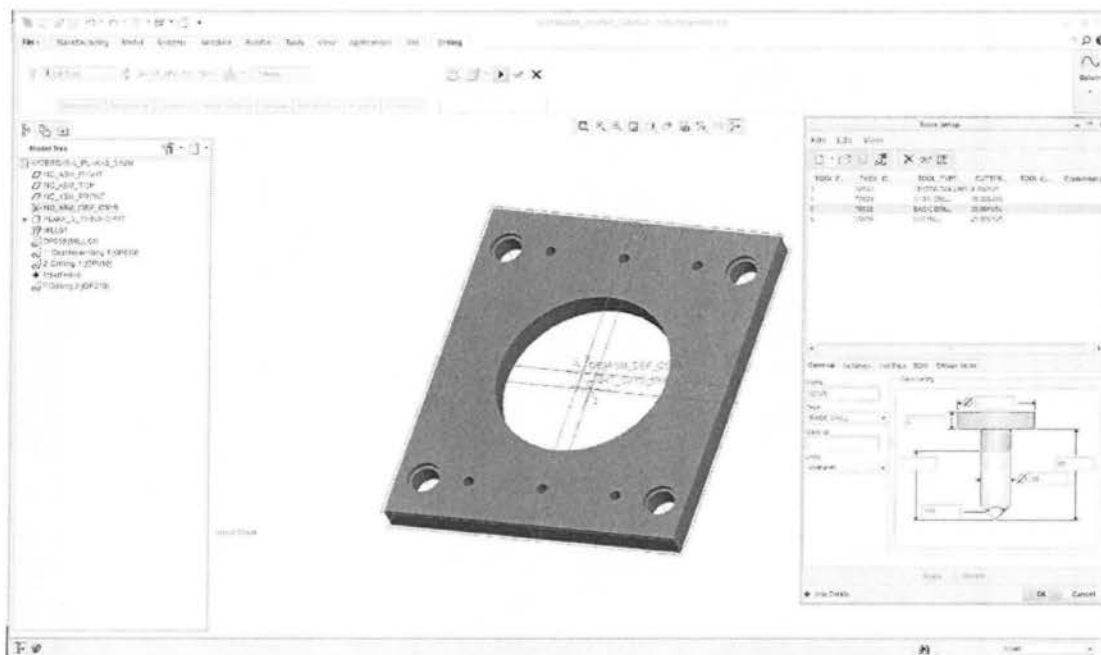
Βήμα 24<sup>ο</sup> : Μετά επιλέγω «Parameters» όπου του προσδιορίζω συνθήκες κοπής



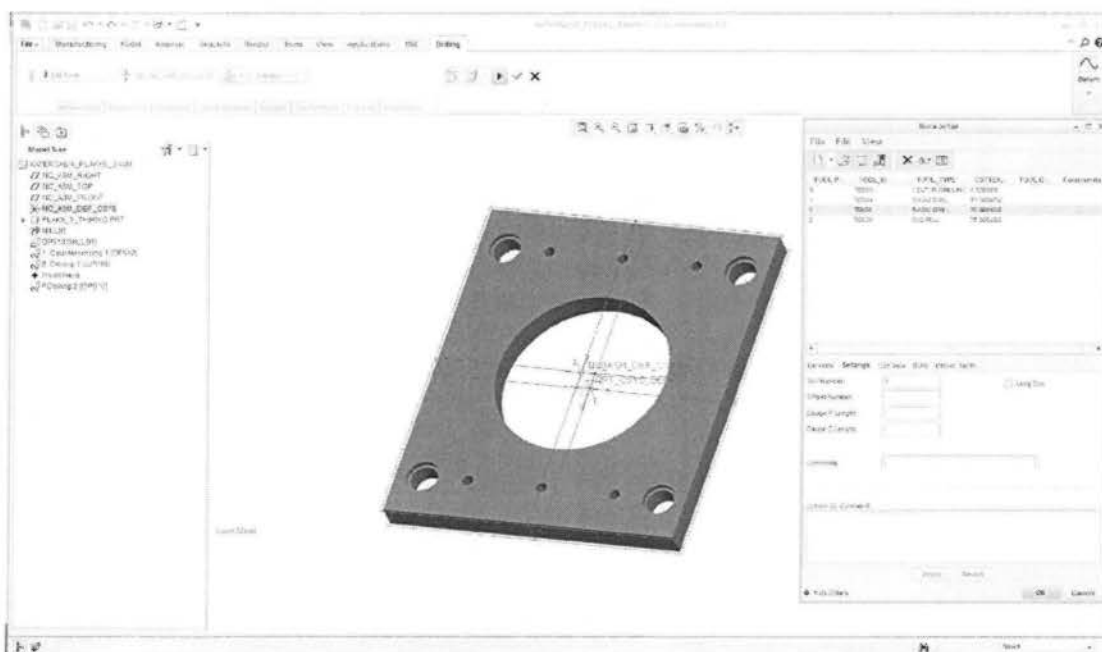
Βήμα 25<sup>ο</sup> : Επίσης προσθέτω με τον ίδιο τρόπο με το (Βήμα 13) εργαλείο και σε αυτή την εντολή και αυξάνω την διάμετρο του εργαλείου.



Βήμα 26<sup>ο</sup> : Μου εμφανίζει το εικονίδιο «Tools setup» όπου στο General του καθορίζω τα χαρακτηριστικά του κοπτικού.



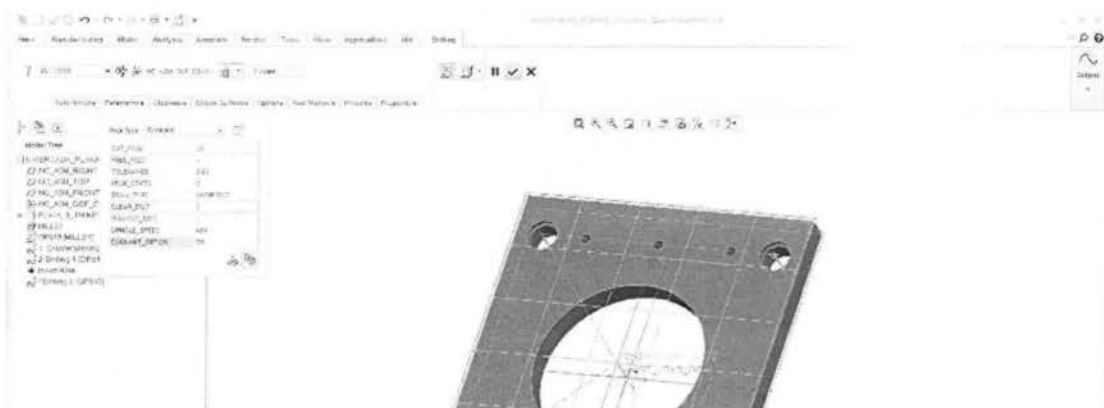
Βήμα 27<sup>ο</sup> : Στο ίδιο παράθυρο στο Settings καθορίζω τη θέση του κοπτικού πάνω στην ομπρέλα της μηχανής.



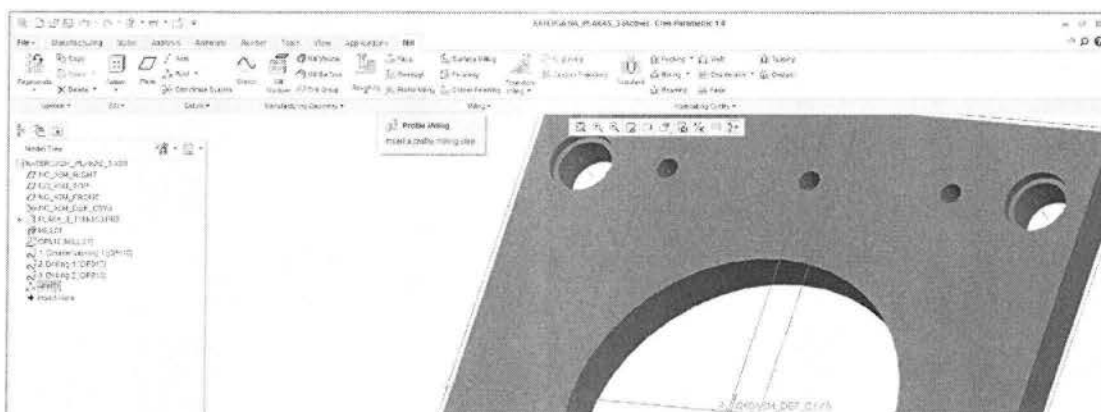
Βήμα 28ο : Μετά επιλέγω «References» όπου επιλέγω τις τρύπες που θέλω να γίνουν με την βοήθεια των αξόνων και σε τι βάθος



Βήμα 29ο : Μετά επιλέγω «Parameters» όπου του προσδιορίζω συνθήκες κοπής



Βήμα 30<sup>ο</sup> : Για την τελική διάμετρο της μεσαίας τρύπας χρησιμοποιώ την εντολή «Profile Milling»

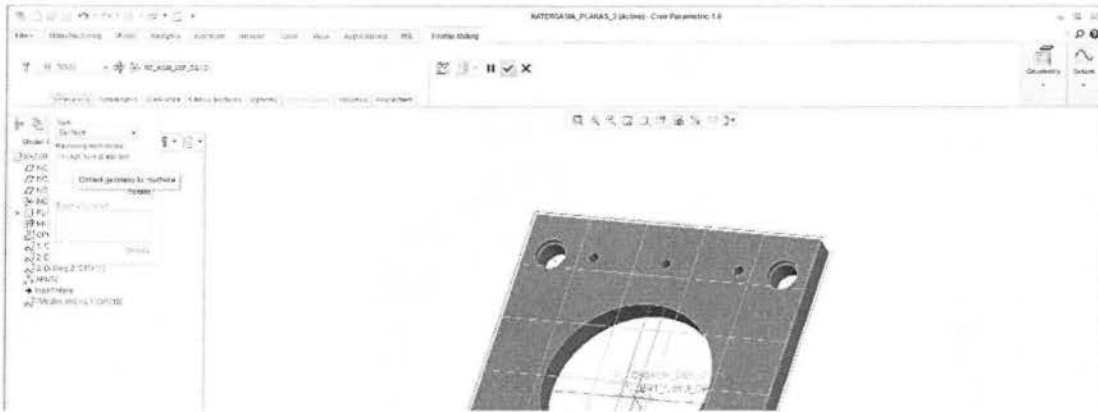


Βήμα 31<sup>ο</sup> : Με τον ίδιο τρόπο ορίζω πάλι εργαλείο στο edit tools

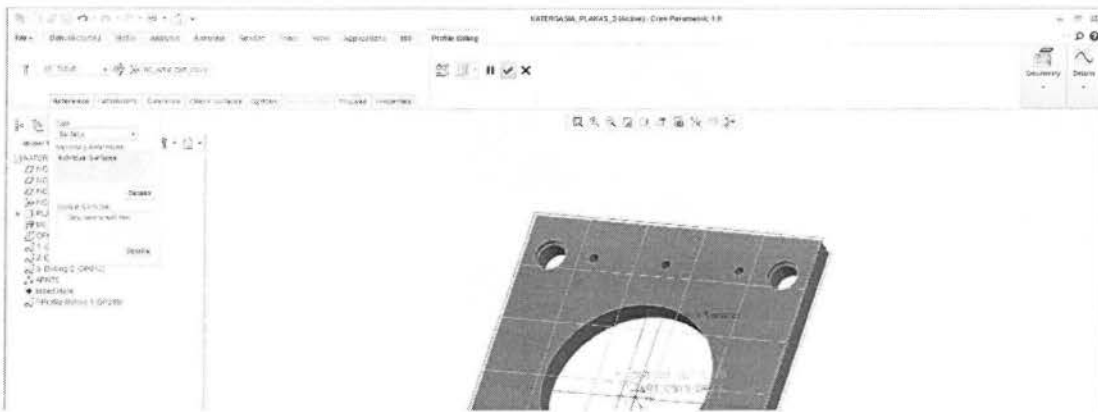




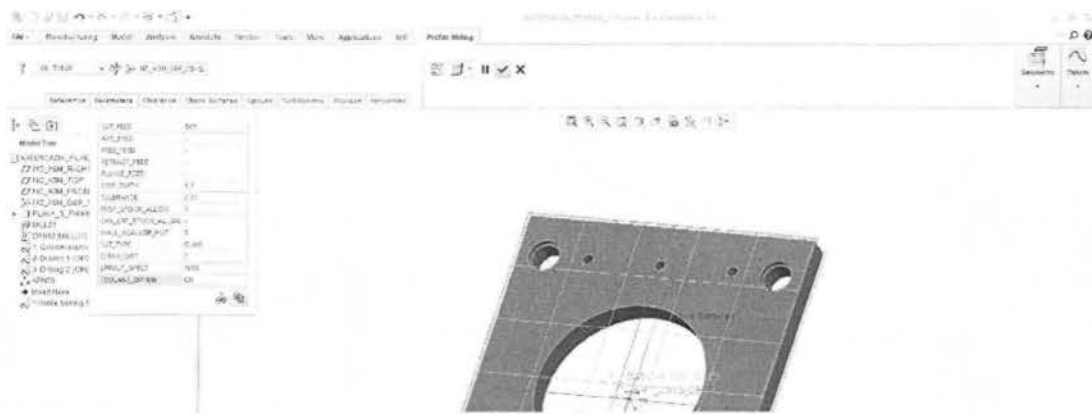
Βήμα 34<sup>ο</sup> : Μετά επιλέγω «References» όπου επιλέγω τις επιφάνειες (surfaces) που θέλω να γίνει κατεργασία



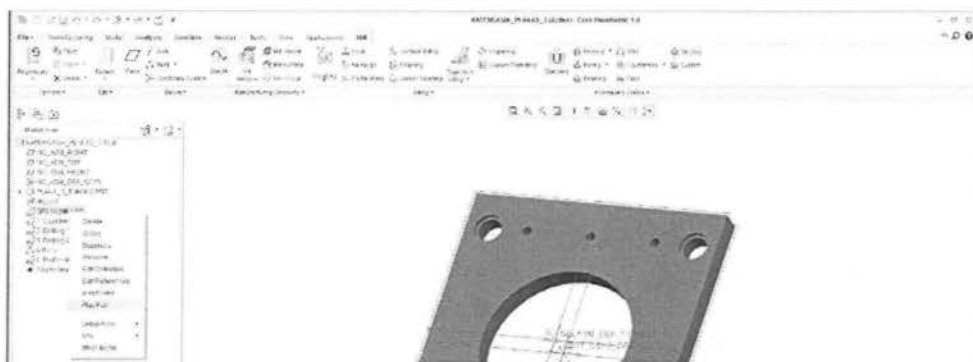
Βήμα 35<sup>ο</sup> : Εδώ φαίνονται οι επιφάνειες που επιλέχτηκαν για κατεργασία και στο κουτάκι μας γράφει «Individual Surfaces»



Βήμα 36° : Μετά επιλέγω «Parameters» όπου του προσδιορίζω συνθήκες κοπής



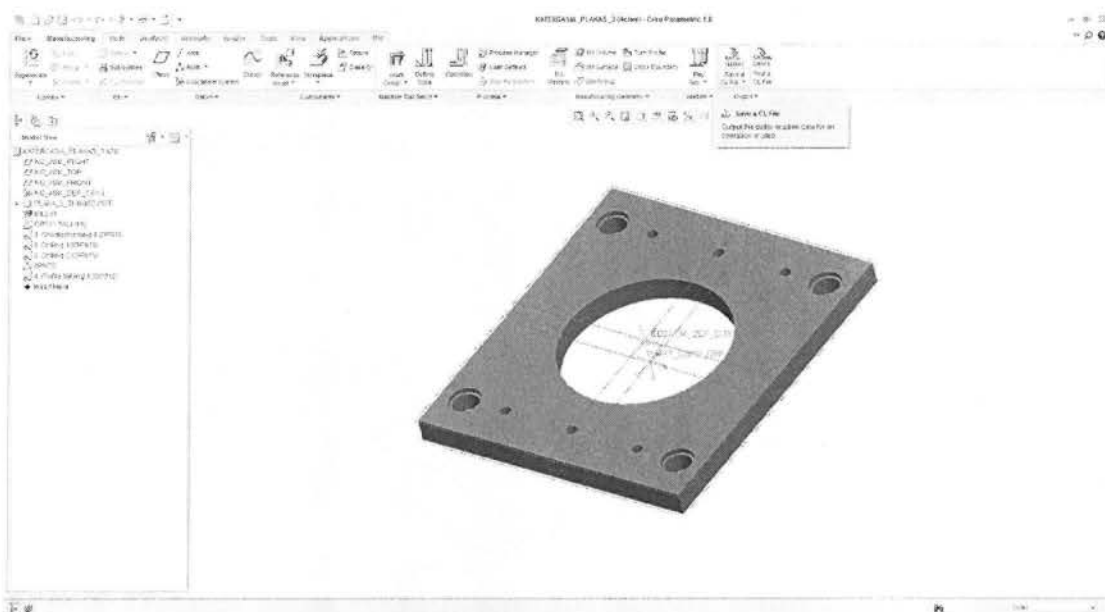
Βήμα 37° : Τέλος επιλέγω το operation που είχα δημιουργήσει στην αρχή (Βήμα 9) πατάω δεξί πλήκτρο στο ποντίκι και πηγαίνω στο «Play Path» το επιλέγω και μου δείχνει ένα animation του πως θα κάνει η μηχανή τις κατεργασίες που του όρισα, όπως θα δείτε στις επόμενες εικόνες.







