

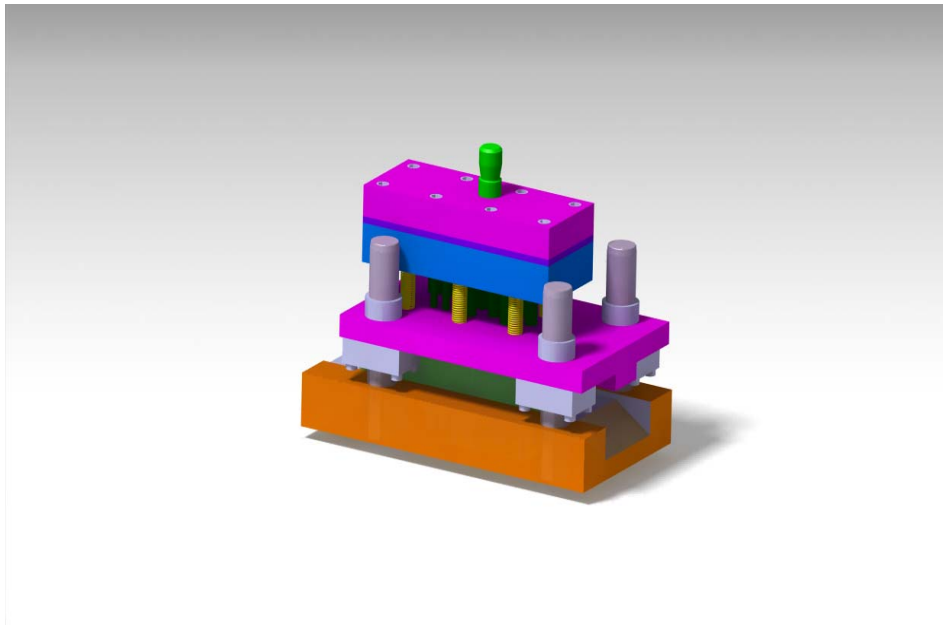
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**“ Σχεδιασμός, Μελέτη & Ανάλυση
Προοδευτικού Καλουπιού Μαζικής Παραγωγής
Ροδελών Ασφαλείας ”**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΡΑΠΑΝΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (Α.Μ.5322)

ΚΑΤΣΟΥΡΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ (Α.Μ.2565)

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ: ΜΠΑΡΟΥΝΗ ΑΝΤΙΓΟΝΗ

Δρ. ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ 2010

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή Εργασία εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολογίας του Ανωτάτου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πάτρας και είχε ως στόχο το σχεδιασμό και την κατασκευή καλουπιού για την μαζική παραγωγή ροδελών. Είναι γνωστό ότι ο καλύτερος τρόπος για να παραχθεί μια μεγάλη ποσότητα ενός προϊόντος είναι με την χρήση καλουπιών και χρησιμοποιείται ευρύτατα στις κατασκευαστικές βιομηχανίες.

Στην αρχή η παρούσα εργασία αναφέρεται θεωρητικά στα καλούπια και το σχεδιασμό του προϊόντος και τα χαρακτηριστικά του καλουπιού. Στη συνέχεια εισάγονται τα δεδομένα σχεδιασμού και η θεωρία μετατρέπεται σε πράξη. Μελετάται και σχεδιάζεται κάθε μέρος του καλουπιού χωριστά. Αυτό συμπεριλαμβάνει και το σύστημα εξόλκευσης και το σύστημα τροφοδοσίας. Ακολουθούν όλοι οι απαραίτητοι υπολογισμοί. Έπειτα αναφέρονται σχεδιαστικά τα στάδια συναρμολόγησης.

Ευχαριστούμε θερμά τους επιβλέποντες της εργασίας, κ. Μπαρούνη Αντιγόνη, Μηχανολόγο & Αεροναυπηγό Μηχανικό και τον κ. Γιαννόπουλο Γεώργιο, Δρ. Μηχανολόγο & Αεροναυπηγό Μηχανικό, για την καθοδήγηση που πρόσφεραν στην πραγματοποίηση της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο το σχεδιασμό καλουπιού σε πρέσα κρούσης για την παραγωγή ροδελών. Παρουσιάζονται τα βήματα σχεδιασμού και αναφέρονται τα στάδια κατασκευής.

Το πρώτο κεφάλαιο είναι η εισαγωγή και αναφέρει γενικά στοιχεία για τα καλούπια.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται τα προοδευτικά καλούπια μαζικής παραγωγής και η επίδραση της διάταξης των κομματιών στη λωρίδα της λαμαρίνας.

Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται εκτενής περιγραφή του προς κατασκευή καλουπιού. Αναλύονται τα μέρη του καλουπιού τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή τους. Ακόμα εισάγονται τα πραγματικά δεδομένα και παρουσιάζονται οι υπολογισμοί που χρειάζονται για την κατασκευή του καλουπιού, όπως ο υπολογισμός της χάρη και οι υπολογισμοί των δυνάμεων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται η μελέτη και ο σχεδιασμός των μερών του καλουπιού. Σε αυτό το σημείο χρησιμοποιείται η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων και συγκεκριμένα οι υπολογισμοί πραγματοποιούνται με το λογισμικό πακέτο πεπερασμένων στοιχείων ANSYS.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρεται ο αναλυτικός σχεδιασμός των υπολοίπων στοιχείων του καλουπιού.

Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται η συναρμολόγηση των κομματιών του καλουπιού μεταξύ τους .

Στο έβδομο κεφάλαιο έχουμε τα συμπεράσματα από την παρούσα εργασία, στόχος της οποίας ήταν ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός καλουπιού έτοιμο να χρησιμοποιηθεί για μαζική παραγωγή.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρατίθενται τα κατασκευαστικά σχέδια του καλουπιού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	I
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	II
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	III
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ	1
1.1 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ	1
1.2 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ.....	2
1.2.1 Χαρακτηριστικά των διεργασιών διαμόρφωσης.....	2
1.2.2 Μηχανές διαμόρφωσης	2
1.2.2.1 Πλαίσιο πρέσας.....	2
1.3 ΚΟΠΗ	3
1.3.1 Ανάλυση της κοπής.....	4
1.3.2 Εργαλεία κοπής.....	6
1.3.3 Κατασκευαστικά στοιχεία των κοπτικών εργαλείων.....	10
1.3.4 Μέθοδοι κατασκευής δομικών στοιχείων καλουπιού	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ-ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ ΣΤΗ ΛΩΡΙΔΑ ΛΑΜΑΡΙΝΑΣ	13
2.1 ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ.....	13
2.1.1 Αρχή λειτουργίας προοδευτικού καλουπιού	13
2.1.2 Σύνθετα προοδευτικά καλούπια	15
2.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ.....	16
2.3 ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ	18
2.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΟΠΗ	20
2.5 Η ΕΚΜΕΤΑΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	21
2.6 ΟΔΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ	24
2.7 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ ΒΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΩΘΗΣΕΩΣ.....	25

2.7.1 Με πείρο ή γωνία	25
2.7.2 Πλαγιοκόπτες	25
2.7.3 Πείροι – πιλότοι	26
2.7.4 Εργαλεία για μικρές οπές	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΝ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ – ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ, ΥΛΙΚΑ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΧΑΡΗΣ, ΔΥΝΑΜΕΩΝ	28
3.1 ΜΕΛΕΤΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΥΛΙΚΟΥ ΛΑΜΑΡΙΝΑΣ	29
3.2 ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ	35
3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΧΑΡΗΣ	36
3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΟΠΗΣ	39
3.4.1 Υπολογισμός δύναμης εκτομής	40
3.4.2 Υπολογισμός δύναμης διάτρησης	41
3.4.3 Υπολογισμός δύναμης πλαγιοκόπτη	41
3.4.4 Ολική δύναμη κοπής	43
3.4.5 Υπολογισμός δυνάμεων τριβής	44
3.4.6 Υπολογισμός της δύναμης εξόλκευσης	44
3.4.7 Υπολογισμός Πλάγιας δύναμης κοπής	46
3.4.8 Υπολογισμός της δύναμης ωστικής κεφαλής	47
3.5 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ της ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΟΥ ΣΥΓΡΑΤΗΣΗΣ	48
3.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΜΒΟΛΩΝ ΣΕ ΛΥΓΙΣΜΟ	54
3.7 ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	58
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	58
4.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΑΚΕΤΟ ANSYS ..	59
4.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΜΒΟΛΩΝ	61
4.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ	66
4.4.1 Επιλογή πείρων ολίσθησης	66
4.4.2 Επιλογή δακτυλίων ολίσθησης	67

4.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΚΑΙ ΑΝΩ ΒΑΣΗΣ	71
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ	80
5.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	80
5.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΑΤΙΑ.....	80
5.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ της ΚΑΤΩ ΒΑΣΗΣ	81
5.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ της ΜΗΤΡΑΣ.....	83
5.5 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ της ΛΑΜΠΙΝΑΣ.....	86
5.6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΞΟΛΚΕΑ ΕΜΒΟΛΩΝ	88
5.7 ΕΜΒΟΛΑ	89
5.8 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ της ΠΛΑΚΑΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΩΝ ΕΜΒΟΛΩΝ	92
5.9 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ της ΑΝΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ.....	93
5.10 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ της ΑΝΩ ΒΑΣΗΣ	94
5.11 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΟΥ ΣΥΓΡΑΤΗΣΕΩΣ	96
5.12 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΔΗΓΩΝ – ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ.....	97
5.13 ΣΧΕΔΙΣΜΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ	100
5.14 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ.....	102
5.15 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΟΧΛΙΩΝ.....	105
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.....	106
6.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	106
6.2 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ	106
6.3 ΒΗΜΑΤΑ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ	107
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	113
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ	115
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	121

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ

1.1 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Μια παραγωγική διεργασία ορίζεται ως η χρήση ενός ή περισσότερων φυσικών μηχανισμών για την μεταβολή του σχήματος και της μορφής του υλικού. Οι παραγωγικές διεργασίες μπορούν να ταξινομηθούν σε πέντε κατηγορίες.

Διεργασίες σχηματισμού ή αρχικού σχηματισμού, στις οποίες το σχήμα παράγεται από υλικό που βρίσκεται σε τηγμένη ή αέρια κατάσταση ή από στερεά σωματίδια ακαθόριστου σχήματος. Κατά την διάρκεια των διεργασιών αρχικού σχηματισμού, δημιουργούνται κατά κανόνα δυνάμεις συνοχής μεταξύ των σωματιδίων.

Διεργασίες Διαμόρφωσης, οι οποίες μετατρέπουν το αρχικό σχήμα ενός στερεού σε ένα άλλο σχήμα χωρίς να αλλάξουν την μάζα ή την σύνθεση του υλικού. Κατά την διάρκεια αυτών των διεργασιών, διατηρείται η συνοχή ανάμεσα στα σωματίδια.

Διεργασίες συνένωσης, οι οποίες ενώνουν μεμονωμένα κομμάτια για τον σχηματισμό αποσυναρμολογήσεων ή τελικών προϊόντων. Οι διεργασίες αυτές περιλαμβάνουν και τις προσθετικές διεργασίες όπως την πλήρωση και τον εμποτισμό κομματιών. Η συνοχή ανάμεσα στα σωματίδια αυξάνεται.

Διεργασίες αφαίρεσης υλικού στις οποίες πραγματοποιείται αφαίρεση υλικού κατά την εξέλιξη της διεργασίας. Η συνοχή ανάμεσα στα σωματίδια καταστρέφεται.

Διεργασίες τροποποίησης των ιδιοτήτων του υλικού, οι οποίες εσκεμμένα μεταβάλουν τις ιδιότητες του κομματιού, ώστε να επιτευχθέν επιθυμητά χαρακτηριστικά χωρίς να μεταβληθεί το σχήμα του, π.χ. θερμικές κατεργασίες

Αυτές οι κατηγορίες διεργασιών εφαρμόζονται σε μια ποικιλία τεχνικών υλικών, τα οποία μπορούν να ταξινομηθούν σε μέταλλα, κεραμικά, πολυμερή και σύνθετα υλικά.

Η επιλογή της διεργασίας που θα εφαρμοστεί σε ένα συγκεκριμένο υλικό, εξαρτάται από ένα πλήθος παραγόντων που επηρεάζουν το κόστος, την παραγωγικότητα, την ευελιξία και την ποιότητα. Οι δύο σπουδαιότεροι παράγοντες είναι:

- Το μέγεθος της παρτίδας των εξαρτημάτων που θα παραχθούν.
- Οι φυσικές ιδιότητες του υλικού (π.χ. σημείο τήξης).

1.2 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ

Οι διεργασίες διαμόρφωσης παρουσιάζουν ποικιλία εφαρμογών στην βιομηχανία. Εξαρτήματα αυτοκινήτων, βιομηχανικός εξοπλισμός, εργαλειομηχανές, καθώς και εργαλεία χειρός είναι μερικές από τις βιομηχανικές εφαρμογές των διεργασιών διαμόρφωσης. Δοχεία, μεταλλικά κουτιά και κονσέρβες, αλλά και στοιχεία σύνδεσης όπως βίδες, παξιμάδια, μπουλόνια και ήλοι είναι κομμάτια που παράγονται με την χρήση των διεργασιών διαμόρφωσης. Τα πιο κοινά υλικά στις διεργασίες αυτές είναι το ατσάλι, ανθρακούχοι χάλυβες, ανοξείδωτοι χάλυβες, χάλυβες θερμικής αντοχής καθώς και μη σιδηρούχα βαριά και ελαφριά κράματα όπως αλουμίνιο, ψευδαργύρου και χαλκού, τιτάνιο και θερμικά ανθεκτικά κράματα νικελίου.

1.2.1 Χαρακτηριστικά των διεργασιών διαμόρφωσης

Τα βασικά χαρακτηριστικά των διεργασιών διαμόρφωσης είναι:

- Κόστος
- Παραγωγικότητα
- Ποιότητα κομματιών
- Ευελιξία

1.2.2 Μηχανές διαμόρφωσης

Οι μηχανές που χρησιμοποιούνται για τις μηχανικές διαμορφώσεις είναι οι πρέσες, οι οποίες έχουν την δυνατότητα να αποδίδουν μεγάλες δυνάμεις και πολλή ενέργεια. Καθοριστικής σημασίας παράγοντες για τις δυνατότητες χρησιμοποίησής τους είναι και η ακρίβεια οδηγίσεώς τους. Ανεξάρτητα από το είδος της πρέσας, το πλαίσιο της είναι ιδιαίτερης σημασίας αφού πρέπει να είναι στιβαρό, προκειμένου να μπορεί να φέρει τις δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά την κατεργασία.

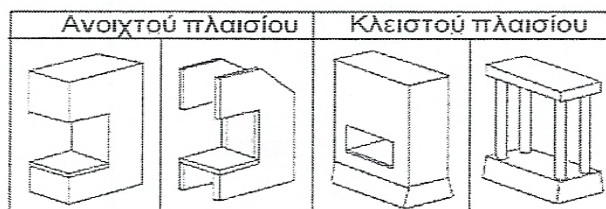
1.2.2.1 Πλαίσιο πρέσας

Τα πλαίσια είναι συνήθως κατασκευές που αποτελούνται από έναν αριθμό στοιχείων, όπως βάσεις στήριξης, δοκοί και τραβέρσες των οποίων το μέγεθος, το σχήμα και το υλικό εξαρτώνται βασικά από:

- Την κατεύθυνση και το μέγεθος των δυνάμεων που αναπτύσσονται κατά την λειτουργία της μηχανής
- Τη δυνατότητα πρόσβασης και ασφάλειας του χώρου εργασίας

- Τη δυνατότητα κατασκευής και το επιτρεπόμενο κόστος της μηχανής

Οι πρέσες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τον τρόπο μετάδοσης της κίνησης στην ωστική κεφαλή της πρέσας και χωρίζονται σε μηχανικές πρέσες και υδραυλικές πρέσες

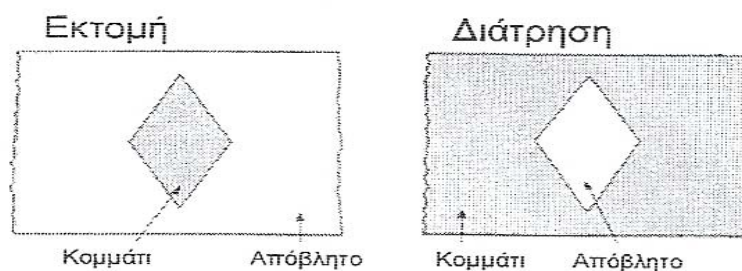


Σχήμα 1.1: Πλαίσια πρέσας

1.3 ΚΟΠΗ

Οι κυριότερες κατεργασίες διαμόρφωσης κομματιών από λαμαρίνα είναι η **κοπή**, η **κάμψη** και η **κοίλανση**. Η κοπή είναι η απλούστερη από τις τρεις αυτές κατεργασίες και προηγείται χρονικά των άλλων δυο στην διαδικασία παραγωγής.

Η κοπή μπορεί να οριστεί σαν η κατεργασία κατά την οποία γίνεται αποχωρισμός ενός ή περισσότερων κομματιών λαμαρίνας από ένα αρχικό φύλλο ή μια συνεχή λωρίδα λαμαρίνας. Αν το όριο ανάμεσα στα αποχωρισμένα κομμάτια είναι μια ανοιχτή γραμμή, τότε η κατεργασία ονομάζεται απότμηση. Συνήθως η τομή είναι μια κλειστή γραμμή π.χ. κύκλος, έλλειψη ή σύνθετη γραμμή που αποτελείται από ευθύγραμμα τμήματα ή/και κυκλικά τόξα. Η κοπή αυτής της μορφής γίνεται σε πρέσες με ειδικά διαμορφωμένα κοπτικά καλούπια. Αν το κομμάτι της λαμαρίνας που αποχωρίζεται από το αρχικό απορρίπτεται σαν απόβλητο, τότε η κατεργασία λέγεται **διάτρηση**. Αν το αποχωρισμένο κομμάτι είναι αυτό που θα χρησιμοποιήσουμε ενώ ότι μείνει πέρα από αυτό απορρίπτεται, τότε η κατεργασία λέγεται **εκτομή**.



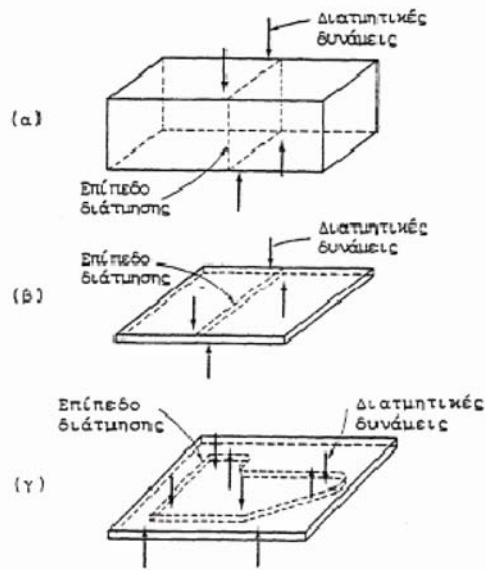
Σχήμα 1.2: Διαδικασία Εκτομής και Διάτρησης

1.3.1 Ανάλυση της κοπής

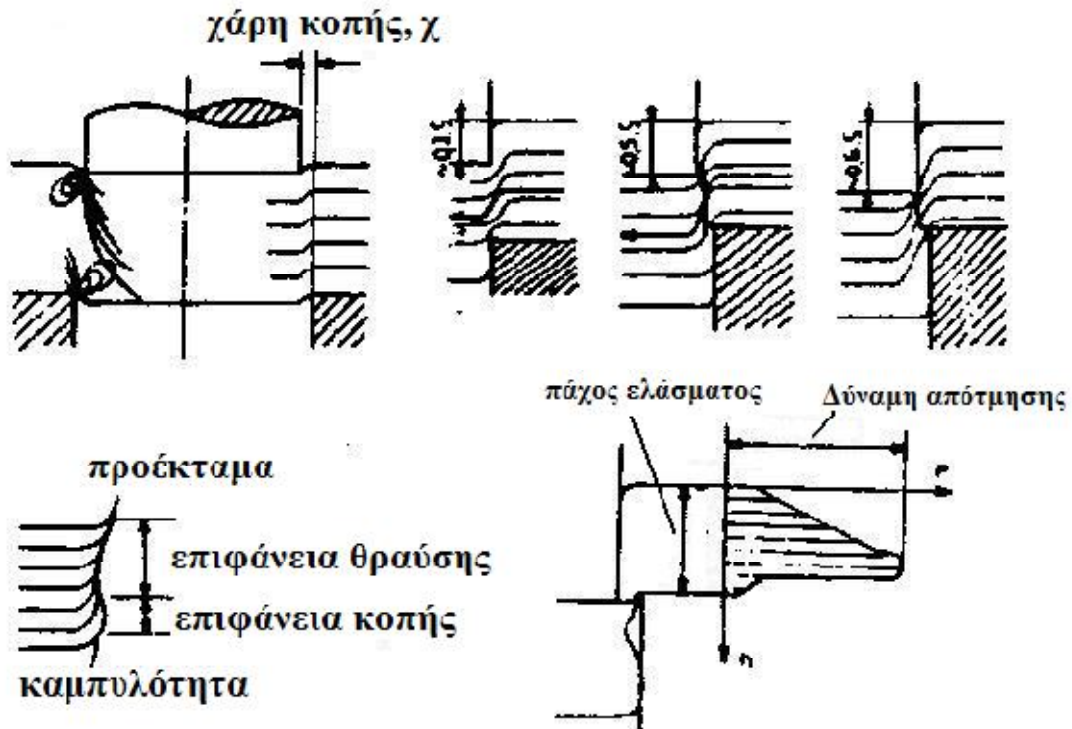
Η γνώση της θεωρητικής ανάλυσης της κοπής έχει μεγάλη πρακτική σημασία γιατί επιτρέπει τον υπολογισμό των δυνάμεων που αναπτύσσονται κατά την κοπή, της επιλογή του μεγέθους της πρέσας, την εκτίμηση των παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα της κατεργασίας και αποτελεί την βάση για τον ορθολογικό σχεδιασμό των καλουπιών.

Η κοπή της λαμαρίνας κατά μήκος μιας γραμμής, γίνεται με διάτμηση του υλικού, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 3. Τα διάφορα στάδια καταπόνησεως σε διάτμηση του ελάσματος, έως ότου φτάσει αυτό σε θραύση, παρουσιάζονται στο σχήμα 4. Είναι τα εξής:

- Ελαστική παραμόρφωση
- Παραμένουσα παραμόρφωση
- Διάτμηση
- Θραύση
- Λείανση των επιφανειών κοπής
- Επανάταξη



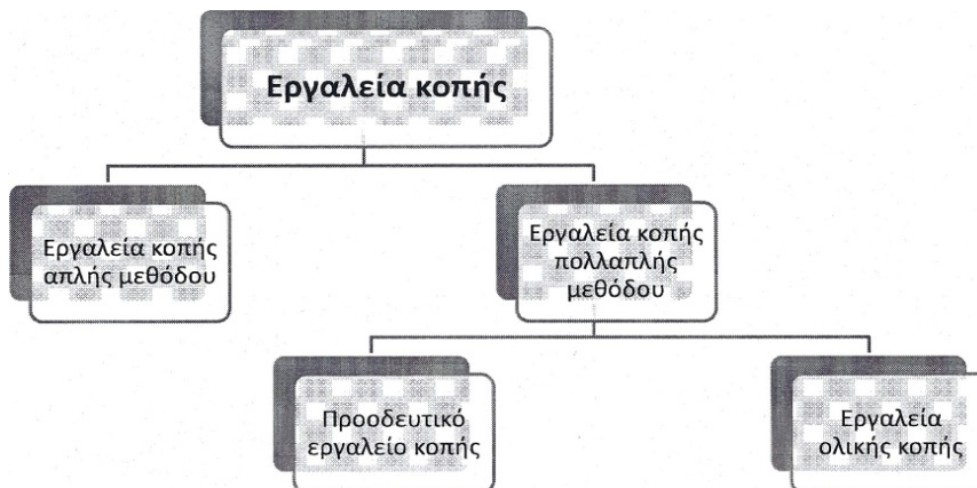
Σχήμα 1.3: Κοπή λαμαρίνας με διάτμηση υλικού



Σχήμα 1.4: Διάφορα στάδια καταπόνησως σε διάτμηση του ελάσματος

1.3.2 Εργαλεία κοπής

Κατά DIN8500, τα εργαλεία για τον ψαλιδισμό ονομάζονται εργαλεία **κοπής**. Τα εργαλεία κατατάσσονται ανάλογα με την πορεία της κατεργασίας όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 5.



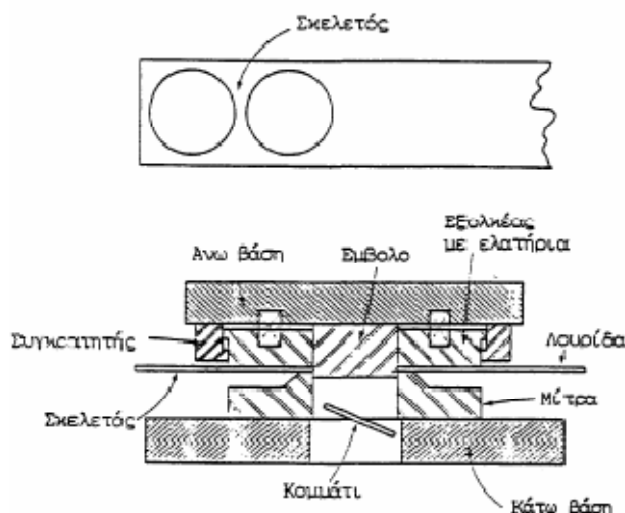
Σχήμα 1.5: Κατάταξη εργαλείων ανάλογα με την πορεία κατεργασίας

Τα εργαλεία κοπής απλής μεθόδου ή, αλλιώς, τα απλά καλούπια είναι η πιο απλή μορφή ενός κοπτικού καλουπιού. Στα καλούπια αυτά πραγματοποιούνται κοπές απλές, όπως π.χ. η παραγωγή ενός δίσκου. Το προϊόν παράγεται σε ένα «κατέβασμα» του καλουπιού. Ένα τυπικό απλό καλούπι φαίνεται στο Σχήμα 1.6.

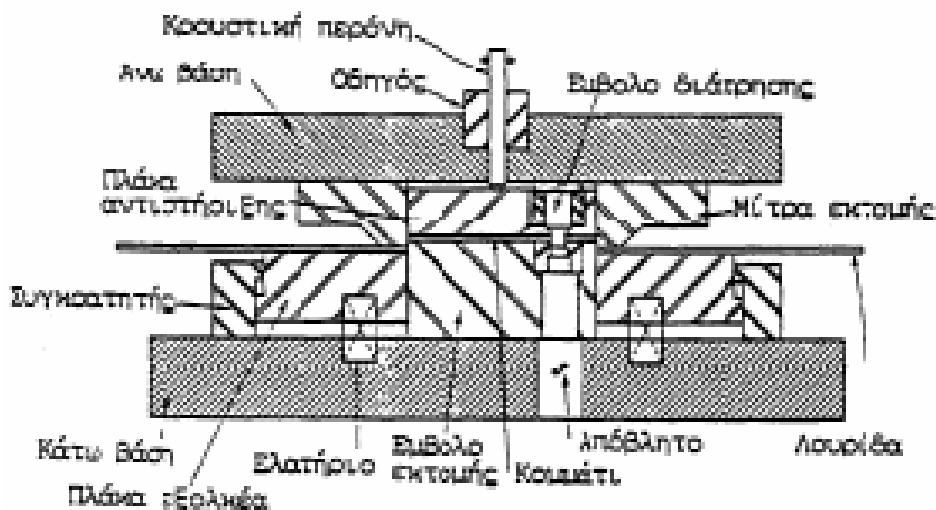
Τα εργαλεία ολικής κοπής ονομάζονται και σύνθετα καλούπια. Σε αυτά τα καλούπια παράγεται το προϊόν σε ένα σταθμό κατεργασίας, με τη διαφορά ότι το προϊόν δεν προκύπτει μόνο από μία κοπή. Χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτών των καλουπιών είναι ότι στον σταθμό κατεργασίας τους πραγματοποιούνται ταυτόχρονα περισσότερες από μία κατεργασίες, π.χ. μια κάμψη (είδος διαμόρφωσης λαμαρίνας) και μια κοπή, ή συνδυασμός κοίλανσης και κοπής. Τα καλούπια αυτά είναι πολύ πιο πολύπλοκα στο σχεδιασμό και την κατασκευή τους, αφού θα πρέπει να συνδυάσουν αρμονικά πολλές διεργασίες ταυτόχρονα στον ίδιο σταθμό κατεργασίας. Ένα τυπικό σύνθετο καλούπι απεικονίζεται στο Σχήμα 1.7.

Η βασική μορφή ενός προοδευτικού εργαλείου καθώς και ο τρόπος λειτουργίας του φαίνεται στο σχήμα 1.8. Κύριο χαρακτηριστικό των προοδευτικών καλουπιών είναι ότι αποτελούνται από πολλούς σταθμούς κατεργασίας. Έτσι, το τελικό προϊόν που πρόκειται να παραχθεί, προκύπτει από τη διαδοχική κοπή (ή και διαμόρφωση) πολλών σταθμών κατεργασίας. Ο λόγος σχεδιασμού ενός προοδευτικού καλουπιού

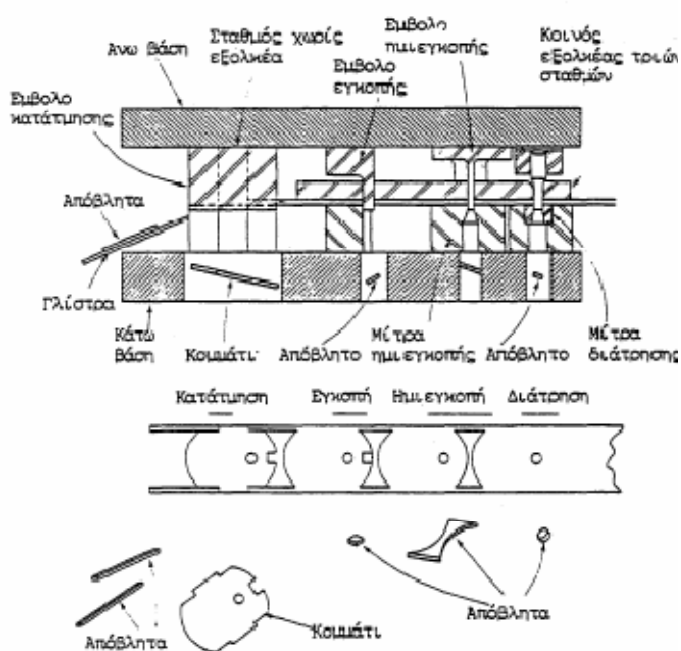
πηγάει από την αδυναμία σχεδιασμού και κατασκευής ενός απλού καλουπιού ενός σταθμού κατεργασίας που να μπορεί να κάνει την κοπή ενός πολύπλοκου κομματιού. Για παράδειγμα, υπάρχουν περιπτώσεις, όπου το περίγραμμα κοπής είναι τόσο περίπλοκο και αποτελείται από μικρές οπές πολύ κοντά μεταξύ τους (σχήμα 1.8(β)), που είναι αδύνατο να δημιουργηθεί σε ένα σταθμό κατεργασίας, αφού θα έπρεπε να τοποθετηθούν πολλά έμβολα και κοππικοί δακτύλιοι πολύ κοντά μεταξύ τους, πράγμα αδύνατο κατασκευαστικά. Έτσι, καταλήγουμε στο σχεδιασμό ενός καλουπιού, το οποίο θα αποδίδει τη ζητούμενη γεωμετρία βαθμιαία και σε κάθε σταθμό κατεργασίας θα παράγεται και μια κοπή. Ένα τυπικό προοδευτικό καλούπι φαίνεται στο σχήμα 1.8(α).



Σχήμα 1.6: Απλό καλούπι



Σχήμα 1.7: Σύνθετο καλούπι



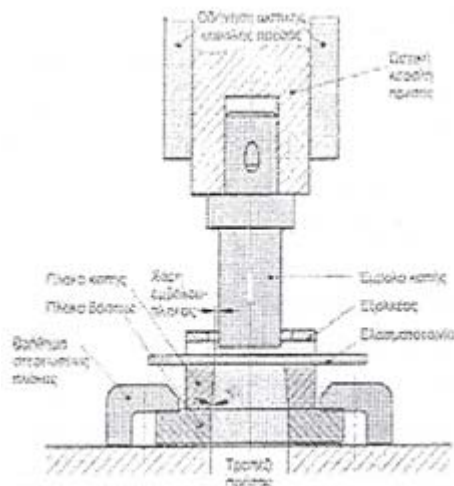
Σχήμα 1.8(β): Προοδευτικό καλούπι για την παραγωγή του εμβλήματος της Toyota

Σχήμα 1.8(α): Προοδευτικό καλούπι

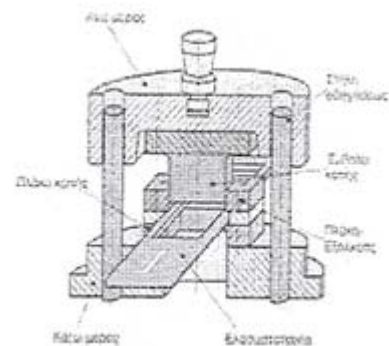
Ένα κοπτικό εργαλείο πρέσας, που ονομάζεται καλούπι, αποτελείται από διάφορα στοιχεία, ανάλογα με την μορφή της πρώτης ύλης που θα κοπεί. Ένα τυπικό καλούπι αποτελείται από τα εξής μέρη:

- Το έμβολο και τον κοπτικό δακτύλιο
- Τα εξαρτήματα συσφίξεως στο τραπέζι και στην ωστική κεφαλή
- Τα στοιχεία οδήγησης του εμβόλου
- Τα στοιχεία οδήγησης του ελάσματος
- Τον μηχανισμό για τον καθορισμό μήκους πρόωσης
- Τους εξολκείς (στοιχεία απομάκρυνσης των κομματιών προς χρήση και των αποβλήτων)

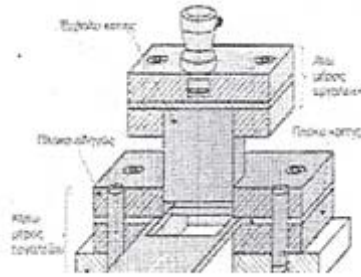
Ορισμένα από τα παραπάνω είναι τυποποιημένα και η χρήση τους επιτρέπει την μείωση του κόστους και του χρόνου κατασκευής τους. Στα ακόλουθα σχήματα 1.9-1.10(α)-(β) βλέπουμε κοπτικό εργαλείο χωρίς οδήγηση (σχήμα 1.9) και αντίστοιχα στο (σχήμα 1.10α) εργαλείο κοπής με στήλες οδηγήσεως και στο (σχήμα 1.10β) εργαλείο κοπής με πλάκα – οδηγό.



Σχήμα 1.9: Κοπτικό εργαλείο χωρίς οδήγηση



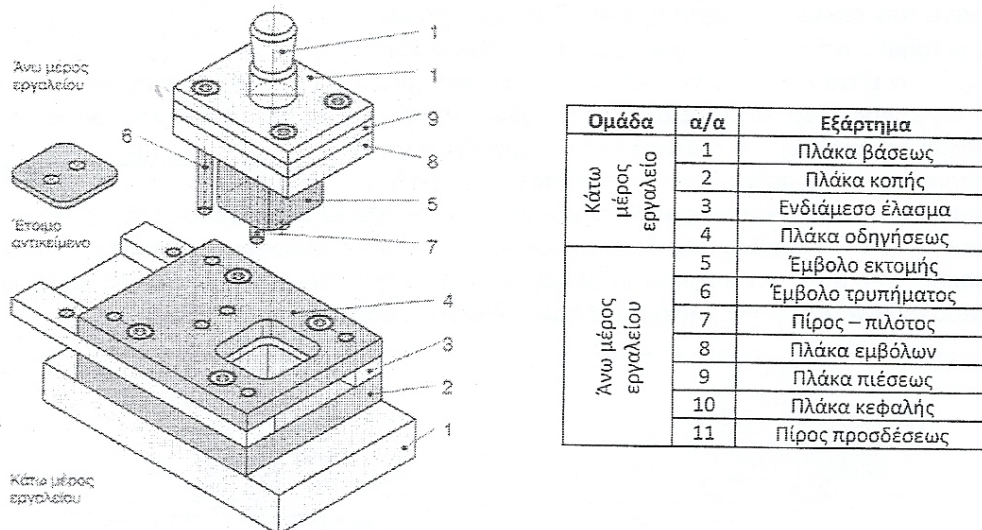
Σχήμα 1.10(α): Εργαλείο κοπής με στήλες οδηγήσεως



Σχήμα 1.10(β): Εργαλείο κοπής με πλάκα και οδηγό

1.3.3 Κατασκευαστικά στοιχεία των κοπτικών εργαλείων

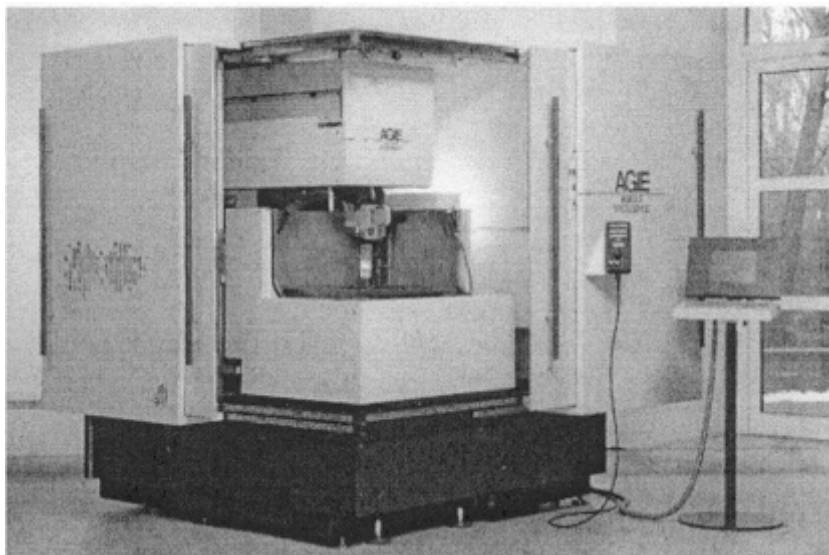
Η κατασκευή των κοπτικών εργαλείων γίνεται συνήθως χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν περισσότερα τυποποιημένα εξαρτήματα για την μείωση του κόστους καθώς και του χρόνου κατασκευής. Οι κύριες διαστάσεις αυτών των εξαρτημάτων είναι συνήθως καθορισμένες από κανονισμούς DIN. Βασικά τα κοπτικά εργαλεία απαρτίζονται από τις εξής δομικές ομάδες: άνω μέρος εργαλείου και κάτω μέρος εργαλείου. Τα σπουδαιότερα κατασκευαστικά στοιχεία των ομάδων για εργαλείο με πλάκα οδηγήσεως αναφέρονται στο σχήμα 1.11 που ακολουθεί.



Σχήμα 1.11: Κατασκευαστικά στοιχεία για εργαλείο με πλάκα οδηγήσεως

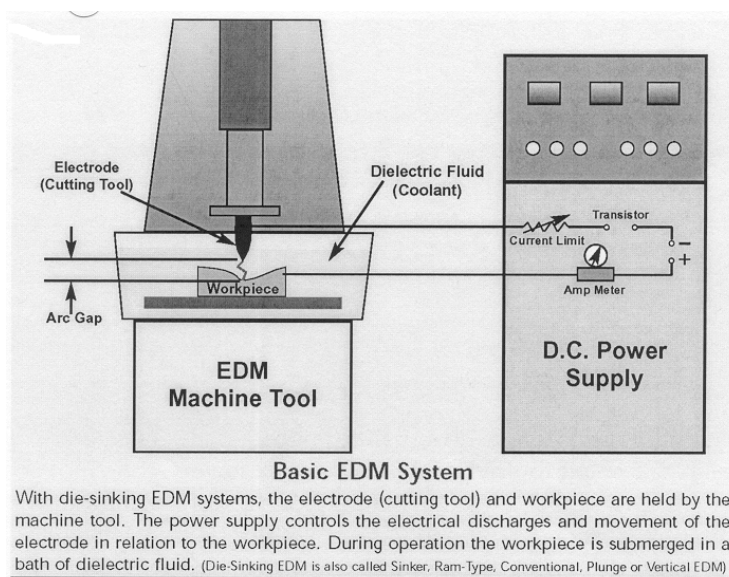
1.3.4 Μέθοδοι κατασκευής δομικών στοιχείων καλουπιού

Στην αγορά υπάρχουν διάφορες εταιρίες κατασκευής δομικών στοιχείων καλουπιών. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου κάποιο στοιχείο ενός καλουπιού να είναι τόσο περίπλοκο γεωμετρικά ή εξειδικευμένο, που να μην είναι διαθέσιμο στην αγορά. Σε αυτή την περίπτωση, θα πρέπει να προβούμε στην κατασκευή του συγκεκριμένου εξαρτήματος, χρησιμοποιώντας ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές (C.N.C.) και προηγμένα συστήματα CAD/CAM για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη του προγράμματος κοπής για τις απαιτούμενες κατεργασίες. Οι εργαλειομηχανές που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ενός καλουπιού ή μέρος αυτού είναι συνήθως C.N.C. φρέζες και τόρνοι, ενώ σε καλούπια που δεν είναι δυνατή η χρησιμοποίηση φρέζας, καταφεύγουμε στη μηχανή Ηλεκτροδιάβρωσης βύθισης ή σύρματος (Electrical Discharge Machines – EDM) (σχήμα 1.12).



Σχήμα 1.12: Εκσυγχρονισμένη μηχανή Wire-EDM, 1999

Η μηχανή EDM συνοδεύεται από ένα σύστημα που περιλαμβάνει δύο βασικά στοιχεία: το κοπτικό εργαλείο και την πηγή τροφοδοσίας (Σχήμα 1.13). Το κοπτικό εργαλείο συγκρατεί το σχηματισμένο ηλεκτρόδιο, το οποίο προχωράει προς το κομμάτι και σχηματίζει έναν κρατήρα. Η πηγή τροφοδοσίας παράγει μία σειρά ηλεκτρικών εκκενώσεων υψηλής συχνότητας μεταξύ του ηλεκτροδίου και του κομματιού, οι οποίες απομακρύνουν υλικό από το κομμάτι με θερμική διάβρωση ή εξάχνωση.



Σχήμα 1.13: Το βασικό σύστημα της EDM

Η διαδικασία EDM γενικά χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες: την **Wire-EDM**, την **Sinker-EDM** (μερικές φορές αποκαλείται Ram ή Συμβατική EDM) και την **Micro-EDM**. Καθεμιά από αυτές χρησιμοποιείται σε διαφορετικές εφαρμογές, αλλά η βασική τους λειτουργία είναι κοινή και για τις τρεις. Οι τρεις αυτές τεχνικές διαφέρουν ως προς τον τύπο του ηλεκτροδίου που χρησιμοποιούν.

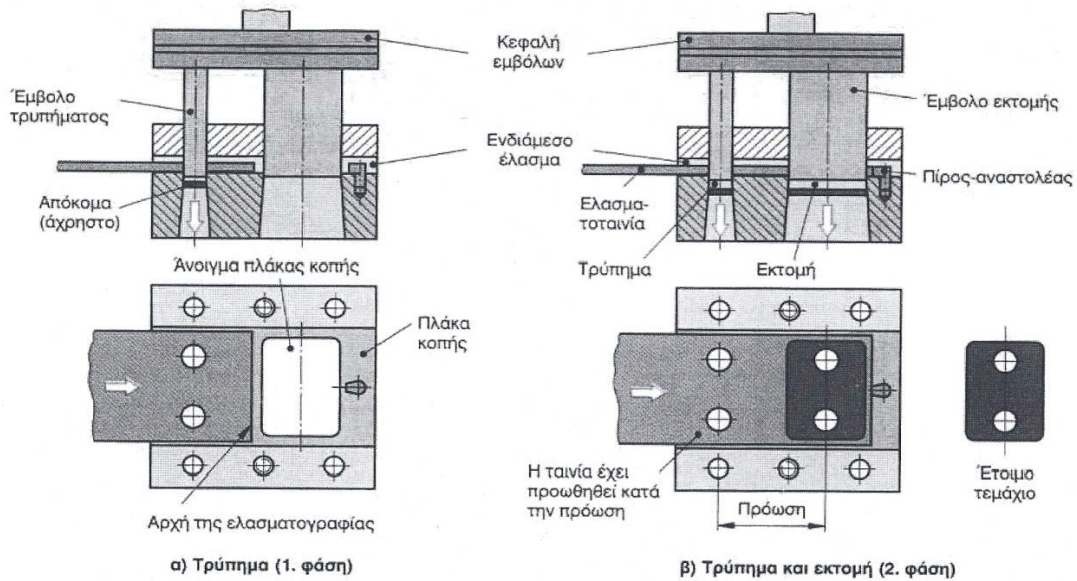
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ-ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ ΣΤΗ ΛΩΡΙΔΑ ΛΑΜΑΡΙΝΑΣ

2.1 ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ

Μέχρι τώρα είδαμε την διάταξη καλουπιών στα οποία με μια κίνηση της ωστικής κεφαλής γίνονται ταυτόχρονα όλες οι κατεργασίες του τεμαχίου και παράγεται το τελικό αντικείμενο. Υπάρχουν, όμως, πολλές περιπτώσεις που οι κατεργασίες που πρέπει να γίνουν είναι τόσες πολλές σε αριθμό με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η τοποθέτηση όλων των απαραίτητων εμβολών στο περιορισμένο χώρο του καλουπιού. Η λύση σε αυτούς τους τεχνικούς περιορισμούς είναι η κατασκευή προοδευτικού εργαλείου, στο οποίο εφαρμόζονται διαφορετικές μέθοδοι κοπής διαδοχικά επάνω σε ένα εργαλείο (καλούπι). Σε αυτήν την περίπτωση η ελασματοταινία κατεργάζεται σε διαδοχικά στάδια. Ο αριθμός των σταδίων ουσιαστικά περιορίζεται από το μέγεθος της τράπεζας της διαθέσιμης πρέσας, αλλά και από το κόστος κατασκευής του καλουπιού, το οποίο είναι αντιστρόφως ανάλογο του μήκους της. Με την κατανομή της κατεργασίας σε φάσεις, είναι δυνατόν να κατασκευαστούν αντικείμενα πολύπλοκης γεωμετρίας με μεγάλη ακρίβεια στις διαστάσεις. Η δαπάνη βέβαια, αξίζει μόνο όταν πρόκειται για μεγάλο πλήθος τεμαχίων.

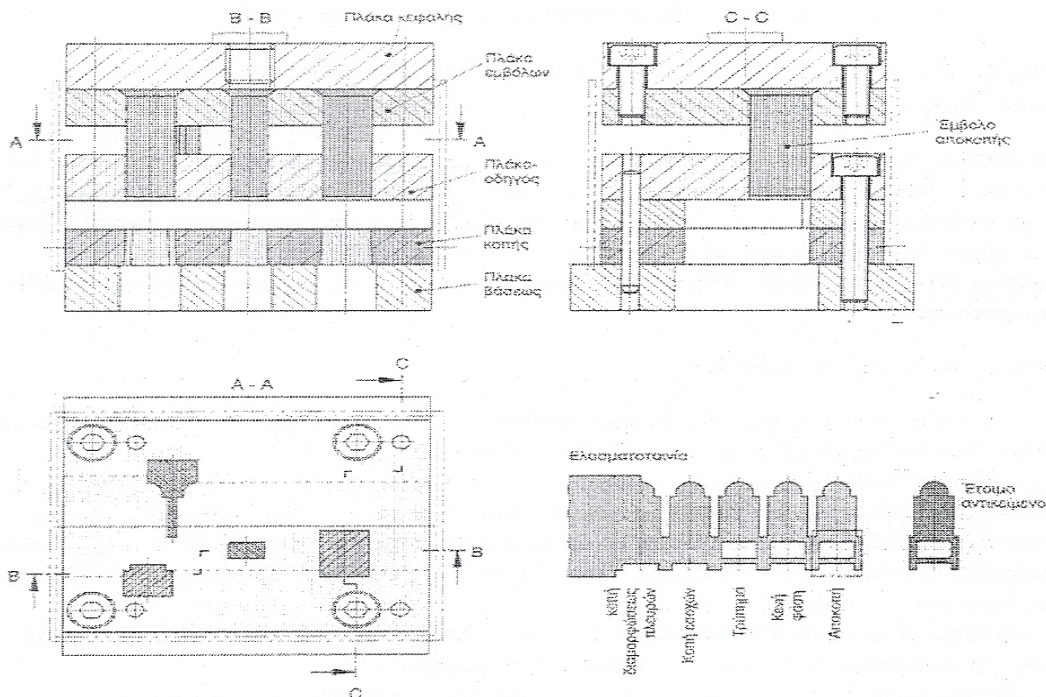
2.1.1 Αρχή λειτουργίας προοδευτικού καλουπιού

Έστω ότι πρόκειται να κατασκευαστεί το αντικείμενο του παρακάτω σχήματος. Έτσι με μια κάθοδο της ωστικής κεφαλής η ταινία του υλικού θα τρυπηθεί, αλλά και το ήδη τρυπημένο μέρος θα αποτμηθεί. Κατόπιν πρέπει η ταινία να προωθηθεί κατά την πρόωση V με ακρίβεια, ώστε η θέση των οπών σε σχέση με το άνοιγμα της πλάκας κοπής κατά την εκτομή να συμφωνεί ακριβώς. Στο σχήμα 2.1 βλέπουμε την μορφή του προοδευτικού καλουπιού με δυο φάσεις όπου στην πρώτη φάση έχουμε την διάτρηση και έπειτα στην δεύτερη φάση έχουμε την εκτομή.



Σχήμα 2.1: Διάταξη προοδευτικού καλούπιου

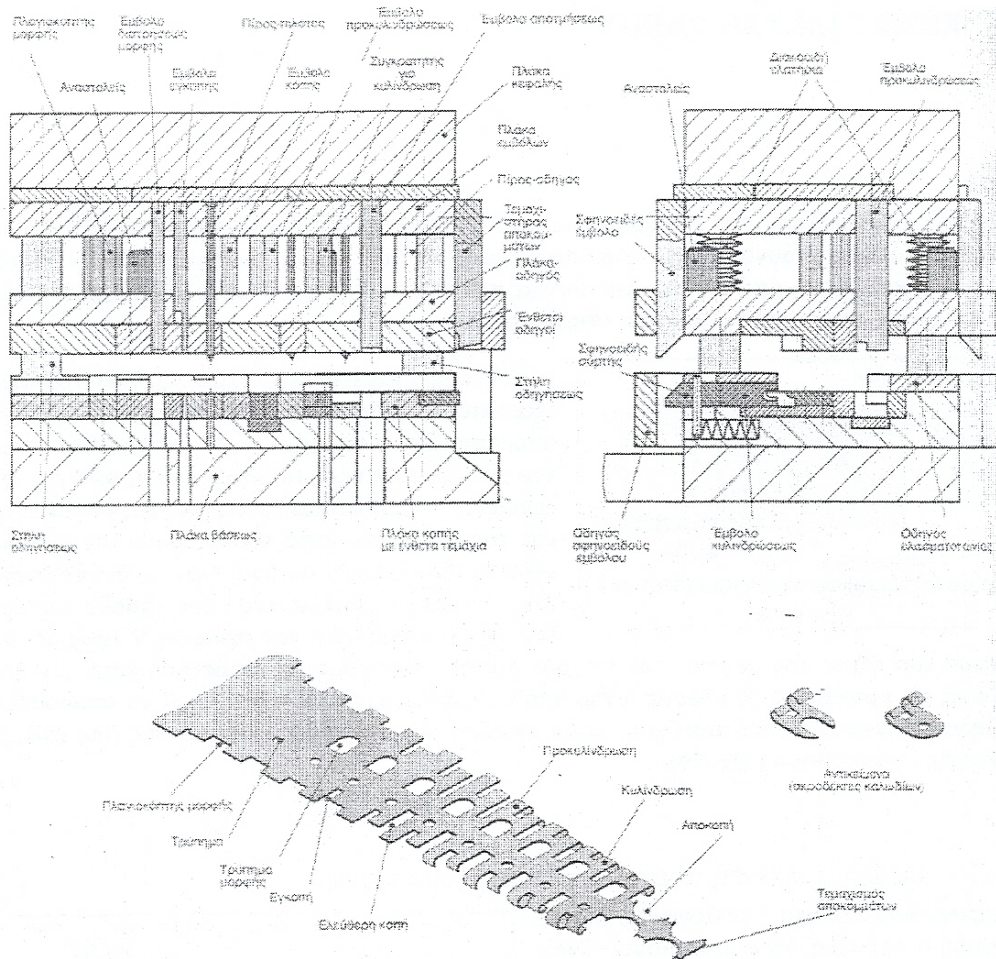
Η κατασκευή ενός αντικειμένου με κοπή γίνεται σε περισσότερους εμβολισμούς. Το πλήθος τους εξαρτάται από την πορεία των ενδιάμεσων φάσεων στις οποίες έχει υποδιαιρεθεί η κατασκευή. Για το προηγούμενο τεμάχιο προβλέπονται δυο εμβολισμοί ένας για το τρύπημα και ο άλλος για την εκτομή. Εχουμε όμως και πιο σύνθετα προοδευτικά καλούπια όπως το παρακάτω στο σχήμα 2.2



Σχήμα 2.2: Προοδευτικό καλούπι με περισσότερους εμβολισμούς

2.1.2 Σύνθετα προοδευτικά καλούπια

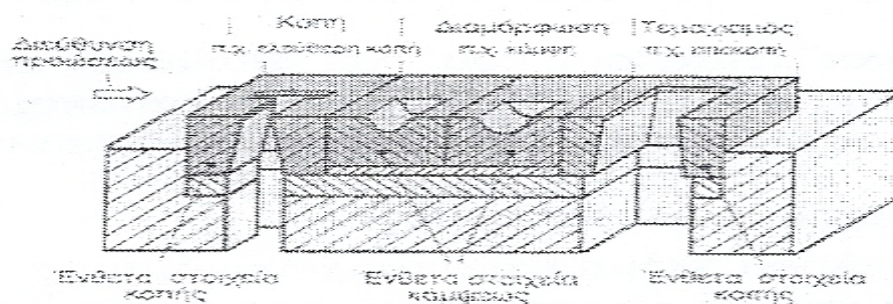
Τα σύνθετα προοδευτικά εργαλεία συνδυάζουν τις ιδιότητες ενός εργαλείου κοπής και ενός διαμορφώσεως. Με τα σύνθετα προοδευτικά εργαλεία εκτελούνται διαδοχικά εργασίες κοπής και διαμορφώσεως με ένα εργαλείο. Είναι κατάλληλα για την παραγωγή μικρών, αλλά περίπλοκων αντικειμένων. Τα σύνθετα προοδευτικά εργαλεία είναι συνήθως εκτεταμένα. Έχουν πολλές φορές συστήματα εκτροπής δυνάμεων. Η λωρίδα του υλικού κόπτεται μέσα σε αυτό το εργαλείο με πλαγιοκόπτες μορφής, πράγμα που επιτρέπει έναν ακριβή καθορισμό της προώσεως και ακριβή οδήγησης της λωρίδας. Στα επόμενα βήματα γίνεται τρύπημα, εκτομή, προκυλίνδρωση, κυλίνδρωση και στο τέλος η απότμηση γίνεται κατά κάποιο τρόπο που να προκύπτουν δυο διαφορετικά μεταξύ τους τεμάχια. Στο τέλος του εργαλείου υπάρχει και το εμβολο τεμαχισμού των αποκομμάτων. Το σχήμα 2.3 μας δίνει την απεικόνιση της προαναφερθείσας διαδικασίας.



Σχήμα 2.3: Σύνθετο προοδευτικό καλούπι με διαδοχικές εργασίες κοπής

Αυτά τα εργαλεία περιλαμβάνουν βασικά τρεις βαθμίδες:

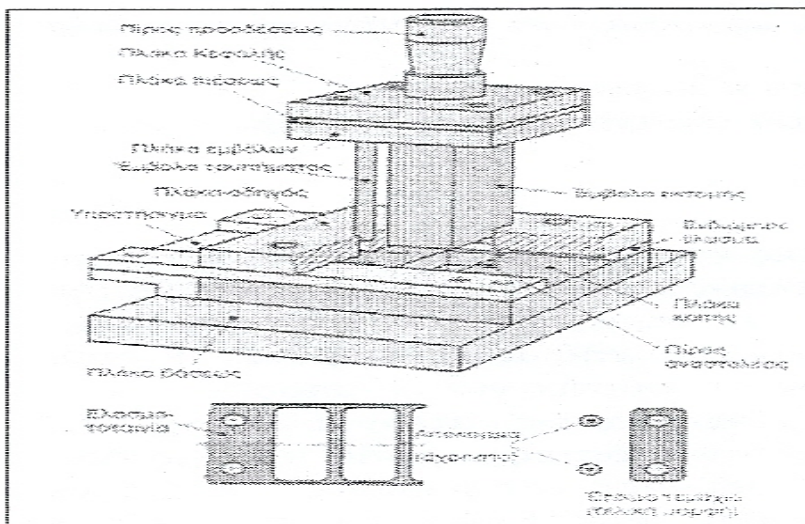
- Βαθμίδα κοπής: ενεργούν τα εμβολα κοπής για την ελεύθερη κοπή, τις εγκοπές και το τρύπημα
- Βαθμίδα διαμορφώσεως: χρησιμοποιούνται εμβολα διαμόρφωσης, εμβολα κάμψης, έμβολα κοιλάνσεως και τυπώματος
- Βαθμίδα αποκοπής: στο τέλος του σύνθετου εργαλείου γίνεται απότμηση ή αποκοπή.



