

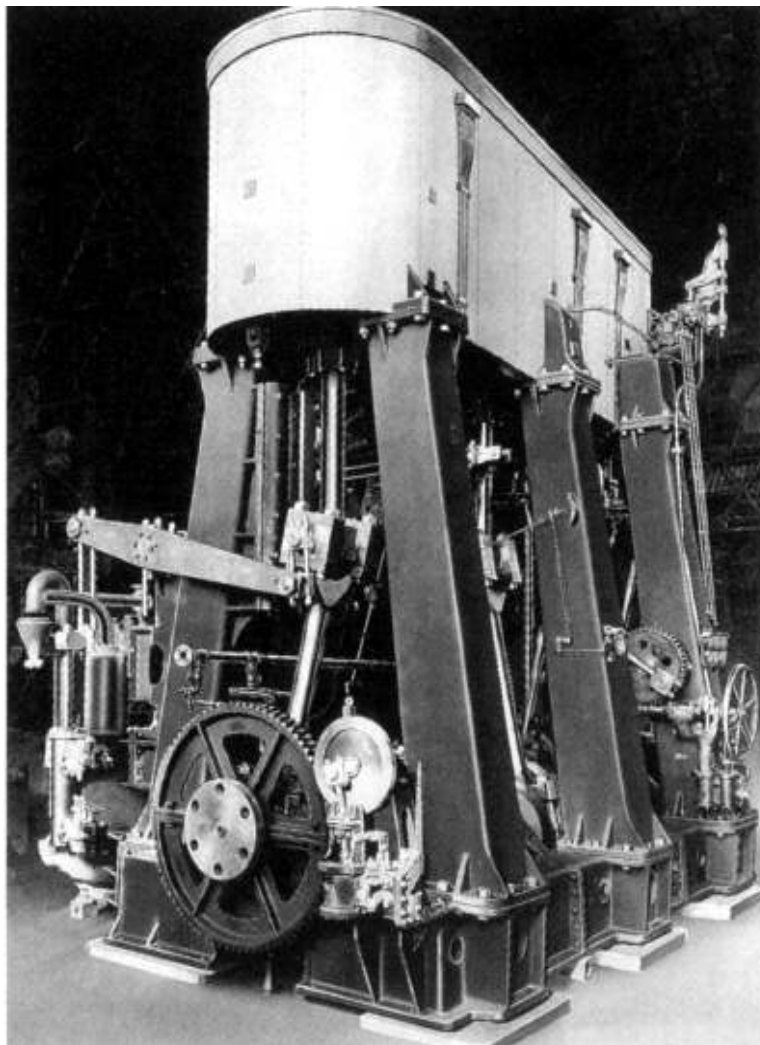


T.E.I.
ΠΑΤΡΑΣ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΗ: Βασιλείου Αλέξανδρος
ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Τζώρας Σπυρίδων

ΠΑΤΡΑ – 2011

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία αναφέρεται στην κατασκευή ενός μοντέλου μονοκύλινδρης παλινδρομικής μηχανής, το οποίο χρησιμοποιεί ως κινητήριο μέσο απλό αέρα. Όλη η κίνηση του δημιουργείται από την κυκλοφορία πιεσμένου αέρα στο εσωτερικό του κυλίνδρου ωθώντας τον σε παλινδρομική κίνηση. Η μηχανή είναι αντίγραφο της μηχανής των πλοίων Liberty με τις διαφορές ότι οι μηχανές αυτές αποτελούνταν από τρεις κυλίνδρους διαφορετικών διαμετρών, αλλά και ότι για την κίνηση τους χρησιμοποιούσαν ατμό που παραγόταν μέσω καυστήρων. Η κατασκευή ξεκίνησε και ολοκληρώθηκε σε μηχανουργείο της Ελευσίνας και χρησιμοποιήθηκαν όλες οι εργαλειομηχανές που ήταν εφοδιασμένο πλην του κουρμπαδόρου, όπως τόνος, φρέζα, δρόπανο, ψαλίδι κ.α.

Αξίζει να σημειωθεί πως ήταν απαραίτητο ένα ταξίδι στο νησί της Ζακύνθου στο Ναυτικό και Ιστορικό μουσείο για επίσκεψη ενός πλοίου Liberty όπου φιλοξενούταν εκεί για συγκομιδή πληροφοριών και μελέτη του κινητήρα του από κοντά, διότι ήταν αδύνατη η εύρεση σχεδίων του για την πλήρη κατασκευή του στις κατάλληλες διαστάσεις βάσει κλίμακας. Έτσι το μοντέλο αυτό δημιουργήθηκε χωρίς ακριβή κλίμακα, αλλά αναπαριστά πλήρως την αρχή λειτουργίας της μηχανής.

Λόγω της έλλειψης ακριβούς κλίμακας δημιουργήθηκαν και καταστράφηκαν πολλά εξαρτήματα έως ότου φτάσουν στην τελική μορφή και διάσταση. Ακόμη πολλά εξαρτήματα καταστράφηκαν κατά τη διάρκεια δοκίμων λειτουργίας της μηχανής για τον ίδιο λόγο ή λόγω κατασκευαστικών λαθών.

Ο χρόνος που χρειάστηκε για την ολοκλήρωση της κατασκευής ήταν δεκαεννέα μήνες εργασιών, δοκιμών και συλλογής πληροφοριών.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παλινδρομική μηχανή που κατασκευάστηκε είναι αντίγραφο μιας μηχανής ορόσημο στην ιστορία της μηχανικής γενικότερα, αλλά και της ναυσιπλοΐας ειδικότερα. Η μηχανή αυτή είναι των περίφημων πλοίων LIBERTY, τα οποία πρωτοταξίδεψαν για χάρη του πολεμικού Αμερικανικού στόλου μεταφέροντας μεγάλα φορτία κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου πολέμου. Στη συνέχεια τα πλοία αυτά χρησιμοποιήθηκαν στην εμπορική ναυτιλία με τεράστια επιτυχία, κυριαρχώντας στους ωκεανούς για πολλά χρόνια.

Η μηχανή των LIBERTY έφερε επανάσταση στον τρόπο κατασκευής των μηχανών, καθώς ο τρόπος λειτουργίας του ήταν μοναδικός και παρά την χρήση κινητηρίου μέσου τον ατμό, μπορούσε να πιάσει εξαιρετικά υψηλές ταχύτητες για την εποχή. Η βασική αρχή λειτουργίας της είναι η κατεύθυνση του ατμού στην τρικύλινδρη μηχανή μέσω θυρίδων που είναι τοποθετημένες δίπλα από κάθε κύλινδρο και διοχετεύοντας τον στο εσωτερικό του κινεί τα διαφορετικής διατομής έμβολα.

Η ιδέα για την προσπάθεια κατασκευής αυτής της μηχανής πάρθηκε από την πρωτοπορία και πρωτοτυπία στην αρχή λειτουργίας της. Ακόμη πολλές πληροφορίες πάρθηκαν μετά από ταξίδι στο ναυτικό και ιστορικό μουσείο της Ζακύνθου όπου το Δεκέμβρη του 2009 είχε φιλοξενήσει ένα τέτοιο πλοίο για μια εκδήλωση προς τιμήν της Ελληνικής Ναυτιλίας.

Πρέπει να τονιστεί πως λόγω έλλειψης σχεδίων το κατασκευασμένο μοντέλο δεν είναι σε ακριβή κλίμακα, αλλά κατασκευάστηκε μετά από πλήθος δοκιμών και πειραμάτων στις διαστάσεις των εξαρτημάτων. Έτσι ολοκληρώθηκε με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί η μηχανή να λειτουργεί και να είναι σε θέση να κινείται. Για το λόγο αυτό και υπάρχουν και πολλές απώλειες ενέργειας.

Στο μοντέλο μηχανής που κατασκευάστηκε έχει χρησιμοποιηθεί ως κινητήριο μέσο ο πιεσμένος αέρας αντί για ατμό για εξοικονόμηση χρημάτων, όγκου κατασκευής, έλλειψης γνώσεων σχετικά με την κατασκευή καυστήρων, αλλά και ότι με κάποιες μετατροπές μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτική πηγή κίνησης.

Όλη η προσπάθεια κατασκευής έγινε σε μηχανουργείο στην Ελευσίνα και το κόστος για τη δημιουργία της δεν είναι άλλο παρά ο χρόνος που χρειάστηκε για την ολοκλήρωση της, καθώς όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν από περισσεύματα υλικών κατασκευών του μηχανουργείου που δεν χρειάζονταν πλέον. Για την κατασκευή των εξαρτημάτων χρησιμοποιήθηκαν οι περισσότερες εργαλειομηχανές του μηχανουργείου, όπως τόννος, φρέζα, στράντζα, δράπανο, μηχανή plasma και άλλες. Επιπλέον κάποια μπρούντζινα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν κατασκευάστηκαν από εθελοντή μηχανικό αφιλοκερδώς.

Τέλος, μέχρι την ολοκλήρωση του μοντέλου καταστράφηκαν πολλά εξαρτήματα, είτε από λανθασμένες διαστάσεις, είτε από δοκιμές λειτουργίας της μηχανής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- i. **Εισαγωγή : Τα πλοία Liberty και η μηχανή τους** σελ. 07-09

- ii. **Κεφάλαιο 1 : Οι Εργαλειομηχανές** σελ. 10-26
 - 1.1 Ο Τόρνος σελ. 10-15
 - 1.2 Η Φρέζα σελ. 16-18
 - 1.3 Το Δράπανο σελ. 19-20
 - 1.4 Η Στράντζα σελ. 21-22
 - 1.5 Το Ψαλίδι σελ. 23-24
 - 1.6 Το Πριόνι σελ. 25
 - 1.7 Το Πλάσμα σελ. 26

- iii. **Κεφάλαιο 2 : Αρχή Κατασκευής** σελ. 27-67
 - 2.1 Βάση Στήριξης σελ. 29-31
 - 2.2 Στροφαλοφόρος Άξονας & Μέρη του σελ. 32-35
 - 2.3 Στηρίγματα Κυλίνδρου & Βάση Γλίστρας σελ. 36-39
 - 2.4 Γλίστρα και Σταυρός σελ. 40-45
 - 2.5 Άξονες της μηχανής σελ. 46-50
 - 2.6 Έμβολο και θυρίδα σελ. 51-55
 - 2.7 Κύλινδρος Μηχανής σελ. 56-60
 - 2.8 Κουτί Θυρίδας σελ. 61-67

- iv. **Κεφάλαιο 3 : Σχέδια Μηχανής** σελ. 68-81

- v. **Κεφάλαιο 4 : Φασεολόγια Εξαρτημάτων** σελ. 82-101
 - 4.1 Επεξεργασμένα εξαρτημάτων σε τόρνο σελ. 82-91
 - 4.2 Επεξεργασμένα εξαρτήματα σε φρέζα σελ. 92-101

- vi. **Βιβλιογραφία**σελ. 102

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατασκευασθείσα μηχανή, πρώτοχρησιμοποιήθηκε στα πλοία LIBERTY, του αμερικανικού πολεμικού στόλου κατά τον Β' Παγκόσμιο πόλεμο, για μεταφορές φορτίων. Με την λήξη του πολέμου, πολλά τέτοια πλοία πουλήθηκαν ή δανείστηκαν σε χώρες της Ευρώπης, ως εμπορικά φορτηγά πλοία. Στην Ελλάδα, παραχωρήθηκαν δανεικά 100 LIBERTY (εκ των οποίων 34 στον Αριστοτέλη Ωνάση), με τα οποία ξεκίνησε η ανοδική πορεία της Ελληνικής Ναυτιλίας.

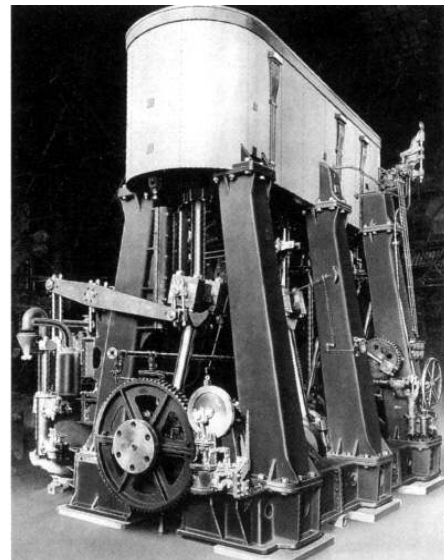


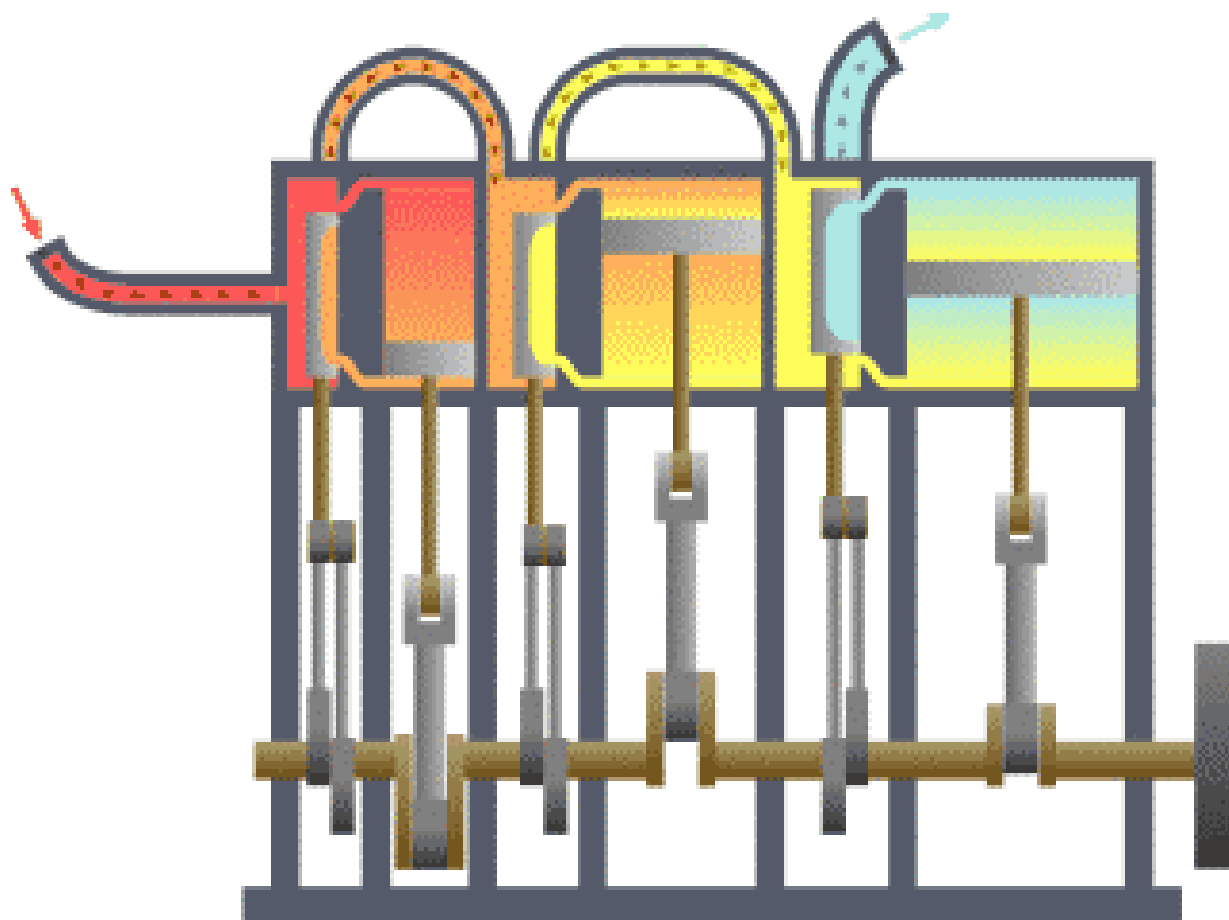
Τα “LIBERTY Ships” (πλοία της Ελευθερίας), όπως ονομάστηκαν από τον Αμερικανό ναύαρχο Land, πρωτοναυπηγήθηκαν το 1939 στα ναυπηγεία “J.L. Thomson and Son” του Σάντερλαντ της Αγγλίας, σε σχέδια του Προέδρου του ναυπηγείου R.C. Thomson ένας πρωτοποριακός, τότε, ναυπηγικός τύπος πλοίου με εκτόπισμα 12.922,8 τόνους, μήκους περίπου 135 μέτρων, πλάτους 17,3 μέτρων, βυθίσματος 8,5 μέτρων Σχεδιασμένα να μεταφέρουν 9000 τόνους φορτίο μαζί με τα καύσιμα, τα Liberty συχνά μετέφεραν πολύ περισσότερο, επιτυχώς και με πλήρη ασφάλεια για το ίδιο το φορτίο, αλλά και για τους ανθρώπους που το συνόδευαν.

Σήμερα, η συντριπτική πλειοψηφία των πλοίων αυτών έχουν αποσυρθεί, αλλά πρόλαβαν και άφησαν το στίγμα τους στην ιστορία. Πλοία Liberty, μπορούμε να βρούμε μονό σε μουσεία ιστορίας στην Αμερική και σε χώρες τις Ευρώπης. Στην Ελλάδα, υπάρχει στο ναυτικό και ιστορικό μουσείο Ζακύνθου, καθώς και πλήθος άλλων караβιών που χρησιμοποιήθηκαν στην Ελληνική ναυτιλία, αλλά αναμένεται στο επόμενο διάστημα, μετά από συμφωνία της Ελλάδας, με τις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής τον Φεβρουάριο του 2012, να αποκτηθεί ένα ακόμα Liberty να επισκευαστεί (καθώς το συγκεκριμένο πλοίο χρησιμοποιείται ακόμα στην Αμερική για την πόντιση τηλεπικοινωνιακών καλωδίων), να διαμορφωθεί ξανά όπως ήταν πριν και να τοποθετηθεί στο Άλσος Ναυτικής Παράδοσης δίπλα στο Θωρηκτό Αβέρωφ και την τριήρη και να μπορούν τα παιδιά (και οι μεγάλοι) να μάθουν τη ναυτική μας παράδοση.

Τα πλοία αυτά ήταν ατμοκίνητα, έχοντας ως καύσιμο κάρβουνο, με τρία deck (τρεις ορόφους ή καταστρώματα, υπερυψωμένο μεσόστεγο και χαμηλά το πρόστεγο και το επίστεγο) με μία παλινδρομική μηχανή τριπλής εκτόνωσης με δύο υδραυλωτούς λέβητες πετρελαίου και μία προπέλα, ισχύος 2500 ίππων (1,9 MW), που τους έδινε ταχύτητα, πλήρους φόρτου, 11 με 11,5 κόμβους, με αυτονομία 20.000 ναυτικών μιλίων (37.040 χιλιομέτρων), καθώς και τρεις ηλεκτρογεννήτριες κινούμενες με παλινδρομική ατμομηχανή, με ολική ηλεκτρική ισχύ 60 kW, οι οποίες ονομαστήκαν “Dorighton Curt”. Ο σχεδιασμός και η κατασκευή της μηχανής αυτής έφερε επανάσταση στην ναυτιλιακή βιομηχανία, για τον τύπο, τον τρόπο λειτουργίας, αλλά και τις απίστευτες επιδόσεις που είχε για την εποχή εκείνη, καθώς στη λειτουργία της μηχανής τους, στηρίχτηκαν όλες οι σύγχρονες μηχανές εσωτερικής καύσης πλοίων. Οι μηχανές αυτές, με μετατροπές που έγιναν πολύ αργότερα ως προς το καύσιμο και τους καυστήρες, αντικατέστησαν τον ατμό με πετρέλαιο ή μαζούτ.

Η αρχή λειτουργίας της μηχανής ενός Liberty (σχήμα 1) είναι η καύση του κάρβουνου για παράγωγή ατμού που γίνεται σε ειδικούς “φούρνους”. Με την καύση και την θερμοκρασία που αναπτύσσεται, βράζει καθαρό αποσταγμένο νερό που βρίσκεται σε καζάνια, για παραγωγή ατμού. Ο ατμός, μέσω σωλήνων εισέρχεται στην μηχανή, η οποία αποτελείται από τρία έμβολα με διαφορετική και αύξουσα διατομή το κάθε ένα, με την συνοδεία τριών θυρίδων, που κατευθύνουν τον ατμό πάνω ή κάτω από το έμβολο ανάλογα με την κίνηση που πρέπει να γίνει. Όταν ο ατμός εισέρθει στο πρώτη θυρίδα, που αντιστοιχεί στο πρώτο σε σειρά έμβολο με την μικρότερη διατομή και ολοκληρωθεί μια πλήρη κίνηση του εμβόλου, τότε ο ατμός (ψυχρότερος από πριν), αποχωρεί από το πρώτο έμβολο και εισέρχεται στο δεύτερο με την πιο μεγάλη διατομή, για να συνεχιστεί η ίδια διαδικασία και εδώ, αλλά και στο τρίτο έμβολο με την μεγαλύτερη διατομή, όπου εκεί ο ατμός θα είναι ακόμη ψυχρότερος. Τέλος, όταν ο ατμός εξέλθει και από το τελευταίο έμβολο, έχοντας χάσει κάποια από την θερμοκρασία του, μέσω σωλήνων, οδηγείται πάλι στα καζάνια για να ξαναρχίσει την ίδια διαδικασία. Τα έμβολα είναι τοποθετημένα σε “διαφορετικά ύψη”, ούτως ώστε όταν το ένα βρίσκεται σε κάποιο νεκρό σημείο, η κίνηση να μην σταματήσει. Τα έμβολα και οι θυρίδες τους είναι συνδεδεμένα με τον στροφαλοφόρο άξονα μέσω εκκεντροφόρων αξόνων, ο οποίος δίνει κίνηση στην προπέλα, συνεπώς και στο πλοίο.





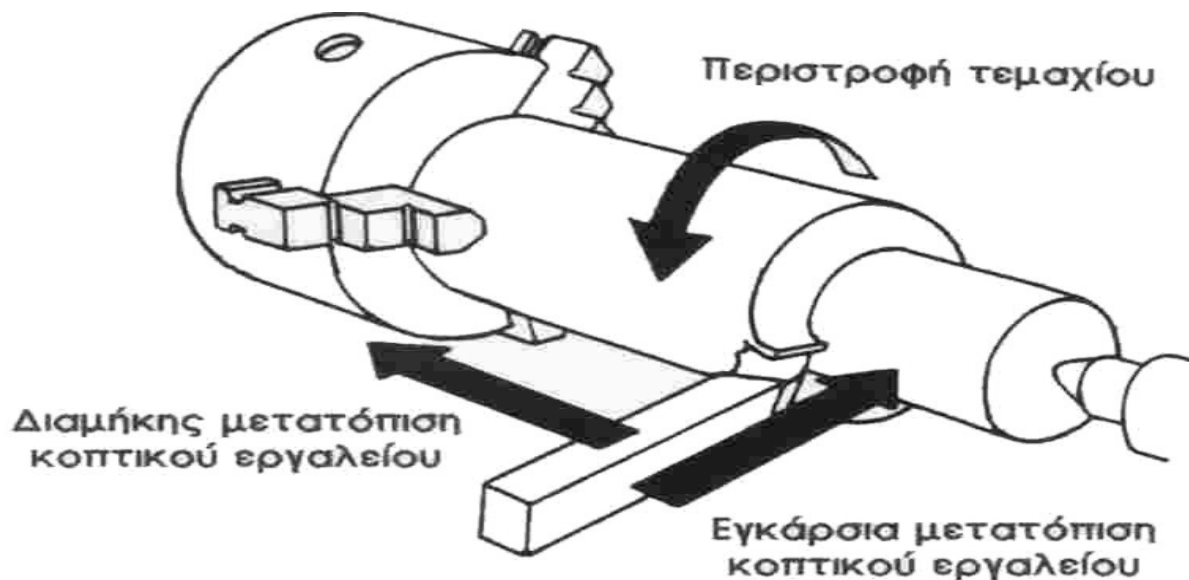
ΣΧΗΜΑ 1

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΟΙ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται και αναλύονται όλες οι εργαλειομηχανές που λαβαν χωρά για την διεκπεραίωση και κατασκευή του μοντέλου της παλινδρομικής μηχανής. Οι εργαλειομηχανές που χρησιμοποιηθήκαν είναι οι παρακάτω.

1.1 Ο ΤΟΡΝΟΣ

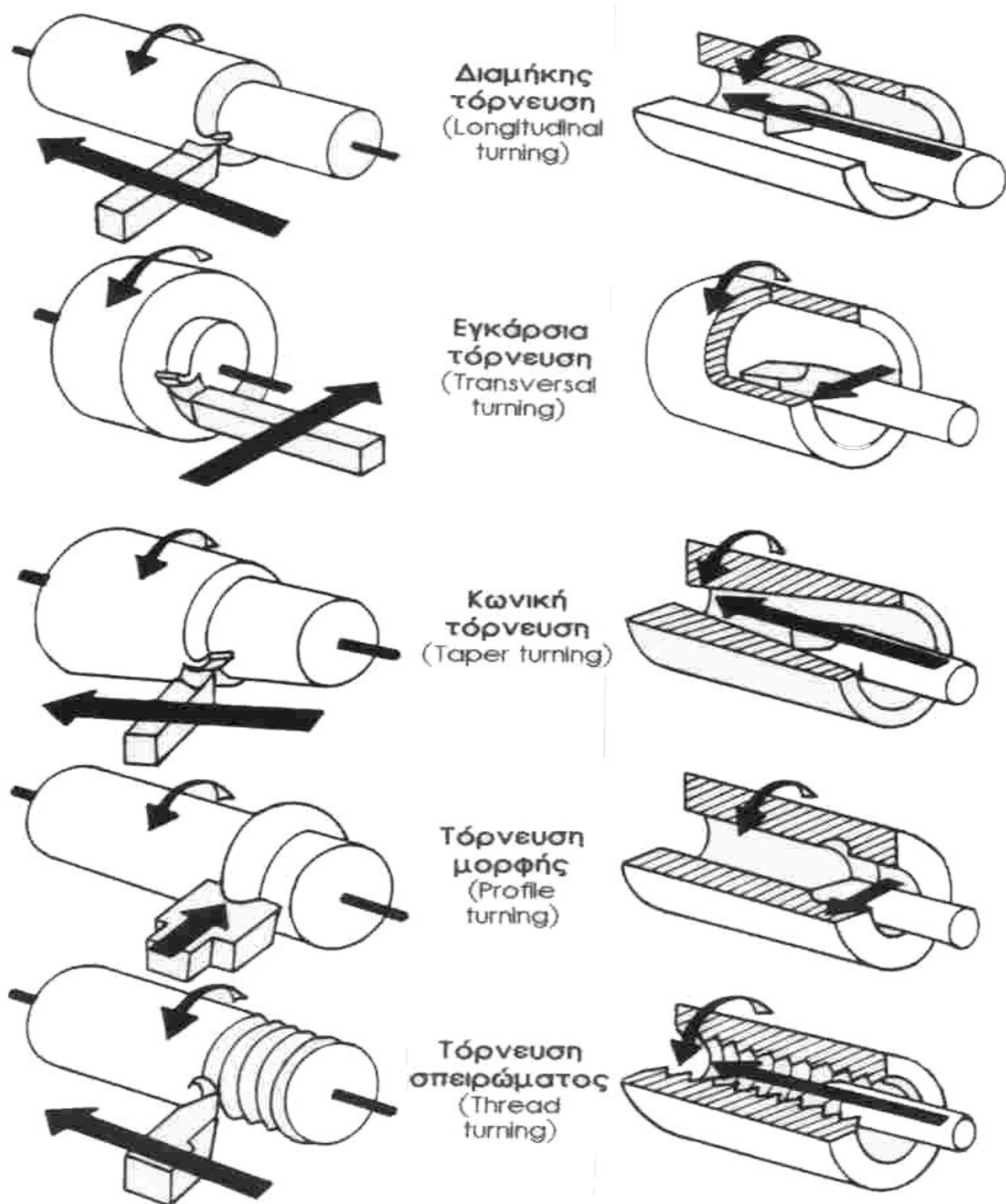
Με τórνευση κατεργάζονται τεμάχια συμμετρικά εκ περιστροφής με κατά κανόνα κυκλική διατομή. τα οποία είναι δυνατόν να αποκτούν διαφορετική ποιότητα επιφάνειας στα επί μέρους τμήματά τους, ανάλογα τις συνθήκες κατεργασίας στις οποίες κατεργάζονται. Κατά την τórνευση, το κατεργαζόμενο τεμάχιο περιστρέφεται γύρω από τον άξονά του, συγκρατημένο στον σφικτήρα (τσοκ) του τórνου. Με αυτόν τον τρόπο, συγκρούεται με το κοπτικό εργαλείο, το οποίο έχει δυνατότητα εγκάρσιας και διαμήκους μετακίνησης και έτσι απομακρύνεται υλικό από το κατεργαζόμενο τεμάχιο. Το εγκάρσιο βάθος εισχώρησης του εργαλείου στο τεμάχιο αποτελεί και το βάθος κοπής.