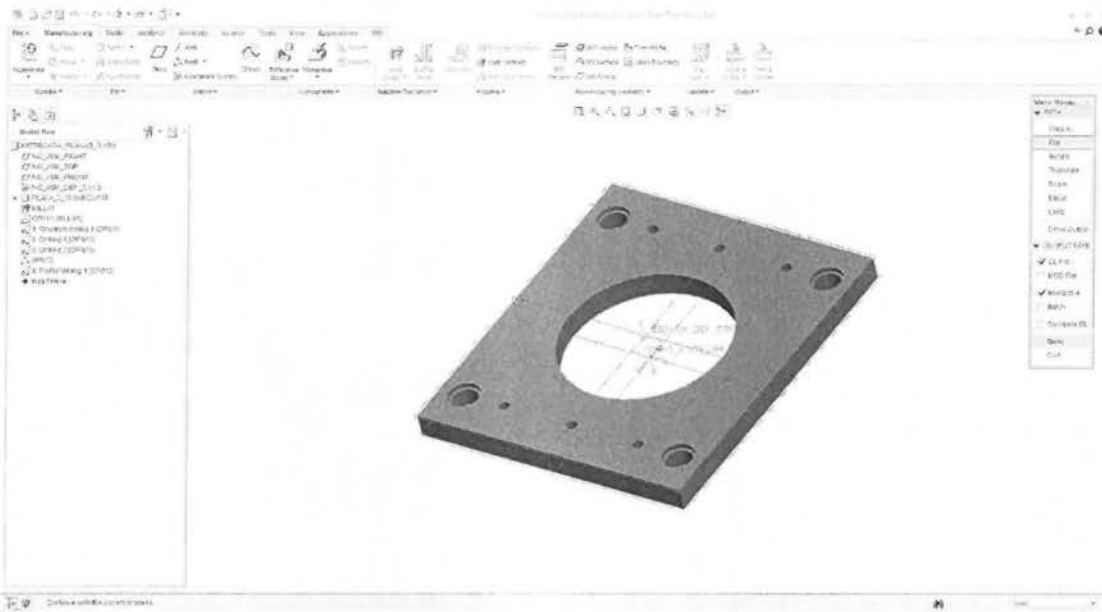
Βήμα 38<sup>ο</sup> : Εφόσον τα έχουμε ελέγξει όλα προχωράμε στη διαδικασία να δημιουργήσουμε κώδικα. Πατάμε το κουμπί «Save a CL File»



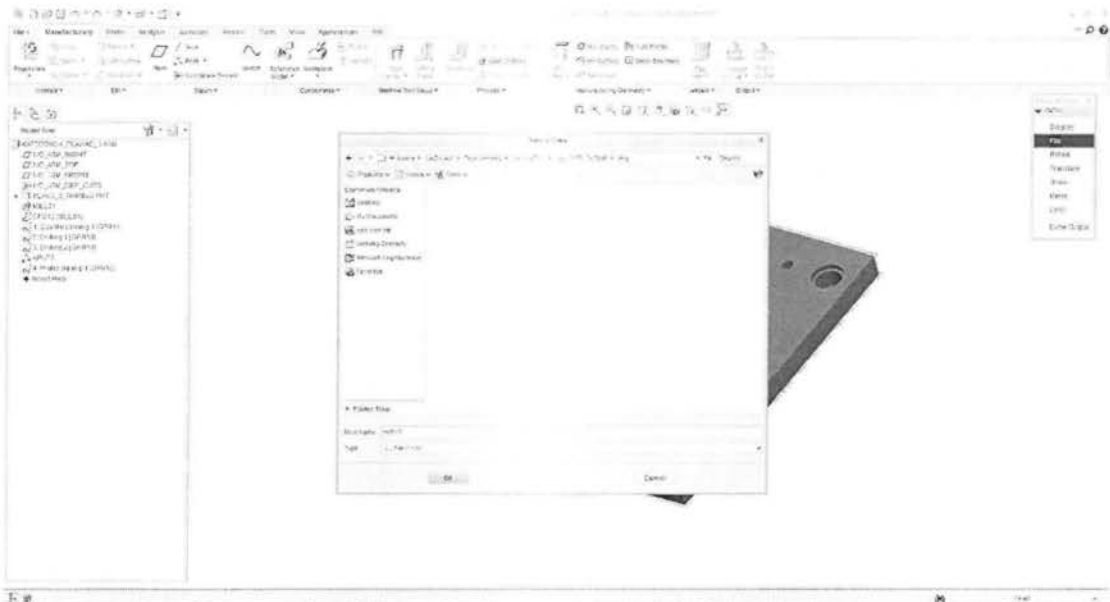
Βήμα 39<sup>ο</sup> : Μας ανοίγει ένα παράθυρο που μας ρωτάει για ποιο Operation θέλουμε να βγάλουμε κώδικα. Στην προκειμένη περίπτωση έχουμε μόνο ένα operation και το επιλέγουμε.



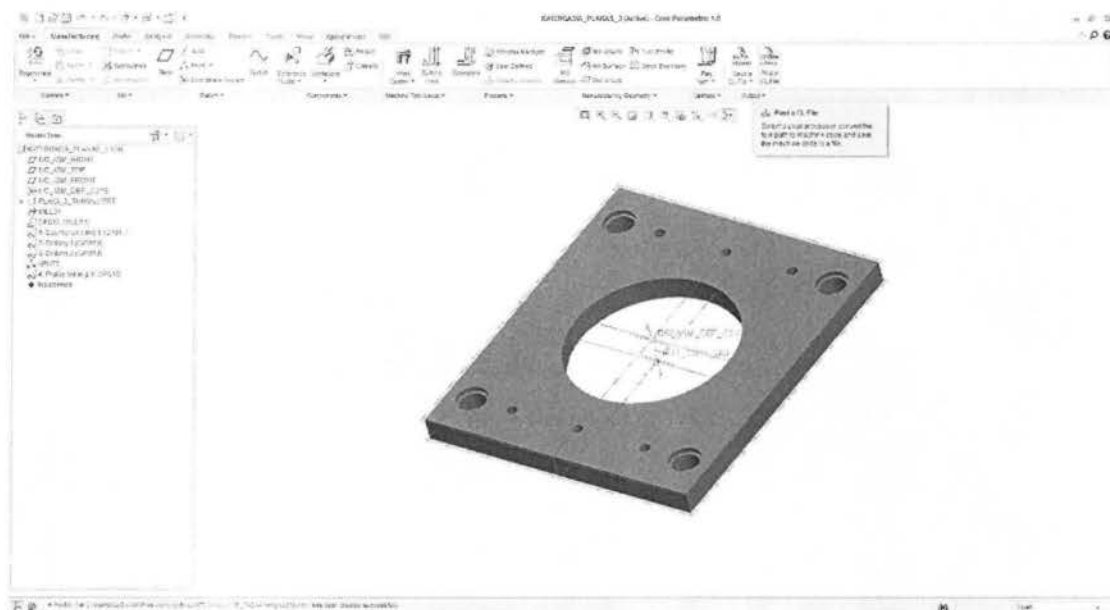
Βήμα 40° : Εφόσον το επιλέξουμε μας ανοίγει άλλο παράθυρο όπου επιλέγουμε File και Done.



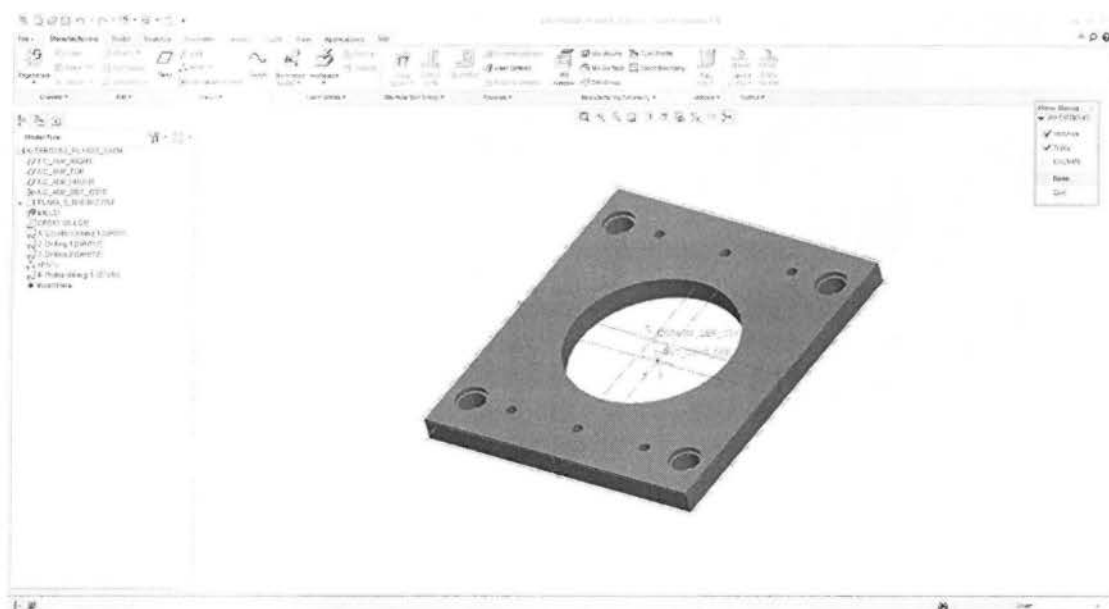
Βήμα 41° : Αμέσως μετά μας ζητάει που να αποθηκεύσει τα στοιχεία που θα ακολουθήσει για την δημιουργία του κώδικα. Αποθηκεύουμε στο φάκελο που έχουμε ορίσει.



Βήμα 42<sup>ο</sup> : Αφού αποθηκεύσουμε πατάμε το κουμπί «Post a CL File»



Βήμα 43<sup>ο</sup> : Μόλις το πατήσουμε μας ανοίγει παράθυρο όπου ρωτάει να βασιστεί στο αρχείο που δημιουργήσαμε προηγουμένως όπου επιλέγουμε Done





## 10.7 Τοποθέτηση καλουπιού στη πρέσα

Αφού επέλεξα το πρόγραμμα από το plc της μηχανής που ταιριάζει στη συγκεκριμένη κατεργασία ρύθμισα τα τερματικά στο έμβολο και στην αντίθλιψη(εξολκέα).

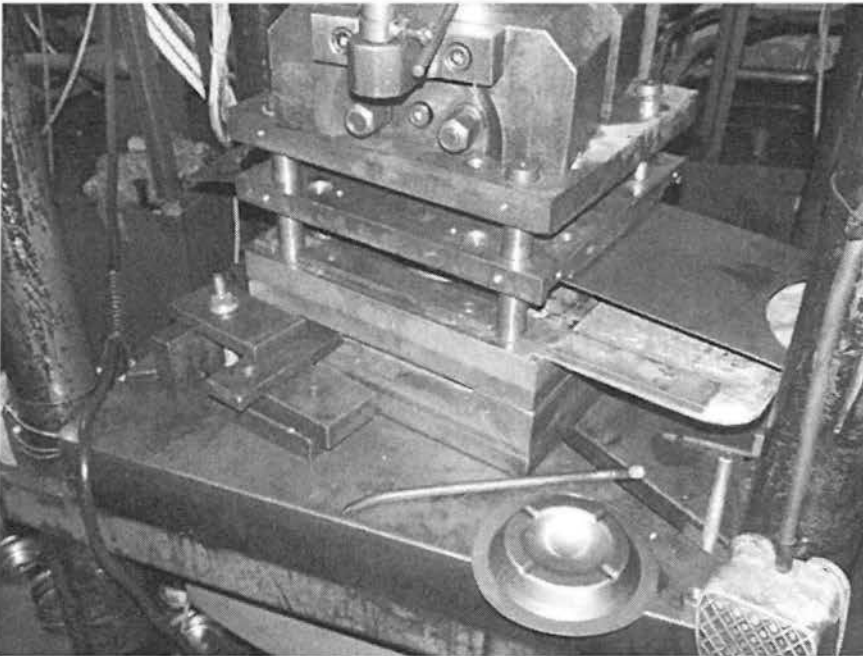
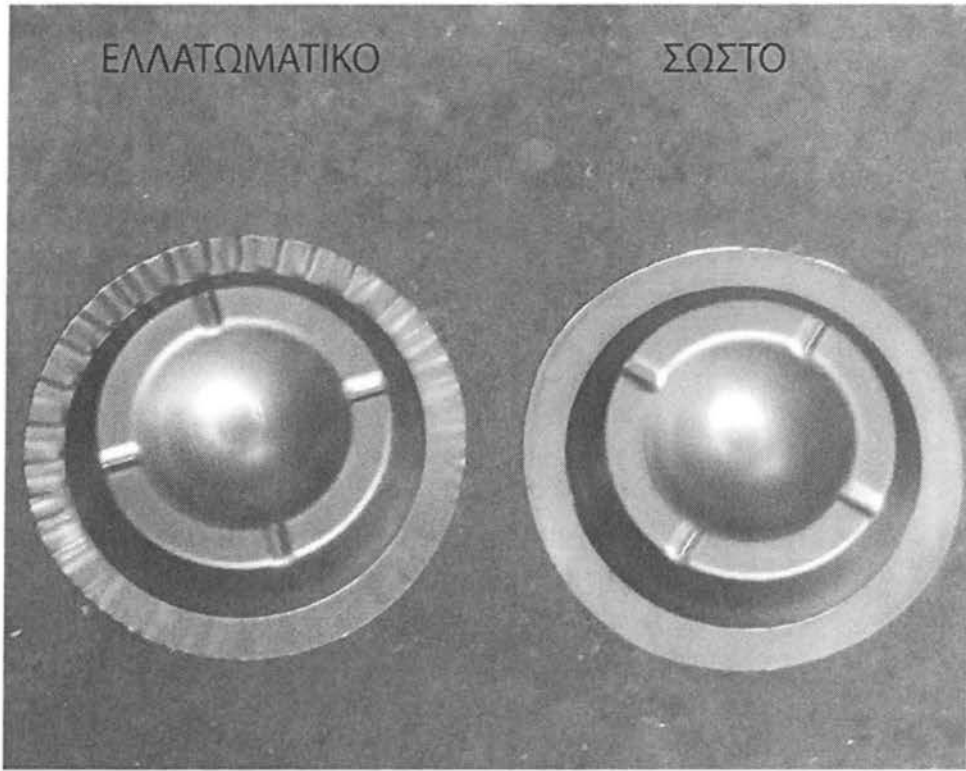
Ήρθε η ώρα της δοκιμής. Πάτησα τους δύο διακόπτες της μηχανής συγχρόνως ώστε να ξεκινήσει η κατεργασία και είχα στο νου μου το emergency stop(μανιτάρι).

Το έμβολο κατέβηκε έκοψε τη λαμαρίνα πείρε εντολή η αντίθλιψη ανέβηκε συνάντησε το έμβολο , έδωσε εντολή ο πρεσοστάτης και μπήκε η μεγάλη πίεση στο έμβολο και ξεκίνησαν να κατεβαίνουν μαζί μέχρι το κάτω τερματικό ώστε να ολοκληρωθεί η διαμόρφωση.

Στο τελευταίο στάδιο για την εξόλκευση του τεμαχίου, έγινε επιστροφή του εμβόλου στη πάνω θέση και σηκώθηκε η αντίθλιψη ώστε να εμφανιστεί το τεμάχιο έπειτα έγινε αφαίρεση του τεμαχίου με κάποιο μακρύ αντικείμενο μέσα απ το καλούπι.