Σχήμα 2.4:Εργαλεία με βαθμίδες (κοπής, διαμορφώσεως, αποκοπής)

2.2 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΩΝ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ

Η διάταξη των σταθμών κατεργασίας που έχουν εκλεγεί, καθώς και ο αριθμός τους, οδηγούν σε λεπτά έμβολα, τα οποία πρέπει να στηριχτούν με πλάκες στήριξης και στήλες οδήγησης. Μόνο έτσι μπορεί κανείς να αναζητήσει την αναγκαία ακριβή θέση και την ευστάθεια των εμβόλων. Αν ο αριθμός των σταθμών κατεργασίας είναι μεγάλος, τότε η πλάκα κοπής θα γίνει επίσης μεγάλη, καθώς και το ολικό μήκος του προοδευτικού εργαλείου κοπής (καλουπιού).



Σχήμα 2.5: Προοδευτικό εργαλείο κοπής

Από πλευράς ελάσματος:

- Το έλασμα δεν πρέπει να είναι πολύ λεπτό, γιατί μπορεί να παραμορφωθεί από τον μηχανισμό μεταφοράς της ταινίας, αλλά ούτε και πολύ παχύ γιατί θα υπάρξει δυσκολία στην ευθυγράμμιση του. Πρέπει να τηρηθούν οι αποστάσεις των αποτιμήσεων μεταξύ των τεμαχίων καθώς και από το άκρο της ταινίας.
- Πρέπει να γίνεται καλή εκμετάλλευση του υλικού για περιορισμό της ποσότητας των αποκομμάτων.

Από πλευράς εργαλείου και φάσεων:

Οι εργασίες στις επιμέρους φάσεις πρέπει να είναι απλές. Η δυσκολία έγκειται στην ορθή εκμετάλλευση του υλικού και του εργαλείου.

1. Στην πρώτη φάση θα πρέπει:
 - Να γίνουν τρυπήματα και εκτομές με περιορισμό, συν τοις άλλοις, την εξασφάλιση διαστάσεων και βήματος της ταινίας μέσα στο εργαλείο.
2. Στις επόμενες φάσεις θα πρέπει να αναπτυχθεί η μορφή του αντικειμένου, αλλά πρέπει να δοθεί προσοχή ώστε η προώθηση της ταινίας να είναι χωρίς εμπόδια ακριβώς λόγω της δοσμένης μορφής. Άρα:

- Αν υπάρχουν τρυπήματα το ένα κοντά στο άλλο, ή κοντά στα άκρα του κοπτικού δακτυλίου, τότε διασπείρονται σε προηγούμενες φάσεις.
- Αν το περίγραμμα του αντικειμένου μπορεί να αναλυθεί σε γραμμές απλής μορφής, τότε καταμερίζουμε σε περισσότερες φάσεις την διαμόρφωση του περιγράμματος, χρησιμοποιώντας για αυτόν τον σκοπό τυποποιημένα έμβολα.
- Καλό είναι να προβλέπονται κενές φάσεις εργασίας με σκοπό να γίνονται τα εργαλεία ισχυρότερα.
- Πρέπει να υπάρχει επάρκεια δυνάμεως και έργου από πλευράς πρέσας.
- Πρέπει να υπάρχει απρόσκοπτη αφαίρεση έτοιμου τεμαχίου και των αποβλήτων

2.3 ΠΡΟΟΔΕΥΤΙΚΑ ΚΑΛΟΥΠΙΑ ΜΑΖΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Σκοπός των προοδευτικών καλουπιών μαζικής παραγωγής είναι η παραγωγή του προϊόντος μας σε μεγαλύτερο αριθμό με το απλούστερο σχέδιο για το δυνατό χαμηλότερο κόστος. Την αρχή αυτής της διαδικασίας έκανε ο Henry Ford. Τον πρώτο καιρό, ο Ford κατασκεύαζε αυτοκίνητα όπως όλοι οι άλλοι. Ένα-ένα. Το αυτοκίνητο έμενε στο ίδιο σημείο σε όλη τη διάρκεια της κατασκευής και οι μηχανικοί με τους εργάτες πήγαιναν να πάρουν τα εξαρτήματα και επέστρεφαν στο αυτοκίνητο για να τα συναρμολογήσουν από το σασί και πάνω. Στη συνέχεια, για να επιταχυνθεί η διαδικασία, τοποθετούσαν τα αυτοκίνητα πάνω σε πάγκους, τους οποίους μετακινούσαν από τη μία θέση στην άλλη, με διαφορετικές ομάδες εργατών να εργάζονται σε κάθε θέση. Αλλά και αυτή η μέθοδος δεν ήταν αρκετά γρήγορη, αφού ο Ford χρειαζόταν έμπειρους εργάτες για να συναρμολογήσει το «χειροποίητο» αυτοκίνητο. Έτσι ο ρυθμός παραγωγής παρέμενε χαμηλός και η τιμή του αυτοκινήτου ήταν υψηλότερη για να καλύψει το κόστος. Αυτό που χρειαζόταν ήταν η αυτοματοποίηση. Ο Henry και οι μηχανικοί του επινόησαν μηχανές που κατασκεύαζαν μεγάλες ποσότητες των απαραίτητων εξαρτημάτων και μεθόδους συναρμολόγησης των εξαρτημάτων αυτών με την ίδια ταχύτητα που κατασκευάζονταν. Ήταν έτοιμοι για τη μεγάλη τομή.

Αύξησαν της παραγωγικότητας: Για να επιτευχθεί ο στόχος του Henry Ford για μαζική κατανάλωση μέσω της μαζικής παραγωγής, έπρεπε να αυξηθεί η παραγωγικότητα. Στο εργοστάσιο του Detroit, στο Michigan, οι εργάτες έμεναν σε

συγκεκριμένες θέσεις και το σασί περνούσε από τον έναν στον άλλο μετακινούμενο με ένα γερό σκοινί. Το σασί σταματούσε σε κάθε θέση, για να τοποθετηθούν τα εξαρτήματα, μέχρι τελικά να ολοκληρωθεί.

Κατ' αντιστοιχία λοιπόν, στα προοδευτικά καλούπια οι εργάτες είναι τα έμβολα και οι θέσεις των εργαζομένων είναι οι πολύπλευρες λειτουργίες του καλούπιου, όπως αναφέραμε παραπάνω. Έτσι, λοιπόν, το προοδευτικό καλούπι μαζικής παραγωγής άμεσο σκοπό έχει τη αύξηση του ρυθμού παραγωγής με αμφότερο σκοπό την μείωση του κόστους. Τα πλεονεκτήματα αυτών των καλούπιων είναι τα εξής:

- Μεγάλη παραγωγικότητα
- Αύξηση του ρυθμού παραγωγής
- Μείωση του κόστους
- Παραγωγή με πλήρη αυτοματοποίηση
- Πολλές διεργασίες ταυτόχρονα
- Τα μειονεκτήματα των απλών καλούπιων συνοψίζονται παρακάτω:
- Η παραγωγή μικρού αριθμού αντικειμένων δεν είναι πρακτική
- Είναι ακριβή η κατασκευή των καλούπιων και των επιμέρους μερών τους
- Για να συμφέρει οικονομικά η εργασία πρέπει να κατασκευαστεί μεγάλος αριθμός εξαρτημάτων
- Δυσκολία κατασκευής καλούπιου

Ακόμα, χρησιμοποιώντας προοδευτικά καλούπια η παραγωγή μας γίνεται με πλήρη αυτοματοποίηση. Τα καλούπια αυτά χρησιμοποιούνται όλο και συχνότερα στην βιομηχανία με πάρα πολλά παραδείγματα στην αυτοκινητοβιομηχανία, στη βιομηχανία τροφίμων, στην αεροναυπηγική κτλ.

2.4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ ΣΤΗΝ ΚΟΠΗ

Όταν γνωρίζουμε την μορφή ενός κομματιού, μπορούμε να σχεδιάσουμε τη διάταξή του μέσα στη μεταλλική λωρίδα, ώστε να έχουμε τη βέλτιστη εκμετάλλευση υλικού. Για καλούπια κοπής δίσκων διαφόρων σχημάτων, δημιουργείται ένα σχέδιο το οποίο δείχνει τη διάταξη τους μέσα στη μεταλλική λωρίδα.

Για καλούπια πολλών σταθμών, το σχέδιο επί πλέον δείχνει και τη σειρά των κοπών που πρέπει να εκτελούνται από το προοδευτικό καλούπι. Για προοδευτικά καλούπια θα πρέπει να μελετήσουμε και να αποφασίσουμε ποια μέρη του κομματιού θα κόβονται σε κάθε σταθμό εργασίας, καθώς επίσης και τη σειρά με την οποία θα κόβονται. Η εργασία αυτή είναι από τους κύριους παράγοντες της μελέτης σε ένα προοδευτικό καλούπι.

Η κατασκευή κομματιών σε προοδευτικά καλούπια με τη χρησιμοποίηση διαδοχικών σταθμών κατεργασίας δεν επηρεάζει τη διάταξη των σχημάτων, πάρα μόνο σε βαθμό που οι ελάχιστες αποστάσεις μεταξύ των σχημάτων που δεν κόβονται ταυτόχρονα πρέπει να είναι μεγαλύτερες για την αποφυγή παραμορφώσεων.

Για απλά κοπτικά καλούπια η διαδικασία επιλογής της κατάλληλης διάταξης είναι πιο απλή. Έτσι στις περισσότερες περιπτώσεις πρώτα εκτελείται η κατεργασία κοπής δίσκων διαφόρων σχημάτων. Μετά οι δίσκοι αυτοί τροφοδοτούνται σε άλλα καλούπια για διάτρηση, σχίσιμο, μορφοποίηση, κοίλανση και άλλες κατεργασίες διαμόρφωσης λαμαρίνας. Άρα η σχηματιζόμενη διάταξη των κομματιών αναφέρεται στα καλούπια κοπής προπλασμάτων. Η διάταξη σχεδιάζεται με ακρίβεια στο χαρτί, γιατί ο σχεδιαστής του καλουπιού μπορεί να πάρει από εκεί στοιχεία για το σχεδιασμό του. Συνήθως ο σχεδιαστής της διάταξης του υλικού είναι άλλος από το σχεδιαστή του καλουπιού. Πρέπει όμως να υπάρχει συνεργασία μεταξύ τους για ανταλλαγή πληροφοριών. Οι παράγοντες που επιδρούν στο σχεδιασμό της διάταξης των κομματιών μέσα στη μεταλλική λωρίδα είναι:

- Η εκμετάλλευση του υλικού
- Εάν έχουμε μεταλλική λωρίδα ή λαμαρίνα τυλιγμένη σε τύμπανο
- Η κατεύθυνση του γρεζιού
- Τα χαρακτηριστικά της πρέσας
- Το μέγεθος της παρτίδας παραγωγής
- Το κόστος του καλουπιού

2.5 Η ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

Το απόβλητο της μεταλλικής λαμαρίνας είναι ο κύριος παράγοντας όταν μελετάμε τη διάταξη των κομματιών μέσα στη λαμαρίνα. Η επιδίωξη μας είναι η ελάττωση του απόβλητου στο ελάχιστο. Έτσι ελαττώνουμε το κόστος κατασκευής του κομματιού.

Έχουμε την συνθήκη:

$$\text{Εκμετάλλευση \%} + \text{απόβλητο \%} = 100 \% \text{ του υλικού.} \quad (2.1)$$

Η κατεργασία της απότμησης είναι η μόνη περίπτωση όπου η εκμετάλλευση του υλικού πλησιάζει στο 100%. Έτσι όπου είναι δυνατόν, δηλαδή αν μας το επιτρέπει η γεωμετρία του κομματιού, χρησιμοποιούμε αυτόν τον τρόπο κοπής. Πρέπει επίσης να σημειώσουμε ότι σε αυτές τις περιπτώσεις το πλάτος της μεταλλικής λωρίδας πρέπει να είναι το ίδιο με τη μια διάσταση του κομματιού. Αντίθετα η κοπή κυκλικών δίσκων δημιουργεί μεγάλη απώλεια υλικού και παρουσιάζει το μικρότερο βαθμό εκμετάλλευσης υλικού από όλες τις μορφές. Η εκμετάλλευση στην περίπτωση αυτή μπορεί να αυξηθεί αν τοποθετήσουμε δυο τρεις σειρές από κυκλικούς δίσκους. Για την τοποθέτηση σχημάτων διαφόρων μορφών μέσα στη λαμαρίνα χρησιμοποιούνται διάφοροι μέθοδοι:

- Τοποθέτηση κομματιών υπό γωνία
- Τοποθέτηση των κομματιών πάνω-κάτω
- Τοποθέτηση των κομματιών πάνω-κάτω και γυρισμένο
- Μια τέταρτη μέθοδος είναι η τοποθέτηση δυο οι περισσότερων διαφορετικών κομματιών μέσα στη μεταλλική λωρίδα και η κοπή τους με το ίδιο καλούπι. Πρέπει όμως τα διαφορετικά αυτά κομμάτια να έχουν το ίδιο πάχος και να απαιτούν το ίδιο υλικό.

Για να βρούμε το επί τοις εκατό (%) απόβλητο ή εκμετάλλευση του υλικού, ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

$$\% \text{ απόβλητο} = \frac{A-B}{A} * 100 \quad (2.2)$$

$$\% \text{ εκμετάλλευση} = \frac{B}{A} * 100 \quad (2.3)$$

Όπου A = είναι η επιφάνεια ολόκληρης της μεταλλικής λωρίδας.

Και B = η ολική επιφάνεια των κομματιών που κόβονται.

Για να καταλήξουμε στην τελική διάταξη των κομματιών μέσα στη μεταλλική λωρίδα, δοκιμάζουμε διάφορες διατάξεις. Επίσης δοκιμάζουμε διάφορες γωνίες, αν τοποθετήσουμε τα κομμάτια μας υπό γωνία. Έτσι για να βρεθεί το χαμηλότερο ποσοστό του απόβλητου απαιτούνται αρκετοί υπολογισμοί. Η διαδικασία δυσκολεύει αν έχουμε ακανόνιστα σχήματα. Καθόσον πρέπει να βρίσκουμε κάθε φορά τη σχέση μεταξύ απόβλητου και εκμεταλλεύσεως, για να συγκρίνουμε τις διάφορες διατάξεις.

Η σύγκριση διαφόρων διατάξεων γίνεται με βάση τη χρησιμοποιούμενη επιφάνεια ανά κομμάτι, που ορίζεται από την σχέση:

$$\text{Επιφάνεια ανά κομμάτι} = \frac{\text{βήμα} * \text{πλάτος λαμαρίνας}}{N} \quad (2.4)$$

όπου N = ο αριθμός που περιλαμβάνεται σε ένα βήμα (συνήθως 1 ή 2).

Η επιφάνεια ανά κομμάτι παριστάνει το άθροισμα της εκμετάλλευσης και του αποβλήτου μαζί. Η διάταξη με τη χαμηλότερη επιφάνεια ανά κομμάτι είναι η καλύτερη.

Ένα άλλο στοιχείο που πρέπει να ελέγχεται είναι το διάστημα που πρέπει να αφήσουμε μεταξύ των κομματιών μέσα στην μεταλλική λωρίδα. Αυτό το διάστημα, φυσικά, δεν υπάρχει στις κατεργασίες εκτομής. Το διάστημα αυτό είναι η απόσταση μεταξύ των ακρών των κομματιών ή ενός άκρου του κομματιού και του άκρου της μεταλλικής λωρίδας

Το μικρότερο διάστημα σε οποιοδήποτε σημείο δεν πρέπει, εμπειρικά, να είναι μικρότερο από 1 με 1.5 φορές του πάχους λαμαρίνας. Όταν η κοπή γίνεται πολύ κοντά στο άκρο του μεταλλικού φύλλου, το μέταλλο τείνει να παραμορφωθεί από τις κοπτικές ακμές. Μαλακότερα υλικά απαιτούν μεγαλύτερο διάστημα, καθώς επίσης και λεπτότερα μέταλλα απαιτούν μεγαλύτερο διάστημα. Η απόσταση μεταξύ των κομματιών καλείται βήμα. Το βήμα είναι η απόσταση που πρέπει να προχωρήσει προς τα εμπρός η λαμαρίνα μέσα στο καλούπι για κάθε κύτπημα της πρέσας (ένας πλήρης κύκλος κατεργασίας). Για μια πλήρη απεικόνιση της διάταξης των κομματιών μέσα στην μεταλλική λωρίδα, πρέπει να δίνονται τα παρακάτω:

- Διάστημα
- Βήμα
- Πλάτος μεταλλικής λωρίδας
- Μήκος μεταλλικής λωρίδας
- Εκμετάλλευση (%) ή απόβλητο (%)
- Γωνία τοποθέτησης των κομματιών μέσα στη λωρίδα (αν υπάρχει)
- Οποιοσδήποτε άλλες διαστάσεις που απαιτούνται για την σωστή τοποθέτηση των κομματιών
- Πάχος μεταλλικής λωρίδας
- Υλικά μεταλλικής λωρίδας
- Αν έχουμε μεταλλικές λωρίδες ή λαμαρίνα τυλιγμένη σε τύμπανο (ρολό)

Όταν χρησιμοποιούμε λωρίδες κάποιου μήκους, πρέπει να υπολογίσουμε το μήκος τους, ώστε στο τέλος να αφήνουν το μικρότερο απόβλητο. Αυτός ο υπολογισμός δεν είναι αναγκαίος όταν χρησιμοποιούμε λαμαρίνα τυλιγμένη σε τύμπανο (ρολό). Το πλάτος της λωρίδας εξαρτάται από την διάταξη και πρέπει να δείχνεται επάνω στο σχέδιο. Αν θεωρήσουμε το απόβλητο σαν το κύριο στοιχείο της διάταξης, πρέπει να λάβουμε υπόψη μας τα παρακάτω δεδομένα:

- Τη μορφή του κομματιού
- Το πάχος του κόμματου
- Το υλικό

Συνηθίζεται να φαίνονται σχεδιασμένα τουλάχιστον τρία ή τέσσερα κομμάτια στη διάταξη, για να έχουμε πλήρη παρουσίαση.

Όπως βλέπουμε στο σχήμα 2.6 στον πρώτο σταθμό κόβονται οι εσωτερικές τρύπες για τα 1^α και 2^α κομμάτια.

Στο δεύτερο σταθμό κόβονται τα εξωτερικά περιγράμματα για τα 1^α και 2^α κομμάτια, που ταυτόχρονα είναι και οι οπές του 3^{ου} κομματιού.

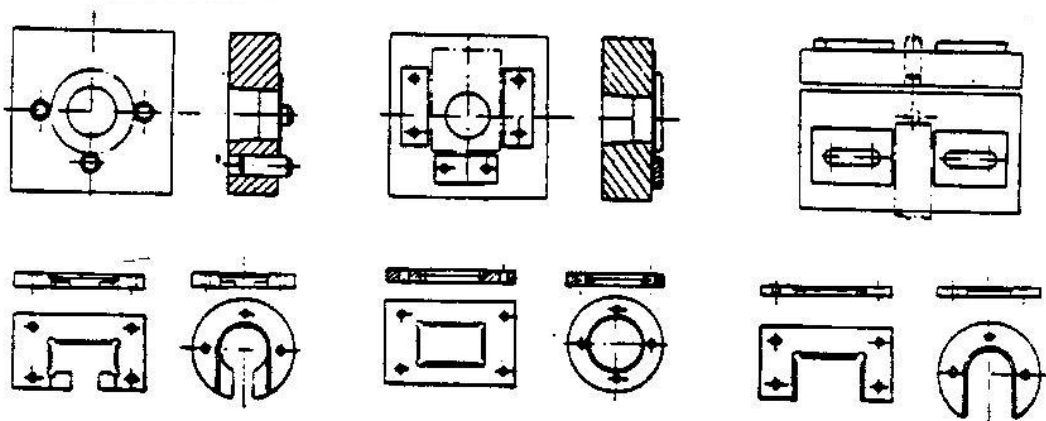
Στον τρίτο σταθμό κόβεται το εξωτερικό περίγραμμα του 3^{ου} κομματιού. Και εδώ σε κάθε πάτημα της πρέσας πραγματοποιούνται ταυτόχρονα όλες οι κοπές, και παράγονται 4 διαφορετικά κομμάτια . Το βήμα τροφοδοσίας της λαμαρίνας ρυθμίζεται με πλαγιοκόπτη.

2.6 ΟΔΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ

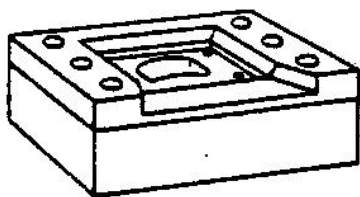
Τα ελάσματα, ως πρώτη ύλη για την πρέσα, μπορεί να είναι τεμάχια με ήδη διαμορφωμένο περίγραμμα, π.χ. κυκλικός δίσκος για την διάνοιξη οπών σε β' φάση πάλι σε πρέσα ή να είναι ταινίες μικρού ή μεγάλου μήκους.

Αν τα ελάσματα έχουν διαμορφωμένο περιγράμματα, τότε θα πρέπει η θέση τους μέσα στο καλούπι να είναι καθορισμένη για να γίνει η απότμηση, ή κάποια άλλη εργασία στην καθορισμένη θέση. Στα σχήματα 2.7 και 2.8 φαίνονται μερικές τέτοιες «φωλιές». Από την ακρίβεια κατασκευής τους εξαρτάται προφανώς και η ακρίβεια εργασίας στην προκειμένη φάση. Παρατηρούμε ότι κάθε φωλιά είναι ανοιχτή από την μια πλευρά για να είναι δυνατή η τοποθέτηση και η αφαίρεση του αντικείμενου, ενώ τα τοιχώματα διευρύνονται προς τα πάνω πάλι για την διευκόλυνση της εξαγωγής. Αν το υλικό εισάγεται στο καλούπι υπό μορφή ταινίας, τότε απαιτούνται δυο πλευρικοί οδηγοί, οι οποίοι οδηγούν σε όλο το μήκος του καλούπιού την ταινία (σχήμα 2.8).

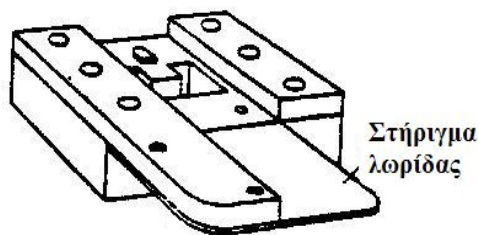
Οι οδηγοί πρέπει να έχουν το ίδιο πάχος για να μην σφηνωθεί το εμβολο στην πλάκα οδήγησης και να είναι τελείως επίπεδοι. Η επιπεδότητα των στοιχείων οδήγησης, καθώς και άλλων στοιχείων του καλούπιού όπου απαιτείται επιπεδότητα ή παραλληλότητα, επιτυγχάνεται σε ειδικά ρεκτιφιέ (λειαντικές μηχανές) και είναι μια διεργασία υψηλών απαιτήσεων και πολύ μεγάλης ακρίβειας. Σκοπός των οδηγών είναι να δημιουργήσουν την αναγκαία απόσταση μεταξύ οδηγού πλάκας και κοπτικού δακτυλίου, αλλά και να δώσουν στην ταινία το στήριγμα και την διεύθυνση της κίνησης της.



Σχήμα 2.6: Φωλιές για την τοποθέτηση κομματιών στην πρέσα



Σχήμα 2.7: Φωλιά



Σχήμα 2.8: Οδήγηση ταινίας

2.7 ΔΙΑΤΑΞΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟ ΤΟΥ ΒΗΜΑΤΟΣ ΠΡΟΩΘΗΣΕΩΣ

Η καλή εκμετάλλευση του υλικού της ελασματοταινίας δεν εξαρτάται μόνο από την πλευρική της οδήγηση μέσα στο καλούπι, αλλά και από τον ακριβή καθορισμό του βήματος (προώσεως). Ο ακριβής καθορισμός του βήματος μας επιτρέπει ακόμα την κατασκευή εξαρτημάτων ακρίβειας, ιδίως σε προοδευτικά εργαλεία, όπου κάθε επόμενη φάση έχει ορισμένη θέση ως προς τις προηγούμενες. Ανάλογα με την εργασία και την επιθυμητή ακρίβεια, χρησιμοποιούμε διάφορες διατάξεις, οι οποίες αναλύονται παρακάτω.

2.7.1 Με πείρο ή γωνία

Είναι η πλέον συνηθισμένη περίπτωση, όταν γίνεται απότμηση ολοκλήρου του αντικειμένου, γιατί είναι απλή διάταξη και συνεπώς φθηνή. Χρησιμοποιείται όταν η προώθηση του εργαλείου γίνεται με το χέρι. Για λεπτά ελάσματα χρησιμοποιείται ένας πείρος από χάλυβα εργαλείων πάνω στον οποίο προσκρούει η ελασματοταινία. Για τα παχύτερα ελάσματα, χρησιμοποιείται ελάσματα για λόγους μεγαλύτερης αντοχής έναντι του πείρου. Όταν πρόκειται να γίνει τρόχισμα του κοπτικού δακτυλίου, ο πείρος ή η γωνία πρέπει να απομακρυνθούν.

2.7.2 Πλαγιοκόπτες

Οι πλαγιοκόπτες χρησιμοποιούνται στα προοδευτικά εργαλεία, γιατί εκεί πρέπει να υπάρχει ακρίβεια όσον αφορά τη θέση της ταινίας μέσα στο εργαλείο. Σε κάθε κάθοδο της ωστικής κεφαλής, ο πλαγιοκόπτης κόβει μια λωρίδα από την πλευρά της ταινίας, δημιουργώντας μια μετωπική επιφάνεια. Μια την άνοδο της κεφαλής, προωθείται η ταινία, αλλά η μετωπική επιφάνεια προσκρούει σε κατάλληλο

αναστολέα , οπότε σταματά η περαιτέρω προώθηση της ταινίας. Στην επόμενη κάθοδο, κόβει ο πλαγιοκόπτης νέα λωρίδα, έτσι ώστε η προηγούμενη μετωπική επιφάνεια αποκόπτεται, ενώ δημιουργείται μια νέα, κ.ο.κ. Αν σε ένα προοδευτικό εργαλείο δεν είναι δυνατή η οδήγηση του τελευταίου μέρους της ταινίας, οπότε είναι η αδύνατη η περαιτέρω εργασία, χρησιμοποιείται και δεύτερος πλαγιοκόπτης τοποθετημένος διαγωνίως ως προς τον πρώτο, προς την έξοδο του εργαλείου και οποίος αναλαμβάνει τον καθορισμό των τελευταίων βημάτων. Από τα προηγούμενα φαίνεται ότι η απώλεια υλικού με την χρήση πλαγιοκόπτης είναι μεγαλύτερη. Αυτό όμως αντισταθμίζεται από την ακρίβεια της εργασίας. Άλλωστε, για λεπτά ελάσματα πάχους μικρότερου των 0.3mm η ακριβής πρόωση επιτυγχάνεται μόνο με πλαγιοκόπτη. Ο πλαγιοκόπτης χρησιμοποιείται για ελάσματα πάχους έως 4mm. Οι πλαγιοκόπτες είναι τυποποιημένοι κατά DIN 9862. Οι πλαγιοκόπτες με εσοχή χρησιμοποιούνται για να μην δημιουργούνται ανωμαλίες στην προώθηση λόγω γρεζιών που μπορεί να εμφανιστούν στο σημείο δυο γειτονικών αποτμήσεων του πλαγιοκόπτη.

2.7.3 Πείροι – πιλότοι

Οι πείροι – πιλότοι χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις εκείνες που η ακρίβεια εργασίας δεν κρίνεται ικανοποιητική με μονούς τους πλαγιοκόπτες. Τοποθετούνται μέσα στο έμβολο ή στερεωμένοι στην πλάκα στήριξης των εμβόλων. Αποστολή τους είναι η αναζήτηση προϋπάρχουσων οπών στην κατάλληλη θέση και η διείσδυση τους μέσα σε αυτές. Έτσι, έρχεται η ταινία σε μια αυστηρά προκαθορισμένη θέση και επιτυγχάνεται με ακρίβεια η κυρίως απότμηση. Σχετικά με την ύπαρξη οπών, που είναι αναγκαίες για τον πιλότο, χρησιμοποιούνται οι οπές που προβλέπονται στο σχεδιασμό του αντικειμένου ή δημιουργούνται έξω από το περιγράμματα του στο χώρο του αποβλήτου. Στην τελευταία αυτή περίπτωση πρέπει η απόσταση οπής και πείρου να είναι όση ακριβώς με το βήμα. Αν, έκτος των πείρων – πιλότων, χρησιμοποιούνται και πλαγιοκόπτες και πείροι αναστολής, τότε πρέπει η θέση τους να είναι τέτοια ώστε να υπάρχει κάποια χάρη στο βήμα (περίπου 0.1 mm), για να μπορεί να κεντράρει το έλασμα από τον πείρο – πιλότο. Σ' αυτή την περίπτωση, δηλαδή, οι πλαγιοκόπτες γίνονται κατά 0.1mm μεγαλύτεροι από το βήμα που θέλουμε. Οι πείροι – πιλότοι χρησιμοποιούνται για χαλυβοελάσματα από πάχος 0.5 mm και άνω, ενώ για αλουμίνιο και άλλα μαλακά υλικά από πάχος 1.25 mm. Ο λόγος

είναι ότι τα μικρότερα πάχη ελάσματος αντί καθορισμού της θέσης έχουμε μάλλον μονόπλευρη διεύρυνση της οπής.

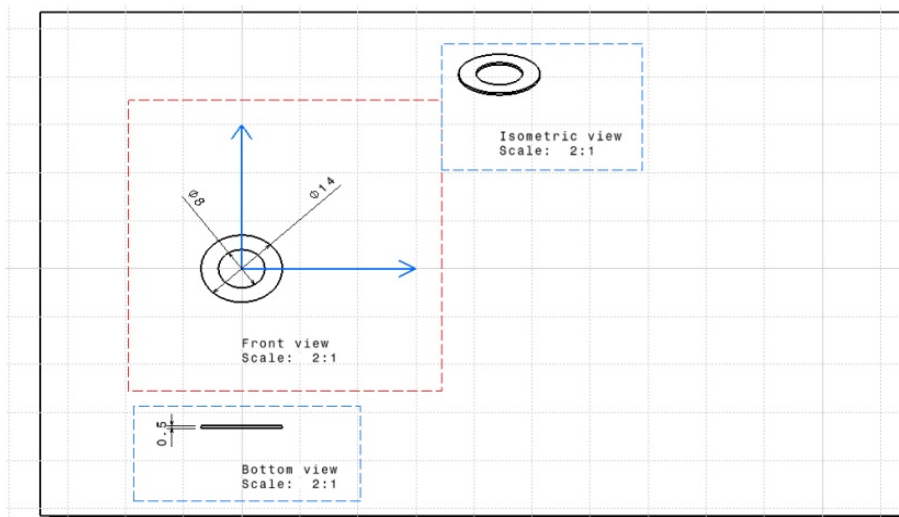
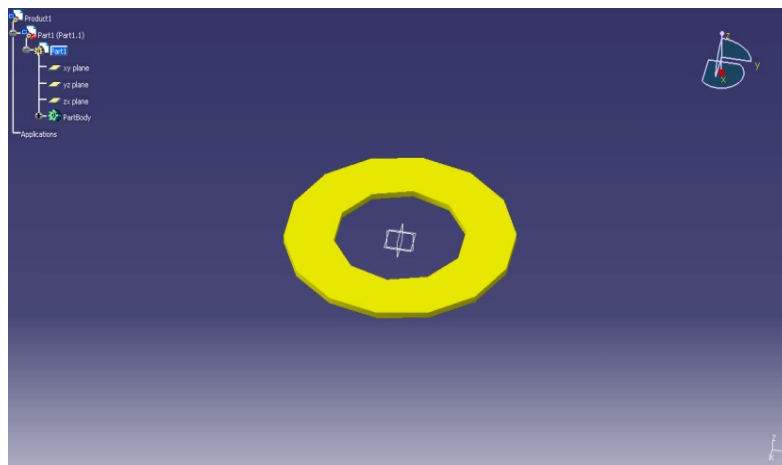
Στα παρακάτω σχήματα βλέπουμε μερικά εργαλεία που χρησιμοποιούν μικρούς πείρους – πιλότους.

2.7.4 Εργαλεία για μικρές οπές

Ο ζουμπάς (στην πραγματικότητα βελόνα βρίσκεται) βρίσκεται συνεχώς σε ένα οδηγό, έτσι που εκτός οδηγού να είναι το μόνο μέρος που βρίσκεται μέσα στο έλασμα κατά την διάρκεια του τρυπήματος. Με τον τρόπο αυτό δεν υπάρχει μήκος του εμβόλου και εξαλείφεται ο κίνδυνος λογισμού. Ο οδηγός της βελόνας οδηγείται και αυτός από πλάκα – οδηγό, ενώ στο έλασμα ασκείται καταλλήλως ισχυρή πίεση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΠΡΟΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΝ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ – ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ, ΥΛΙΚΑ, ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΧΑΡΗΣ, ΔΥΝΑΜΕΩΝ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο σχεδιασμός, η μελέτη και η ανάλυση ενός προοδευτικού κοπτικού καλουπιού για τη μαζική παραγωγή ροδελών ασφαλείας. Το προς κατασκευήν προϊόν έχει διαστάσεις $D_{εξ.} = 14\text{mm}$ και $d_{εσ.} = 8\text{mm}$. Το υλικό κατασκευής θα είναι ανοπτημένο αλουμίνιο. Το προϊόν φαίνεται αναλυτικότερα στο παρακάτω σχήμα 3.1.



Σχήμα 3.1: Το προς κατασκευή υλικό

3.1 ΜΕΛΕΤΗ ΒΕΛΤΙΣΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΥΛΙΚΟΥ ΛΑΜΑΡΙΝΑΣ

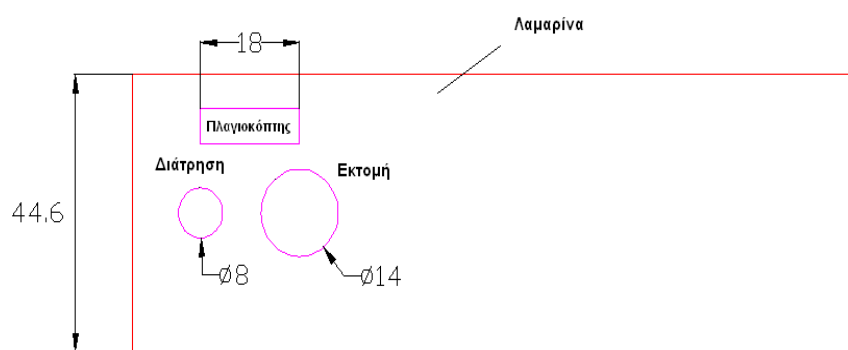
Απώτερος σκοπός είναι ο σχεδιασμός ενός καλουπιού, το οποίο θα παράγει πολλές ροδέλες σε κάθε κατέβασμα της ωστικής κεφαλής και τα προϊόντα δεν θα βρίσκονται σε μία τυχαία θέση μέσα στη λωρίδα λαμαρίνας, αλλά θα είναι σε μία τέτοια διάταξη, ώστε από την κοπή τους να έχουμε το λιγότερο δυνατό απόβλητο. Αποτέλεσμα αυτού θα είναι να έχουμε το λιγότερο κόστος κατασκευής του κομματιού, αφού θα γίνει μελέτη για τη βέλτιστη εκμετάλλευση του διαθέσιμου υλικού. Για να το επιτύχουμε, λοιπόν, αυτό θα πρέπει η διάταξη των κομματιών πάνω στη λωρίδα της λαμαρίνας να είναι τέτοια ώστε να μας το επιτρέπει.

Στο κεφάλαιο 2 αναλύθηκε ο τρόπος υπολογισμού της βέλτιστης εκμετάλλευσης υλικού που μπορεί να επιτευχθεί σε ένα καλούπι, κατά τον οποίο θα πρέπει να δοκιμαστούν διάφορες πιθανές διατάξεις των κομματιών πάνω στη λωρίδα λαμαρίνας, προκειμένου να καταλήξουμε στην επιθυμητή. Η σύγκριση των διαφόρων διατάξεων γίνεται με βάση τη χρησιμοποιούμενη επιφάνεια ανά κομμάτι, που ορίζεται από τη σχέση:

$$\text{Επιφάνεια ανά κομμάτι} = \frac{[\text{Βήμα}] \cdot [\text{Πλάτος λαμαρίνας}]}{N} \quad (3.1)$$

όπου N είναι ο αριθμός των κομματιών που περιλαμβάνονται σε ένα βήμα. Η διάταξη με τη χαμηλότερη επιφάνεια ανά κομμάτι είναι η καλύτερη και σε αυτή την ιδιότητα θα βασιστεί η επιλογή μας ως προς τη διάταξη των κομματιών.

Η λαμαρίνα που θα χρησιμοποιηθεί θα είναι τυλιγμένη σε ρολό (τύμπανο), που χρησιμοποιείται κυρίως στις γραμμές μαζικής παραγωγής, με πλάτος $B = 44.6 \text{ mm}$. Η μελέτη θα ξεκινήσει υποθέτοντας ότι στη λωρίδα λαμαρίνας θα τοποθετηθεί ένα κυκλικό κομμάτι κάθε φορά, οπότε σε κάθε πάτημα του καλουπιού θα παράγεται μία ροδέλα (σχήμα 3.2). Το βήμα προώσεως επιλέγεται έτσι, ώστε να μην υπάρξει στρέβλωση της λαμαρίνας κατά τη διάτρηση και την ταυτόχρονη εκτομή και επιπλέον, να μην είναι τοποθετημένα τα αντίστοιχα έμβολα πολύ κοντά μεταξύ τους. Ο τρόπος στήριξης των εμβόλων υπαγορεύει τα έμβολα να έχουν μια «πατούρα» στο άνω μέρος τους (σχήμα 3.3), με σκοπό τη στερέωσή τους στην κατάλληλα διαμορφωμένη πλάκα στήριξης των εμβόλων. Έτσι, η σωστή απόσταση ανάμεσα στη διάτρηση και την εκτομή θα πρέπει να ληφθεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να υπάρχει κάποια απόσταση των 3-4 mm ανάμεσα στις δύο πατούρες. Συνεπώς, επιλέγεται το βήμα στα $B = 18 \text{ mm}$.



Σχήμα 3.2: Διάταξη για κοπή μιας ροδέλας



Σχήμα 3.3: Έμβολα με πατούρα

Τότε, η επιφάνεια ανά κομμάτι υπολογίζεται ως:

$$E = \frac{18 \cdot 44.6}{1} = 802.8 \text{ mm}^2 \quad (3.2)$$

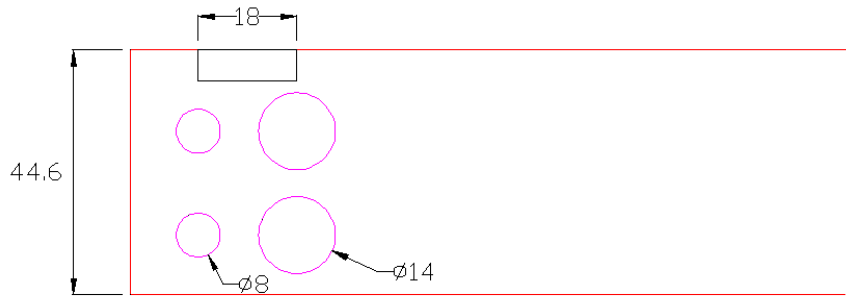
Επόμενο βήμα είναι να τοποθετήσουμε τα κομμάτια κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να παράγονται δύο ροδέλες σε κάθε πάτημα του καλουπιού. Τότε, η διάταξη των κομματιών θα ήταν όπως αυτή που φαίνεται στο σχήμα 3.4 και η επιφάνεια ανά κομμάτι υπολογίζεται ως:

$$E = \frac{18 \cdot 44.6}{2} = 401.4 \text{ mm}^2 \quad (3.3)$$

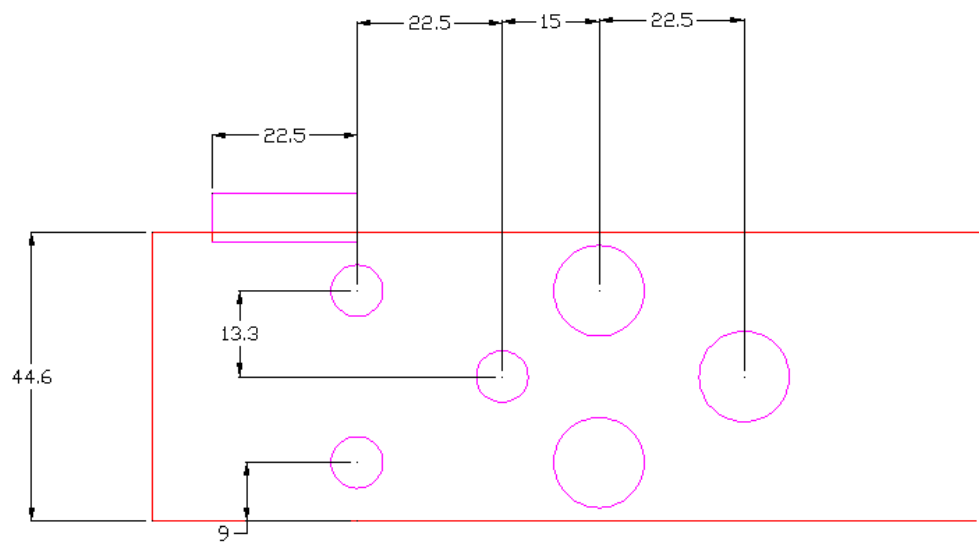
Επόμενο βήμα είναι να τοποθετήσουμε τα τρία κομμάτια κατά το πλάτος της λαμαρίνας, ώστε να παράγονται τρεις ροδέλες σε κάθε πάτημα του καλουπιού. Σε αυτή την περίπτωση, τρεις εκτομές κατά πλάτος της λαμαρίνας δεν χωράνε να τοποθετηθούν, αφού $3 \cdot 14 \text{ [mm]} = 42 \text{ mm}$ και το πλάτος της λαμαρίνας είναι 44.6 mm , που σημαίνει ότι το περιθώριο από τα δύο άνω και κάτω άκρα της λαμαρίνας είναι $(44.6 - 42) \text{ mm} = 1.3 \text{ mm}$, που είναι εξαιρετικά μικρό, αφού θα τείνει να παραμορφωθεί το μέταλλο από τις κοπτικές ακμές των εμβόλων και των κοπτικών

δακτυλίων. Συνεπώς, τα κομμάτια θα τοποθετηθούν υπό γωνία, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.5, με βήμα προώσεως ίσο προς 22.5 mm. Η αντίστοιχη επιφάνεια ανά κομμάτι υπολογίζεται ως:

$$E = \frac{22.5 \cdot 44.6}{3} = 334.5 \text{ mm}^2 \quad (3.4)$$

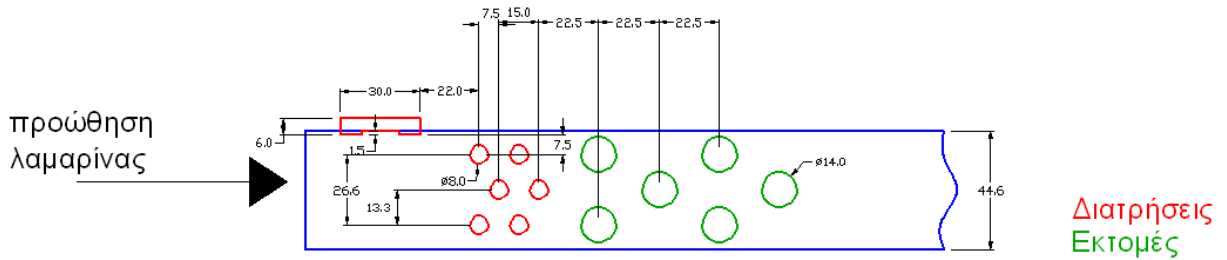


Σχήμα 3.4: Διάταξη για κοπή δύο ροδελών



Σχήμα 3.5: Διάταξη για κοπή τριών ροδελών

Λόγω του ότι το επιθυμητό καλούπι προορίζεται για μαζική παραγωγή, επιλέγουμε να παράγονται περισσότερες ροδέλες σε κάθε πάτημα του καλουπιού, τοποθετώντας επιπλέον κομμάτια κατά μήκος της ροδέλας. Έτσι, σε κάθε πάτημα θα παράγονται οι διπλάσιες ροδέλες ασφαλείας, δηλαδή έξι κομμάτια και η αντίστοιχη διάταξη των κομματιών φαίνεται στο σχήμα 3.6.



Σχήμα 3.6: Διάταξη για κοπή έξι ροδελών

Το βήμα είναι 30mm και η αντίστοιχη επιφάνεια ανά κομμάτι είναι:

$$E = \frac{30 \cdot 44.6}{6} = 223 \text{ mm}^2 \quad (3.5)$$

Έτσι, στον πίνακα που ακολουθεί συνοψίζονται τα αποτελέσματα της ανωτέρω μελέτης.

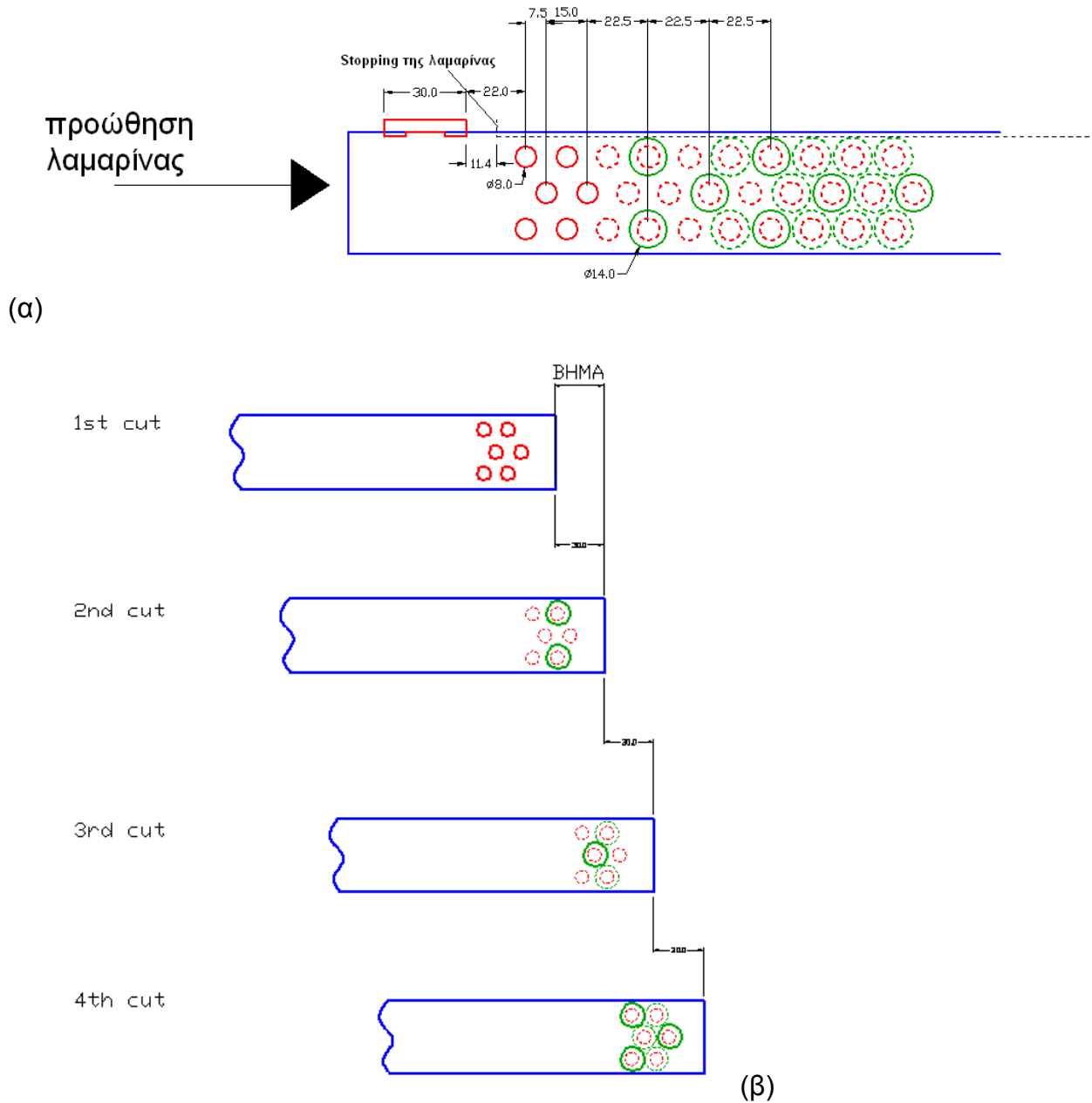
Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα της μελέτης εκμετάλλευσης υλικού

Αριθμός προϊόντων ανά πάτημα	Επιφάνεια ανά κομμάτι [mm ²]
1	802.8
2	401.4
3	334.5
6	223

Παρατηρούμε ότι η τελευταία διάταξη έχει τη μικρότερη επιφάνεια ανά κομμάτι, συγκριτικά με τις υπόλοιπες διατάξεις που μελετήθηκαν. Επιπλέον, θεωρούμε ότι η περαιτέρω αύξηση των εμβόλων θα κατέληγε στη δημιουργία ενός μη-λειτουργικού καλουπιού, το οποίο, παρόλο που θα παρήγαγε περισσότερα προϊόντα ανά πάτημα, θα κόστιζε πολύ περισσότερο και θα υστερούσε σε ευελιξία. Για όλους τους παραπάνω λόγους, καταλήγουμε στη διάταξη του σχήματος 6.

Συνεπώς το καλούπι θα αποτελείται από δώδεκα ζεύγη εμβόλου-μήτρας, από τα όποια τα έξι θα κάνουν εσωτερικές διατρήσεις και τα υπόλοιπα έξι θα κάνουν τις εκτομές του εξωτερικού περιγράμματος.

Επίσης στο παρακάτω σχήμα 3.7 δίνεται με την σειρά η διαδικασία κοπής που πραγματοποιείται πάνω στην λαμαρίνα, σε κάθε κλείσιμο του καλουπιού, όπου η φορά προώθησης της λαμαρίνας είναι προς τα δεξιά.



Σχήμα 3.7: (α) Πρόοδος κοπής πάνω στη λαμαρίνα, (β) Σειρά διαδικασίας κοπής

Για την επιλεχθείσα διάταξη θα υπολογιστεί η επί τοις εκατό εκμετάλλευση του υλικού, υποθέτοντας ότι δεν έχουμε ρολό λαμαρίνας, αλλά μια λωρίδα μήκους 1000mm. Τότε, η ποσοστιαία εκμετάλλευση δίνεται από τη σχέση:

$$n = \frac{z \cdot A}{L \cdot B} \quad (3.6)$$

όπου:

n = βαθμός εκμετάλλευσης

z = αριθμός τεμαχίων = L/B

A = επιφάνεια τεμαχίων

L = μήκος λωρίδας

B = πλάτος λωρίδας

Έτσι, τα δεδομένα της ανωτέρω σχέσης για τη διάταξη του σχήματος 6 είναι:

$$z = 1000/30 = 33.333 \text{ τεμάχια} \quad (3.7)$$

$$A = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot 7^2 = 153.93804 \text{ mm}^2 \quad (3.8)$$

$$L = 1000 \text{ mm}$$

$$B = 44.6 \text{ mm}$$

Άρα:

$$n = \frac{33.333 \cdot 6 \cdot 153.93804}{1000 \cdot 44.6} = 0.6903 = 69.03\% \quad (3.9)$$

Ο βαθμός εκμετάλλευσης δεν ξεπερνά το 75%, που θεωρείται ένα καλό ποσοστό, καθώς, όπως αναφέρθηκε στο κεφάλαιο 2, όταν παράγουμε κυκλικά κομμάτια δημιουργείται μεγάλη απώλεια υλικού και ο βαθμός εκμετάλλευσης μειώνεται. Παρόλα αυτά, το ποσοστό του 69.03% είναι ένα αποδεκτό ποσοστό για να κατασκευαστεί το εν λόγω καλούπι και να συμφέρει οικονομικά η κατασκευή του.

Ένα άλλο στοιχείο που πρέπει να ελέγξουμε είναι το διάστημα που πρέπει να αφήσουμε σαν απόσταση ασφαλείας. Το διάστημα αυτό πρέπει να βρίσκεται μεταξύ δύο γραμμών κοπής (πλάτος στελέχους), καθώς και μεταξύ γραμμής κοπής και άκρου λωρίδας (πλάτος περιθωρίου). Οι αποστάσεις ασφαλείας πρέπει να είναι κατάλληλες, γιατί στην περίπτωση που είναι μεγάλες έχουμε σπατάλη υλικού, ενώ στην περίπτωση που είναι μικρότερες από το κανονικό υπάρχει κίνδυνος παραμόρφωση του μετάλλου από τις κοπτικές ακμές. Οι αποστάσεις ασφαλείας μπορούν να υπολογισθούν με εμπειρικές σχέσεις, πίνακες και διαγράμματα, όπως αυτό που φαίνεται στον Πίνακα 3.2. Το διάστημα αυτό σε οποιοδήποτε σημείο δεν θα πρέπει να είναι μικρότερο 1 με 1.5 φορές του πάχους της λαμαρίνας, όπου στην

περίπτωση μας το πάχος της λαμαρίνας είναι $s=0.5\text{mm}$. Από τα δεδομένα του Πίνακα 3.2, για πλάτος λαμαρίνας $B=44.6\text{mm}<100\text{mm}$ και για στρογγυλά τεμάχια (αφού τα προϊόντα μας είναι κυκλικοί δίσκοι και οπές), προκύπτουν οι ελάχιστες αποστάσεις ασφαλείας στα 0.9mm . Συνεπώς, για μεγαλύτερη ασφάλεια θα χρησιμοποιήσουμε απόσταση ασφαλείας ίση προς 2mm , όπως φαίνεται στο πρώτο σκαρίφημα του σχήματος 3.6.

3.2 ΜΕΡΗ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, το προς κατασκευήν καλούπι θα είναι ένα προοδευτικό καλούπι και θα αποτελείται από τα εξής μέρη:

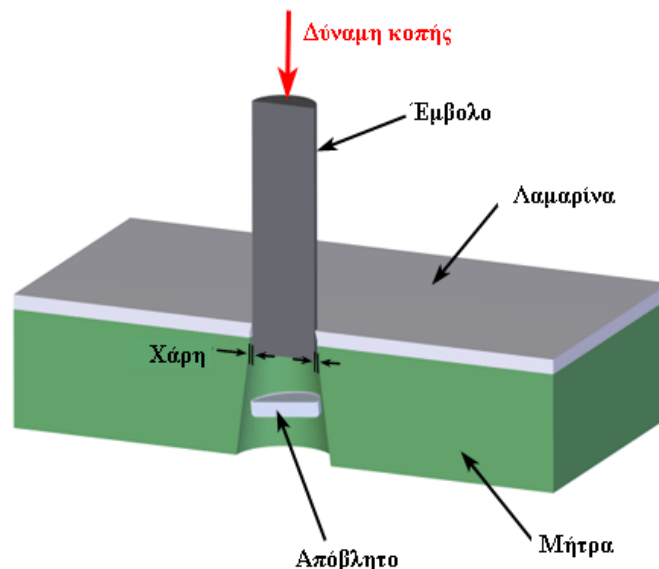
- 6 έμβολα εκτομής
- 6 έμβολα διάτρησης
- 1 έμβολο ορθογωνικής διατομής για πλαγιοκόπτη
- Μήτρα με αντίστοιχους κοπτικούς δακτυλίους
- Πλάκα στήριξης εμβόλων
- Ενδιάμεση πλάκα μεταξύ πλάκας στήριξης εμβόλων και άνω βάσης
- Ελατήρια
- Πείροι οδήγησης
- Δακτύλιοι ολίσθησης πείρων
- Άνω βάση
- Κάτω βάση
- Πείρος συγκράτησης
- Στοιχεία οδήγησης της λαμαρίνας
- Εξολκέας εμβόλων
- Εξολκέας μήτρας

Τα μέρη του καλουπιού είναι κατασκευασμένα από τέτοια υλικά, ώστε να αντέχουν τις πολύ μεγάλες καταπονήσεις στις οποίες υπόκεινται κατά τη λειτουργία του καλουπιού και να μην αστοχούν κατά την διάρκεια της κοπής του κομματιού. Έτσι για την κατασκευή των εμβόλων χρησιμοποιείται χάλυβας εργαλείων με μέτρο ελαστικότητας $E = 210\text{GPa}$. Από το ίδιο υλικό είναι κατασκευασμένη η μήτρα και η άνω ενδιάμεση πλάκα, ενώ για την κατασκευή της άνω βάσης, της κάτω βάσης και του εξολκέα εμβόλων χρησιμοποιήθηκε απλός χάλυβας με μέτρο ελαστικότητας $E = 200\text{GPa}$. Επίσης για την κατασκευή του πείρου συγκράτησης χρησιμοποιήθηκε

βαμμένος χάλυβας που έχει υποστεί θερμική κατεργασία. Για την κατασκευή των οδηγών χρησιμοποιήθηκε χάλυβας με επιφανειακή σκλήρυνση (60+3 HRC), ενώ για την κατασκευή των δακτυλίων χρησιμοποιήθηκε επισκλιρωμένος χάλυβας 16MnCr5 σκληρότητας 58 ± 2 HRC. Τέλος για την βάση στήριξης των εμβόλων θα χρησιμοποιήσουμε απλό χάλυβα με μέτρο ελαστικότητας $E = 200\text{GPa}$.