Σχήμα 1.1.1 : Κινηματική τórνευσης

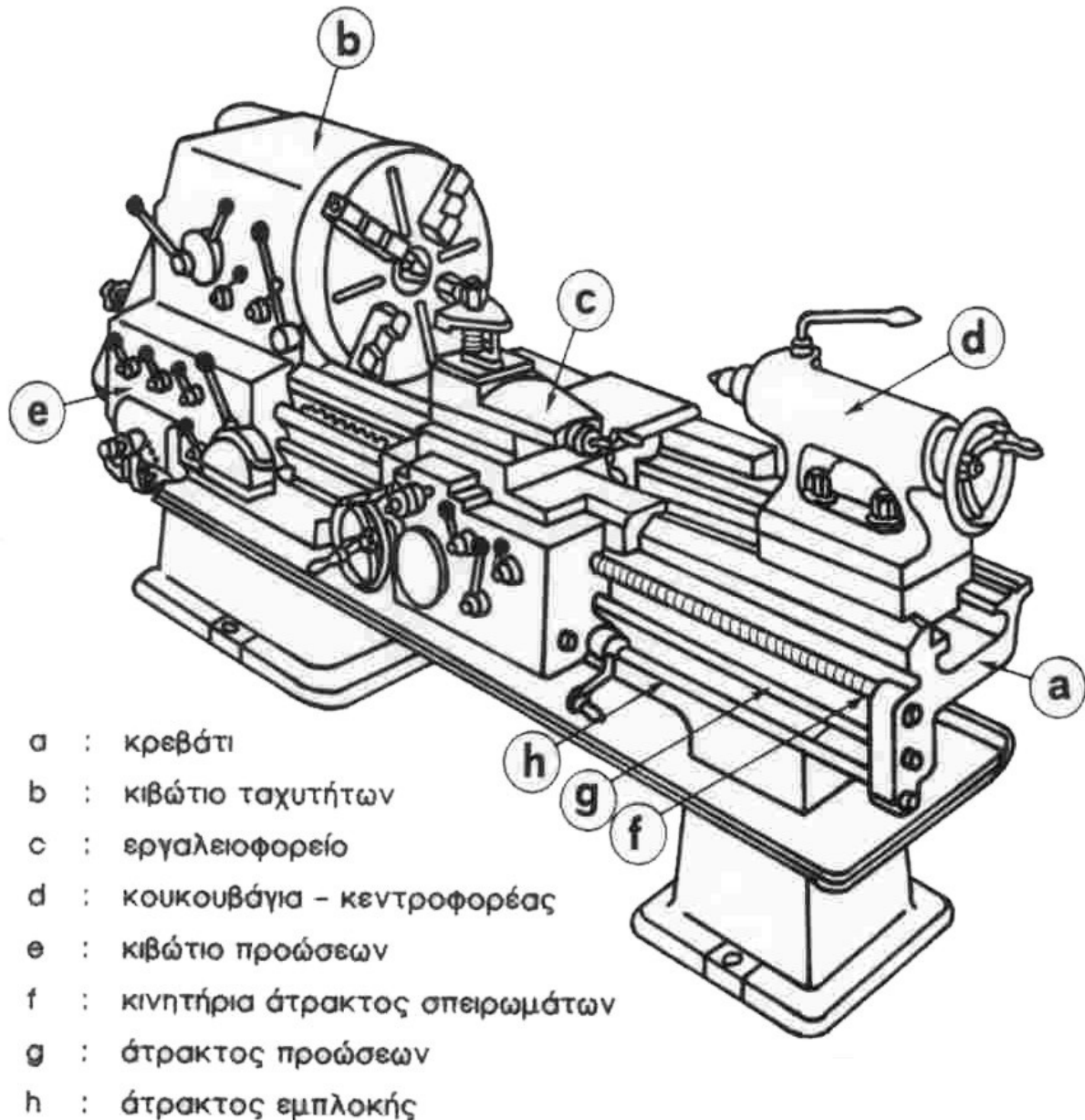
Η τórνευση σαν κατεργασία χρησιμοποιείται από πολύ παλιά, αλλά γύρω στο 1400 μ.Χ. εμφανίστηκαν οι πρώτοι τórνοι, που στην αρχή κινούνταν με μυϊκή δύναμη, ή με υδρόμυλους, με την βοήθεια ιμάντων. Η τεχνολογία της κοπής σε εργαλειομηχανή τórνευσης χρονολογείται αρκετούς αιώνες πριν, κατεργάζοντας ακόμα και ειδικές μορφές όπως σπείρωμα κ.λπ..

Οι διάφορες μορφές που μπορεί να πάρει το κατεργαζόμενο τεμάχιο με την τórνευση, απαιτούν διαφορετικό συνδυασμό κινήσεων, όπως και χρησιμοποίηση του κατάλληλου κοπτικού εργαλείου. Το κοπτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται, εξαρτάται και από το είδος της παραγόμενης επιφάνειας αλλά και από το αν η τórνευση είναι εξωτερική ή εσωτερική στο κομμάτι. Έτσι στο σχήμα 1.1.2, παρουσιάζονται διάφορα είδη εξωτερικής και εσωτερικής τórνευσης, για την κατεργασία κυλινδρικών, κωνικών επιφανειών, επιφανειών ειδικής μορφής και σπειρωμάτων. Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζονται με βέλη οι κινήσεις που απαιτούνται κάθε φορά για την συγκεκριμένη κοπή.



Σχήμα 1.1.2 : Είδη εσωτερικής και εξωτερικής τórνευσης

Η εργαλειομηχανή που εξασφαλίζει με ακρίβεια τις κινήσεις του τεμαχίου και του εργαλείου για την τόννευση, είναι ο τόννος. Στο σχήμα 1.1.3 παρουσιάζεται σχηματικά ένας τόννος, όπου διακρίνονται και τα μέρη από τα οποία αποτελείται.



Σχήμα 1.1.3 : Μέρη του τόννου

Ο τόννος αποτελεί μια από τις περισσότερο παραγωγικές εργαλειομηχανές και το 40% περίπου των εργασιών κοπής των μετάλλων γίνονται σε τόννο. Οι σύγχρονοι τόννοι έχουν δυνατότητα παραγωγής καμπύλων εξαρτημάτων, με μεγάλο αριθμό ακρίβειας και μεγάλες ταχύτητες παραγωγής. Το μέγεθος του τόννου εκτιμάται βασικά από δύο χαρακτηριστικά:

- i. Τη μέγιστη διάμετρο τεμαχίου που μπορεί να δεθεί στους σφικτήρες και να περιστραφεί γύρω από τους οδηγούς,

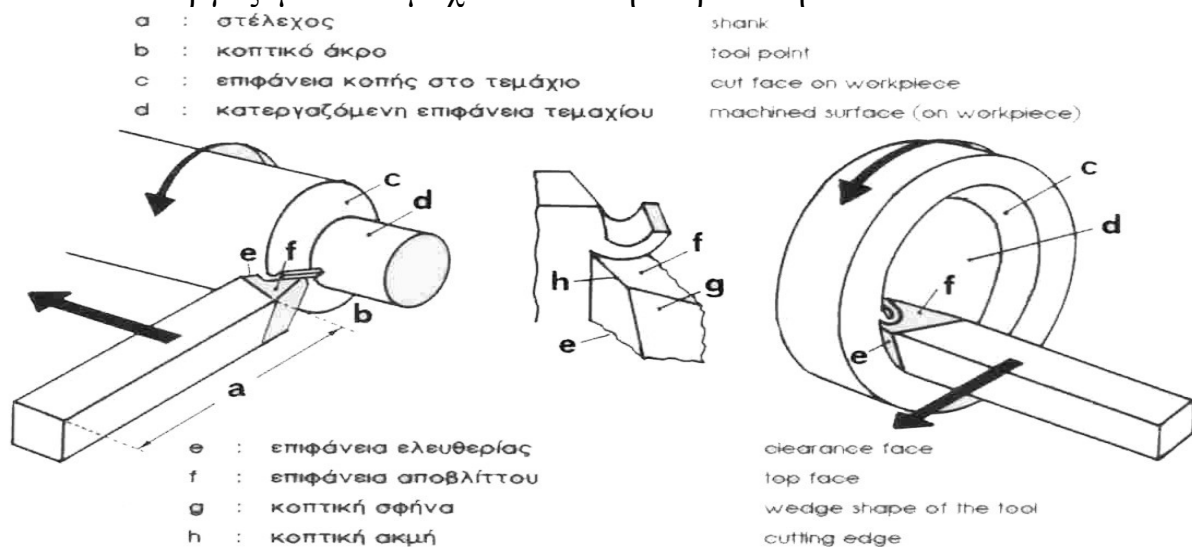
ii. Το μήκος κρεβατιού.

Εκτός των παραπάνω, σημαντικό ρόλο παίζουν και τα εξής :

- i. ο μικρότερος και ο μεγαλύτερος αριθμός στροφών που μπορεί να επιτευχθεί,
- ii. το πλήθος των ταχυτήτων,
- iii. η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα και
- iv. το συνολικό βάρος του

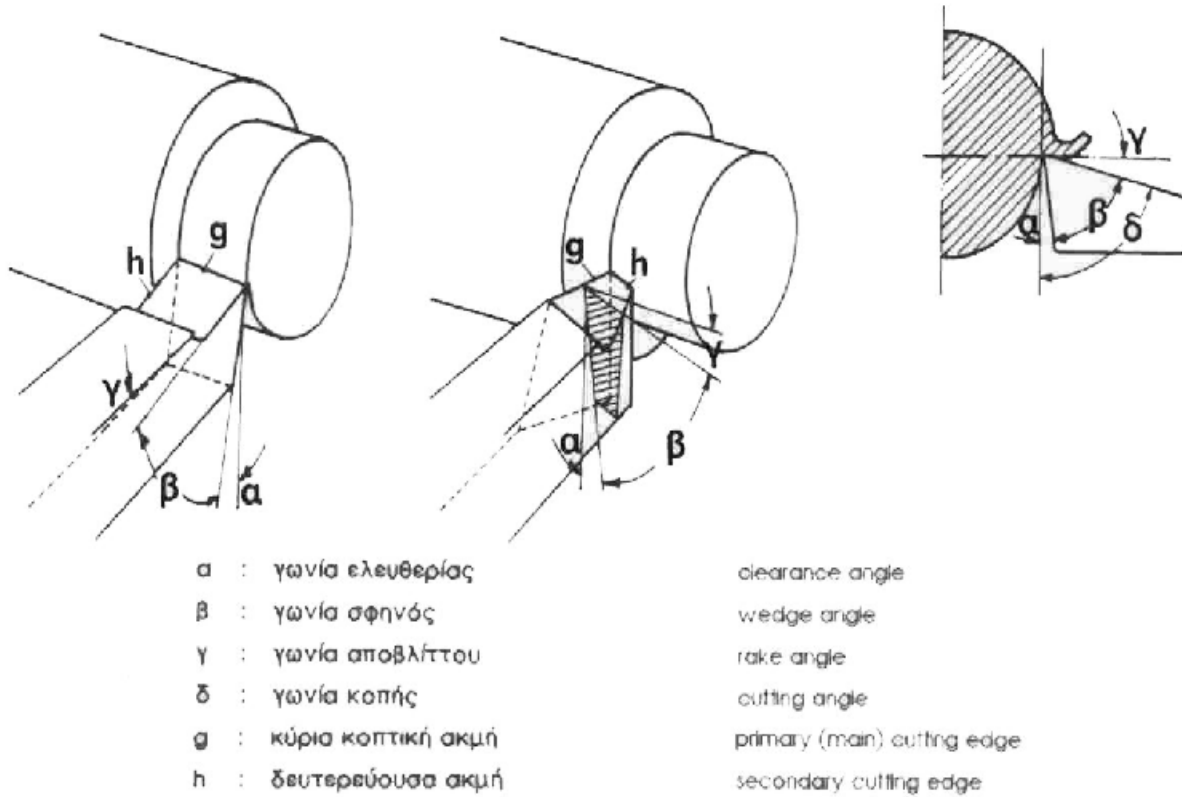
Οι τόννοι, χωρίζονται σε συμβατικούς, δηλαδή καθοδηγούνται από τον χειριστή που κάνει όλες τις απαραίτητες κινήσεις και ρυθμίσεις για την κατεργασία, ή ψηφιακά καθοδηγούμενους, όπου τις κινήσεις αλλά και τις ρυθμίσεις τις αναλαμβάνει μια ηλεκτρονική μονάδα καθοδήγησης που την χειρίζεται προγραμματιστής. Η τεχνολογία όμως της κοπής παραμένει η ίδια. Έτσι οι επιλεγόμενες ταχύτητες κοπής, οι προώσεις, τα κοπτικά εργαλεία κ.λπ., καθορίζονται και στις δύο περιπτώσεις αντίστοιχα. Μια άλλη κατηγορία ταξινόμησης τόννων παραδοσιακών ή μη, είναι ανάλογα με την τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου σε μετωπικούς και κάθετους.

Για την κοπή στην τόννευση χρησιμοποιούνται κοπτικά εργαλεία συνήθως από χάλυβα εργαλείων, ταχυχάλυβα, σκληρομέταλλα και κεραμικά. Η διάρκεια ζωής ενός κοπτικού εργαλείου εξαρτάται κατά πολύ από το υλικό που είναι φτιαγμένο και από την γεωμετρία της κόψης του. Οι ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα κοπτικό είναι μεγάλη σκληρότητα, αντίσταση στην θερμότητα και αντίσταση σε φθορά. Στο κοπτικό εργαλείο διακρίνονται δύο χαρακτηριστικά τμήματα, το στέλεχος (shank) και το κοπτικό άκρο (tool point). Το μεν στέλεχος χρησιμοποιείται για την συγκράτηση του εργαλείου στον εργαλειοδέτη, ενώ το κοπτικό άκρο περιλαμβάνει τις κοπτικές ακμές που συμμετέχουν στην κοπή. Μια επίπεδη τομή του κοπτικού άκρου έχει το σχήμα σφήνας ή οποία ονομάζεται και κοπτική σφήνα (wedge shape of the tool). Στο σχήμα 1.1.4 παρουσιάζονται γενικά, οι χαρακτηριστικές επιφάνειες και ακμές του εργαλείου και του κατεργαζόμενου τεμαχίου κατά την τόννευση.



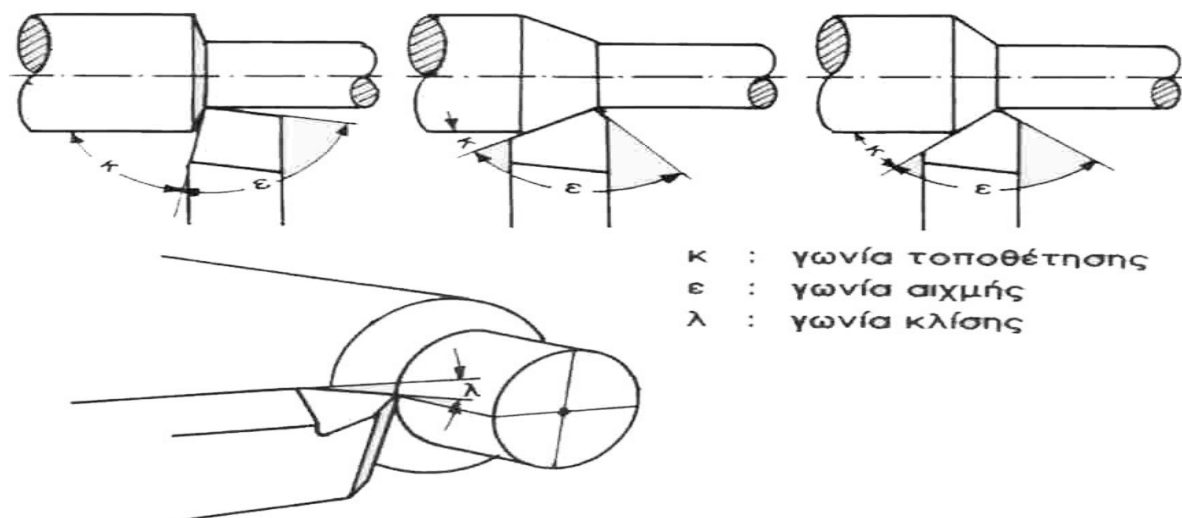
Σχήμα 1.1.4 : Χαρακτηριστικές ακμές και επιφάνειες εργαλείου και τεμαχίου στην τόννευση

Η γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου καθορίζεται από τις κοπτικές γωνίες του. Στο σχήμα 1.1.5 φαίνονται οι χαρακτηριστικές επιφάνειες, ακμές και γωνίες ενός κοπτικού εργαλείου τόρνευσης οι οποίες είναι :



Σχήμα 1.1.5. Χαρακτηριστικές επιφάνειες, ακμές και γωνίες κοπτικού εργαλείου τόρνευσης

Εκτός από τις τρεις βασικές γωνίες κοπής, υπάρχουν και άλλες τρεις γωνίες, σημαντικές για την κατεργασία της τόρνευσης. Οι γωνίες αυτές παρουσιάζονται στο σχήμα 1.1.6.



Σχήμα 1.1.6. : Χαρακτηριστικές γωνίες τοποθέτησης κοπτικού εργαλείου τόρνευσης

Τέλος, στην τόννευση οι συνθήκες κοπής είναι η ταχύτητα κοπής που σχετίζεται με τις στροφές περιστροφής του κομματιού και την διάμετρο κοπής, η πρόωση και το βάθος κοπής. Οι τρεις αυτοί παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο στην κατεργασία και η σωστή κάθε φορά επιλογή τους, αποτελεί απαραίτητη γνώση του χειριστή ενός τόρνου.

1.2 Η ΦΡΕΖΑ

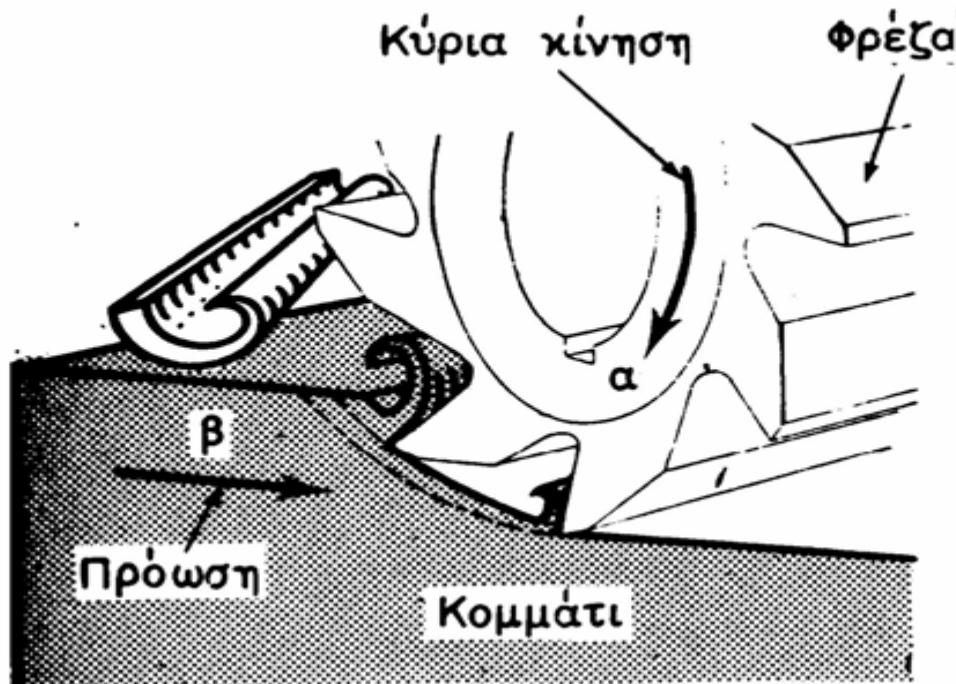
Η φρέζα είναι εργαλειομηχανή που χρησιμοποιείται κυρίως για δημιουργία πρισματικών μορφών και αυλακώσεων, ελικώσεων έως και οδοντοτροχών. Ενσωματώνει τη λειτουργικότητα άλλων εργαλειομηχανών όπως η πλάνη, το δράπανο, και σε κάποιο βαθμό ο τόννος και ο γριναζοκόπτης.



Διακρίνονται δύο κύρια είδη φρεζών ανάλογα με τη θέση της κύριας ατράκτου: οριζόντιες και κατακόρυφες. Οι οριζόντιες είναι πιο κοινές και μετατρέπονται σε κατακόρυφες με προσθήκη επέκτασης, της λεγόμενης “προβοσκίδας κύρια κίνηση της φρέζας είναι η περιστροφή της ατράκτου στην οποία βρίσκεται προσαρμοσμένο το κοπτικό εργαλείο είτε με σφήνωση σε εργαλειοφόρο άξονα (οριζόντια μορφή) είτε προσαρμοσμένο σε κωνικό εργαλειοδέτη (κατακόρυφη μορφή). Οι βοηθητικές κινήσεις είναι τρεις και αντιστοιχούν στο τραπέζι, στο εγκάρσιο φορείο και στο κατακόρυφο φορείο (γόνατο).

Το σώμα της μηχανής περιλαμβάνει τα κιβώτια ταχυτήτων και προώσεων και ενσωματώνει την άτρακτο. Καταλήγει στο άνω μέρος σε πρόβολο ο οποίος αντιστηρίζει τον εργαλειοφόρο άξονα ή την προβοσκίδα. Στο κάτω μέρος καταλήγει ή είναι ενσωματωμένη με τη βάση. Ο εργαλειοφόρος άξονας εφαρμόζει στον κώνο της ατράκτου και συνήθως συγκρατείται εκεί με τη βοήθεια ντίζας και κοχλία σύσφιξης στο άλλο άκρο του σώματος της μηχανής. Τα κοπτικά εργαλεία προσαρμόζονται στον εργαλειοφόρο άξονα με τη βοήθεια δακτυλιδιών ή/και σφηνών. Το κιβώτιο ταχυτήτων συνήθως περιλαμβάνει 12-18 ταχύτητες, σε γεωμετρική πρόοδο με λόγο 1.25 ή 1.5. Στις μοντέρνες φρεζομηχανές οι ταχύτητες των προώσεων δεν κλιμακώνονται, αλλά ακολουθούν συνεχή μεταβολή γιατί υλοποιούνται με υδραυλικό κύκλωμα.

Τα κοπτικά εργαλεία έχουν διάφορες μορφές και αρκετά δόντια. Συνήθως περιστρέφονται αντίθετα με την κατεύθυνση της πρόωσης (αντίρροπο φρεζάρισμα) και το απόβλητο έχει πάχος μεταβαλλόμενο από το μηδέν έως τη μέγιστη τιμή του. Στις περισσότερες περιπτώσεις κοπτικές ακμές υπάρχουν και στην περιφερειακή αλλά και στη μετωπική επιφάνεια του εργαλείου. Γενικά διακρίνονται οι εξής μορφές:



- i. κυλινδρικές φρεζοκεφαλές κοπής προσώπου ή σκαλοπατιών
- ii. δισκοειδείς φρεζοκεφαλές κοπής αυλάκων
- iii. φρεζοκεφαλές μορφής για κωνικές και καμπύλες μορφές, συμπεριλαμβανομένων και κοχλιωτών κεφαλών για κοπή οδοντωτών τροχών και χομπ για πολύσφηνα
- iv. κονδύλια δύο, τριών, τεσσάρων πτερύγων για κοπή προφίλ
- v. κονδύλια για κοπή αυλακών και σφηνοδρόμων

Ένα σύστημα που κάνει τη φρέζα ξεχωριστή ως εργαλειομηχανή είναι ο διαιρέτης. Πρόκειται για συσκευή που προσαρμόζεται στο τραπέζι της φρέζας και συγκρατεί το τεμάχιο προς κατεργασία το οποίο και μπορεί να περιστρέψει κατά συγκεκριμένη γωνία, έτσι ώστε να αλλάζει η σχετική γωνία πρόσβασης του κοπτικού εργαλείου στο υπό κατεργασία τεμάχιο. Αυτό μπορεί να γίνεται είτε με την περιστροφή ενός χειρομοχλού από τον χειριστή της μηχανής είτε αυτόματα με εξωτερικά μεταδιδόμενη κίνηση στον διαιρέτη από το κιβώτιο προώσεων της φρέζας μέσω ανταλλακτικών οδοντωτών τροχών. Έτσι ο διαιρέτης χρησιμοποιείται για την κατασκευή οδοντωτών τροχών, πολύσφηνων, κανονικών πρισμάτων, ελικοειδών αυλακώσεων, σπειρωμάτων σε μεγάλης διατομής κοχλίες (πχ κίνησης) κλπ.

Απλοί διαιρέτες είναι ουσιαστικά ένα τσώκ με ένα δίσκο με οπές κανονικά διατεταγμένες στην περιφέρεια του, ο οποίος χρησιμοποιείται για την επιλογή γωνίας περιστροφής και στερέωση του τσώκ σε κάθε θέση με μικρό πείρο που τοποθετείται στην αντίστοιχη οπή του δίσκου. Διαιρέτες γενικής χρήσεως έχουν κύρια άτρακτο με πόντα ή τσώκ για τη συγκράτηση του τεμαχίου, κορώνα 40 οδόντων και ατέρμονα και δίσκο διαιρέσεως όπως του απλού διαιρέτη. Επίσης περιλαμβάνει γρανάζια μετάδοσης της κίνησης σχέσης 1:1 και χειροστρόφαλο,

βλήτρο ασφάλισης του δίσκου διαιρέσεως σε οποιαδήποτε θέση καθώς και βλήτρο σύνδεσης του χειροστροφάλου με το δίσκο. Κάθε πλήρης περιστροφή του τεμαχίου αντιστοιχεί σε 40 περιστροφές του χειροστροφάλου (ατέρμονα).

Έτσι για χωρισμό του τεμαχίου περιφερειακά σε 36 ίσα μέρη απαιτούνται $40/36 = 1+4/36$ περιστροφές του χειροστροφάλου, δηλαδή απαιτείται δίσκος διαιρέσεως με 9 οπές ή ισοδύναμος του (18,36). Αν τέτοιος δίσκος δεν είναι διαθέσιμος τότε εφαρμόζεται διαφορική διαίρεση. Κατ' αυτή ο χειροστροφάλος γυρίζει κατά ένα αριθμό στροφών κοντά στον ζητούμενο, που μπορεί να επιτευχθεί με το διατιθέμενο δίσκο διαιρέσεως και η διαφορά μέχρι το ζητούμενο προστίθεται ή αφαιρείται με τη στροφή του δίσκου με τη βοήθεια ενός ή δύο ζευγών ανταλλακτικών τροχών με αριθμούς δοντιών υπολογισμένους έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η τελικά ζητούμενη διαφορική περιστροφή.