Το σφάλμα που παρουσιάστηκε στη διαμόρφωση είναι ότι έγιναν ζάρες στη φλάντζα. Ο λόγος για αυτό είναι ότι δε ρύθμισα σωστά το πάνω τερματικό της αντίθλιψης και έτσι δεν έσφιξε η λαμαρίνα αρκετά μεταξύ εμβόλου και αντίθλιψης με αποτέλεσμα το σφάλμα στη παρακάτω φωτογραφία.

Ο τρόπος επίλυσης ήταν ότι ανέβασα λίγο το τερματικό της αντίθλιψης και έσφιξε η λαμαρίνα μεταξύ του εμβόλου και αντίθλιψης. Το αποτέλεσμα είναι πλήρως ικανοποιητικό και έτσι ολοκληρώθηκε το τεμάχιο.



## 11. Τελικά συμπεράσματα

Τα τελικά συμπεράσματα που προέκυψαν μετά το πέρας της κατασκευής ενός κοπτικού - διαμορφωτικού καλουπιού βαθεία κοίλανσης με χρήση χαλύβδινης λαμαρίνας είναι τα εξής:

Αρχικά είναι σημαντικό να χρησιμοποιηθούν σωστά μέταλλα και πλάκες με κατάλληλες διαστάσεις ώστε να έχει μεγάλο χρόνο ζωής και επαναληψιμότητα το καλούπι.

Επίσης πολύ σημαντικό είναι οι σωστοί υπολογισμοί σε όλα τα υπολογιστικά στοιχεία που αφορούν τη κοπή και τη βαθεία κοίλανση λαμαρίνας.

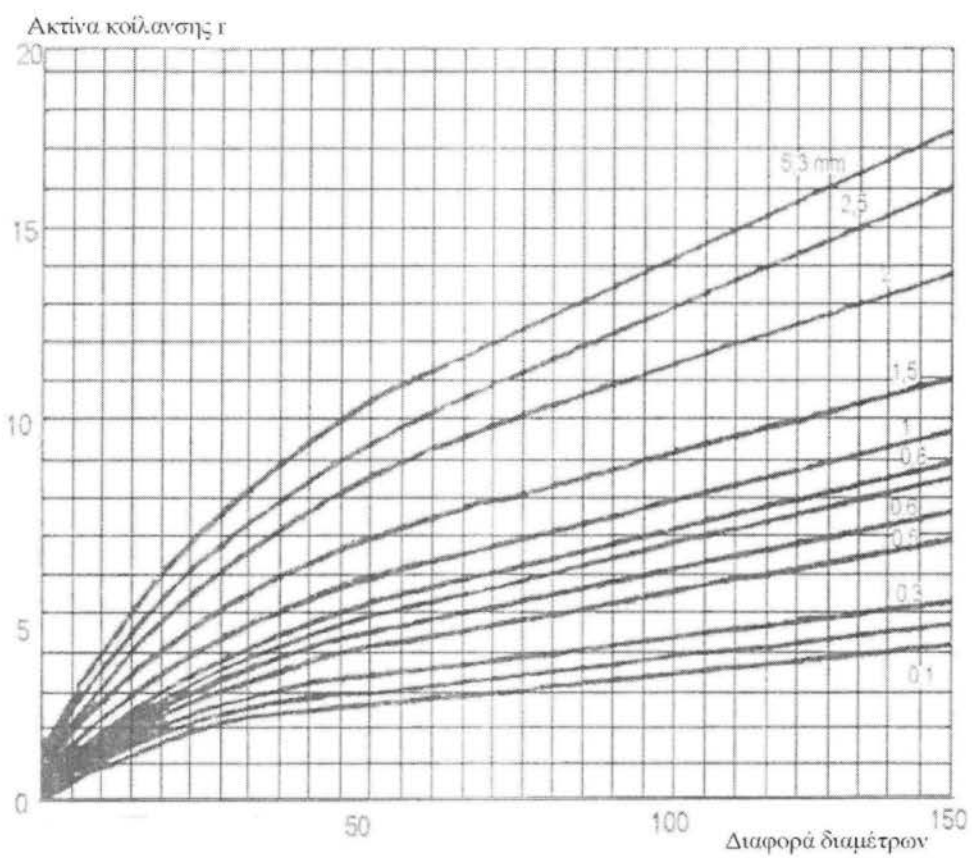
Έπειτα μεγάλη σημασία έχει η πρέσα που θα χρησιμοποιηθεί όπως και το προγράμματα που θα επιλέξουμε να ταιριάζει με τη συγκεκριμένη κατεργασία.

Σε γενικές γραμμές, τη συγκεκριμένη κατασκευή καλουπιού θα τη χαρακτηρίζα μέτριας δυσκολίας όταν τηρούνται τα παραπάνω και εφόσον οι κατεργασίες γίνουν με CNC.

## 12. Διαγράμματα

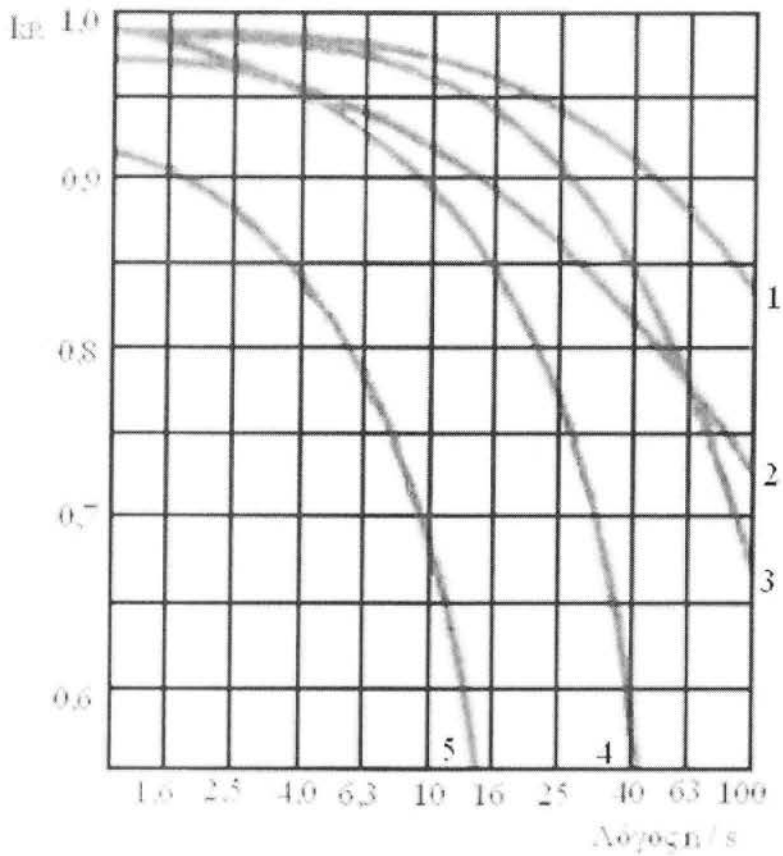
**Διάγραμμα 1:** Υπολογισμός των ακτίνων των δακτυλίων κοίλανσης σε συνάρτηση με το πάχος του ελάσματος και της διαφοράς των διαμέτρων.

Η ακτίνα κοίλανσης  $r$  υπολογίζεται ως εξής: Λαμβάνουμε ως τετμημένη τη διαφορά των διαμέτρων και από εκεί υψώνουμε κάθετη μέχρι να τμήσουμε την καμπύλη του πάχους του ελάσματος. Από το σημείο της καμπύλης συνεχίζουμε οριζόντια και στον άξονα των τεταγμένων διαβάζουμε την τιμή της ακτίνας κοίλανσης.



**Διάγραμμα 2:** Συντελεστής επανάταξης  $k_R$ .





1: FePO4 ( St 14 )

2: CuZn33 F29

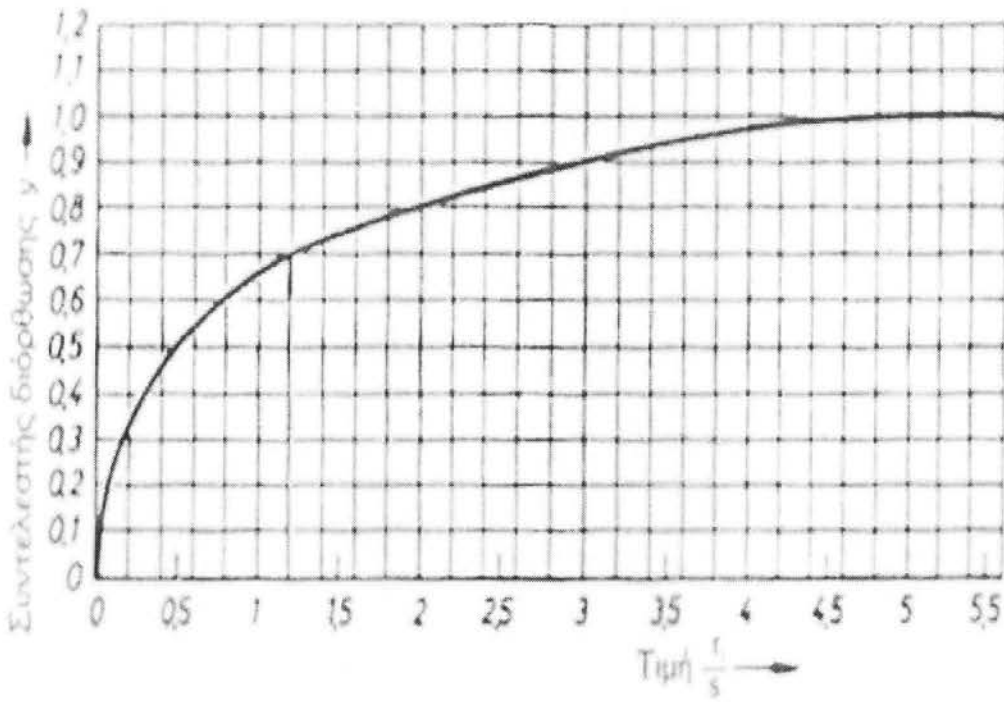
3: FePO1 ( St 12 )

4: X12CrNi 18-8

5: AlCuMg1 F38

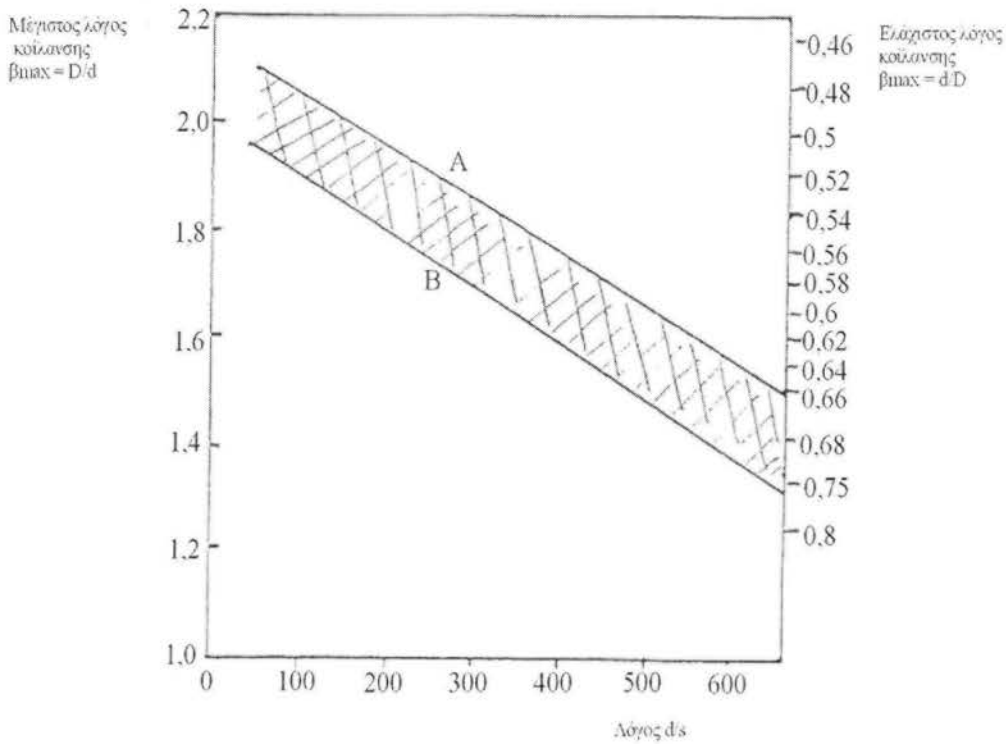
Ο συντελεστής επανάταξης υπολογίζεται ως εξής: αρχικά βρίσκουμε το λόγο

$v_1 / s$ , έπειτα ανεβαίνουμε κάθετα μέχρι να συναντήσουμε την καμπύλη του υλικού που κατεργαζόμαστε. Από εκεί προχωράμε παράλληλα με τον άξονα των τεταγμένων και διαβάζουμε στον άξονα των τεταγμένων την τιμή του  $k_R$ .



**Διάγραμμα 3:** Συντελεστής διόρθωσης  $y$ .

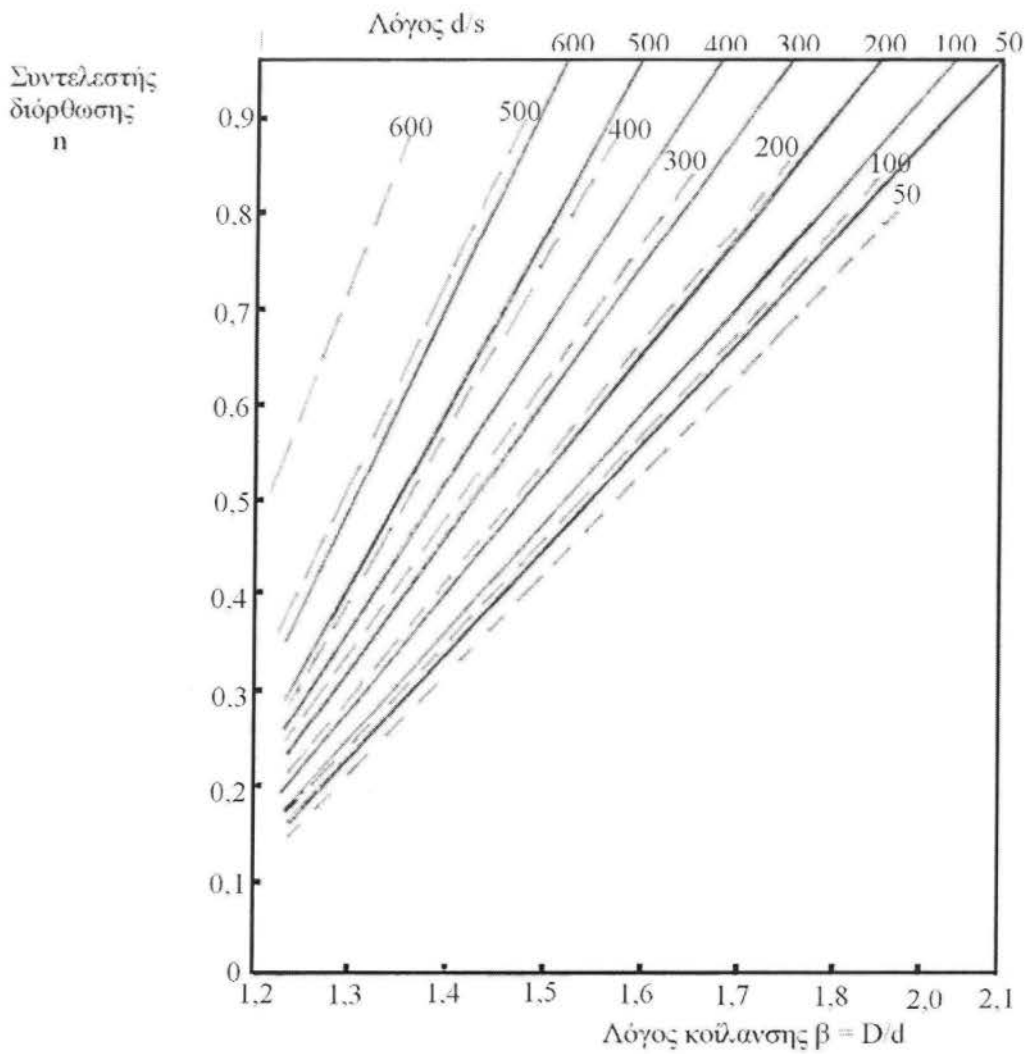
Από το παραπάνω διάγραμμα λαμβάνουμε την τιμή του συντελεστή διόρθωσης  $y$  ως εξής : υπολογίζουμε τον λόγο  $r_i / s$  ( ακτίνα κάμψης προς το πάχος του ελάσματος ) και στη συνέχεια ανεβαίνουμε κάθετα μέχρι να συναντήσουμε την καμπύλη. Από εκεί προχωράμε παράλληλα με τον οριζόντιο άξονα και βρίσκουμε την τιμή του συντελεστή διόρθωσης στον κάθετο άξονα.