3.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΧΑΡΗΣ

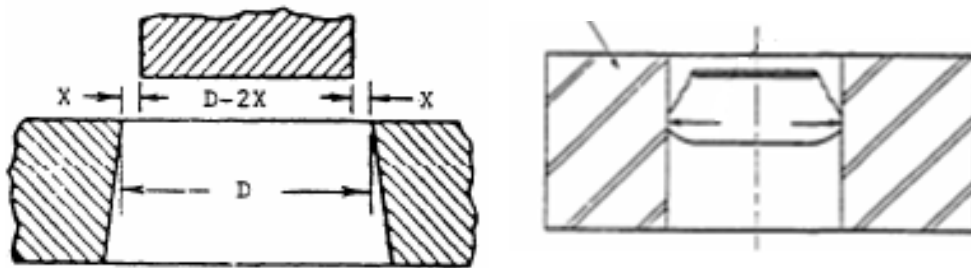
Με τον όρο χάρη εννοούμε το διάκενο, το οποίο υπάρχει περιμετρικά μεταξύ του εμβόλου και του κοπτικού δακτυλίου (Σχήμα 3.8). Η χάρη είναι ίσως η σημαντικότερη παράμετρος της κοπής και αυτό γιατί επηρεάζει άμεσα το μέγεθος των κοπτικών δυνάμεων, όσο και το ποιοτικό αποτέλεσμα της κοπής. Στις συνηθισμένες κατεργασίες κοπής, η κανονική τιμή της χάρης (δηλαδή της διαφοράς ακτινών μήτρας και εμβόλου) κυμαίνεται μεταξύ 5% και 15% του πάχους της λαμαρίνας. Οι μικρότερες τιμές ισχύουν για μαλακά μέταλλα (π.χ. αλουμίνιο, χαλκός) και για μικρά πάχη λαμαρίνας και οι μεγαλύτερες τιμές της χάρης για σκληρά μέταλλα και μεγάλα πάχη. Κανονικές τιμές της χάρης για διάφορα υλικά και πάχη λαμαρίνας μπορούν να ληφθούν και από τις καμπύλες του σχήματος 8.



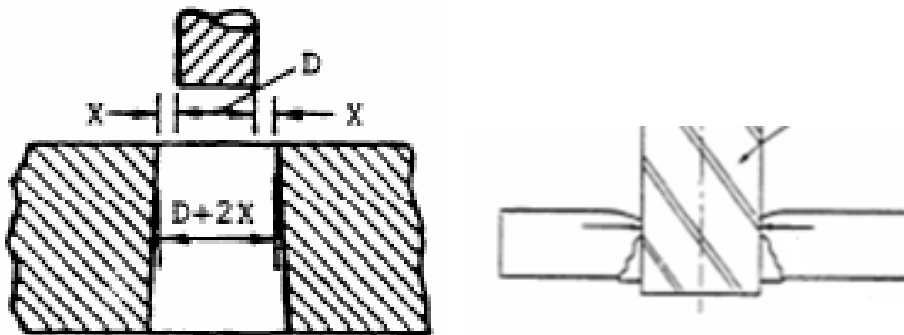
Σχήμα 3.8: Χάρη μεταξύ εμβόλου και κοπτικού δακτυλίου

Για την επίτευξη ακριβών διαστάσεων στα προς κατασκευή κομμάτια, είτε αυτές οι διαστάσεις είναι εσωτερικές ή εξωτερικές, πρέπει να τηρούνται οι εξής βασικές οδηγίες:

Για την περίπτωση διάτρησης κυκλικών τεμαχίων, το έμβολο θα πρέπει να έχει την διάσταση που επιθυμούμε να επιτύχουμε στο τεμάχιο. Ο κοπτικός δακτύλιος θα πρέπει να έχει διάσταση αυξημένη κατά το διπλάσιο της χάρης (σχήμα 3.9). Ενώ για την περίπτωση της εκτομής κυκλικών δίσκων, το διάκενο της μίτρας θα πρέπει να έχει την διάσταση που επιθυμούμε να επιτύχουμε στο τεμάχιο και το έμβολο θα πρέπει να μειωθεί κατά το διπλάσιο της χάρης (σχήμα 3.10).



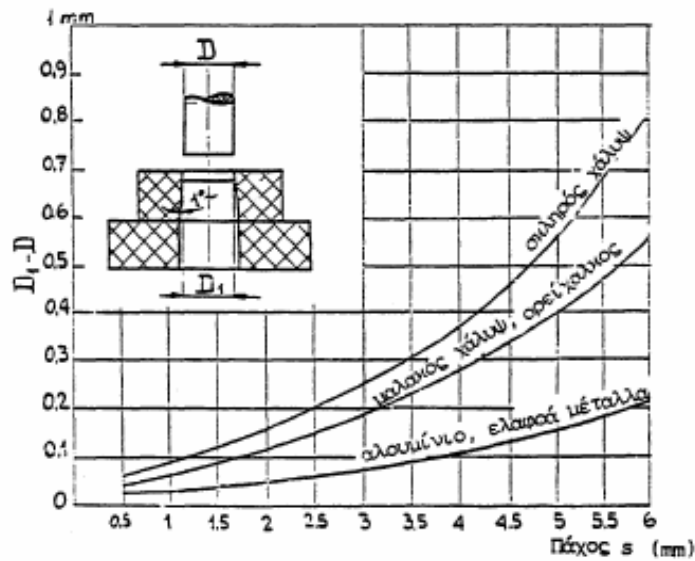
Σχήμα 3.9: Χάρη για την διάτρηση



Σχήμα 3.10: Χάρη για την εκτομή

Η τιμή που πρέπει να παίρνει η χάρη κάθε φορά εξαρτάται τόσο από το πάχος της λαμαρίνας που κόβεται, όσο και από το υλικό αυτής, όπως φαίνεται και στο διάγραμμα του σχήματος 3.11. Αφού, λοιπόν, έχουμε λαμαρίνα από αλουμίνιο ανοπτημένο, και πάχος λαμαρίνας 0.5mm, η διαφορά των διαμέτρων εμβόλου και μίτρας από το παρακάτω διάγραμμα είναι ίση με 0.02mm. Άρα η χάρη χ ισούται με

$$\chi = \frac{0.02mm}{2} = 0.01mm. \quad (3.10)$$



Σχήμα 3.11: Τιμή χάρης βάση του πάχους της λαμαρίνας

Αφού θέλουμε να κατασκευάσουμε το κομμάτι όπως φαίνεται στο σχήμα 6, σε κάθε πάτημα θα πραγματοποιείται ταυτόχρονα κατεργασία διάτρησης και εκτομής. Ακολουθώντας τον παραπάνω κανόνα (σχήμα 9 & 10), για την περίπτωση της διάτρησης το έμβολο θα πρέπει να έχει τις διαστάσεις του σχεδίου, δηλαδή $D^{\delta}_{\text{εμβόλου}} = D_{\text{σχεδίου}} = 8\text{mm}$, ενώ η μήτρα θα κατασκευαστεί μεγαλύτερη κατά το διπλάσιο της χάρης, δηλαδή:

$$D^{\delta}_{\text{μήτρας}} = D_{\text{σχεδίου}} + 2 \cdot x = 8 + 2 \cdot 0.01 = 8.02 \quad (3.11)$$

Για την περίπτωση της εκτομής το έμβολο θα κατασκευαστεί μικρότερο κατά το διπλάσιο της χάρης, δηλαδή:

$$D^{\text{EK}}_{\text{εμβόλου}} = D_{\text{σχεδίου}} - 2 \cdot x = 14 - 2 \cdot 0.01 = 13.98\text{mm} \quad (3.12)$$

ενώ η μήτρα θα πρέπει να έχει τις διαστάσεις του σχεδίου, δηλαδή:

$D^{\text{EK}}_{\text{μήτρας}} = D_{\text{σχεδίου}} = 14\text{mm}$. Οι ανωτέρω διαστάσεις των εμβόλων και κοπτικών δακτυλίων (μήτρες) δίνονται πιο αναλυτικά στο σχήμα 3.12.

Επίσης θα πρέπει να υπολογίσουμε τις διαστάσεις του εμβόλου του πλαγιοκόπτη και της μήτρας του πλαγιοκόπτη. Ο πλαγιοκόπτης θα είναι ένα ειδικά διαμορφωμένο έμβολο με σκοπό τη σωστή απόδοση του βήματος προώσεως. Η διατομή του εμβόλου του πλαγιοκόπτη θα είναι όπως φαίνεται στο πρώτο από τα σκαριφήματα του σχήματος 3.12. Οι διαστάσεις του εμβόλου του πλαγιοκόπτη είναι οι εξής:

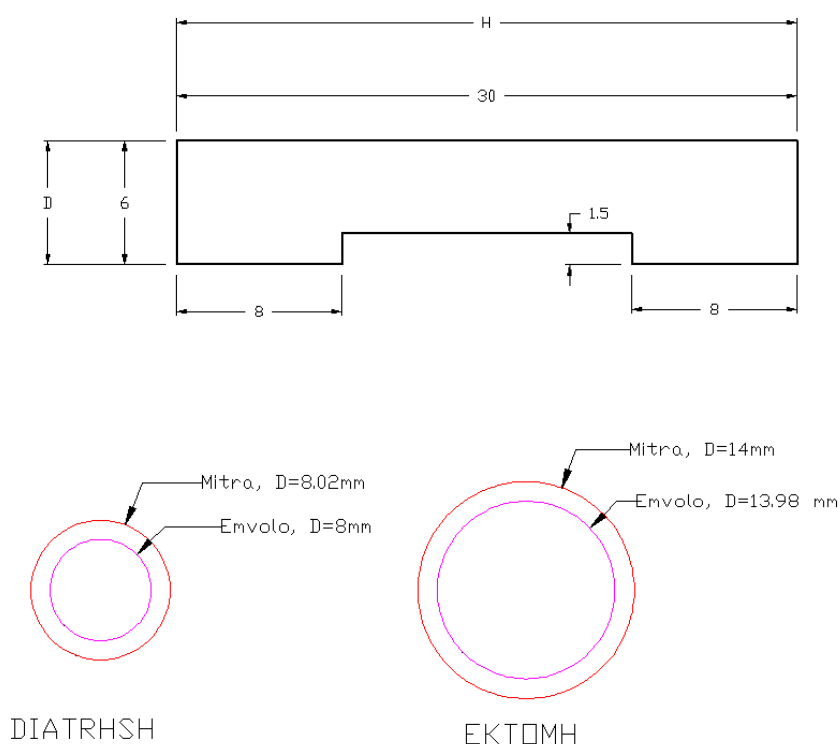
$$D_{\text{εμβόλου}}^{\text{πλαγ}} = 6 \text{ mm} \quad (3.13)$$

$$H_{\text{εμβόλου}}^{\text{πλαγ}} = 30 \text{ mm} \quad (3.14)$$

και αντίστοιχα στην μήτρα του πλαγιοκόπτη έχουμε:

$$D_{\text{μήτρας}}^{\text{πλαγ}} = 6 + 2 \cdot x = 6 + 2 \cdot 0.01 = 6.02 \text{ mm} \quad (3.15)$$

$$H_{\text{μήτρας}}^{\text{πλαγ}} = 30 + 2 \cdot x = 30 + 2 \cdot 0.01 = 30.02 \text{ mm} \quad (3.16)$$



Σχήμα 3.12: Διαστάσεις εμβόλων και κοπτικών δακτυλίων

3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΟΠΗΣ

Επίσης μια άλλος σημαντική παράμετρος για την κατασκευή του καλουπιού είναι ο υπολογισμός της ολικής δύναμης κοπής που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια της κοπής. Ο υπολογισμός της δύναμης κοπής είναι απαραίτητος για την επιλογή της κατάλληλης πρέσας σε τόνους για κάθε ιδιαίτερο καλούπι.

Η αναγκαία δύναμη κοπής εξαρτάται κυρίως από τους εξής παράγοντες:

- (α) Μήκος και γεωμετρική μορφή της τομής
- (β) Πάχος ελάσματος

- (γ) Αντοχή του ελάσματος
- (δ) Κατάσταση κοπτικών ακμών (τροχισμένες ακμές κτλ)
- (ε) Χάρη εμβόλου – κοπτικού δακτυλίου
- (στ) Ποιότητα επιφανειών των κοπτικών εργαλείων
- (ζ) Λίπανση

Η επίδραση όλων αυτών των παραγόντων είναι δύσκολο να υπολογιστεί αριθμητικά. Έτσι, για να βρούμε τη δύναμη κοπής προσεγγιστικά, πολλαπλασιάζουμε τη σταθερά αντιστάσεων του υλικού της λαμαρίνας επί το εμβαδό της επιφάνειας διάτμησης, δηλαδή το μήκος της γραμμής κοπής επί το πάχος της λαμαρίνας. Συνεπώς, η δύναμη κοπής δίνεται από τη σχέση:

$$P = \tau_B \cdot l \cdot s \quad (3.17)$$

όπου:

τ_B = όριο θραύσης του υλικού σε διάτμηση

l = μήκος γραμμής κοπής

s = πάχος λαμαρίνας

Έτσι το επόμενο βήμα είναι ο υπολογισμός της δύναμης κοπής $P_{ολ}$, ο οποίος συνίσταται από τον υπολογισμό της κάθε δύναμης εκτομής, τον υπολογισμό της κάθε δύναμης διάτμησης και τον υπολογισμό της δύναμης του πλαγιοκόπτη.

3.4.1 Υπολογισμός δύναμης εκτομής

Αρχικά θα υπολογίσουμε την δύναμη εκτομής. Για τον υπολογισμό της δύναμης εκτομής χρησιμοποιούμε τον τύπο (3.1). Το όριο θραύσης του υλικού σε διάτμηση το βρίσκουμε με την βοήθεια του παρακάτω πίνακα 2. Όπως γνωρίζουμε το υλικό κατασκευής του κομματιού είναι ανοπτημένο αλουμίνιο. Άρα με βάση τον παρακάτω πίνακα βρίσκουμε ότι το $\tau_B = 7 \text{ kp/mm}^2$. Το περίγραμμα κοπής για την κάθε εκτομή είναι $\pi \cdot D_{εκτομής} = \pi \cdot 14$ και το πάχος της λαμαρίνας είναι 0.5mm. Έτσι, ο παραπάνω τύπος δίνει:

$$P_{εκ} = \tau_B \cdot l_{εκ} \cdot s = \tau_B \cdot \pi \cdot D \cdot s = 7 \cdot \pi \cdot 14 \cdot 0.5 = 153.94 \text{ kp} = 1510.13 \text{ N} \quad (3.18)$$

3.4.2 Υπολογισμός δύναμης διάτρησης

Στην συνέχεια θα υπολογίσουμε την δύναμη διάτρησης. Για τον υπολογισμό της δύναμης διάτρησης χρησιμοποιούμε τον ίδιο τύπο (1), μόνο που τώρα αλλάζει το περίγραμμα κοπής. Για τη διάτρηση, το περίγραμμα κοπής είναι $\pi \cdot D_{\text{διάτρησης}} = \pi \cdot 8$ [mm]. Συνεπώς:

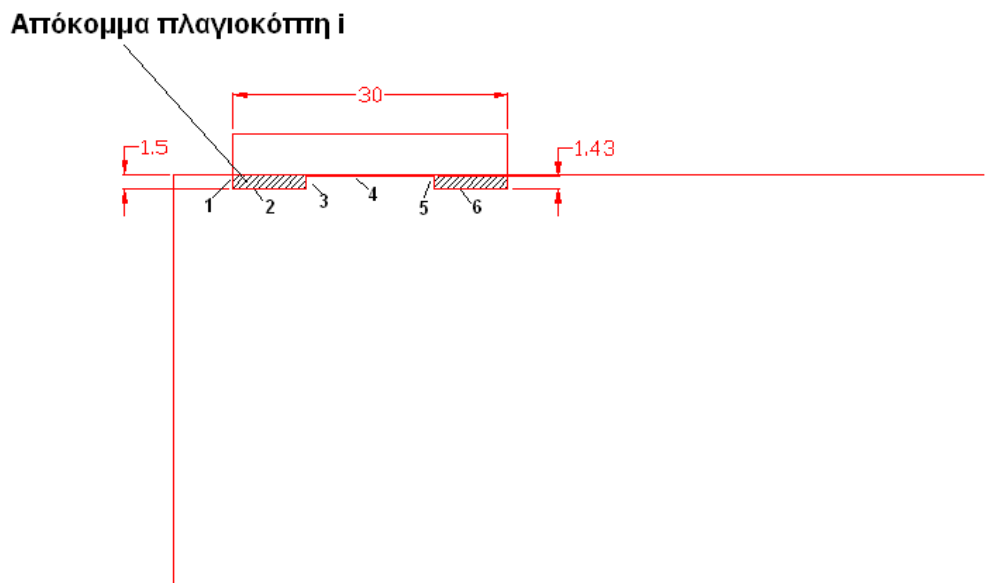
$$P_{\delta} = \tau_{\beta} \cdot l_{\delta} \cdot s = \tau_{\beta} \cdot \pi \cdot d \cdot s = 7 \cdot \pi \cdot 14 \cdot 0.5 = 87.96kp = 862.93N \quad (3.19)$$

3.4.3 Υπολογισμός δύναμης πλαγιοκόπτη

Τέλος, θα υπολογίσουμε την δύναμη του πλαγιοκόπτη. Για τον υπολογισμό της δύναμης του πλαγιοκόπτη χρησιμοποιούμε τον ίδιο τύπο (1). Ο πλαγιοκόπτης πρέπει να σχεδιαστεί έτσι, ώστε να μην παράγεται μεγάλο ποσοστό αποβλήτου κατά την πλαγιοκοπή, γεγονός που μειώνει κατά πολύ την εκμετάλλευση του υλικού. Ταυτοχρόνως, το έμβολο του πλαγιοκόπτη θα πρέπει να έχει τέτοιες διαστάσεις, ώστε να μην υπόκειται λυγισμό κατά την κοπή. Βασικό στοιχείο για το σχεδιασμό του ορθογωνικής διατομής πλαγιοκόπτη είναι ότι το μήκος του θα πρέπει να είναι τόσο, όσο το βήμα προώσεως που έχει επιλεγεί, δηλαδή 30mm. Ένας τρόπος για να μην σπαταλιέται πολύ υλικό κατά τη διάτρηση του πλαγιοκόπτη και παράλληλα να έχουμε ένα στιβαρό έμβολο πλαγιοκόπτη είναι να τοποθετήσουμε το εν λόγω έμβολο κατά τέτοιο τρόπο, με αποτέλεσμα να κόβει μόνο ένα μέρος του εμβόλου, ενώ το υπόλοιπο να βρίσκεται εκτός των ορίων της λαμαρίνας. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 3.13, όπου ο ορθογωνικός πλαγιοκόπτης κόβει μόνο κατά 1.5mm εντός της μεταλλικής λωρίδας. Το απόκομμα του πλαγιοκόπτη υπολογίζεται βάσει του εμπειρικού πίνακα 3.2, όπου για πλάτος λωρίδας έως 100mm, για στρογγυλά τεμάχια και για πάχος υλικού 0.5mm, το απόκομμα i του πλαγιοκόπτη είναι 1.5mm.

Πίνακας 3.2: Υπολογισμός του πλαγιοκόπτη βάση του πίνακα

Πλάτος λωρίδας	Μήκος στελέχους $l_0^{(1)}$ Μήκος περιθωρίου $l_a^{(1)}$	Πλάτος στελέχους e Πλάτος περιθωρίου a	Πάχος υλικού σε mm						
			0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
έως 100 mm	έως 10 ή στρογγυλά τεμάχια	e a	0,8 1	0,8 0,9	1,0	1,3	1,6	1,9	2,1
	11...50	e a	1,6 1,9	0,9 1,0	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3
	51...100	e a	1,8 2,2	1,0 1,2	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
	100	e a	2,0 2,4	1,2 1,5	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
	Απόκομμα i πλαγιοκόπτη			1,5		2,2	3,0	3,5	4,5
μεγαλ. 100 mm έως 200 mm	έως 10 ή στρογγυλά τεμάχια	e a	0,9 1,2	1,0 1,1	1,1	1,4	1,7	2,0	2,3
	11...50	e a	1,8 2,2	1,0 1,2	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5
	51...100	e a	2,0 2,4	1,2 1,5	1,5	1,8	2,1	2,4	2,7
	100	e a	2,2 2,7	2,2 2,7	1,7	2,0	2,3	2,6	2,9
	Απόκομμα i πλαγιοκόπτη			1,5		2,5	3,5	4,0	5,0



Σχήμα 3.13: Ορθογωνικός πλαγιοκόπτης

Άρα, δύναμη κοπής εξαιτίας του πλαγιοκόπτη αναπτύσσεται μόνο λόγω της κοπής κατά μήκος των πλευρών 1, 2, 3, 4, 5 και 6 του πλαγιοκόπτη (σχήμα 3.13). Άρα, το περίγραμμα κοπής θα είναι $1.43 + 8 + 1.43 + 14 + 1.43 + 8$ [mm] = 34.29 mm και η αντίστοιχη δύναμη κοπής θα είναι:

$$P_{\text{πλαγ}} = \tau_{\beta} \cdot l_{\text{πλαγ}} \cdot s = 7 \cdot 34.29 \cdot 0.5 = 120.015 \text{ k}p = 1177.35 \text{ N} \quad (3.20)$$

3.4.4 Ολική δύναμη κοπής

Στην περίπτωση την δική μας για την παραγωγή του κομματιού χρησιμοποιούμε 6 έμβολα εκτομής και 6 έμβολα διάτρησης, άρα η συνολική δύναμη κοπής δίνεται από τον τύπο

$$P_k = 6 \cdot P_{εκ} + 6 \cdot P_{\delta} + P_{πλαγ} = 1571.415kp = 15415.58 N \quad (3.21)$$

Πίνακας 3.3: Όριο θραύσης σε εφελκυσμό και διάτμηση

Υλικό	Όριο θραύσης σε εφελκυσμό σ_B (kp/mm ²)		Όριο θραύσης σε διάτμηση τ_B (kp/mm ²)	
	Ανοπτημένη	Ψυχρής έλασης	Ανοπτημένη	Ψυχρής έλασης
Χάλυβας με 0.1% C	31	40	25	32
Χάλυβας με 0.2% C	40	50	32	40
Χάλυβας με 0.3% C	44	60	35	48
Χάλυβας με 0.4% C	56	70	45	56
Χάλυβας με 0.8% C	70	90	56	72
Χάλυβας με 0.8% C	90	110	72	90
Χάλυβας με 1.0% C	100	130	80	105
Ανοξειδωτος Χάλυβας	65	75	52	60
Πυριτιούχος χάλυβας	56	70	45	56
Αλουμίνιο	8	17	7	14
Ντουραλουμίνιο	18	42	15	33
Χαλκός	25	34	20	28
Ορείχαλκος	34	47	26	38
Μπρούντζος	45	62	36	50
Άργυρος	29	29	24	24
Χρυσός			18	30
Ψευδάργυρος	15	25	12	20
Κασσίτερος	5		4	
Μόλυβδος	4		3	

3.4.5 Υπολογισμός δυνάμεων τριβής

Κατά την κατεργασία της κοπής και γενικότερα καθ' όλη την κίνηση του καλουπιού, αναπτύσσονται μεγάλες δυνάμεις τριβής, τόσο μεταξύ των εμβόλων και των κοπτικών δακτυλίων, ύστερα από πολλές ώρες λειτουργίας του καλουπιού, όσο και μεταξύ των υπόλοιπων κινητών μερών του καλουπιού. Επίσης σημαντικές δυνάμεις τριβής αναπτύσσονται και μεταξύ της λαμαρίνας και του κοπτικού δακτυλίου και των εμβόλων. Συνεπώς, ο συνυπολογισμός των δυνάμεων τριβής είναι εξαιρετικά σημαντικός και πρέπει να συμπεριληφθεί στη διαδικασία επιλογής της κατάλληλης πρέσας. Όμως, επειδή ο ακριβής υπολογισμός των δυνάμεων τριβής είναι αρκετά πολύπλοκος και όχι αναγκαίος, έχει επικρατήσει εμπειρικά να υπολογίζουμε τις δυνάμεις τριβής ως ένα ποσοστό της τάξεως του 30% επί της ολικής δύναμης κοπής. Έτσι, για τον υπολογισμό της δύναμης τριβής παίρνουμε τον παρακάτω τύπο

$$P_{\tau\rho} = 30\% \cdot P_{\kappa} = 0.3 \cdot 1571,415 = 471.4245kp = 4624.67N \quad (3.22)$$

3.4.6 Υπολογισμός της δύναμης εξόλκευσης

Κατά την κατεργασία της κοπής σε ένα κοπτικό καλούπι λαμβάνει χώρα η λεγόμενη ελαστική αναπήδηση του μετάλλου. Αμέσως μετά την αποκοπή του κομματιού από την υπόλοιπη λωρίδα λαμαρίνας, το αποκοπτόμενο κομμάτι, που εισέρχεται στον κοπτικό δακτύλιο, τείνει να συμπιέσει τα τοιχώματά του, λόγω του ότι οι δυνάμεις συνοχής της αρχικής λαμαρίνας τείνουν να επαναφέρουν το υλικό στην αρχική του εντατική κατάσταση. Την ίδια στιγμή, το παραμένον τεμάχιο, δηλαδή το υπόλοιπο της λωρίδας λαμαρίνας, συσφίγγεται στο έμβολο για τον ίδιο λόγο. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ελαστική αναπήδηση. Για να μπορέσει, λοιπόν, να απομακρυνθεί το παραμένον κομμάτι από το έμβολο, απαιτείται να ασκηθεί στη λαμαρίνα μια δύναμη. Η δύναμη αυτή ονομάζεται δύναμη εξόλκευσης εμβόλων και το αντίστοιχο στοιχείο του καλουπιού ονομάζεται εξολκείας. Αντίστοιχα, για να διαπεράσει το αποκοπτόμενο κομμάτι τον κοπτικό δακτύλιο και να απομακρυνθεί, δίνουμε μια κλίση στα τοιχώματα του κοπτικού δακτυλίου, με αποτέλεσμα να πέφτει το κομμάτι. Εκεί θα πρέπει να υπάρχει τρύπα στο τραπέζι της πρέσας, έτσι ώστε να μπορέσει ο χειριστής της πρέσας να παραλάβει το προϊόν/απόβλητο ή, σε πιο αυτοματοποιημένες γραμμές παραγωγής, μπορεί εκεί να υπάρχει η αρχή μιας μεταφορικής ταινίας, μέσω της οποίας θα μεταφερθεί το τυχόν προϊόν σε επόμενο σταθμό παραγωγής/κατεργασίας. Σε περίπτωση που το τραπέζι της πρέσας δεν έχει

οπές για την παραλαβή των προϊόντων, χρησιμοποιούνται εξολκείς μήτρας. Σκοπός αυτών είναι να «σπρώχνουν» το κομμάτι έτσι ώστε να εξέλθει από τον κοπτικό δακτύλιο και, με διάφορους τρόπους, το προωθούν προς την επόμενη φάση κατεργασίας. Ένας άλλος σημαντικός λόγος χρησιμοποίησης των εξολκείων μήτρας είναι ο εξής: αν το προϊόν πέφτει μέσα στον κοπτικό δακτύλιο, τότε η κυάθωσή του είναι αναπόφευκτη, με αποτέλεσμα να παραλαμβάνουμε στρεβλωμένα προϊόντα. Αυτό αποφεύγεται αν χρησιμοποιηθεί εξολκεία μήτρας, ο οποίος δεν επιτρέπει την κυάθωση των προϊόντων. Αυτή η πιο σύνθετη μορφή καλουπιών με εξολκείς μήτρας χρησιμοποιούνται κυρίως στις εκτομές, για να προωθείται το προϊόν, ενώ τα απόβλητα πέφτουν μέσα από τρύπες της τράπεζας της πρέσας.

Στο καλούπι που θα σχεδιάσουμε, θα έχουμε δύο εξολκείς, έναν εξολκεία εμβόλων και έναν εξολκεία μήτρας, ο οποίος ουσιαστικά θα αποτελείται από 6 μεμονωμένους εξολκείς, έναν για κάθε κοπτικό δακτύλιο εκτομής.

Η δύναμη εξόλκευσης υπολογίζεται ως ένα ποσοστό της δύναμης που εξολκεύεται, δηλαδή:

$$P_{εξ} = \alpha \cdot P_{κ} \quad (3.23)$$

όπου α είναι το ποσοστό που δίνεται από τον πίνακα 3 παρακάτω και $P_{κ}$ είναι η δύναμη κοπής που εξολκεύεται.

Έτσι η δύναμη εξόλκευσης για την μήτρα σε κάθε κοπτικό δακτύλιο θα είναι:

$$P_{εξ,μ} = \alpha\% \cdot P_{εκ} = 0.1 \cdot 153.94 = 15.394kp \quad (3.24)$$

Άρα, ο εξολκεία μήτρας θα ασκεί έξι (6) δυνάμεις εξόλκευσης ίσες προς 15.394 kp η κάθε μία.

Επίσης θα χρησιμοποιηθεί εξολκεία, που θα χρησιμεύει και σαν οδηγός των εμβόλων. Η δύναμη εξόλκευσης θα ισούται με

$$P_{εξ,ε} = \alpha\% \cdot P_{κ} = 0.1 \cdot 1571.415 = 157,1415kp \quad (3.25)$$

Πίνακας 3.4: Δύναμη εξολκείσεως ως α% της δύναμης κοπής

Πάχος ελάσματος σε mm	Δύναμη εξολκείσεως ως ποσοστό α% της δύναμης κοπής	
	Εκτομή	Διάτρηση
Έως 2,0	10...15	12...18
2,0 έως 3,5	12...20	20...25
> 3,5	15...20	25...30

όπου :

α = ποσοστό δύναμης κοπής

$P_{εξ}$ = δύναμη εξόλκευσης

$P_{εκ}$ = δύναμη εκτομής

P_K = δύναμη κοπής

3.4.7 Υπολογισμός Πλάγιας δύναμης κοπής

Για να μειώσουμε τις δυνάμεις κοπής πολλές φορές δίνουμε μια κλίση στο πρόσωπο του εμβόλου ή της μήτρας. Έτσι έχουμε μικρότερη δύναμη αλλά μεγαλύτερη διαδρομή, αφού η κοπή γίνεται βαθμιαία. Άρα, όταν οι δυνάμεις που απαιτούνται για μια συγκεκριμένη κοπή υπερβαίνουν την δυνατότητα της πρέσας, τότε η δύναμη αυτή του εμβόλου ή της μήτρας ελαττώνουν τη δύναμη που χρειάζεται για την κοπή, ώστε να είμαστε μέσα στην δυναμικότητα της πρέσας. Για τους παραπάνω λόγους είναι σημαντικό να υπολογίσουμε την πλάγια δύναμη κοπής.

Για τον υπολογισμό της πλάγιας δύναμης κοπής, αρχικά βρίσκουμε με την βοήθεια του παρακάτω πίνακα το ποσοστό διείδυσης $\beta\%$, όπου για αλουμίνιο είναι ίσο με $\beta = 60\%$.

Πίνακας 3.5: Ποσοστό διείσδυσης β%

Υλικό	β (%)
Μόλυβδος	50
Κασσίτερος	40
Αλουμίνιο	60
Ψευδάργυρος	50
Χαλκός	55
Ορείχαλκος	50
Μπρούντζος	25
Χάλυβας με 0.1%	50 (Ανοπτημένη) 38 (Ψυχρής έλασης)
Χάλυβας με 0.2%	40 (Ανοπτημένη) 28 (Ψυχρής έλασης)
Χάλυβας με 0.3%	33 (Ανοπτημένη) 22 (Ψυχρής έλασης)
Πυριπιούχος χάλυβας	30
νικέλιο	55

$$\text{Άρα } \delta = \frac{\beta \cdot s}{100} = \frac{60 \cdot 0.5}{100} [mm] = 0.3mm \quad (3.26)$$

Άρα η πλάγια δύναμη κοπής υπολογίζεται ως εξής

$$P_{\pi\lambda} = \frac{P \cdot x}{s - \delta} = \frac{1571.415 \cdot 0.01}{0.5 - 0.3} = 78.57kp \quad (3.27)$$

όπου:

P = δύναμη κοπής

P_{πλ} = πλάγια δύναμη κοπής

s = πάχος λαμαρίνας

x = χάρη

β = ποσοστό διείσδυσης

δ = διείσδυση

3.4.8 Υπολογισμός της δύναμης ωστικής κεφαλής

Ο υπολογισμός της δύναμης ωστικής κεφαλής είναι εξίσου μία σημαντική παράμετρος, αφού με τον υπολογισμό της έχουμε την δυνατότητα επιλογής υδραυλικής πρέσας. Αντίθετα, η επιλογή μιας μηχανικής πρέσας θα πρέπει να γίνει βάσει της ενέργειας κοπής, καθώς, λόγω του τρόπου μετάδοσης της κίνησης στη μηχανική πρέσα, η δύναμη ωστικής κεφαλής δεν είναι σταθερή καθ' όλη την

παλινδρόμηση της κεφαλής. Για τον υπολογισμό της δύναμης ωστικής κεφαλής προσαυξάνουμε με το 30% της δύναμης κοπής, για λόγους ασφάλειας, καθώς επίσης για την αντιμετώπιση τριβών και άλλων παραγόντων, όπως αναφέρθηκε και στην παράγραφο 3.4.5. Επίσης προσθέτουμε την δύναμη εξόλκευσης, καθώς και άλλα λοιπά φορτία. Έτσι η δύναμη ωστικής κεφαλής δίνεται από τον τύπο

$$P_{\omega\kappa} = 1.3 \cdot P_{\kappa} + 6 \cdot P_{\varepsilon\xi,\mu} + P_{\varepsilon\xi,\varepsilon} = 2292.345 \text{ kp} = 3 \text{ tons} \quad (3.28)$$

όπου:

$P_{\omega\kappa}$ = δύναμη ωστικής κεφαλής

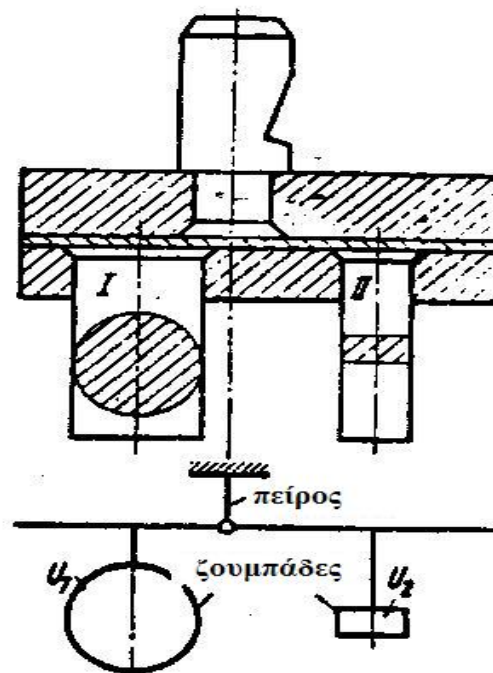
P_{κ} = δύναμη κοπής

$P_{\varepsilon\xi,\mu}$ = δύναμη εξόλκευσης μήτρας

$P_{\varepsilon\xi,\varepsilon}$ = δύναμη εξόλκευσης εμβόλου

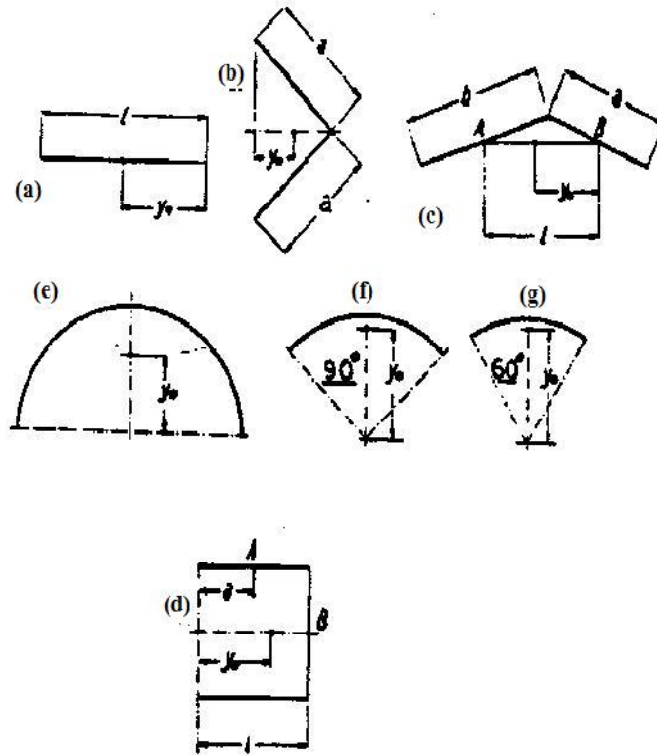
3.5 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΟΥ ΣΥΓΡΑΤΗΣΗΣ

Για έμβολα, των οποίων η διατομή δεν έχει κέντρο συμμετρίας ή όταν υπάρχουν και ενεργούν ταυτόχρονα πολλά έμβολα, πρέπει να γίνει υπολογισμός για τον καθορισμό της θέσης προσαρμογής του πείρου στο καλούπι. Ο υπολογισμός ξεκινά από το γεγονός ότι ενώ από τη μία πλευρά του κοπτικού ενεργούν οι δυνάμεις κοπής, που προέρχονται από το αποκοπτόμενο έλασμα (αντίδραση), από την άλλη πλευρά (του πείρου) ενεργεί η δύναμη που προέρχεται από την πρέσα. Συνήθως, για να αποφύγουμε τη δημιουργία ζεύγους δυνάμεων και κατά συνέπεια ροπών, θα πρέπει η συνισταμένη δύναμη κοπής των εργαλείων και η δύναμη της πρέσας να έχουν κοινό φορέα, δηλαδή ο άξονας του πείρου να διέρχεται από το κέντρο της συνισταμένης των κοπτικών δυνάμεων. Στο σχήμα 3.14 βλέπουμε την στερέωση του πείρου σε ασύμμετρα εμβολα.



Σχήμα 3.14:Στερέωση πείρου σε ασύμμετρα έμβολα

Η παρουσία του ζεύγους δυνάμεων τείνει να ανατρέψει το έμβολο, δημιουργεί φθορά στους οδηγούς της ωστικής κεφαλής και γενικά καταπονεί και τα εργαλεία και την πρέσα. Το πρόβλημα είναι να βρεθεί το σημείο εφαρμογής της συνισταμένης πολλών δυνάμεων παράλληλων και ομόροπων. Για να βρούμε το σημείο εφαρμογής των κοπτικών δυνάμεων αναλύουμε το περίγραμμα της τομής στο έλασμα σε επιμέρους γραμμές, των οποίων το κέντρο βάρους είναι γνωστό (σχήμα 3.15).



Σχημα 3.15 : κέντρα βάρους απλών γραμμών

$$(a) \quad y_o = \frac{l}{2} \quad (3.29)$$

$$(b) \quad y_o = 0.707 * \frac{a}{2} \quad (\text{ισοσκελή ορθή γωνία}) \quad (3.30)$$

$$(c) \quad y_o = \frac{b*1}{a+b} \quad (\text{τυχούσα ανισοσκελής γωνία}) \quad (3.31)$$

$$(d) \quad y_o = \frac{b*1+a*2A}{B+2*A} \quad (3.32)$$

$$(e) \quad y_o = 0.637 * r \quad (3.33)$$

$$(f) \quad y_o = 0.9 * r \quad (3.34)$$

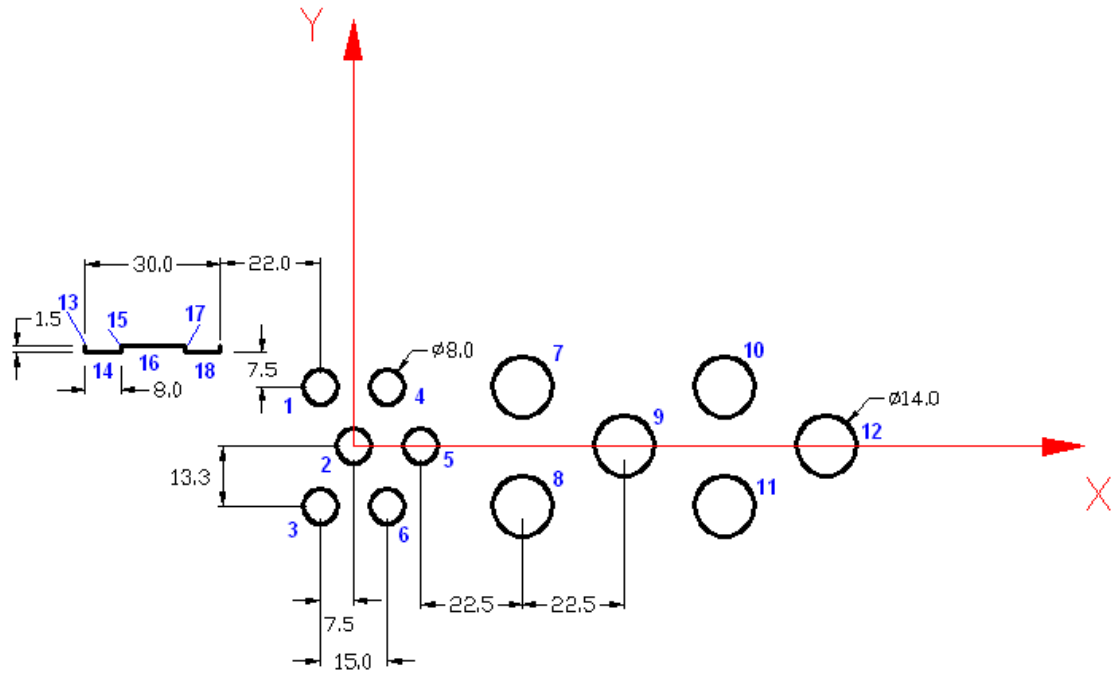
$$(g) \quad y_o = 0.955 * r \quad (3.35)$$

Με την βοήθεια των παραπάνω μπορούμε να υπολογίσουμε την θέση του πείρου. Ο άξονας του πείρου πρέπει να διέρχεται από το κέντρο της συνισταμένης των κοπτικών δυνάμεων για τους λόγους που προαναφέρθηκαν.

Για την εύρεση του κέντρου βάρους θα δουλέψουμε ως εξής:

Αρχικά θα ορίσουμε ένα σύστημα συντεταγμένων ΧΥ και ένα σημείο αναφοράς (0,0), ώστε να διευκολύνει τους υπολογισμούς μας (όπως φαίνεται στο παρακάτω

σχήμα 3.16). Το σύστημα των αξόνων επιλέγεται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε το σημείο (0,0) να συμπίπτει με το κέντρο μιας οπής διάτρησης, όπως φαίνεται στο σχήμα με το περίγραμμα κοπής. Αυτός ο ορισμός των αξόνων, έναντι του τυχαίου, θα διευκολύνει την εύρεση των υπολοίπων συντεταγμένων των κέντρων βάρους, αφού ξέρουμε τις μεταξύ τους αποστάσεις.



Σχήμα 3.16 : Ορισμός συστήματος συντεταγμένων XY πάνω στο περίγραμμα κοπής

Στην συνέχεια, αριθμούμε όλες τις γραμμές ή/και τόξα που περιλαμβάνονται στο περίγραμμα κοπής. Το περίγραμμα κοπής του σχήματος 3.16 αποτελείται από δώδεκα (12) κύκλους (έξι διατρήσεις και έξι εκτομές) και τις γραμμές κοπής κατά μήκος και πλάτος του πλαγιοκόπτη. Όλες αυτές οι απλές γραμμές αριθμούνται από το 1 ως το 18, με τη σειρά που υποδεικνύεται στο σχήμα 3.16. Κατόπιν, θα συμπληρώσουμε τον πίνακα 3.6 υπολογισμών με έξι στήλες. Στην πρώτη στήλη θα τοποθετήσουμε την αρίθμηση της κάθε γραμμής του περιγράμματος κοπής. Στη δεύτερη στήλη συμπληρώνουμε το μήκος, L, της κάθε γραμμής. Στη συνέχεια, στην τρίτη και τέταρτη στήλη συμπληρώνουμε την X και Y συντεταγμένη αντίστοιχα του κέντρου βάρους της κάθε γραμμής που περιλαμβάνεται στο περίγραμμα κοπής. Οι συντεταγμένες αυτές προκύπτουν βάσει του συστήματος συντεταγμένων XY που επελέγη παραπάνω. Τέλος, στις δύο επόμενες στήλες του πίνακα υπολογισμών

τοποθετούνται τα γινόμενα $L \cdot X$ και $L \cdot Y$ της κάθε γραμμής αντίστοιχα, δηλαδή πολλαπλασιάζεται το μήκος της κάθε γραμμής με την X συντεταγμένη του κέντρου βάρους της και το μήκος της κάθε γραμμής με την Y συντεταγμένη του κέντρου βάρους της. Ο πίνακας φαίνεται συμπληρωμένος παρακάτω.

Πίνακας 3.6: Πίνακας συντεταγμένων κέντρων βάρους

Γραμμή	L	X	Y	$L \cdot X$	$L \cdot Y$
1	25.13	-7.5	13.3	-188.475	334.229
2	25.13	0	0	0	0
3	25.13	-7.5	-13.3	-188.475	-334.229
4	25.13	7.5	13.3	188.475	334.229
5	25.13	15	0	376.95	0
6	25.13	7.5	-13.3	188.475	-334.229
7	43.98	37.5	13.3	1649.25	584.934
8	43.98	37.5	-13.3	1649.25	-584.934
9	43.98	60	0	2638.8	0
10	43.98	82.5	13.3	3628.35	584.934
11	43.98	82.5	-13.3	3628.35	-584.934
12	43.98	105	0	4617.9	0
13	1.5	-59.5	21.55	-89.25	32.235
14	8	-55.5	20.8	-444	166.4
15	1.5	-51.5	21.55	-77.25	32.235
16	14	-44.5	22.3	-623	312.2
17	1.5	-37.5	21.55	-56.25	32.235
18	8	-33.4	20.8	-267.2	166.4
Σ	449.16			16631.9	741.705

Για τον υπολογισμό των επιμέρους μηκών έχουμε:

$$\text{Από το (1-6), έχουμε } L = \pi \cdot d = 3.14 \cdot 8 = 25.13 \text{ mm} \quad (3.36)$$

Από το (6-12), έχουμε:

$$L = \pi \cdot D = 3.14 \cdot 14 = 43.98 \text{ mm} \quad (3.37)$$

Για τα (13) και (14), έχουμε τις διαστάσεις του πλαγιοκόπτη, δηλαδή:

$$(13) = \text{βήμα προώσεως} = 30 \text{ mm}$$

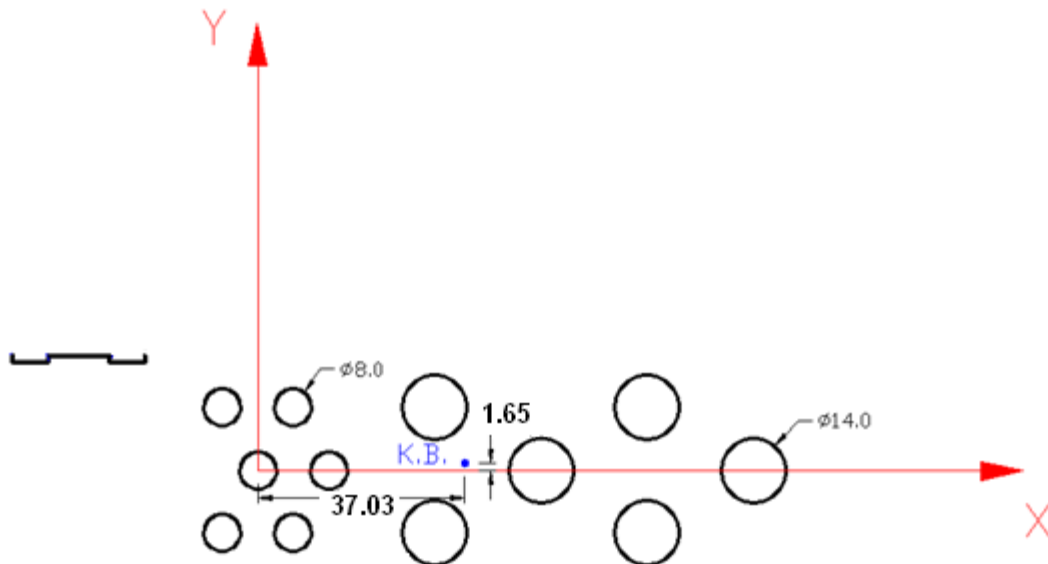
$$(14) = \text{απόκομμα πλαγιοκόπτη} = 1.5 \text{ mm}$$

Στο τέλος θα γίνει ο υπολογισμός του κέντρου βάρους (X_o , Y_o) σε σχέση με το σύστημα αναφοράς (X, Y) από τους λόγους των παραπάνω αθροισμάτων. Έτσι

$$X_o = \frac{\Sigma LX}{\Sigma L} = \frac{16631.9}{449.16} [\text{mm}] = 37.03 \text{ mm} \quad (3.38)$$

$$Y_o = \frac{\Sigma LY}{\Sigma L} = \frac{741.705}{449.16} [\text{mm}] = 1.65 \text{ mm} \quad (3.39)$$

Στο παρακάτω σχήμα 3.17 φαίνεται το σημείο (X_o, Y_o), όπου από αυτό το σημείο θα διέρχεται ο πείρος συγκράτησης από την άνω βάση του καλουπιού.

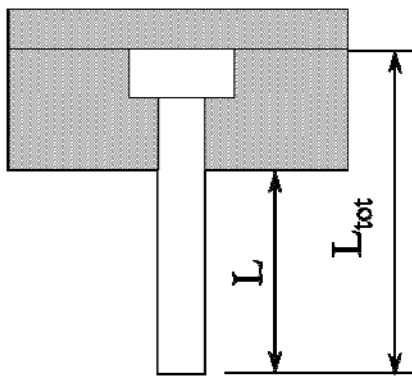


Σχήμα 3.17 : Θέση του κέντρου βάρους (Κ.Β.) πάνω στο περίγραμμα κοπής

3.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΜΒΟΛΩΝ ΣΕ ΛΥΓΙΣΜΟ

Τα έμβολα ενός κοπτικού καλουπιού στερεώνονται σε μια ειδικά διαμορφωμένη πλάκα, που ονομάζεται πλάκα στήριξης των εμβόλων και έχει υποδοχές για να τοποθετηθούν οι πατούρες των εμβόλων (σχήμα 3.18). Το υπόλοιπο μέρος των εμβόλων είναι ελεύθερο. Κατά τη λειτουργία του καλουπιού, σε κάθε έμβολο αναπτύσσεται η αντίστοιχη δύναμη κοπής, η οποία έχει φορά αντίθετη της κίνησης της ωστικής κεφαλής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα έμβολα να καταπονούνται σε λυγισμό υπό το φορτίο της δύναμης κοπής.

Προκειμένου να επιλεγεί το σωστό μήκος των εμβόλων, θα πρέπει να γίνει μελέτη της καταπόνησης του κάθε εμβόλου σε λυγισμό. Οι υποθέσεις – παραδοχές που γίνονται είναι ότι το κάθε έμβολο θεωρείται ως μια δοκός πακτωμένη στο άνω άκρο της, εκεί δηλαδή που βρίσκεται η πατούρα. Το κρίσιμο φορτίο λυγισμού δίνεται από τη σχέση του Euler για μια δοκό:



$$\left. \begin{aligned} P_{\text{crit}} &= \frac{\pi^2 EI}{4L_{\text{crit}}^2} \\ P_{\text{crit}} &= n \cdot P \\ n &= 2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow L_{\text{crit}} = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{8P}}$$

Σχήμα 3.18: Έμβολα κοπτικού καλουπιού στερεωμένα στην πλάκα στήριξης

Όπου:

E: μέτρο ελαστικότητας

I: ροπή αδράνειας

n: συντελεστής ασφάλειας (2 για εργαλειοχάλυβες)

P: δύναμη κοπής

Συνεπώς θα υπολογίσουμε το κάθε ένα από τα εμβόλα μας στην καταπόνηση του λυγισμού, ώστε να επιλέξουμε το σωστό μήκος των εμβόλων.

- Υπολογισμός μήκος εμβόλου για διάτρηση:

Γνωρίζουμε ότι η διάμετρος του εμβόλου ισούται με $d = 8mm$. Άρα από τον τύπο για τον υπολογισμό της ροπής αδράνειας έχουμε:

$$I = \pi \cdot \frac{d^4}{64} = \frac{3.14 \cdot 8^4}{64} = 200.96mm^4 \quad (3.40)$$

Όπως γνωρίζουμε το υλικό κατασκευής των εμβόλων είναι χάλυβας εργαλείων με μέτρο ελαστικότητας $E = 210GPa = 210.000N/mm^2$. Συνεπώς, από την σχέση του Euler για μια δοκό έχουμε:

$$L_{crit} = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{8P}}, = \sqrt{(\pi^2 \cdot 210.000 \cdot 200.96) / (8 \cdot 862.93)} = 245.63mm = 24.563 cm \quad (3.41)$$

- Υπολογισμός μήκος εμβόλου για εκτομή:

Γνωρίζουμε ότι η διάμετρος του εμβόλου ισούται με $D = 13.98mm$

Άρα από τον τύπο για τον υπολογισμό της ροπής αδράνειας έχουμε:

$$I = \pi \cdot \frac{D^4}{64} = \frac{3.14 \cdot 13.98^4}{64} = 1874 mm^4 \quad (3.42)$$

Όπως γνωρίζουμε το υλικό κατασκευής των εμβόλων είναι χάλυβας εργαλείων με μέτρο ελαστικότητας $E = 210GPa = 210.000N/mm^2$. Συνεπώς, από την σχέση του Euler για μια δοκό έχουμε:

$$L_{crit} = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{8P}} = \sqrt{(\pi^2 \cdot 210.000 \cdot 1874) / (8 \cdot 1510.13)} = 567.01mm = 56.701 cm \quad (3.43)$$

- Υπολογισμός μήκος εμβόλου για πλαγιοκόπτη:

Οι διαστάσεις του πλαγιοκόπτη όπως γνωρίζουμε είναι $d = 6mm$ και $H = 30mm$. Θεωρώντας τον πλαγιοκόπτη ως ορθογωνικό, η ροπή αδράνειας για ορθογωνική διατομή δίνεται ως:

$$I = \frac{H \cdot d^3}{12} = \frac{30 \cdot 6^3}{12} = 540mm^4 \quad (3.44)$$

Από την σχέση του Euler θα υπολογίσουμε το ελάχιστο μήκος λυγισμού συνεπώς:

$$L_{crit} = \sqrt{\frac{\pi^2 EI}{8P}} = \sqrt{(\pi^2 \cdot 210.000 \cdot 540) / (8 \cdot 1177.35)} = 344.71 mm = 34.471 cm$$

(3.45)

Συνεπώς, από τα τρία κρίσιμα μήκη λυγισμού επιλέγω το μικρότερο ώστε να τηρεί τις προϋποθέσεις, για να αποφύγουμε το φαινόμενο του λυγισμού. Άρα $L_{crit} = 245.63 mm$. Έτσι τα έμβολα που θα επιλέξουμε επιτρέπεται να έχουν μέγιστο μήκος από $L = 245.63 mm$.

3.7 ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ

Όπως αναφέρθηκε και στο τέλος του 1^{ου} κεφαλαίου, υπάρχουν διάφορες εταιρίες που μπορούν να μας προμηθεύσουν με έτοιμα στοιχεία του προς κατασκευήν καλουπιού. Μια από αυτές είναι η γερμανική εταιρία FIBRO, που αποτελεί έναν κολοσσό στην κατασκευή διαφόρων στοιχείων για μια ποικιλία καλουπιών από χάλυβα, χυτοσίδηρο, αλουμίνιο κτλ.

Η εταιρία FIBRO ιδρύθηκε στο Weinsberg το 1958 και από το 1974 αποτελεί τμήμα της Lärple group. Το εργοστάσιο της εδρεύει στο Hassmersheim και δραστηριοποιείται στο χώρο των αυτοματισμών από το 1974. Η Lärple group, η οποία ιδρύθηκε το 1919 στο Weinsberg, σήμερα απασχολεί 4 000 άτομα, εκ των οποίων 900 εργάζονται στην fibro group και μόνο. Δραστηριοποιούνται σε παγκόσμιο επίπεδο στους τομείς των τυποποιημένων εξαρτημάτων, περιστροφικές τράπεζες και αυτοματισμού. Διαθέτει περισσότερους από 100 αντιπρόσωπους και σταθμούς εξυπηρέτησης σε όλο τον κόσμο και έχει πιστοποιηθεί με το DIN ISO 9001:2000

Στην παρακάτω εικόνα μπορούμε να δούμε μερικά από τα προϊόντα της εταιρίας. Μέσα από έναν πληρέστατο ηλεκτρονικό κατάλογο προϊόντων οι ενδιαφερόμενοι μπορούν να κάνουν τις παραγγελίες τους. Η εταιρία αναγνωρισμένη πλέον από την παγκόσμια αγορά καταλαμβάνει το μεγαλύτερο μερίδιο της αγοράς λόγω της ποιότητας των προϊόντων, αξιοπιστία της και της εξυπηρέτησης λόγω των πολλών σταθμών ανά τον κόσμο.



Εικόνα 3.19: προϊόντα εταιρείας FIBRO

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΔΥΣΜΕΝΕΣΤΕΡΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ – ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο σχεδιασμός και η μελέτη ενός καλουπιού περιλαμβάνει την πλήρη ανάλυση των δυνάμεων που αναπτύσσονται κατά τη διάρκεια της κοπής, αλλά και γενικότερα κατά τη λειτουργία του καλουπιού. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται μια ολοκληρωμένη μελέτη της εντατικής κατάστασης όλων των στοιχείων του καλουπιού, με αποτέλεσμα να μπορούν να υπολογιστούν οι παραμορφώσεις τους κατά τη λειτουργία του καλουπιού. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να βελτιστοποιήσουμε το σχεδιασμό ενός σύνθετου καλουπιού και μας δίνεται η δυνατότητα να επιλέξουμε τις σωστές διαστάσεις των επιμέρους μερών του καλουπιού. Βέβαια, η αναλυτική μελέτη της παραμορφωσιακής κατάστασης ενός καλουπιού δεν είναι εύκολη υπόθεση και απαιτεί εξειδικευμένες γνώσεις πάνω στον τρόπο με τον οποίο φορτίζονται όλα τα στοιχεία του καλουπιού.