1.3 ΤΟ ΔΡΑΠΑΝΟ

Τα δράπανα είναι εργαλειομηχανές διάνοιξης οπών. Δράπανα υπάρχουν ελαφρού, μεσαίου και βαρέως τύπου. Από πλευράς μορφής κατατάσσονται σε δράπανα με ορθοστάτη, σε δράπανα στήλης και σε δράπανα ακτινικά (radial) τα οποία θεωρούνται μηχανές ακριβείας. Συνήθως τα δράπανα έχουν μία άτρακτο, αλλά υπάρχουν και πολυάτρακτα.

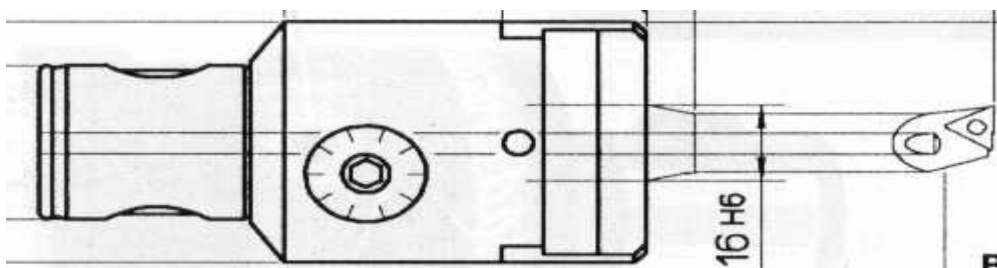
Η άτρακτος του δραπάνου καταλήγει σε κώνο Mors όπου στερεώνονται τα τρυπάνια είτε απευθείας είτε μέσω τσόκ τρυπανιών το ποίο έχει κωνικό στέλεχος. Στα δράπανα γίνεται διάνοιξη οπών με χρήση τρυπανιών καθώς και εργαλείων εσωτερικής τόννευσης και γλυφάνων. Τα δύο τελευταία είναι εργαλεία που επιτυγχάνουν αποπεράτωση οπών για καλή ακρίβεια κατεργασίας. Επίσης γίνεται σπειροτόμηση με ειδικά εργαλεία (κολαούζα μηχανής) και χρήση ιδιοσυσκευής που ονομάζεται κολαουζιέρα και δίνει τη δυνατότητα επίτευξης του τυποποιημένου βήματος του σπειρώματος και προστασίας έναντι μπλοκαρίσματος και σπασίματος του εργαλείου.



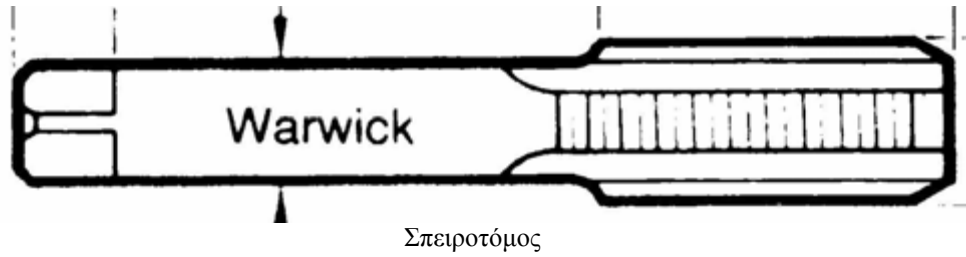
Ελικοειδές τρυπάνι



Γλύφανο



Boring bar



Η ταχύτητα κοπής του τρυπανιού αντιστοιχεί στην περιφερειακή γραμμική ταχύτητα και για κάθε τύπο υλικού τεμαχίου και εργαλείου καθορίζεται όπως και στην περίπτωση των άλλων κατεργασιών. Ο χρόνος κοπής t καθορίζεται από το μήκος διάτρησης L , την αξονική πρόωση s και τον αριθμό στροφών n ως : $t = L / (s * n)$.



1.4 Η ΣΤΡΑΝΤΖΑ (ΣΤΑΝΤΖΟΠΡΕΣΑ)

Η στράντζα είναι μια εργαλειομηχανή διαμόρφωσης υλικού. Μπορεί να κατεργαστεί κατά πλειοψηφία λαμαρίνες και λάμες διαφόρων παχών και πλάτους, και αλλά συμπαγή τεμάχια με μικρό σχετικά πάχος, ανάλογα με της δυνατότητες της εργαλειομηχανής και μερικές φορές με ειδικά καλούπια – βάσεις. Η διαμόρφωση που κάνει μια τέτοια εργαλειομηχανή είναι ο λυγισμός. Έχει την δυνατότητα να λυγίσει ένα κομμάτι και να του δώσει μια συγκεκριμένη γωνία υψηλής ακρίβειας λιγότερο από μίση μοίρα (αλλά στο στραντζάρισμα σχεδόν ποτέ δεν χρειάζονται τόσο μεγάλες ακρίβειες, λόγω των



κατεργασιών που πραγματοποιούνται). Ακόμη μπορούμε να στραντζάρουμε μια λαμαρίνα στις άκρες της, ούτως ώστε να της δώσουμε μια αρχή, για να τοποθετηθεί μετά στον κουρμαδόρο και να δημιουργηθεί ένας κύλινδρος ή ένας κώνος.

Μια στράντζα αποτελείται από το “μαχαίρι”, όπου από το μήκος του καθορίζεται και το μήκος της, το οποίο συνδέεται με τέσσερα εμβόλα, δυο μεγάλα τα οποία κατεβάζουν το μαχαίρι για να λυγίσει το κατεργαζόμενο κομμάτι και αλλά δυο πολύ μικρότερα, όπου απλά χρησιμεύουν για να ανεβάζουν το μαχαίρι στην αρχική του θέση. Τα εμβόλα αυτά είναι συνδεδεμένα με μια πολύ ισχυρή πρέσα (που ασκεί πίεση άνω των 400 τόνων). Τα εμβόλα αυτά, έχουν βαλβίδες, όπου από εκεί καθορίζεται το πόση πίεση θα ασκηθεί στα εμβόλα για την κίνηση του μαχαιριού.

Ακριβώς κάτω από το μαχαίρι είναι τοποθετημένο ένα ορθογώνιο πολυκαλούπι με μήκος, όσο και το μαχαίρι, με τομές τύπου “V” κατά μήκος του αλλά και περιμετρικά του, διαφόρων μεγεθών και με ένα ορισμένο μέγιστο, που εξαρτάται από την μέγιστη πίεση της πρέσας, αλλά και το μέγιστο πάχος που

μπορεί να λυγίσει η στράντζα (η συγκριμένη που υπάρχει στο μηχανουργείο που κατασκευάστηκε η μηχανή είναι, μέγιστης πίεσης 400 τόνων, με μέγιστο πάχος κομματιού 12 mm, μέγιστου πλάτους λαμαρίνας 4 m και μέγιστου “V” 120 mm). Πάνω στο καλούπι αυτό τοποθετείται το τεμάχιο προς κατεργασία και πέφτοντας πάνω το μαχαίρι και ασκώντας του πίεση το λυγίζει στην επιθυμητή γωνία.

Οι σύγχρονες στράντζες έχουν και έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή ενσωματωμένο, μέσω του οποίου ο χειριστής μπορεί να ρυθμίσει την πίεση που πρέπει να δώσει η πρέσα, το πόσο πρέπει να κατέβει το μαχαίρι για να δώσει την απαιτούμενη γωνία στο κομμάτι, αλλά και τους δυο οδηγούς που υπάρχουν πίσω από το μαχαίρι, ούτως ώστε να γνωρίζει ακριβώς σε ποιο μήκος πρέπει να γίνει το απαραίτητο “πάτημα”. Έτσι ο χειριστής έχει την δυνατότητα να κερδίσει πάρα πολύ χρόνο από τους υπολογισμούς που θα έκανε στο χέρι, αλλά και πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια. Έτσι όταν ο χειριστής ολοκληρώσει τις ρυθμίσεις και τοποθετήσει το κομμάτι στην εργαλειομηχανή, δίνει εντολή στο μαχαίρι να κατέβει και να πατήσει μέσω ενός πεντάλ. Τέλος όταν το μαχαίρι ολοκληρώσει το καθορισμένο πάτημα, επιστρέφει αυτόματα στην αρχική του θέση για να ετοιμαστεί για το επόμενο πάτημα.

1.5 ΤΟ ΨΑΛΙΔΙ

Το ψαλίδι είναι μια εργαλειομηχανή κοπής και αφαίρεσης υλικού. Αφορά κατά συντριπτική πλειοψηφία ως επεξεργαζόμενα κομμάτια λαμαρίνες διαφόρων παχών (ως και 100 mm). Τα ψαλίδια αποτελούν σημαντικό βοήθημα για τις κατασκευές, καθώς μπορούν να κόψουν το υλικό με μεγάλη ακρίβεια (ως και 0.1 mm) και μεγάλη ταχύτητα, πράγμα απαραίτητο για ένα σύγχρονο μηχανουργείο.



Τα ψαλίδια αποτελούνται από ένα τραπέζι (βάση στήριξης των λαμαρινών), του οποίου το μήκος εξαρτάται από το μέγεθος της εργαλειομηχανής, τον “κόφτη”, δηλαδή το εργαλείο το οποίο κόβει τα επεξεργαζόμενα τεμάχια. Ο “κόφτης” έχει το μήκος της εργαλειομηχανής και από το μέγεθος του καθορίζεται και ορίζεται το μέγεθος του ψαλιδιού. Ο “κόφτης” είναι τοποθετημένος με μια κλίση περίπου 28° , γιατί έτσι η λαμαρίνα κόβεται σιγά σιγά και με λιγότερη κατανάλωση ενέργειας. Ακριβώς πίσω από τον κόφτη υπάρχει ένας οδηγός, του οποίου η δουλειά είναι να ορίζει το πλάτος της λαμαρίνας που θα κοπεί. Κινούμενος εμπρός, πίσω κατά όλο το μήκος του κοφτή, καθορίζει το απαιτούμενο πλάτος με μεγάλη ακρίβεια. Ο οδηγός αυτός, έχει την δυνατότητα σε τέτοιου είδους σύγχρονες εργαλειομηχανές να ρυθμιστεί κατάλληλα, ούτως ώστε να κόψει και “φάλτσα”, δηλαδή να κοπεί η λαμαρίνα σε μορφή τραπεζίου, χωρίς περιττούς υπολογισμούς και απώλεια χρόνου.

Επιπλέον, το ψαλίδι έχει κατά μήκος του τραπεζιού εμβολα, τα οποία κατά την διάρκεια της κοπής συγκρατούν τη λαμαρίνα σταθερή και ακίνητη, έτσι ώστε να κοπεί στο ζητούμενο σημείο και ακρίβεια. Στο τέλος της κοπής τα εμβολα υποχωρούν, για να ελευθερώσουν τη λαμαρίνα για περαιτέρω κατεργασία. Ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία που αποτελούν ένα ψαλίδι, είναι η πρέσα. Η πρέσα είναι αυτή που κινεί τα εμβολα στήριξης, αλλά και τον κόφτη. Ο κόφτης κινείται με τη βοήθεια τεσσάρων συνήθως εμβόλων, δυο πολύ μεγάλων που κατεβάζουν τον κόφτη για να κόψει, τα οποία υπόκεινται και στις μεγαλύτερες πιέσεις (πάνω από 300 τόνους) και αλλά δυο τα οποία ανεβάζουν τον κόφτη στην αρχική του θέση.

Τα σύγχρονα ψαλίδια έχουν ενσωματωμένους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, οι οποίοι με κατάλληλα προγράμματα ρυθμίζουν την πίεση κοπής ανάλογα με το πάχος και το μήκος της κατεργαζόμενης λαμαρίνας. Ακόμη, ο υπολογιστής με τη βοήθεια του χειριστή που ορίζει τα δεδομένα αυτά (πάχος και μήκος λαμαρίνας), αλλά και την απόσταση του οδηγού από τον κοφτή, ορίζοντας δηλαδή το πάχος, αλλά και το σχήμα του ζητούμενου τεμαχίου. Επιπρόσθετα, ο υπολογιστής αυτός έχει την δυνατότητα της καταμέτρησης των κοπών, συνεπώς και τον αριθμό των κομμένων ίδιων τεμαχίων, πράγμα ιδιαίτερα χρήσιμο για μεγάλες ποσότητες παραγωγής κομματιών.

Όταν όλες οι ρυθμίσεις λάβουν χώρα, τότε ο χειριστής με την βοήθεια ενός πεντάλ, είναι έτοιμος να πραγματοποιήσει την πρώτη κοπή. Πατώντας το πεντάλ, τα έμβολα συγκράτησης πέφτουν και ασφαλίζουν την λαμαρίνα. Στην συνέχεια η πρέσα, αφού έχει λάβει τα στοιχεία της λαμαρίνας και οριστεί η απαραίτητη πίεση, κατεβάζει τον κόφτη ώστε να κόψει το κομμάτι. Όταν ολοκληρωθεί η κοπή, ο χειριστής αφήνει το πεντάλ και τότε ο κόφτης και τα εμβολα συγκράτησης επανέρχονται στην αρχική τους θέση και ο οδηγός υποχωρεί για λίγο, για να πέσει το κομμάτι και κατόπιν επανέρχεται εκεί που ήταν για τη συνέχεια της κατεργασίας. Όταν η ζητούμενη κατεργασία ολοκληρωθεί, τότε ο χειριστής πηγαίνει πίσω από την εργαλειομηχανή για την παραλαβή των τεμαχίων. Εκεί, για την ασφάλεια του υπάρχουν αισθητήρες κίνησης, οι οποίοι όταν παραβιαστούν, δίνουν εντολή στον ηλεκτρονικό υπολογιστή να σταματήσει την λειτουργία της εργαλειομηχανής, για αποφυγή ατυχημάτων στην περίπτωση που αμελήσει να την απενεργοποιήσει ο ίδιος.

1.6 ΤΟ ΠΡΙΟΝΙ

Το πριόνι, όπως και το ψαλίδι είναι μια μηχανή κοπής και αφαίρεσης υλικού. Στο πριόνι μπορούν να κατεργαστούν σε ένα μηχανουργείο λάμες, γωνίες, δοκάρια διαφόρων σχημάτων (όπως “Γ”, “Η”), σωλήνες, συμπαγείς άξονες, τρίματα, στραντζαριστά, καρέ μασίφ, και άλλα. Έχει την δυνατότητα να κόψει “φάλτσο”, υπό μορφή γωνίας δηλαδή, με ακρίβεια χιλιοστού για μήκος και μιας μοίρας για το φάλτσο.

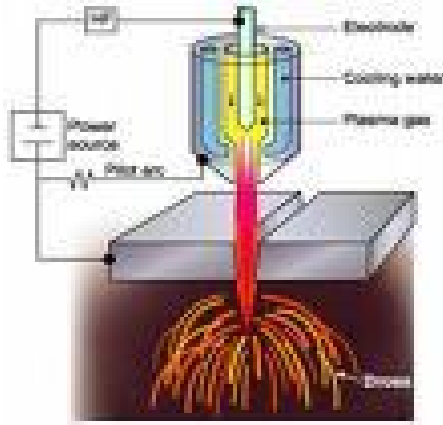


Το πριόνι κόβει με μια “πριονόλαμα”, μια λάμα δηλαδή πριονωτή από ιδιαίτερα σκληρό υλικό για να είναι ικανή να αφαιρέσει υλικό από τα κατεργαζόμενα κομμάτια. Ακόμη το υλικό της λάμας καθώς και ο αριθμός, το σχήμα και η απόσταση των δοντιών διαφέρει ανάλογα με την χρήση που θα πρέπει να έχουν. Δηλαδή για σκληρά υλικά, όπως τα ανοξείδωτα, το υλικό της λάμας είναι πιο σκληρό από τα συνηθισμένα, με το διπλάσιο αριθμό δοντιών τοποθετημένα πολύ κοντά μεταξύ τους και με μεγαλύτερες γωνίες δοντιών. Αντίθετα, για μαλακούς χάλυβες, τα δόντια της λάμας έχουν μικρότερο αριθμό, με μεγαλύτερες αποστάσεις μεταξύ τους και μικρότερες γωνίες.

Ακόμα, ανάλογα με την ποιότητα του κομματιού προς κατεργασία, αλλάζουν και οι συνθήκες κοπής. Δηλαδή ανάλογα με το μέγεθος, τη σκληρότητα, το υλικό που πρόκειται να κοπεί αλλάζει η ταχύτητα περιστροφής της πριονόλαμα και η πρόωση της.

1.7 ΤΟ ΠΛΑΣΜΑ

Η κοπή με πλάσμα είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για την κοπή χάλυβα και άλλων μετάλλων (ή μερικές φορές άλλων υλικών). Σε αυτή τη διαδικασία, ένα αδρανές αέριο (σε ορισμένες μονάδες, πεπιεσμένος αέρας) εκτοξεύεται με μεγάλη ταχύτητα από το ακροφύσιο. Ταυτόχρονα ένα ηλεκτρικό τόξο που δημιουργείται μέσω των αερίων από το ακροφύσιο προς την επιφάνεια κόβεται, και μετατρέπει ένα μέρος αυτού του αερίου σε πλάσμα. Το πλάσμα είναι αρκετά θερμό έτσι ώστε λιώνει το μέταλλο που κόβεται και κινείται αρκετά γρήγορα για να απομακρύνει το λυόμενο μέταλλο μακριά από την κοπή.



Η κοπή με πλάσμα χρησιμοποιείται και σε CNC μηχανήματα για υψηλής ποιότητας κοπές.

Το πλάσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για συγκόλληση με τόξο πλάσματος και άλλες εφαρμογές.

Κατά την τελευταία δεκαετία οι κατασκευαστές διατάξεων πλάσμα έχουν σχεδιάσει νέα μοντέλα με μικρότερα ακροφύσια και μικρότερο (λεπτότερο) τόξο πλάσματος. Αυτό επιτρέπει επιφάνειες κοπής ποιότητας σχεδόν laser. Έτσι αρκετοί κατασκευαστές έχουν συνδυάσει CNC ακριβείας με αυτούς τους δαυλούς για την παραγωγή εξαρτημάτων που απαιτούν λίγο ή καθόλου φινιρίσμα.



Τα μηχανήματα κοπής με πλάσμα ήταν κάποτε πολύ ακριβά. Για το λόγο αυτό, συνήθως υπήρχαν μόνο σε επαγγελματικά καταστήματα συγκόλλησης και πολύ καλά εφοδιασμένα ιδιωτικά συνεργεία αυτοκινήτων και καταστήματα. Ωστόσο, η σύγχρονη κοπή με πλάσμα γίνεται φθηνότερη, και τώρα είναι εντός του εύρους τιμών πολλών ιδιωτών. Οι παλαιότερες μονάδες μπορεί να είναι πολύ βαριές, αλλά εξακολουθεί να είναι φορητές, ενώ ορισμένες νέες με inverter τεχνολογία ζυγίζουν πολύ λίγο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΗΣ

Η κατασκευασθείσα μηχανή έχει πραγματοποιηθεί χωρίς κάποια συγκεκριμένη κλίμακα, αλλά κατά προσέγγιση βάσει πληροφοριών που πάρθηκαν από φωτογραφίες, γραφήματα, video, αλλά οι σημαντικότερες και ουσιαστικότερες πληροφορίες πάρθηκαν από το Ναπολέοντα Βασιλείου, Β' μηχανικό του Εμπορικού Ναυτικού, που υπηρέτησε σε πλοία τύπου Liberty στο παρελθόν, ο οποίος βοήθησε αμέριστα στην ολοκλήρωση του μοντέλου αυτού μηχανής.



Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την μηχανή είναι τα εξής :

- § Χάλυβας St 37.2 για τις λαμαρίνες των βάσεων της μηχανής αλλά και της βάσης της γλίστρας, τις λάμες, τις γωνιές, το έμβολο, τον τροχό, την θυρίδα, το κουτί της θυρίδας, τον κύλινδρο, το κάτω καπάκι του κυλίνδρου, τα αντίβαρα, το έκκεντρο, την γλίστρα και τον σταυρό.

- § Χάλυβας St42 για το στροφαλοφόρο άξονα, τον άξονα της θυρίδας, το βάκτρο, τον άξονα που συνδέει τον στροφαλοφόρο άξονα με τον σταυρό και το βάκτρο και τα στηρίγματα του κυλίνδρου.
- § Μπρούντζος για τα κουζινέτα, τις βάνες οξειδάτωσης, τους λιπαντήρες, τα ελατήρια συμπίεσης του εμβόλου, το περικόχλιο σταθεροποίησης της βαλβίδας και τους στυπιοθλίπτες
- § Πλεξιγκλάς για το πάνω καπάκι του κυλίνδρου και το καπάκι του κουτιού της θυρίδας.

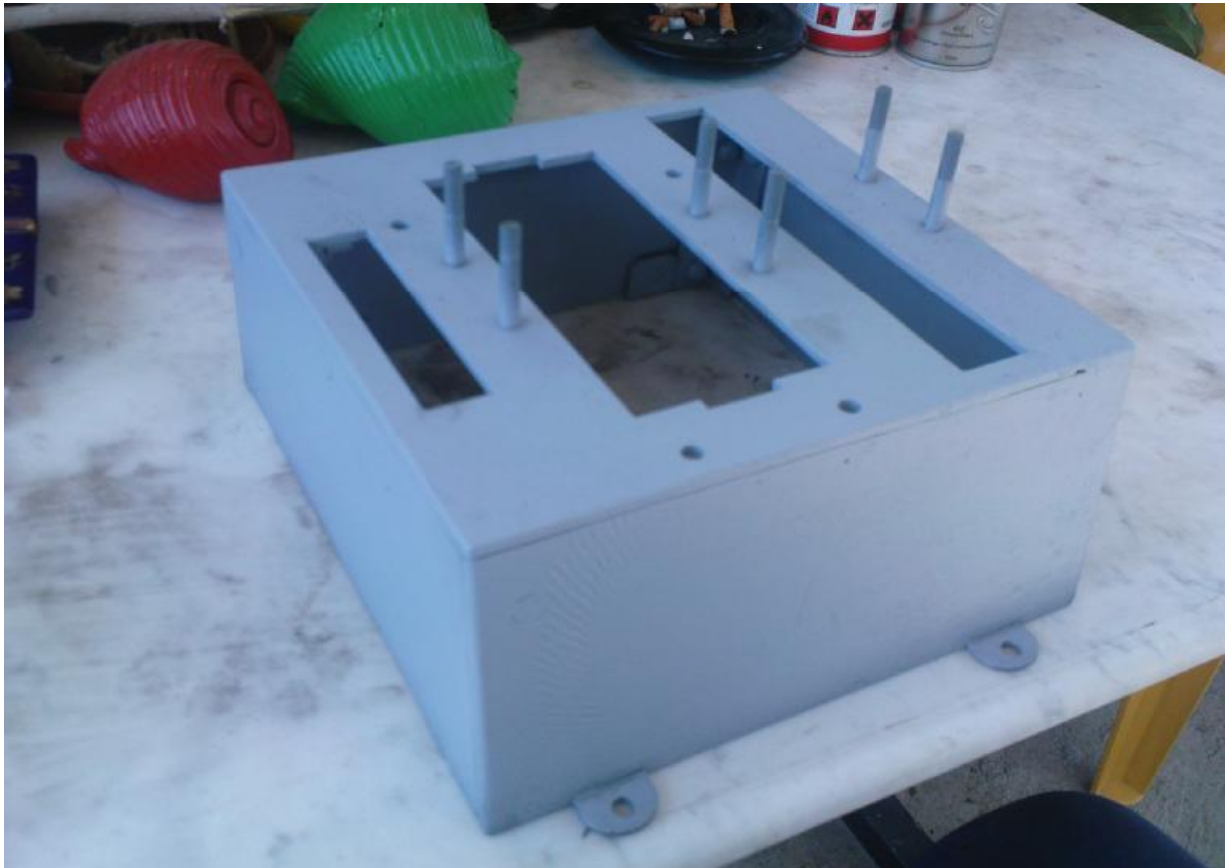
Τα περισσότερα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν υπήρχαν ως “ρετάλια” (περισσεύματα) στο μηχανουργείο. Τα υλικά που αγοράστηκαν είναι ένα κομμάτι μπρούτζος, ένα κομμάτι πλεξιγκλάς, κοχλίες (βίδες), περικόχλια (παξιμάδια), πριτσίνια και σαλαμάστρες.

Πρέπει να παρατηρηθεί πως καταστράφηκαν πολλά εξαρτήματα έως ότου φτάσουν στο σημείο να ταιριάζουν όλα ακριβώς και λειτουργεί το μοντέλο ορθά, διότι είτε κατασκευάζονταν με λανθασμένες διαστάσεις (λόγω έλλειψης ακριβούς κλίμακας), είτε καταστρέφονταν κατά την επεξεργασία στις εργαλειομηχανές, είτε κατά την διάρκεια των δοκιμών λειτουργίας, λόγω λανθασμένων ρυθμίσεων.

2.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΒΑΣΗΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ

Η Βάση στήριξης του μοντέλου είναι το σημείο το οποίο τοποθετείται και δένεται το μοντέλο, έτσι ώστε να σταθεροποιηθεί και να λειτουργεί ομαλά χωρίς κραδασμούς και αναταράξεις. Έχει την δυνατότητα να δεθεί σε τραπέζι, πάγκο, ή ακόμη και στο έδαφος μέσω τεσσάρων οπών, στις οποίες μπορούν να τοποθετηθούν κοχλίες για σύσφιξη και πλήρη ακινητοποίηση της.

Η Βάση κατασκευάστηκε από τα εξής υλικά:



- λαμαρίνα χάλυβα St 37.2 πάχους 4 mm,
- λάμα χάλυβα St 37.2 πάχους 4 mm και πλάτους 25. mm,
- γωνιά χάλυβα St 37.2 πάχους 3 mm και διαστάσεις 25x 15 mm,
- άξονας χάλυβα St 42 διαμέτρου Φ7,
- περικόχλια
- πριτσίνια.

Οι εργαλειομηχανές και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για το παρόν εξάρτημα είναι τα εξής:

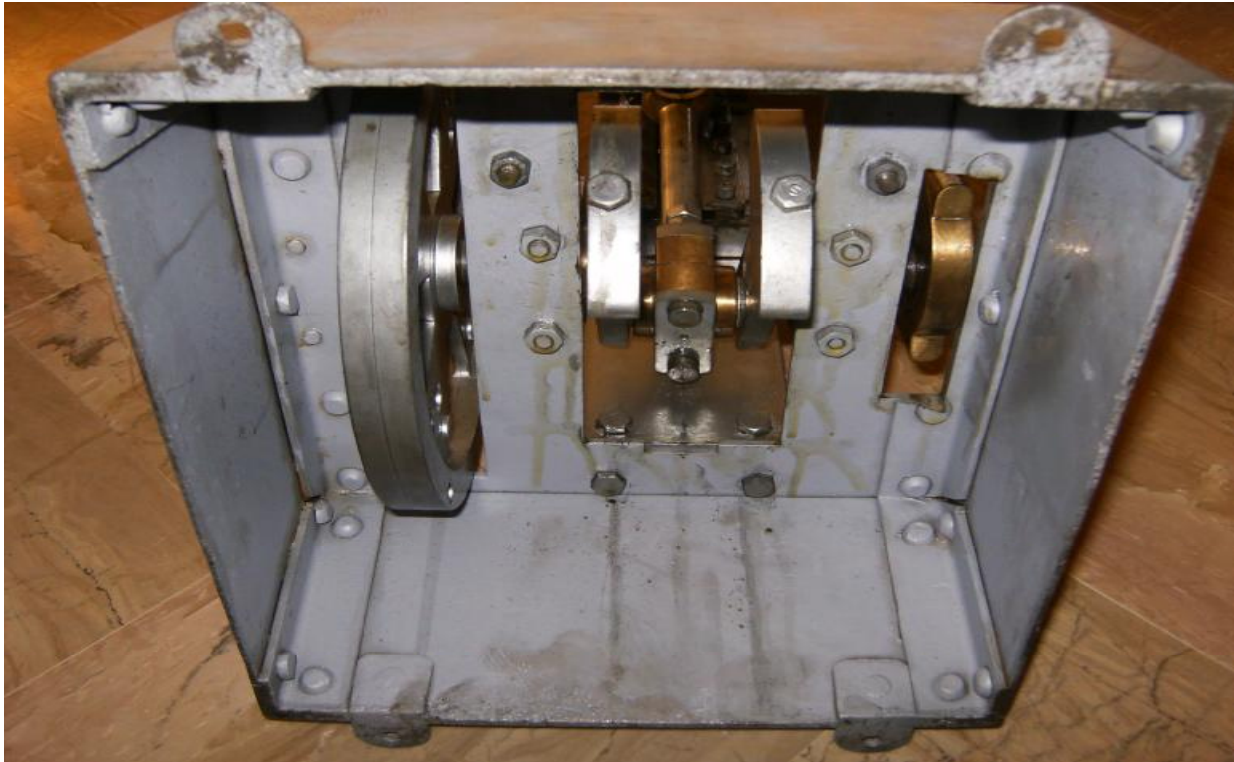
- Ψαλίδι,
- Στράντζα,
- Πριόνι,
- Φρέζα,
- Τόρνος,

- Δράπανο,
- μέτρο (ακρίβειας 1 mm),
- παχύμετρο (ακρίβειας 0.01 mm, ψηφιακό),
- τροχός λειάνσεως,
- 2 κλειδιά πολυγωνικά 11 mm,
- Πόντα,
- σημαδευτήρι,
- σφυρί,
- κιμωλία.