**A :** Υλικό ιδανικό για βαθεία κοίλανση, **B :** Απλό υλικό βαθείας κοίλανσης.

**Διάγραμμα 4:** Μέγιστος και ελάχιστος λόγος κοίλανσης κυλινδρικών αντικειμένων σε μια φάση.

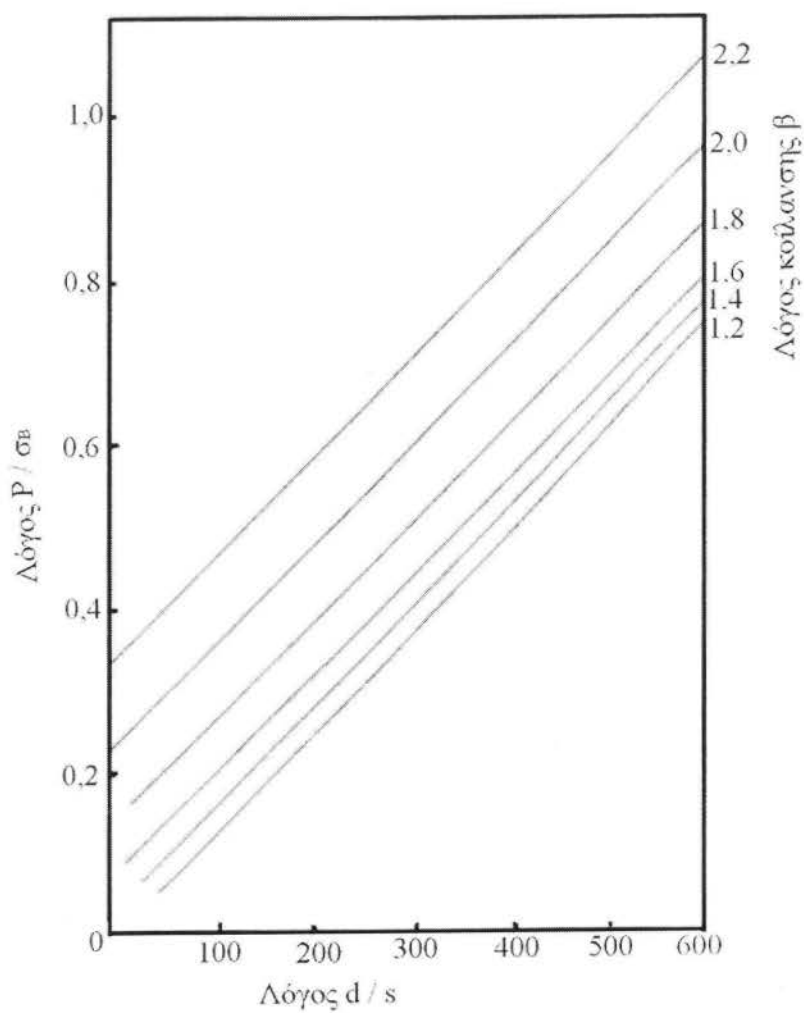
Από το διάγραμμα αυτό μπορούμε να βρούμε τον μέγιστο και τον ελάχιστο λόγο κοίλανσης σε μια φάση κατεργασίας, αν γνωρίζουμε το λόγο  $d / s$ . Η καμπύλη A αναφέρεται σε εξαιρετικά υλικά για βαθεία κοίλανση, ενώ η καμπύλη B για συνηθισμένα υλικά. Γνωρίζοντας την τιμή του λόγου  $d / s$  ανεβαίνουμε μέχρι να συναντήσουμε την κατάλληλη καμπύλη. Από εκεί παράλληλα με τον οριζόντιο άξονα βρίσκουμε τις τιμές του μέγιστου και του ελάχιστου λόγου κοίλανσης.



**Συνεχής γραμμή :** Εξαιρετικά υλικά βαθεία κοίλανσης.

**Διακεκομμένη γραμμή :** Συνήθη υλικά βαθείας κοίλανσης.

**Διάγραμμα 5:** Συντελεστής διόρθωσης  $n$  σε συνάρτηση με το λόγο κοίλανσης και το λόγο της διαμέτρου του εμβόλου προς το πάχος του τεμαχίου ( $d/s$ ).



**Διάγραμμα 6:** Ανηγμένη πίεση συγκράτησης κατά τη βαθεία κοίλανση σε συνάρτηση με το λόγο κοίλανσης και το λόγο  $d/s$ .

### 13. ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΑΤΡΟΠΗΣ ΜΟΝΑΔΩΝ

#### 1) ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΗΚΟΥΣ

	ΜΕΤΡΑ (m)	ΙΝΤΣΕΣ (in)	ΠΟΔΙΑ (ft)	ΓΥΑΡΔΕΣ (yd)	ΜΙΛΙΑ (mile)
1 m	1	39,37	3,2808	1,0936	$621,37 \cdot 10^{-6}$
1 in	0,0254	1	0,083333	0,027778	$15,783 \cdot 10^{-6}$
1 ft	0,3048	12	1	0,33333	$189,39 \cdot 10^{-6}$
1 yd	0,9144	36	3	1	$568,18 \cdot 10^{-6}$
1 mi	1609,3	63,36	5,28	1,76	1

1 Å = 1 Angstrom =  $10^{-10}$  m = 0,1 nm

1 μ = 1 microm =  $10^{-6}$  m = 1 μm

1 Ναυστικό μίλι = 1,852 m

#### 2) ΜΟΝΑΔΕΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

	ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΜΕΤΡΑ (m <sup>2</sup> )	ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΕΣ ΙΝΤΣΕΣ (in <sup>2</sup> )	ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΑ ΠΟΔΙΑ (ft <sup>2</sup> )
1 m <sup>2</sup>	1	1550	10,764
1 in <sup>2</sup>	$6,4516 \cdot 10^{-4}$	1	$6,9444 \cdot 10^{-3}$
1 ft <sup>2</sup>	$92,903 \cdot 10^{-3}$	144	1

1 arce =  $4046,9 \text{ m}^2 = 43,56 \text{ ft}^2$

1 barn =  $10^{-28} \text{ m}^2$

1 Εκτάριο = 1 hectare =  $10^4 \text{ m}^2$

#### 3) ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

	cm <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /h	l/min	ft <sup>3</sup> /s	CFM	gal/min
1 cm <sup>3</sup> /s	1	$3,600 \cdot 10^{-3}$	$6,000 \cdot 10^{-2}$	$3,531 \cdot 10^{-5}$	$2,119 \cdot 10^{-3}$	$1,585 \cdot 10^{-2}$
1 m <sup>3</sup> /h	$2,778 \cdot 10^2$	1	16,67	$9,810 \cdot 10^{-3}$	0,5886	4,403
1 l/min	16,67	$6,000 \cdot 10^{-2}$	1	$5,866 \cdot 10^{-4}$	$3,531 \cdot 10^{-2}$	0,2642
1 ft <sup>3</sup> /s	$2,832 \cdot 10^4$	$1,019 \cdot 10^2$	$1,699 \cdot 10^3$	1	60	$4,488 \cdot 10^2$
1 CFM	$4,719 \cdot 10^{-2}$	1,699	2,832	$1,667 \cdot 10^{-2}$	1	7,480
1 gal/min	63,09	0,2271	3,785	$2,228 \cdot 10^{-3}$	0,1337	1

1 CFM = 1 Cubic Feet per Minute = 1 ft<sup>3</sup>/min

1 l/min = 1 liter per minute = 1 l/min

## 4) ΜΟΝΑΔΕΣ ΟΓΚΟΥ

	ΚΥΒΙΚΑ ΜΕΤΡΑ ( m <sup>3</sup> )	ΚΥΒΙΚΕΣ ΙΝΤΣΕΣ ( in <sup>3</sup> )	ΚΥΒΙΚΑ ΠΟΔΙΑ ( ft <sup>3</sup> )
1 m <sup>3</sup>	1	61,024 * 10 <sup>-3</sup>	35,315
1 in <sup>3</sup>	16,387 * 10 <sup>-6</sup>	1	578,70 * 10 <sup>-6</sup>
1 ft <sup>3</sup>	28,317 * 10 <sup>-3</sup>	1728	1

1 Αμερικανική ουγγιά ( υγρών ) = 1 fluid ounce U.S. = 26,574 cm<sup>3</sup>

1 Βρετανική ουγγιά ( υγρών ) = 1 fluid ounce U.K. = 28,413 cm<sup>3</sup>

1 Αμερικανικό γαλόνι = 1 gallon U.S. = 3785,4 cm<sup>3</sup>

1 Βρετανικό γαλόνι = 1 gallon U.K. = 4546,1 cm<sup>3</sup>

1 Βαρέλι ( κυρίως πετρελαίου ) = 1 barell U.S. = 0,15899 m<sup>3</sup>

1 acre foot = 1233,5 m<sup>3</sup>

1 Λίτρο = 1 liter = 1 lt = 10<sup>3</sup> cm<sup>3</sup>

## 5) ΜΟΝΑΔΕΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ

	Km/h	ft/min	Mile/h
1 Km/h	1	196,85	2,2369
1 ft/min	0,018288	1	0,011364
1 mi/h	1,6093	88	1

1 knot = 0,51444 m/s

## 6) ΜΟΝΑΔΕΣ ΠΥΚΝΟΤΗΤΑΣ

	Kg/m <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	lb/in <sup>3</sup>
1 Kg/m <sup>3</sup>	1	*10 <sup>-3</sup>	0,06243	36,13 * 10 <sup>-6</sup>
1 gr/cm <sup>3</sup>	*10 <sup>3</sup>	1	62,42	36,13 * 10 <sup>-3</sup>
1 lb/ft <sup>3</sup>	16,018	16,018 * 10 <sup>-3</sup>	1	578,7 * 10 <sup>-6</sup>
1 lb/in <sup>3</sup>	27680	27,68	1728	1

## 7) ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΑΖΑΣ

	ΚΙΛΑ ( Kg )	ΟΥΓΓΙΕΣ ( Ounce )	ΛΙΒΡΕΣ ( Pound )	ΑΜΕΡΙΚΑΝ. ΤΟΝ. ( Ton )
1 Kg	1	35,274	2,2046	$1,1023 \cdot 10^{-3}$
1 Oz	0,2835	1	0,0625	$0,03125 \cdot 10^{-3}$
1 lb	0,45359	16	1	$0,5 \cdot 10^{-3}$
1 ton (U.S.)	907,18	32000	2000	1
1 κόκκος = 1 grain = 0,064799 g = $64,799 \cdot 10^{-6}$ Kg				
1 slug = 14,594 Kg				
1 long ton = 1016,0 Kg = 2240 lb				
1 Μετρικός τόννος = 1 tonne = 1000 Kg				

## 8) ΜΟΝΑΔΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

	ΒΑΘΜΟΙ Kelvin (K)	ΒΑΘΜΟΙ ΚΕΛΣΙΟΥ °C	ΒΑΘΜΟΙ (°F) ΦΑΡΕΝΑΪΤ
K ( $T_k =$ )	$T_k$	$t_c + 273,15$	$0,556 \cdot (t_F + 459,67)$
°C ( $t_c =$ )	$T_k - 273,15$	$t_c$	$0,556 \cdot (t_F - 32)$
°F ( $t_F =$ )	$1,8 \cdot T_k - 459,67$	$1,8 \cdot t_c + 32$	$t_F$

## 9) ΜΟΝΑΔΕΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

	dyn	N	Kp	pdl	lbf
1 dyn	1	$1 \cdot 10^{-5}$	$1,02 \cdot 10^{-6}$	$7,233 \cdot 10^{-5}$	$2,248 \cdot 10^{-6}$
1 N	$1 \cdot 10^5$	1	0,102	7,233	0,2248
1 Kp	$9,807 \cdot 10^5$	9,807	1	0,7093	2,205
1 pdl	$1,382 \cdot 10^4$	0,1382	$1,41 \cdot 10^{-2}$	1	$3,108 \cdot 10^{-2}$
1 lbf	$4,448 \cdot 10^5$	4,448	0,4536	0,3217	1



10) Μονάδες Ισχύος

	1 erg/s	1 W	1 kp*m/s	1 ft*pdl/s	1 ft*lb/s	1 PS	1 cal/s	1 kcal/h	1 KW	1 HP	1 Btu/h
1 erg/s	1	$\cdot 10^{-7}$	$1,020 \cdot 10^{-8}$	$2,373 \cdot 10^{-6}$	$7,376 \cdot 10^{-8}$	$1,360 \cdot 10^{-10}$	$2,388 \cdot 10^{-8}$	$8,598 \cdot 10^{-8}$	$\cdot 10^{-10}$	$1,341 \cdot 10^{-10}$	$3,412 \cdot 10^{-7}$
1 W	$10^7$	1	0,102	23,73	0,7376	$1,360 \cdot 10^{-3}$	0,2388	0,8598	$\cdot 10^3$	$1,341 \cdot 10^3$	3,412
1 kp*m/s	$9,807 \cdot 10^7$	9,807	1	$2,327 \cdot 10^2$	7,233	$1,333 \cdot 10^{-2}$	2,342	8,431	$9,807 \cdot 10^{-3}$	$1,315 \cdot 10^{-2}$	33,46
1 ft*pdl/s	$4,214 \cdot 10^5$	$4,214 \cdot 10^2$	$4,297 \cdot 10^{-3}$	1	$3,108 \cdot 10^{-2}$	$5,730 \cdot 10^{-5}$	$1,006 \cdot 10^{-2}$	$3,623 \cdot 10^{-2}$	$4,214 \cdot 10^{-5}$	$5,651 \cdot 10^{-5}$	0,1438
1 ft*lb/s	$1,356 \cdot 10^7$	1,356	0,1382	32,17	1	$1,843 \cdot 10^{-3}$	0,3238	1,166	$1,356 \cdot 10^{-3}$	$1,818 \cdot 10^{-3}$	4,626
1 PS	$7,355 \cdot 10^9$	$7,355 \cdot 10^2$	$75 \cdot 10^3$	$1,745 \cdot 10^4$	$5,425 \cdot 10^2$	1	$1,757 \cdot 10^2$	$6,324 \cdot 10^2$	0,7355	0,9863	$2,510 \cdot 10^3$
1 cal/s	$4,187 \cdot 10^7$	4,187	0,4270	99,35	3,088	$5,692 \cdot 10^{-3}$	1	3,600	$4,186 \cdot 10^{-3}$	$5,615 \cdot 10^{-3}$	14,29
1 kcal/h	$1,163 \cdot 10^7$	1,163	0,1186	27,6	0,8578	$1,581 \cdot 10^{-3}$	0,2778	1	$1,163 \cdot 10^{-3}$	$1,560 \cdot 10^{-3}$	3,968
1 KW	$10^{10}$	$10^3$	$1,020 \cdot 10^2$	$2,373 \cdot 10^4$	$7,376 \cdot 10^2$	1,36	$2,388 \cdot 10^2$	$8,598 \cdot 10^2$	1	1,341	$3,412 \cdot 10^3$
1 HP	$7,457 \cdot 10^9$	$7,457 \cdot 10^2$	76,04	$1,769 \cdot 10^4$	$5,500 \cdot 10^2$	1,014	$1,781 \cdot 10^2$	$6,412 \cdot 10^2$	0,7457	1	$2,545 \cdot 10^3$
1 Btu/h	$2,931 \cdot 10^6$	0,2931	$2,988 \cdot 10^{-2}$	6,955	0,2161	$3,985 \cdot 10^{-4}$	$7,000 \cdot 10^{-2}$	0,2520	$2,931 \cdot 10^{-4}$	$3,929 \cdot 10^{-4}$	1