Στο παρόν κεφάλαιο θα αναλυθούν επιλεκτικά ορισμένα στοιχεία του καλουπιού που σχεδιάζεται, τα οποία υπόκεινται σε σημαντικές παραμορφώσεις και κρίνεται απαραίτητη η μελέτη του τρόπου παραμόρφωσής τους, προκειμένου να επιλεγούν οι σωστές διαστάσεις τους. Για την ανάλυση αυτή θα χρησιμοποιηθεί η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων (Finite Element Method). Η μέθοδος αυτή είναι μια υπολογιστική μέθοδος η οποία επιλύει με προσεγγιστικές και αριθμητικές μεθόδους τις θεμελιώδεις εξισώσεις που διέπουν μια ευρεία ομάδα προβλημάτων συνεχούς μέσου (πχ. προβλήματα παραμορφώσιμων στερεών, ανάλυση κατασκευών και δομικών στοιχείων, μετάδοσης θερμότητας, μηχανικής ρευστών, κλπ) τα οποία έχουν αυθαίρετη γεωμετρία, συννοριακές συνθήκες και φόρτιση. Ανάμεσα στα κύρια χαρακτηριστικά τα οποία την ξεχωρίζουν από άλλες προσεγγιστικές και αριθμητικές μεθόδους,

είναι ότι για την διακριτοποίηση του προβλήματος η δομή χωρίζεται σε περιορισμένες (η πεπερασμένες) περιοχές, οι οποίες ονομάζονται πεπερασμένα στοιχεία.

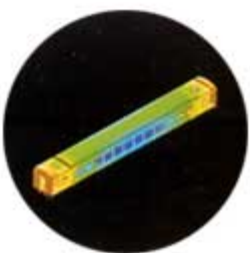
4.2 ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ ΠΑΚΕΤΟ ANSYS

Η ανάλυση των στοιχείων του καλουπιού θα γίνει με τη βοήθεια του εμπορικού πακέτου Ansys. Με την βοήθεια του προγράμματος ansys θα γίνει η σχεδίαση των μοντέλων των εμβόλων, θα υπολογιστεί η παραμόρφωσή τους, η κατανομή των τάσεων και γενικότερα διάφοροι υπολογισμοί που θα μας βοηθήσουν στην σχεδίαση του καλουπιού μας. Παρακάτω δίνονται ορισμένες οι πληροφορίες για το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε.

Το ANSYS είναι το πρωτοπόρο πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων (FEA) σε ολόκληρο τον κόσμο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για οποιονδήποτε τύπο ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία, σε οποιαδήποτε βιομηχανική ή κατασκευαστική εφαρμογή. Μερικές από τις εφαρμογές του είναι:

Τα μεγάλα δομοστατικά και ειδικά έργα

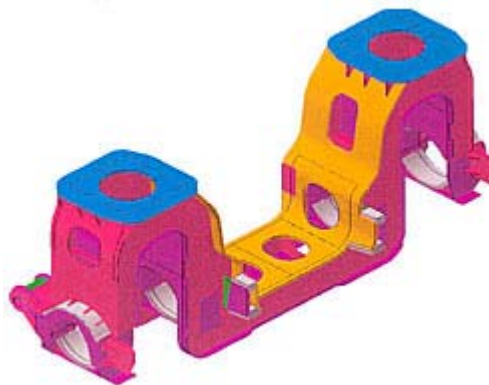
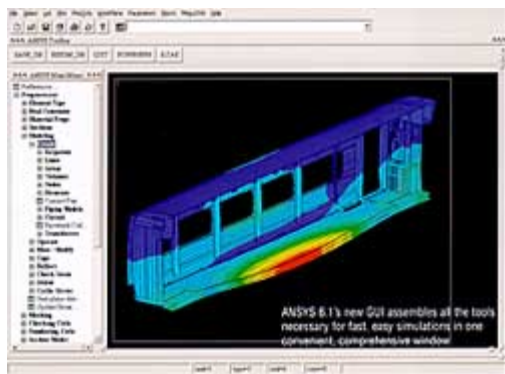
- Τα μηχανολογικά
- Οι σιδηρόδρομοι
- Η μετάδοση ισχύος
- Η παραγωγή ενέργειας
- Τα ηλεκτρονικά είδη
- Η αεροδιαστημική
- Η αυτοκινητοβιομηχανία
- Η βιοϊατρική.



Έχει τη μεγαλύτερη βιβλιοθήκη πεπερασμένων στοιχείων και παρέχει τις εξής δυνατότητες:

- Γραφική εισαγωγή δεδομένων.
- Εισαγωγή γεωμετρικού μοντέλου από οποιοδήποτε σχεδιαστικό πρόγραμμα.
- Γραμμική και μη γραμμική ανάλυση, σε 2 και 3 διαστάσεις.
- Δυναμική ανάλυση με τη μέθοδο των ιδιόμορφων, χρήση του φάσματος της σεισμικής απόκρισης, εισαγωγή αρμονικών ή παροδικών φορτίσεων σε συνάρτηση του χρόνου.
- Ανάλυση δευτέρας τάξεως με λήψη της επίδρασης των ρωγμών, μεγάλων παραμορφώσεων, αλλαγής ακαμψίας, κόπωσης και υπερελαστικών ή εξαρτώμενων εκ της θερμοκρασίας υλικών στην επίλυση των φορέων.
- Θερμική: σταθερής κατάστασης, μετάβασης, αλλαγής φάσης, θερμική-δομική.
- Ηλεκτρομαγνητική: ηλεκτροστατικά, μαγνητοδομικά, σταθερό και χρονομεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο.
- Ροή ρευστών: αριθμητική δυναμική ρευστών (μέσω ολοκλήρωσης με το πρόγραμμα FLOTRAN), ροή σε αγωγούς, ροή δυναμικού, διάχυση μέσω πορώδους (seepage).
- Είναι δυνατή η διαστασιολόγηση κτιρίων και ειδικών κατασκευών οπλισμένου σκυροδέματος, βάσει του Ευρωκώδικα 2 και του Ευρωκώδικα 3, με το πρόγραμμα CivilFEM, που δουλεύει σε συνεργασία με το ANSYS.
- Εφαρμογές στην εδαφομηχανική.

Το ANSYS είναι ένα εργαλείο ευρείας χρήσης για σχεδίαση και ανάλυση πάσης φύσεως κατασκευών, από απλά κτιριακά έργα μέχρι σήραγγες, φράγματα κλπ. Αυτές οι δυνατότητες το κατατάσσουν ως ένα από τα καλύτερα στατικά και μηχανολογικά προγράμματα στον κόσμο.



Εικόνα 4.1: σχεδιασμένα προϊόντα από το ANSYS

4.3 ΕΠΙΛΟΓΗ ΕΜΒΟΛΩΝ

Για την επιλογή του μήκους των εμβόλων, θα πρέπει να μελετηθεί η καταπόνησή τους σε λυγισμό, λόγω της επιβολής δύναμης κοπής που επιβάλλεται σε κάθε έμβολο. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιείται η σχέση του Euler, από την οποία θα προκύψει το μέγιστο επιτρεπτό μήκος που θα πρέπει να έχει το κάθε έμβολο, προκειμένου να μην υποστεί λυγισμό. Όπως αναφέρθηκε αναλυτικά στο κεφάλαιο 3:

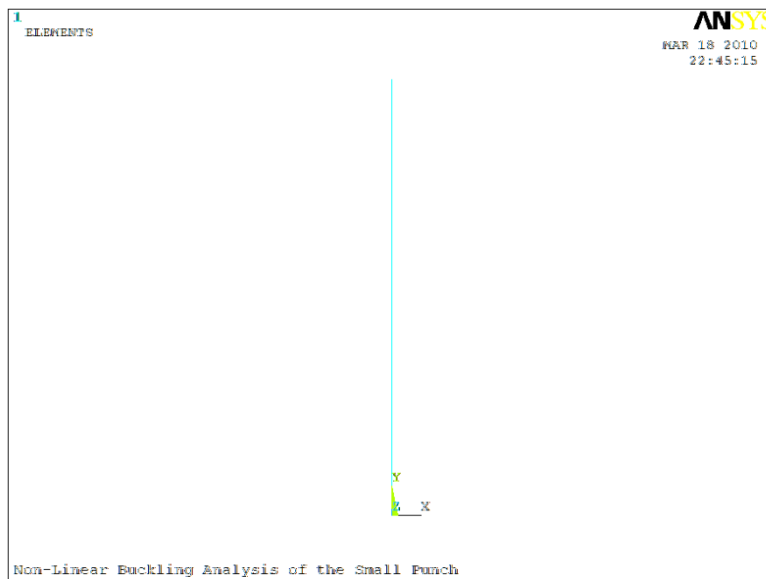
Για το έμβολο διάτρησης, το κρίσιμο μήκος προκύπτει: $L = 245.63 \text{ mm}$

Για το έμβολο εκτομής, το κρίσιμο μήκος προκύπτει: $L = 567.01 \text{ mm}$

Για το έμβολο του πλαγιοκόπτη, το κρίσιμο μήκος προκύπτει: $L = 344.71 \text{ mm}$

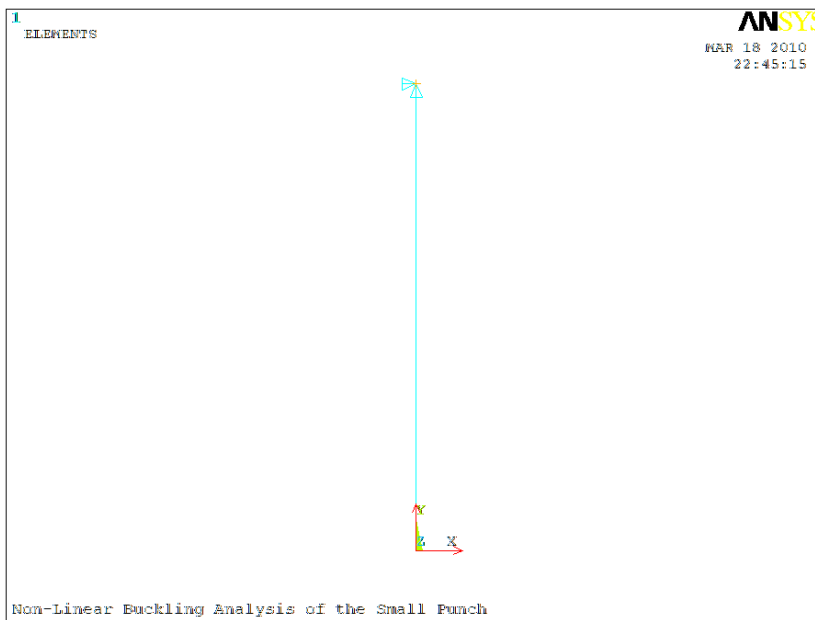
Η επιλογή του τελικού μήκους θα γίνει ύστερα από ανάλυση της καταπόνησης των εμβόλων, κάνοντας χρήση της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων. Θα περιορίσουμε τη μελέτη μόνο στο έμβολο διάτρησης, αφού αυτό είναι που φέρει τη μικρότερη διατομή, άρα τη δυσμενέστερη κατάσταση.

Το έμβολο των 8mm θα μοντελοποιηθεί με πεπερασμένα στοιχεία δοκού (beam elements), αφού θεωρείται ότι έχει μεγάλο μήκος, συγκριτικά με τις άλλες διαστάσεις του. Κάνοντας χρήση του υπολογιστικού πακέτου ANSYS, δημιουργείται το μοντέλο του εμβόλου, χρησιμοποιώντας πεπερασμένα στοιχεία BEAM3 μήκους 1mm κατά μήκος του εμβόλου (Εικόνα 4.2).



Εικόνα 4.2: μοντέλο εμβόλου 8mm

Το έμβολο θεωρείται πακτωμένο στο άνω άκρο του, ενώ στο κάτω άκρο ασκείται κατακόρυφη δύναμη, ίση με τη δύναμη κοπής (διάτρησης) για το εν λόγω έμβολο. Το τελικό μοντέλο με τις δυνάμεις και τις αντίστοιχες στηρίξεις, φαίνεται στο εικόνα 4.3.

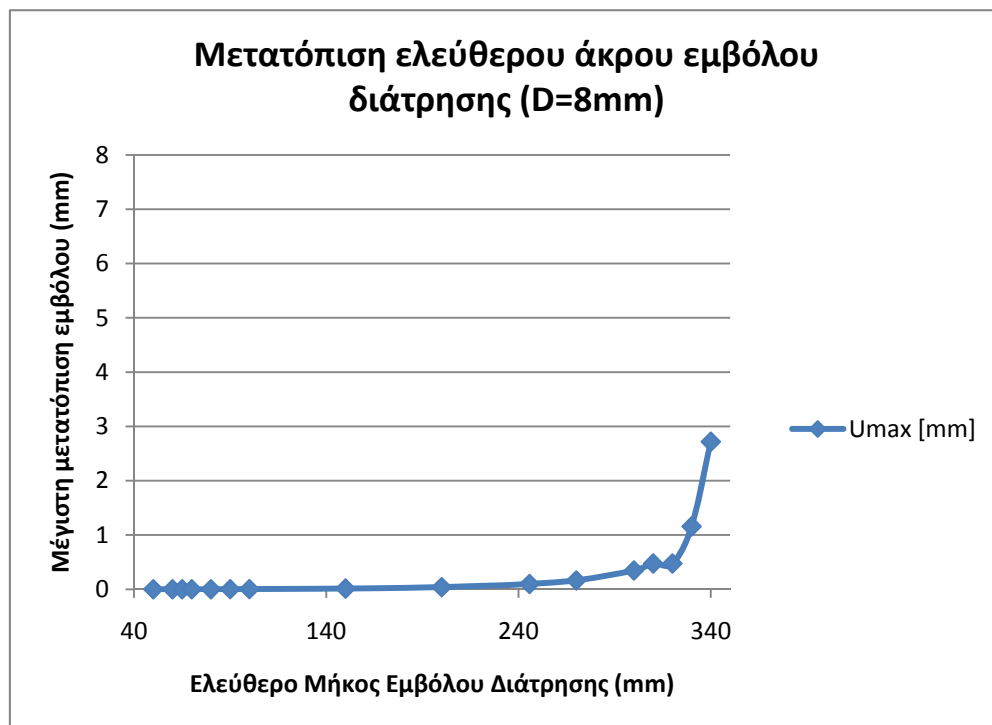


Εικόνα 4.3: Τελικό μοντέλο με τις δυνάμεις και τις στηρίξεις

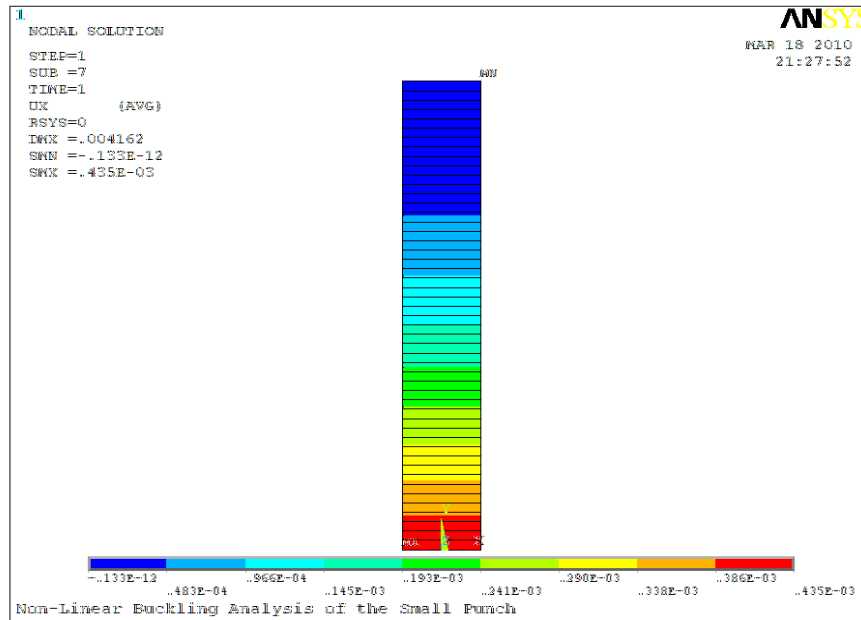
Επιλέγουμε να δουλέψουμε με μη-γραμμική ανάλυση στο ANSYS, θεωρώντας ότι στο πρόβλημα αναπτύσσονται μεγάλες παραμορφώσεις. Το φορτίο επιβάλλεται σταδιακά στο μοντέλο, χρησιμοποιώντας 1000 βήματα δύναμης.

Το πρόβλημα λύθηκε για διαφορετικά μήκη του εμβόλου, ξεκινώντας από τα 340 mm, συμπεριλαμβάνοντας τα 245.69 mm, όπως υπολογίστηκαν από τη σχέση του Euler, μέχρι και 50 mm, εξετάζοντας κάθε φορά τη μέγιστη μετατόπιση του κάτω άκρου της δοκού κατά τον άξονα X. Η μεταβολή της μετατόπισης φαίνεται στο παρακάτω διάγραμμα 4.1. Ο υπολογισμός σταμάτησε στα 50 mm ελεύθερου μήκους εμβόλου, αφού η μετατόπιση που εμφανίζεται στο μήκος αυτό θεωρούμε ότι είναι πολύ μικρή και μας ικανοποιεί (0.000435 mm). Αν λάβουμε υπόψη ότι στο καλούπι περιλαμβάνεται ο οδηγός των εμβόλων, τότε είναι φανερό ότι δεν χρειάζεται να ελαττώσουμε περαιτέρω το μήκος των εμβόλων. Επιπλέον, από το διάγραμμα 4.1 επαληθεύεται η αναλυτική λύση που προέκυψε από την επίλυση της σχέσης του Euler, όπου μέχρι τα 245 mm ελεύθερου μήκους του εμβόλου, η μετατόπιση του κάτω άκρου είναι σχεδόν μηδενική και αμελητέα, άρα τα έμβολα δεν θα υποστούν λυγισμό σε αυτό το μήκος.

Διάγραμμα 4.1: Μεταβολή της μετατόπισης

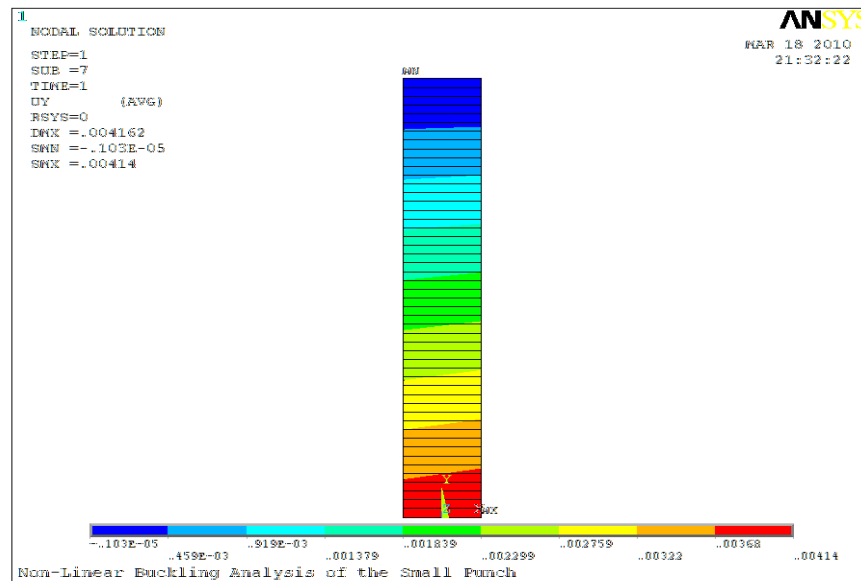


Στο παρακάτω εικόνα 4.4 φαίνεται η μετατόπιση όλου του μοντέλου κατά τον άξονα Χ, από όπου παρατηρούμε τη μετατόπιση του άκρου να είναι 0.000435 mm.



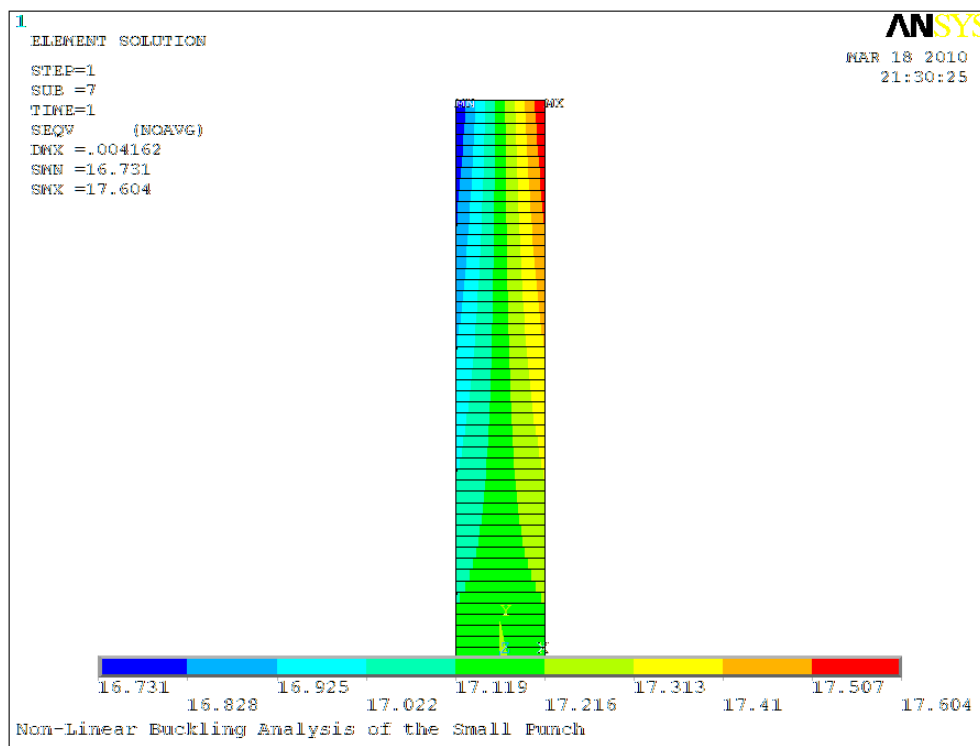
Εικόνα 4.4: Μετατόπιση μοντέλου κατά τον χ άξονα

Στο εικόνα 4.5 δίνεται η μετατόπιση κατά τον άξονα Υ, δηλαδή κατακόρυφα. Η μετατόπιση αυτή μετριέται στα 0.00414 mm και μπορεί να αποτελέσει ένδειξη για τη φθορά του εμβόλου, ύστερα από επαναλαμβανόμενες κοπές.



Εικόνα 4.5: Μετατόπιση μοντέλου κατά τον Υ άξονα

Τέλος, στο εικόνα 4.6 φαίνεται η κατανομή των τάσεων Von Mises κατά το μήκος του μοντέλου, όπου η μέγιστη καταπόνηση παρατηρείται στο σημείο της στήριξης, όπως ήταν αναμενόμενο.



Εικόνα 4.6: Κατανομή τάσεων Von Mises κατά μήκος του μοντέλου

Η ανάλυση που έγινε βασίστηκε στον αναλυτικό υπολογισμό του κρίσιμου μήκους λυγισμού, έτσι όπως προκύπτει από τη σχέση του Euler. Από τη σχέση αυτή προέκυψε ένα μέγιστο όριο για το μήκος που μπορούν να έχουν τα έμβολα και αυτό είναι στα 245.63 mm. Τιμές μήκους μεγαλύτερες από αυτή θα έχουν ως αποτέλεσμα το λυγισμό των εμβόλων και, πρωτίστως, των εμβόλων Ø8mm των διατρήσεων. Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων χρησιμοποιήθηκε με κύριο σκοπό την επαλήθευση των αναλυτικών αποτελεσμάτων από την επίλυση της σχέσης του Euler, καθώς εξετάστηκαν τιμές για το μήκος των εμβόλων που ήταν μεγαλύτερες από το L_{crit} . Τα αποτελέσματα για μεγαλύτερες τιμές επιβεβαίωσαν όντως το λυγισμό του μικρού εμβόλου, ενώ τα αποτελέσματα για μήκη μικρότερα του L_{crit} δείχνουν ότι το βέλος κάμψης που εμφανίζεται είναι αμελητέο, της τάξης του χιλιοστού του χιλιοστού.

Έτσι, καταλήγουμε στην επιλογή του μήκους για όλα τα έμβολα να είναι στα 50 mm. Η επιλογή αυτή βασίστηκε στο διάγραμμα 4.1, όπου για ελεύθερο μήκος εμβόλων, το βέλος κάμψης που εμφανίζεται είναι αμελητέο.

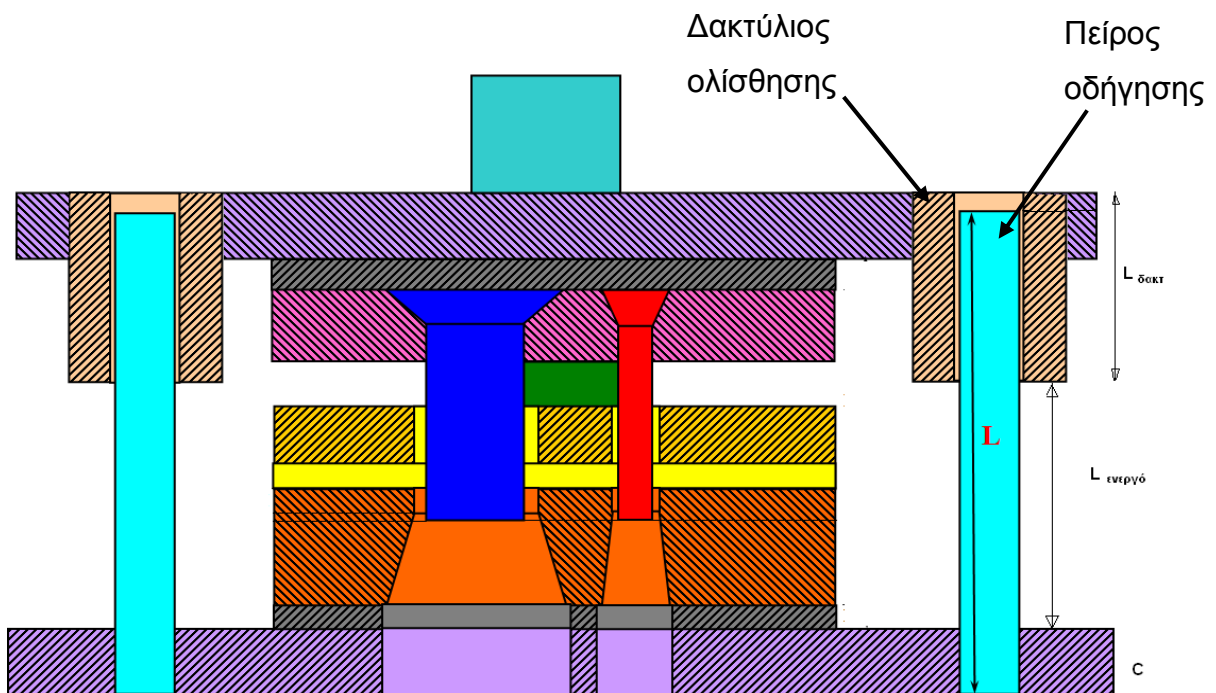
4.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΤΑΛΛΗΛΗΣ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ

4.4.1 Επιλογή πείρων ολίσθησης

Οι πείροι οδήγησης – ολίσθησης είναι ένα πολύ βασικό στοιχείο της δομής ενός καλουπιού, αφού ευθύνονται για την ολική ευστάθεια της κατασκευής, καθώς και για τη διατήρηση της σωστής χάρης, που είναι πάρα πολύ βασική παράμετρος για τη σωστή λειτουργία του καλουπιού. Οι πείροι οδήγησης είναι αυτοί που ενδεχομένως παραλαμβάνουν και τις πλάγιες δυνάμεις που αναπτύσσονται σε ένα καλούπι. Στο καλούπι που σχεδιάζουμε θα χρησιμοποιηθούν 4 πείροι οδήγησης. Στην περίπτωση που το καλούπι παράγει συμμετρικά κομμάτια (π.χ. κυκλικούς δίσκους), τότε η πλάγια δύναμη που αναπτύσσεται ισοκατανέμεται γύρω από το περίγραμμα κοπής και τελικά εξουδετερώνεται. Όταν, όμως, έχουμε να κατασκευάσουμε μη-συμμετρικά κομμάτια, τότε δεν μπορούμε να αγνοήσουμε τις πλάγιες δυνάμεις, καθώς δεν αλληλοεξουδετερώνονται. Απλώς παραλαμβάνονται από τους πείρους οδήγησης. Στο καλούπι που σχεδιάζεται στην παρούσα πτυχιακή έχει γενικά συμμετρικό περίγραμμα κοπής, αν εξαιρεθεί ο πλαγιοκόπτης. Στην κοπή κατά μήκος του πλαγιοκόπτη δεν απαλείφονται οι πλάγιες δυνάμεις. Παρόλα αυτά, για λόγους ασφαλείας, επιλέξαμε να εξετάσουμε την πιο ακραία και δυσμενέστερη περίπτωση, στην οποία η πλάγια δύναμη δεν εξουδετερώνεται και παραλαμβάνεται ολόκληρη από τους πείρους οδήγησης. Έτσι, κάθε ένας από αυτούς θα πρέπει να παραλαμβάνει φορτίο ίσο με το $\frac{1}{4}$ της πλάγιας δύναμης, δηλαδή 382.99 N. Από τον κατάλογο της εταιρίας FIBRO GmbH επιλέγουμε έναν πείρο με διάμετρο 32 mm. Το συνολικό μήκος του κάθε πείρου πρέπει να υπολογιστεί όταν το καλούπι είναι κλειστό, προσθέτοντας όλα τα πάχη των επιμέρους στοιχείων, τα οποία διαπερνά. Από τον υπολογισμό αυτό, προσθέτουμε το πάχος της κάτω βάσης, της μήτρας και του εξολκέα και προκύπτει το μήκος ίσο με 118 mm. Αυξάνουμε το μήκος αυτό στα 140 mm (βάσει του καταλόγου FIBRO), προκειμένου να είμαστε και ασφαλείς κατά την κίνηση του καλουπιού.

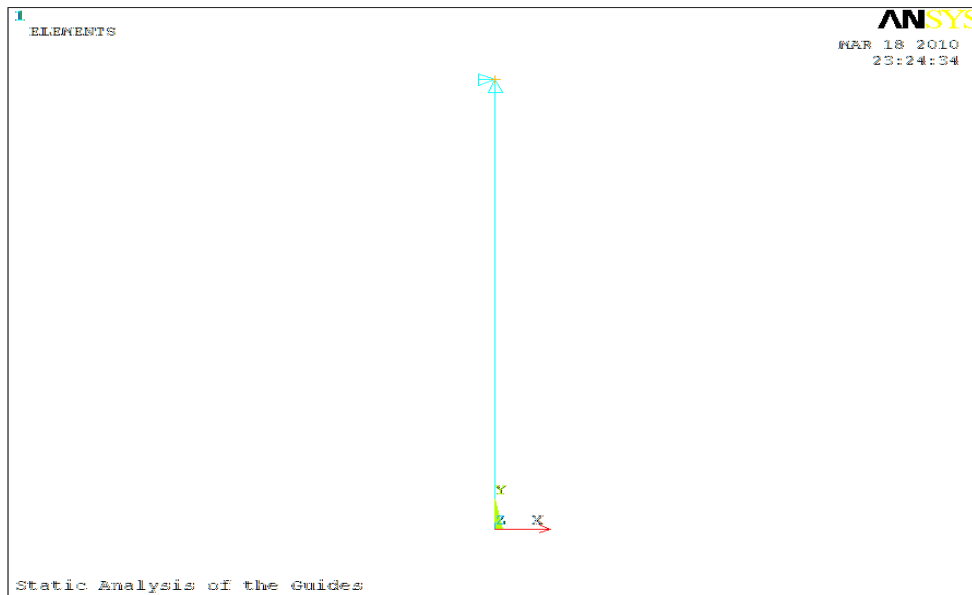
4.4.2 Επιλογή δακτυλίων ολίσθησης

Για την επιλογή των δακτυλίων ολίσθησης, μέσα στους οποίους ολισθαίνουν οι πείροι, θα πρέπει να μελετηθεί το φαινόμενο της κάμψης των πείρων, αφού το ελεύθερο μήκος των πείρων, ανάμεσα στο δακτύλιο ολίσθησης και στην κάτω βάση, υπόκειται σε σημαντική κάμψη και είναι επικίνδυνη η στρέβλωση ή και η θραύση του. Για το λόγο αυτό, αναπτύχθηκε ένα δεύτερο μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων για να μοντελοποιήσει τον πείρο οδήγησης υπό το φορτίο της πλάγιας δύναμης κοπής. Στην ουσία, θα μελετηθεί το επιτρεπτό μήκος των δακτυλίων, τα οποία θα βιδωθούν πάνω στον εξογκέα – οδηγό εμβόλων, έτσι ώστε το ελεύθερο μήκος των πείρων ολίσθησης να μην υποστεί μεγάλο βέλος κάμψης. Το επιτρεπτό βέλος κάμψης υπολογίζεται, ύστερα από εμπειρική παραδοχή, στο 10% της χάρης, δηλαδή $\delta_{\max} = 0.1 \cdot 0.01 = 0.001\text{mm}$.



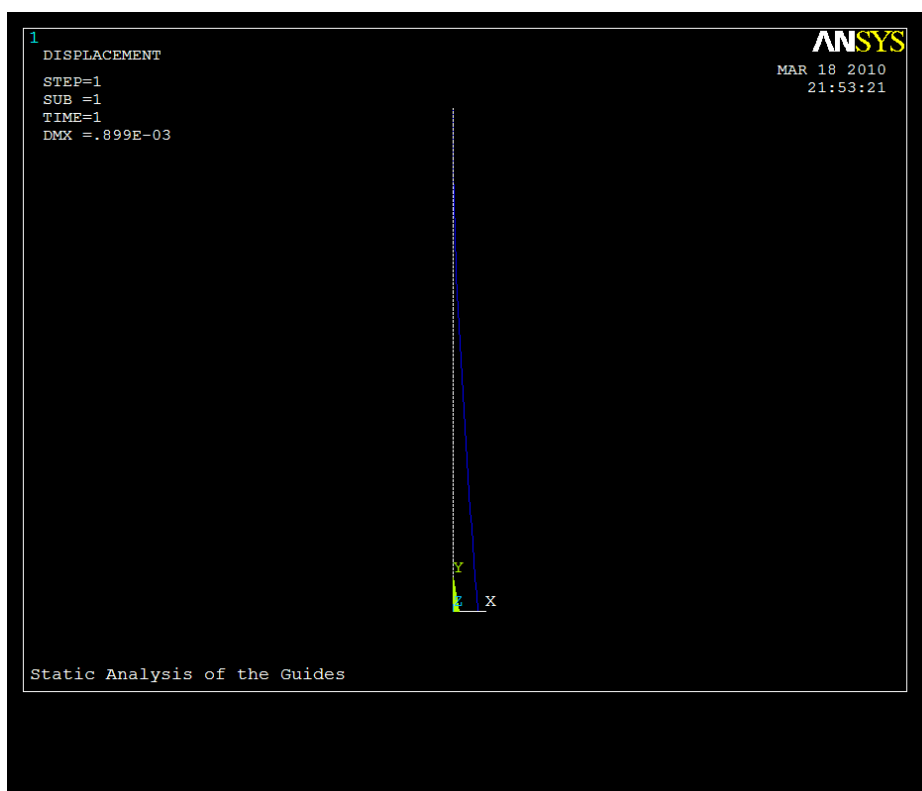
Εικόνα 4.7: Απεικόνιση καλουπιού

Το μοντέλο που αναπτύχθηκε αποτελείται από πεπερασμένα στοιχεία δοκού BEAM3 μήκους 1mm και επιβάλλεται σε αυτό οριζόντια δύναμη, ενώ πακτώνεται στο άλλο άκρο (εικόνα 4.8).



Εικόνα 4.8: Μοντέλο δοκού με επιβαλλόμενη οριζόντια δύναμη

Η λύση γίνεται στατικά και το παραμορφωμένο σχήμα φαίνεται παρακάτω (εικόνα 4.9).



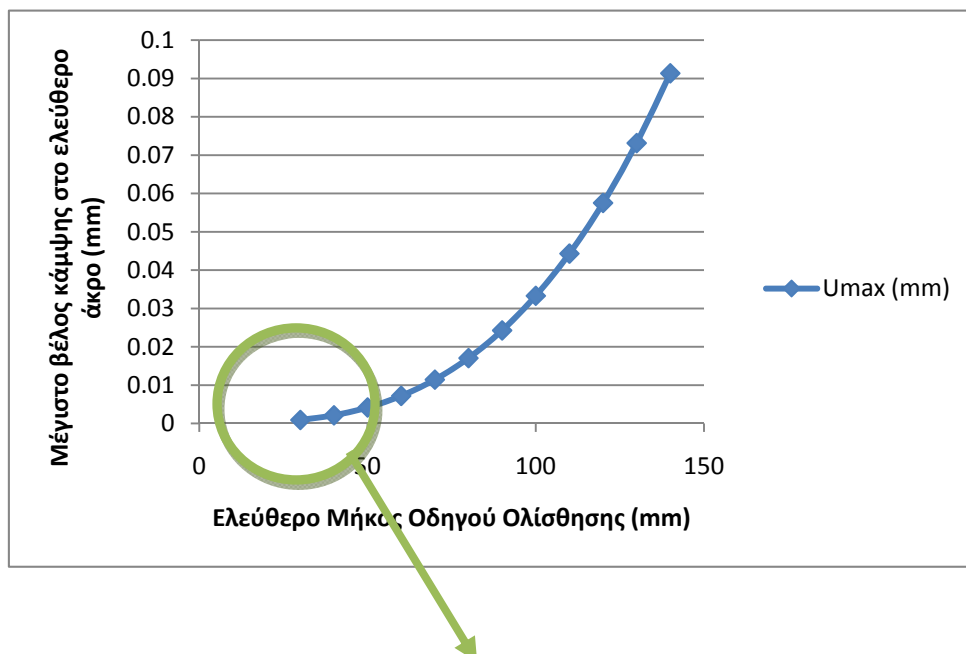
Εικόνα 4.9: Στατική λύση

Το ανωτέρω μοντέλο θα επιλυθεί για διαφορετικό ελεύθερο μήκος του πείρου κάθε φορά, ξεκινώντας από τα 140 mm (δηλαδή οι δακτύλιοι να τοποθετηθούν οριακά πάνω από τους πείρους – υποθετική κατάσταση) μέχρι τα 30 mm, ελέγχοντας κάθε φορά το βέλος κάμψης που παρατηρείται στο κάτω άκρο του μοντέλου. Τα αποτελέσματα δίνονται στο παρακάτω διάγραμμα 4.2. Από το διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι το όριο των 0.001 mm δεν ξεπερνιέται μόνο όταν το ελεύθερο μήκος των πείρων είναι το πολύ 30 mm, όπου το μέγιστο βέλος κάμψης που παρατηρείται είναι $0.000899\text{mm} < 0.001\text{ mm}$ (εικόνα 4.10). Συνεπώς, το μήκος των δακτυλίων ολίσθησης θα είναι:

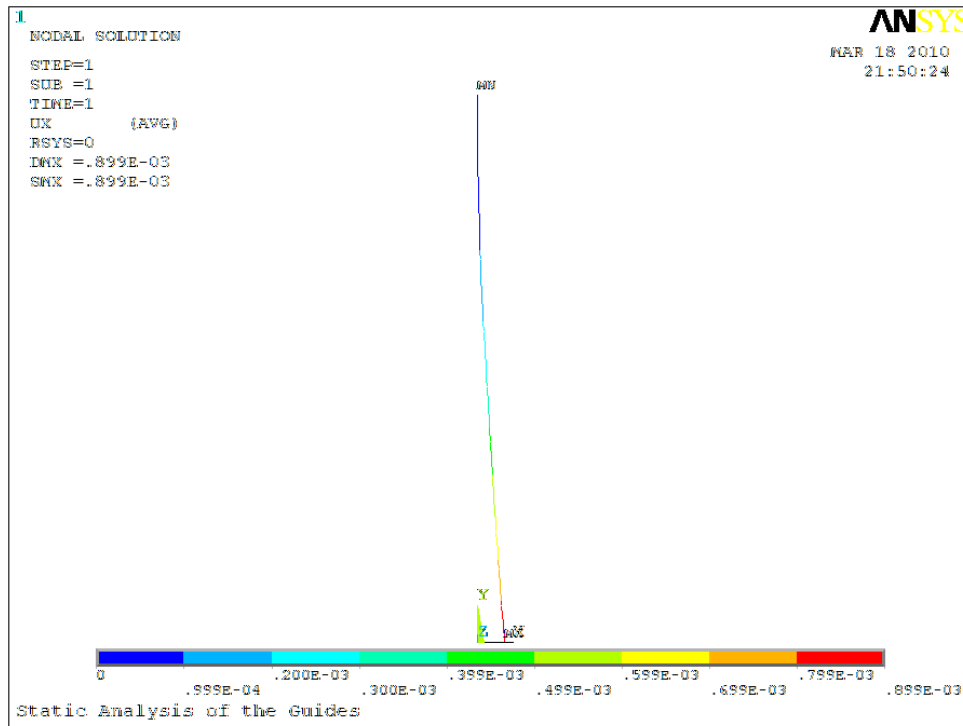
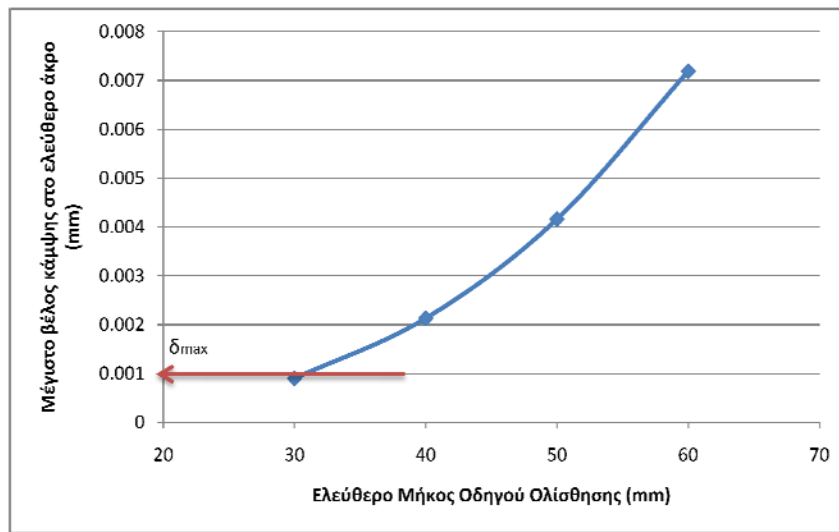
$$L_{\delta} = L - L_{\text{ελεύθ.}} - C = 140 - 30 - 48 = 62\text{ mm} \quad (4.1)$$

Από τον κατάλογο της FIBRO, επιλέγουμε το δακτύλιο με $L_{\delta} = 60\text{ mm}$, και θα δεθεί έτσι, ώστε το ελεύθερο μήκος των πείρων να είναι 30mm.

Διάγραμμα 4.2: Αποτελέσματα από τον έλεγχο βέλους κάμψης



Διάγραμμα 4.3: Λεπτομέρεια διαγράμματος 4.2



Εικόνα 4.10: Μέγιστο βέλος κάμψης

Από την ανωτέρω ανάλυση τελικά προκύπτει ότι οι οδηγοί (πείροι ολίσθησης) του καλουπιού που επιλέγονται θα έχουν διάμετρο 32 mm και μήκος 140 mm.

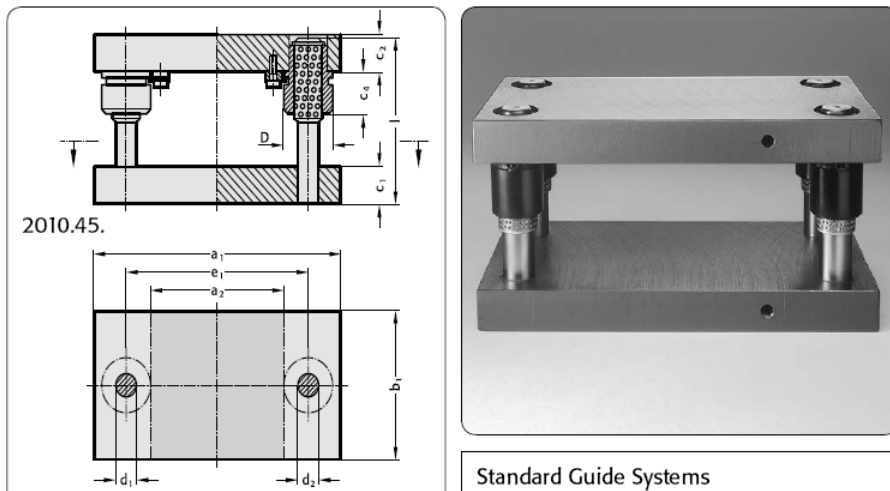
Επιπλέον, οι δακτύλιοι ολίσθησης επιλέγονται από τον κατάλογο της εταιρίας FIBRO εσωτερικής διαμέτρου 32 mm και μήκους 60 mm.

4.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΑΝΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΚΑΙ ΑΝΩ ΒΑΣΗΣ

Εδώ εξετάζεται η παραμορφωσιακή κατάσταση της άνω ενδιάμεσης πλάκας, αφού αυτή είναι που παραλαμβάνει τα κρουστικά φορτία των εμβόλων, κατά τη διαδικασία της κοπής και κατά μήκος της διείσδυσης. Παρόλο που η πλάκα αυτή έρχεται σε επαφή με την άνω βάση του καλουπιού και τη βάση στήριξης των εμβόλων, θα πρέπει να ελεγχθεί ο τρόπος με τον οποίο παραμορφώνεται κατά τη λειτουργία του καλουπιού, έτσι ώστε να αποφευχθούν μεγάλα βέλη κάμψης. Από την ανάλυση αυτή θα επιλεγεί και το κατάλληλο πάχος της πλάκας αυτής.

Η άνω ενδιάμεση πλάκα είναι ενωμένη με κοχλίες με την άνω βάση του καλουπιού, η οποία έχει πάχος 28 mm. Το πάχος της άνω βάσης του καλουπιού προκύπτει από την τυποποίηση της εταιρίας FIBRO, η οποία προσφέρει εμπειρικές διαστάσεις για τα βασικά στοιχεία του καλουπιού, βάσει των εξωτερικών διαστάσεων του καλουπιού. Στον παρακάτω πίνακα 4.1 φαίνεται ένα μέρος τους πίνακα της εταιρίας, από τον οποίο επιλέχθηκε το πάχος της άνω βάσης. Η κατωτέρω τυποποίηση δίνει την άνω βάση του καλουπιού, στην περίπτωση που στο καλούπι δεν περιλαμβάνεται άνω ενδιάμεση πλάκα. Λόγω του ότι στο καλούπι που θα σχεδιάσουμε θα περιλαμβάνεται άνω ενδιάμεση πλάκα, θα λάβουμε το τυποποιημένο πάχος ως το πάχος της άνω βάσης μαζί με την ενδιάμεση πλάκα. Έτσι, επιλέγουμε την άνω βάση με πάχος 28 mm.

Πίνακας 4.1 Επιλογή σετ καλουπιού από τον κατάλογο της εταιρίας FIBRO

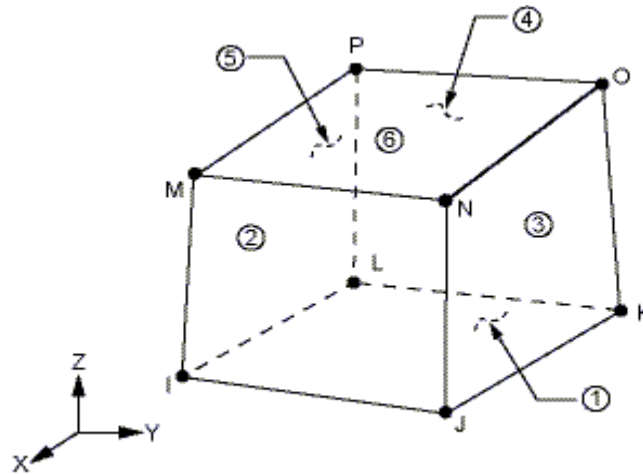


Διαστάσεις καλουπιού	Διαστάσεις περιοχής περιγράμματος κοπής	Πάχος άνω βάσης	Πάχος κάτω βάσης	Πείρος οδήγησης	Πάχος πλάκας εξολκέα
----------------------	---	-----------------	------------------	-----------------	----------------------

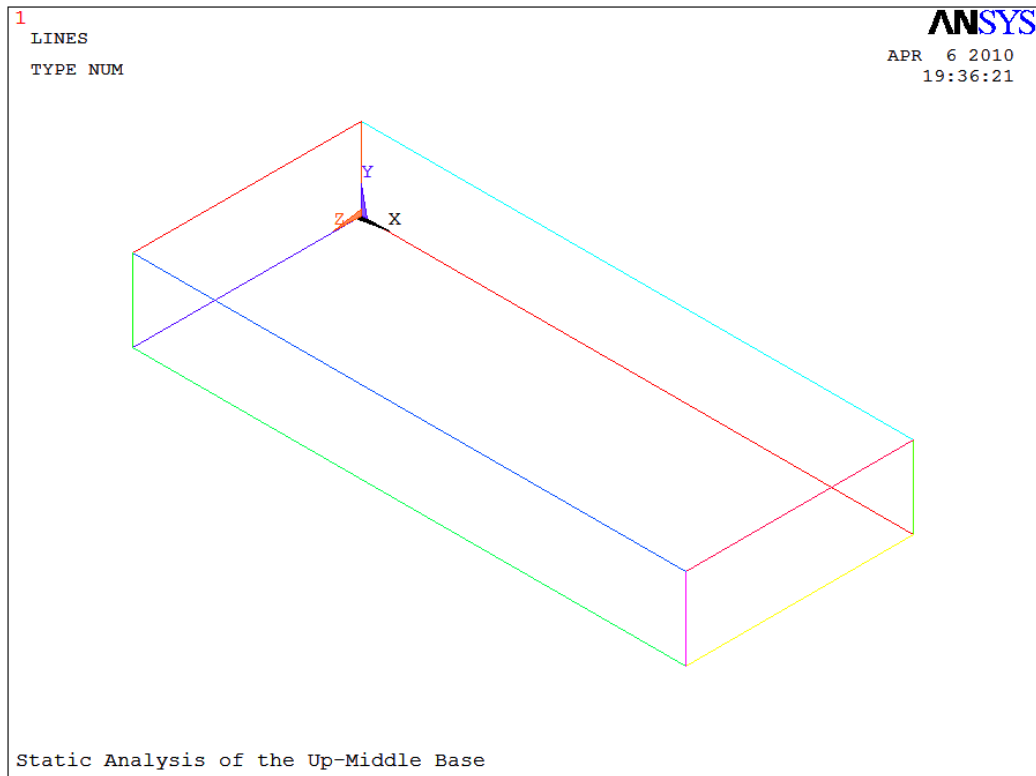
2010.	.4020.1.			400 × 200	250 × 200	400 × 50	48	48	32	32	20	30/32 × 224	53	310	110	313
	.4020.2.						48	38								
	.4020.3.						38	48								
	.4020.4.						38	38								
2010.	.4025.1.			400 × 250	250 × 250	400 × 100	50	50	32	32	20	30/32 × 224	53	310	160	313
	.4025.2.						50	40								
	.4025.3.						40	50								
	.4025.4.						40	40								
2010.	.4031.1.			400 × 315	250 × 315	400 × 165	50	50	32	32	20	30/32 × 224	53	310	225	313
	.4031.2.						50	40								
	.4031.3.						40	50								
	.4031.4.						40	40								

Η μοντελοποίηση έγινε κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να περιλαμβάνει και την άνω βάση του καλουπιού, αφού αυτή είναι που τελικώς πακτώνεται στην ωστική κεφαλή της πρέσσας, μέσω του πείρου συγκράτησης. Μέσω του εν λόγω μοντέλου, θα είναι δυνατή η επιλογή του κατάλληλου πάχους της άνω ενδιάμεσης πλάκας. Το μοντέλο που αναπτύχθηκε για τη μοντελοποίηση της πλάκας αυτής επιλέχθηκε να είναι τρισδιάστατο, για καλύτερη απόδοση του τασικού και παραμορφωσιακού πεδίου που αναπτύσσεται στην πλάκα, χωρίς να γίνουν γεωμετρικές παραδοχές. Η πλάκα μοντελοποιείται με ένα πλέγμα 4000 πεπερασμένων στοιχείων SOLID185, τοποθετώντας 4 στοιχεία κατά το πάχος της πλάκας. Το στοιχείο SOLID185 χρησιμοποιείται στην τρισδιάστατη μοντελοποίηση στερεών δομών. Αποτελείται από οκτώ κόμβους με τρεις (3) βαθμούς ελευθερίας σε κάθε κόμβο, δηλαδή τις μετατοπίσεις κατά τους άξονες X, Y και Z (εικόνα 4.11α). Εφαρμόζονται συνοριακές

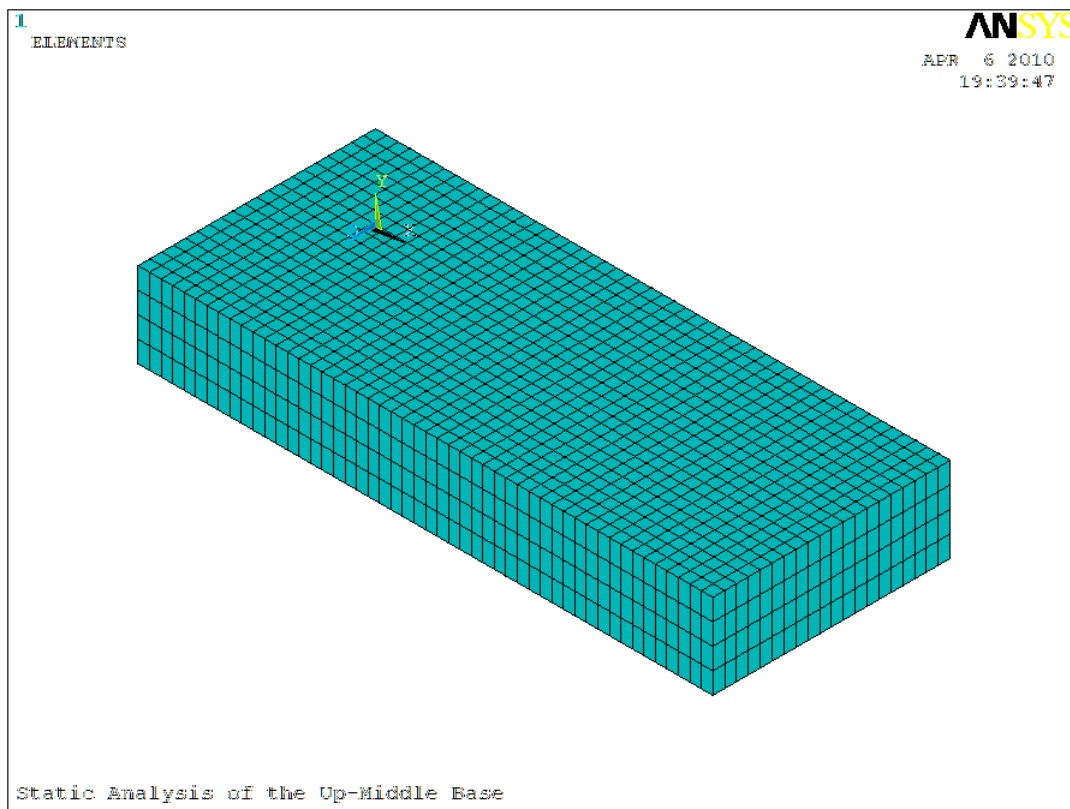
συνθήκες στο μοντέλο τέτοιες, ώστε να απεικονίζονται όσο το δυνατόν καλύτερα οι πραγματικές συνθήκες λειτουργίας του καλουπιού. Έτσι, δεσμεύονται και οι τρεις βαθμοί ελευθερίας των κόμβων εκείνων που αντιστοιχούν στη θέση του πείρου συγκράτησης. Λόγω του ότι η άνω ενδιάμεση πλάκα έρχεται σε επαφή και με τη βάση στήριξης των εμβόλων, η δύναμη που ασκείται σε αυτή μοντελοποιήθηκε ως ομοιόμορφη πίεση που ασκείται στην κάτω πλευρά της. Η ολική δύναμη κοπής έχει τιμή $P_k = 15319,79 \text{ N}$ και εφαρμόζεται σημειακά. Για να αναχθεί σε επιφανειακή πίεση που θα ασκηθεί σε επιφάνεια $230 \times 95 \text{ mm}^2$ θα πρέπει να διαιρεθεί η τιμή της δύναμης δια την επιφάνεια, ώστε να προκύψει πίεση, δηλαδή $P = P_k/A = 15319,79/21850 = 0,7 \text{ N/mm}^2$. Η γεωμετρία του μοντέλου, το πλέγμα των πεπερασμένων στοιχείων καθώς και το τελικό μοντέλο με τις δυνάμεις και τις συνοριακές συνθήκες φαίνονται στο εικόνα 4.11 (β, γ, δ & ε).