Αρχικά, η λαμαρίνα οδηγήθηκε στο ψαλίδι και κόπηκε σε πέντε κομμάτια, τέσσερα πλαϊνά και ένα για πάνω. Στη συνέχεια, τα κομμάτια αυτά υπέστησαν φρεζάρισμα, δηλαδή, στο επάνω κομμάτι ανοίχτηκαν οπές, με τη βοήθεια τρυπανιού, στις οποίες θα τοποθετηθούν τα στηρίγματα του κυλίνδρου, η πλακά στήριξης της γλίστρας, τα κουζινέτα του στροφαλοφόρου άξονα και τα πριτσίνια, που θα ενώσουν τη λαμαρίνα με τα τέσσερα πλαϊνά κομμάτια. Επίσης με τη βοήθεια κονδυλιού, ανοίχτηκαν οπές στις οποίες θα εισέρχονται ο τροχός, τα αντίβαρα και το έκκεντρο του στροφαλοφόρου άξονα. Τα πλαϊνά κομμάτια λαμαρίνας είναι κομμένα με “φάλτσο”, σχηματίζοντας έτσι ένα τραπέζιο με την μεγαλύτερη βάση κάτω και σε όλα ανοίχτηκαν οπές που θα τοποθετηθούν τα πριτσίνια για να ενωθούν όλα τα κομμάτια. Ακόμη το μπροστινό και πίσω κομμάτι υπέστησαν φρεζάρισμα όσο και το πάχος της λάμας, σε συγκεκριμένα σημεία. στα οποία θα εξηγηθεί παρακάτω.

Εν συνεχεία, οι γωνίες, αφού μετρηθήκαν στις διαστάσεις των ακμών των λαμαρινών, οδηγήθηκαν στο πριόνι και κόπηκαν σε αλλά σημεία κάθετα και σε αλλά υπό γωνία, ανάλογα με το σημείο που έπρεπε να τοποθετηθούν. Ύστερα, τα τεμάχια οδηγήθηκαν στο δράπανο, όπου ανοίχτηκαν οπές για τα πριτσίνια. Μετά, η λάμα κόπηκε και αυτή στο πριόνι σε τέσσερα κομμάτια, αφού κόπηκαν, ανοίχτηκαν από δυο οπές στο δράπανο. Ακολούθησε στραντζάρισμα με “πάτημα” σε ένα σημείο, τέτοιο ώστε η μια πλευρά να είναι παράλληλη στο έδαφος και η άλλη παράλληλη με τη μπροστινή και πίσω κομμάτι της βάσης. λόγος Οι λάμες αυτές θα παίξουν το ρολό της συγκράτησης της βάσης, συνεπώς και ολόκληρης της μηχανής, σε ένα σημείο για αποφυγή περιττών και ανεπιθύμητων κραδασμών και μετακινήσεων.

Έπειτα πάρθηκε ο άξονας και αφού κόπηκε σε έξι ίσα κομμάτια στο πριόνι, οδηγήθηκαν στον τόρνο για δημιουργία σπειρώματος στις άκρες τους. Τα αξονάκια αυτά χρησιμεύουν ως κοχλίες συγκράτησης των κουζινέτων του στροφαλοφόρου άξονα με τη βάση του μοντέλου της μηχανής.



Αφού ετοιμάστηκαν όλα τα εξαρτήματα, φτάνουμε στη συναρμολόγηση της βάσης. Αρχικά τοποθετούμε τα τέσσερα πλαϊνά κομμάτια λαμαρίνας και τα συγκολλούμε “προσωρινά” με τη βοήθεια ηλεκτροκόλλησης (με πόντες). Στη συνέχεια τοποθετούμε εσωτερικά του κουτιού τις γωνίες στις ακμές των λαμαρινών και τις συγκολλούμε. Έπειτα σφηνώνουμε τα πριτσίνια με τη βοήθεια σφυριού. Ύστερα, τοποθετούμε τις στραντζαρισμένες λάμες στην θέση τους, δηλαδή στα μέρη των δυο κομματιών λαμαρινών που είχαν φρεζαριστεί και τα συγκολλούμε και τοποθετούμε κι εκεί πριτσίνια με τον ίδιο τρόπο. Ακολούθως, παίρνουμε το πάνω κομμάτι λαμαρίνας και το τοποθετούμε πάνω στη βάση και το στερεώνουμε κι αυτό με πριτσίνια, ακλουθώντας τον ίδιο ακριβώς τρόπο. Τότε, με την βοήθεια περικοχλίων, στερεώνουμε τα αξονάκια στην θέση τους.

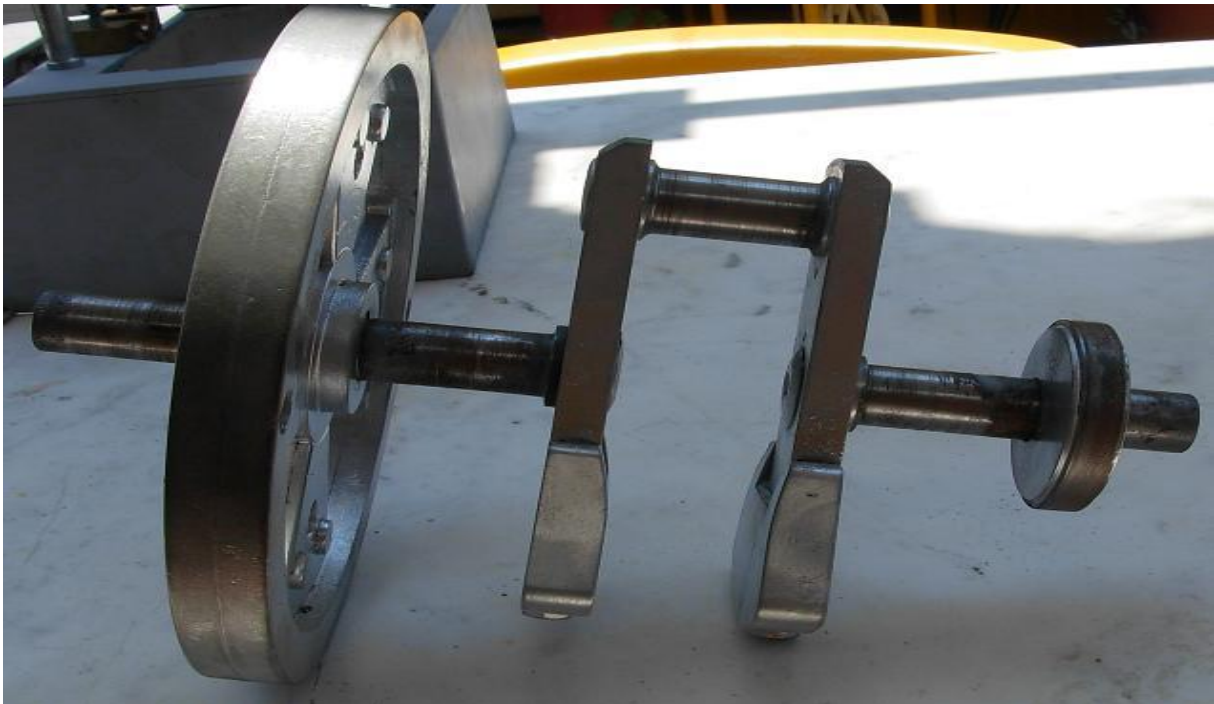
Τέλος, με χρήση τροχού, λειαίνουμε όλη την βάση για να αφαιρεθούν τυχόν σκουριές και εξογκώματα, αφαιρούμε τα κολλήματα στρογγυλοποιούμε τις γωνίες και τις κορυφές. Μετά την λείανση, όλη η βάση γαλβανίστηκε με ειδικό σπρέι για την αποφυγή πρόωρης οξείδωσης και στην συνέχεια βάφτηκε με χρώμα γκρι για καλλωπιστικούς λόγους.

2.2 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΣΤΡΟΦΑΛΟΦΟΡΟΥ ΑΞΟΝΑ & ΜΕΡΩΝ ΤΟΥ

Ο στροφαλοφόρος άξονας είναι αυτός που μεταδίδει την κίνηση από τη μηχανή στο κινητήριο μέσο (την προπέλα στην προκείμενη περίπτωση). Δηλαδή είναι από τα σημαντικότερα στοιχεία μιας μηχανής. Αποτελείται από ένα τροχό, τα αντίβαρα του εμβόλου και το έκκεντρο της θυρίδας.

Ο τροχός, ο οποίος έχει τοποθετηθεί στο μοντέλο αυτό διότι είναι μονοκύλινδρο, συνεπώς δεν υπάρχουν άλλοι κύλινδροι σε σειρά, παίζει το ρόλο του βολάν, δηλαδή, λόγω του μεγέθους και του βάρους του, μεταφέρει συνεχώς τη ροπή της μηχανής και δεν επιτρέπει στο εμβολο να κολλήσει σε κάποιο νεκρό σημείο, αλλά να έχει συνεχή κίνηση. Μια ακόμη χρήση του είναι ότι είναι και ζυγοσταθμιστής. Δηλαδή, δεν επιτρέπει στον άξονα να υπόκειται σε αναταράξεις και σε πολλούς κραδασμούς εξαιτίας της “δύναμης” της μηχανής.

Τα αντίβαρα του εμβόλου, βρίσκουν χρήση στον στροφαλοφόρο άξονα ως βοηθήματα κίνησης του εμβόλου στον κύλινδρο, αλλά και αποφυγής κολλήματος του σε κάποιο νεκρό σημείο. Το έκκεντρο της θυρίδας είναι αυτό που καθορίζει την κίνηση της θυρίδας, συνεπώς και την ροή αέρα στον κύλινδρο.



Ο στροφαλοφόρος άξονας κατασκευάστηκε από τα εξής υλικά:

- λαμαρίνα χάλυβα St 37.2 πάχους 25 mm,
- άξονας χάλυβα St 42 διαμέτρου Φ20,
- άξονας χάλυβα St 42 διαμέτρου Φ60,
- κοχλίες.

Οι εργαλειομηχανές και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του συστήματος εξαρτημάτων αυτού είναι τα ακόλουθα:

- Πριόνι,
- Ψαλίδι,
- Φρέζα,
- Τόρνος,
- Πλάσμα,
- σφυρί,
- κλειδί πολυγωνικό 11 mm,
- κατσαβίδι.

Αρχικά, η λαμαρίνα, οδηγήθηκε στο ψαλίδι για να κοπούν τα απαραίτητα κομμάτια για την κατασκευή του τροχού (βολάν) και των αντίβαρων. Μετά το κομμάτι από το οποίο θα κατασκευαστεί ο τροχός κόπηκε με τη βοήθεια του

πλάσματος σε σχήμα κυκλικό, με ακτίνα λίγο μεγαλύτερη από τη ζητούμενη. Στη συνέχεια το στρογγυλο-ποιημένο κομμάτι οδηγήθηκε στον Τόρνο για περαιτέρω επεξεργασία. Αφού υπέστη μια πρώτη επεξεργασία ξεχονδρίσματος, ήρθε στην επιθυμητή διάμετρο ($\Phi 190$ εξωτερικά). Στη συνέχεια δημιουργήθηκε το απαραίτητο πάχος του τροχού (18 mm). Ύστερα τονοποιήθηκε μέχρι να δημιουργηθεί μια εσωτερική “πλάκα” πάχους 10 mm. Τελειώνοντας την επεξεργασία



στον τόρνο δημιουργήθηκε η οπή στο κέντρο του τροχού από την οποία θα περάσει ο άξονας ($\Phi 18$). Μετά τον τόρνο, ο τροχός οδηγήθηκε στην Φρέζα για το άνοιγμα των οπών, τον τελικό σχηματισμό του αλλά και τη δημιουργία σφηνόδρομου για την σταθεροποίηση του πάνω στον άξονα.

Έπειτα, ξεκίνησε η επεξεργασία των αντίβαρων. Αφού είχαν κοπεί με το ψαλίδι, οδηγήθηκαν στην Φρέζα για μορφοποίηση. Με την βοήθεια κονδυλιού φρεζαρίστηκαν τα τέσσερα κομμάτια έως ότου πάρουν την τελική μορφή τους και με τη βοήθεια τρυπανιών ανοίχτηκαν οι οπές σύνδεσης των κομματιών μεταξύ τους και με τον άξονα, αλλά και των απαραίτητων σπειρωμάτων στα σημεία τα οποία θα δεθούν τα κομμάτια μεταξύ τους. Ακόμη ανοίχτηκαν τέσσερις οπές (πολύ μικρότερες), στις οποίες θα τοποθετηθεί κατά την συναρμολόγηση αποστάτης για τον καθορισμό της σωστής απόστασης που θα

πρέπει να έχουν για την τοποθέτηση του άξονα που θα λαμβάνει χωρά ανάμεσα τους.

Ύστερα προχωρήσαμε στην κατασκευή του έκκεντρου. Οδηγούμε τον άξονα χάλυβα St 42 διαμέτρου $\Phi 60$ στον τόρνο προς επεξεργασία. Αρχικά πραγματοποιούμε μια κατεργασία ξεχονδρίσματος και στην συνέχεια του δίνουμε διάμετρο ίση με 55 mm. Έπειτα πραγματοποιούμε τις αυλακώσεις πάχους 1.5 mm. Τελειώνοντας με το τονάρισμα και με την βοήθεια της κόφτρας, κόβουμε το επιθυμητό κομμάτι από τον υπόλοιπο άξονα. Το έκκεντρο έχει πάχος 12 mm. Συνεχίζοντας την κατασκευή του, το πηγαίνουμε για φρεζάρισμα και το άνοιγμα της έκκεντρης οπής, αλλά και της οπής στην οποία θα τοποθετηθεί κοχλίας συγκράτησης του εξαρτήματος με τον στροφαλοφόρο άξονα.



Ακολούθως, παίρνουμε τον άξονα St 42 διαμέτρου $\Phi 20$ και τον οδηγούμε στον τόρνο. Αφού του κάνουμε την πρώτη επεξεργασία ξεχονδρίσματος, τον φτάνουμε σε διάμετρο 18 mm. Έπειτα κόβεται σε τρία κομμάτια και στις ακριβείς διαστάσεις τις οποίες πρέπει να έχει ώστε να ταιριάζει στις ζητούμενες θέσεις. Έπειτα το κομμάτι του άξονα το οποίο θα περάσει μέσα από τον τροχό οδηγείται στην φρέζα για να δημιουργηθεί ο απαραίτητος σφηνόδρομος.

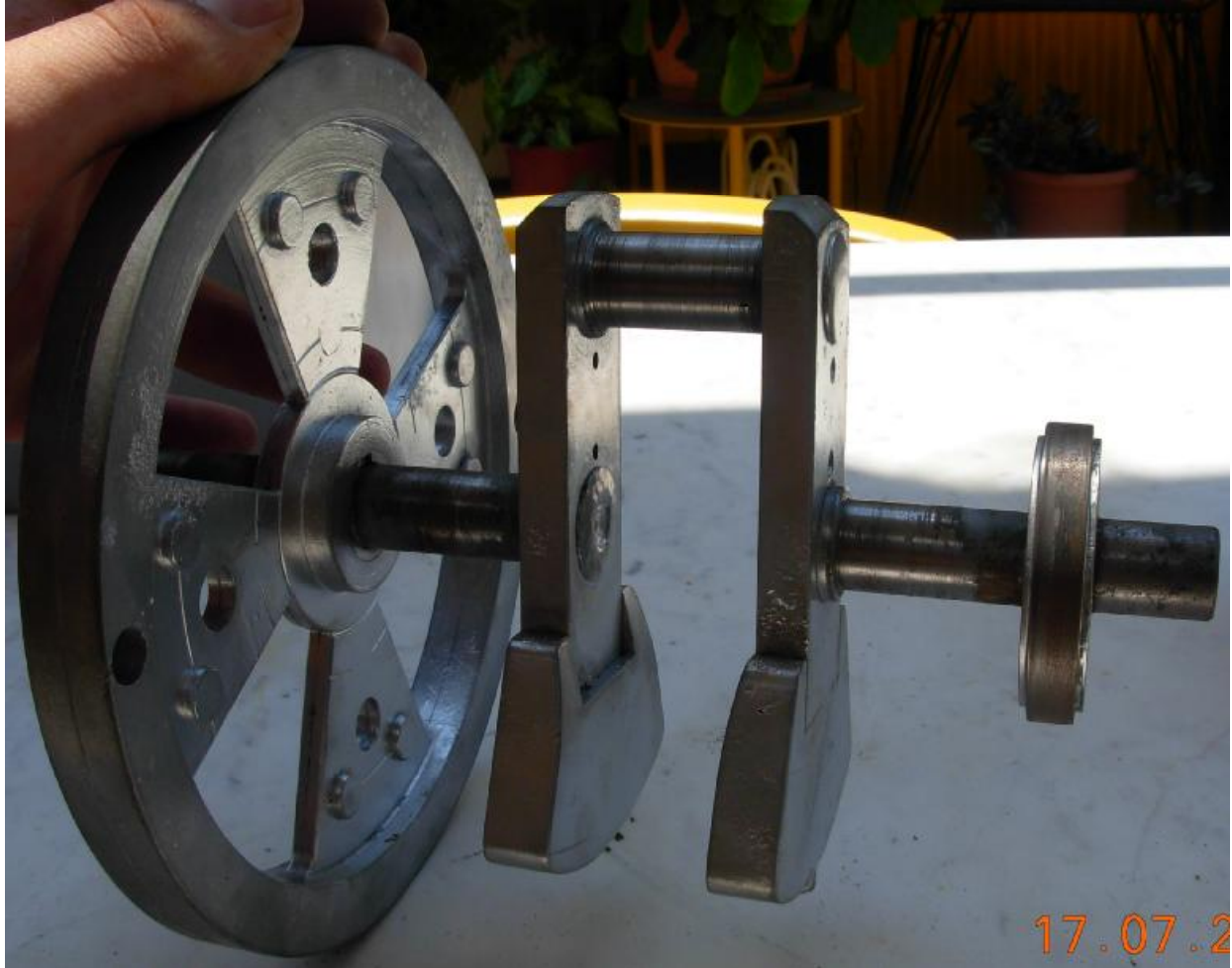
Αφού ετοιμάστηκαν όλα τα εξαρτήματα, φτάνουμε στη συναρμολόγηση του στροφαλοφόρου άξονα. Αρχικά, παίρνουμε τον τροχό και τοποθετούμε το κομμάτι του άξονα στην κατάλληλη οπή και με την βοήθεια ενός σφυριού



τοποθετούμε την σφήνα στερέωσης στην θέση της. Στην συνέχεια, παίρνουμε το έκκεντρο και τοποθετούμε το δεύτερο κομμάτι του άξονα και το βάζουμε στην κατάλληλη θέση και τα στερεώνουμε με ένα κοχλίας και τη βοήθεια ενός κατσαβιδιού. Έπειτα, παίρνουμε πάλι το πρώτο κομμάτι του άξονα (με τον τροχό τοποθετημένο) και το ένα αντίβαρο. Αφού πυρώσουμε το αντίβαρο στο σημείο που θα εισχωρήσει ο άξονας, τον περνάμε και πυρώνουμε και τον άξονα τότε. Ύστερα

χτυπάμε με την βοήθεια του σφυριού τον άξονα για να "ενωθεί" με το αντίβαρο και το αφήνουμε να εκτονωθεί. Το ίδιο ακριβώς κάνουμε και με το άλλο αντίβαρο και με το δεύτερο κομμάτι άξονα (αυτό που φέρει το έκκεντρο) και το αφήνουμε να εκτονωθεί και αυτό. Μόλις κρυώσουν τα δυο μέρη του στροφαλοφόρου, παίρνουμε το τρίτο κομμάτι άξονα και τον τοποθετούμε στην θέση του, ανάμεσα δηλαδή από τα αντίβαρα. Εν συνεχεία, τοποθετούμε τους

αποστάτες ανάμεσα τους, καθορίζοντας έτσι την σωστή απόσταση που πρέπει να έχουν. Πυρώνουμε τα σημεία, τα οποία ο άξονας εισέρχεται μέσα στα αντίβαρα και μετά τα χτυπάμε με την βοήθεια σφυριού και το ψύχουμε ολοκληρωτικά μέσα σε νερό. Τέλος ο στροφαλοφόρος άξονας γαλβανίστηκε με ειδικό σπρέι για την αποφυγή πρόωρης οξείδωσης και στην συνέχεια βάφτηκε με χρώμα ασημί (νίκελ) για καλλωπιστικούς λόγους.



2.3 Κατασκευή Στηριγμάτων Κυλίνδρου και Βάσης Γλίστρας

Τα στηρίγματα του κυλίνδρου (κολώνες) χρησιμεύουν για την στήριξη του κυλίνδρου καθώς, και τη σωστή τοποθέτηση του πάνω από τον άξονα του εμβόλου.



Από την άλλη η βάση της γλίστρας χρησιμεύει και αυτή για την στερέωση του κυλίνδρου του εμβόλου στη σωστή θέση, αλλά η σημαντικότερη χρήση της είναι η σταθεροποίηση της ίδιας της γλίστρας και δίνοντας της μια κατακόρυφη παλινδρομική κίνηση ακριβώς κάτω από το έμβολο, οδηγώντας το στην ομαλή κίνηση του χωρίς τζόγο και δυσκολίες, συνεπώς στη λειτουργία ολόκληρης της μηχανής, με τη βοήθεια των οδηγών όπου αποτελείται, αλλά και την κατασκευή της.

Τα στηρίγματα του κυλίνδρου κατασκευάστηκαν από τα εξής υλικά:

- συμπαγή άξονα St 42 Φ18

και η βάση της γλίστρας από:

- λαμαρίνα St 37.2 5 mm.

Τα εργαλεία και οι εργαλειομηχανές που έλαβαν χώρα στην ολοκλήρωση της κατασκευής είναι τα εξής:

- Πριόνι,
- ψαλίδι,
- στράντζα,
- φρέζα,
- τόρνος,
- δράπανο,
- ηλεκτρικός τροχός,
- μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης,

- κλειδί πολυγωνικό,
- κλειδί γερμανικό,
- κοχλίες, περικόχλια.

Αρχίζοντας την κατασκευή των στηριγμάτων στήριξης, η επεξεργασία ξεκίνησε από τον υπολογισμό του τελικού μήκους που θα έπρεπε να είχαν οι κολόνες καθώς και τις γωνίες που έπρεπε να δημιουργηθούν λυγίζοντας αυτές σε δυο σημεία, έτσι ώστε να έρθουμε στο επιθυμητό ύψος, αλλά και σημείο που θα προσδεθούν με το στήριγμα του κυλίνδρου (συνεπώς και τον ίδιο τον κύλινδρο).

Στη συνέχεια ο άξονας οδηγήθηκε στο πριόνι, όπου και κόπηκε στο ζητούμενο μήκος. Έπειτα, η υπό κατασκευή κολώνα δέθηκε στον τόρνο για κατεργασία ξεχονδρίσματος, να έρθει στην επιθυμητή διάμετρο αλλά και να δημιουργηθεί μια πιο χόντρη βάση, για καλύτερη ισορροπία, αλλά και για καλλωπιστικούς λόγους. Αμέσως μετά λαμβάνει χώρα η διαδικασία δημιουργίας δυο ισομηκών και ίδιων σπειρωμάτων, τα οποία θα χρησιμεύσουν για την συγκράτηση τους στην βάση της μηχανής αλλά και στη βάση του κυλίνδρου. Τέλος, αφού τελειώσουμε με



το τορνίρισμα, οδηγούμε το επεξεργαζόμενο κομμάτι στη στράντζα για το γύρισμα στα δυο σημεία που είχαμε υπολογίσει αρχικά. Τότε σημαδεύουμε τα σημεία και υπολογίζουμε τις απαιτούμενες πιέσεις που θα χρειαστούν για την δημιουργία των γωνιών. Αφού υπολογιστούν όλα τα απαραίτητα και γίνουν κάποια δοκιμαστικά πατήματα για την ορθότητα των κομματιών, τοποθετούμε τις κολόνες μια - μια στο τραπέζι της στάντζας. Το πρώτο πάτημα γίνεται στο εξωτερικό μέρος και το δεύτερο γίνεται 30 mm πιο μέσα από το πρώτο και σχηματίζονται δυο γωνίες 135°. Τέλος, μόλις τελειώσει η κατασκευή οι κολόνες οδηγούνται στην βάση της μηχανής, τοποθετούνται και δένονται πάνω της.



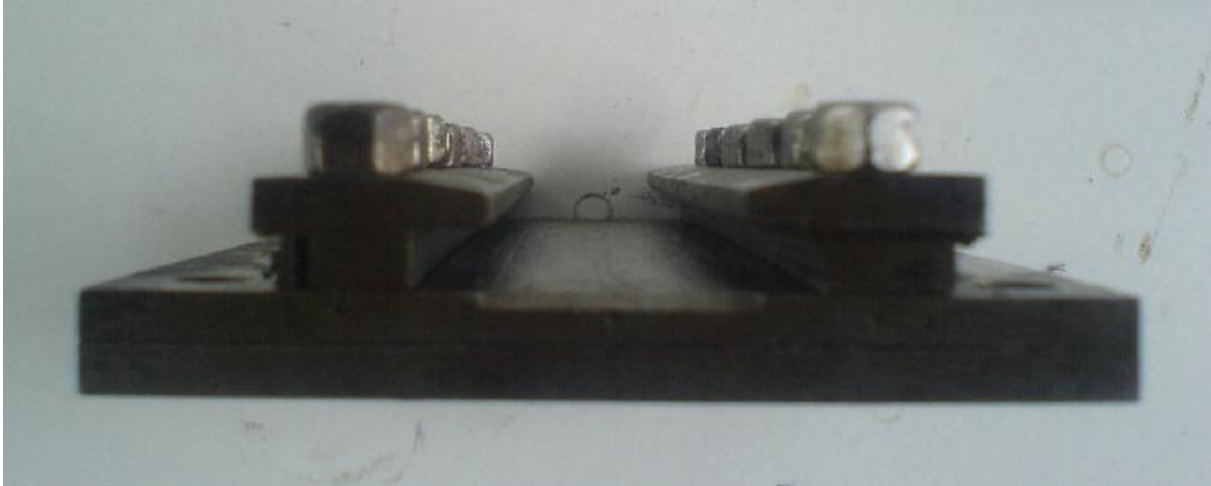
Η κατασκευή της βάσης της γλίστρας ξεκίνησε από την επεξεργασία της λαμαρίνας πάχους 5 mm. Αρχικά, οδηγήθηκε στο ψαλίδι, αφού υπολογίστηκαν οι ακριβείς διαστάσεις του απαιτούμενου κομματιού και στη συνέχεια κόπηκε στις διατάσεις αυτές. Έπειτα, οδηγήθηκε στο δράπανο όπου ανοίχτηκαν έξι οπές Φ7 στις οποίες θα τοποθετηθεί και θα προσδεθεί η γλίστρα και η ένωση με την βάση της μηχανής.