11) Μονάδες Πίεσεως

	$\mu\text{bar}$	Pa	at	atm	pdl/ft <sup>2</sup>	lbf/ft <sup>2</sup>	torr	mm Σ.Υ.	psi	in Hg	in Σ.Υ.
1 $\mu\text{bar}$	1	10	$1,020 \cdot 10^{-6}$	$9,869 \cdot 10^{-7}$	$6,720 \cdot 10^{-2}$	$2,088 \cdot 10^{-3}$	$7,501 \cdot 10^{-4}$	$1,020 \cdot 10^{-5}$	$1,450 \cdot 10^{-5}$	$2,953 \cdot 10^{-5}$	$4,015 \cdot 10^{-4}$
1 Pa	10	1	$1,020 \cdot 10^{-5}$	$9,869 \cdot 10^{-6}$	0,672	$2,088 \cdot 10^{-2}$	$7,501 \cdot 10^{-3}$	0,102	$1,450 \cdot 10^{-4}$	$2,953 \cdot 10^{-4}$	$4,015 \cdot 10^{-3}$
1 at	$9,807 \cdot 10^5$	$9,807 \cdot 10^4$	1	$9,678 \cdot 10^{-1}$	$6,590 \cdot 10^4$	$2,048 \cdot 10^3$	$7,356 \cdot 10^2$	$1,000 \cdot 10^4$	14,22	28,96	$3,937 \cdot 10^2$
1 atm	$1,013 \cdot 10^6$	$1,013 \cdot 10^5$	1,033	1	$6,809 \cdot 10^4$	$2,116 \cdot 10^3$	$7,600 \cdot 10^2$	$1,033 \cdot 10^4$	14,69	29,92	$4,068 \cdot 10^2$
1 pdl/ft <sup>2</sup>	14,88	1,488	$1,517 \cdot 10^{-5}$	$1,468 \cdot 10^{-5}$	1	$3,108 \cdot 10^{-2}$	$1,116 \cdot 10^{-2}$	0,5117	$2,158 \cdot 10^{-4}$	$4,394 \cdot 10^{-4}$	$5,974 \cdot 10^{-3}$
1 lbf/ft <sup>2</sup>	$4,788 \cdot 10^2$	47,88	$4,882 \cdot 10^{-4}$	$4,725 \cdot 10^{-4}$	32,17	1	0,3591	4,882	$6,944 \cdot 10^{-3}$	$1,414 \cdot 10^{-2}$	0,1922
1 torr	$1,333 \cdot 10^3$	$1,333 \cdot 10^2$	$1,359 \cdot 10^{-3}$	$1,315 \cdot 10^{-3}$	89,56	2,784	1	13,59	$1,930 \cdot 10^{-2}$	$3,937 \cdot 10^{-2}$	0,5350
1 mm Σ.	98,07	9,807	$1,000 \cdot 10^{-4}$	$9,678 \cdot 10^{-5}$	6,59	0,2048	$7,358 \cdot 10^{-2}$	1	$1,422 \cdot 10^{-3}$	$2,896 \cdot 10^{-3}$	$3,937 \cdot 10^{-2}$
1 psi	$6,895 \cdot 10^4$	$6,895 \cdot 10^3$	$7,031 \cdot 10^{-2}$	$6,805 \cdot 10^{-2}$	$4,633 \cdot 10^3$	$1,440 \cdot 10^2$	51,71	$7,031 \cdot 10^2$	1	2,036	27,68
1 in Hg	$3,386 \cdot 10^4$	$3,386 \cdot 10^3$	$3,453 \cdot 10^{-2}$	$3,342 \cdot 10^{-2}$	$2,275 \cdot 10^3$	70,73	25,40	$3,453 \cdot 10^2$	0,4912	1	13,59
1 in Σ.Υ.	$2,491 \cdot 10^3$	$2,491 \cdot 10^2$	$2,540 \cdot 10^{-3}$	$2,458 \cdot 10^{-3}$	$1,674 \cdot 10^2$	5,203	1,867	25,40	$3,613 \cdot 10^{-2}$	$7,358 \cdot 10^{-2}$	1

12) Μονάδες Ενέργειας και Έργου

	erg	Joule	kp*m	ft*pdl	ft*lb	kcal	l*atm	kw*h	ps*h	Btu	Hp*h
1 erg	1	$\cdot 10^{-7}$	$1,020 \cdot 10^{-8}$	$2,373 \cdot 10^{-6}$	$7,376 \cdot 10^{-8}$	$2,388 \cdot 10^{-11}$	$9,869 \cdot 10^{-10}$	$2,778 \cdot 10^{-14}$	$3,777 \cdot 10^{-14}$	$9,478 \cdot 10^{-11}$	$3,725 \cdot 10^{-14}$
1 Joule	$10^7$	1	0,102	23,73	0,7376	$2,388 \cdot 10^{-4}$	$9,869 \cdot 10^{-3}$	$2,778 \cdot 10^{-7}$	$3,777 \cdot 10^{-7}$	$9,478 \cdot 10^{-4}$	$3,725 \cdot 10^{-7}$
1 kp*m	$9,807 \cdot 10^7$	9,807	1	$2,327 \cdot 10^{-3}$	7,233	$2,342 \cdot 10^{-3}$	$9,678 \cdot 10^{-2}$	$2,724 \cdot 10^{-6}$	$3,704 \cdot 10^{-6}$	$9,295 \cdot 10^{-3}$	$3,653 \cdot 10^{-6}$
1 ft*pdl	$4,214 \cdot 10^5$	$4,214 \cdot 10^{-2}$	$4,297 \cdot 10^{-3}$	1	$3,108 \cdot 10^{-2}$	$1,006 \cdot 10^{-5}$	$4,159 \cdot 10^{-4}$	$1,170 \cdot 10^{-8}$	$1,592 \cdot 10^{-8}$	$3,994 \cdot 10^{-5}$	$1,570 \cdot 10^{-8}$
1 ft*lb	$1,356 \cdot 10^7$	1,356	0,1382	32,17	1	$3,238 \cdot 10^{-4}$	$1,388 \cdot 10^{-2}$	$3,766 \cdot 10^{-7}$	$5,120 \cdot 10^{-7}$	$1,285 \cdot 10^{-3}$	$5,050 \cdot 10^{-7}$
1 kcal	$4,187 \cdot 10^{10}$	$4,187 \cdot 10^3$	$4,269 \cdot 10^2$	$9,935 \cdot 10^4$	$3,088 \cdot 10^3$	1	41,32	$1,163 \cdot 10^{-3}$	$1,581 \cdot 10^{-3}$	3,968	$1,560 \cdot 10^{-3}$
1 l*atm	$1,013 \cdot 10^9$	$1,013 \cdot 10^2$	10,33	$2,404 \cdot 10^3$	74,73	$2,420 \cdot 10^{-2}$	1	$2,815 \cdot 10^{-5}$	$3,827 \cdot 10^{-5}$	$9,604 \cdot 10^2$	$3,774 \cdot 10^{-5}$
1 kw*h	$3,600 \cdot 10^{13}$	$3,600 \cdot 10^6$	$3,672 \cdot 10^5$	$8,543 \cdot 10^7$	$2,655 \cdot 10^6$	$8,598 \cdot 10^2$	$3,553 \cdot 10^4$	1	1,360	$3,412 \cdot 10^3$	1,341
1 ps*h	$2,648 \cdot 10^{13}$	$2,648 \cdot 10^6$	$2,700 \cdot 10^5$	$6,283 \cdot 10^7$	$1,953 \cdot 10^6$	$6,324 \cdot 10^2$	$2,613 \cdot 10^4$	0,7355	1	$2,510 \cdot 10^3$	0,9863
1 Btu	$1,055 \cdot 10^{10}$	$1,055 \cdot 10^3$	$1,076 \cdot 10^2$	$2,504 \cdot 10^4$	$7,782 \cdot 10^2$	0,252	10,41	$2,931 \cdot 10^{-4}$	$3,985 \cdot 10^{-4}$	1	$3,929 \cdot 10^{-4}$
1 Hp*h	$2,684 \cdot 10^{13}$	$2,684 \cdot 10^6$	$2,737 \cdot 10^5$	$6,370 \cdot 10^7$	$1,980 \cdot 10^6$	$6,412 \cdot 10^2$	$2,649 \cdot 10^4$	0,7457	1,014	$2,545 \cdot 10^3$	1

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Για την μετατροπή του cal σε J χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής 4,1868 και όχι η τιμή 4,184 που αντιστοιχεί στην

θερμοχημική θερμίδα (Thermochemical cal).