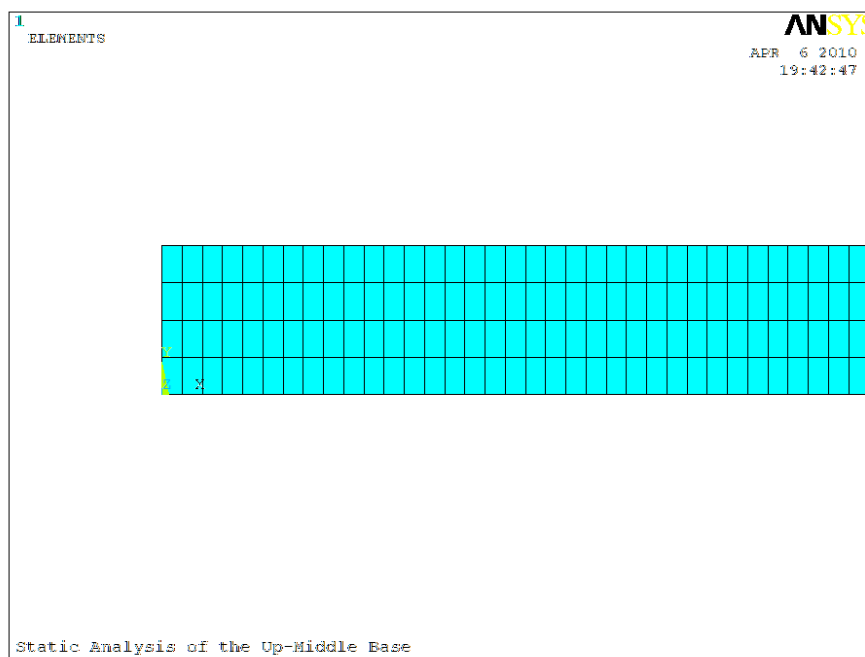
Εικόνα 4.11.α: Στοιχείο solid185 και μετατοπίσεις κατά τους άξονες X,Y,Z



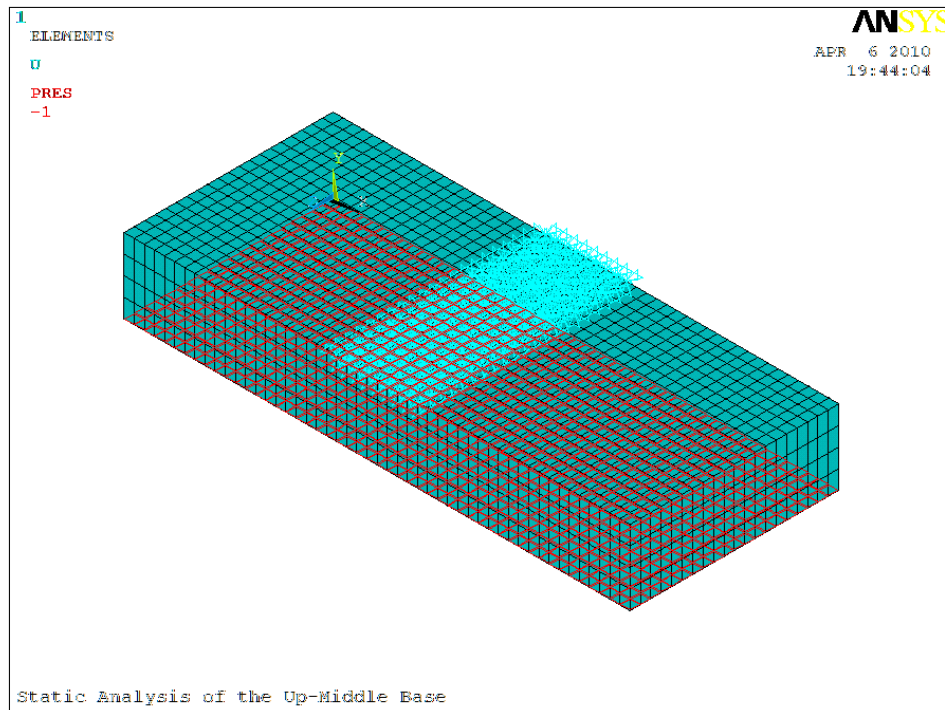
Εικόνα 4.11.β . τελικό μοντέλο με τις συνάρσεις και τις συνοριακές συνθήκες



Εικόνα 4.11.γ: Τελικό μοντέλο με τις συναρμεις και τις συνοριακές συνθήκες

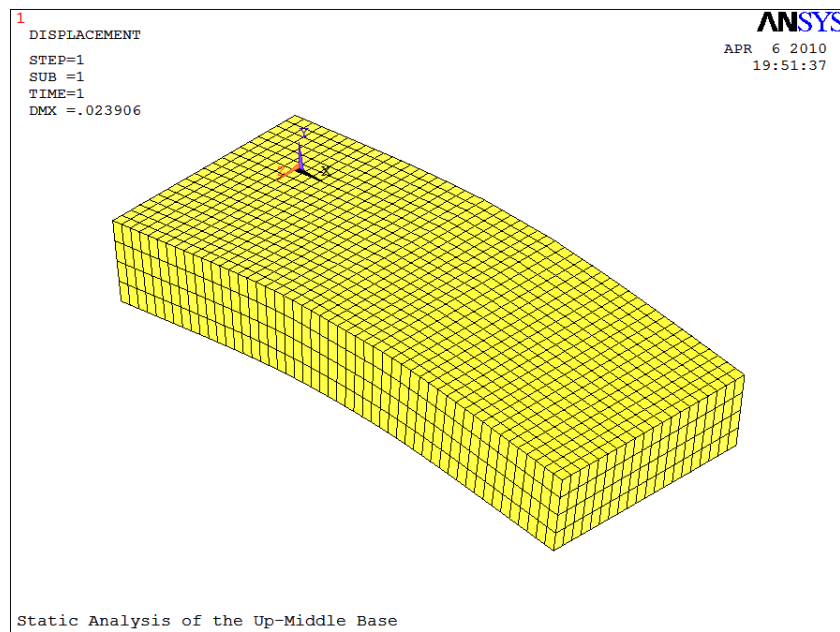


Εικόνα 4.11.δ: Τελικό μοντέλο με τις δυνάμεις και τις συνοριακές συνθήκες

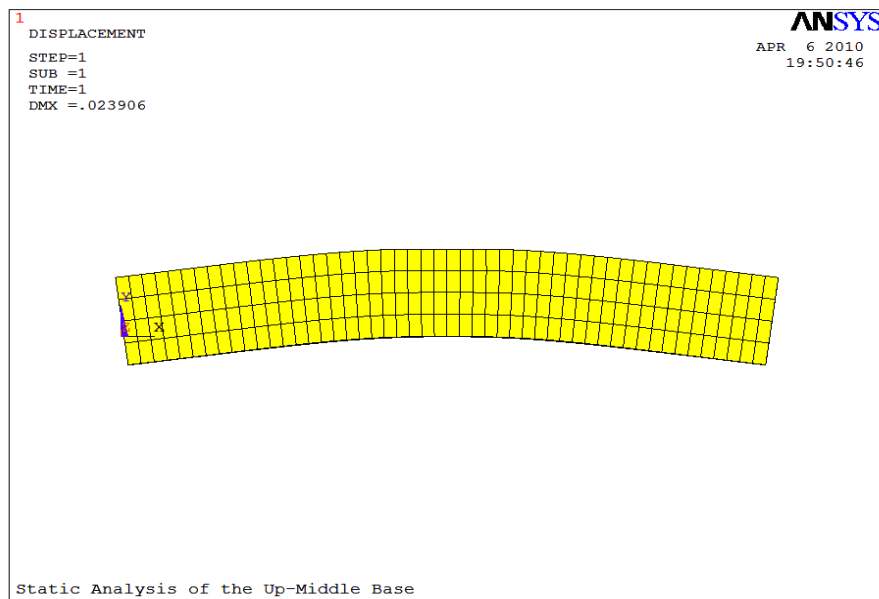


Εικόνα 4.11.ε: Τελικό μοντέλο με τις δυνάμεις και τις συνοριακές συνθήκες

Αρχικά επιλέγεται ένα πάχος 6mm για την πλάκα και το παραμορφωμένο σχήμα της είναι (εικόνα 4.12.(α,β)):



Εικόνα 4.12.α: Παραμορφωμένο σχήμα της πλάκας

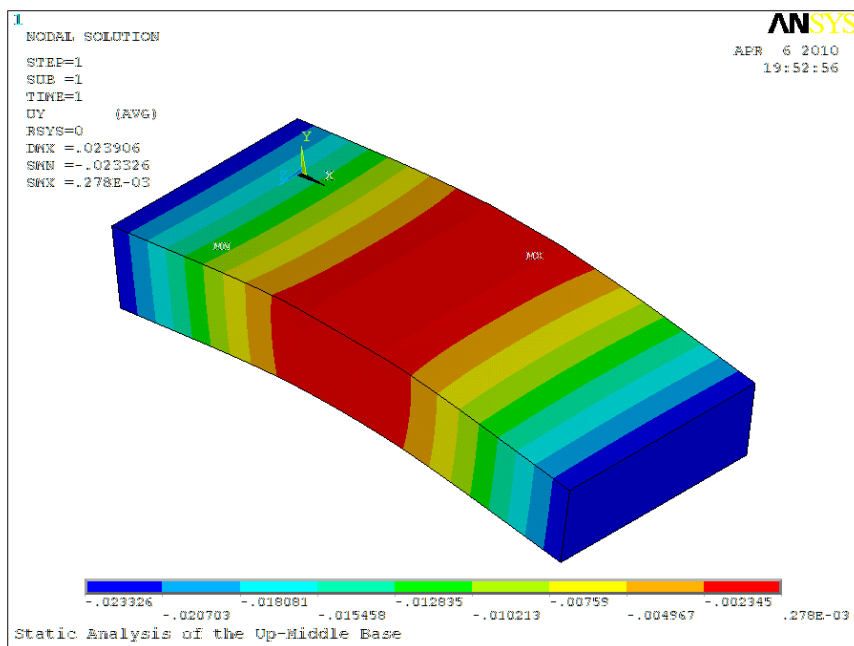


Εικόνα 4.12.β: Παραμορφωμένο σχήμα της πλάκας

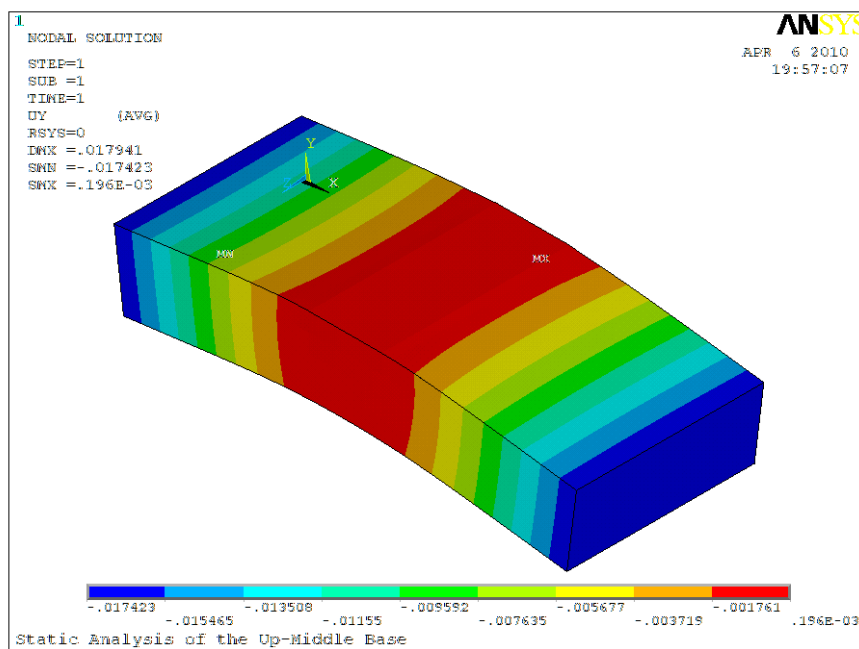
Το μέγιστο βέλος κάμψης για τη φόρτιση της πλάκα αυτής είναι $0.278e-3$ mm (εικόνα 4.13). Η παραμόρφωση αυτή που εμφανίζεται στην πλάκα είναι αμελητέα, αν λάβουμε υπόψη ότι η εμπειρικά αποδεκτή μέγιστη παραμόρφωση ανέρχεται στο 10% της τιμής της χάρης, δηλαδή στα $1e-3$ mm. Μια ενδιάμεση πλάκα μεγαλύτερου πάχους, π.χ. 10 mm αντί για 6 που χρησιμοποιήσαμε αρχικά, θα ήταν πιο στιβαρή και θα έπαιρνε μικρότερη παραμόρφωση κατά τη λειτουργία του καλουπιού. Αυτό φαίνεται ξεκάθαρα στο εικόνα 4.14, όπου το μέγιστο βέλος κάμψης είναι $0.196e-3$ mm. Μια ενδιάμεση πλάκα αυτού του πάχους είναι αποδεκτή, σύμφωνα και με έμπειρους κατασκευαστές που ρωτήθηκαν.

Ένα επιπλέον κριτήριο για την σωστή επιλογή του πάχους της άνω ενδιάμεσης πλάκας είναι ο έλεγχος των ισοδύναμων τάσεων Von Mises που αναπτύσσονται στο μοντέλο, με σκοπό να μην ξεπερνούν το όριο διαρροής του υλικού. Το όριο διαρροής του χάλυβα είναι $\sigma_{\delta} = 502$ MPa. Στα παρακάτω σχήματα 4.15 και 4.16 δίνεται η κατανομή των ισοδύναμων τάσεων στην πλάκα για πάχος άνω ενδιάμεσης πλάκας 6 mm και 10 mm αντίστοιχα. Από τις κατανομές αυτές παρατηρούμε ότι στην πιο λεπτή πλάκα οι τάσεις που αναπτύσσονται είναι πολύ κοντά στο όριο διαρροής (~ 450 MPa). Αυτό προσδίδει έναν επιπλέον κίνδυνο η πλάκα να υποστεί πλαστικές παραμορφώσεις κατά την κατεργασία. Αντίθετα, η πιο παχιά πλάκα των 10 mm εμφανίζει μέγιστη ισοδύναμη τάση στα 300 MPa, που είναι σχεδόν υποδιπλάσια από

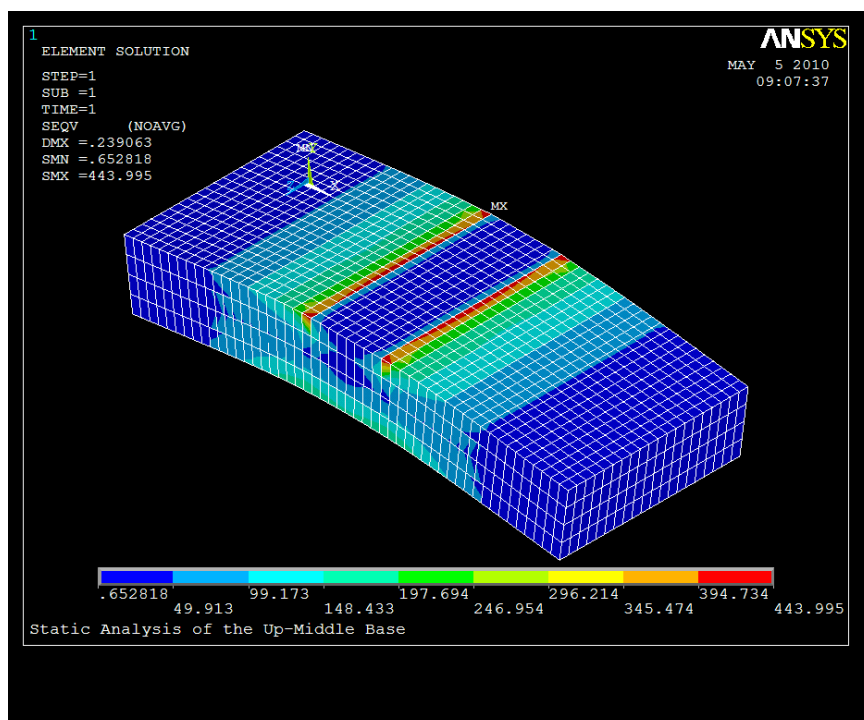
το όριο διαρροής. Άρα μπορούμε να πούμε ότι είμαστε ασφαλείς με την πλάκα των 10mm.



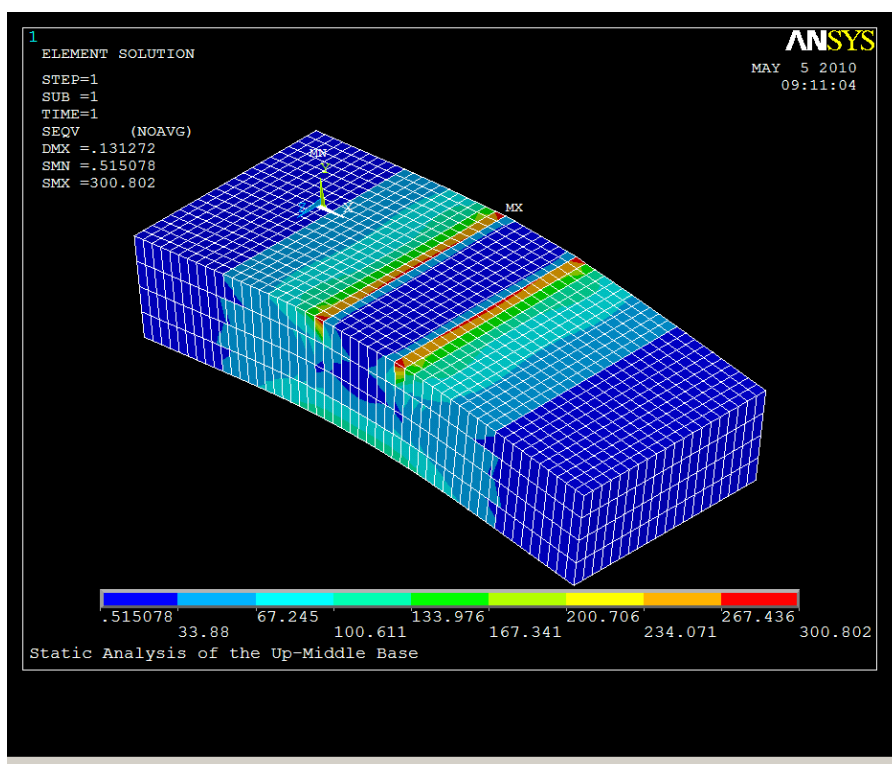
Εικόνα 4.13: Μέγιστο βέλος κάμψης για τη φόρτιση της άνω βάσης και της άνω ενδιάμεσης πλάκας (πάχος 6mm)



Εικόνα 4.14: Μέγιστο βέλος κάμψης για τη φόρτιση της άνω βάσης και της άνω ενδιάμεσης πλάκας (πάχος 10mm)



Εικόνα 4.15: Κατανομή τάσεων Von Mises στο μοντέλο της άνω βάσης και της άνω ενδιάμεσης πλάκας (πάχος 6mm)



Εικόνα 4.16: Κατανομή τάσεων Von Mises στο μοντέλο της άνω βάσης και της άνω ενδιάμεσης πλάκας (πάχος 6mm)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΩΝ ΜΕΡΩΝ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ

5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Στα προηγούμενα κεφάλαια πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητοι υπολογισμοί του καλουπιού (υπολογισμός χάρης, δυνάμεων, κτλ.) και μελετήθηκε η κρίσιμη κατάσταση φόρτισης των εμβόλων, των πείρων οδήγησης και της άνω ενδιάμεσης πλάκας. Στο παρόν κεφάλαιο θα σχεδιαστούν αναλυτικά όλα τα μέρη ενός καλουπιού, λαμβάνοντας υπόψη τους προηγούμενους υπολογισμούς. Η σχεδίαση των διαφόρων εξαρτημάτων και στοιχείων του καλουπιού έγινε με τη βοήθεια του σχεδιαστικού πακέτου παραμετρικής σχεδίασης Dassault Systems CATIA v5R19. Στην επόμενη παράγραφο ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή του CATIA.

5.2 ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ CATIA

Το λογισμικό **Computer Aided Three –dimensional Interactive Application**, εν συντομία CATIA, αποτελεί μια ολοκληρωμένη πλατφόρμα για CAD (Computer Aided Design), CAM (Computer Aided Manufacturing) και CAE (Computer Aided Engineering), εφαρμογές ψηφιακού σχεδιασμού και προσομοίωσης προϊόντων. Αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 70' από την γαλλική εταιρεία Dassault Systems, θυγατρική εταιρεία της Dassault Aviation με αρχικό στόχο την εσωτερική χρήση του από την τελευταία και την δημιουργία του γνωστού μαχητικού Mirage. Το 1981 άρχισε να πωλείται και να διανέμεται από την IBM ενώ το 1984 επιλέχθηκε από την Boeing Company ως το βασικό σχεδιαστικό πρόγραμμα της εταιρείας. Το 1988 δημιουργήθηκε νέα έκδοση λογισμικού το οποίο από τότε συνεχώς αναπτύσσεται και εξελίσσεται. Σήμερα, το CATIA είναι μια πλατφόρμα λογισμικού η οποία αναφέρεται στη διαχείριση πολλαπλών σταδίων του κύκλου ζωής ενός προϊόντος (π.χ. ο τρισδιάστατος σχεδιασμός του, η κατασκευή του, η ανάλυση του και προσομοίωσή του).

Το τελευταίο αποτελεί και ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματά του αφού με αυτόν τον τρόπο δίνει ολοκληρωμένες λύσεις στον οποιοδήποτε χρήση του. Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα είναι το ενιαίο υπόβαθρο πάνω στο οποίο είναι κατασκευασμένο το CATIA με αποτέλεσμα την εύκολη συνεργασία τμημάτων του που εξειδικεύονται σε διαφορετικά στάδια του κύκλου ζωής όπως μηχανολογικού σχεδιασμού, ψηφιακού ελέγχου, εκτέλεσης κατεργασιών, ανάλυσης και

προσομοίωσης κ.λπ. Επίσης, η προσαρμογή του στις εκάστοτε ανάγκες της εφαρμογής μέσω προγραμματιστικών περιβαλλόντων ενσωματωμένων στο λογισμικό (Fortran και C στην έκδοση 4, Visual Basic στην έκδοση 5) καθιστά αποτελεσματικότερη τη χρήση του ενός στο τέλος, η δυνατότητα επανάκτησης πληροφοριών και συμπερασμάτων που έχουν προκύψει από τις προηγούμενες εφαρμογές διευκολύνουν την χρήση του επιταχύνοντας ταυτόχρονα τη συνολική διαδικασία.

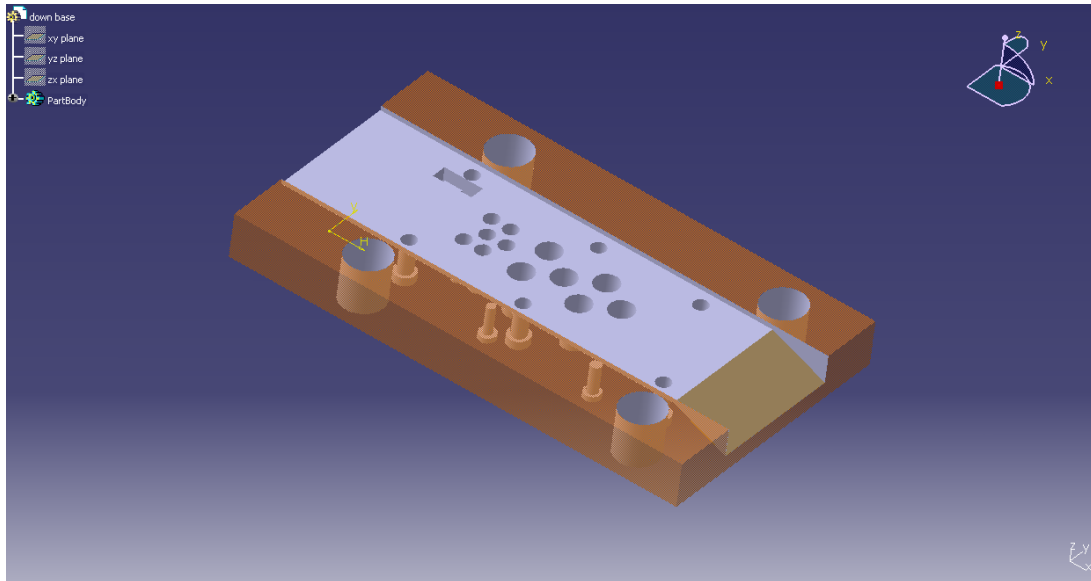
5.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΚΑΤΩ ΒΑΣΗΣ

Η κάτω βάση του καλουπιού θα κατασκευαστεί από απλό χάλυβα με μετρό ελαστικότητας $E=200\text{GPa}$ και όχι χυτοσίδηρο, διότι εμπεριέχει μεγάλες οπές. Στην κάτω βάση θα προσδεθούν τα υπόλοιπα μέρη του καλουπιού και για αυτό θα πρέπει να είναι μια στιβαρή κατασκευή.

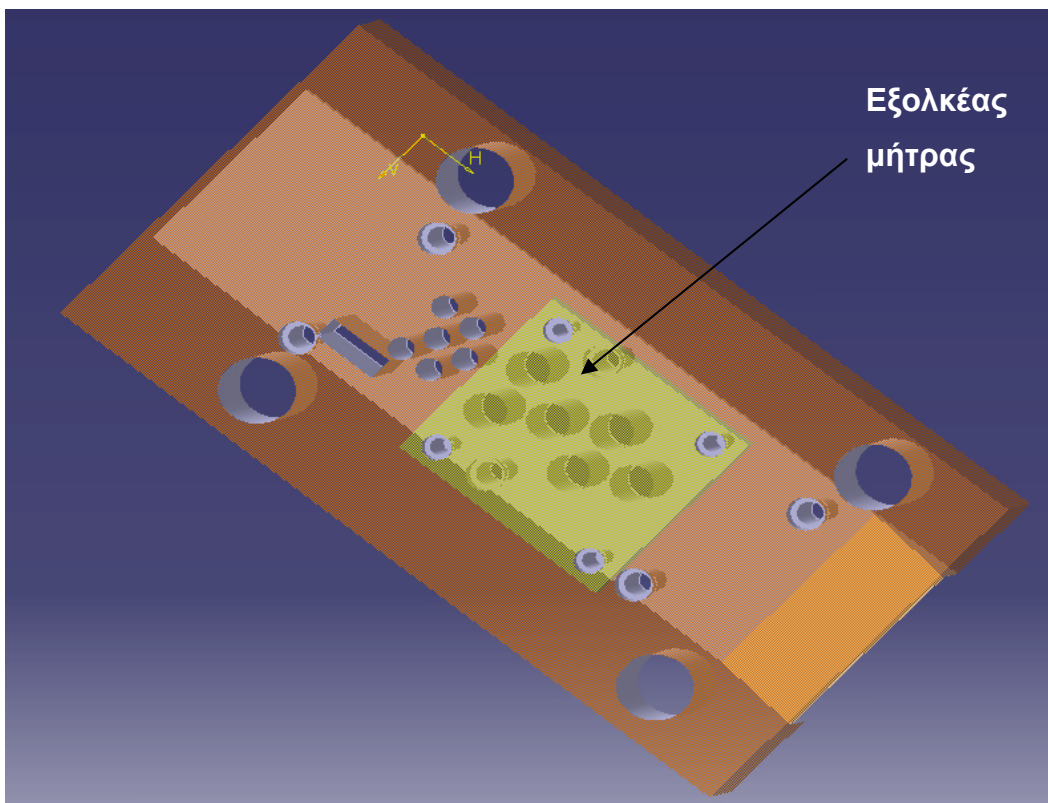
Οι διαστάσεις που επιλέγεται να έχει συνολικά το καλούπι είναι περίπου $320 \times 185\text{mm}$. Η κάτω βάση θα έχει μήκος 320 mm και πλάτος 185 mm , ενώ το πάχος της επιλέγεται στα 48 mm , όπως προκύπτει από την τυποποίηση του Πίνακα 4.1 στο Κεφάλαιο 4.

Στο δεξιό μέρος της κάτω βάσης, (όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 5.1) υπάρχει μια κεκλιμένη εσοχή από την οποία θα απομακρύνονται τα προϊόντα (ροδέλες). Στην βάση αυτή υπάρχουν δώδεκα οπές, από τις οποίες οι έξι είναι για την διάτρηση με διάμετρο $d = 8.02\text{mm}$, και οι άλλες έξι για εκτομή με διάμετρο $D=14\text{mm}$. Εκτός από τις οπές αυτές που υπάρχει και μία εγκοπή ορθογωνικής διατομής με μήκος $H=30.02\text{ mm}$ και πλάτος $d=11.02\text{mm}$ για τον πλαγιοκόπτη. Επίσης υπάρχουν τέσσερις οπές για τους οδηγούς με διάμετρο των οπών $d=32\text{mm}$. Τέλος, υπάρχουν έξι οπές στις οποίες αντιστοιχούν έξι κοχλίες για την πρόσδεση της μήτρας με την κάτω βάση του καλουπιού. Στο κάτω μέρος της βάσης είναι προσκολλημένος ο εξολκέας της μήτρας (εικόνα 5.1.α), ο οποίος αποτελείται από έξι έμβολα (εικόνα 5.1.β), τα οποία με τη βοήθεια έξι ελατηρίων, πιέζουν το προϊόν και το σπρώχνουν να εξέλθει από τον κοπτικό δακτύλιο και να κατευθυνθεί προς το κεκλιμένο τμήμα της κάτω βάσης.

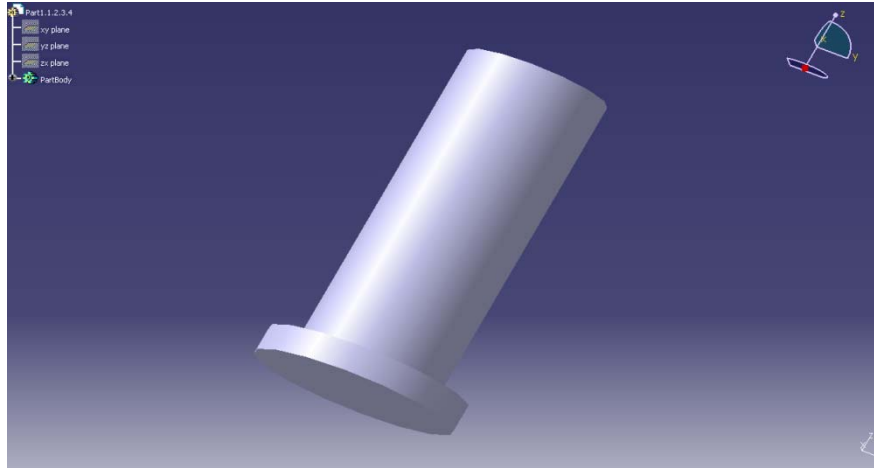
Για το σχεδιασμό της κάτω βάσης χρησιμοποιήθηκε η εντολή Part Design, ενώ η κάθε οπή δημιουργήθηκε με την εντολή Insert hole.



Εικόνα 5.1: Κάτω βάση



Εικόνα 5.1.α: Εξολκέας μήτρας




Εικόνα 5.1.β: Έμβολα του εξολκέα της μήτρας

5.4 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΜΗΤΡΑΣ

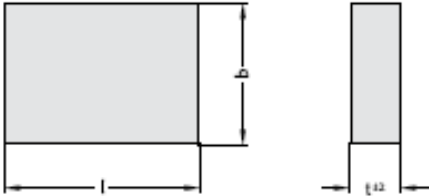
Η μήτρα του καλουπιού θα κατασκευαστεί από χάλυβα εργαλείων με μέτρο ελαστικότητας $E = 210\text{GPa}$. Η πλάκα της μήτρας θα έχει διάστασεις $230 \times 95\text{mm}$ ώστε να «χωρά» το περίγραμμα κοπής, δηλαδή θα είναι πιο μικρή από την κάτω βάση. Το πάχος της πλάκας αυτής επιλέγεται στα 35mm , έτσι όπως προέκυψε από τους πίνακες τυποποίησης της εταιρίας FIBRO (Πίνακας 5.1). Από το συγκεκριμένο πίνακα προκύπτει το πάχος της πλάκας της μήτρας ίσο προς 32mm , οπότε επιλέγεται στα 35mm , έτσι ώστε να προσδώσει περισσότερη στιβαρότητα. Στην μήτρα υπάρχουν 12 οπές, από τις οποίες οι έξι είναι διάτρησης με διάμετρο $d=8.02\text{mm}$ και άλλες έξι εκτομής με διάμετρο $D = 14\text{mm}$. Επίσης υπάρχει και μια ορθογωνική εγκοπή για τον πλαγιοκόπτη με μήκος $H = 30.02\text{mm}$ και $d = 11.02\text{mm}$. Στις έξι από τις δώδεκα οπές, δηλαδή σε αυτές που αντιστοιχούν στις διατρήσεις, θα πρέπει να δώσουμε μία κωνικότητα προς τα κάτω που σκοπό θα έχει την εύκολη απομάκρυνση του απόβλητου. Στις έξι οπές όπου γίνεται η εκτομή δεν χρειάζεται να δώσουμε αυτή την κλίση, αφού θα χρησιμοποιήσουμε εξολκέα μήτρας. Στο παρακάτω σχέδιο 5.2 φαίνεται η κωνικότητα και το μήκος h του πρισματικού μέρους.

Steel plate to ISO 6753-1

2900.



2900.



Execution:
External contours milled, thickness surfaces ground

Note:

l or b ≤ 630 = $\begin{matrix} +0,4 \\ +0,2 \end{matrix}$

l or b > 630 = $\begin{matrix} +0,6 \\ +0,2 \end{matrix}$

Bolsters larger than 500 X 500 mm are manufactured with a lifting thread.

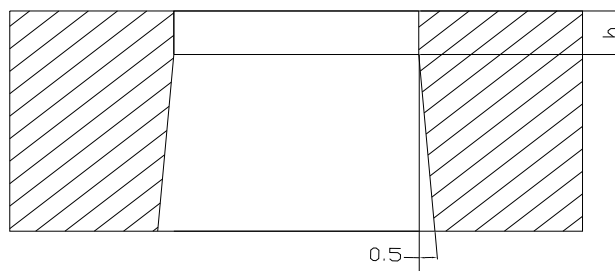
Ordering Code (example):

Steel plate	=	2900
length 400 mm	=	.40
width 400 mm	=	40
thickness 32 mm	=	.32
Order No	=	2900.4040.32

2900.

Order No	Size l x b x t	Order No	Size l x b x t	Order No	Size l x b x t
2900.1608.25	160 x 80 x 25	2900.4020.50	400 x 200 x 50	2900.7163.32	710 x 630 x 32
2900.1608.32	160 x 80 x 32	2900.4025.32	400 x 250 x 32	2900.7163.40	710 x 630 x 40
2900.1610.25	160 x 100 x 25	2900.4025.40	400 x 250 x 40	2900.7163.50	710 x 630 x 50
2900.1610.32	160 x 100 x 32	2900.4025.50	400 x 250 x 50	2900.7163.63	710 x 630 x 63
2900.1612.25	160 x 125 x 25	2900.4031.32	400 x 315 x 32	2900.8040.32	800 x 400 x 32
2900.1612.32	160 x 125 x 32	2900.4031.40	400 x 315 x 40	2900.8040.40	800 x 400 x 40
2900.1616.25	160 x 160 x 25	2900.4031.50	400 x 315 x 50	2900.8040.50	800 x 400 x 50
2900.1616.32	160 x 160 x 32	2900.4040.32	400 x 400 x 32	2900.8040.63	800 x 400 x 63
2900.2010.25	200 x 100 x 25	2900.4040.40	400 x 400 x 40	2900.8050.32	800 x 500 x 32
2900.2010.32	200 x 100 x 32	2900.4040.50	400 x 400 x 50	2900.8050.40	800 x 500 x 40
2900.2010.40	200 x 100 x 40	2900.5025.32	500 x 250 x 32	2900.8050.50	800 x 500 x 50
2900.2012.25	200 x 125 x 25	2900.5025.40	500 x 250 x 40	2900.8050.63	800 x 500 x 63
2900.2012.32	200 x 125 x 32	2900.5025.50	500 x 250 x 50	2900.8063.32	800 x 630 x 32
2900.2012.40	200 x 125 x 40	2900.5031.32	500 x 315 x 32	2900.8063.40	800 x 630 x 40
2900.2016.25	200 x 160 x 25	2900.5031.40	500 x 315 x 40	2900.8063.50	800 x 630 x 50
2900.2016.32	200 x 160 x 32	2900.5031.50	500 x 315 x 50	2900.8063.63	800 x 630 x 63
2900.2016.40	200 x 160 x 40	2900.5040.32	500 x 400 x 32		
2900.2020.25	200 x 200 x 25	2900.5040.40	500 x 400 x 40		
2900.2020.32	200 x 200 x 32	2900.5040.50	500 x 400 x 50		
2900.2020.40	200 x 200 x 40	2900.5050.32	500 x 500 x 32		
2900.2512.25	250 x 125 x 25	2900.5050.40	500 x 500 x 40		
2900.2512.32	250 x 125 x 32	2900.5050.50	500 x 500 x 50		
2900.2512.40	250 x 125 x 40	2900.6331.32	630 x 315 x 32		
2900.2516.25	250 x 160 x 25	2900.6331.40	630 x 315 x 40		
2900.2516.32	250 x 160 x 32	2900.6331.50	630 x 315 x 50		
2900.2516.40	250 x 160 x 40	2900.6331.63	630 x 315 x 63		
2900.2520.25	250 x 200 x 25	2900.6340.32	630 x 400 x 32		
2900.2520.32	250 x 200 x 32	2900.6340.40	630 x 400 x 40		

Πίνακας 5.1 : Επιλογή πάχους μήτρας καλουπιού.



Σχέδιο 5.2: Κωνικότητα του πρισματικού μέρους

Την κωνικότητα α και το μήκος h το βρίσκουμε με την βοήθεια των παρακάτω πινάκων 5.2(α) και (β), σε σχέση με το πάχος s της λαμαρίνας.

Πίνακας 5.2(α): Κωνικότητα α σε σχέση με το πάχος s

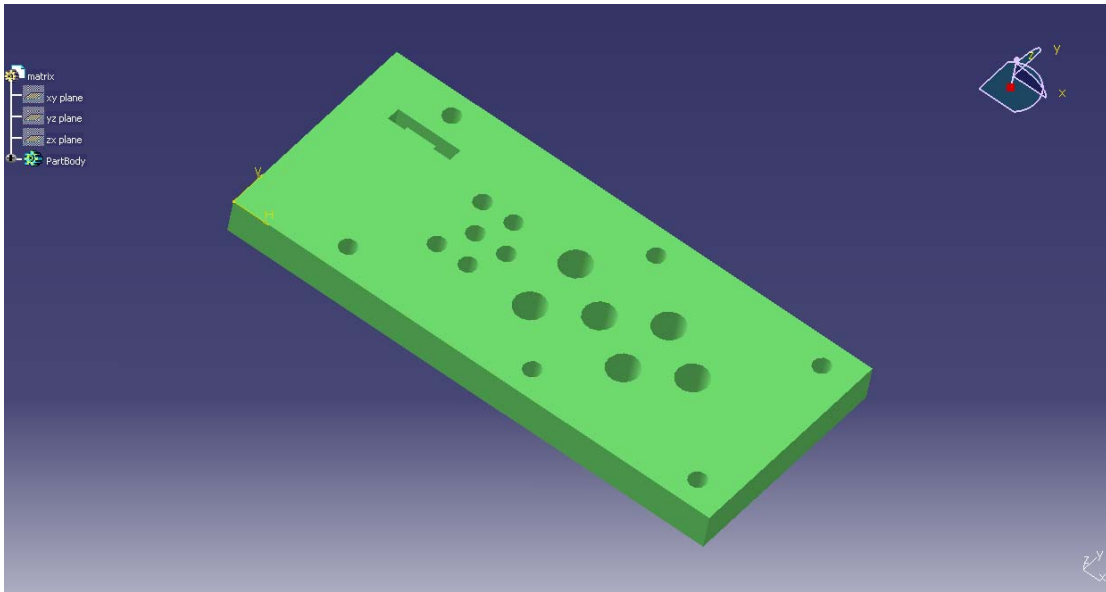
Πάχος S σε (mm)	$\alpha(^{\circ})$
Έως 1,5	$\frac{1}{2}$
Από 1,6 – 2,5	$\frac{3}{4}$
Από 2,6 – 8	1

Πίνακας 5.2(β): Μήκος h σε σχέση με το πάχος s

Πάχος ελάσματος (mm)	H(mm)
Έως 1	3...4
1...3	5...6
3...10	8...10

Με βάση τους πίνακες και το πάχος της λαμαρίνας, όπου $s=0.5\text{mm}$, βρίσκουμε ότι η γωνία α θα είναι της τάξης της 0.5° και το πρισματικό μέρος $h=3\text{mm}$. Τέλος υπάρχουν έξι οπές μέσα στις οποίες θα εισέλθουν οι κοχλίες, ώστε να προσδεθεί η μήτρα στην κάτω βάση. Οι κοχλίες θα εισέρχονται με φορά από την κάτω βάση προς την μήτρα, γι' αυτό και η πατούρα για να εισέλθει ο κοχλίας έχει σχεδιαστεί στην κάτω βάση και όχι στη μήτρα.

Για το σχεδιασμό της μήτρας χρησιμοποιήθηκε η εντολή Part Design, ενώ η κάθε οπή δημιουργήθηκε με την εντολή Insert hole (εικόνα 5.3)



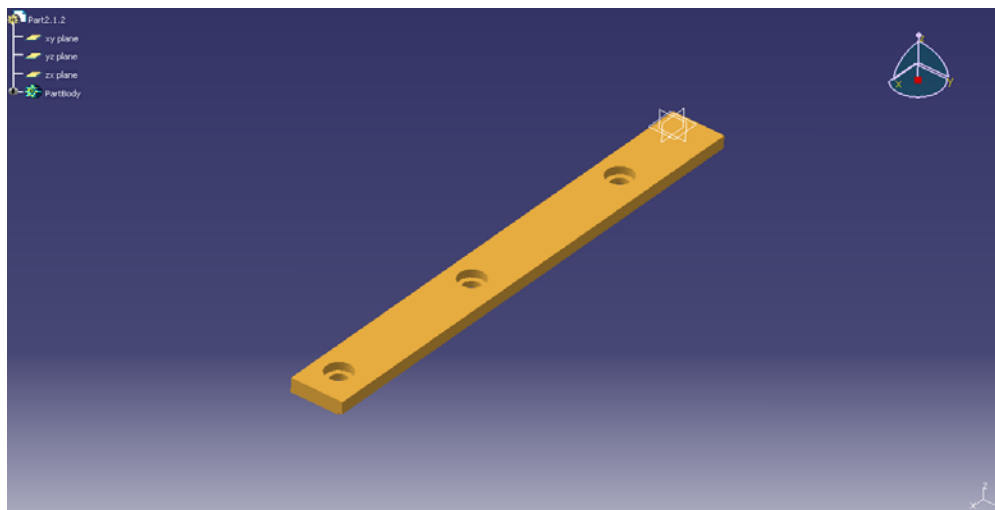
Εικόνα 5.3: Μήτρα καλουπιού

5.5 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΟΔΗΓΗΣΗΣ ΤΗΣ ΛΑΜΡΙΝΑΣ

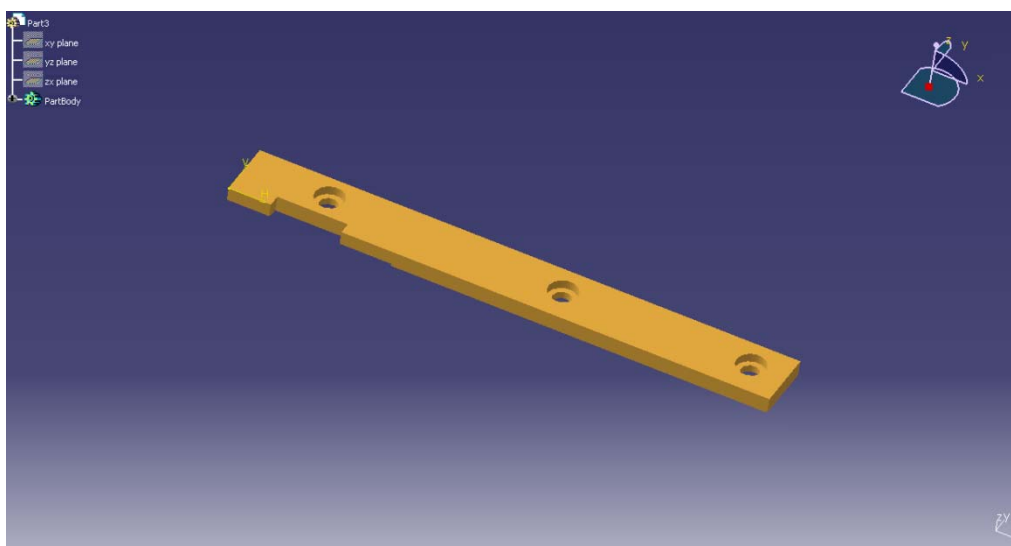
Όταν η τροφοδοσία της λαμαρίνας γίνεται αυτόματα χρησιμοποιώντας ρολό λαμαρίνας και όχι χειροκίνητα, τότε θα πρέπει να υπάρχει ένας μηχανισμός, μέσω του οποίου να οδηγείται η λαμαρίνα με ακρίβεια μέσα στο καλούπι και να μην υπάρχει κίνδυνος να μετατοπιστεί σε άλλη θέση. Για το λόγο αυτό, σχεδιάστηκαν δύο λεπτά χαλύβδινα ελάσματα, τα οποία θα βιδωθούν πάνω στη μήτρα σε συγκεκριμένη θέση και απόσταση μεταξύ τους τόση, όσο είναι το πλάτος της λαμαρίνας, προσθέτοντας μια μικρή ανοχή των 0.1mm από κάθε πλευρά.

Τα στοιχεία αυτά φέρουν οπές (εικόνα 5.4, 5.5) με σπείρωμα, στις οποίες θα βιδωθούν οι κοχλίες συνένωσης. Επίσης, το έλασμα του εικόνα 5.5 έχει και μια επιπλέον εγκοπή. Αυτή αντιστοιχεί στον πλαγιοκόπτη, ο οποίος θα διέρχεται από αυτό το στοιχείο του καλουπιού.

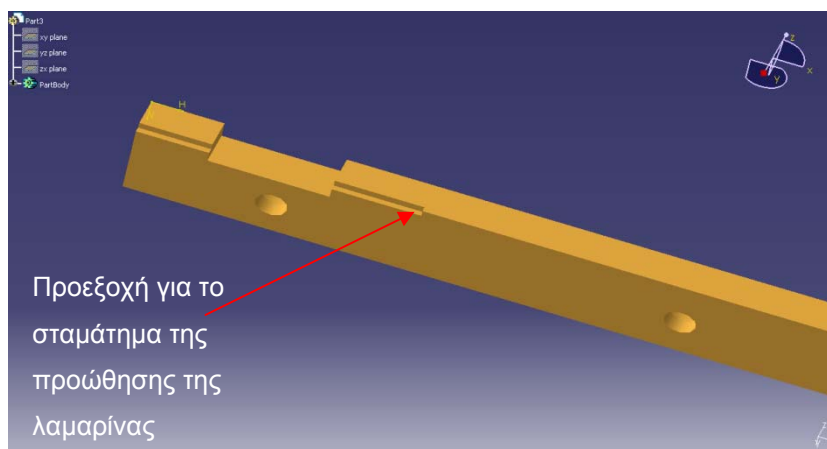
Το μήκος των πλακών οδήγησης για τη λαμαρίνα είναι όσο το μήκος της μήτρας, αφού στην ουσία αποτελούν μέρος αυτής. Έτσι θα έχουν πλάτος 230mm, πάχος 15mm και πλάτος 25.1mm η κάθε μία, έτσι ώστε να «χωρά» να διέρχεται η λαμαρίνα.



Εικόνα 5.4: Οδηγός τροφοδοσίας



(α)

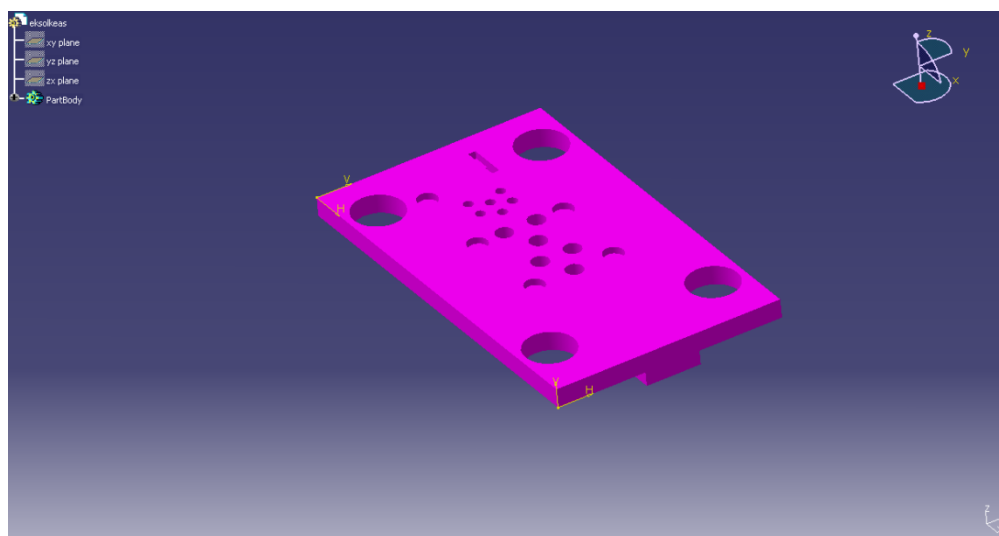


(β)

Εικόνα 5.5: (α) Οδηγός τροφοδοσίας με εγκοπή για τον πλαγιοκόπτη και, (β) stopping της λαμαρίνας

5.6 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΕΞΟΛΚΕΑ ΕΜΒΟΛΩΝ

Ο εξολκέας των εμβόλων είναι κατασκευασμένος από απλό χάλυβα με μέτρο ελαστικότητας $E = 200\text{GPa}$. Ο εξολκέας, λόγω του ότι ταυτόχρονα θα δρα και ως οδηγός των εμβόλων, θα πρέπει να είναι αρκετά στιβαρός. Επιπλέον, οι πείροι ολίσθησης θα πρέπει να διέρχονται από την πλάκα του εξολκέα (οι πείροι στερεώνονται στην κάτω βάση), συνεπώς η πλάκα αυτή θα πρέπει να φέρει οπές για τη στερέωση των δακτυλίων ολίσθησης, μέσα στους οποίους θα ολισθαίνουν οι πείροι. Έτσι, η πλάκα του εξολκέα θα κατασκευαστεί με τις ίδιες διαστάσεις όπως και η κάτω βάση, δηλαδή $320 \times 185\text{mm}$ και πάχος 20mm , όπως προκύπτει από τον Πίνακα τυποποίησης 4.1 του κεφαλαίου 4. Επίσης, η πλάκα φέρει στο κάτω μέρος της μια ορθογωνική γεωμετρία, η οποία τοποθετείται ακριβώς στο διάκενο που αφήνεται ανάμεσα στις δύο πλάκες οδήγησης της λαμαρίνας. Σκοπός αυτής της γεωμετρίας είναι να μην διπλώσει η λαμαρίνα κατά την είσοδό της στο καλούπι. Δεν ασκεί κάποια πίεση στη λαμαρίνα, απλά την προστατεύει. Το πάχος αυτής της γεωμετρίας είναι 15mm , ενώ το μήκος και το πλάτος της είναι $320 \times 44.6\text{mm}$. Στον εξολκέα, όπως παρατηρούμε στο παρακάτω σχέδιο υπάρχουν τέσσερις οπές διαμέτρου 60mm , μέσα στις οποίες τοποθετούνται δακτύλιοι ολίσθησης, που μέσα από αυτούς εισέρχονται οι πείροι οδήγησης, που προσφέρουν στιβαρότητα, σταθερότητα και συμμετρία κατά την κίνηση του καλουπιού. Επίσης υπάρχουν πέντε οπές, όπου θα τοποθετηθούν τα ελατήρια, για να εξασφαλιστεί η πραγματοποίηση της εξόλκευσης. Τέλος υπάρχουν δώδεκα οπές, έξι οπές με διάμετρο $d = 8\text{mm}$ για τα έμβολα διάτρησης και άλλες έξι με διάμετρο $D = 14\text{mm}$ για τα έμβολα εκτομής, καθώς και μια ορθογωνική εγκοπή με διαστάσεις: μήκος $H=30\text{mm}$ και πλάτος $d=11\text{mm}$ για το έμβολο του πλαγιοκόπτη (εικόνα 5.6). Η πλάκα του εξολκέα δρα ταυτόχρονα και ως οδηγός των εμβόλων, πράγμα που σημαίνει ότι τα έμβολα, κατά την παλινδρομική κίνησή τους, δεν θα εξέλθουν ποτέ από τις 12 οπές που τους αντιστοιχούν.



Εικόνα 5.6: Εξολκέας εμβόλων

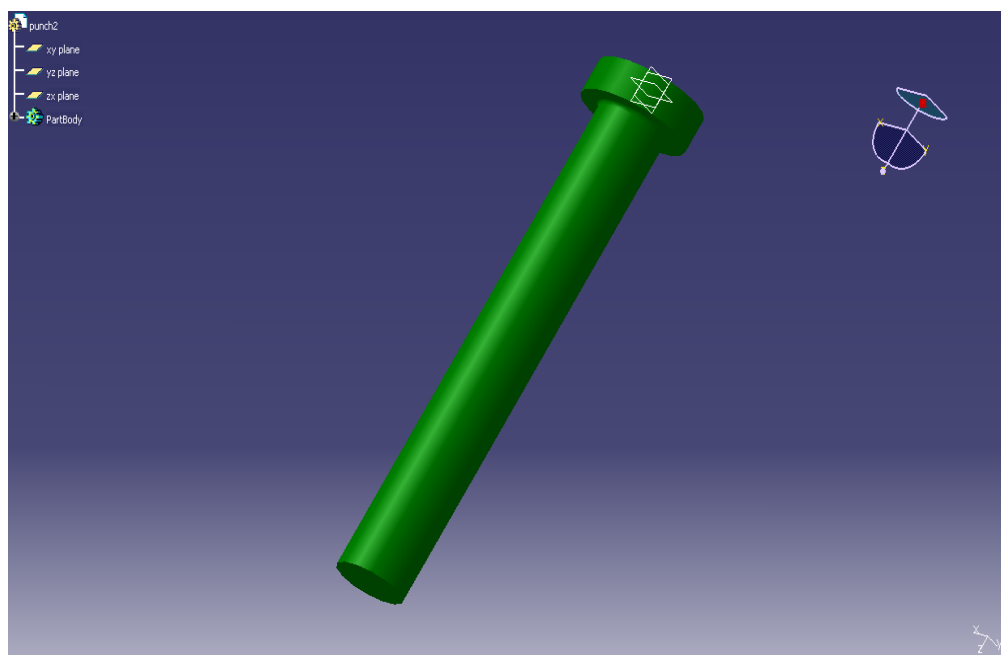
5.7 ΕΜΒΟΛΑ

Το υλικό κατασκευής των εμβόλων είναι χάλυβας εργαλείων (βαμμένος χάλυβας), για να αντέχουν τις μεγάλες δυνάμεις που αναπτύσσονται και να φθείρονται δυσκολότερα.

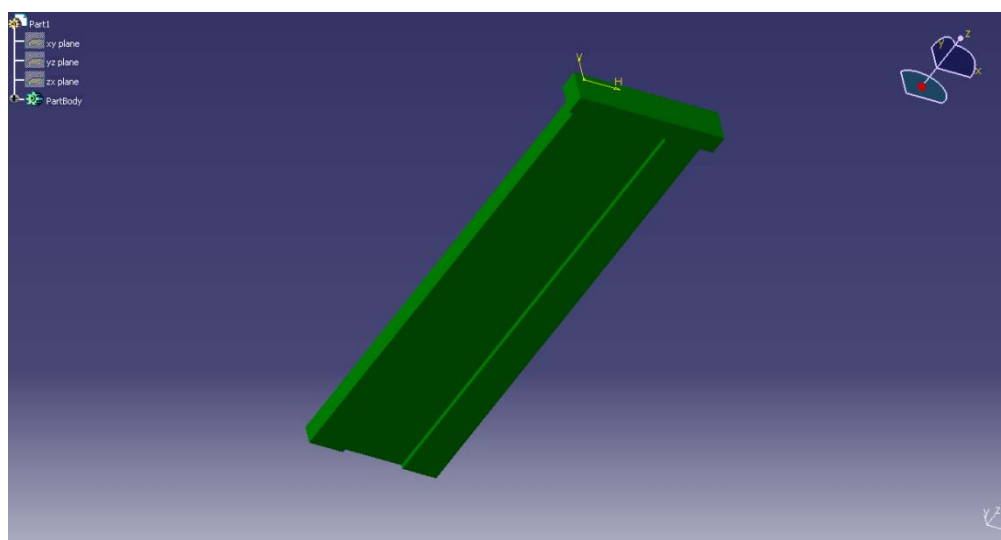
Το καλούπι που σχεδιάζουμε περιλαμβάνει έξι έμβολα διάτρησης διαμέτρου 8mm (εικόνα 5.7), έξι έμβολα εκτομής διαμέτρου 13.98mm (εικόνα 5.8) και ένα έμβολο ορθογωνικής διατομής 30x11 mm για την πλαγιοκοπή (εικόνα 5.9). Στα σχέδια φαίνεται η πατούρα των εμβόλων, με τη βοήθεια της οποίας θα γίνει η στήριξη των εμβόλων.



Εικόνα 5.7: Έμβολο διάτρησης




Εικόνα 5.8: Έμβολο εκτομής



Εικόνα 5.9: Έμβολο πλαγιοκόπτη

Από τον τυποποιημένο κατάλογο της FIBRO επιλεγούμε τα έμβολα που θα χρησιμοποιήσουμε για την κατασκευή του καλουπιού μας. Στον παρακάτω πίνακα 5.3 που ακολουθεί βλέπουμε την επιλογή μας.

Πίνακας 5.3: Τυποποιημένος κατάλογος της FIBRO όπου επιλεγούμε τα έμβολα που θα χρησιμοποιήσουμε για την κατασκευή του καλουπιού μας.



237.8.