Στη συνέχεια από την ίδια λαμαρίνα κόβουμε αλλά δυο κομμάτια, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν για να συγκρατούν το κομμάτι της λαμαρίνας με τη γλίστρα, με τις βάσεις της μηχανής και του κυλίνδρου αντίστοιχα. Μόλις κοπούν, τα κομμάτια αυτά οδηγούνται στην φρέζα για περαιτέρω επεξεργασία, η οποία είναι να ανοιχθούν τέσσερις οπές στο κομμάτι το οποίο θα τοποθετηθεί ως ένωση με την βάση της μηχανής και στο άλλο δυο οπές για τη βάση του κυλίνδρου. Στο ίδιο κομμάτι, εκεί που έγιναν οι οπές φρεζάρουμε περιφερειακά για να είναι δυνατή και ομαλή η ένωση με τον κύλινδρο (όπως φαίνεται στα παραπάνω σχήματα). Τότε, τα κομμάτια αυτά οδηγούνται στην στράντζα, όπου λυγίζονται σε γωνία 100° αφού πρώτα έχουν υπολογιστεί οι κατάλληλες πιέσεις και γίνουν δοκιμαστικά πατήματα. Τελικά, με τη βοήθεια ηλεκτροκόλλησης, το πάνω κομμάτι κολλιέται με την αρχική λαμαρίνα και το κάτω ενώνεται με την βοήθεια κοχλιών με την αρχική λαμαρίνα, αλλά και με την βάση της μηχανής (όπως οι παραπάνω φωτογραφίες).

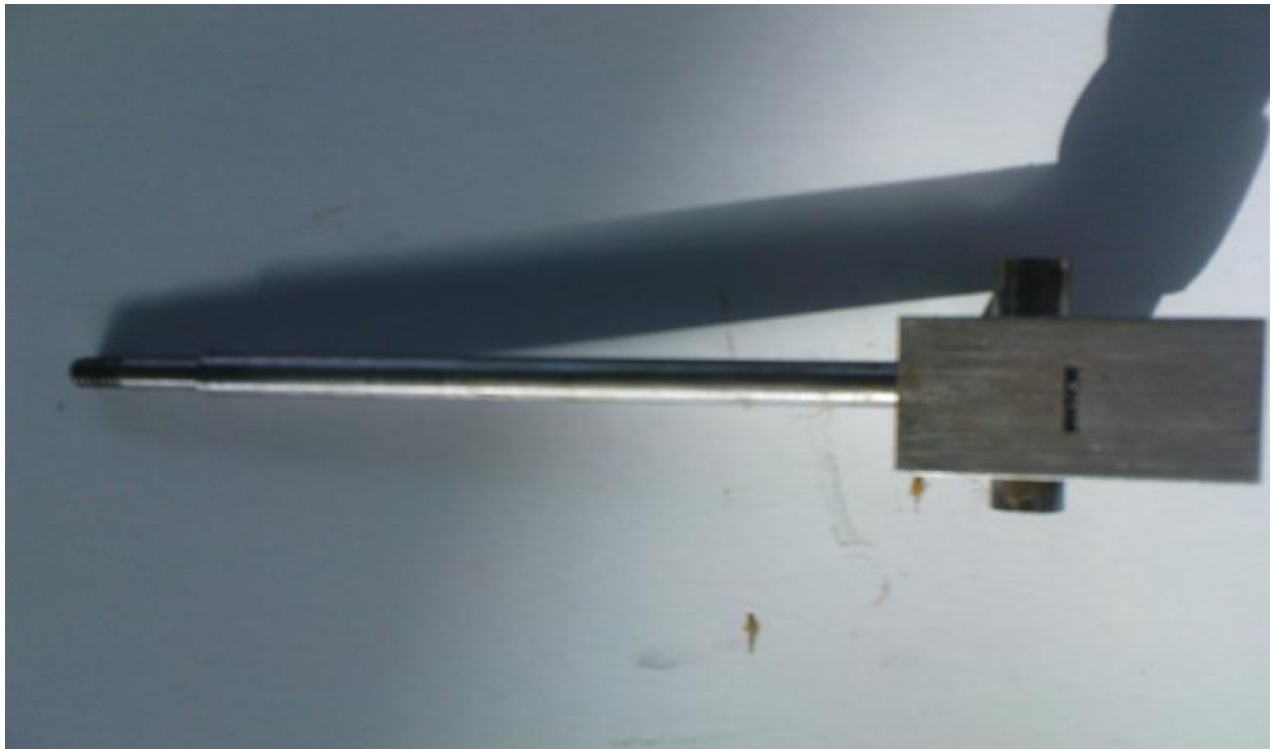
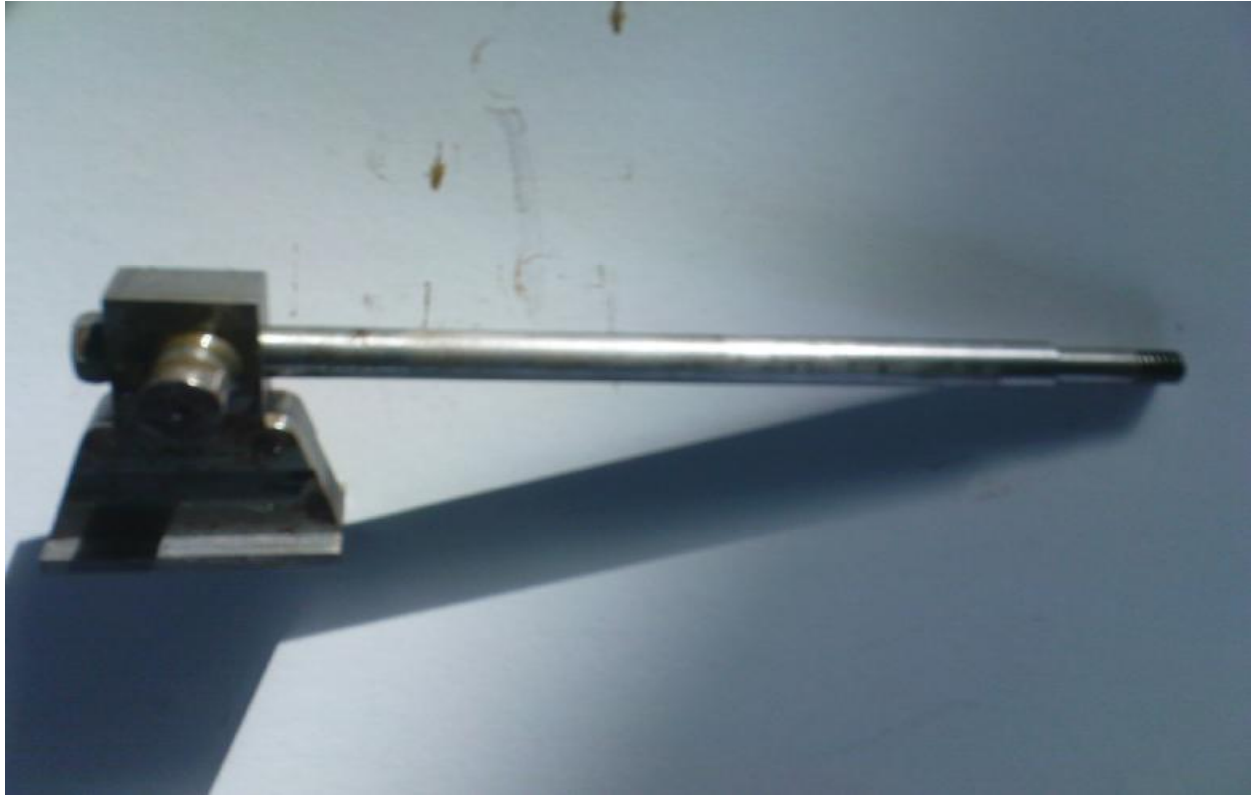
Τέλος οι κολώνες, καθώς και η βάση της γλίστρας γαλβανίστηκαν με ειδικό σπρέι για την αποφυγή πρόωρης οξείδωσης και στην συνέχεια βάφτηκαν με χρώμα ασημί (νίκελ) για καλλωπιστικούς λόγους.

2.4 Γλίστρα και Σταυρός

Η γλίστρα έχει την χρήση οδηγού, δηλαδή αυτή κατευθύνει τον σταυρό, συνεπώς και τον άξονα του εμβόλου. Η γλίστρα είναι ένα από τα σημαντικότερα εξαρτήματα της μηχανής διότι ομαλοποιεί την κίνηση του εμβόλου και ελαχιστοποιεί, έως “μηδενίζει” τις φθορές μεταξύ εμβόλου και κυλίνδρου.



Ο σταυρός, είναι το εξάρτημα το οποίο με την βοήθεια της γλίστρας δίνει κίνηση μέσω του στροφαλοφόρου άξονα στο έμβολο. Ο σταυρός είναι η ένωση της γλίστρας, του στροφαλοφόρου άξονα και του βάκτρου. Είναι το κέντρο πολλών και ισχυρών πιέσεων, με αποτέλεσμα να υπόκειται σε ισχυρή καταπόνηση κατά την διάρκεια της λειτουργίας του μοντέλου.



Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της γλίστρας είναι τα εξής:

- λαμαρίνα St 37.2 4mm,
- λαμαρίνα St 37.2 5mm,
- λάμες πάχους 0,5 και 1 mm (ως προσθήκες),

Για τον σταυρο χρησιμοποιήθηκαν,

- άξονας Φ14,
- κομμάτι μασίφ σίδηρου.

Τα εργαλεία και οι εργαλειομηχανές που έλαβαν χώρα στην ολοκλήρωση της κατασκευής και των δυο κομματιών είναι τα εξής:

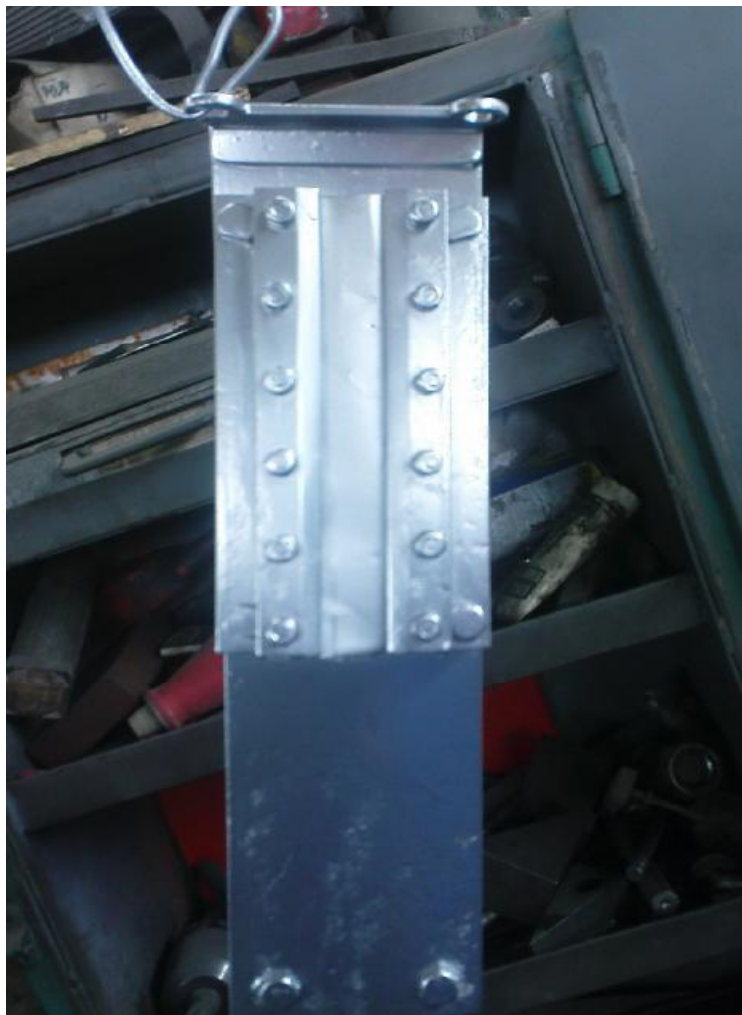
- πριόνι,
- ψαλίδι,
- τórνος,
- φρέζα,
- τροχός λειαντικός,
- κοχλίες,
- περικόχλια,
- κατσαβίδι

Ξεκινώντας την κατασκευή της γλίστρας, οδηγούμε τις λαμαρίνες στο ψαλίδι. Αφού μετρήσουμε και υπολογίσουμε τις απαραίτητες διαστάσεις, τότε κόβουμε τα ζητούμενα τεμάχια. Στη συνέχεια οδηγούμε τα τεμάχια αυτά στην φρέζα, όπου τους ανοίγουμε οπές, είτε για τη στήριξη τις γλίστρας στη βάση της, είτε για τη δημιουργία του “δρόμου” (αυλακιού) που θα κινείται ο σταυρός. Έπειτα παίρνουμε το κομμάτι από μασίφ χάλυβα και κόβουμε τέσσερα κομμάτια με την βοήθεια του πριονιού. Τα κομμάτια αυτά οδηγούνται στην φρέζα για περαιτέρω επεξεργασία. Αρχικά δημιουργούνται τα δυο “πόδια” της γλίστρας, τα οποία έχουν σχήμα τραπεζίου, αλλά το ένα είναι μικρότερο του άλλου (με γνώμονα το γεωμετρικό τους ύψος), για να ενωθεί πλήρως με την βάση της και να επιτευχθεί η πλήρης καθετότητα στην κίνηση του σταυρού, συνεπώς και του εμβόλου. Έπειτα σημαδεύονται τα απαραίτητα σημεία και ανοίγονται διαμπερείς οπές σε αυτά καθώς είναι τα μέσα στήριξης της βάσης της γλίστρας με την “πλάτη” της μηχανής.

Έπειτα, αρχίζουμε τη συναρμολόγηση της βάσης. τοποθετώντας στο μεγάλο κομμάτι λαμαρίνας διαστάσεων 141mm μήκος, 77mm πλάτος και 4mm πάχος, το οποίο έχει μόλις τελειώσει την κατεργασία του στη φρέζα, τα 2 μικρότερα κομμάτια του εξαρτήματος με διαστάσεις 141mm μήκος, 10mm πλάτος και 5mm πάχος, κεντράρουμε τις οπές με τις οποίες θα συγκρατούνται. Οι οπές αυτές είναι έξι συγκεκριμένα με ίσες αποστάσεις μεταξύ τους της τάξης των 24mm. Αμέσως μετά τοποθετούμε τα άλλα δυο κομμάτια λαμαρίνας με διαστάσεις 141mm μήκος, 17mm πλάτος και 4mm πάχος, ακριβώς πάνω στα άλλα δυο κομμάτια πάχους 5mm. Στις δώδεκα οπές αυτές ανοίγονται σπειρώματα με τη βοήθεια κολαούζου και στη συνέχεια τοποθετούνται βίδες (χωρίς κεφαλή) και στερεώνονται με περικόχλια από την μία μεριά μόνο, διότι από την άλλη θα υπάρχουν τα πόδια της βάσης που θα τα συγκρατούν (όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία).



Πρέπει να σημειωθεί πως ανάμεσα από τα κομμάτια έχουν τοποθετηθεί λαμπάκια μικρού πάχους για να δημιουργηθεί το απαραίτητο κενό που θα επιτρέπει στη γλίστρα να κινείται, καθώς επίσης το σημείο της βάσης που θα έρχεται σε επαφή η κεφαλή της γλίστρας (το αυλάκι) έχει υποστεί λείανση. Τέλος, η βάση συναρμολογείται με την πλάτη της μηχανής με τη βοήθεια τεσσάρων κοχλιών στους οποίους έχει τροχιστεί μέρος της κεφαλής για να μπορεί να γίνει ορθά η σύσφιξη

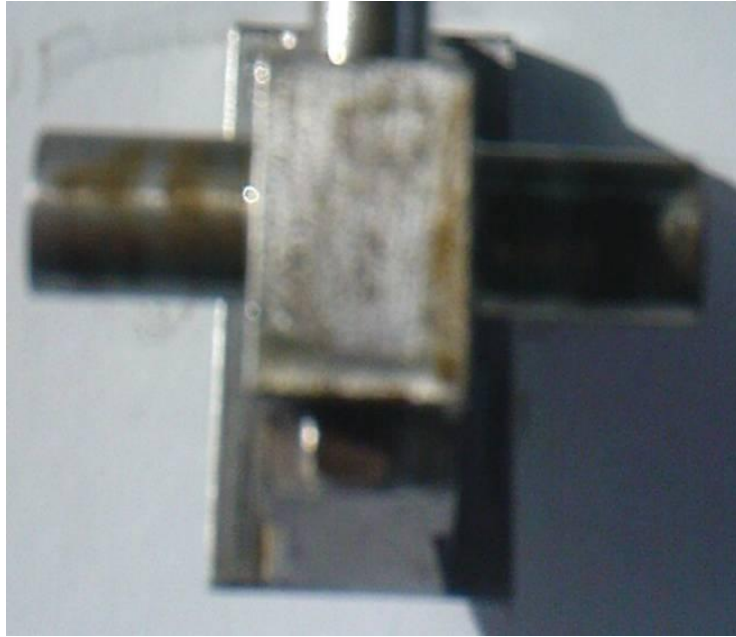


Η δημιουργία του σταυρού ξεκίνησε από την επεξεργασία του άξονα διαμέτρου Φ14. Αρχικά με την βοήθεια του πριονιού, κόπηκε στην απαιτούμενη διάσταση και στη συνέχεια οδηγήθηκε στον τόρνο, όπου και δημιουργήθηκαν σπειρώματα στις δυο άκρες του με διάμετρο Μ8, αφού όμως πρώτα είχε υποστεί κατεργασία ξεχονδρίσματος και αφαίρεσης υλικού έως ότου έρθει στην ζητούμενη διάμετρο Φ11.

Στην συνέχεια, μέρος στην επεξεργασία έλαβε το μασίφ κομμάτι από χάλυβα, το οποίο κόπηκε στο πριόνι και οδηγήθηκε στην φρέζα για περαιτέρω επεξεργασία. Εκεί και αυτό υπέστη κατεργασία ξεχονδρίσματος και αρχικά κατασκευάστηκε ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο με διαστάσεις 55 mm x 33mm x 24 mm (μήκος x πλάτος x ύψος). Έπειτα το κομμάτι άλλαξε θέση πάνω στο τραπέζι της φρέζας και δημιουργήθηκαν τα στηρίγματα που θα τοποθετηθούν μέσα σε κουζινέτα και θα δεθούν στον άξονα που ενώνεται με τον στροφαλοφόρο, καθώς και μια οπή με σπείρωμα με βάθος όσο το μισό του πάχους του κομματιού (η χρήση της οποίας εξηγείται στην επόμενη παράγραφο). Ακολούθως το τεμάχιο άλλαξε πάλι θέση για να δημιουργηθεί η οπή ίδιας διατομής, στην οποία θα εισχωρεί το βάκτρο και θα δεθεί με την βοήθεια περικοχλίου.

Σειρά στην επεξεργασία λαμβάνει το μέρος του σταυρού, το οποίο θα εργάζεται μαζί με την γλιστρά. Αφού κοπεί και αυτό με την σειρά του με το πριόνι από το κομμάτι του χάλυβα, οδηγείται στην φρέζα. Εκεί μετά από κατεργασία φθάνει στο τελικό του σχήμα, όπως φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία. Τότε ανοίγεται μια οπή, η οποία θα παίζει το ρόλο της σύνδεσης με το υπόλοιπο μέρος του σταυρού και θα το συγκρατεί μια βίδα.





Τελειώνοντας την επεξεργασία των κομματιών, φτάνουμε στη συναρμολόγηση του σταυρού. Τότε με ηλεκτρικό λειαντικό τροχό (φτερό για ανοξείδωτα υλικά), τροχίζουμε την επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με την πλάκα της γλίστρας (δηλαδή τροχίζεται έως ότου γίνει όσο το δυνατόν πιο λεία), έτσι η επιφάνεια και η κεφαλή της βίδας βρίσκονται στην ίδια ευθεία, χωρίς να εξέχει κανένα από τα δυο εξαρτήματα. Τοποθετείται και το βακτρο στην θέση του και δένεται με το περικόχλιο.

Τέλος, η γλίστρα και ο σταυρός γαλβανίζονται με ειδικό σπρέι για την αποφυγή πρόωρης οξείδωσης και βάφονται με χρώμα ασημί (νίκελ). Η μεν γλίστρα δένεται πάνω στην βάση της και τοποθετείται στην ως τώρα κατασκευή και ο δε σταυρός τοποθετείται σε αποθηκευτικό χώρο, έως ότου έρθει η σειρά του να τοποθετηθεί στη μηχανή.

2.5 Άξονες της μηχανής

Οι άξονες της μηχανής είναι μέσα μεταφοράς της κίνησης από το έμβολο στον στροφαλοφόρο άξονα και μέσω αυτού σε άλλα μέσα σε μια κατασκευή. Οι άξονες αυτοί λόγω της θέσης τους αλλά και της εργασίας στην οποία ασκούνται, δέχονται μεγάλες πιέσεις, δυνάμεις, ροπές, συνεπώς καταπονούνται ιδιαίτερα κατά τη λειτουργία της μηχανής.

Εκτός από τον στροφαλοφόρο άξονα και το βάκτρο, οι οποίοι αναλύθηκαν στα υποκεφάλαια 2.2 και 2.4 αντίστοιχα, οι άξονες που αποτελούν την κατασκευασθείσα μηχανή είναι τρεις. Ο πρώτος είναι ο διωστήρας, ο οποίος συνδέει το στροφαλοφόρο άξονα στο σημείο των αντίβαρων με το βάκτρο και αυτό με τη σειρά του το έμβολο. Ο δεύτερος είναι αυτός που συνδέει τον στρόφαλο στο σημείο του έκκεντρου με τον τρίτο άξονα ο οποίος δίνει κίνηση στη βαλβίδα που κατευθύνει το κινητήριο μέσο στον κύλινδρο, δηλαδή τον πιεσμένο αέρα.



Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή των αξόνων είναι τα εξής:

- Άξονας $\Phi 60$ St 42,
- άξονας $\Phi 18$ St 42
- λάμα St 37.2, πάχους 8mm και πλάτους 50mm
- λάμα St 37.2, 4mm και πλάτους 15mm

Τα εργαλεία και οι εργαλειομηχανές που έλαβαν χώρα στην ολοκλήρωση της κατασκευής και των δυο κομματιών είναι τα εξής:

- πριόνι,
- τόρνος,
- φρέζα
- μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης
- ηλεκτρικός τροχός

Ξεκινώντας την κατασκευή των αξόνων , τους οδηγούμε στο πριόνι για κόψιμο στις απαραίτητες διαστάσεις 300mm για το διωστήρα, 600mm για τον άξονα του έκκεντρου και τον άξονα της βαλβίδας, οι οποίοι αρχικά επεξεργάζονται ως ένα ενιαίο κομμάτι και στη συνέχεια θα χωριστούν. Πρέπει να σημειωθεί πως οι παραπάνω διαστάσεις είναι υπερδιαστάσεις, δηλαδή έχουν μεγαλύτερο μήκος από το ζητούμενο και θα κοπούν στην απαιτούμενη διάσταση κατά την κατασκευή. Έπειτα από την κοπή των αξόνων στο πριόνι, οδηγούνται στον τόρνο.

Αρχικά επεξεργάζεται ο άξονας που θα προσέλθει ο διωστήρας. Αφού το κομμάτι δεθεί στον τόρνο και μετά από μια κατεργασία ξεχονδρίσματος, το κομμάτι торνάρεται και έρχεται σε διάμετρο 55mm σε μια διάσταση μήκους 10mm. Έπειτα, το торνάρισμα συνεχίζεται για μια απόσταση 35mm και φτάνει σε διάμετρο 31mm και στη συνέχεια για το υπόλοιπο του άξονα η διάμετρος του φτάνει στα 16mm. Στη συνέχεια επιστρέφουμε στο σημείο που ο άξονας έχει διάμετρος 35mm και 16mm και καμπυλώνουμε τη διάφορα αυτή ούτως ώστε να ομαλοποιηθεί το εξάρτημα χωρίς να υπάρχουν ακμές και εξογκώματα, αλλά και για την ορθή λειτουργία και καλαισθησία του εξαρτήματος. Τέλος με τη βοήθεια της κόφτρας κόβουμε το διωστήρα στο σημείο που να αφήσουμε διάσταση μήκους στο μέρος με τη μεγαλύτερη διάμετρο ίσο με 6mm.

Αμέσως μετά αρχίζει η επεξεργασία των άλλων δυο αξόνων (θυμίζουμε πως και οι δυο θα προσέλθουν από ένα κομμάτι άξονα 600mm). Αφού το κομμάτι δεθεί στον τόρνο και αφού προσέλθει μια κατεργασία ξεχονδρίσματος, αφαιρείται υλικό έως ότου αποκτήσει διάμετρο $\Phi 15$. Στη συνέχεια από την ελεύθερη άκρη του κομματιού και για μήκος 200mm ο άξονας торнάρεται έως ότου φτάσει διάμετρο 9mm, από το σημείο αυτό και για απόσταση μήκους 40mm αφήνουμε την υπάρχουσα διάμετρο (15mm) και από εκεί και έπειτα το κομμάτι торнάρεται μέχρι να φτάσει διάμετρο 7mm. Έπειτα, καμπυλώνουμε τις διαφορές μεταξύ των διαμέτρων για τους ίδιους λόγους με το διωστήρα. Τέλος, με τη βοήθεια της κόφτρας χωρίζουμε τους δυο άξονες σε απόσταση μήκους 20mm από το σημείο που η διάμετρος του άξονα είναι 15mm από την ελεύθερη μεριά του κομματιού. Στη συνέχεια αφαιρούμε υλικό από το εναπομείναν κομμάτι έως ότου φτάσει σε μήκος 15mm το μέρος όπου η διάμετρος του άξονα είναι 15mm και στη συνέχεια κόβεται και αυτός με τη βοήθεια της κόφτρας.

Αφού οι τρεις άξονες τελειώσουν την επεξεργασία τους στον τόρνο, οδηγούνται στη φρέζα για περεταίρω επεξεργασία. Ξεκινάμε από την

επεξεργασία του διωστήρα και αφού δεθεί στο τραπέζι της φρέζας οριζόντια, με τη βοήθεια κονδυλιού διαμέτρου 18mm, αφαιρούμε υλικό στο μέρος του άξονα με διάμετρο 35mm από δυο μεριές μόνο επάνω και κάτω με βάση το οριζόντιο επίπεδο και το φέρνουμε σε διάσταση πλάτους 18mm. Έπειτα, αφαιρούμε υλικό από το μέρος του άξονα με διάμετρο 55mm και τον "ορθογωνίζουμε" με διαστάσεις 47x41mm, με το μεγαλύτερο μήκος να βρίσκεται στο ίδιο επίπεδο με την προηγούμενη επεξεργασία αφαίρεσης υλικού. Στη συνέχεια ενώ βρισκόμαστε στο ίδιο επίπεδο επεξεργασίας αφαιρούμε υλικό από τη μεριά όπου υπάρχει το δημιουργημένο ορθογώνιο κατά μήκος του άξονα και για απόσταση ίση με 34mm δημιουργώντας έτσι ένα σχήμα "U". Τέλος, αλλάζουμε επίπεδο στο διωστήρα και τον τοποθετούμε στο κάθετο επίπεδο και το δένουμε. Αλλάζοντας κοπτικό εργαλείο και τοποθετώντας τρυπάνι, ανοίγουμε τέσσερις οπές Φ7. Ακόμη με τη βοήθεια ηλεκτρικού τροχού, τροχίζουμε τις τέσσερις εξωτερικές ακμές των δυο τελικών ορθογωνίων όπου πάνω τους θα τοποθετηθούν τα κουζινέτα στήριξης του βάκρου.