1 Βρετανική θερμική μονάδα (θερμοχημική) = 1054 Joules

1 Βρετανική θερμική μονάδα (International Table) = 1055 Joules

1 cal (θερμοχημική) = 4,184 J

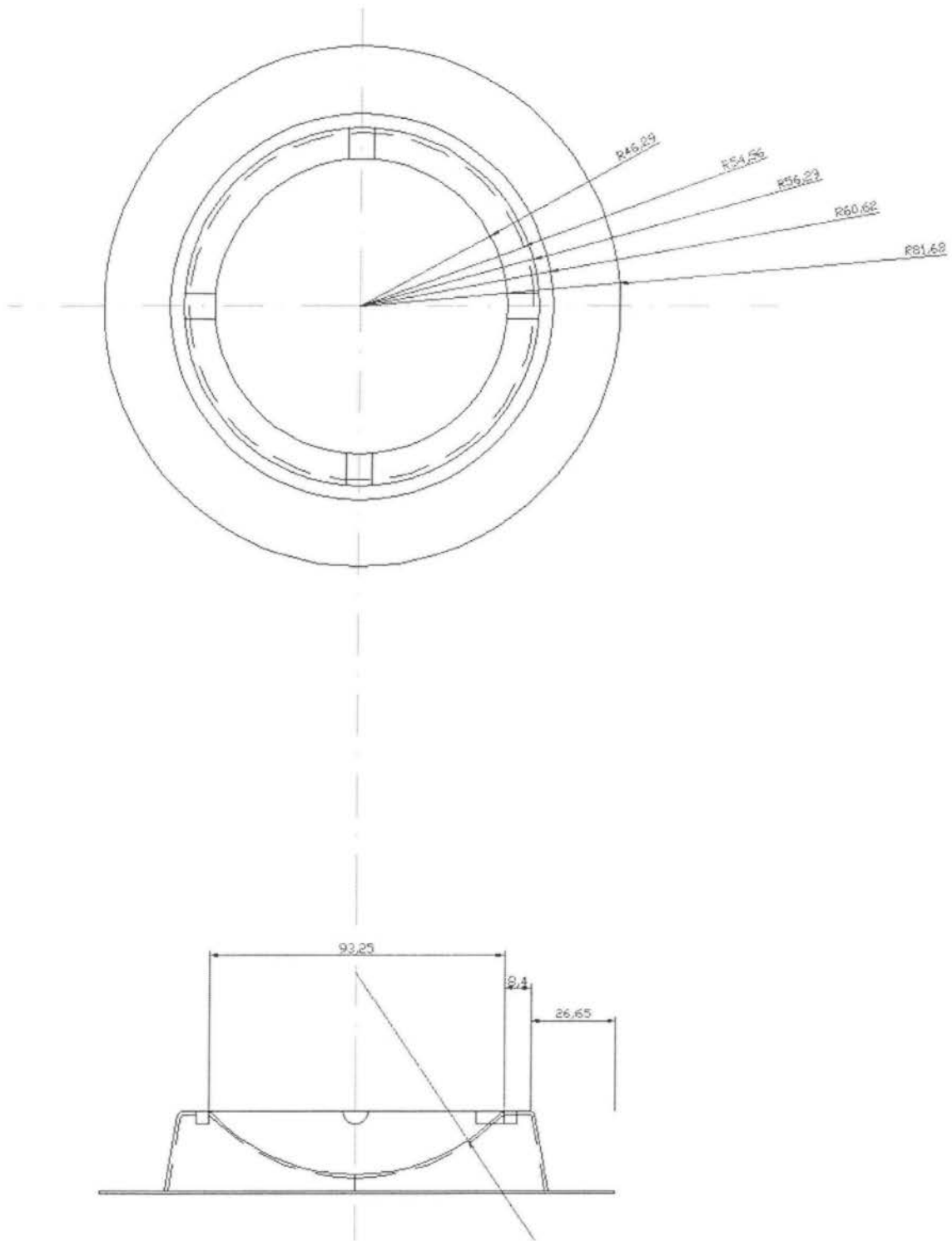
1 cal (Διεθνής) = 4,1868 J

1 electronvolt = 1eV =  $1,602 \cdot 10^{-19}$  Joule

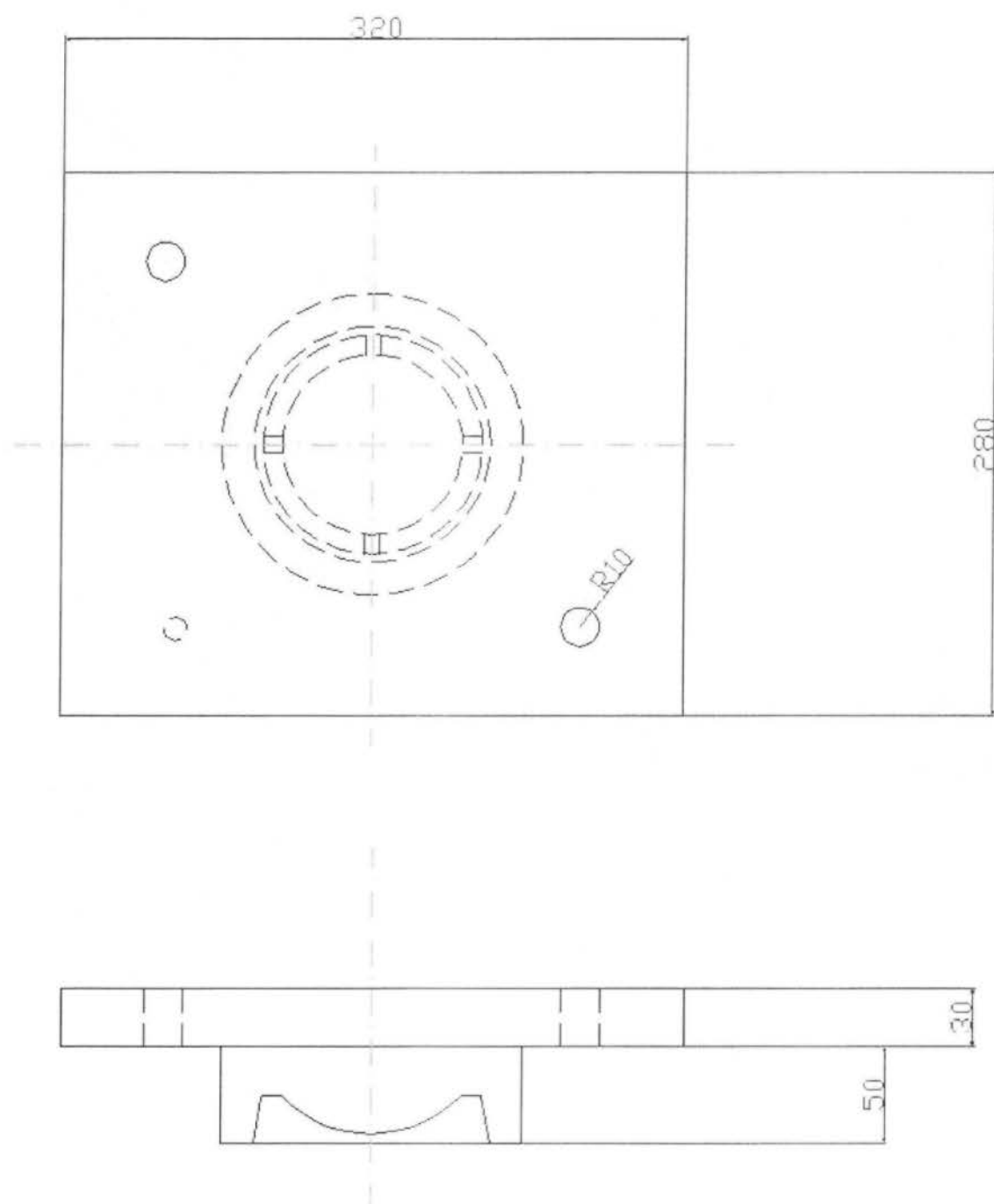
## **14.ΣΧΕΔΙΑ**

### **14.1 ΣΧΕΔΙΑ ΜΕ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ**

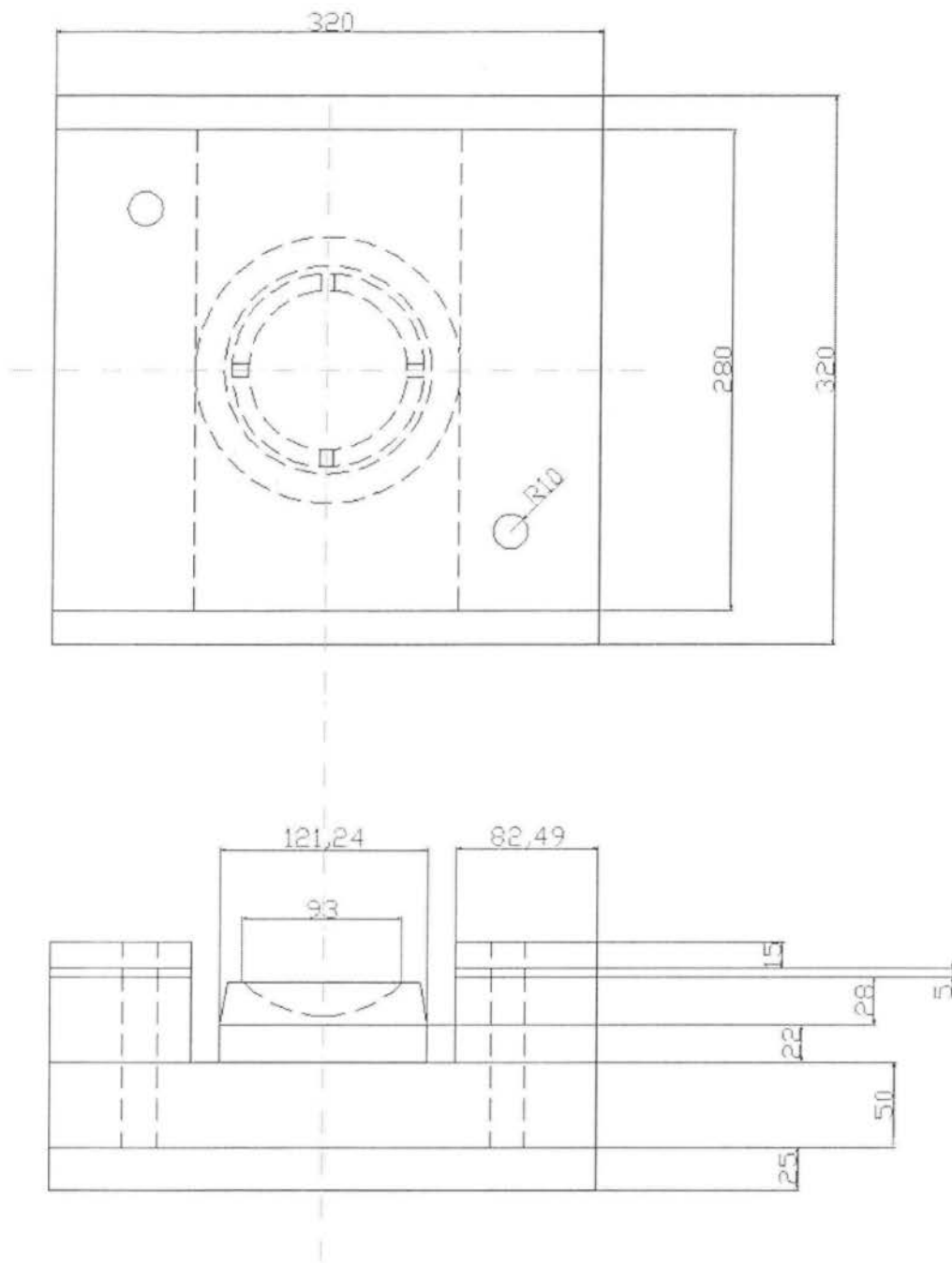
#### **14.1.1 ΣΤΑΧΤΟΔΟΧΕΙΟ**



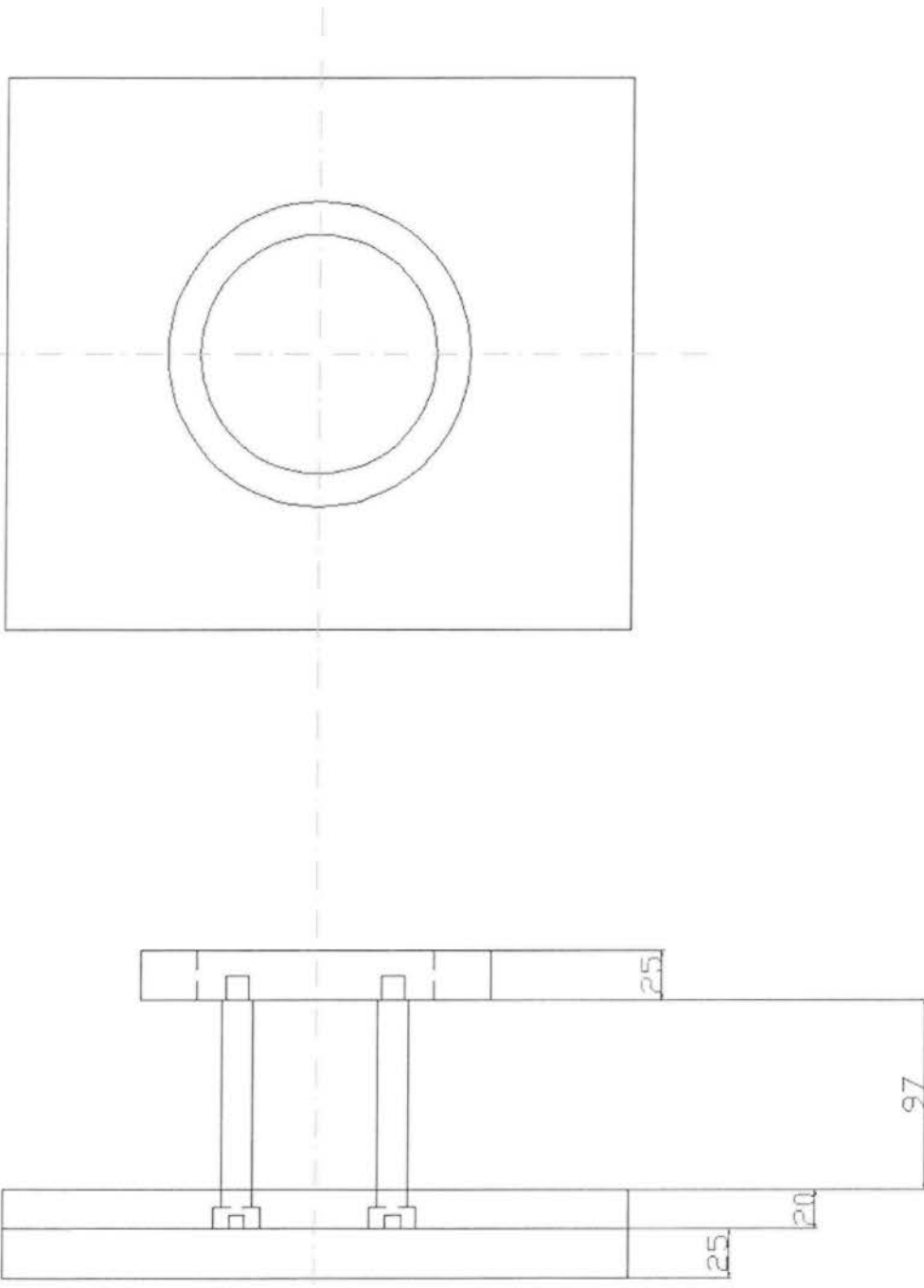
14.1.2 MHTPA A



### 14.1.3 MHTPA B

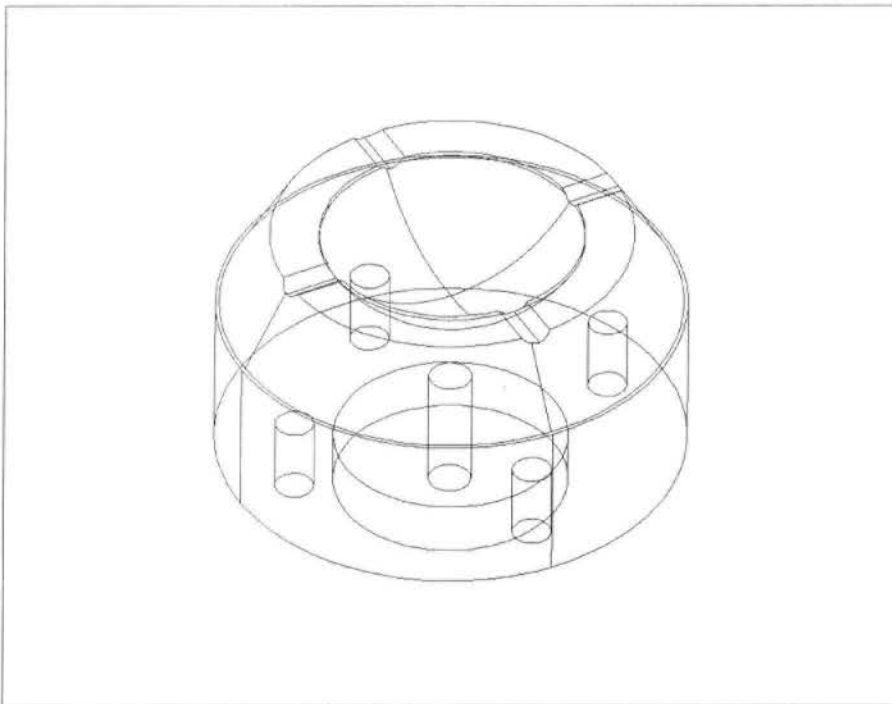
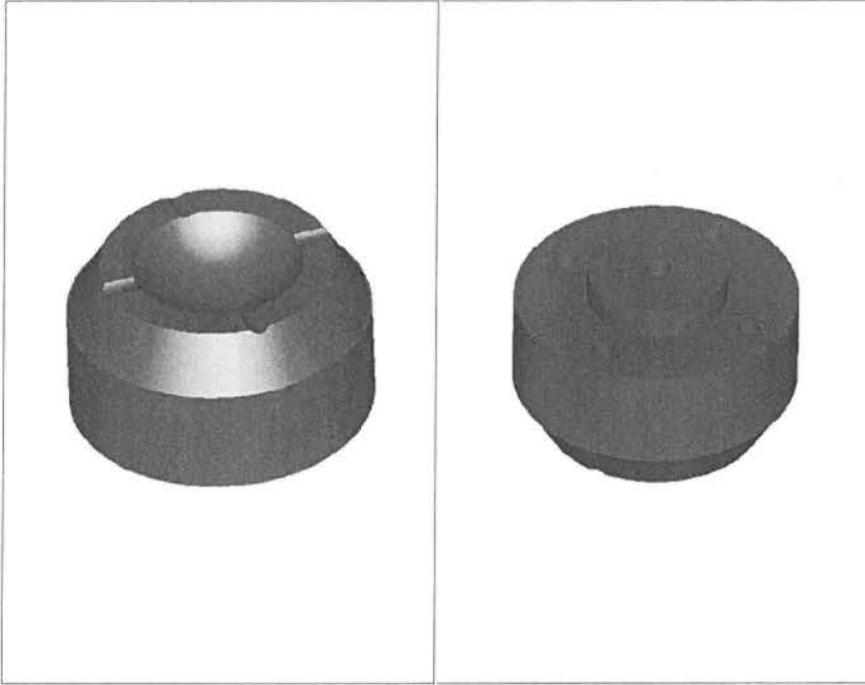


14.1.4 МНТРА Г

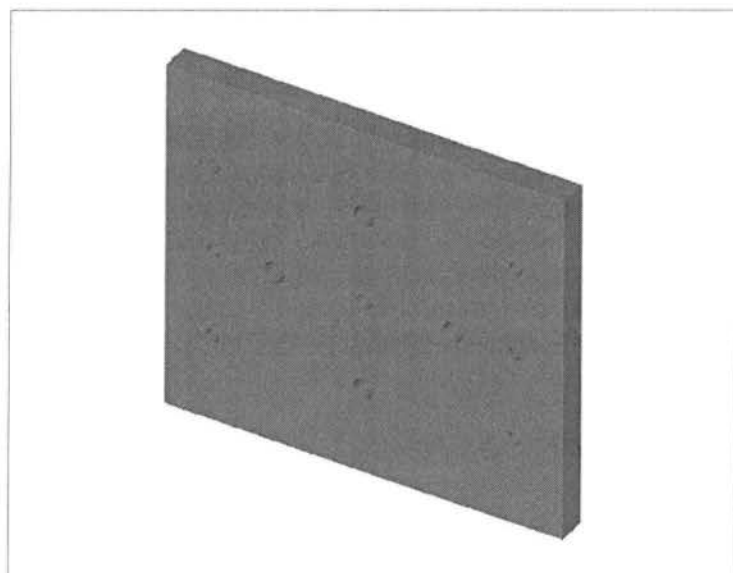
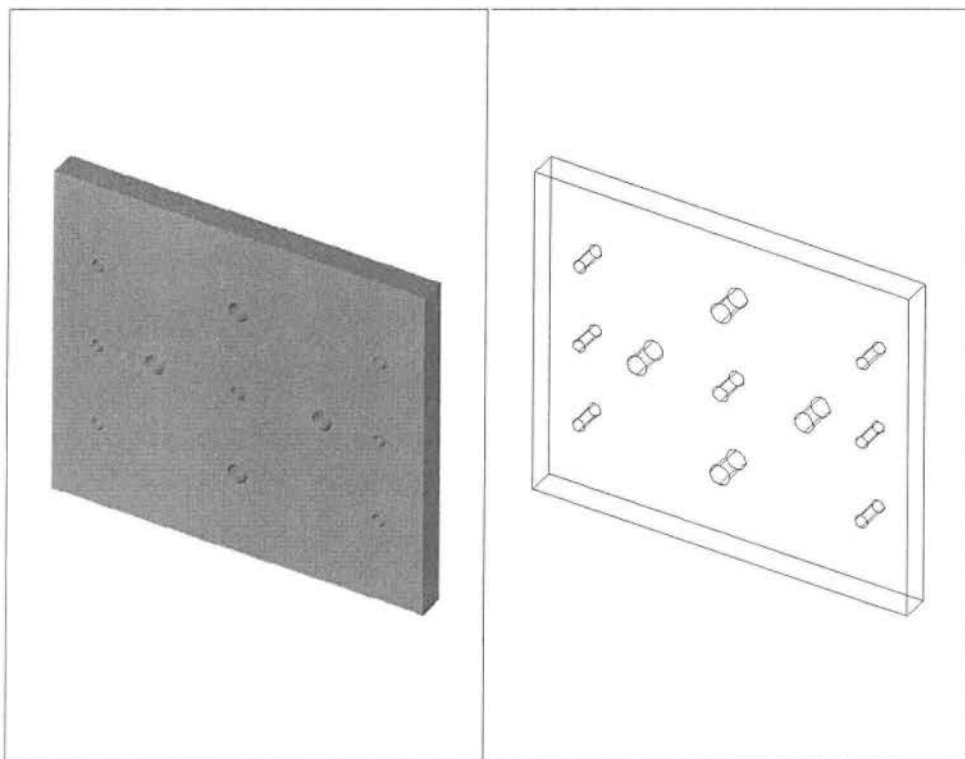