Präzisions-Auswerferstifte, nitriert,
DIN 1530 Form A

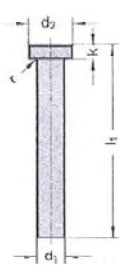
Werkstoff:
NWA
Bestell-Nr.: 237.8.
Härte: Schaft* ≥ 950 HV 0,3
Kopf 45 ± 5 HRc
Kernzugfestigkeit: ~ 1500 N/mm²

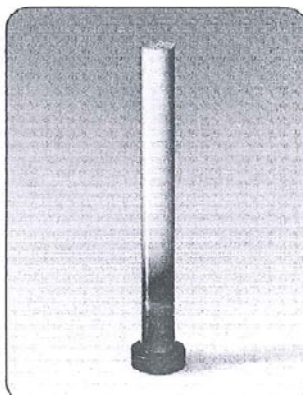
Ausführung:
Form A
Schaft feinstgeschliffen, nitriert.
Kopf warmgestaucht

* Die Härteprüfung am Schaft ist wegen der Nitrierschicht nur nach Vickers mit einer Prüflast von max. 3 N vorzunehmen.

Werkstoff-Beschreibung und andere Werkstoffe, siehe Seite ε 6 - ε 7.

237.8.





237.8.

d ₁ g8	d ₂ -0,2	K - 0,05	r	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
2	4	2	0,2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2,2				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2,5	5		0,3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
2,7				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3	6	3		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3,2				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3,5	7			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
3,7				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4	8			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4,2				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4,5				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5	10			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5,2				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
5,5				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
6	12	5	0,5	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
6,2				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
6,5				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
7	14			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
8,2				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
8,5				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
9				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
10	16			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
10,2				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
10,5				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
11				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12	20	7	0,8	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12,2				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
12,5	18			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
14	22			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
16				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
18	24			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
20	26	8	1,0	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
25	32	10		●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
32	40			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

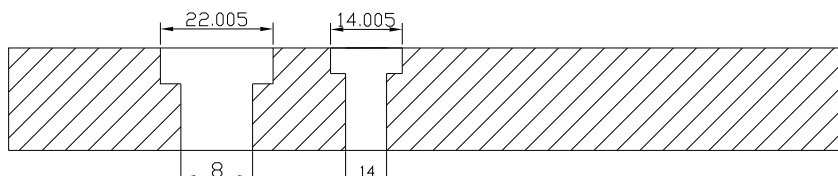
Bestell-Bispiel:

Auswerferstift = 237.
Werkstoff NWA = 8.
d₁ - Ø 2,50 mm = 0250.
l₁ - 160 mm = 160
Bestell-Nummer = 237.8.0250.160

2-2000 7
Änderungen vorbehalten
ε 35

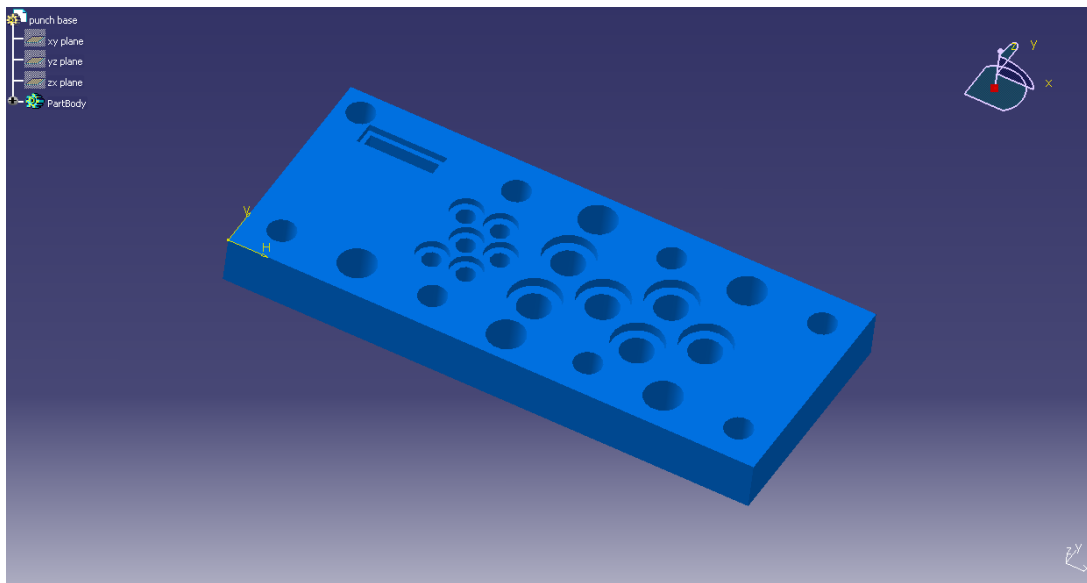
5.8 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΛΑΚΑΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΩΝ ΕΜΒΟΛΩΝ

Η πλάκα στήριξης των εμβόλων είναι κατασκευασμένη από απλό χάλυβα με μέτρο ελαστικότητας $E=200\text{GPa}$. Η πλάκα αυτή στο μόνο που χρησιμεύει είναι να στερεώνονται τα έμβολα, δεν φέρει κάποιες δυνάμεις. Παρόλα αυτά, πρέπει να είναι στιβαρή, για να αντέχει συνολικά το καλούπι. Οι διαστάσεις της πλάκας αυτής επιλέγονται ως $230 \times 95\text{mm}$ και πάχος 20mm , έτσι όπως προκύπτει από την τυποποίηση της εταιρίας FIBRO. Στην πλάκα στήριξης των εμβόλων όπως μπορούμε και διακρίνουμε από το παρακάτω σχέδιο υπάρχουν δώδεκα οπές, από τις οποίες στις έξι πρώτες συγκρατούνται τα έξι έμβολα διάτρησης με διάμετρο $d=8\text{mm}$. Και στις άλλες έξι οπές συγκρατούνται τα υπόλοιπα έμβολα εκτομής με διάμετρο $D=13.98\text{mm}$. Επίσης στις δώδεκα αυτές οπές υπάρχουν δώδεκα εξωτερικές διαμέτροι υποδοχής κεφαλής του κοχλίου. Ακόμα υπάρχει και μια ορθογωνική διατομής εγκοπή για την συγκράτηση του πλαγιοκόπτη. Στο παρακάτω σκαρίφημα (σχήμα 5.10) φαίνονται πιο αναλυτικά οι διαμέτροι και οι υποδοχές των εμβόλων. Στις εξωτερικές διαμέτρος υποδοχής κεφαλής του κοχλίου προσθέσαμε και την ανοχή $A=0.005\text{mm}$.



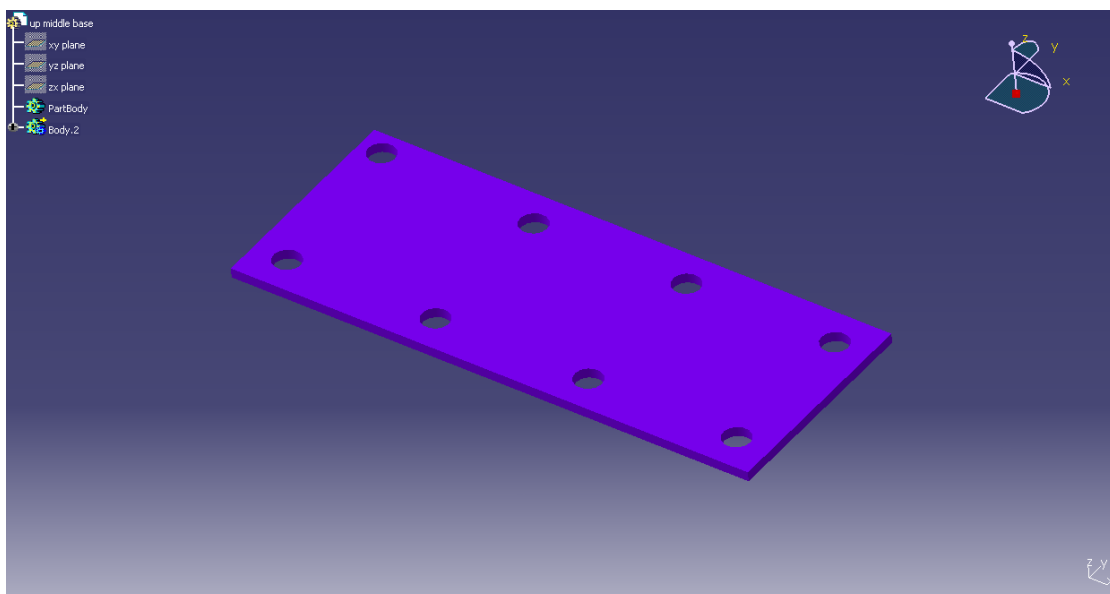
Σχήμα 5.10: Ορθογωνικής διατομής εγκοπή για την συγκράτηση του πλαγιοκόπτη

Επίσης στην πλάκα αυτή όπως φαίνεται στο παρακάτω εικόνα 5.11 μπορούμε να διακρίνουμε πέντε οπές στις οποίες θα τοποθετηθούν τα ελατήρια ώστε να εξασφαλιστεί η πραγματοποίηση της εξόλκευσης. Τέλος υπάρχουν έξι οπές μέσα από τις οποίες θα εφαρμόζουν κοχλίες για την συναρμολόγηση της πλάκας αυτής με την άνω πλάκα του καλουπιού.



Εικόνα 5.11: Πλάκα στήριξης εμβόλων

5.9 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΩ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗΣ ΠΛΑΚΑΣ



Εικόνα 5.12: Άνω ενδιάμεση πλάκα

Στο παραπάνω εικόνα 5.12 φαίνεται η άνω ενδιάμεση πλάκα. Το υλικό κατασκευής των εμβόλων είναι χάλυβας εργαλείων με μέτρο ελαστικότητας $E = 210\text{GPa}$. Η άνω ενδιάμεση πλάκα θα έχει το ίδιο μήκος και πλάτος με την πλάκα

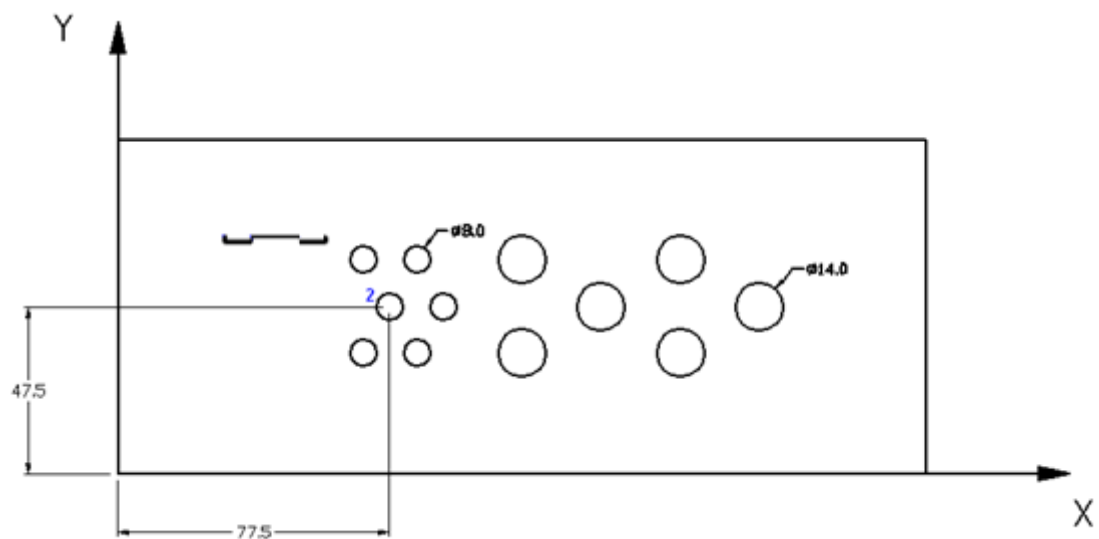
στήριξης των εμβόλων, δηλαδή 230x95mm, ενώ το πάχος της έχει επιλεγεί στα 10mm, σύμφωνα με την ανάλυση του προηγούμενου κεφαλαίου.

5.10 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΑΝΩ ΒΑΣΗΣ

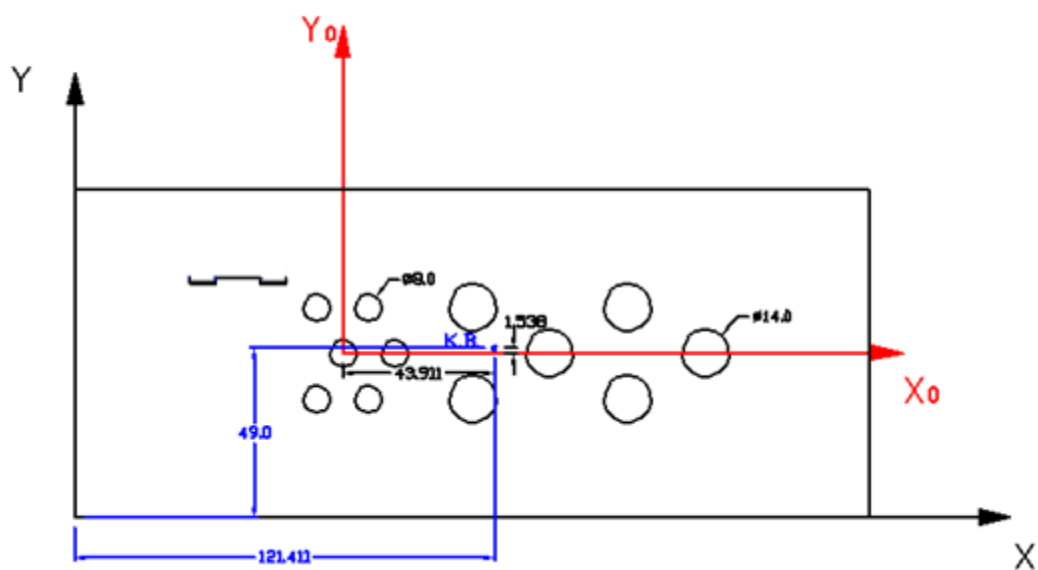
Στο παρακάτω εικόνα 5.15 φαίνεται η άνω πλάκα βάση του καλουπιού. Η άνω πλάκα βάση θα κατασκευαστεί με απλό χάλυβα με μέτρο ελαστικότητας $E = 200\text{GPa}$. Η άνω βάση του καλουπιού θα έχει το ίδιο μήκος και πλάτος με την πλάκα στήριξης των εμβόλων, δηλαδή 230x95mm, ενώ το πάχος της έχει επιλεγεί στα 28mm, για να είναι στιβαρή. Στην άνω πλάκα μπορούμε να διακρίνουμε οκτώ οπές με σπείρωμα περιμετρικά στη βάση στις οποίες θα βιδωθούν κοχλίες, ώστε να συνδέσουν την πλάκα αυτή με την άνω ενδιάμεση πλάκα καθώς και με την πλάκα στήριξης εμβόλων. Επίσης υπάρχει μία οπή σε υπολογισμένο σημείο επάνω στην πλάκα όπου διέρχεται ο πείρος συγκράτησης. Το σημείο αυτό είναι το σημείο του κέντρο βάρους (Κ.Β.) της συνισταμένης των δυνάμεων κοπής και έχει συντεταγμένες $(X_0, Y_0) = (43.911, 1.538)$ από το σημείο αρχής των αξόνων X_0Y_0 , έτσι όπως αυτό ορίστηκε στο κεφάλαιο 3 (σχήμα 5.13). Το περίγραμμα κοπής είναι τοποθετημένο σε συγκεκριμένο σημείο και κεντραρισμένο πάνω στη βάση στήριξης των εμβόλων του καλουπιού, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 5.13 και, συνεπώς κατ' αντιστοιχία, πάνω στην άνω βάση του καλουπιού, αφού έχει τις ίδιες διαστάσεις με τη βάση στήριξης των εμβόλων. Οι αποστάσεις της οπής No. 2 (και κατά συνέπεια του αρχικού συστήματος X_0Y_0) από την αρχή των αξόνων, έτσι όπως έχει οριστεί στο σχήμα 5.13, είναι 77.5mm από τον άξονα Y και 47.5mm από τον άξονα X . Άρα, το κέντρο βάρους, βάσει του νέου συστήματος συντεταγμένων XY , θα έχει συντεταγμένες (σχήμα 5.14):

$$(X_{κβ}, Y_{κβ}) = (121.411, 49)$$

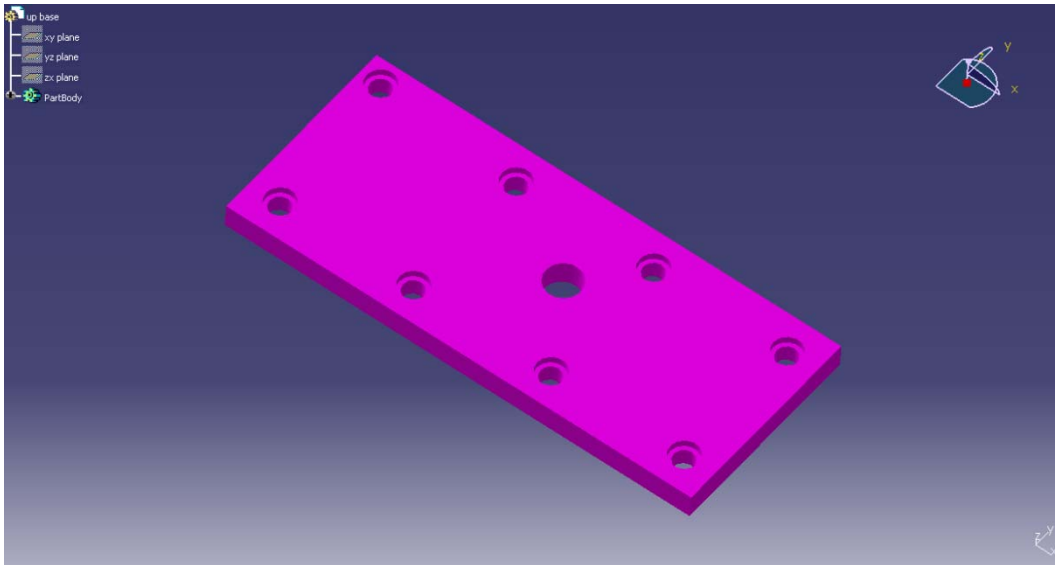
Επομένως, η οπή που πρέπει να δημιουργηθεί πάνω στην άνω βάση πρέπει να έχει κέντρο με τις ανωτέρω συντεταγμένες.



Σχήμα 5.13: Θέση περιγράμματος κοπής πάνω στην άνω βάση



Σχήμα 5.14: Θέση του κέντρου βάρους πάνω στην άνω βάση

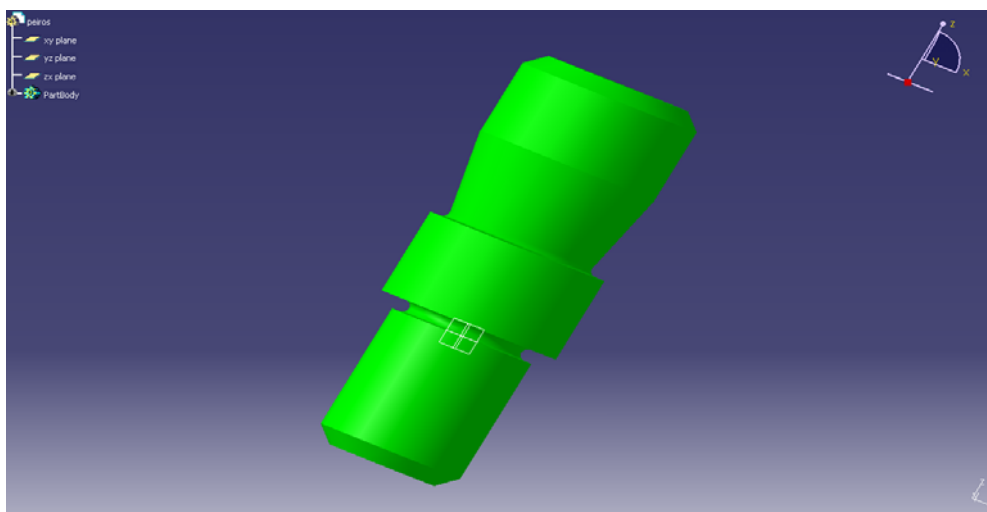


Εικόνα 5.15: Άνω πλάκα βάσης

5.11 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΕΙΡΟΥ ΣΥΓΡΑΤΗΣΕΩΣ

Το μέσο στερέωσης του κινητού μέρους του καλουπιού με την πρέσα είναι ο πείρος στερέωσης. Πρέπει, λοιπόν, να εξασφαλίσουμε την καλή στερέωση του πείρου. Μπορούμε να εξασφαλίσουμε μια τέτοια στερέωση με κοχλίωση, ήλωση ή συγκόλληση. Οι πρέσες έχουν ειδικό σφιγκτήρα (κινητή σιαγόνα), που σκοπό έχει την αφαίρεση του επάνω μέρους του καλουπιού από την κεφαλή με οριζόντια κίνηση, που μας επιτρέπει να εκμεταλλευόμαστε όλο το διαθέσιμο άνοιγμα της πρέσας. Ο πείρος στερεώνεται στην κεφαλή με ένα κοχλία και με μια κατάλληλη εγκοπή (γωνία 15° ως προς την κατακόρυφο) εξασφαλίζεται και έναντι περιστροφής.

Ο πείρος που σχεδιάστηκε φαίνεται στο εικόνα 5.14.



Εικόνα 5.14: Πείρος συγκράτησης

5.12 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΟΔΗΓΩΝ – ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

Η επιλογή του πείρου οδήγησης συνίσταται στην επιλογή του αριθμού των πείρων που θα τοποθετηθούν, τη διάμετρο του κάθε πείρου και το μήκος του. Στο καλούπι θα χρησιμοποιηθούν τέσσερις πείροι, όπως έχουμε ήδη αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο, οι οποίοι θα τοποθετηθούν στις τέσσερις γωνίες του καλουπιού, με σκοπό να προσφέρουν στιβαρότητα, σταθερότητα και συμμετρία κατά την κίνηση του καλουπιού. Η διάμετρος των πείρων επιλέγεται βάσει του συνολικού εμβαδού του καλουπιού (400x200 mm) που δίνεται από την εταιρία FIBRO (πίνακας 5.4) να είναι 32 mm. Το μήκος των πείρων θα πρέπει να ισούται με το συνολικό ύψος του καλουπιού, όταν αυτό είναι κλειστό. Στη δική μας περίπτωση, οι πείροι θα διέρχονται από την κάτω βάση, όπου και θα στηρίζονται και από τον εξολκέα – οδηγό των εμβόλων, από τον οποίο θα προεξέχουν, προκειμένου να γίνεται σωστά η ολίσθηση και να μην ξεπεράσει η διαδρομή του άνω μέρους του καλουπιού το ελεύθερο μήκος των πείρων. Συνεπώς, το μήκος των πείρων θα πρέπει να είναι τουλάχιστον ίσο με:

$$L = B + M + E \quad (5.1)$$

όπου:



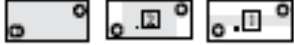

B: ύψος κάτω βάσης

M: ύψος μήτρας

E: ύψος εξολκέα


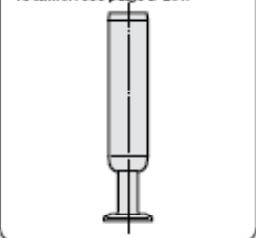
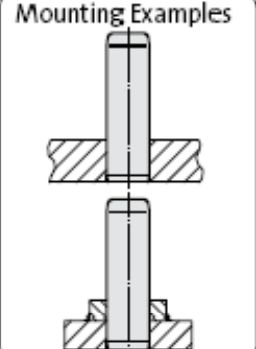
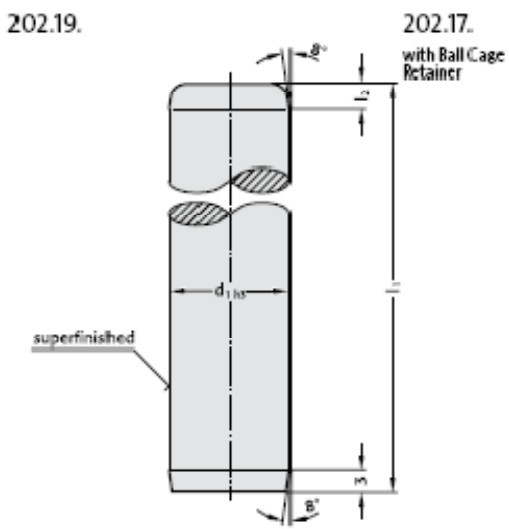
$$\text{Άρα: } L = 48 + 35 + 35 = 118 \text{ mm} \quad (5.1)$$

Πίνακας 5.4: Η διάμετρος των πείρων επιλέγεται βάσει του συνολικού εμβαδού του καλουπιού (400x200 mm) από την εταιρία FIBRO

Standard All-Steel Die Sets similar DIN 9868/ISO 11415 with stripper		2010.45. 2010.46. 2010.49.	
Typ	2010.45.		
	2010.46.		
Order No	2010.49.		
Part. I	II, III, IV, V		
Type	Size	P* type	Guides
			ext. dims. work area work area
			a ₁ × b ₁ a ₂ × b ₂ a ₃ × a ₄
			c ₁ c ₂ c ₃ c ₄ c ₅ d ₁ /d ₂ × l D ϕ ₁ ϕ ₂ ϕ ₃
2010.	.1606.1.		160 × 80 60 × 80 -- 32 32 25 12 12 19/20 × 180 39 190 -- --
	.1610.1.		160 × 100 60 × 100 -- 32 32 25 12 12 19/20 × 180 39 190 -- --
	.1612.1.		160 × 125 60 × 125 -- 32 32 25 12 12 19/20 × 180 39 190 -- --
	.1616.1.		160 × 160 60 × 160 160 × 60 32 32 25 12 12 19/20 × 180 39 160 160 160
2010.	.2010.1.		200 × 100 70 × 100 -- 40 40 25 25 12 24/25 × 200 46 120 -- --
	.2010.2.		40 32
	.2010.3.		32 40
	.2010.4.		32 32
2010.	.2012.1.		200 × 125 70 × 125 -- 40 40 25 25 12 24/25 × 200 46 120 -- --
	.2012.2.		40 32
	.2012.3.		32 40
	.2012.4.		32 32
2010.	.2016.1.		200 × 160 70 × 160 -- 40 40 25 25 12 24/25 × 200 46 120 -- --
	.2016.2.		40 32
	.2016.3.		32 40
	.2016.4.		32 32
2010.	.2020.1.		200 × 200 70 × 200 200 × 70 40 40 25 25 12 24/25 × 200 46 120 120 120
	.2020.2.		40 32
	.2020.3.		32 40
	.2020.4.		32 32
2010.	.2512.1.		250 × 125 120 × 125 -- 40 40 25 25 12 24/25 × 200 46 170 -- --
	.2512.2.		40 32
	.2512.3.		32 40
	.2512.4.		32 32
2010.	.2516.1.		250 × 160 120 × 160 -- 40 40 25 25 12 24/25 × 200 46 170 -- --
	.2516.2.		40 32
	.2516.3.		32 40
	.2516.4.		32 32
2010.	.2520.1.		250 × 200 120 × 200 250 × 70 40 40 25 25 12 24/25 × 200 46 170 120 173
	.2520.2.		40 32
	.2520.3.		32 40
	.2520.4.		32 32
2010.	.2525.1.		250 × 250 120 × 250 250 × 120 40 40 25 25 12 24/25 × 200 46 170 170 173
	.2525.2.		40 32
	.2525.3.		32 40
	.2525.4.		32 32
2010.	.3116.1.		315 × 160 165 × 160 -- 50 50 32 32 12 30/32 × 234 53 225 -- --
	.3116.2.		50 40
	.3116.3.		40 50
	.3116.4.		40 40
2010.	.3120.1.		315 × 200 165 × 200 315 × 50 50 50 32 32 12 30/32 × 234 53 225 110 226
	.3120.2.		50 40
	.3120.3.		40 50
	.3120.4.		40 40
2010.	.3125.1.		315 × 250 165 × 250 315 × 100 50 50 32 32 12 30/32 × 234 53 225 160 226
	.3125.2.		50 40
	.3125.3.		40 50
	.3125.4.		40 40
2010.	.3131.1.		315 × 315 165 × 315 315 × 165 50 50 32 32 12 30/32 × 234 53 225 225 226
	.3131.2.		50 40
	.3131.3.		40 50
	.3131.4.		40 40
2010.	.4020.1.		400 × 200 250 × 200 400 × 50 50 50 32 32 12 30/32 × 234 53 310 110 313
	.4020.2.		50 40
	.4020.3.		40 50
	.4020.4.		40 40
2010.	.4025.1.		400 × 250 250 × 250 400 × 100 50 50 32 32 12 30/32 × 234 53 310 160 313
	.4025.2.		50 40
	.4025.3.		40 50
	.4025.4.		40 40
2010.	.4031.1.		400 × 315 250 × 315 400 × 165 50 50 32 32 12 30/32 × 234 53 310 225 313
	.4031.2.		50 40
	.4031.3.		40 50
	.4031.4.		40 40

Αφού θέλουμε να δώσουμε ένα έξτρα μήκος στους πείρους για να καλύπτεται η διαδρομή του καλουπιού, επιλέγουμε το μήκος ίσο προς 140 mm από τον κατάλογο της FIBRO (πίνακας 5.5).

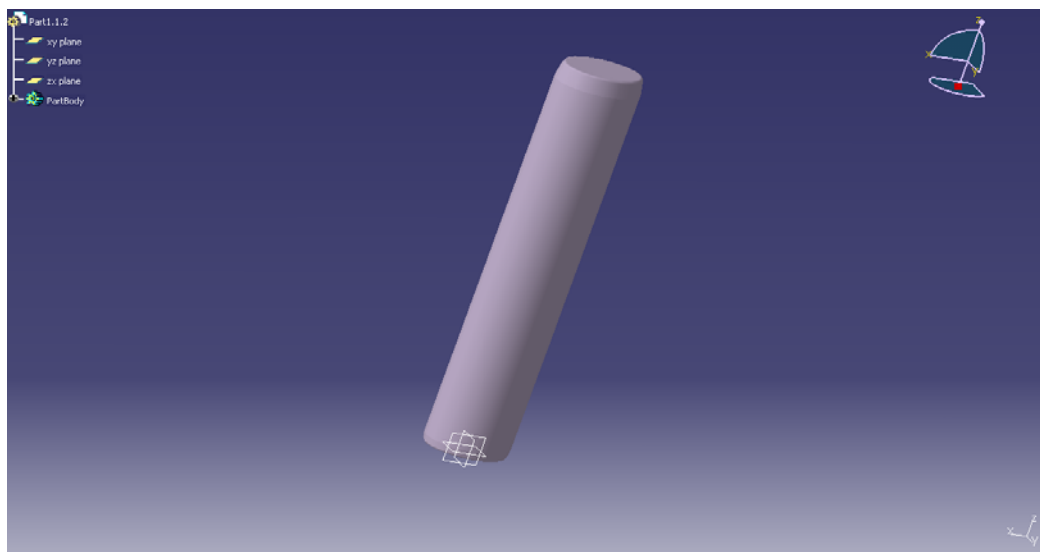
Πίνακας 5.5: Έξτρα μήκος στους πείρους για να καλύπτεται η διαδρομή του καλουπιού, επιλέγουμε το μήκος ίσο προς 140 mm από τον κατάλογο της FIBRO

<p>Guide Pillars DIN 9825/ISO 9182-2</p>	<p>FIBRO 202.17. 202.19.</p>	
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>202.17. Guide Pillars (∅ 38–63) with Ball Cage Retainer Dimensions of ball cage retainer: see page D 207.</p>  </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">Mounting Examples</p>  </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>202.19.</p>  <p style="text-align: right;">202.17. with Ball Cage Retainer</p> <p>superfinished</p> <p>Material: Steel surface hardened Core strength: ≥ 900 N/mm² Surface Hardness: 60 ± 3 HRC (induction hardened) Hardness Penetration: ≥ 1.8 mm (diameter up to 12 mm: through hardened)</p> <p>Execution: precision ground, superfinished Remarks: method of manufacturing entails that centre holes are not concentric with O.D.</p> </div>

202.19.	d_1	10	11	12	15	16	19	20	24	25	30	32	38	40	48	50	60	63	80
	l_1	3	3	3	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6	8	8	8	8	8
	l_2																		
	80		•	•															
	90	•	•	•															
	100	•	•	•	•	•	•	•	•	•									
	112	•	•	•	•	•	•	•	•	•									
	125	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•							
	140	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•						
	160																		
	180																		
	200																		
	224																		
	250																		
	280																		
	315																		
	355																		
	400																		
	450																		
	500																		
	550																		
	600																		
	700																		
	800																		

d_1 in 10 see page D 12
 Diameter 10–12 only available in Tolerance range yellow = .10

Το αντίστοιχο σχέδιο των πείρων ολίσθησης φαίνεται στο εικόνα 5.15, έτσι όπως σχεδιάστηκε από το CATIA.



Εικόνα 5.15: Πείροι ολίσθησης

5.13 ΣΧΕΔΙΣΜΟΣ ΔΑΚΤΥΛΙΩΝ ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ


Οι δακτύλιοι ολίσθησης επιλέγονται βάσει της διαμέτρου των επιλεγμένων πείρων ολίσθησης. Από τον κατάλογο, για διάμετρο πείρου 32 mm, το μήκος των δακτυλίων έχει ήδη επιλεχθεί, από προηγούμενη ανάλυση, στα 60 mm, όπως το δίνει και ο κατάλογος της κατασκευάστριας εταιρίας (πίνακας 5.6).

Το αντίστοιχο σχέδιο των δακτυλίων ολίσθησης φαίνεται στο εικόνα 5.16, έτσι όπως σχεδιάστηκε από το CATIA.

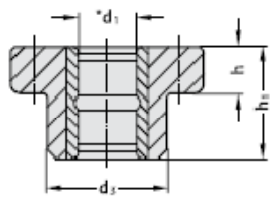
Πίνακας 5.6: Επιλογή βάσει της διαμέτρου των επιλεγμένων πείρων ολίσθησης από τον κατάλογο της FIBRO

**Rectangular Mounting Flanges
Ball Cages**

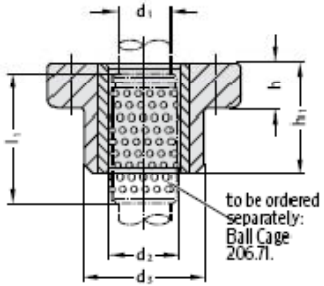
FIBRO
2031.02./34./42.
206.71.



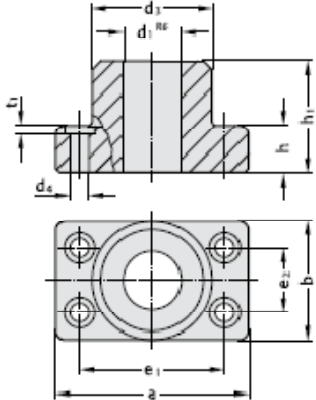
2031.34.
Mounting Flange with Sintered Ferrite Guide Bush, carbonitrided



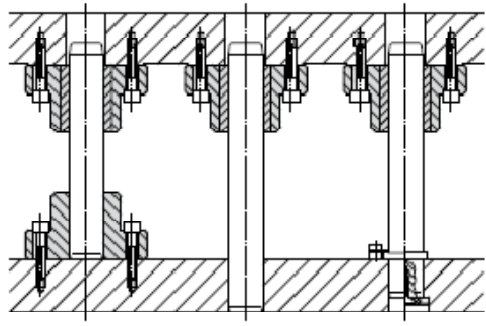
2031.42.
Mounting Flange for Ball Bearing Guide



2031.02.
Mounting Flange for Guide Pillars



Mounting Examples:



Guide Pillars *202.19.
*202.19.
*2021.46.
2021.43.

*Guide Pillars, to order separate, see pages D14 and D31.

*Colour Code Combinations/Clearances – see pages D10 and D11.

Material:
Special cast iron

Execution:
Mounting Flanges for Guide Bushes:
Face and top machined.
Bores honed.
Mounting Flanges for Guide Pillars:
Face and top machined.
Hole fine bored to d_{1H} – fit.

Note:
Check squareness of pillars after press-fitting.

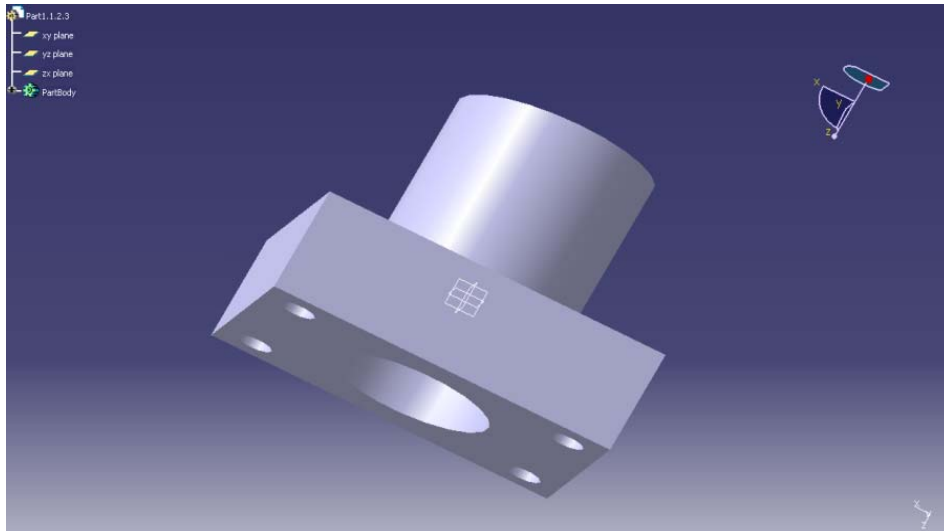
Notes on Sliding-/Ball Bearing Guides – see page 09.

2031.02./2031.34./2031.42.															
d_1	15	16	19	20	24	25	30	32	38	40	48	50	60	63	80
d_2	21	22	25	26	30	31	38	40	46	48	56	58	68	71	–
d_3	35	–	45	–	50	–	65	–	80	–	96	–	110	–	130
d_4	6,6	9	9	9	11	11	14	14	18	18	18	18	22	–	–
t_2	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	10	–	–
a	70	85	90	–	115	–	130	–	160	–	180	–	215	–	–
b	35	45	50	–	65	–	80	–	96	–	110	–	130	–	–
e_1	53	64	68	–	83	–	95	–	118	–	132	–	160	–	–
e_2	19	24	28	–	34	–	45	–	55	–	62	–	75	–	–
h	18	18	22	–	25	–	30	–	35	–	35	–	40	–	–
h_1	30	37	47	–	60	–	77	–	95	–	120	–	120	–	–
l^*	45	45	56	–	71	–	95	–	120	–	140	–	–	–	–
l_1^*	44	44	56	–	70	–	95	–	120	–	140	–	–	–	–

l^* = Nominal ordering length
 l_1^* = Manufacturing length = Preferred lengths of Ball Cages
 Tolerance range – yellow = 1.0
 green = 2.0
 red = 3.0

Ordering code (example):

Mounting Flange for Ball Bearing Guide = 2031.42.	Ball Cage = 206.71.	Mounting flange for Guide Pillars = 2031.02.
$d_1 = 40$ mm = 040	$d_2 = 40$ mm = 040	$d_4 = 40$ mm = 040
Tolerance range – green = 20	$l = 95$ mm = 095	$d_1 = 40$ mm = 040
Order No = 2031.42.040.20	Order No = 206.71.040.095	Order No = 2031.02.040



Εικόνα 5.16: Δακτύλιοι ολίσθησης

5.14 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΛΑΤΗΡΙΩΝ

Πίνακας 5.7: Επιλογή ελατηρίου

241.17. Colour "Yellow"																						
Order No	yellow	D_h	D_d	L_0	R	30% stroke				40% stroke				45% stroke				50% stroke				
241.17.16.025		16.0	8.0	25	118	2.7	1.2	1.5	319	3.6	1.2	2.4	425	4.1	1.2	2.9	484	4.5	1.6	2.9	531	
241.17.16.032				32	89.1	3.2	1.4	1.8	285	4.3	1.4	2.9	383	4.9	1.4	3.5	437	5.4	1.9	3.5	481	
241.17.16.038				38	72.1	3.9	1.7	2.2	281	5.2	1.7	3.5	375	5.9	1.7	4.2	425	6.5	2.3	4.2	469	
241.17.16.044				44	60.9	4.5	2.0	2.5	274	6.0	2.0	4.0	365	6.8	2.0	4.8	414	7.5	2.7	4.8	457	
241.17.16.051				51	52.3	5.4	2.3	3.1	282	7.2	2.3	4.9	377	8.1	2.3	5.8	424	9.0	3.2	5.8	471	
241.17.16.064				64	41.2	6.6	2.9	3.7	272	8.8	2.9	5.9	363	9.9	2.9	7.0	408	11.0	4.0	7.0	453	
241.17.16.076				76	34.1	8.0	3.4	4.6	273	10.6	3.4	7.2	361	11.9	3.4	8.5	406	13.3	4.8	8.5	454	
241.17.16.089				89	29.5	9.5	4.1	5.4	280	12.6	4.1	8.5	372	14.2	4.1	10.1	419	15.8	5.7	10.1	466	
241.17.16.102				102	25.6	11.0	4.7	6.3	282	14.6	4.7	9.9	374	16.4	4.7	11.7	420	18.3	6.6	11.7	468	
241.17.16.305				305	8.4	33.0	14.3	18.7	277	44.0	14.3	29.7	370	49.5	14.3	35.2	416	55.0	19.8	35.2	462	
Order No	yellow	D_h	D_d	L_0	R	55% stroke				62% stroke				80% stroke				100% stroke				
241.17.16.025		16.0	8.0	25	118	5.0	2.1	2.9	590	5.6	2.7	2.9	661	7.2	5.2	2.0	850	9.0	16.0	106.20		
241.17.16.032				32	89.1	5.9	2.5	3.4	526	6.7	3.2	3.5	597	8.6	6.3	2.3	766	10.8	21.2	96.23		
241.17.16.038				38	72.1	7.2	3.0	4.2	519	8.1	3.9	4.2	584	10.4	7.5	2.9	750	13.0	25.0	93.73		
241.17.16.044				44	60.9	8.3	3.5	4.8	505	9.3	4.5	4.8	566	12.0	8.7	3.3	731	15.0	29.0	91.35		
241.17.16.051				51	52.3	9.9	4.1	5.8	518	11.2	5.4	5.8	586	14.4	10.4	4.0	753	18.0	33.0	94.14		
241.17.16.064				64	41.2	12.1	5.1	7.0	499	13.6	6.6	7.0	560	17.6	12.8	4.8	725	22.0	42.0	90.64		
241.17.16.076				76	34.1	14.6	6.1	8.5	498	16.4	8.0	8.4	559	21.2	15.4	5.8	723	26.5	49.5	90.37		

Πίνακας 5.8: Επιλογή ελατηρίου

241.17.
Colour: "Yellow"

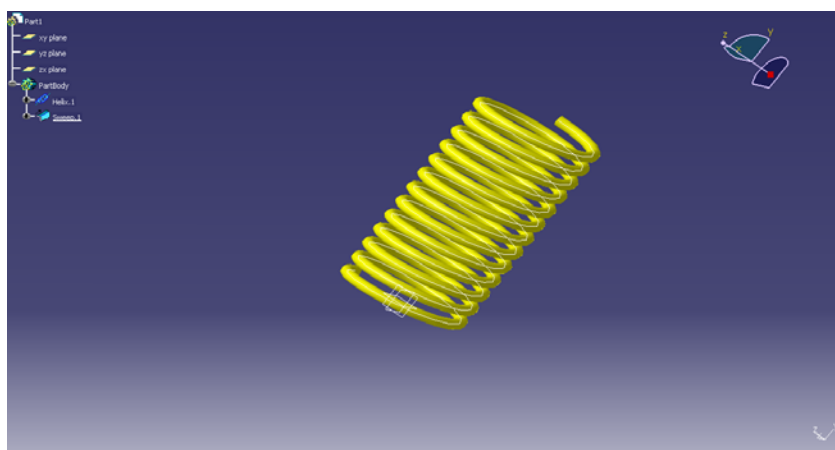
∅ 20

D_h - dia. of guide sleeve F_1, F_n - forces (N) as related to length of spring L_1, L_n
 D_d - diameter of guide pin $S_{n1}...S_{n7}$ - recommend. preload, compression, as relat. to compr. S_1, S_7
 L_0 - free length of spring
 $L_1...L_n$ - length of loaded spring (mm) as related to spring forces F_1, F_n $S_1...S_n$ - compr. as related to spring forces F_1, F_n
 L_R - length of compacted spring (i.e. wire-to-wire) R - spring rate (N/mm)
 $S_{n1}...S_{n7}$ - working stroke (mm)

241.17.

Order No yellow	D_h	D_d	L_0	R	30% stroke			40% stroke			45% stroke			50% stroke						
					S_1	S_2	S_{n1}	F_1	S_2	S_{n2}	F_2	S_3	S_{n3}	F_3	S_4	S_{n4}	F_4			
241.17.20.025	20.0	10.0	25	293	2.3	1.0	1.3	674	3.1	1.0	2.1	908	3.5	1.0	2.5	1026	3.9	1.4	2.5	1143
241.17.20.032			32	224	2.9	1.3	1.6	650	3.9	1.3	2.6	874	4.4	1.3	3.1	986	4.9	1.8	3.1	1098
241.17.20.038			38	177	3.6	1.6	2.0	637	4.8	1.6	3.2	850	5.4	1.6	3.8	956	6.0	2.2	3.8	1062
241.17.20.044			44	149	4.2	1.8	2.4	626	5.6	1.8	3.8	834	6.3	1.8	4.5	939	7.0	2.5	4.5	1043
241.17.20.051			51	128	4.8	2.1	2.7	614	6.4	2.1	4.3	819	7.2	2.1	5.1	922	8.0	2.9	5.1	1024
241.17.20.064			64	99.1	6.3	2.7	3.6	624	8.4	2.7	5.7	832	9.5	2.7	6.8	941	10.5	3.8	6.7	1041
241.17.20.076			76	86.6	7.5	3.3	4.2	650	10.0	3.3	6.7	866	11.3	3.3	8.0	979	12.5	4.5	8.0	1083
241.17.20.089			89	69.6	9.0	3.9	5.1	626	12.0	3.9	8.1	835	13.5	3.9	9.6	940	15.0	5.4	9.6	1044
241.17.20.102			102	60.6	10.2	4.4	5.8	618	13.6	4.4	9.2	824	15.3	4.4	10.9	927	17.0	6.1	10.9	1030
241.17.20.115			115	53.1	11.4	4.9	6.5	605	15.2	4.9	10.3	807	17.1	4.9	12.2	908	19.0	6.8	12.2	1009
241.17.20.127			127	47.6	12.9	5.6	7.3	614	17.2	5.6	11.6	819	19.4	5.6	13.8	923	21.5	7.7	13.8	1023
241.17.20.139			139	43.1	14.1	6.1	8.0	608	18.8	6.1	12.7	810	21.2	6.1	15.1	914	23.5	8.5	15.0	1013
241.17.20.152			152	39.0	15.3	6.6	8.7	597	20.4	6.6	13.8	796	23.0	6.6	16.4	897	25.5	9.2	16.3	995
241.17.20.305			305	21.2	31.5	13.7	17.8	668	42.0	13.7	28.3	890	47.3	13.7	33.6	1003	52.5	18.9	33.6	1113

Order No yellow	D_h	D_d	L_0	R	55% stroke			62% stroke			80% stroke			100% stroke					
					S_5	S_6	S_{n5}	F_5	S_6	S_{n6}	F_6	S_7	S_{n7}	F_7	S_8	S_{n8}	F_8		
241.17.20.025	20.0	10.0	25	293	4.2	1.8	2.4	1231	4.8	2.3	2.5	1406	6.2	4.5	1.7	1817	7.7	17.3	2256.1
241.17.20.032			32	224	5.4	2.3	3.1	1210	6.1	2.9	3.2	1366	7.8	5.7	2.1	1747	9.8	22.2	2195.2
241.17.20.038			38	177	6.6	2.8	3.8	1168	7.4	3.6	3.8	1310	9.6	7.0	2.6	1699	12.0	26.0	2124.0



Εικόνα 5.17: Ελατήριο για εξολκέα – οδηγό εμβόλων

Η επιλογή του ελατηρίου γίνεται βάσει της δύναμης που θα παραλάβει το κάθε ελατήριο και της διαδρομής (συμπίεσης) που θα υποστεί. Οι δύο αυτές παράμετροι συνιστούν τη σταθερά του ελατηρίου, η οποία συμβολίζεται με το γράμμα R και μετριέται σε N/mm.

Ελατήρια για εξολκέα – οδηγό εμβόλων

Ο εξολκέας των εμβόλων θα πρέπει να εξολκεύσει όλη τη δύναμη κοπής (Pκ) που αναπτύσσεται κατά τη λειτουργία του καλουπιού. Ο εξολκέας θα σχεδιαστεί με έξι ελατήρια μέσης διαμέτρου (Ø16 mm), έτσι ώστε να κατανέμεται όσο το δυνατόν πιο ισομερώς η δύναμη εξόλκευσης. Η συνολική δύναμη εξόλκευσης είναι ίση με το 10% της δύναμης κοπής, δηλαδή $P_{εξ,ε} = 156.165 \text{ kp}$. Συνεπώς, το κάθε ελατήριο θα παραλαμβάνει δύναμη ίση προς $P_{εξ,ε}/6 = 26.0275 \text{ kp} = 255.33 \text{ N}$. Η συνολική συμπίεση που θα υποστεί το κάθε ελατήριο θα πρέπει να είναι τουλάχιστον όσο είναι το μήκος του κατακόρυφου μέρους του κάθε κοπτικού δακτυλίου, δηλαδή τουλάχιστον 3mm. Προσθέτουμε 5-6 mm επιπλέον για λόγους ασφαλείας και για να εξασφαλιστεί ότι θα πραγματοποιηθεί όντως η εξόλκευση. Άρα, υπολογίζουμε τη συμπίεση των ελατηρίων περίπου 8-9 mm. Έτσι, σε κάθε χιλιοστό συμπίεσης, το ελατήριο θα πρέπει να παραλαμβάνει δύναμη ίση με 255.33 N, δηλ. $R = 28.37 \text{ N/mm}$. Από τον κατάλογο της εταιρίας FIBRO (πίνακας 5.7), πιο κοντά στη ζητούμενη σταθερά είναι η τιμή 34.1 N/mm για μέγιστη συμπίεση 55%, η οποία είναι και η συνιστώμενη από την εταιρία. Σε αυτή την τιμή, αντιστοιχεί μήκος ελατηρίου ίσο με $L_0 = 76 \text{ mm}$, το οποίο είναι αρκετά μεγάλο για το δικό μας καλούπι. Για το λόγο αυτό, πηγαίνουμε σε ελατήρια με μεγαλύτερη σταθερά R, έτσι ώστε να μας καλύπτει το μήκος του ελατηρίου. Τελικά επιλέγουμε μήκος ελατηρίου $L_0 = 51 \text{ mm}$ με $R=52.3 \text{ N/mm}$.

Ελατήρια για εξολκέα μήτρα

Και εδώ η λογική είναι η ίδια. Το κάθε ελατήριο θέλουμε να εξολκεύει το προϊόν μας και να παραλαμβάνει δύναμη εξόλκευσης που αντιστοιχεί στην δύναμη κοπής λόγω εκτομής. Λόγω του ότι η δύναμη που πρέπει να εξολκεύσει το κάθε ελατήριο είναι μεγαλύτερη από ότι τα παραπάνω ελατήρια, θα επιλεγούν ελατήρια μεγαλύτερης διαμέτρου, δηλαδή Ø20 mm. Η δύναμη εξόλκευσης που παραλαμβάνει το κάθε ελατήριο είναι ίση με το 10% της δύναμης κοπής λόγω εκτομής, δηλαδή $P_{εξ,μ} = 0.1 \times P_{εκ} = 15.394 \text{ kp} = 151.02 \text{ N}$. Η συνολική συμπίεση που θα υποστεί το

κάθε ελατήριο θα πρέπει να είναι τουλάχιστον όσο είναι το μήκος της περιοχής κοπής, δηλαδή τουλάχιστον 5mm. Προσθέτουμε 3-4 mm επιπλέον για λόγους ασφαλείας και για να εξασφαλιστεί ότι θα πραγματοποιηθεί όντως η εξόλκευση. Άρα, υπολογίζουμε τη συμπίεση των ελατηρίων περίπου 8-9 mm. Έτσι, σε κάθε χιλιοστό συμπίεσης, το ελατήριο θα πρέπει να παραλαμβάνει δύναμη ίση με 1510.13 N, δηλ. $R = 188.76 \text{ N/mm}$. Από τον κατάλογο της εταιρίας FIBRO (πίνακας 5.8), πιο κοντά στη ζητούμενη σταθερά είναι η τιμή 224 N/mm για μέγιστη συμπίεση 55%, η οποία είναι και η συνιστώμενη από την εταιρία. Σε αυτή την τιμή, αντιστοιχεί μήκος ελατηρίου ίσο με $L_0 = 32 \text{ mm}$, το οποίο είναι ικανοποιητικό για το δικό μας καλούπι.

Το σχέδιο ενός ελατηρίου, έτσι όπως σχεδιάστηκε με χρήση της εντολής Helix του μενού Generative Shape Design του CATIA φαίνεται στο εικόνα 5.17. Για την ολοκλήρωση του σχεδιασμού του ελατηρίου, χρησιμοποιήθηκε η εντολή sweep tool.

5.15 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΟΧΛΙΩΝ

Οι κοχλίες που θα χρησιμοποιηθούν στο σύνολο του καλουπιού θα είναι:

M8x1.5, μήκος 30 mm

M8x1.5, μήκος 36 mm

M10x1.5, μήκος 50 mm

M11x1.5, μήκος 56 mm

Ο τρόπος σύνδεσης των επιμέρους μερών του καλουπιού θα αναλυθεί στο κεφάλαιο 6.

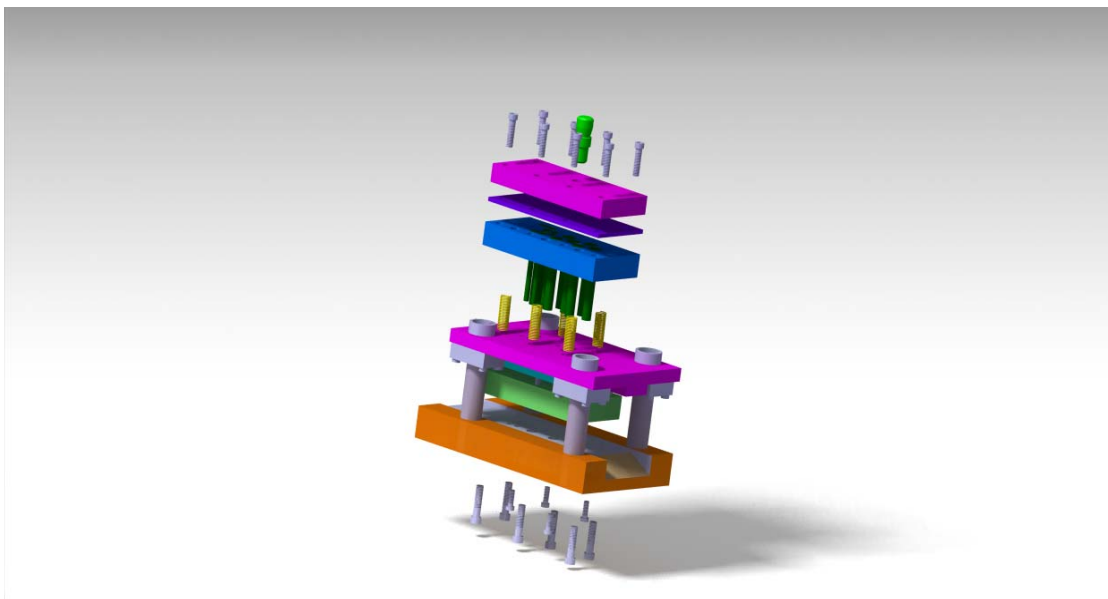
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

6.1 ΓΕΝΙΚΑ

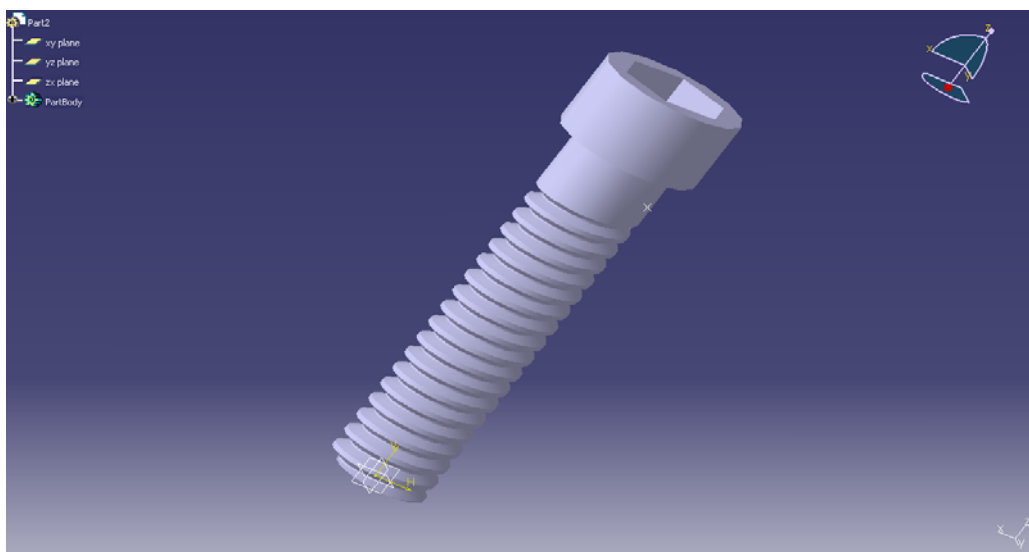
Η συναρμολόγηση (assembly) ενός καλουπιού περιλαμβάνει τον τρόπο σύνδεσης των επιμέρους στοιχείων του, χρησιμοποιώντας κατάλληλα μέσα σύνδεσης (π.χ. κοχλίες), καθώς και τον καθορισμό των ελεύθερων κινήσεων που μπορεί να πραγματοποιήσει το καλούπι κατά την κίνησή του. Όταν κατασκευαστούν οι πλάκες και τα εξαρτήματα του καλουπιού, θα πρέπει να συναρμολογηθούν και να ελεγχθούν ότι ταιριάζουν μεταξύ τους, να εφαρμόζουν σωστά και έχουν καλή λειτουργία. Ο σχεδιαστικός έλεγχος είναι ακριβής ($x = 0,05\text{mm}$) και βάσιμος, αφού φαίνεται η αλληλουχία των εξαρτημάτων, ή τυχόν λάθη ή ατέλειες εντοπίζονται εύκολα. Η συναρμολόγηση του καλουπιού που σχεδιάζουμε πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα CATIA, κάνοντας χρήση του μενού Assembly Design.