Σημειώνεται πως το μήκος του διωστήρα μετά από δοκιμές κατέληξε να είναι 152mm συνολικά και ως "καθαρός" άξονας 111mm.



Μέρος στη επεξεργασία στη φρέζα λαμβάνει ο άξονας του έκκεντρου. Στον άξονα αυτό ακλουθούμε την ίδια επεξεργασία με το διωστήρα με τη διαφορά ότι χρησιμοποιήσαμε μικρότερο κονδύλι 9mm, αλλά και ότι ανοίχτηκε μια οπή Φ5 για τον πείρο συγκράτησης του άξονα του έκκεντρου με τον άξονα της βαλβίδας. Σημειώνεται πως το μήκος του άξονα αυτού μετά από δοκιμές κατέληξε να είναι 205mm συνολικά και ως ‘καθαρός’ άξονας 185mm.



Έπειτα οδηγείται στη φρέζα ο τρίτος άξονας, αυτός της βαλβίδας. Με τη βοήθεια κονδυλίου 9mm αφαιρέσαμε υλικό από το μέρος του άξονα με διάμετρο 15mm από δυο μεριές μόνο επάνω και κάτω με βάση το οριζόντιο επίπεδο και το φέρνουμε σε διάσταση πλάτους 8mm. Στη συνέχεια αλλάζουμε κοπτικό και ανοίγουμε μια οπή Φ5 για τον πείρο συγκράτησης του άξονα του έκκεντρου με τον άξονα αυτό. Τέλος με τη βοήθεια κολαούζου δημιουργούμε σπείρωμα στην άκρη του άξονα για την τοποθέτηση της βαλβίδας.

Στη συνέχεια οδηγούμε τα τεμάχια λαμών 8mm και 3mm στο πριόνι για κόψιμο στις ζητούμενες διαστάσεις, δηλαδή για τη λάμα 8mm κόβεται σε πλάτος 48mm και μήκος 36mm και η λάμα 4mm κόβεται σε πλάτος 13mm και μήκος 34mm. Μόλις ολοκληρωθεί το κόψιμο οι λάμες οδηγούνται στη φρέζα για άνοιγμα οπών Φ7 για τη μεγάλη λάμα και Φ4 για τη μικρή. Ύστερα, οι λάμες αυτές συγκολλούνται με το διωστήρα και τον άξονα του έκκεντρου αντίστοιχα. Μόλις συγκολληθούν με τη βοήθεια του ηλεκτρικού τροχού τροχίζουμε τις συγκολλήσεις για να εξομαλύνουμε τις επιφάνειες αλλά και την εμφάνιση των κολλημάτων, ούτως ώστε να μοιάζουν σαν ένα κομμάτι.

Τέλος, οι άξονες γαλβανίζονται με ειδικό σπρέι για την αποφυγή πρόωρης οξείδωσης και βάφονται με χρώμα ασημί (νίκελ). Μετά από αυτό τοποθετούνται σε αποθηκευτικό χώρο, έως ότου έρθει η σειρά τους να τοποθετηθούν στη μηχανή.

2.6 Έμβολο και θυρίδα

Το έμβολο είναι το εξάρτημα της μηχανής, το οποίο δίνει κίνηση σε όλο το σύστημα. Κατά την κίνηση του, δέχεται πολύ υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες και για αυτό το λόγο είναι απαραίτητο να υπάρχει κάποιου είδους λίπανση. Η κίνηση του ακολουθεί απλή αρμονική ταλάντωση με πλάτος, όσο και το μήκος του κυλίνδρου της μηχανής. Συνήθως τα έμβολα κατασκευάζονται από κράματα αλουμινίου, λόγω των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του υλικού.



Η θυρίδα είναι το εξάρτημα το οποίο μεταφέρει το κινητήριο μέσο (δηλαδή τον πιεσμένο αέρα στην προκείμενη περίπτωση), αλλά και το κατευθύνει στον κύλινδρο. Η θυρίδα λειτουργεί σε συνεργασία με το έμβολο, καθώς και αυτή κάνει ένα είδος ταλάντωσης, οδηγώντας τον εισερχόμενο αέρα σε θέσεις που έχουν την δυνατότητα να κινήσουν το Έμβολο και συνεπώς όλη τη μηχανή, κατευθύνοντας τον αέρα μια κάτω από το έμβολο και μια πάνω από αυτό (στο κατώτερο μέρος του κυλίνδρου και στο ανώτερο αντίστοιχα). Είναι και αυτή συνδεδεμένη με τον στροφαλοφόρο άξονα και με την βοήθεια ενός έκκεντρου, με συγκεκριμένες ρυθμίσεις ώστε να της δίνουν την επιθυμητή κίνηση μέσα στο κουτί της.



Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του Εμβόλου και της θυρίδας είναι τα παρακάτω:

- Χάλυβας St42
- Μπρούτζος

Οι εργαλειομηχανές και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τα εξαρτήματα αυτά είναι τα εξής:

- Πριόνι
- Φρέζα
- Τόρνος
- Περικόχλιο
- Κλειδί πολυγωνικό
- Ηλεκτρικός τροχός

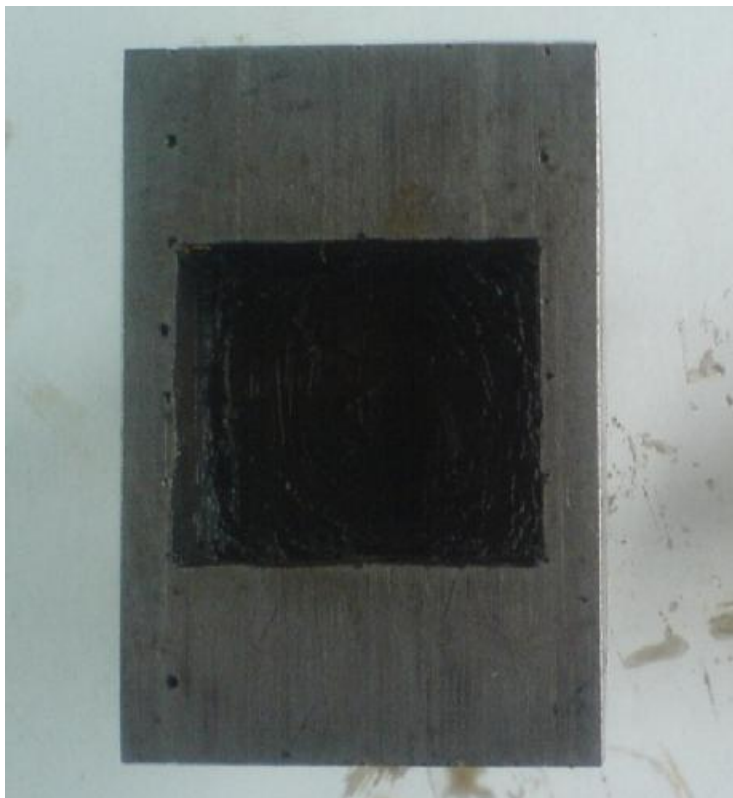
Η κατασκευή του εμβόλου ξεκίνησε από το πριόνι. Εκεί κόπηκε ένα κομμάτι από ένα μασίφ κύλινδρο σε διαστάσεις Φ 60 και κατόπιν οδηγήθηκε στον τόρνο. Εκεί μετά από κατεργασία ξεχονδρίσματος, το κομμάτι τρνίρεται και έρχεται σε διάμετρο Φ 42. Στη συνέχεια ανοίγεται στο κέντρο του κυλίνδρου μια οπή με διάμετρο ίση με τη διάμετρο του άνω μέρους του βάκτρου, στο οποίο και θα τοποθετηθεί. Έπειτα δημιουργούνται δυο αυλακώσεις πάχους 7 mm και βάθους 4 mm, στα οποία θα τοποθετηθούν μπρούτζινα ελατήρια, για μόνωση και στεγανότητα, ούτως ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες του αέρα. Τέλος, το έμβολο τροχίζεται κατά μήκος του για να μην υπάρχει τραχιά επιφάνεια και να αποφευχθούν οι φθορές αλλά και η καταστροφή του εμβόλου κατά την λειτουργία του.





Η κατασκευή της βαλβίδας ξεκίνησε από ένα κομμάτι μασίφ χάλυβα, το οποίο κόπηκε στο πριόνι και ύστερα οδηγήθηκε στην φρέζα για τον τελικό σχηματισμό του. Στο πριόνι το κομμάτι κόπηκε σε διαστάσεις 50 x 50 x 40 mm. Στη φρέζα, όταν τοποθετήθηκε με την βοήθεια τρυπανιού ως κοπτικό, ανοίχτηκε μια διαμπερής τρύπα με διάμετρο Φ 9. Τότε αλλάζεται το κοπτικό με ένα κονδύλι, το οποίο έλαβε μέρος και ολοκλήρωσε το σχηματισμό της θυρίδας. Έτσι σιγά σιγά το τεμάχιο παίρνει την τελική του μορφή. Όταν ολοκληρωθεί η θυρίδα, το κοπτικό αλλάζει ξανά με ένα μικρότερο κονδύλι, με διάμετρο ίση με αυτή της οπής που είχε ανοιχθεί αρχικά. Έπειτα, το κονδύλι εισχωρεί στην οπή και “φρεζάρει”, δηλαδή ανοίγει την οπή προς τη μια διεύθυνση, εμπρός και πίσω και στην συνέχεια το κομμάτι αλλάζει και πάλι θέση πάνω στο τραπέζι για περαιτέρω επεξεργασία. Με το ίδιο κονδύλι η βάση της θυρίδας φρεζάρεται έτσι ώστε να δημιουργηθεί ένα τετράγωνο στο οποίο θα εισέρχεται ο πεπιεσμένος αέρας και θα κατευθύνεται στον κύλινδρο του εμβόλου.





Στη συνέχεια, από το κομμάτι μπρούτζου και με την βοήθεια της φρέζας, κατασκευάζουμε ένα περικόχλιο με σπείρωμα στην μέση ίδιο με το σπείρωμα που είχε δημιουργηθεί στον άξονα της θυρίδας. Το σπείρωμα δημιουργήθηκε αφού είχε ανοιχτεί οπή $\Phi 7$ και στη συνέχεια με τη βοήθεια κολαούζου ολοκληρώθηκε.



Τέλος, η θυρίδα και το έμβολο γαλβανίζονται με ειδικό σπρέι για την αποφυγή πρόωρης οξειδωσης και η θυρίδα βάφεται σε χρώμα ασημί (νίκελ). Το έμβολο τοποθετείται στο βάκτρο και αποθηκεύονται μέχρις ότου να τοποθετηθούν στην κατασκευή. Το ίδιο ισχύει και για την θυρίδα.

2.7 Κύλινδρος Μηχανής

Ο κύλινδρος είναι το εξάρτημα εκείνο, όπου στο εσωτερικό του κινείται το έμβολο. Δηλαδή είναι η διαδρομή που διανύει το έμβολο κατά την κίνηση του. Ο κύλινδρος, είναι κατασκευασμένος με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να αντέχει σε μεγάλες πιέσεις και θερμοκρασίες. Η διατομή του είναι κατασκευασμένη με πολύ μεγάλη ακρίβεια έτσι ώστε το έμβολο να κινείται “ακριβώς” μέσα του, χωρίς να υπάρχει τζόγος.



Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του Κυλίνδρου και των καπακιών του είναι τα παρακάτω:

- Άξονας Φ90 Χάλυβα St42
- Κομμάτι μασίφ Χάλυβα St37.2 πάχους 30mm και πλάτους 60mm
- Μπρούντζος

Οι εργαλειομηχανές και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τα εξαρτήματα αυτά είναι τα εξής:

- Πριόνι
- Φρέζα
- Τόρνος
- Ηλεκτρικός τροχός
- Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης
- Μηχανή Plasma
- Κολαούζο M7
- Φιλιέρα M6

Η κατασκευή του κυλίνδρου ξεκίνησε από το πριόνι, όπου και κόπηκε σε διάσταση 180mm. Στη συνέχεια οδηγείται στον τόρνο για περεταίρω επεξεργασία. Στον τόρνο αφού δεθεί το κομμάτι και προηγηθεί μια κατεργασία ξεχονδρίσματος, αφαιρείται υλικό έως ότου φτάσουμε στη διάμετρο των φλαντζών, δηλαδή Φ85. Έπειτα, υπολογίζουμε το πάχος των φλαντζών και των τεσσάρων μικρών αξόνων, από τους οποίους στην πορεία θα δημιουργηθούν σπειρώματα με τη βοήθεια της φρέζας (7mm η κάθε μία φλάντζα και 10mm το ύψος των αξόνων), καθώς και το συνολικό μήκος του κυλίνδρου (152mm) και συνεχίζουμε την αφαίρεση υλικού στο υπόλοιπο κομμάτι, δηλαδή για απόσταση 118mm ανάμεσα από τις δυο φλάντζες. Το торνάρισμα τελειώνει όταν ο κύλινδρος φτάσει διάμετρο ίση με 52mm.

Τότε, αλλάζουμε κοπτικό εργαλείο και τοποθετούμε εσωτερικής κατεργασίας. Αρχίζουμε να αφαιρούμε υλικό έως ότου δημιουργήσουμε μια οπή κατά μήκος όλου του κομματιού (δηλαδή βάσει της επιθυμητής διάστασης των 152mm). Σημειώνουμε ότι στην οπή αυτή θα κινείται το εμβολο, άρα τα τελευταία πάσα, έγιναν με πολύ μικρότερα βάθη κοπής και με πολλές στροφές για να επιτύχουμε όσο το δυνατόν πιο λεία. Επιπλέον το εσωτερικό του κυλίνδρου τρίφτηκε και με απαλό γυαλόχαρτο, αλλά και με σύρμα κουζίνας για να επιτευχτεί η απαραίτητη λειότητα. Τέλος, αλλάζουμε κοπτικό και τοποθετούμε την κόφτρα για την αφαίρεση του κομματιού από τον τόρνο.

Στη συνέχεια ο κύλινδρος οδηγείται στη φρέζα για περεταίρω κατεργασία. Στη φρέζα, με τη βοήθεια κονδυλιού αφαιρούμε υλικό από το τοποθετημένο σε κατακόρυφη θέση εξάρτημα με τέτοιο τρόπο ώστε να δημιουργήσουμε τα τέσσερα αξονάκια, όπου τα κέντρα τους έχουν αποστάσεις 46mm το ένα από το άλλο και τοποθετημένα συμμετρικά ως προς το κέντρο του κυλίνδρου. Αφαιρούμε υλικό έως ότου οι φλάντζες να αποκτήσουν πάχος 7mm. Η ίδια διαδικασία γίνεται και από την άλλη μεριά του κυλίνδρου. Τέλος με τη βοήθεια της φιλιέρας δημιουργούνται σπειρώματα στα αξονικά (M6).



Μέρος στην επεξεργασία λαμβάνει το κομμάτι μασίφ χάλυβα. Αρχικά με τη βοήθεια του πριονιού κόβεται σε μήκος 118mm (όση είναι η απόσταση του κυλίνδρου ανάμεσα από τις δυο φλάντζες. Έπειτα, δένεται στο τραπέζι της φρέζας για περισσότερη επεξεργασία. Με βοήθεια κονδυλιού αφαιρείται υλικό έως ότου το πάχος του γίνει ίσο με 25mm. Τότε αλλάζουμε θέση στο κομμάτι και το τοποθετούμε σε κατακόρυφα. Αφαιρώντας υλικό το φτάνουμε σε πλάτος 53mm. Έτσι φτάσαμε να έχουμε ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο με διαστάσεις 118mm x 53mm x 25mm. κοπτικό και τοποθετούμε τρυπάνι διαμέτρου $\Phi 7$ για να ανοίξουμε τέσσερις οπές βάθους Στη συνέχεια έχοντας στην ίδια θέση το κομμάτι, με κονδύλι διαμέτρου 10mm αφαιρούμε υλικό από το κέντρο της πλευράς με διάσταση 53mm προς το κέντρο του κομματιού για 10mm και έπειτα συνεχίζουμε την αφαίρεση υλικού ελλειπτικά, δημιουργώντας ένα τόξο με ακτίνα μήκους 32mm.

Συνεχίζοντας αλλάζουμε κοπτικό και τοποθετούμε τρυπάνι διαμέτρου $\Phi 7$, αυτό για να ανοίξουμε τέσσερις οπές βάθους 10mm. Τα σημεία που ανοίχτηκαν οι οπές σημαδεύτηκαν ως εξής, 15mm από την κορυφή της μεγάλης πλευράς (118mm), και 5mm από την ίδια κορυφή αλλά ως προς τη πλευρά με μήκος 53mm. Έτσι τραβώντας γραμμές από τα δύο αυτά σημεία, στο σημείο που τέμνονται θα είναι το κέντρο της οπής. Ο ίδιος υπολογισμός γίνεται και για τις τέσσερις κορυφές της ολόκληρης πλευράς διαστάσεων 118mm x 53mm (δηλαδή αυτή που δεν έχει το τόξο). Έτσι αφού έχουμε τα κέντρα των οπών μπορούμε να προχωρήσουμε στη διάνοιξη των οπών και έπειτα με τη βοήθεια κολαούζου δημιουργούμε σπειρώματα σε αυτές.

Αφού έχουμε ολοκληρώσει τις κατεργασίες των κομματιών σε τόρνο και φρέζα, οδηγούνται στη μηχανή plasma για διάνοιξη οπών, από όπου θα διέρχεται ο αέρας στον κύλινδρο. Αρχικά σημαδεύουμε που θα ανοιχτούν οι οπές στον κύλινδρο. Οι οπές θα είναι δυο, μια πάνω και μια κάτω από τα δυο νεκρά σημεία της κίνησης του εμβόλου. Οι οπές αυτές θα έχουν διαστάσεις 15mm x 4mm και η μεγάλη πλευρά θα έχει απόσταση από τα εξωτερικά σημεία των φλαντζών 4mm. Έχοντας σημειώσει τα σημεία που θα ανοιχτούν οι οπές, τις ανοίγουμε με τη βοήθεια της ακτίνας του plasma, έχοντας όμως βάλει το κατάλληλο beck για να έχει η ακτίνα μικρό μήκος και πάχος για να μην καταστρέψουμε τον κύλινδρο. Στη συνέχεια λειάνουμε ξανά τα σημεία στα οποία ανοίχτηκαν οι οπές από τα "εξογκώματα", όταν το κομμάτι κρυώσει.

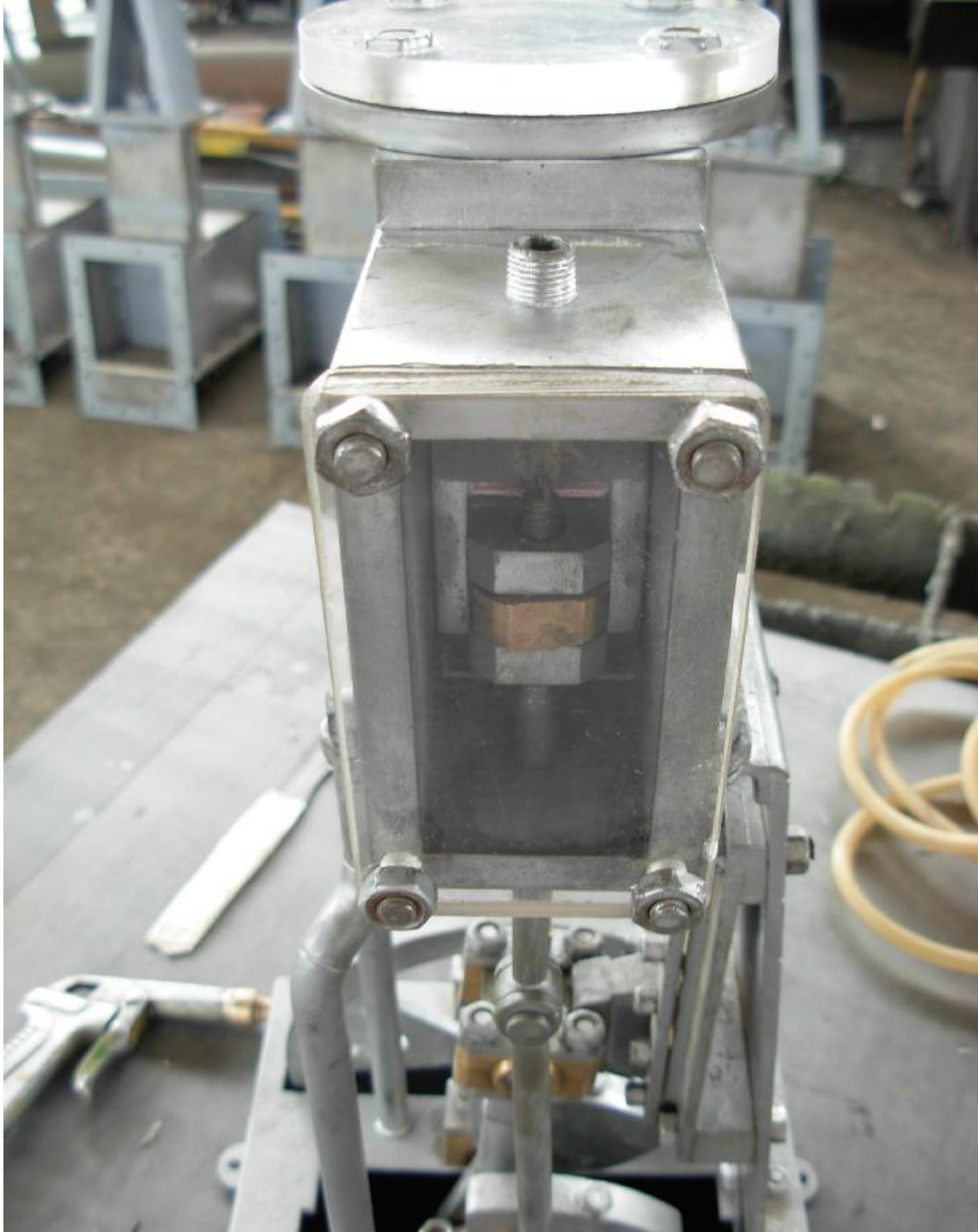
Στη συνέχεια σημαδεύουμε τις οπές που θα ανοιχτούν στο κομμάτι του χάλυβα St37. Οι οπές αυτές είναι τέσσερις με διαστάσεις 32mm x 4mm και οι θέσεις τους στο κομμάτι θα είναι ανά ζευγάρια με αποστάσεις των 4mm η μια από την άλλη, από το κέντρο του κομματιού θα έχουν 29mm, από τις μικρές πλευρές 33mm και από τις μεγάλες 12mm. Όταν σημειωθούν και χαραχτούν, τότε ανοίγονται με την ακτίνα του plasma, έχοντας αλλάξει beck για μεγαλύτερη σε μήκος ακτίνα. Έπειτα, αφού κρυώσει το κομμάτι με τη βοήθεια ηλεκτρικού τροχού τροχίζονται τα σημεία γύρω από τις οπές για να αφαιρεθούν τα εξογκώματα.



Τέλος, αφού έχουν τελειώσει όλες οι επεξεργασίες των δυο κομματιών, τα οδηγούμε σε πάγκο εργασίας και με τη βοήθεια μηχανής ηλεκτροσυγκόλλησης συγκολλούμε τα δύο κομμάτια, αφού έχουμε σημαδέψει τα κέντρα και ελέγξει ότι υπάρχει αρκετό κενό διάστημα ούτως ώστε να μπορεί να μεταφερθεί ο αέρας από έξω προς το εσωτερικό του κυλίνδρου. Έπειτα με τη βοήθεια ηλεκτρικού τροχού αφαιρείται το περιττό στρώμα κόλλησης, έως ότου τα δυο κομμάτια μοιάζουν με ένα. Το κομμάτι, αφού έχουμε κλείσει το εσωτερικό του κυλίνδρου γαλβανίζεται με ειδικό σπρέι για την αποφυγή πρόωρης οξειδωσης και βάφεται σε χρώμα ασημί (νίκελ) και αποθηκεύεται μέχρις ότου να τοποθετηθεί στην κατασκευή.

2.8 Κουτί Θυρίδας

Το κουτί της θυρίδας, (ή αλλιώς βαλβίδα), είναι το εξάρτημα όπου στο εσωτερικό του κινείται η βαλβίδα που κατευθύνει τον πιεσμένο αέρα στον κύλινδρο της μηχανής, με αποτέλεσμα την κίνηση του εμβόλου και συνεπώς όλης της μηχανής. Το κουτί αυτό είναι το πρώτο εξάρτημα όπου εισέρχεται ο αέρας στη μηχανή, και από εκεί οδηγείται σε άλλο εξάρτημα, αλλά και το τελευταίο από το οποίο εξέρχεται. Για το λόγο πρέπει να είναι απόλυτα στεγανό, χωρίς απώλειες, αλλά και να είναι σε θέση να υποστεί μεγάλες πιέσεις.



Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του Κυλίνδρου και των καπακιών του είναι τα παρακάτω:

- Λαμαρίνα Χάλυβα St37.2 πάχους 8mm
- Κομμάτι μασίφ Χάλυβα St37.2 με διαστάσεις 180mm x 60mm x 60mm

Οι εργαλειομηχανές και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τα εξαρτήματα αυτά είναι τα εξής:

- Πριόνι
- Φρέζα
- Ψαλίδι
- Πλάνη
- Ηλεκτρικός τροχός
- Μηχανή Plasma
- Φιλιέρα, κολαούζο

Αρχικά θα πρέπει να σημειωθεί πως το κουτί της βαλβίδας αποτελείται από τέσσερα κομμάτια, το κυρίως μέρος, όπου στο εσωτερικό του εισέρχεται ο αέρας και κινείται η βαλβίδα, το εξωτερικό καπάκι (το οποίο κατασκευάστηκε από Plexiglas για να είναι ορατή η κίνηση της βαλβίδας), και από τα δυο εσωτερικά που συνδέουν το κουτί με τον κύλινδρο, ανάμεσα από τα οποία εξέρχεται ο αέρας.

Η επεξεργασία ξεκινά από το ψαλίδι, στο οποίο και κόβονται τα δυο εσωτερικά κομμάτια του κουτιού σε διαστάσεις 95mm x 56mm το ένα, και το άλλο 118mm x 56mm. Έπειτα, οδηγούμαστε στο ψαλίδι για την κοπή του μασίφ χάλυβα, έτσι από 180mm φτάνει σε μήκος 120mm.

Στη συνέχεια, οδηγούμε όλα τα εξαρτήματα στη φρέζα για περαιτέρω επεξεργασία. Αρχίζουμε με τη μεγάλη πλάκα (118 x 56 mm), η οποία σημειώνεται πως έχει ακριβώς το ίδιο μήκος με την απόσταση του κυλίνδρου ανάμεσα από τις δύο φλάντζες (υποκεφάλαιο 2.8), όπου της ανοίγονται οπές με τρυπάνι Φ7 στα ίδια σημεία που είχαν ανοιχτεί και το επεξεργασμένο κομμάτι χάλυβα που κολλήθηκε πάνω στον κύλινδρο και στη συνέχεια σημαδεύουμε τις ίδιες οπές που είχαμε ανοίξει με τη βοήθεια του plasma έχοντας κάνει ακριβώς την ίδια διαδικασία. Έπειτα, μέρος στην κατεργασία λαμβάνει η δεύτερη πλάκα πάνω στην οποία με τη βοήθεια της πρώτης σημαδεύουμε τα κέντρα των οπών που θα ανοίξουμε με το τρυπάνι με γνώμονα το μέσο των μεγάλων πλευρών των πλακών. Τότε σημαδεύουμε και τις άλλες οπές που θα ανοιχτούν με το plasma, με τη διαφορά ότι σημαδεύουμε μια ακόμα στο κέντρο της πλάκας με διαστάσεις 32mm (όσο και το μήκος των υπολοίπων) x 11mm με αποστάσεις από τις εξωτερικές πλευρές της πλάκας 12mm από τη μεγάλη πλευρά και 43mm από τη μικρή. Οι οπές αυτές θα είναι οι είσοδοι και έξοδοι του αέρα στον κύλινδρο. Μόλις τελειώσουμε το σημάδεμα, αφήνουμε στη άκρη τις δυο πλάκες μέχρι να φτάσουμε στη μηχανή plasma.