## 14.2 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑ (3D)

### 14.2.1 ΑΡΣΕΝΙΚΟ

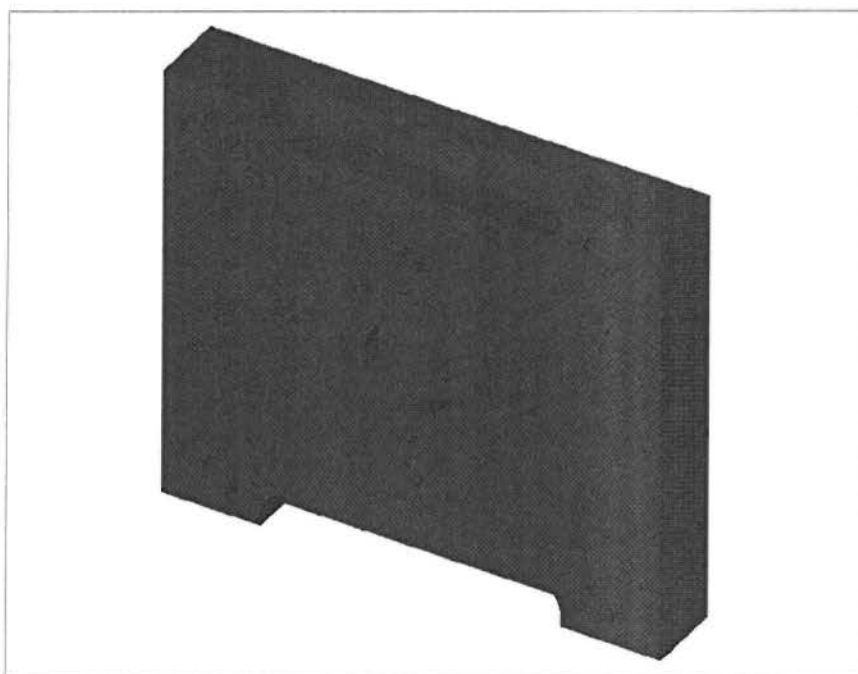
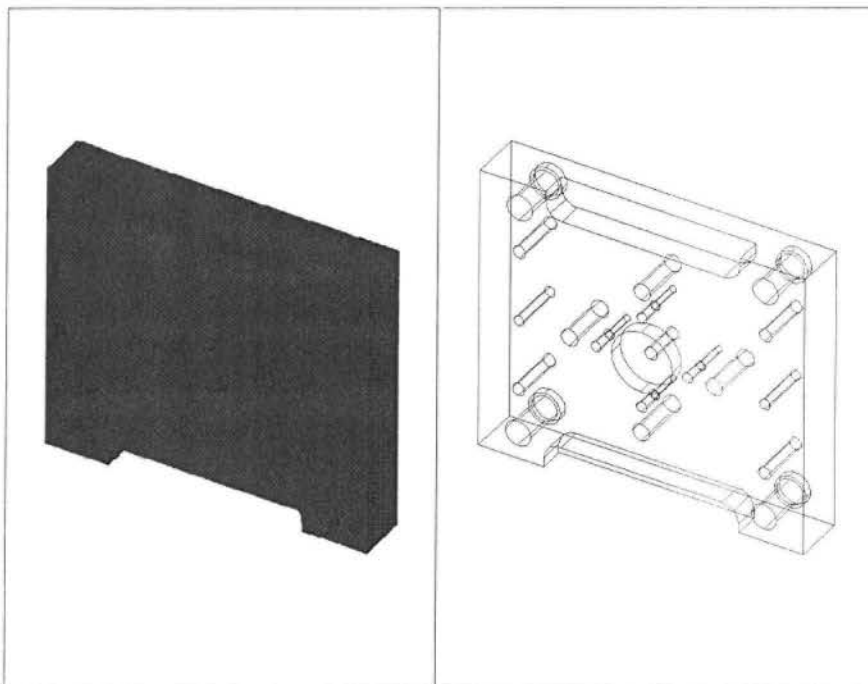