6.2 ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗ ΟΛΟΚΛΗΡΟΥ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ

Η συναρμολόγηση που πρέπει να πραγματοποιηθεί είναι αυτή του εικόνα 6.1, όπου φαίνονται καθαρά όλα τα στοιχεία του καλουπιού και σε ποια σημεία γίνεται η συναρμολόγηση, καθώς και οι θέσεις των κοχλιών. Οι κοχλίες τύπου άλεν που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη συναρμολόγηση σχεδιάστηκαν και παρουσιάζονται στο εικόνα 6.2.



Εικόνα 6.1: Συναρμολόγηση καλουπιού

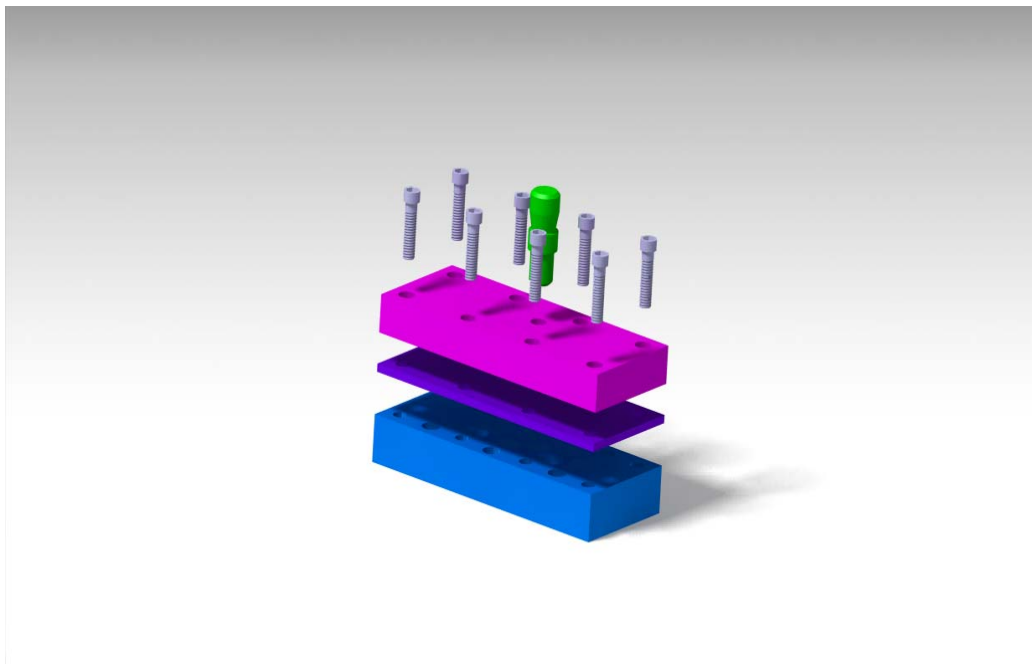


Εικόνα 6.2: Κοχλίες τύπου άλεν

6.3 ΒΗΜΑΤΑ ΣΥΝΑΡΜΟΛΟΓΗΣΗΣ

Βήμα 1^ο

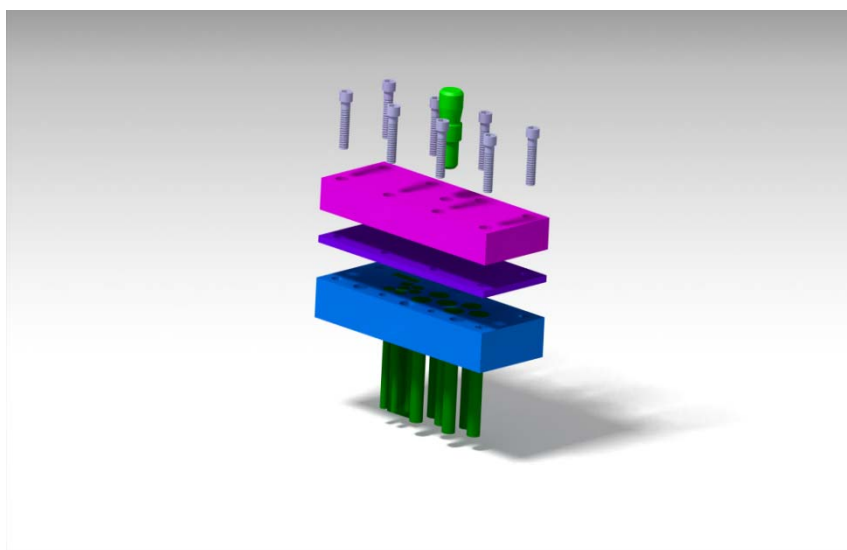
Στην άνω βάση του καλουπιού πρέπει να βιδωθεί ο πείρος συγκράτησης καθώς και οι οκτώ κοχλίες M10X1.5 μήκους 50mm που συγκρατούν την άνω βάση με την άνω ενδιάμεση πλάκα και τη βάση στήριξης των εμβόλων. Ακολουθεί η άνω ενδιάμεση πλάκα, όπου χρειάζεται διότι υπάρχει μεγάλη καταπόνηση από τα έμβολα και είναι δυνατόν να δημιουργήσει κοιλώματα στις άνω & κάτω βάσεις και να εμφανίζεται έτσι χαλαρή σύνδεση («τζόγος»). Η ενδιάμεση πλάκα δεν πρέπει να είναι πολύ σκληρή διότι υπάρχει κίνδυνος θραύσης της κεφαλής των εμβόλων και των κοπτικών εργαλείων. Ακολουθεί η τοποθέτηση στην άνω ενδιάμεση πλάκα η πλάκα στήριξης εμβόλων όπου εκεί θα ακολουθήσει η πρόσδεση των εμβόλων και των ελατηρίων. Η συναρμολόγηση του άνω μέρους του καλουπιού φαίνεται στο εικόνα 6.3.



Εικόνα 6.3: Συναρμολόγηση του άνω μέρους του καλουπιού

Βήμα 2^ο

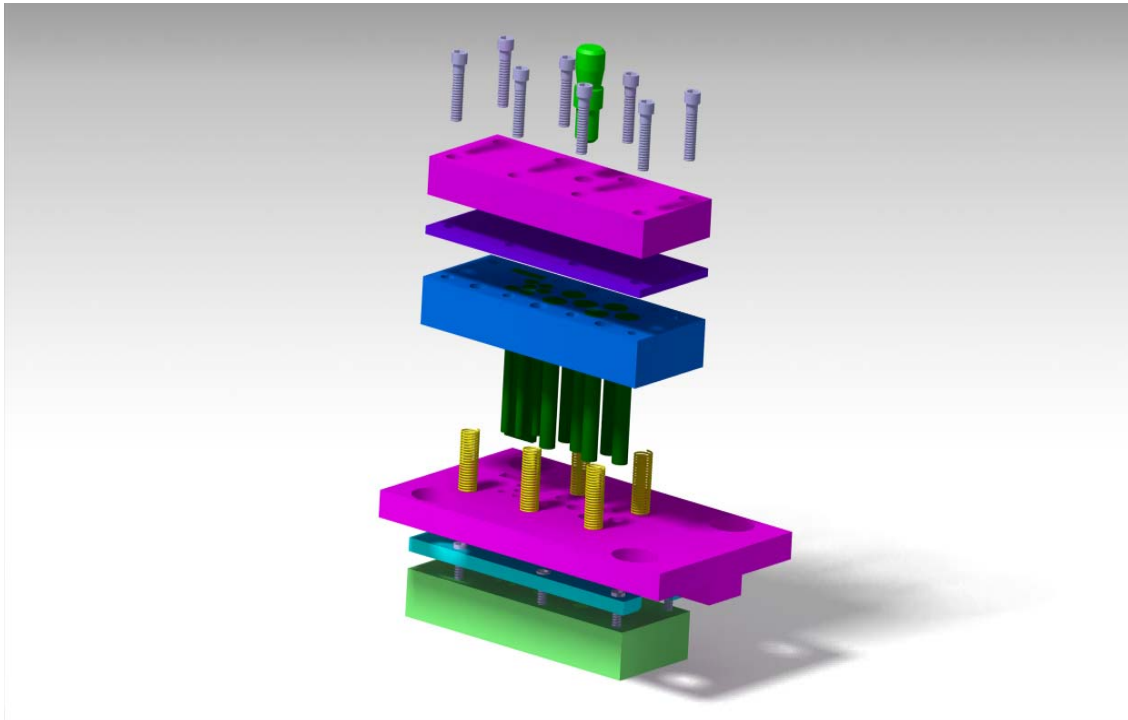
Ακολουθεί τώρα η τοποθέτηση των εμβόλων όπου αυτά είναι τα εξής: κυλινδρικής διατομής για διάτρηση, κυλινδρικής διατομής για εκτομή και ορθογωνικής διατομής για πλαγιοκόπτη και τα ελατήρια του εξολκέα. Τα έμβολα εισέρχονται από το άνω μέρος της βάσης στήριξής τους, με αποτέλεσμα η πατούρα των εμβόλων να τοποθετείται ακριβώς στην κατάλληλα διαμορφωμένη γεωμετρία της πλάκας στήριξης. Η νέα συναρμολόγηση φαίνεται στο εικόνα 6.4.



Εικόνα 6.4: Τοποθέτηση εμβόλων στο άνω μέρος της βάση στήριξης

Βήμα 3°

Στη συνέχεια πρέπει να τοποθετηθεί ο εξολκέας των εμβόλων μαζί με τα ελατήριά του, τα οποία θα τοποθετηθούν στις αντίστοιχες θέσεις της πλάκας του εξολκέα και την βάση στήριξης των εμβόλων. Αμέσως μετά, ενώνεται η μήτρα με τις πλάκες οδήγησης της λαμαρίνας, χρησιμοποιώντας 3 κοχλίες M8x1.5 και μήκους 36mm σε κάθε πλάκα. Η αντίστοιχη συναρμολόγηση φαίνεται στο εικόνα 6.5.

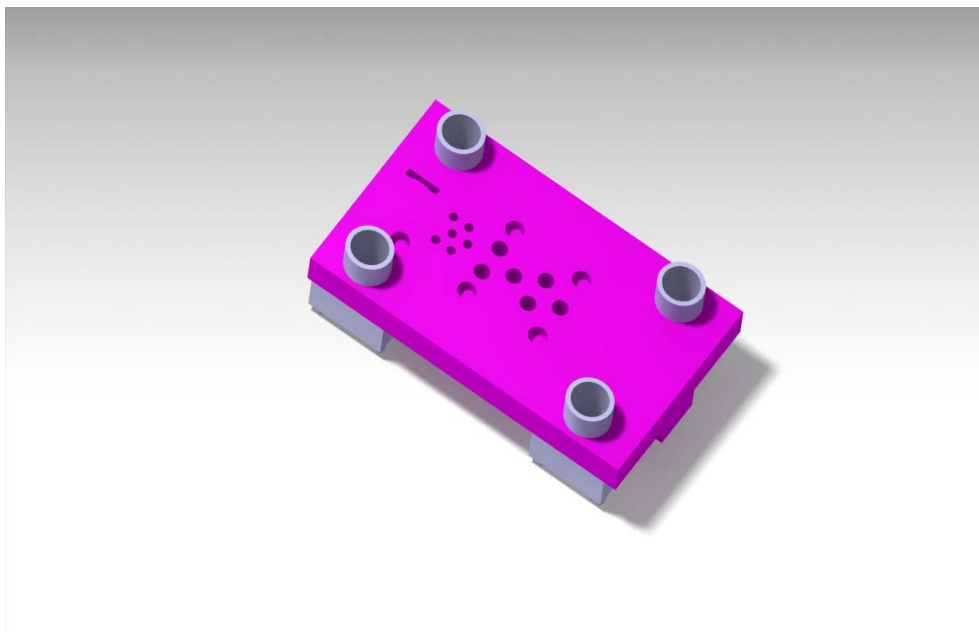


Εικόνα 6.5: Τοποθέτηση του εξολκέα των εμβόλων μαζί με τα ελατήριά του

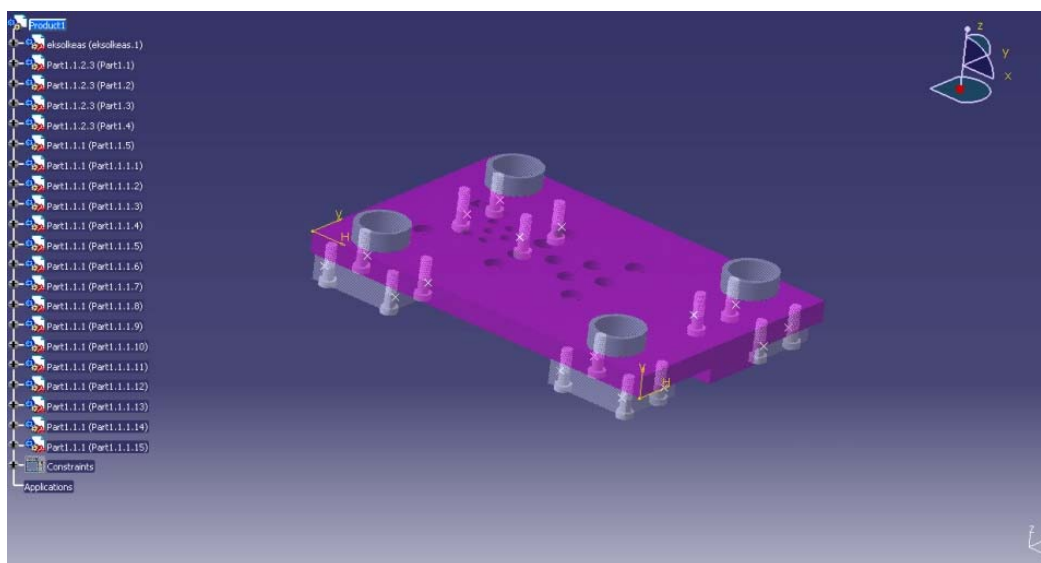
Βήμα 4°

Εδώ τοποθετούνται και βιδώνονται οι δακτύλιοι ολίσθησης πάνω στην πλάκα του εξολκέα. Ο κάθε δακτύλιος ολίσθησης θα συναρμολογηθεί στη θέση της οπής της πλάκας του εξολκέα με 4 κοχλίες M8x1.5 και μήκος 38mm, όπως φαίνεται μεμονωμένα στο εικόνα 6.6α. Στο εικόνα 6.6β ο εξολκέας είναι διαφανής και έτσι μπορούν να διακριθούν τα σημεία στα οποία βιδώνονται οι κοχλίες του κάθε δακτυλίου.

Μέσα από τον κάθε δακτύλιο θα περνά ο κάθε πείρος οδήγησης και θα ολισθαίνει κατά την παλινδρομική κίνηση της ωστικής κεφαλής της πρέσας. Ο κάθε πείρος με τον αντίστοιχο δακτύλιο ολίσθησης συνιστά συναρμογή ολίσθησης.



Εικόνα 6.6α: Δακτύλιος ολίσθησης στη θέση της οπής της πλάκας του εξολκέα



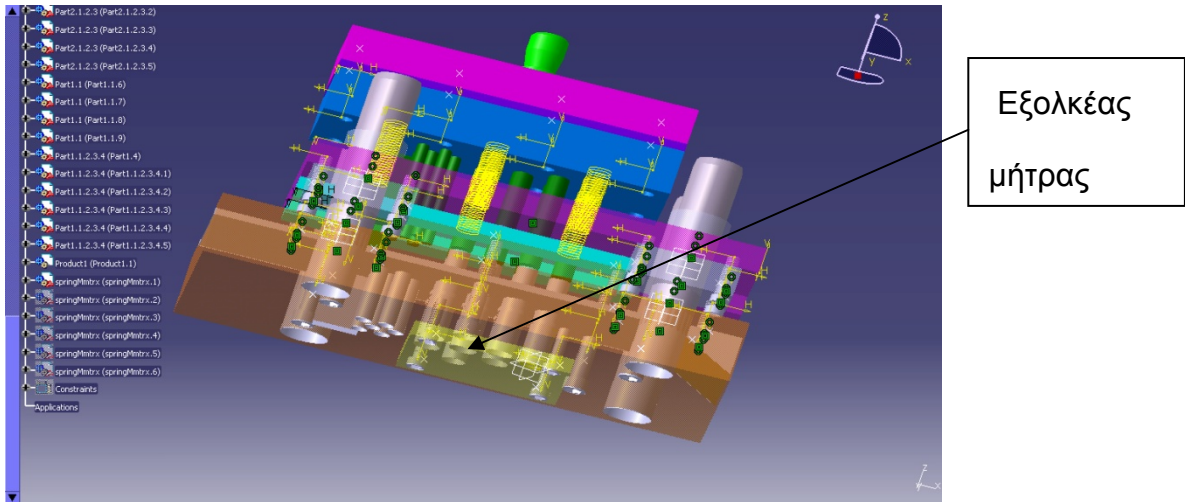
Εικόνα 6.6β: Τοποθέτηση κοχλιών σε κάθε δακτύλιο

Βήμα 5^ο

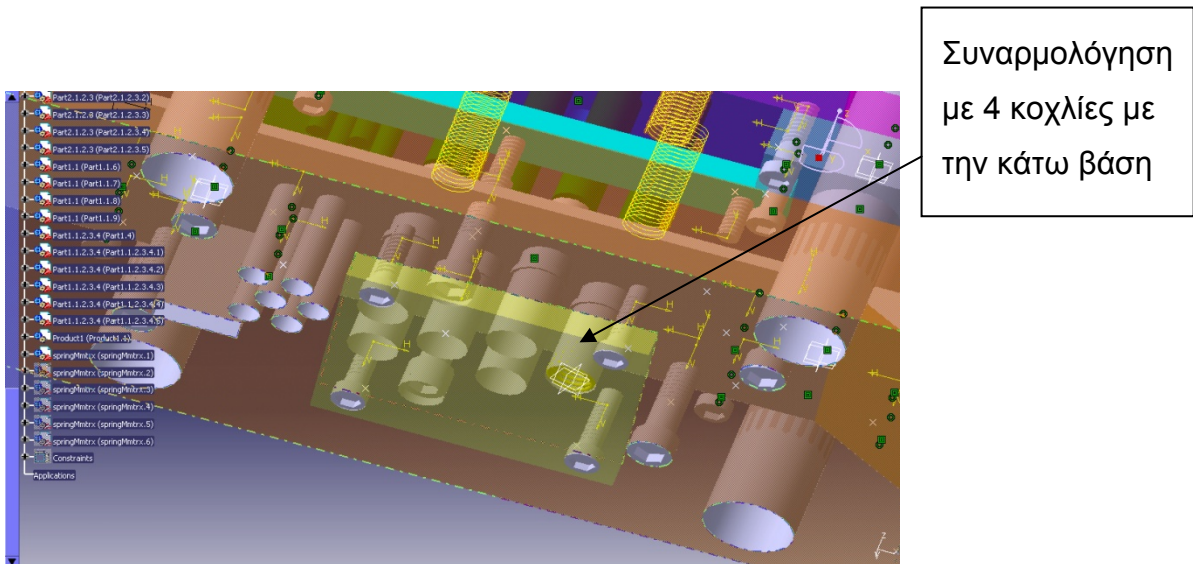
Στο τέταρτο και τελευταίο βήμα πρέπει να ενωθεί η μήτρα με την κάτω βάση του καλουπιού, να τοποθετηθούν οι δακτύλιοι ολίσθησης στην πλάκα του εξολκέα και οι

πείροι ολίσθησης μέσα στους δακτυλίους. Η μήτρα με την κάτω βάση συναρμολογούνται με 6 κοχλίες M11x1.5 και μήκους 56mm.

Ο εξολκέας της μήτρας συναρμολογείται με την κάτω βάση του καλουπιού με 4 κοχλίες M8x1.5 και μήκους 30mm (εικόνα 6.7).

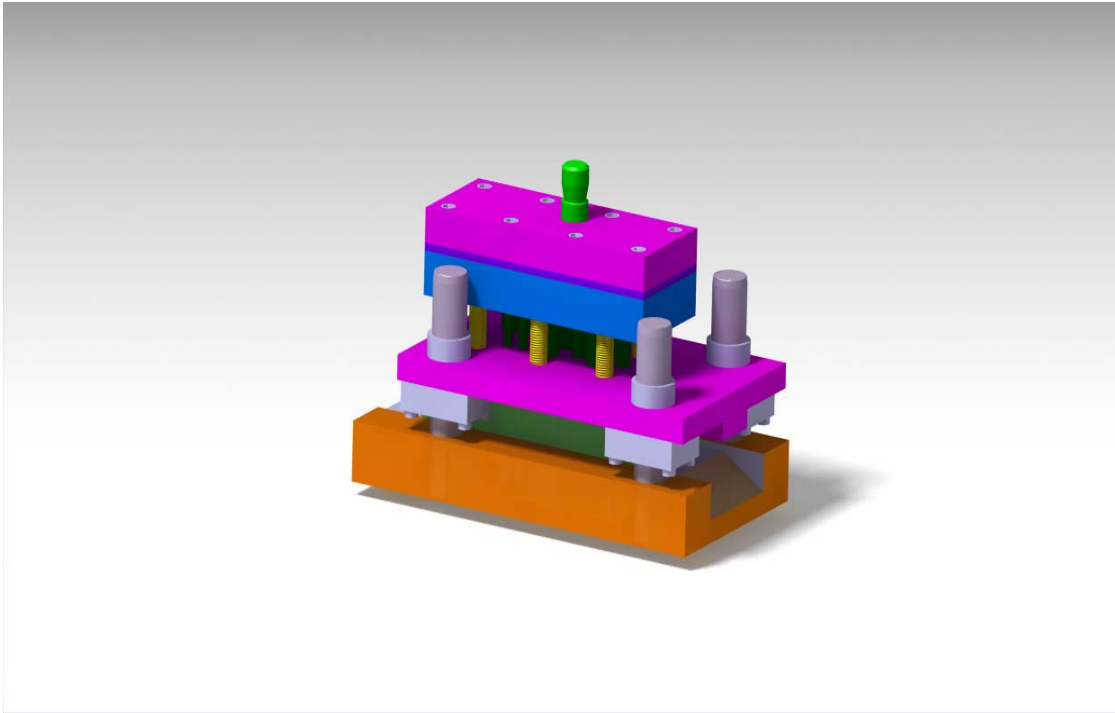


Εικόνα 6.7α: Ο εξολκέας της μήτρας συναρμολογείται με την κάτω βάση του καλουπιού



Εικόνα 6.7β: Συναρμολόγηση με 4 κοχλίες με την κάτω βάση

Οι πείροι εισέρχονται στους δακτυλίους ολίσθησης και η συναρμολόγηση του καλουπιού ολοκληρώνεται. Το τελικό κλειστό καλούπι φαίνεται στο εικόνα 6.8.



Εικόνα 6.8: Το τελικό κλειστό καλούπι

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με το πέρας της πτυχιακής εργασίας καταφέραμε να εξοικειωθούμε με τον σχεδιασμό, μελέτη και ανάλυση ενός προοδευτικού καλουπιού. Επίσης δώσαμε ιδιαίτερη έμφαση όσον αφορά την βέλτιστη εκμετάλλευση του υλικού. Άρα με το πέρας της εργασίας, αποδείξαμε πως μπορούμε να κατασκευάσουμε ένα προοδευτικό καλούπι επιτυγχάνοντας τη λιγότερη σπατάλη του υλικού με αποτέλεσμα την μείωση του κόστους παραγωγής. Κατά την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας μας παρουσιάστηκαν κάποια προβλήματα όσο αφορά τον σχεδιασμό αλλά και τον υπολογισμό κάποιων στοιχείων του καλουπιού. Για την επίλυση αυτών των προβλημάτων, χρησιμοποιήσαμε κάποια προγράμματα. Για τον ευκολότερο σχεδιασμό των τρισδιάστατων μερών του καλουπιού, καθώς και την συνεργασία των τμημάτων του που εξειδικεύονται σε διαφορετικά στάδια του κύκλου παραγωγής του κομματιού χρησιμοποιήσαμε το σχεδιαστικό πρόγραμμα CATIA. Με την χρησιμοποίησή του επιτύχαμε να μειώσουμε τον χρόνο σχεδίασης του καλουπιού και κατά συνέπεια το κόστος κατασκευής του. Η χρησιμοποίησή του στην εργασία, μας πρόσφερε την εξοικείωση με το πρόγραμμα, που χρησιμοποιείται κατά κόρον στην παγκόσμια βιομηχανία στον τομέα μαζικής παραγωγής. Το CATIA μας επιτρέπει επιπλέον τον έλεγχο της ορθής κινητικότητας του καλουπιού, μέσω προσομοίωσης, καθώς και τη μελέτη της γραμμικής μηχανικής συμπεριφοράς του καλουπιού συνολικά, με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Παρόλα αυτά, οι αναλύσεις αυτές ξεφεύγουν από τα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

Επίσης κατά την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, έπρεπε να αναλυθούν επιλεκτικά ορισμένα στοιχεία του καλουπιού που σχεδιάστηκαν, τα οποία υπόκεινται σε σημαντικές παραμορφώσεις και κρίθηκε απαραίτητη η μελέτη του τρόπου παραμόρφωσής τους, προκειμένου να επιλεγούν οι σωστές διαστάσεις τους. Για την ανάλυση αυτή χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων. Η μέθοδος αυτή είναι μια υπολογιστική μέθοδος η οποία επιλύει με προσεγγιστικές και αριθμητικές μεθόδους τις θεμελιώδεις εξισώσεις που διέπουν μια ευρεία ομάδα προβλημάτων συνεχούς μέσου (πχ. προβλήματα παραμορφώσεων στερεών, ανάλυση κατασκευών και δομικών στοιχείων, μετάδοσης θερμότητας, μηχανικής ρευστών, κλπ) τα οποία έχουν αυθαίρετη γεωμετρία, συνοριακές συνθήκες και φόρτιση. Η ανάλυση όλων αυτών των στοιχείων θα ήταν χρονοβόρα αν

χρησιμοποιούσαμε την κλασική μέθοδο αντοχής υλικών. Η βοήθεια προήλθε από το πρόγραμμα ANSYS όπου έγινε σχεδίαση των μοντέλων των εμβόλων, υπολογισμός της παραμόρφωσης, κατανομή τάσεων και γενικότερα διάφοροι υπολογισμοί που βοήθησαν στην σχεδίαση του καλουπιού.

Σύμφωνα με τα παραπάνω συνειδητοποιήσαμε ότι αυτά τα προγράμματα μείωσαν δραματικά το χρόνο και το κόστος μελέτης και, κατ' επέκταση, κατασκευής ενός καλουπιού, ενώ συνέτειναν στην αποφυγή περισσότερων υπολογισμών και οδήγησαν σε ακριβέστερους υπολογισμούς λόγω μείωσης σφάλματος εξαιτίας της ανθρώπινης παρεμβολής.

Έπειτα οι τυποποιημένοι κατάλογοι που έχουν δημιουργηθεί από τις μεγάλες εταιρείες μας έδωσαν την δυνατότητα εύκολης πρόσβασης σε διαλογή των μερών που χρησιμοποιήσαμε. Έτσι μειώσαμε τον χρόνο κατασκευής του καλούπι γιατί θα έπρεπε να υπολογίσουμε – σχεδιάσουμε όλες τις λεπτομέρειες και αυτών των κομματιών. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους παραγωγής.

Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, με την βοήθεια όλων αυτών των παραμέτρων, καταφέραμε να φέρουμε εις πέρας τον σχεδιασμό, την μελέτη και ανάλυση του προοδευτικού καλουπιού μαζικής παραγωγής ροδελών ασφαλείας, να μειώσουμε κατακόρυφα το κόστος, να είμαστε πιο παραγωγικοί λόγω της μείωσης χρόνου κατασκευής και κατά συνέπεια ανταγωνιστικοί στον χώρο της βιομηχανίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ-ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

ΚΩΔΙΚΕΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ANSYS

«Ανάλυση λυγισμού του μικρού εμβόλου διάτρησης 8mm»

```
FINISH
/CLEAR
/TITLE,Non-Linear Buckling Analysis of the Small Punch
/PREP7

!* DEFINE GEOMETRICAL KEYPOINTS
k,1,0,0
k,2,0,100

!* DEFINE LINES
l,1,2

!* DEFINE THE ELEMENT TYPE & REAL CONSTRAINS
ET,1,BEAM3
R,1,50.2655,201.062,8, , , ,

!* DEFINE MATERIAL PROPERTIES
MPTEMP,,,,,,,,
MPTEMP,1,0
MPDATA,EX,1,,210e3
MPDATA,PRXY,1,,0.3

!* DEFINE THE SIZE OF THE ELEMENTS
ESIZE,1

!* APPLY MESH TO LINES
LMESH,ALL

!* APPLY BOUNDARY CONDITIONS
NSEL,S,LOC,Y,100
D,ALL,ALL,0
ALLSEL

!* APPLY LOADS
NSEL,S,LOC,Y,0
F,ALL,FY,862.93
```

F,ALL,FX,0.4315
ALLSEL

!* SET THE TYPE OF ANALYSIS
ANTYPE,STATIC
NLGEOM,ON
OUTRES,ALL,ALL
NSUBST,20
NEQIT,1000
AUTOTS,ON
LNSRCH,ON

!* GRAPHIC REPRESENTATION OF BEAM
/ESHAPE,1

!* SOLVE MODEL
/SOLU
SOLVE
FINISH

!* DISPLAY Ux COMPONENT OF DISPLACEMENT
/POST1
PLDISP,0
/EFACET,1
PLNSOL, U,X, 0,1.0

«Ανάλυση λυγισμού του πείρου οδήγησης»

FINISH
/CLEAR
/TITLE,Static Analysis of the Guides
/PREP7

!* DEFINE GEOMETRICAL KEYPOINTS
k,1,0,0
k,2,0,30

!* DEFINE LINES
l,1,2

!* DEFINE THE ELEMENT TYPE & REAL CONSTRAINS
ET,1,BEAM3
R,1,490.874,19174.76,25, , , ,

!* DEFINE MATERIAL PROPERTIES
MPTEMP,,,,,,,,

```
MPTEMP,1,0  
MPDATA,EX,1,,200e3  
MPDATA,PRXY,1,,0.3
```

```
!* DEFINE THE SIZE OF THE ELEMENTS  
ESIZE,1
```

```
!* APPLY MESH TO LINES  
LMESH,ALL
```

```
!* APPLY BOUNDARY CONDITIONS  
NSEL,S,LOC,Y,30  
D,ALL,ALL,0  
ALLSEL
```

```
!* APPLY LOADS  
NSEL,S,LOC,Y,0  
F,ALL,FX,382.99  
ALLSEL
```

```
!* SET THE TYPE OF ANALYSIS  
ANTYPE,STATIC
```

```
!* SOLVE MODEL  
/SOLU  
SOLVE  
FINISH
```

```
!* DISPLAY Ux COMPONENT OF DISPLACEMENT  
/POST1  
/EFACET,1  
PLNSOL, U,X, 0,1.0
```

«Ανάλυση κάμψης της άνω ενδιάμεσης πλάκας»

```
FINISH  
/CLEAR  
/TITLE,Static Analysis of the Up-Middle Base  
/PREP7
```

```
!* DEFINE GEOMETRICAL KEYPOINTS  
K,1,0,0,0  
K,2,230,0,0  
K,3,230,34,0  
K,4,0,34,0
```

K,5,0,0,95

K,6,230,0,95

K,7,230,34,95

K,8,0,34,95

!* DEFINE LINES

L,1,2

L,2,3

L,3,4

L,4,1

L,5,6

L,6,7

L,7,8

L,8,5

L,1,5

L,2,6

L,3,7

L,4,8

!* DEFINE AREAS

AL,1,2,3,4

AL,5,6,7,8

AL,2,10,6,11

AL,4,9,8,12

AL,3,11,7,12

AL,1,10,5,9

!* DEFINE VOLUME

V,1,2,3,4,5,6,7,8

!* DEFINE THE ELEMENT TYPE

ET,1,SOLID185

KEYOPT,1,2,0

KEYOPT,1,3,0

KEYOPT,1,6,0

KEYOPT,1,10,0

!* DEFINE MATERIAL PROPERTIES

MP,EX,1,210e3

MP,PRXY,1,0.3

!* DEFINE THE NUMBER OF ELEMENTS (50) FOR LINES No. 1,3,5,7

LSEL,S,,,1,7,2,0

LESIZE,ALL,,,50,1,0,,,,

ALLSEL

!* DEFINE THE NUMBER OF ELEMENTS (20) FOR LINES No. 9,10,11,12

LSEL,S,,,9,12,1,0

LESIZE,ALL,,,20,1,0,,,,

ALLSEL

!* DEFINE THE NUMBER OF ELEMENTS (4) FOR LINES No. 2,4,6,8

LSEL,S,,,2,8,2,0

LESIZE,ALL,,,4,1,0,,,,

ALLSEL

!* APPLY MESH TO VOLUME

VMESH,ALL

!THIS IS THE CORRECT MODEL - CLAMP WHERE THE PEIROS IS AND UNIFORM PRESSURE ON THE
BOTTOM

!* APPLY BOUNDARY CONDITIONS: CLAMPING

NSEL,S,LOC,X,133.4

NSEL,A,LOC,X,128.8

NSEL,A,LOC,X,124.2

NSEL,A,LOC,X,119.6

NSEL,A,LOC,X,115

NSEL,A,LOC,X,110.4

NSEL,A,LOC,X,105.8

NSEL,A,LOC,X,101.2

NSEL,A,LOC,X,96.6

NSEL,R,LOC,Y,34

D,ALL,ALL,0

ALLSEL

!* APPLY UNIFORM PRESSURE ON THE BOTTOM OF THE MODEL

NSEL,S,LOC,Y,0

SF,ALL,PRES,-10

ALLSEL

!* SOLVE MODEL

/SOLU

SOLVE

FINISH

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

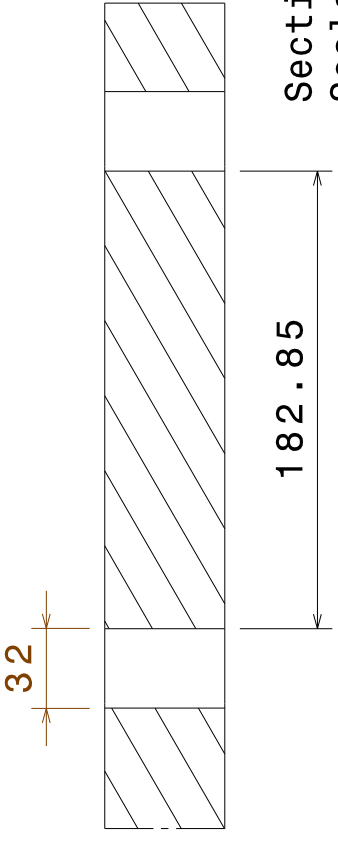
ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

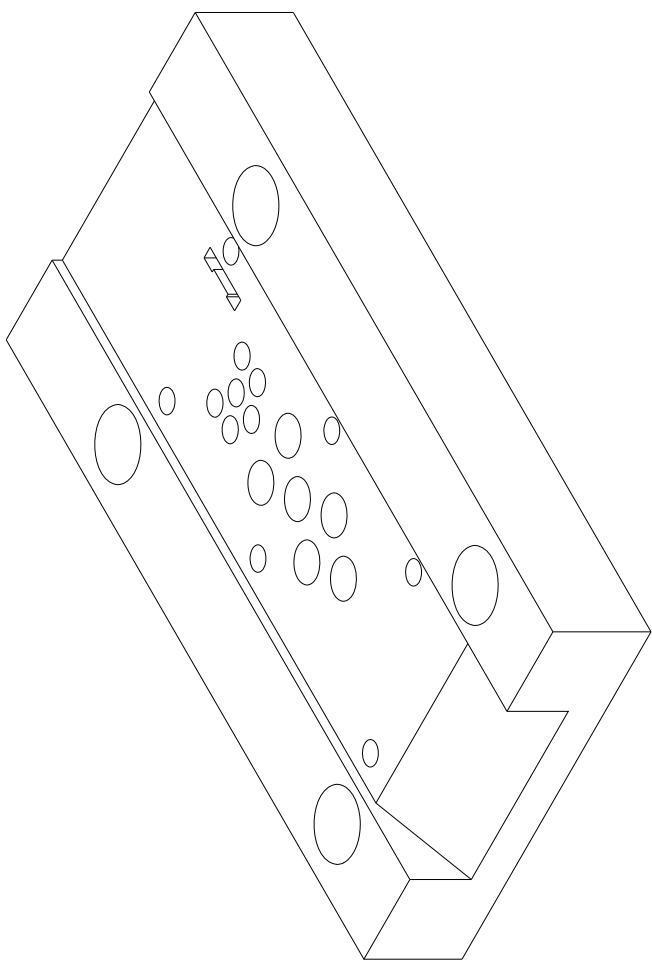
1. Keller Eberhard, Kilgus Roland, Klein Wolfgang and Ott Rudolf, “Τεχνολογία κατασκευής εργαλείων και καλουπιών, Τόμος I & II”, Μετάφραση Βούλγαρης Μελέτιος, Ευρωπαϊκές Τεχνολογίες Εκδόσεις, 1998
2. Ivana Suchy, “Handbook of Die Design”, McGraw-Hill Professional 2 Edition, December 2005
3. David A. Smith, “Die Design Handbook”, Society of Manufacturing Engineers 3 Sub Edition, August 1990
4. Frank W. Wilson, “DIE DESIGN HANDBOOK”, McGRAW-HILL, 2nd Edition, American Society of Tools and Manufacturing, 1965
5. Vukota Boljanovic,” Sheet Metal Forming Processes and Die Design”, Industrial Press, Inc., July 2004
6. Μπαρούνης Κυριάκος «Σημειώσεις μαθήματος Μηχανικές διαμορφώσεις – καλούπια»
7. Ansys Help

INTERNET

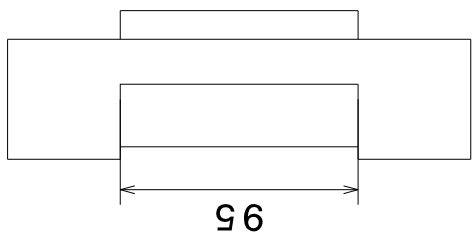
1. CATIA Documentation
2. courseware.mech.ntua.gr



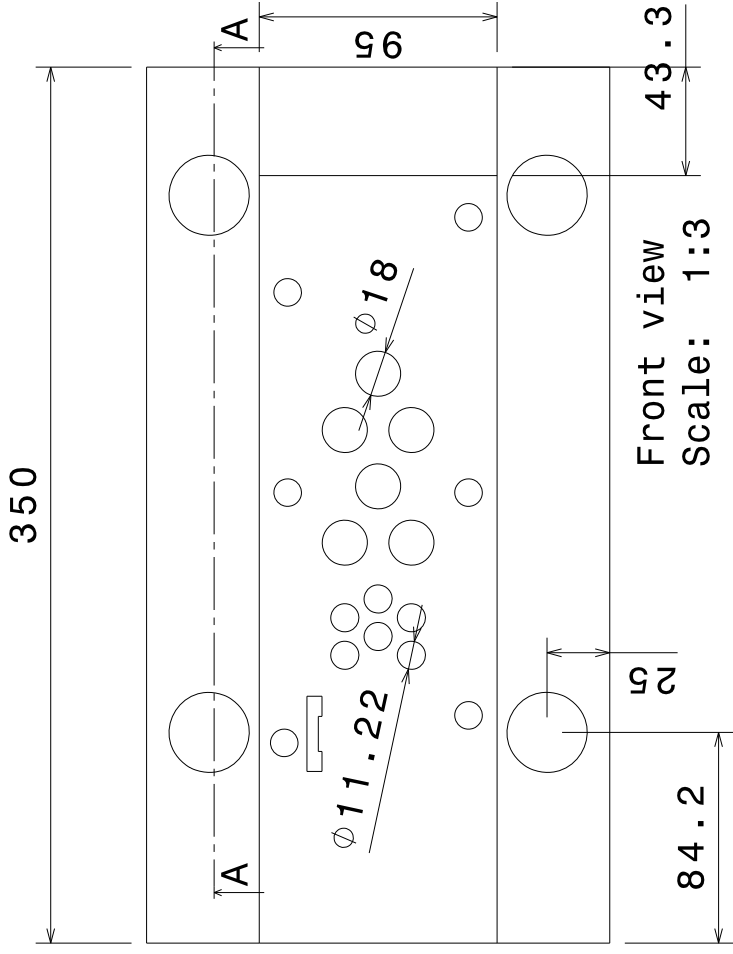
Section view A-A
Scale: 1:3



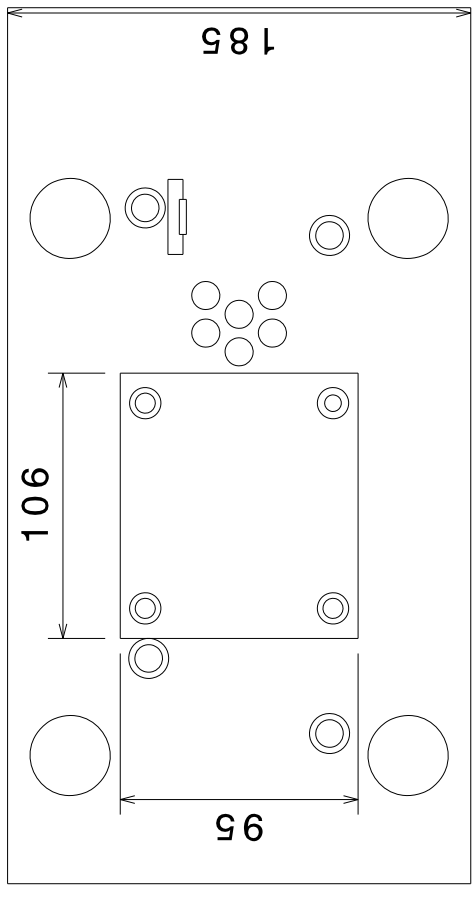
Isometric view
Scale: 1:3



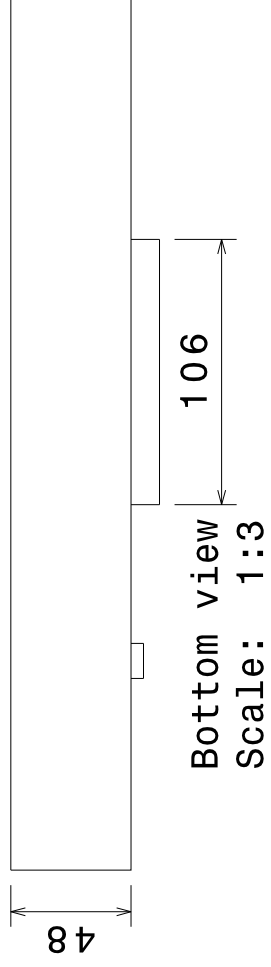
Right view
Scale: 1:3



Front view
Scale: 1:3

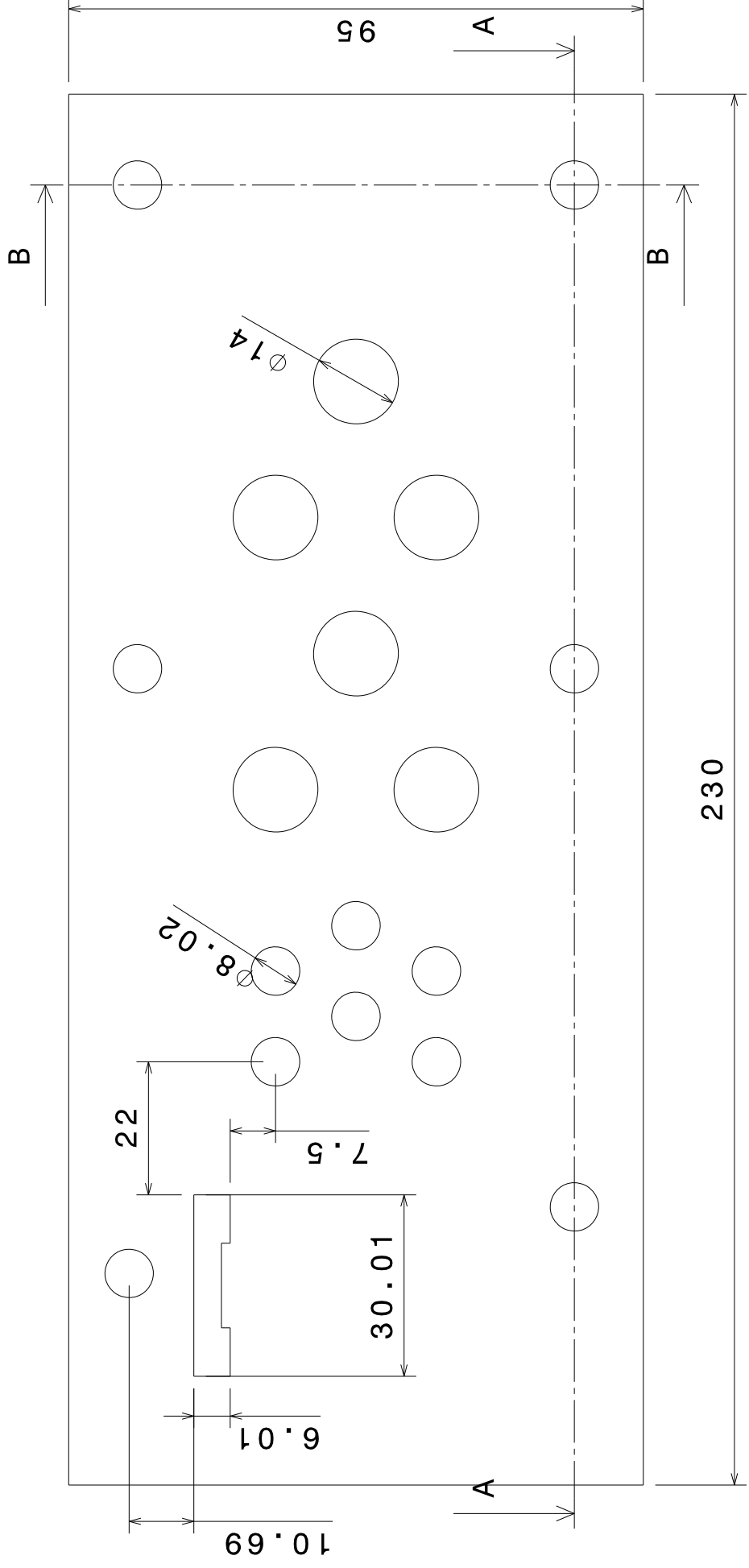


Rear view
Scale: 1:3

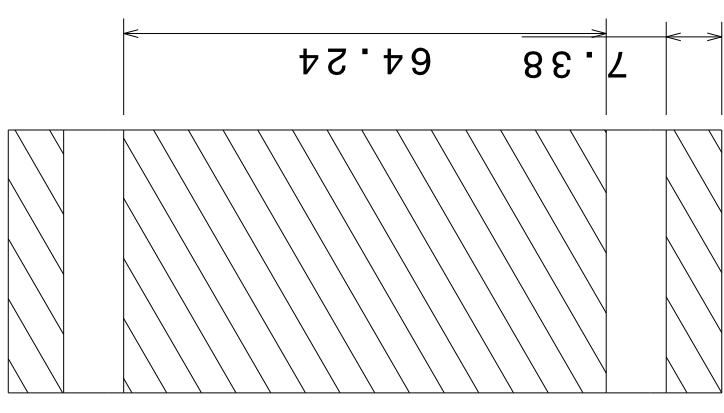


Bottom view
Scale: 1:3

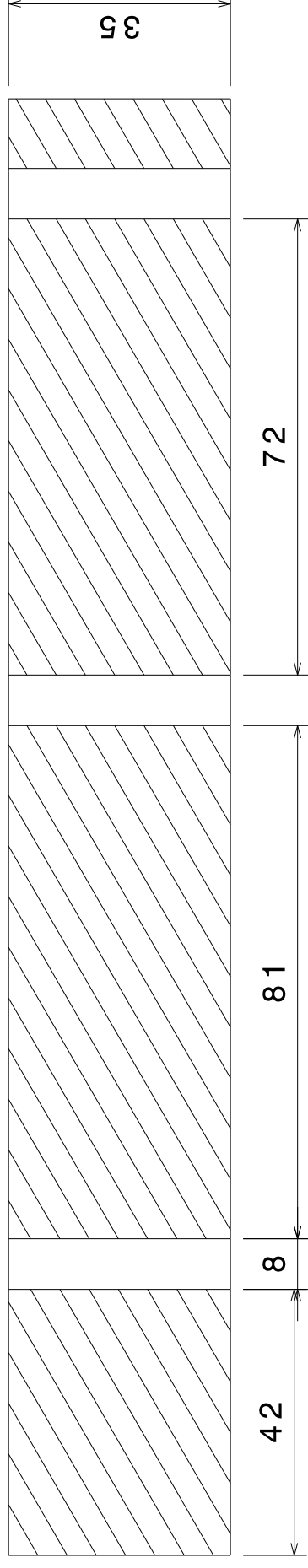
A.T.E.I. PATRAS						
TMHMA	MHXANOLOGIAS					
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN					
RAPANAKHS	IWANNHS					
KATSOURIS	GEWRGIOS					
		QUANTITY	1	NAME	KATW BASH KALOUPIOU	MATERIAL
						STEEL



Front view
Scale: 1:1

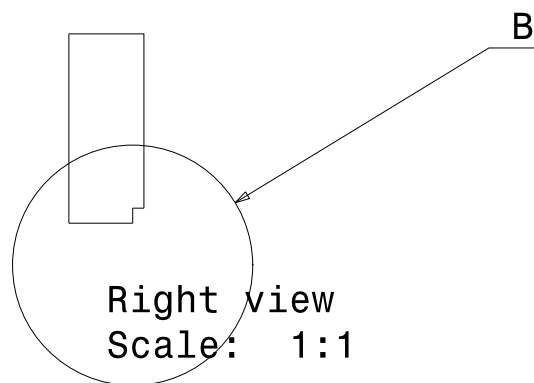
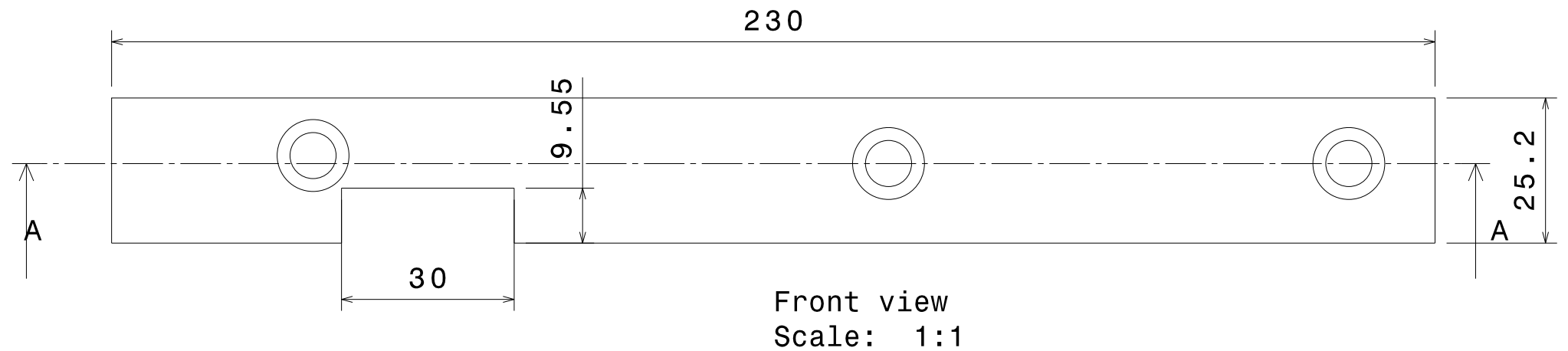
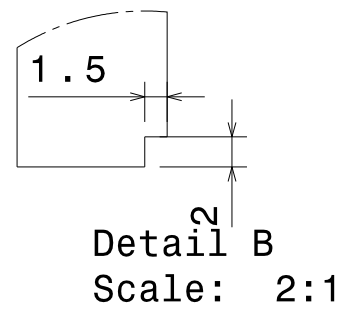
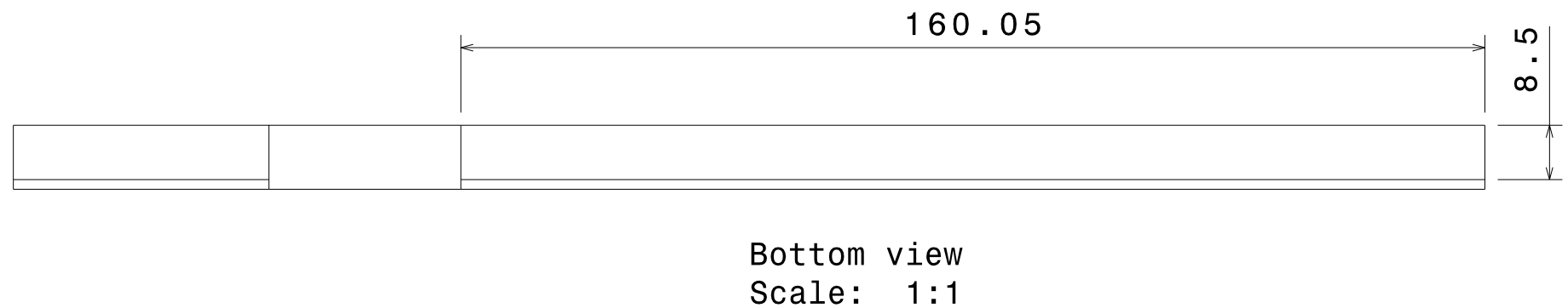
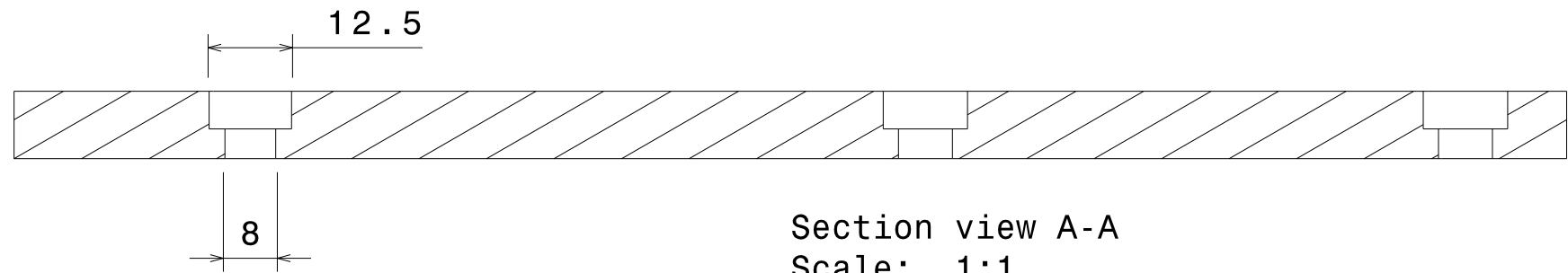