Στη συνέχεια ξεκινά η επεξεργασία του μασίφ χάλυβα. Αρχικά, με τη βοήθεια κονδυλιού υποβάλλεται σε μια κατεργασία αφαίρεσης υλικού έως ότου φτάσει σε μήκος 113 mm (σημειώνεται πως αφαιρέθηκε υλικό και από τις δύο μεριές του "ορθογώνιου", έπειτα σημαδεύουμε το κέντρο της πλευράς με διαστάσεις 60 x 60mm και εκεί ανοίγουμε μία οπή διαμέτρου 6mm με βάθος 30mm με τη βοήθεια τρυπανιού. Τοποθετώντας ξανά το κονδύλι, αφαιρούμε στην πλευρά με την οπή υλικό έως ότου το μήκος γίνει 105mm, δημιουργώντας κάτι σαν άξονα γύρω από την οπή με πάχος 4mm. Τότε με μια φιλιέρα δημιουργούμε σπείρωμα στο "αξονάκι", από το οποίο θα εισέρχεται ο αέρας στο κουτί.

Έπειτα, αναποδογυρίζουμε το κομμάτι (την κάτω μεριά πάνω) και με το κονδύλι αφαιρούμε υλικό, αφού πρώτα έχουμε σημαδέψει και σε αυτή την πλευρά το κέντρο της. Αφαιρούμε λοιπόν υλικό έως ότου φτάσουμε σε διάσταση μήκους 95mm, αλλά έχουμε δημιουργήσει ένα σχήμα σαν ρόμβο με στρογγυλεμένες άκρες στο κέντρο της πλευράς και διαστάσεις 35mm μήκος, 20mm πλάτος και 7mm πάχος. Στο σημείο θα τοποθετηθεί στυπιοθλίπτης που θα συγκρατεί τον άξονα της βαλβίδας. Στο σημείο αυτό αλλάζουμε κοπτικό εργαλείο και τοποθετούμε τρυπάνι διαμέτρου Φ8, όπου με αυτό ανοίγουμε μια οπή βάθους 30mm στο ήδη σημαδεμένο κέντρο της πλευράς, αλλά και το κέντρο του δημιουργημένου ρόμβου. Από την οπή αυτή θα διέρχεται ο άξονας που θα κινεί τη βαλβίδα μέσα στο κουτί.

Στη συνέχεια, αλλάζουμε θέση στο κομμάτι και το τοποθετούμε σε οριζόντια θέση. Τοποθετώντας πάλι το κονδύλι στον εργαλειοφόρα και συνεχίζουμε με αφαίρεση υλικού και από τις 2 πλευρές έως ότου αποκτήσουμε διάσταση πλάτους, 48mm από τα 60mm που ήταν αρχικά. Μόλις το επιτύχουμε, αλλάζουμε και πάλι θέση στο κομμάτι και το τοποθετούμε με επεξεργάσιμη πλευρά αυτή των 60mm. Τότε με το κονδύλι αφαιρούμε ξανά υλικό και από τις δυο εναπομείναντες πλευρές έως ότου αποκτήσουν πάχος διάστασης 56mm.

Το κουτί στη κατάσταση αυτή έχει πάρει την εξωτερική του μορφή. Τώρα, τοποθετούμε στη φρέζα, τρυπάνι διαμέτρου Φ20 και ανοίγουμε μια διαμπερή οπή στο κέντρο της πλευράς με διαστάσεις, 56mm x 95mm. Αυτό γιατί από την οπή αυτή θα αρχίσουμε να αφαιρούμε υλικό στο εσωτερικό του



κομματιού σταδιακά μέχρι την απέναντι πλευρά, δημιουργώντας ένα κουτί με πάχος τοιχωμάτων 11mm. Στο σημείο αυτό με τη βοήθεια τρυπανιού ανοίγονται οπές διαμέτρου Φ7 στα ίδια σημεία που ανοίχτηκαν και στις πλάκες. Οι οπές αυτές θα χρησιμοποιηθούν για τη στερέωση του κουτιού πάνω στον κύλινδρο. Επειδή όμως λόγω της μορφής του κοπτικού και του ίδιου του κομματιού δεν είναι δυνατό να δημιουργηθούν γωνίες στις άκρες των εσωτερικών πλευρών του κουτιού, το κομμάτι θα χρειαστεί “πλανίρισμα”.

Έτσι το κουτί της βαλβίδας οδηγείται στην πλάνη για την ολοκλήρωση του. Αφού δεθεί το κομμάτι στην πλάνη, αφαιρούμε το περισσευούμενο υλικό από τις εσωτερικές γωνίες που έχουν μια καμπυλότητα λόγω του κονδυλιού της φρέζας, και έτσι δημιουργούμε τέσσερις ορθές γωνίες.

Στο σημείο αυτό παίρνουμε τις δυο εσωτερικές πλάκες και αφού τις τοποθετήσουμε ζυγισμένες στα κέντρα τους της “ποντάρουμε” με τη βοήθεια της μηχανής ηλεκτροσυγκόλλησης και οδηγούμε τις δυο κολλημένες πλάκες πάλι στη φρέζα. Εκεί αφού τις δέσουμε με τρυπάνι διαμέτρου Φ11 ανοίγουμε μια οπή στο κέντρο των πλευρών με το μικρότερο πάχος και με τη μεγάλη πλάκα να είναι από τα δεξιά μας. Η οπή αυτή θα έχει βάθος 44mm, δηλαδή στο τέλος των οπών που είχαμε ανοίξει με τη μηχανή του plasma. Η οπή αυτή θα είναι η έξοδος του αέρα από τη μηχανή. Τότε με τη βοήθεια κολαούζου, δημιουργούμε σπείρωμα στην οπή αυτή με βάθος 12mm. Μόλις τελειώσουμε την επεξεργασία των πλακών με τη βοήθεια ηλεκτρικού τροχού, αφαιρούμε τα τοπικά κολλήματα τροχίζοντας τα και ελευθερώνουμε ξανά τις δυο πλάκες.

Τέλος μέρος στην επεξεργασία λαμβάνει το κομμάτι Plexiglas (εξωτερικό καπάκι κουτιού) όπου το κόβουμε με ηλεκτρικό τροχό στις διαστάσεις της μικρής εσωτερικής πλάκας και του ανοίγουμε στα ίδια σημεία οπές με τρυπάνι Φ7. Το κουτί της βαλβίδας μαζί με τα υπόλοιπα κομμάτια του γαλβανίζεται με ειδικό σπρέι για την αποφυγή πρόωρης οξειδωσης και βάφεται σε χρώμα ασημί (νίκελ) εκτός του κομματιού που είναι από Plexiglas και αποθηκεύεται μέχρις ότου να τοποθετηθεί στην κατασκευή.



Στο σημείο αυτό η περιγραφή της κατασκευής τελειώνει. Πρέπει να σημειωθεί πως κάποια μπρούτζινα εξαρτήματα είτε αγοραστήκαν έτοιμα (βανάκια οξειδάτωσης), είτε κατασκευάστηκαν από έμπειρο μηχανικό κατόπιν παραγγελίας. Από εδώ και περά ξεκίνησε η συναρμολόγηση της μηχανής με πολλές δοκιμές και αλλαγές στις διαστάσεις των εξαρτημάτων για να φτάσουν σε σημείο να ταιριάζουν όλα μεταξύ τους και να λειτουργούν όσο το δυνατόν πιο αρμονικά. Αξίζει να σημειωθεί πως κατά την περίοδο δοκιμών καταστραφήκαν πολλά από τα εξαρτήματα και κατασκευάστηκαν από την αρχή. Οι διαστάσεις που αναφέρονται είναι οι τελικές.



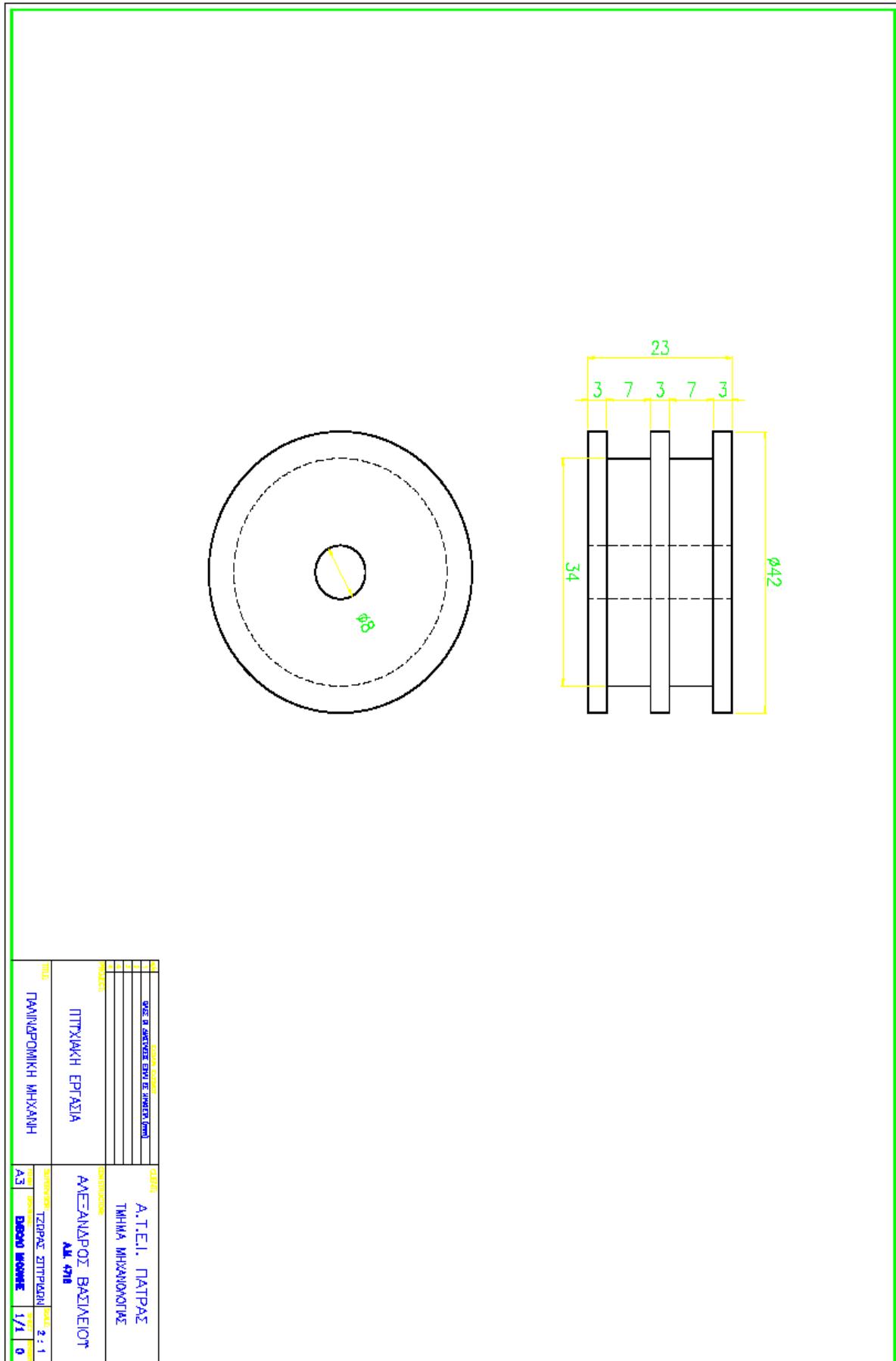


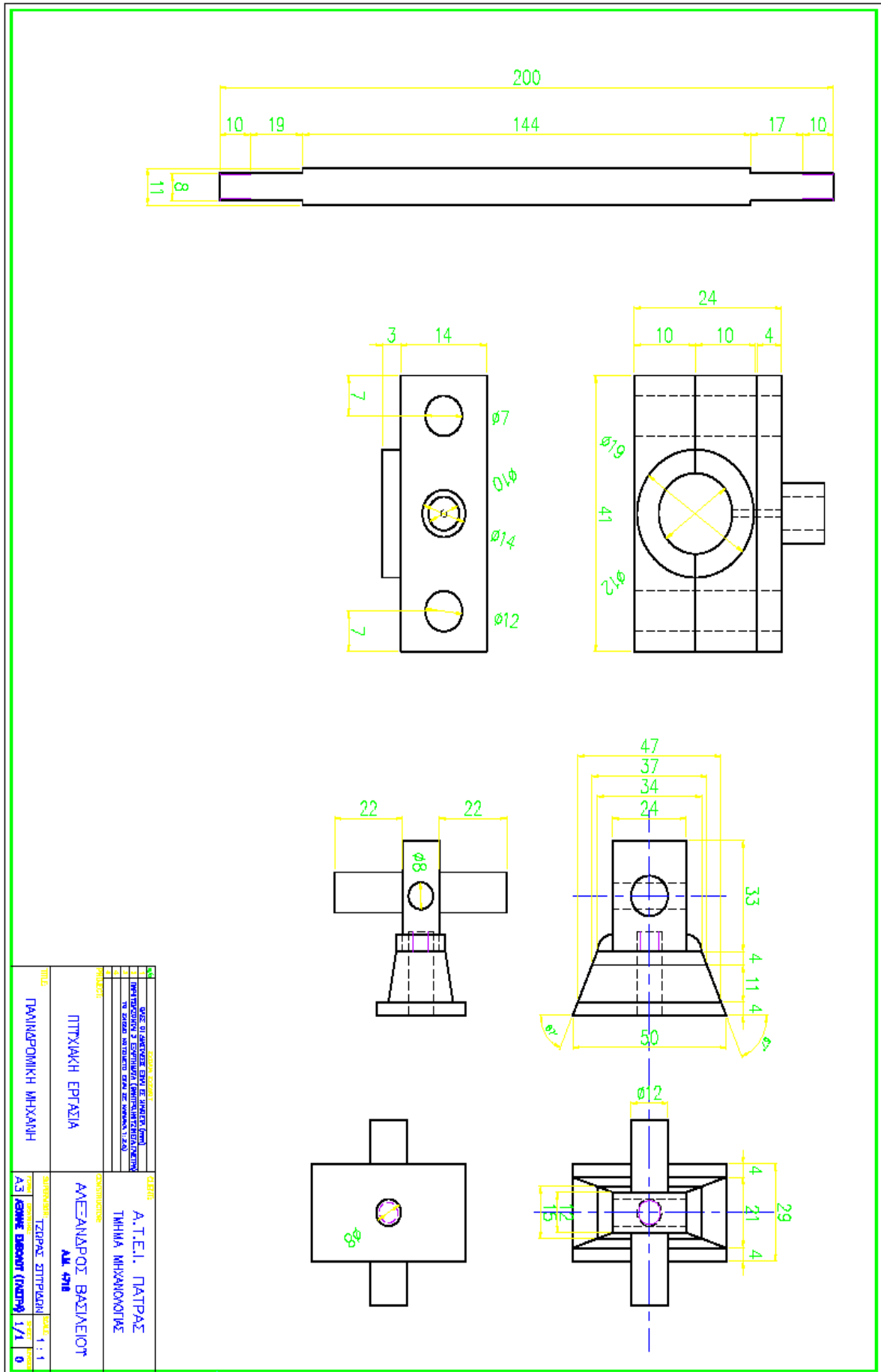
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 **ΣΧΕΔΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ**

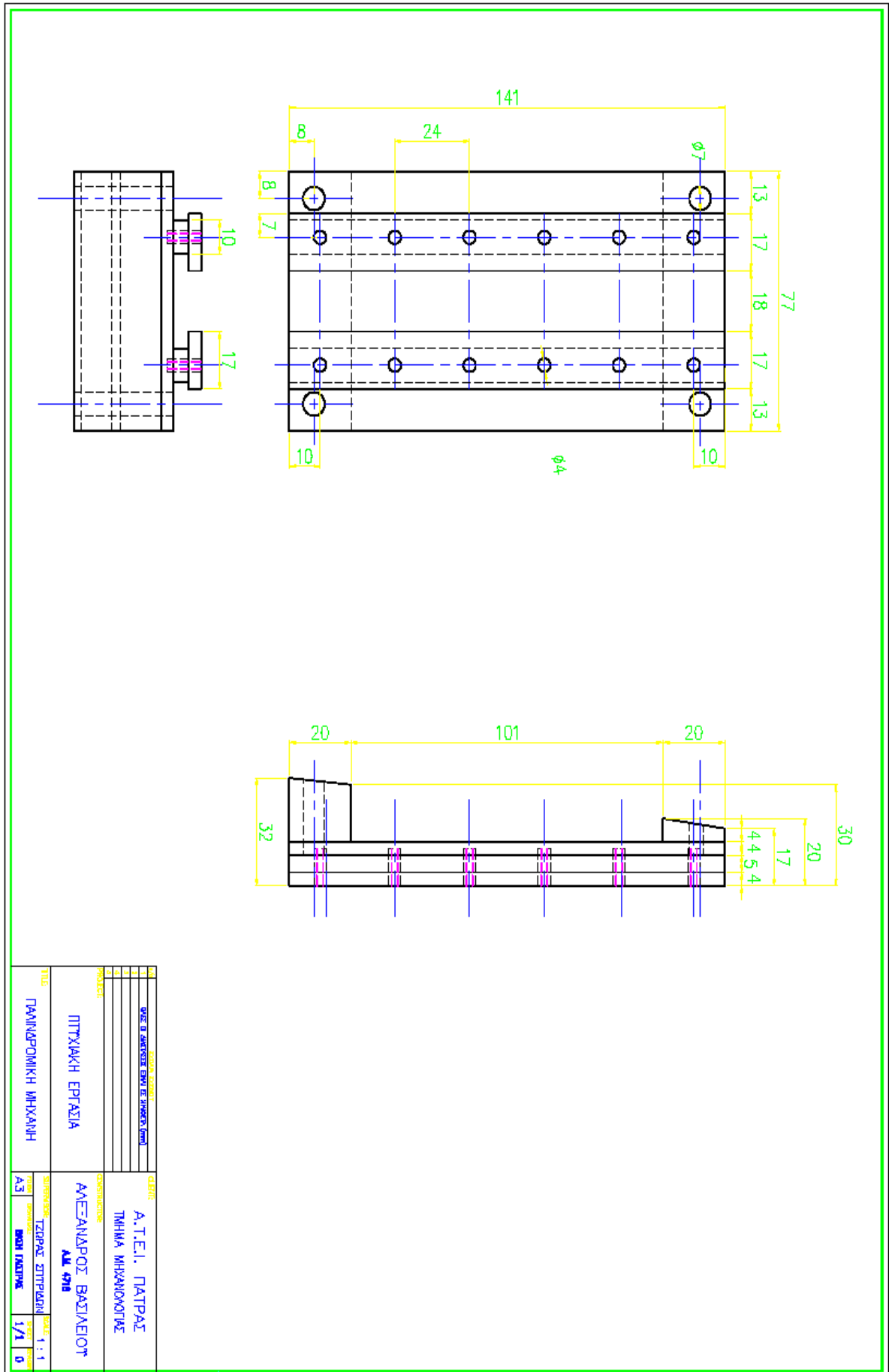
Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται όλα τα εξαρτήματα που κατασκευάστηκαν, είτε ατομικά, είτε ως σύστημα εξαρτημάτων. Όλα τα σχέδια δημιουργήθηκαν με το σχεδιαστικό πρόγραμμα AUTOCAD MECHANICAL έκδοση 2011. Όλες οι διαστάσεις που παρουσιάζονται είναι σε χιλιοστά (mm).

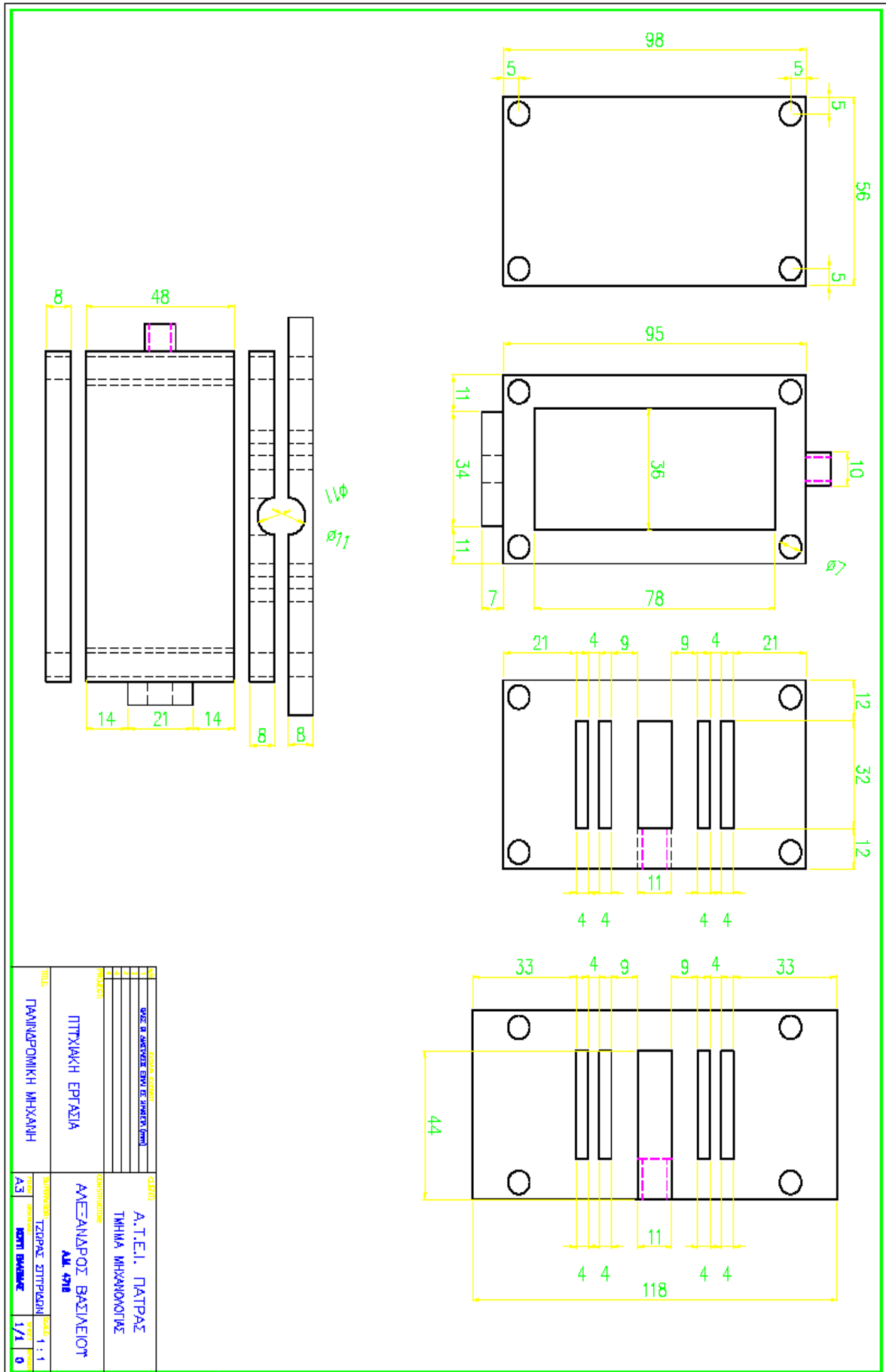
Το υπόμνημα των σχεδίων πάρθηκε από την εταιρία METRON A.E. Ενεργειακές Εφαρμογές με έδρα τη Μαγούλα Αττικής στην έκανα πρακτική άσκηση και συνεχίζω να εργάζομαι ακόμα, αλλά έχουν γίνει κάποιες διαφοροποιήσεις για την απλοποίηση του και ευχρηστία του στα παρακάτω σχέδια.

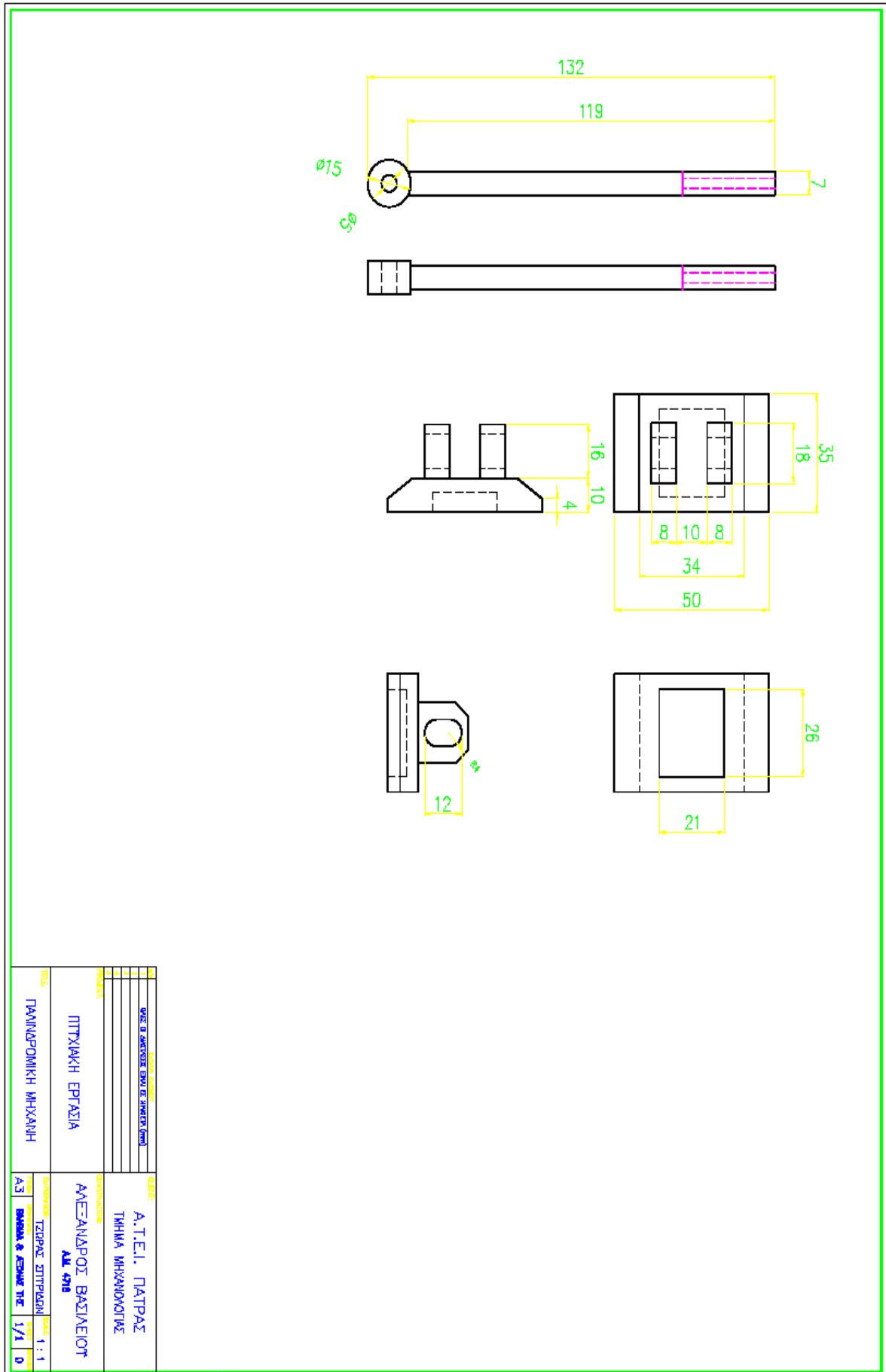
Η κλίμακα των σχεδίων στην πλειοψηφία τους είναι 1:1, εκτός από κάποια μικρά εξαρτήματα στα οποία έχουν γίνει σε κλίμακα 1:2 και 1:2,5.