### 14.2.2 ПЛАКА 1

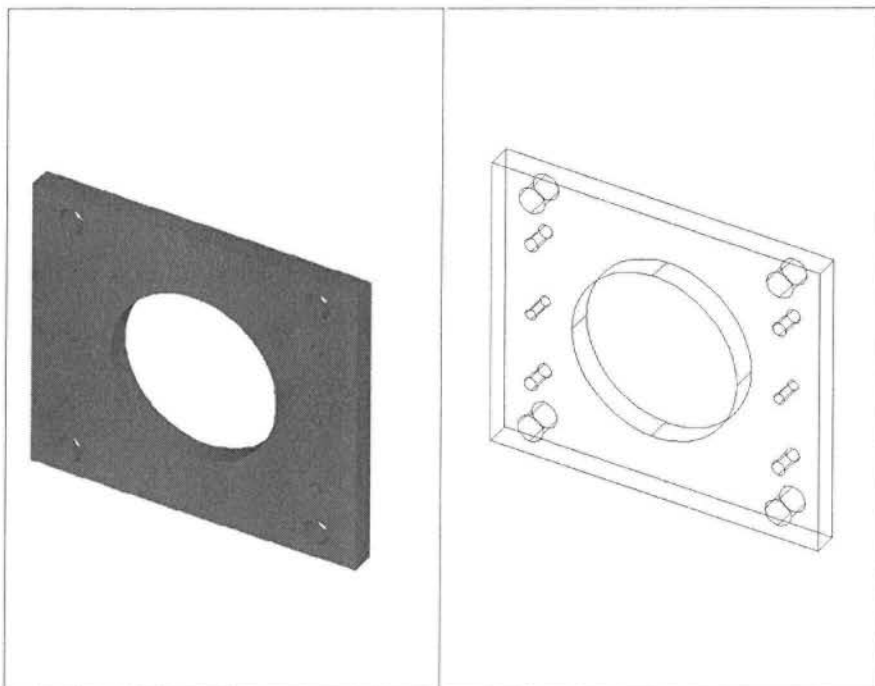




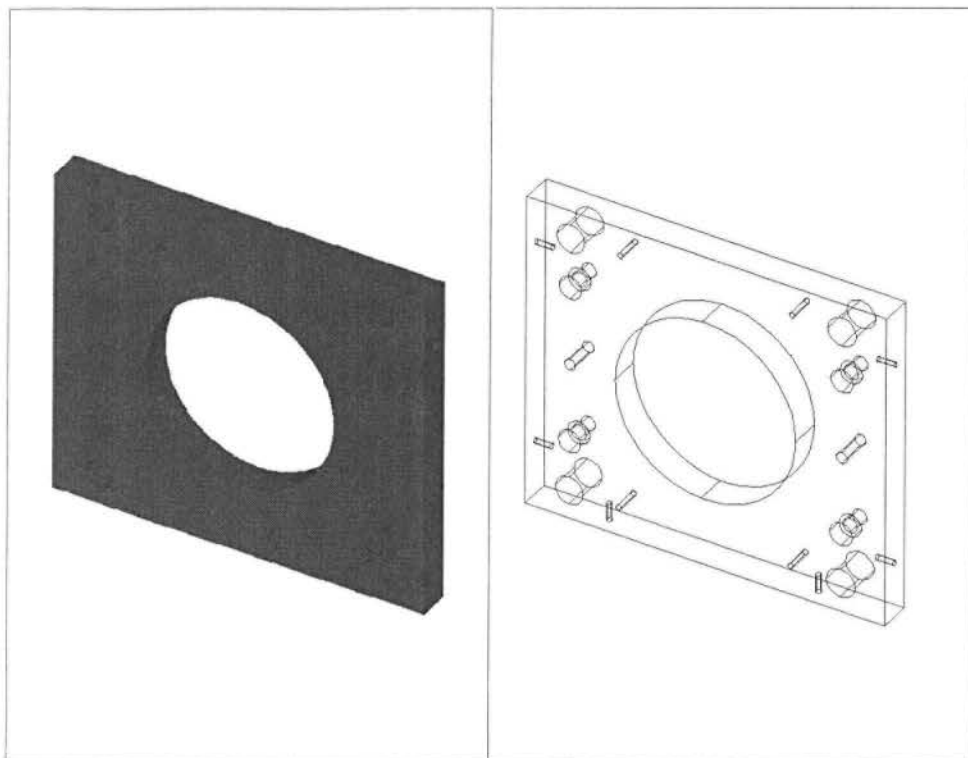
### 14.2.3 ПЛАКА 2

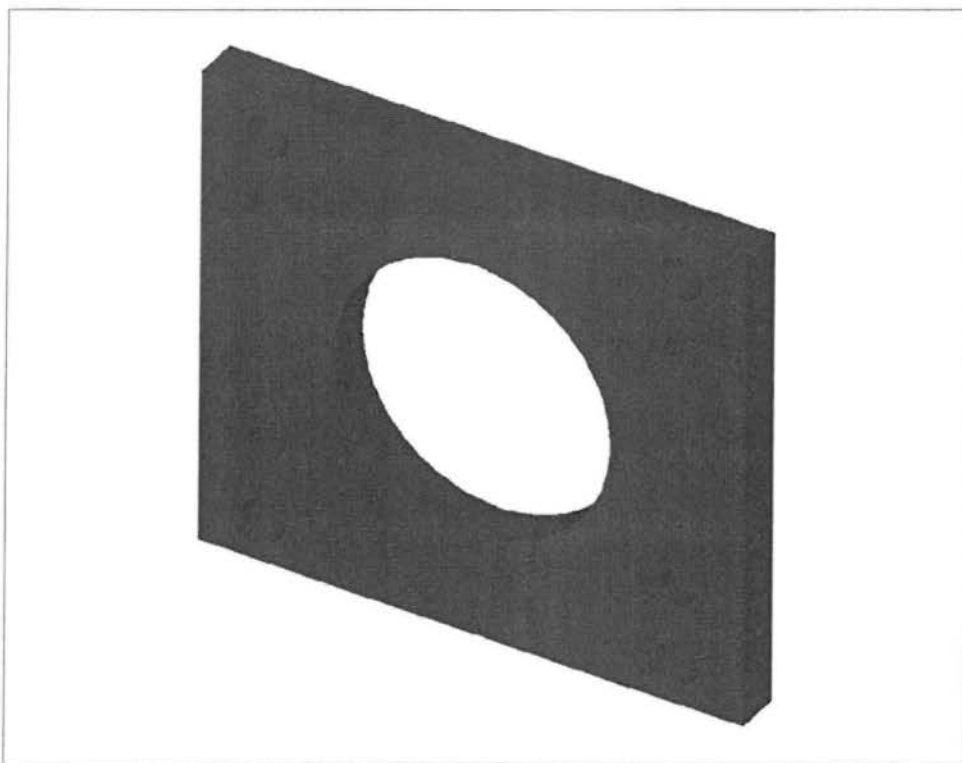


### 14.2.4 ПЛАКА 3

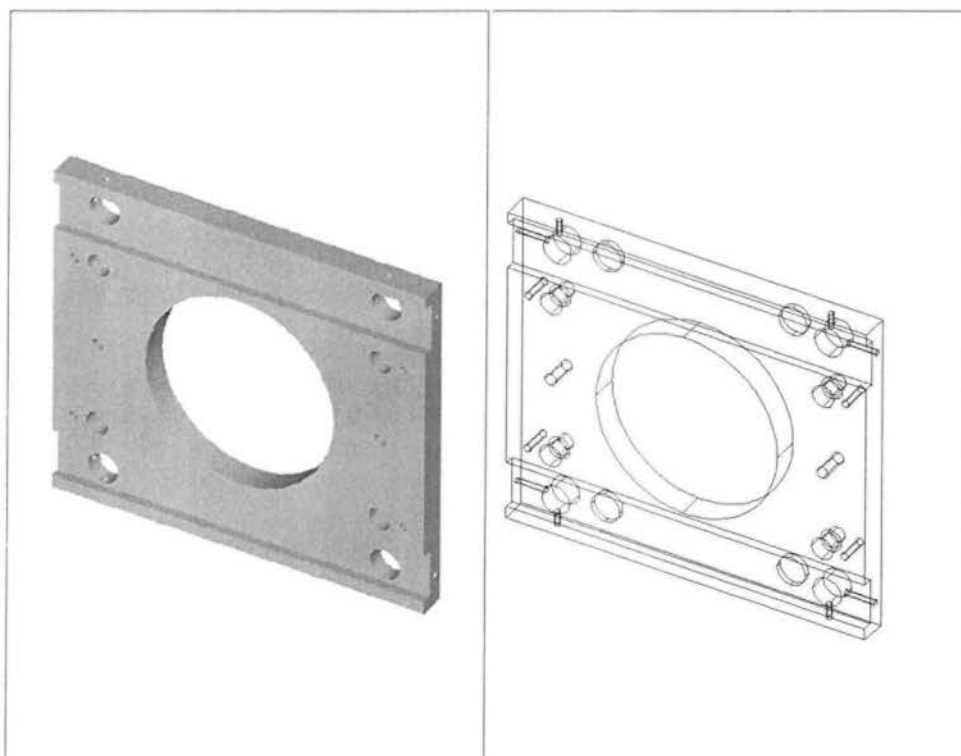


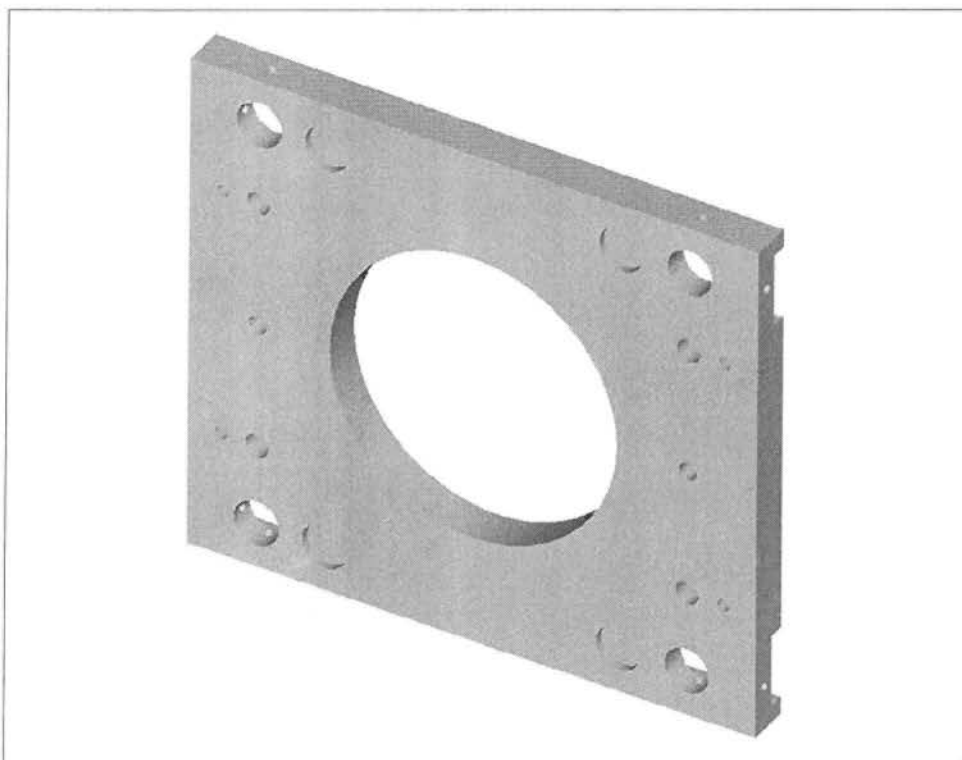
#### 14.2.5 ПЛАКА 4



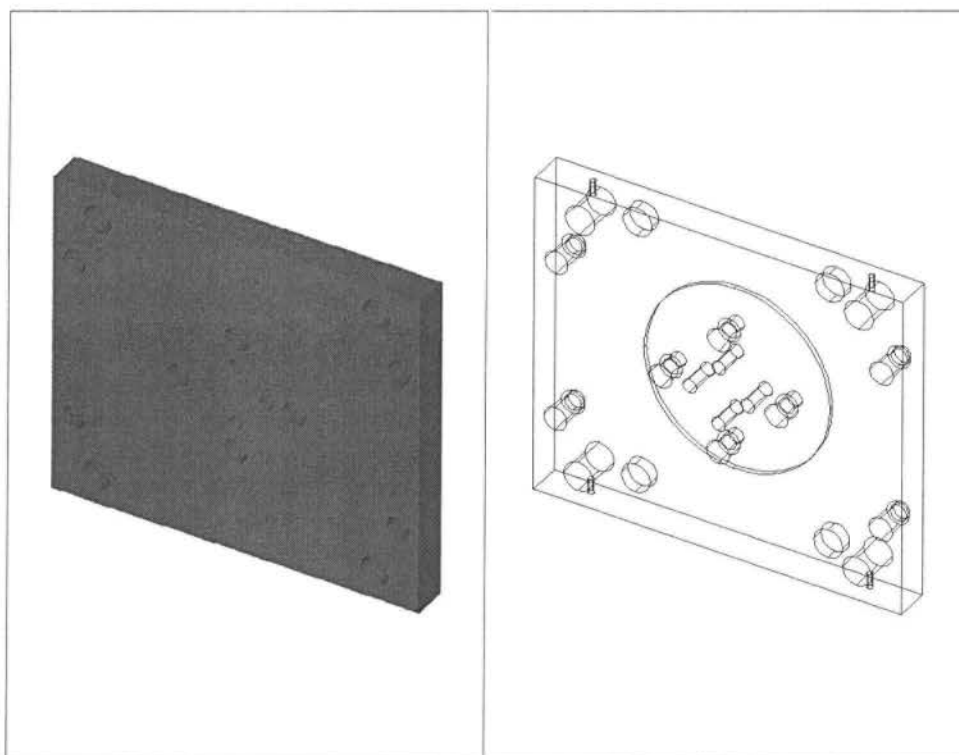


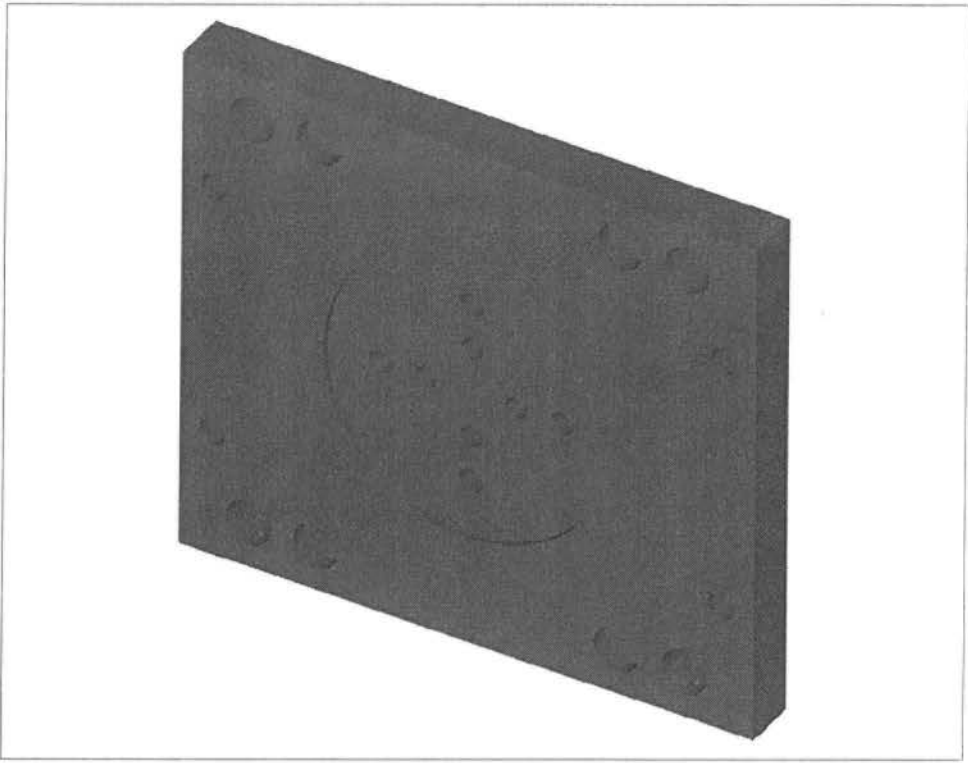
14.2.6 ПЛАКА 5



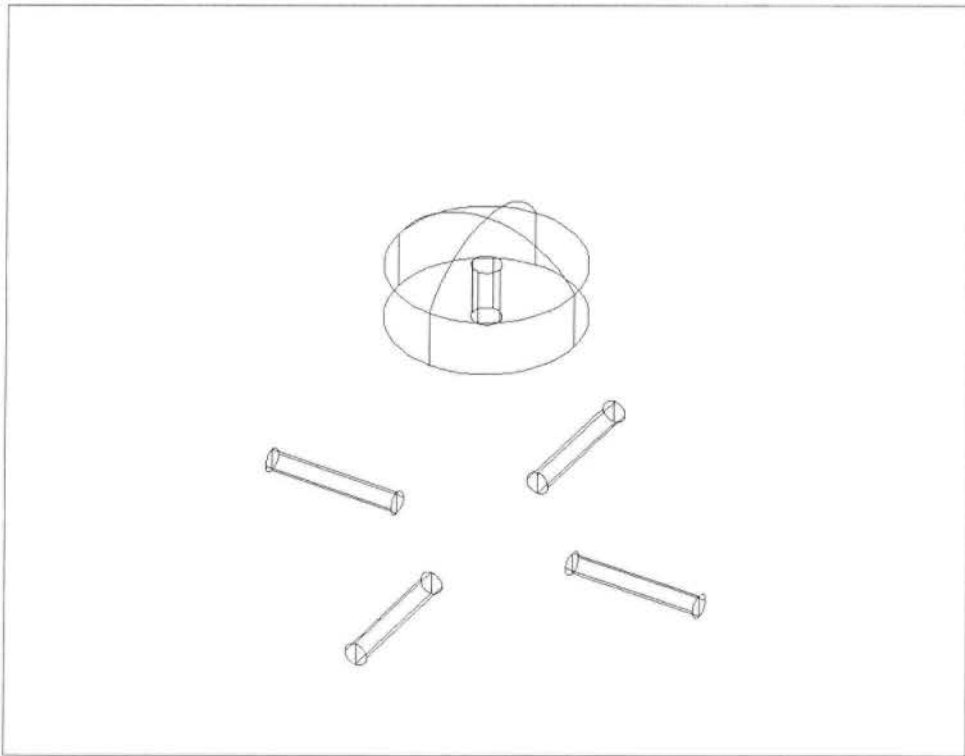


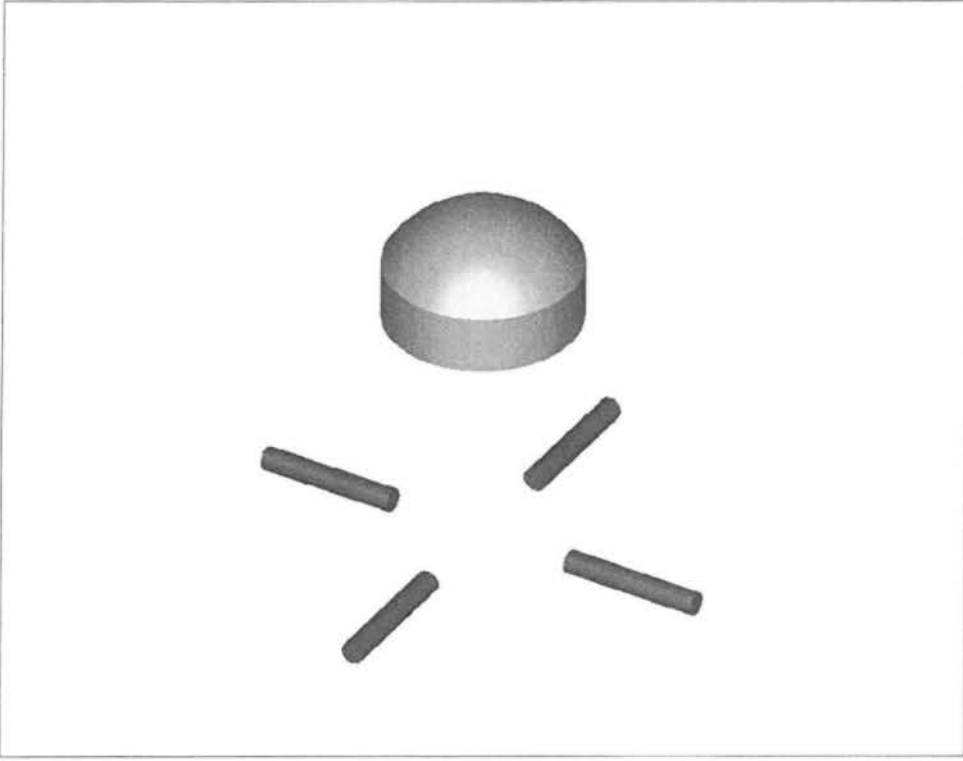
14.2.7 ПЛАКА 6



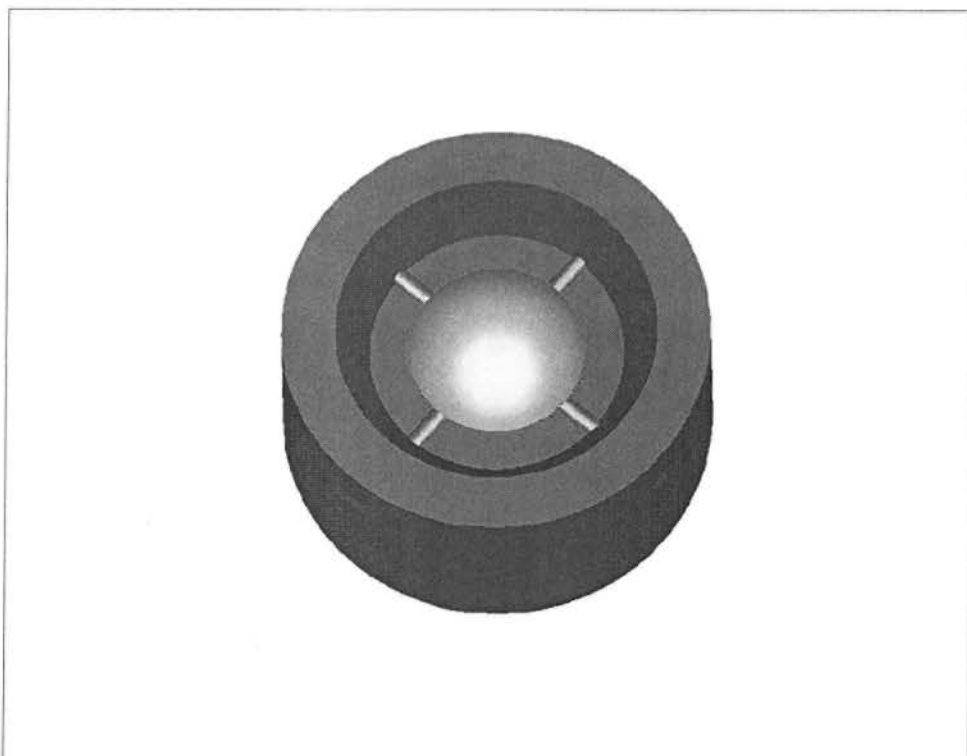
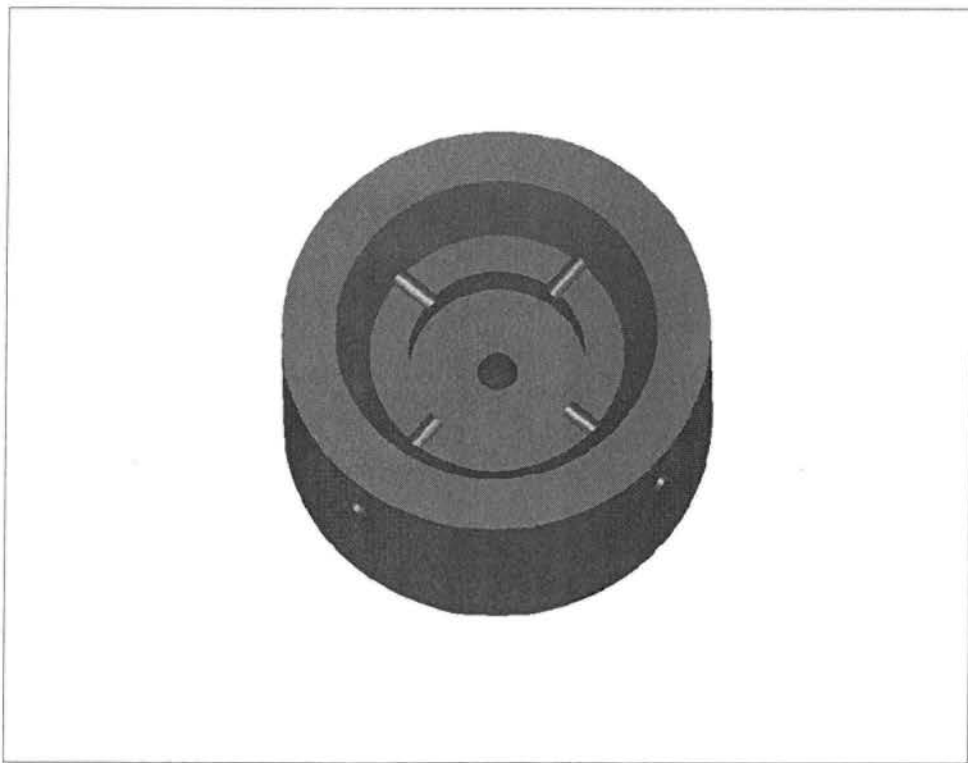


#### 14.2.8 ΘΗΛΥΚΟ



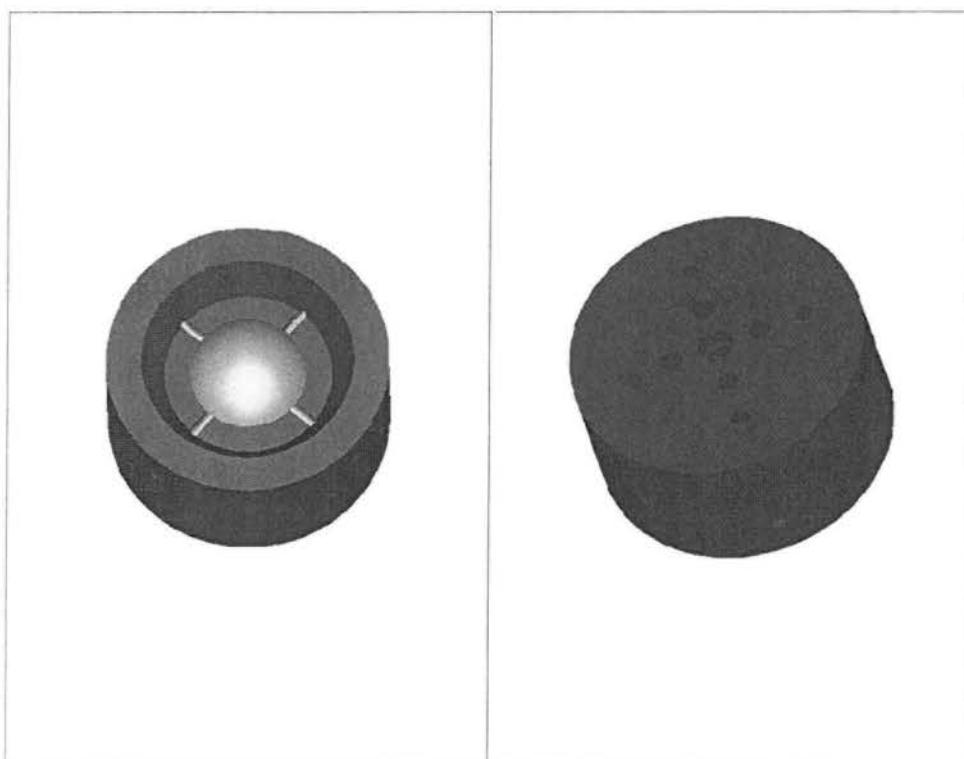


14.2.8  
ΘΗΛΥΚΟ





### 14.2.8 ΘΗΛΥΚΟ



## 15.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### ΒΙΒΛΙΑ

1. **Στοιχεία μηχανών** , *Ιωάννης Στεργίου-Κωνσταντίνος Στεργίου*, Σύγχρονη εκδοτική 01-2003.
2. **Πρέσσες & Κοπτικά Εργαλεία Πρεσσών**, *Μελ.Δ.Βούλγαρης*, Εκδόσεις 'ΙΩΝ'
3. **Μηχανολογικές κατασκευές**, Δρ. Κωνσταντίνος Στεργίου , Σημειώσεις , Τει Πειραιά.
4. **Ποιοτικός έλεγχος και τεχνολογία υλικών**, Δρ. Κάρμεν Μέντρεα, Σημειώσεις Τει Πειραιά
5. **Πρέσσες & Κοπτικά Εργαλεία Πρεσσών**, *Μελ.Δ.Βούλγαρης*, Εκδόσεις 'ΙΩΝ'
6. **Αντοχή υλικών**, *Γεώργιος Ρ. Γκρός*, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1992.
7. **Επαγγελματικοί Υπολογισμοί Βασικής Μηχανολογίας**, Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις – ΕΤΕ 2005
8. **Τεχνολογία Κατασκευής Εργαλείων & Καλουπιών**. Τόμος Ι & ΙΙ Ευρωπαϊκές Τεχνολογικές Εκδόσεις – ΕΤΕ 1998
9. **Σύγχρονη Τεχνική Αντζέντα** , Βελαώρας Χ. Ιωάννης ,2005

### WEBSITES

1. <http://www.sigalas-presses.gr/>
2. <http://www.parastatidis.gr/>
3. <http://www.gh-machines.gr/>
4. <http://www.atom-uk.com>
5. <http://www.rrpress.com>
6. <http://www.athenshydrodynamic.gr>
7. <http://courseware.mech.ntua.gr>