Section view B-B
Scale: 1:1

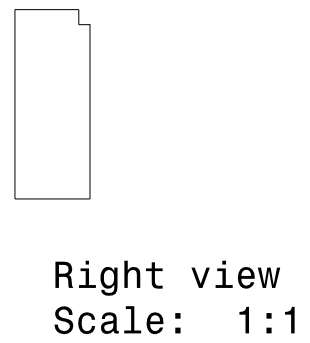
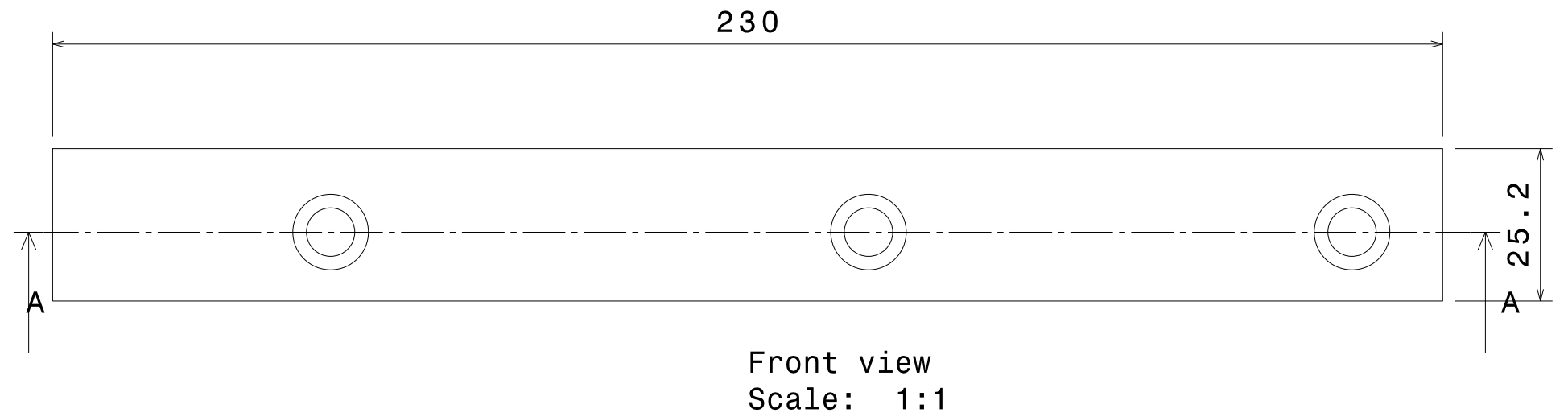
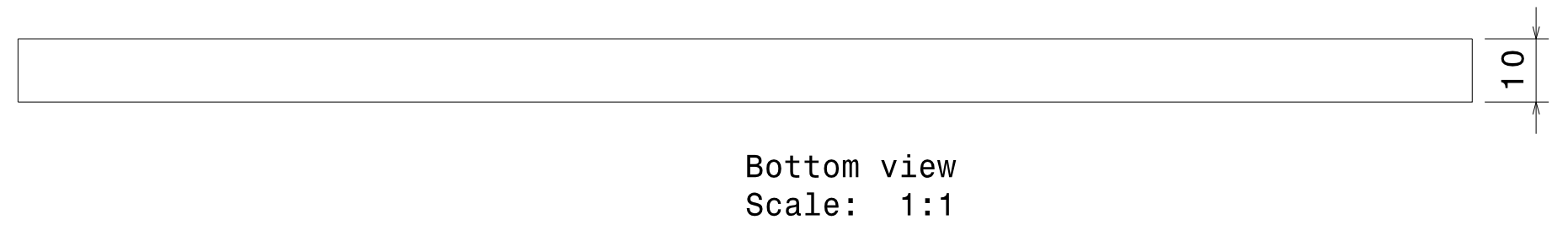
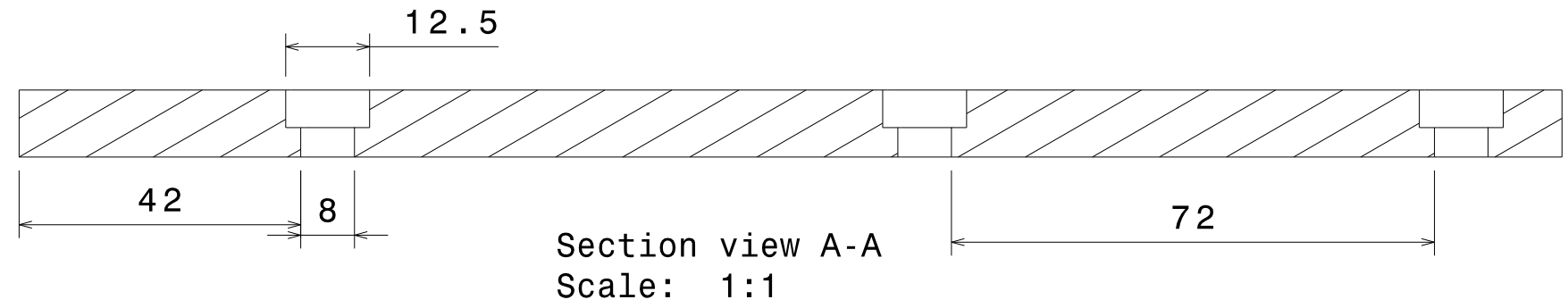


Section view A-A
Scale: 1:1

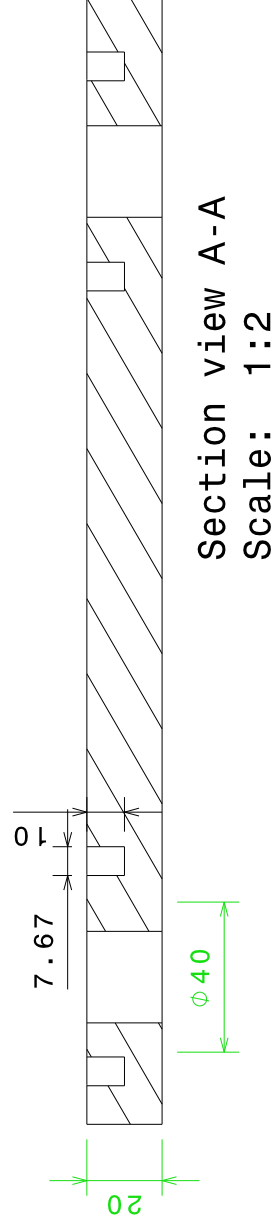
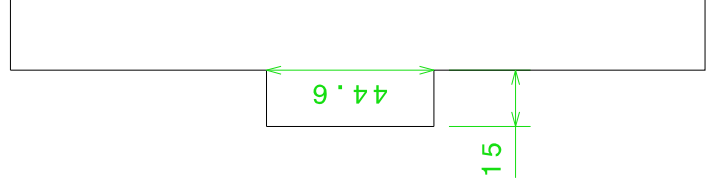
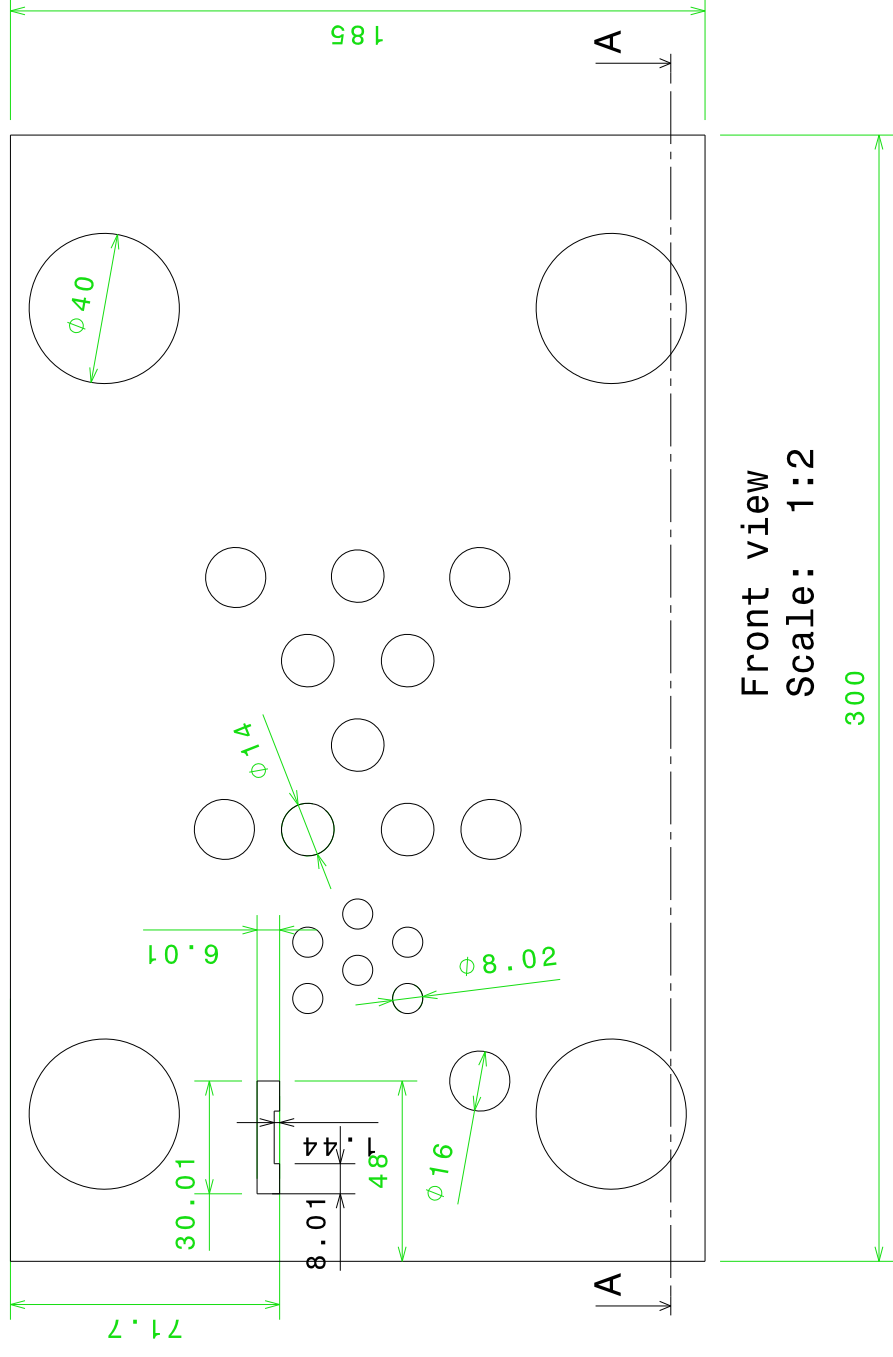
A.T.E.I. PATRAS					
TMHMA	MHXANOLOGIAS				-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN				
RAPANAKHS	IWANNHS				
KATSOURIS	GEWRGIOS				
		QUANTITY	NAME	MATERIAL	
		1	MHTRA	STEEL	



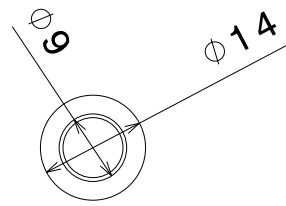
A.T.E.I. PATRAS				
TMHMA	MHXANOLOGIAS			-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN			
RAPANAKHS	IWANNHS			
KATSOURIS	GEWRGIOS			
		QUANTITY	NAME	MATERIAL
		1	ODHGOS LAMARINAS 1	STEEL



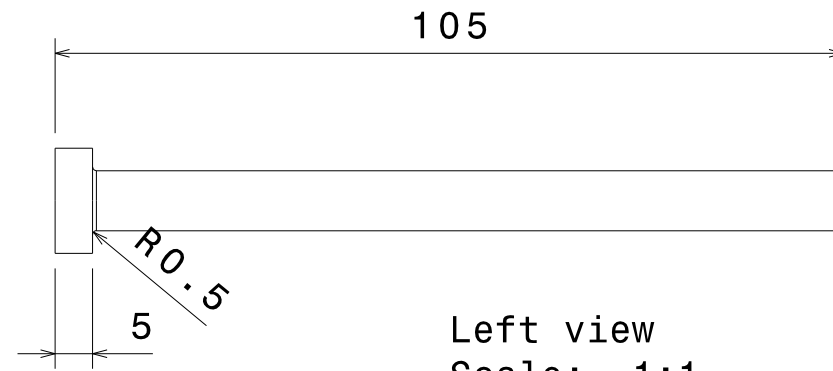
A.T.E.I. PATRAS				
TMHMA	MHXANOLOGIAS			-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN			
RAPANAKHS	IWANNHS			
KATSOURIS	GEWRGIOS			
		QUANTITY	NAME	MATERIAL
		1	ODHGOS LAMARINAS 2	STEEL



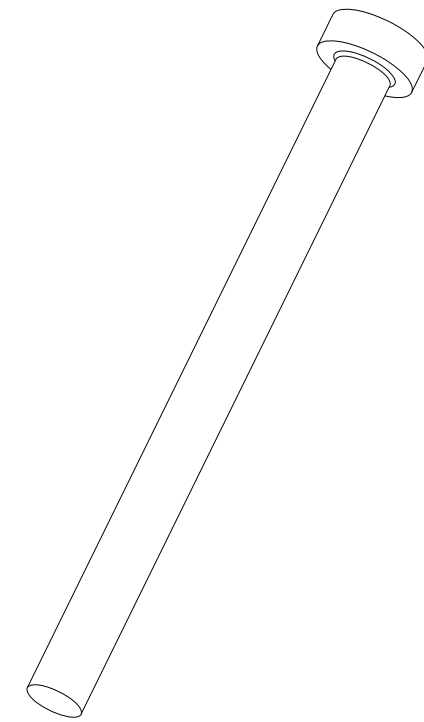
A.T.E.I. PATRAS					
TMHMA	MHXANOLOGIAS				-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN				
RAPANAKHS	IWANNHS				
KATSOURIS	GEWRGIOS				
		QUANTITY	NAME	MATERIAL	
		1	EKSOLKEAS EMBOLWN	STEEL	



Front view
Scale: 1:1

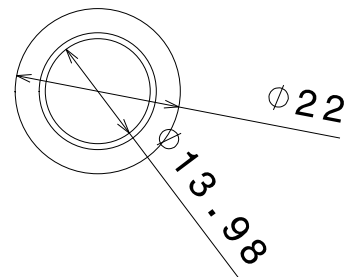


Left view
Scale: 1:1

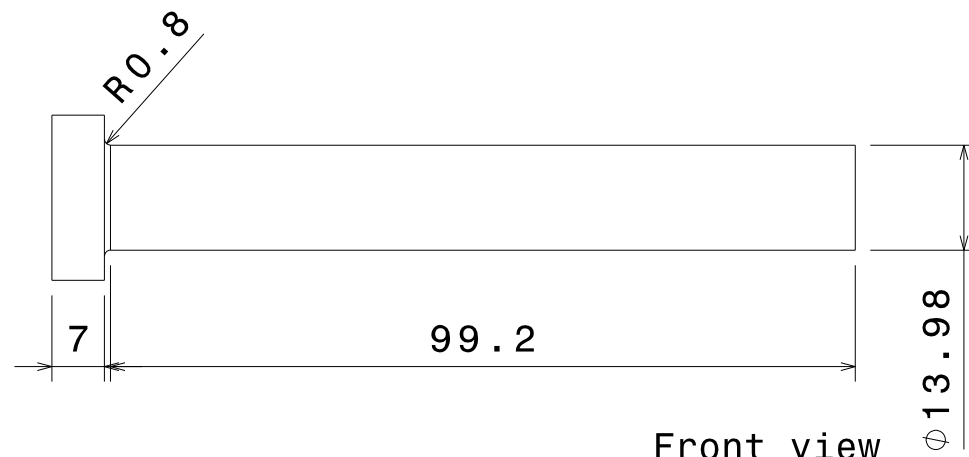


Isometric view
Scale: 1:1

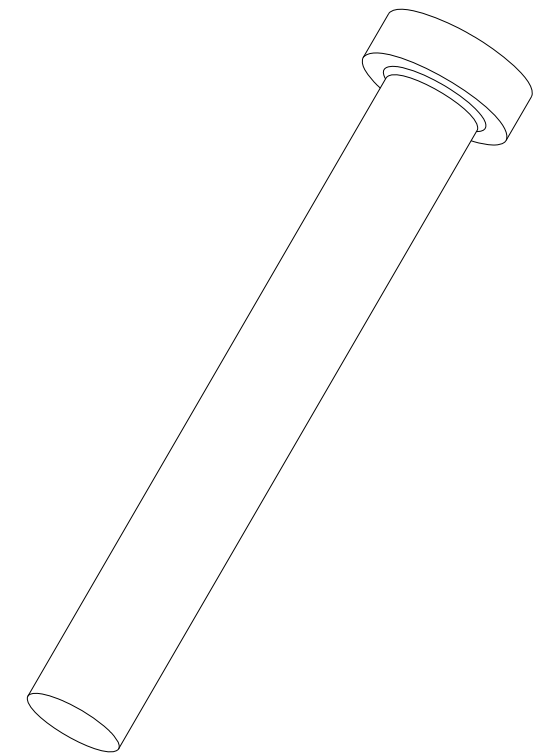
A.T.E.I. PATRAS				
TMHMA	MHXANOLOGIAS			-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN			
RAPANAKHS	IWANNHS			
KATSOURIS	GEWRGIOS			
		QUANTITY	NAME	MATERIAL
		6	EMBOLO DIATRISHS	STEEL



Front view
Scale: 1:1



Front view
Scale: 1:1

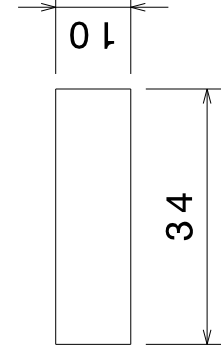
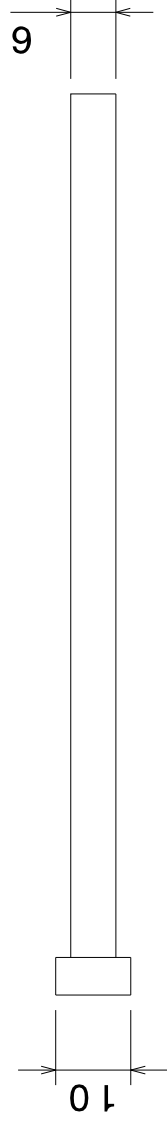
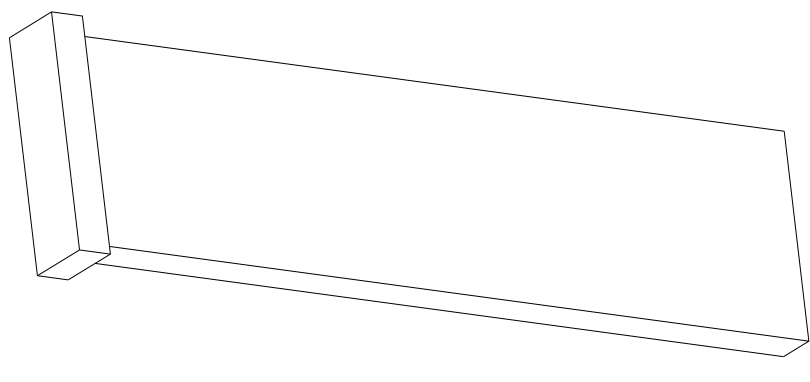


Isometric view
Scale: 1:1

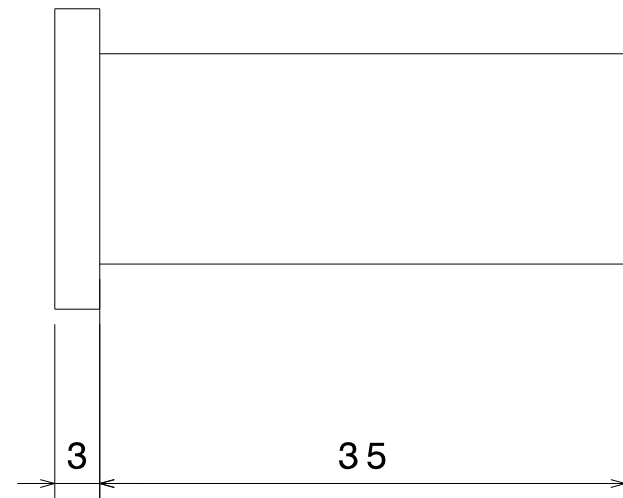
A.T.E.I. PATRAS				
TMHMA	MHXANOLOGIAS			-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN			
RAPANAKHS	IWANNHS			
KATSOURIS	GEWRGIOS			
		QUANTITY	NAME	MATERIAL
		6	EMBOLO EKTOMHS	STEEL



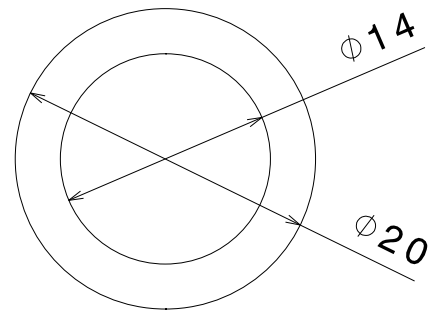
Isometric view
Scale: 1:1



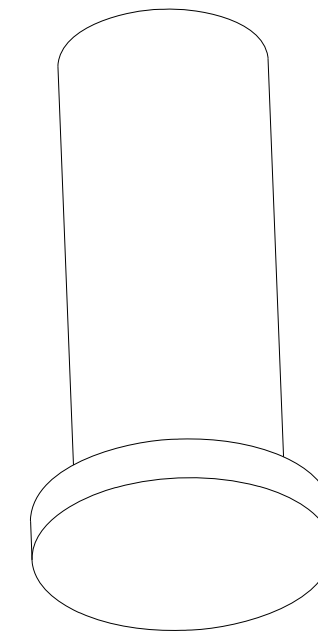
A.T.E.I. PATRAS					
TMHMA	MHXANOLOGIAS				-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN				
RAPANAKHS	IWANNHS				
KATSOURIS	GEWRGIOS				
		QUANTITY	NAME	MATERIAL	
		1	EMBOLO PLAGIOKOPHTH	STEEL	



Front view
Scale: 2:1

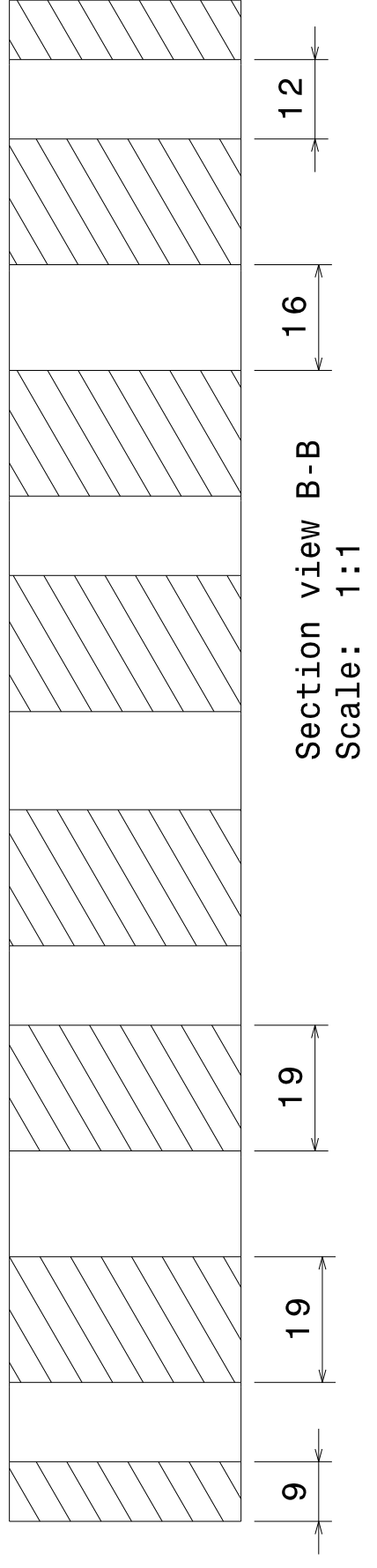
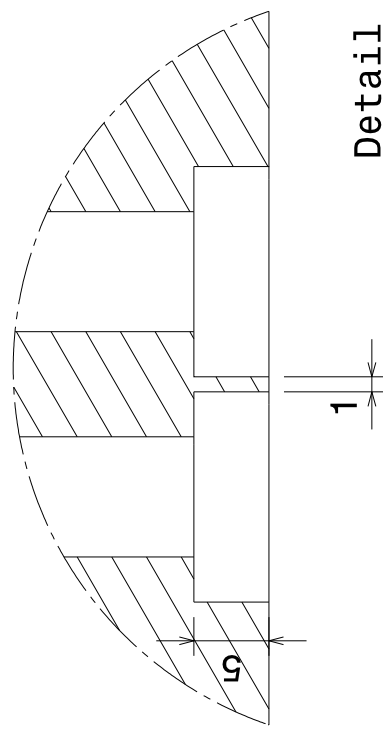
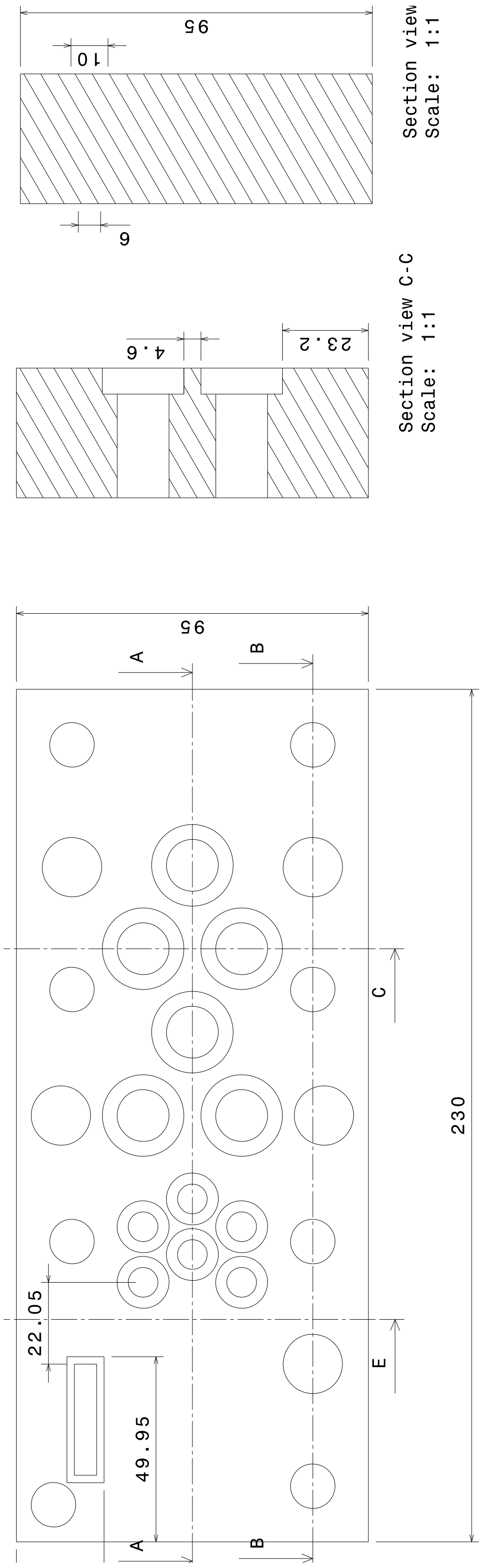


Right view
Scale: 2:1

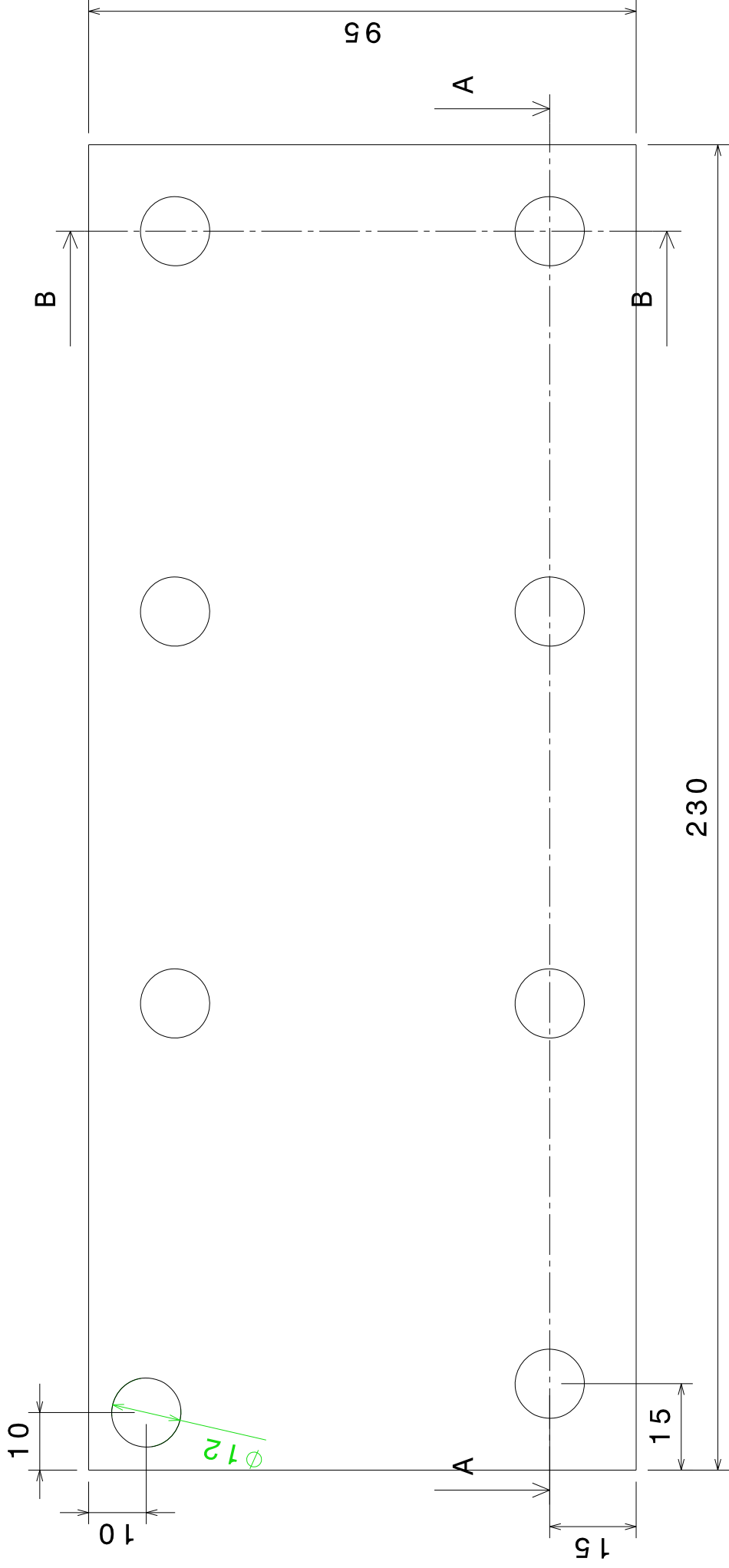


Isometric view
Scale: 2:1

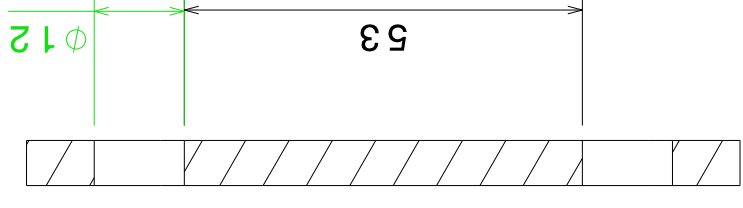
A.T.E.I. PATRAS				
TMHMA	MHXANOLOGIAS			-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN			
RAPANAKHS	IWANNHS			
KATSOURIS	GEWRGIOS			
		QUANTITY	NAME	MATERIAL
		6	EMBOLO EKSOLKEA MHTRAS	STEEL



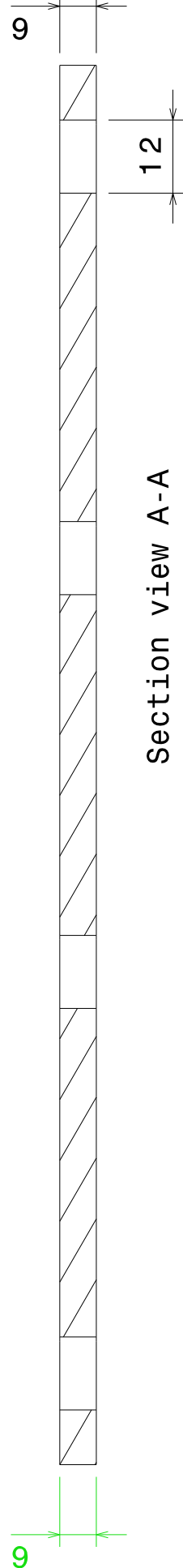
A.T.E.I. PATRAS	MHXANOLOGIAS			
TMHMA	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN			-
ERGASTHRIO	IWANNHS			
RAPANAKHS	GEWRGIOS			
KATSOURIS				
		QUANTITY	NAME	MATERIAL
		1	BASH STHRIKISIS EMBOLWN	STEEL



Front view
Scale: 1:1

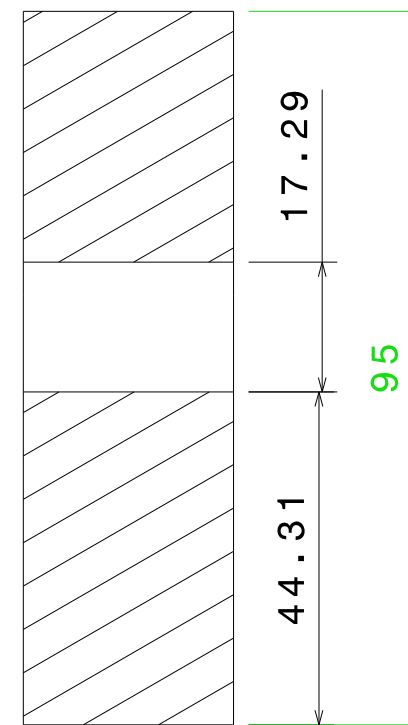
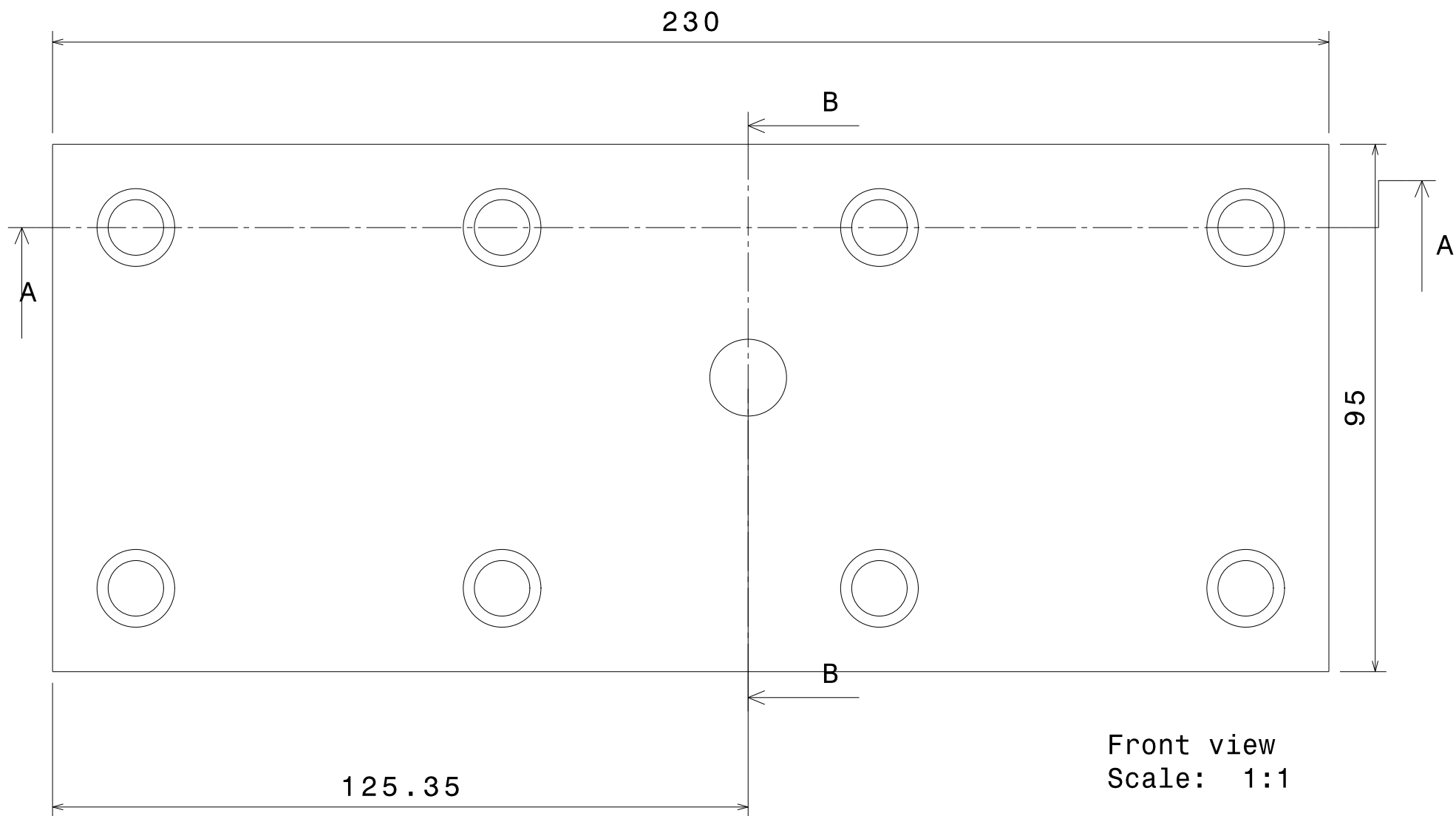


Section view B-B
Scale: 1:1

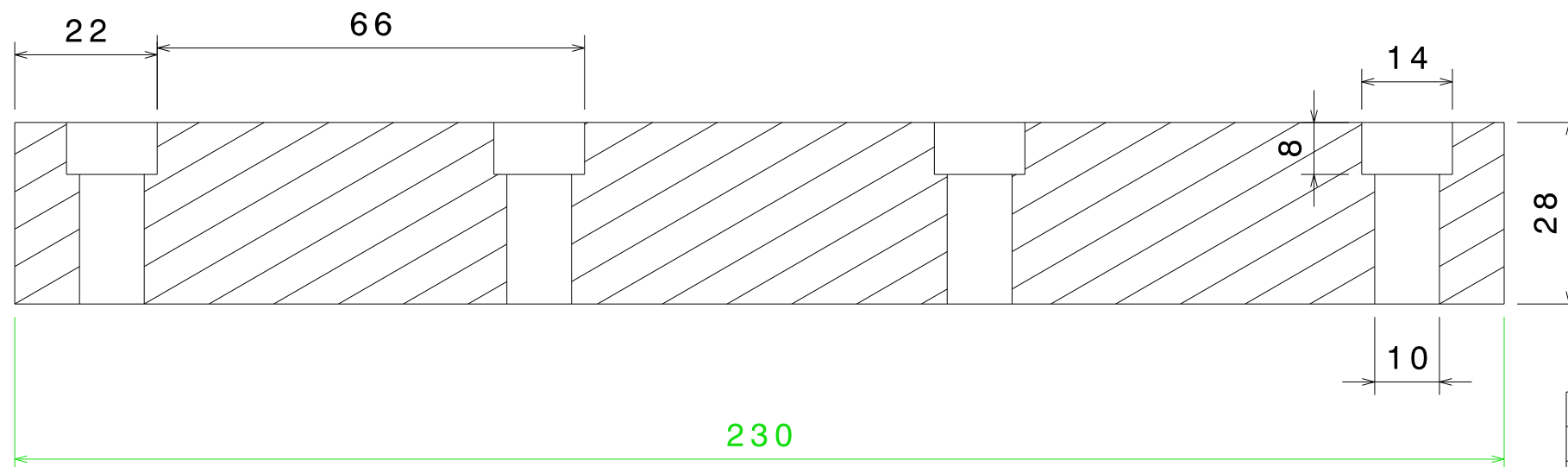


Section view A-A
Scale: 1:1

A.T.E.I. PATRAS					
TMHMA	MHXANOLOGIAS				-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN				
RAPANAKHS	IWANNHS				
KATSOURIS	GEWRGIOS				
		QUANTITY	1	NAME	MATERIAL
				ANW ENDIAMESH PLAKA	STEEL

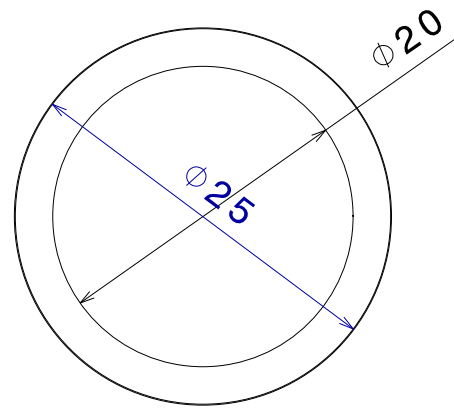


Section view B-B
Scale: 1:1

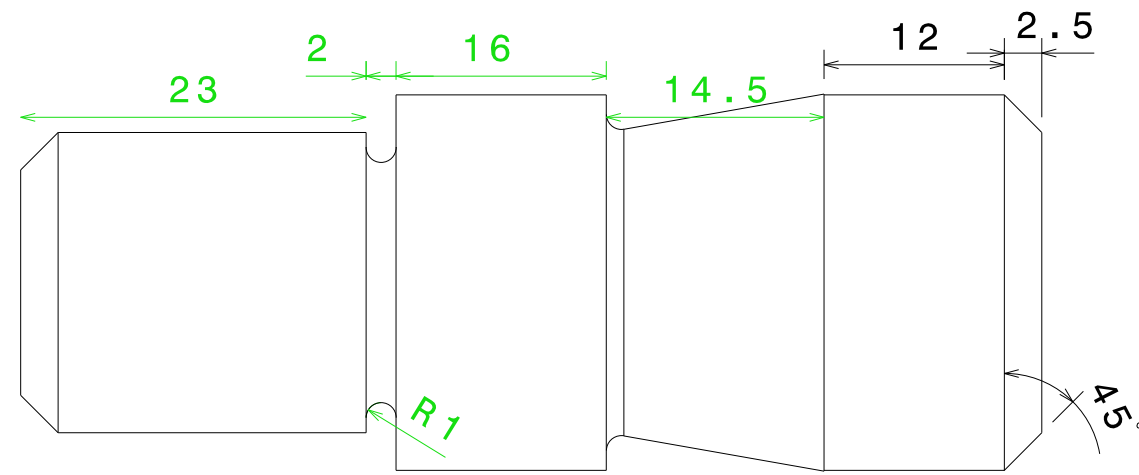


Section view A-A
Scale: 1:1

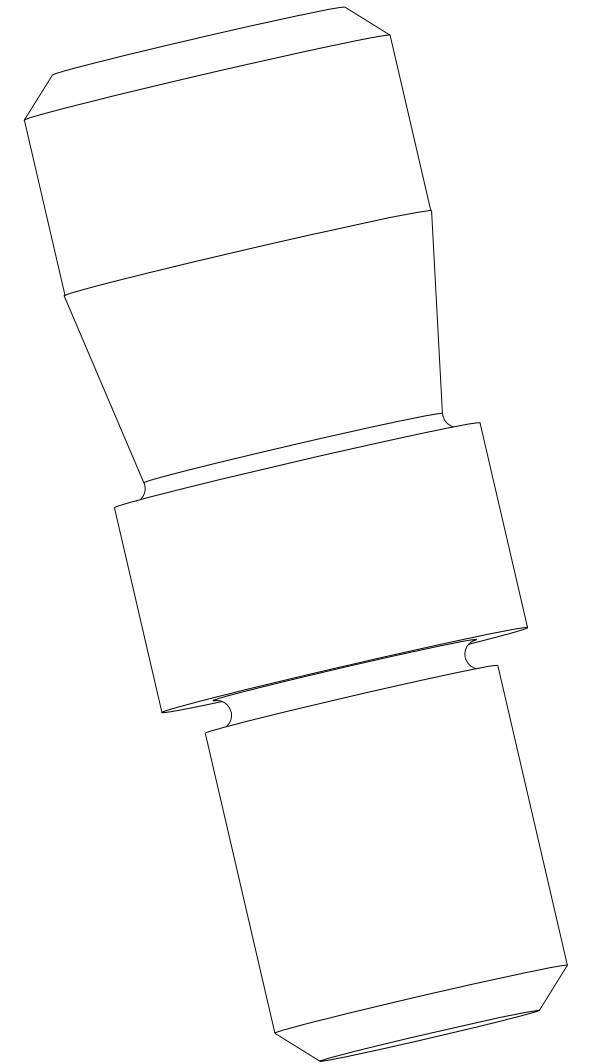
A.T.E.I. PATRAS				
TMHMA	MHXANOLOGIAS			-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN			
RAPANAKHS	IWANNHS			
KATSOURIS	GEWRGIOS			
		QUANTITY	NAME	MATERIAL
		1	ANW BASH KALOUIPIOU	STEEL



Right view
Scale: 2:1

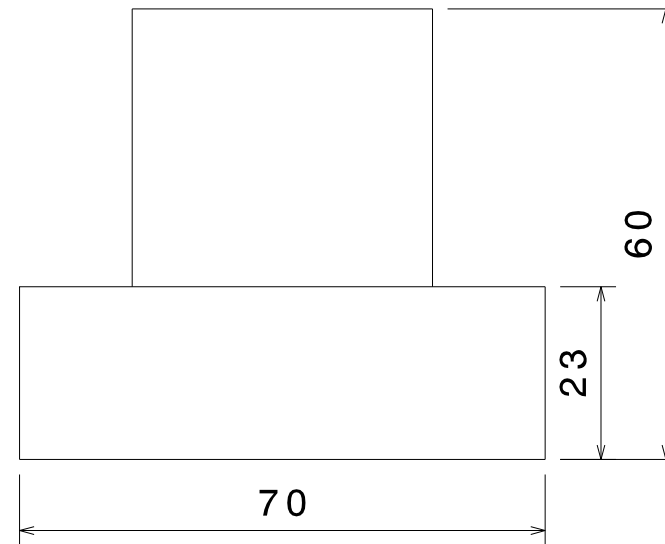
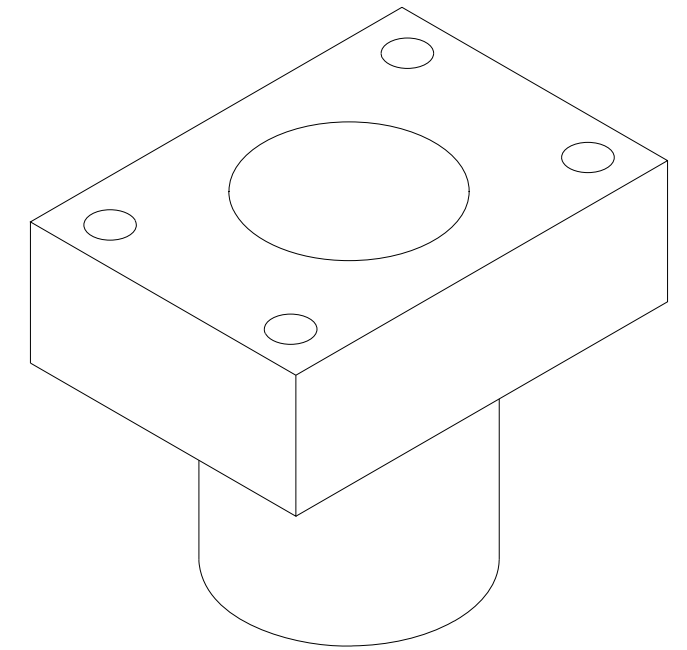
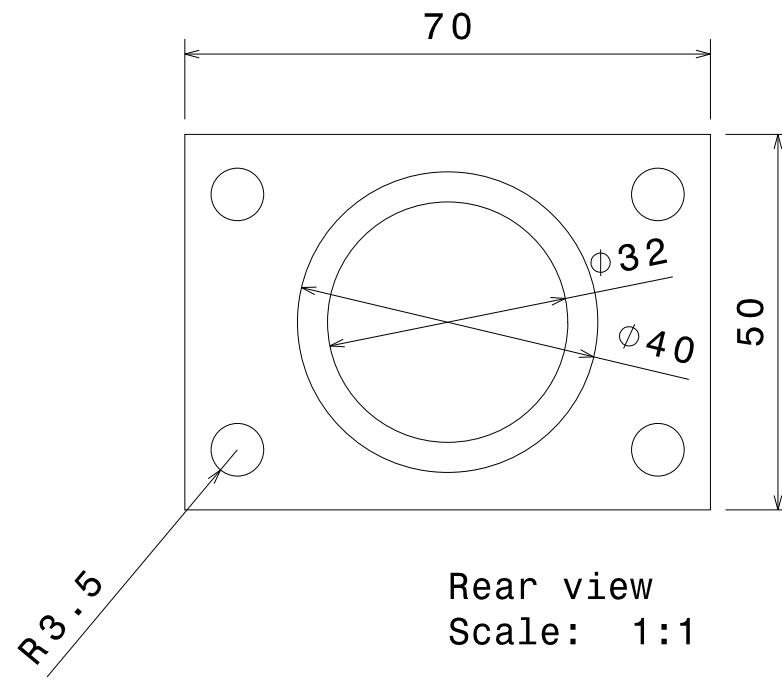
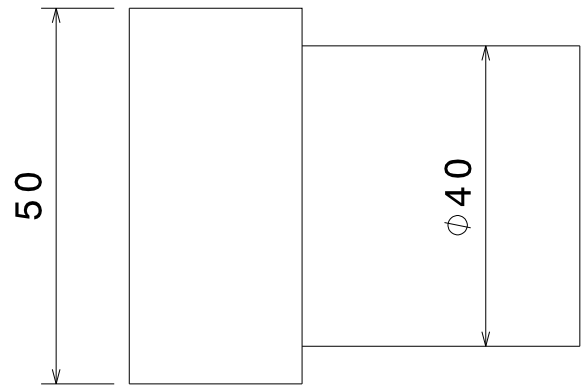


Front view
Scale: 2:1

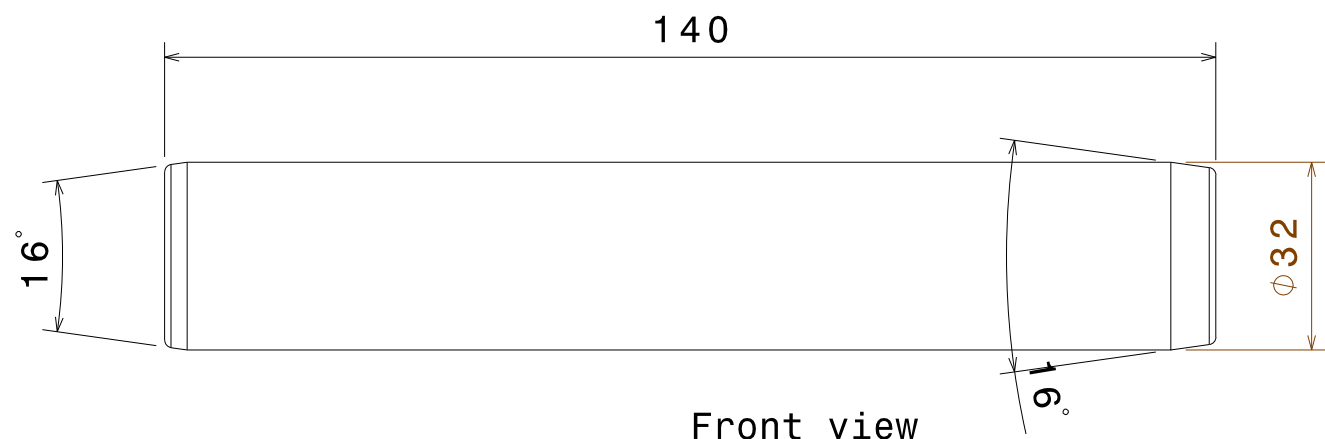


Isometric view
Scale: 2:1

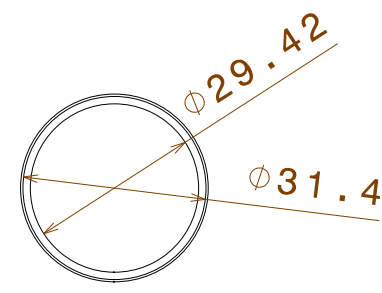
A.T.E.I. PATRAS				
TMHMA	MHXANOLOGIAS			-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN			
RAPANAKHS	IWANNHS			
KATSOURIS	GEWRGIOS			
		QUANTITY	NAME	MATERIAL
		1	PEIROS SYGKRATISIS	STEEL



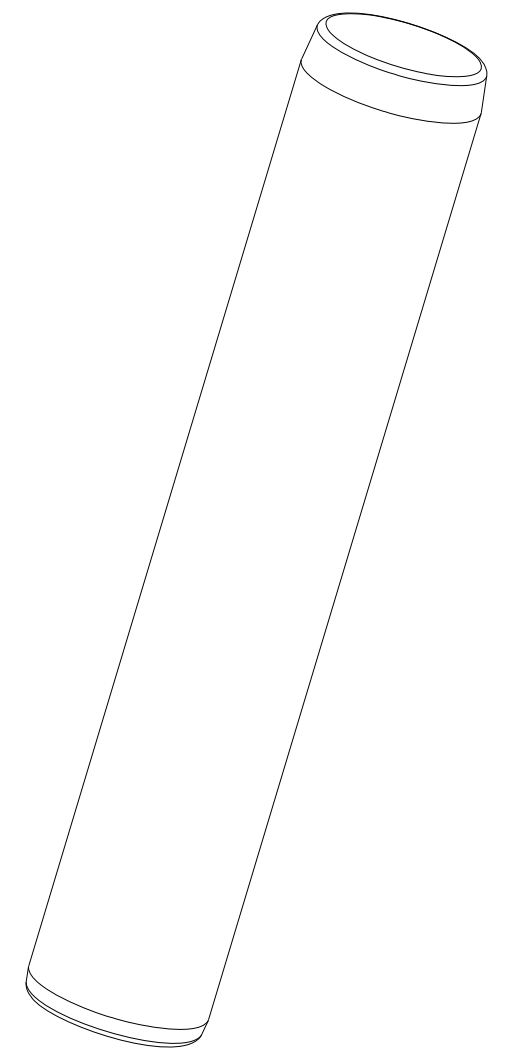
A.T.E.I. PATRAS				
TMHMA	MHXANOLOGIAS			-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN			
RAPANAKHS	IWANNHS			
KATSOURIS	GEWRGIOS			
		QUANTITY	NAME	MATERIAL
		4	DAKTYLIOS OLIS8ISHS	STEEL



Front view
Scale: 1:1

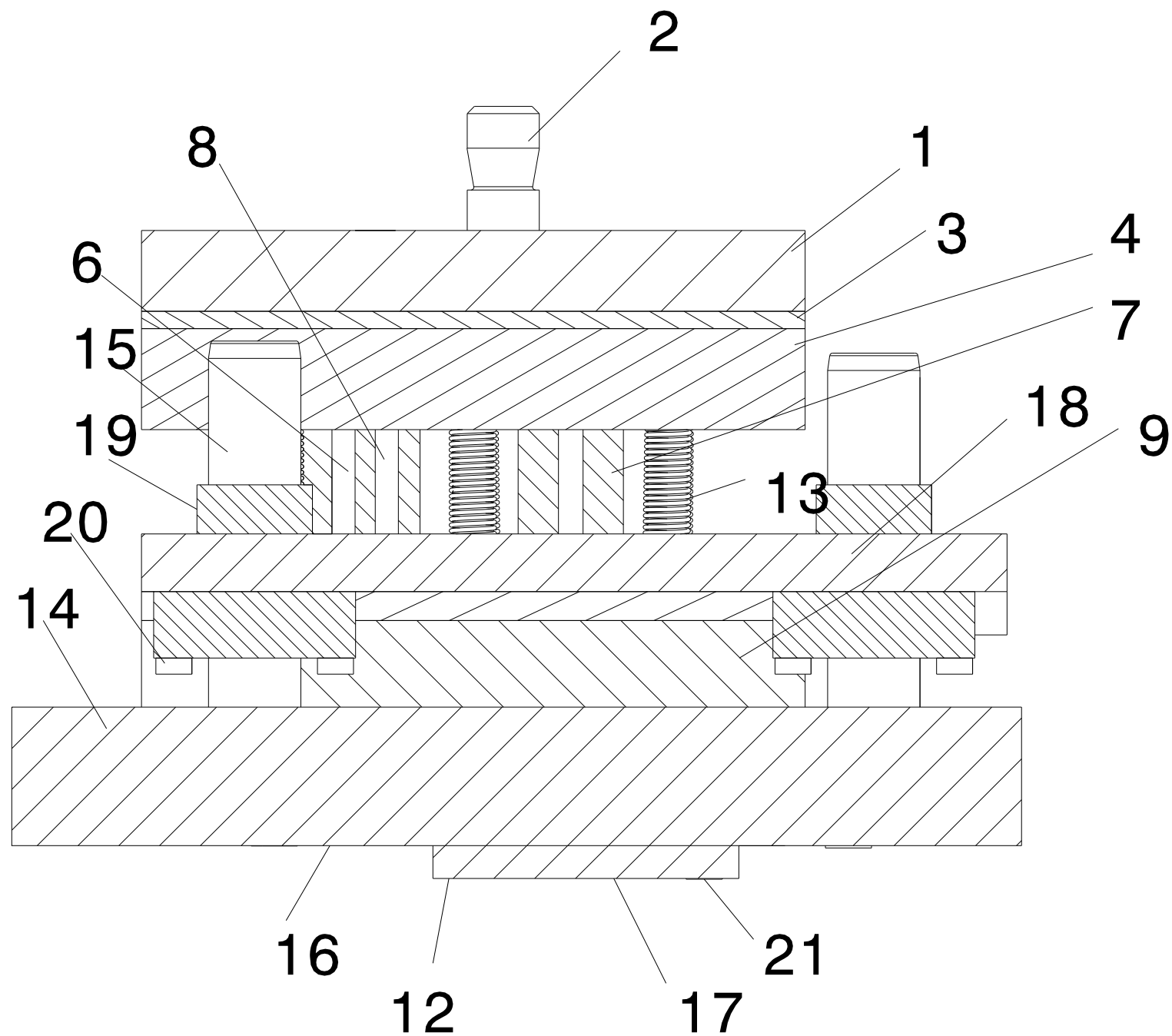


Left view
Scale: 1:1



Isometric view
Scale: 1:1

A.T.E.I. PATRAS				
TMHMA	MHXANOLOGIAS			-
ERGASTHRIO	C.N.C. ERGALEIOMHXANWN			
RAPANAKHS	IWANNHS			
KATSOURIS	GEWRGIOS			
		QUANTITY	NAME	MATERIAL
		4	PEIROS OLIS8ISHS	STEEL



A.T.E.I. PATRAS		SXEDIASMOS KOPTIKOU	
TMHMA		MHXANOLOGIAS	
ERGASTHRIO		C.N.C. ERGALEIOMHXANWN	
RAPANAKHS		IWANNHS	
KATSOURIS		GEWRGIOS	
Quantity	Part Name	Part Number	Material
1	Anw vasi	1	Steel
1	Peiros sigkratisis	2	Steel
1	Ano endiamesi plaka	3	Steel
1	Vasi stiriksis embolwn	4	Steel
8	Bides M10x1.5	5	Steel
6	Embolo Diatrisis	6	Steel
6	Embolo ektomis	7	Steel
1	Embolo plagiokopti	8	Steel
1	Mitra	9	Steel
1	Odigos lamarinas 1	10	Steel
1	Odigos lamarinas 2	11	Steel
10	Bides M8x1.5	12	Steel
5	Elatiria eksolkea embolwn	13	Steel
1	Katw vasi	14	Steel
4	Odigos olisthisis	15	Steel
6	Bides M11x1.5	16	Steel
6	Eksolkeas mitras	17	Steel
1	Eksolkeas embolwn	18	Steel
4	Daktilioi olisthisis	19	Steel
16	Bides M8x1.5	20	Steel
6	Elatirio eksolkea mitras	21	Steel