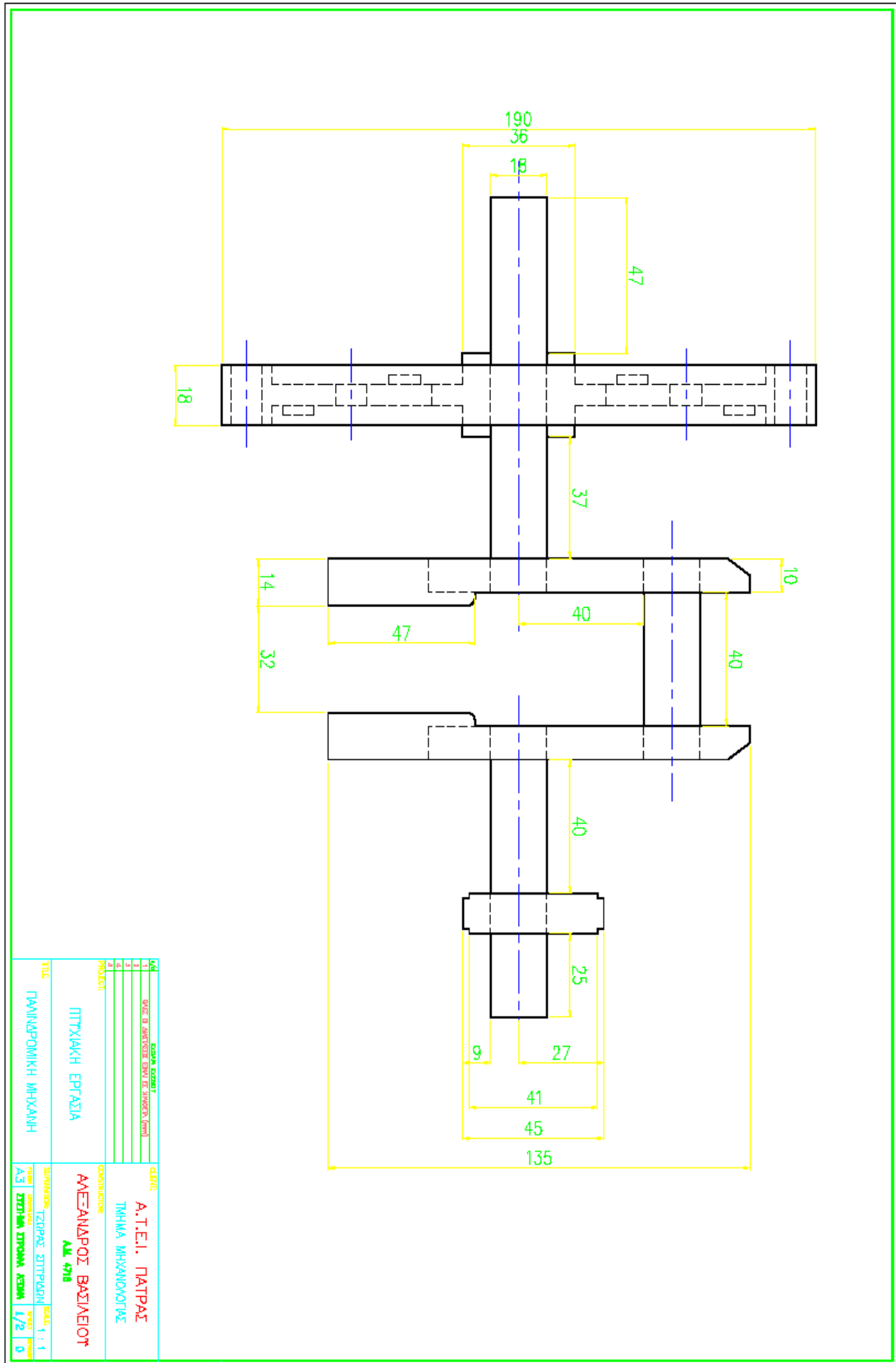


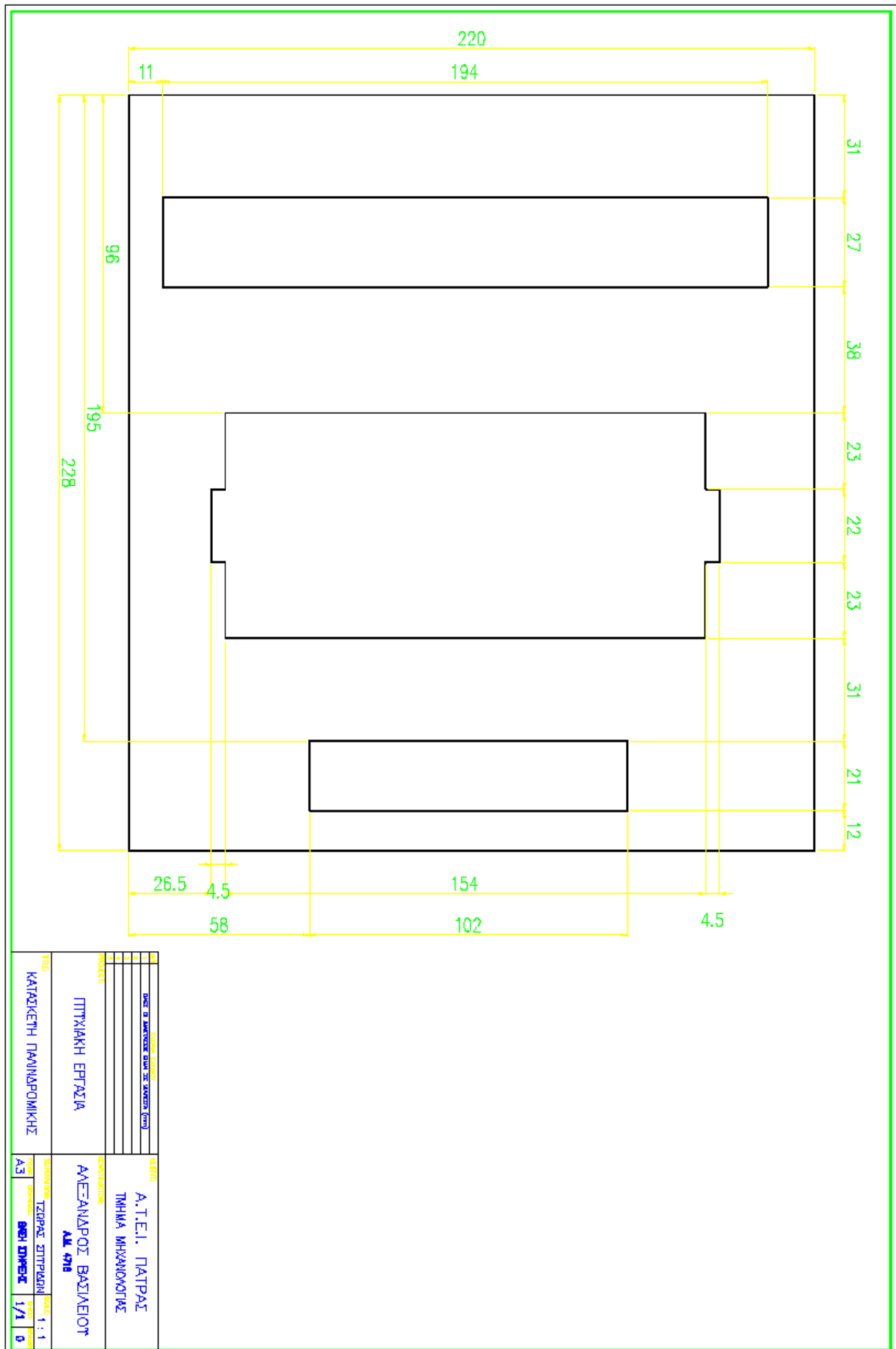


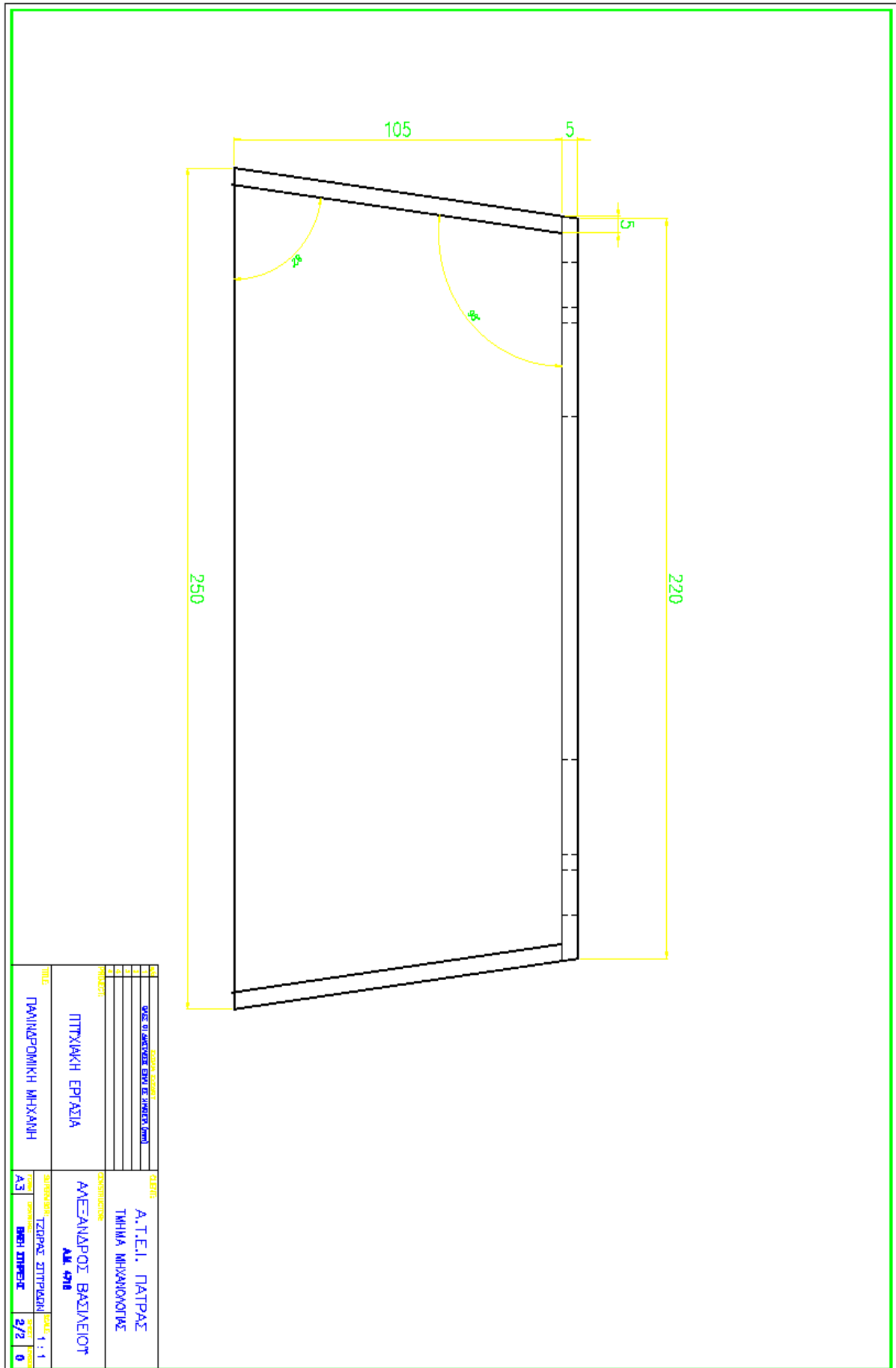
















ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 **ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ**

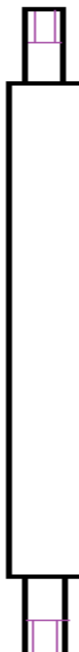


Στο παρόν κεφάλαιο παρουσιάζονται όλες οι διαδικασίες που ακολουθήθηκαν για την κατασκευή των εξαρτημάτων της παλινδρομικής μηχανής, που επεξεργαστήκαν στις εργαλειομηχανές της φρέζας και του τόρνου, σε μορφή φασεολογίων με ακριβείς επεξεργασίες, μήκη, στροφές κοπτικού ή τσοκ του τόρνου, βάθη κοπής και ποια κοπτικά εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν για ποια κατεργασία. Τα φασεολόγια θα χωριστούν σε δύο κατηγορίες, των εξαρτημάτων που επεξεργαστήκαν σε τόρνο και αυτών που επεξεργάστηκαν στη φρέζα.

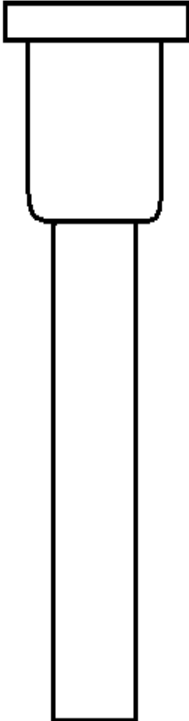


4.1 Επεξεργασμένα εξαρτήματα σε Τόρνο

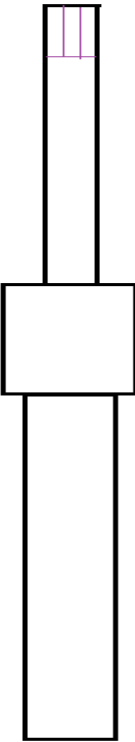


Τα εξαρτήματα της μηχανής που επεξεργάστηκαν κατά ένα ποσοστό ή και ολοκληρώθηκαν στην εργαλειομηχανή του τόρνου είναι τα παρακάτω:

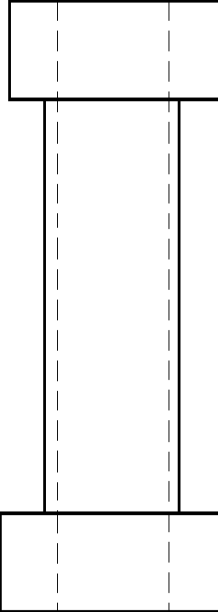



- Έμβολο μηχανής
- Βάκτρο ή άξονας εμβόλου με φερόμενο σταυρό
- Διωστήρας
- Άξονας βαλβίδας
- Άξονας έκκεντρου
- Κύλινδρος μηχανής
- Στροφαλοφόρος Άξονας
- Έκκεντρο στροφαλοφόρου άξονα
- Βολάν στροφαλοφόρου

Υλικό: Χάλυβας St42		Κατασκευή Εξαρτήματος: Έμβολο Μηχανής			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε το έμβολο της μηχανής περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.6					
α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο κομματιού στο ΤΣΟΚ	-	-		-
2.	Χειροκίνητο Διαμήκη Ξεχόνδρισμα	500 rpm	Όσο χρειαστεί		
3.	Χειροκίνητο Εγκάρσιο Ξεχόνδρισμα	500 rpm	Όσο χρειαστεί		
4.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ42	500 rpm	2mm		
5.	Φινίρισμα κομματιού	1000rpm	0.3mm		
6.	Άνοιγμα αυλακώσεων βάθους 4mm πλάτους 7mm	750 rpm	1mm		<p>ΤΡΥΠΑΝΙ</p>
7.	Χειροκίνητη Διαμήκη εσωτερική αφαίρεση υλικού, άνοιγμα οπής βάθους 30mm Φ8	500 rpm	-		
8.	Κοπή Κομματιού σε μήκος 23mm	750 rpm	-		

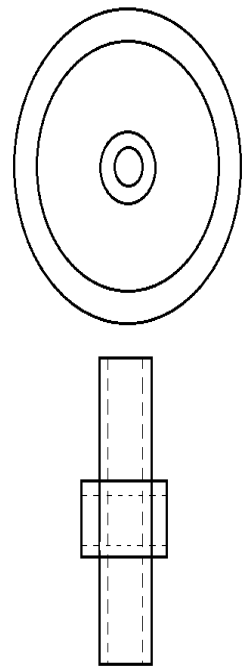


Υλικό: Χάλυβας St42		Κατασκευή Εξαρτήματος: Άξονας Εμβόλου			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε ο άξονας του εμβόλου της μηχανής (βάκτρο) περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.4					
α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο κομματιού στο ΤΣΟΚ	-	-		-
2.	Χειροκίνητο Διαμήκη Ξεχόνδρισμα από Φ14 αρχικό για 220mm	750 rpm	0,5mm		
3.	Χειροκίνητο Εγκάρσιο Ξεχόνδρισμα	750 rpm	0,5mm		
4.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ11	750 rpm	1mm		
5.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ8 για 27mm	750 rpm	1,5mm		
6.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ8 για 29mm με απόσταση 144mm από το βήμα 5	750 rpm	1,5mm		
7.	1000rpm	0.3mm			
8.	Κοπή Κομματιού σε μήκος 200mm	1000 rpm			

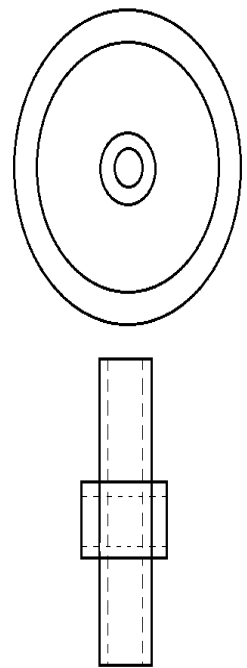


Υλικό: Χάλυβας St42		Κατασκευή Εξαρτήματος: Διωστήρας				
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε ο διωστήρας της μηχανής (βάκτρο) περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.5						
a/a	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία	
1.	Δέσιμο κομματιού στο ΤΣΟΚ	-	-		-	
2.	Χειροκίνητο Διαμήκη Ξεχόνδρισμα από Φ59 αρχικό για 160mm	500 rpm	0,5mm			
3.	Χειροκίνητο Εγκάρσιο Ξεχόνδρισμα	500 rpm	0,5mm			
4.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ50	500 rpm	3mm			
5.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ32 για 154mm	500 rpm	3mm			
6.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ16 για 111mm	750 rpm	3mm			
7.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ16 για 111mm	750 rpm	1mm			
8.	Δημιουργία καμπυλότητας μεταξύ Φ32 και Φ16	750 rpm	1mm			
9.	Φινίρισμα κομματιού	1000rpm	0.3mm			
10.	Κοπή Κομματιού σε μήκος 152mm	1000 rpm	-			




Υλικό: Χάλυβας St42		Κατασκευή Εξαρτήματος: Άξονας Έκκεντρου και Βαλβίδας			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκαν οι άξονες του έκκεντρου και της βαλβίδας της μηχανής περιγράφονται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.5					
α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο – Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο κομματιού στο ΤΣΟΚ	-	-		-
2.	Χειροκίνητο Διαμήκη Ξεχόνδρισμα από Φ17 αρχικό για 220mm	750 rpm	0,5mm		
3.	Χειροκίνητο Εγκάρσιο Ξεχόνδρισμα	750 rpm	0,5mm		
4.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ15	750 rpm	1mm		
5.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ9 για 190mm	750 rpm	2mm		
	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ7 για 120mm	750 rpm	2mm		
6.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ16 για 111mm	750 rpm	0,5mm		
7.	Φινίρισμα κομματιού	1000rpm	0.3mm		
8.	Κοπή Κομματιού σε μήκος 205mm	1000 rpm	-		

Υλικό: Χάλυβας St42		Κατασκευή: Κύλινδρος Μηχανής				
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε ο κύλινδρος της μηχανής περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.7						
α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία	
1.	Δέσιμο κομματιού στο ΤΣΟΚ	-	-		-	
2.	Χειροκίνητο Διαμήκη Ξεχόνδρισμα από Φ90 αρχικό για 150mm	500 rpm	1mm			
3.	Χειροκίνητο Εγκάρσιο Ξεχόνδρισμα	500 rpm	0,5mm			
4.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ85	500 rpm	2mm			
5.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ44 για 118mm	500 rpm	2mm			
6.	Φινίρισμα κομματιού	1000rpm	0.3mm			
7.	Χειροκίνητη Διαμήκη εσωτερική αφαίρεση υλικού Φ34 για 118mm	500 rpm	1mm			
8.	Φινίρισμα κομματιού	1000rpm	0.2mm			
9.	Κοπή Κομματιού σε μήκος 132mm	800 rpm	-			

Υλικό: Χάλυβας St42		Κατασκευή: Έκκεντρο στροφαλοφόρου			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε το έκκεντρο του στροφαλοφόρου περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.2					
α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο – Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο κομματιού στο ΤΣΟΚ	-	-		-
2.	Χειροκίνητο Διαμήκη Ξεχόνδρισμα από Φ60 αρχικό για 20mm	500 rpm	1mm		
3.	Χειροκίνητο Εγκάρσιο Ξεχόνδρισμα	500 rpm	0,5mm		
4.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ46	500 rpm	2mm		
5.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ42 για 1mm με γωνία κοπτικού 30°	500 rpm	2mm		
6.	Φινίρισμα κομματιού	1000rpm	0.3mm		
6.	Κοπή Κομματιού σε μήκος 13mm	800 rpm	-		

Υλικό: Χάλυβας St42		Κατασκευή: Βολάν Στροφαλοφόρου Άξονα			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε το βολάν του στροφαλοφόρου άξονα της μηχανής περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.2					
α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο κομματιού στο ΤΣΟΚ εξωτερικά	-	-		-
2.	Χειροκίνητο Εγκάρσιο Ξεχόνδρισμα	300 rpm	0,5mm		
3.	Χειροκίνητη Εγκάρσια αφαίρεση υλικού για ελάττωση του πάχους από 25mm σε 21.5mm	300 rpm	1mm		
4.	Χειροκίνητη Εγκάρσια αφαίρεση υλικού για ελάττωση του πάχους από 21,5mm σε 12mm σε διάμετρο 158mm	300 rpm	1mm		<p>ΤΡΥΠΑΝΙ</p>
5.	Φινίρισμα κομματιού	1000rpm	0.3mm		
6.	Χειροκίνητη Διαμήκη εσωτερική αφαίρεση υλικού, άνοιγμα διαμερούς οπής Φ18	500 rpm	2mm		-
7.	Αλλαγή πλευράς του κομματιού και δέσιμο στο ΤΣΟΚ εξωτερικά	-	-		-
8.	Χειροκίνητο Εγκάρσιο Ξεχόνδρισμα	300 rpm	0,5mm		




a/a	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
9.	Χειροκίνητη Εγκάρσια αφαίρεση υλικού για ελάττωση του πάχους από 25mm σε 18mm	300 rpm	1mm		
10.	Χειροκίνητη Εγκάρσια αφαίρεση υλικού για ελάττωση του πάχους από 18mm σε 6mm σε διάμετρο 158mm	300 rpm	1mm		
11.	Αλλαγή δεσίματος κομματιού στο ΤΣΟΚ, δέσιμο εσωτερικά	-	-		-
12.	Χειροκίνητο Διαμήκη Ξεχόνδρισμα	300 rpm	0,5mm		
13.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ190 για 18mm	300 rpm	1mm		
14.	Φινίρισμα κομματιού	1000rpm	0.3mm		



Υλικό: Χάλυβας St42		Κατασκευή: Στροφαλοφόρος Άξονας			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε ο στροφαλοφόρος άξονας της μηχανής περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.2					
α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο – Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο κομματιού στο ΤΣΟΚ	-	-		-
2.	Χειροκίνητο Διαμήκη Ξεχόνδρισμα από Φ20 αρχικό για 300mm	750 rpm	0,5mm		
3.	Χειροκίνητο Εγκάρσιο Ξεχόνδρισμα	750 rpm	0,5mm		
4.	Χειροκίνητη Διαμήκη εξωτερική αφαίρεση υλικού Φ18	750 rpm	1mm		
5.	Φινίρισμα κομματιού	1000rpm	0.3mm		
6.	Κοπή Κομματιού σε μήκος 87mm	800 rpm	-		
7.	Κοπή Κομματιού σε μήκος 60mm	800 rpm	-		
8.	Κοπή Κομματιού σε μήκος 119mm	800 rpm	-		

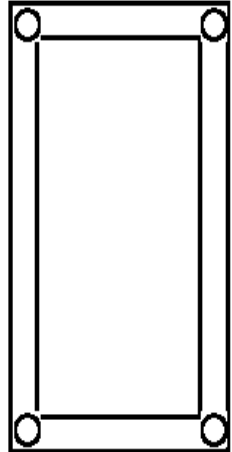

4.2 Επεξεργασμένα εξαρτήματα σε Φρέζα




Τα εξαρτήματα της μηχανής που επεξεργάστηκαν κατά ένα ποσοστό ή και ολοκληρώθηκαν στην εργαλειομηχανή της φρέζας είναι τα παρακάτω:




- Σταυρός γλίστρας
- Διωστήρας
- Άξονας έκκεντρου
- Κύλινδρος μηχανής
- Κουτί βαλβίδας
- Βαλβίδα μηχανής
- Αντίβαρα στροφαλοφόρου άξονα



Υλικό: Χάλυβας St42		Κατασκευή Εξαρτήματος: Διωστήρας			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε ο διωστήρας της μηχανής περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.5					
a/a	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο του κομματιού στο τραπέζι σε οριζόντια θέση	-	-		-
2.	Αφαίρεση υλικού για 35mm για δημιουργία κενού εισχώρησης του σταυρού	500 rpm	7mm		
3.	Αφαίρεση υλικού για 35mm για εξισορρόπηση με άξονα Φ16	500 rpm	2mm		-
4.	Αλλαγή θέσης κομματιού σε αντιδιαμετρική οριζόντια θέση	-	-		-
5.	Αφαίρεση υλικού για 35mm για εξισορρόπηση με άξονα Φ16	500 rpm	2mm		

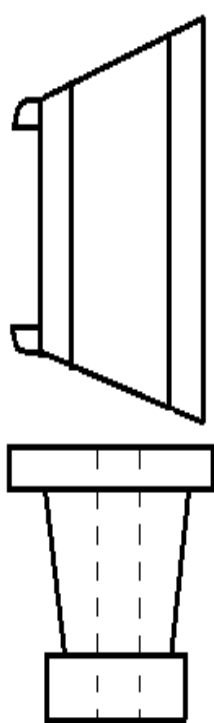


a/a	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
6.	Αλλαγή θέσης κομματιού σε κάθετη θέση	-	-		-
7.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία τετραγώνου για τα σημεία στήριξης του σταυρού	500 rpm	6mm		
8.	Δημιουργία 4 διαμπερών οπών Φ6	800rpm	-		ΤΡΥΠΑΝΙ

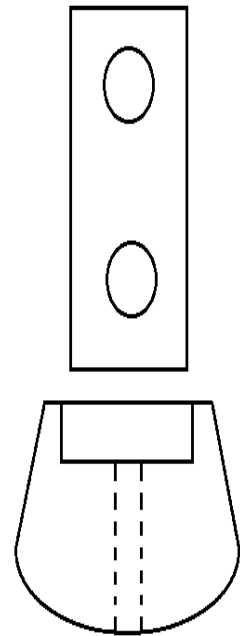


Υλικό: Χάλυβας St37.2		Κατασκευή Εξαρτήματος: Κουτί Βαλβίδας			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε το κουτί βαλβίδας της μηχανής περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.8					
a/a	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο του κομματιού στο τραπέζι σε οριζόντια θέση	-	-		-
2.	Άνοιγμα 4 διαμερών οπών Φ7	1000rpm	-		ΤΡΥΠΑΝΙ Φ7, Φ12, Φ18 μήκους 60mm
3.	Άνοιγμα διαμερούς οπής Φ18	1000rpm	-		
4.	Διαδικασία φινιρίσματος εξωτερικά	1000 rpm	0,3mm		
5.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία κουτιού, αφήνοντας πάχος τοιχώματος 12mm	700rpm	2mm		
6.	Διαδικασία φινιρίσματος εσωτερικά	1000rpm	0,3mm		

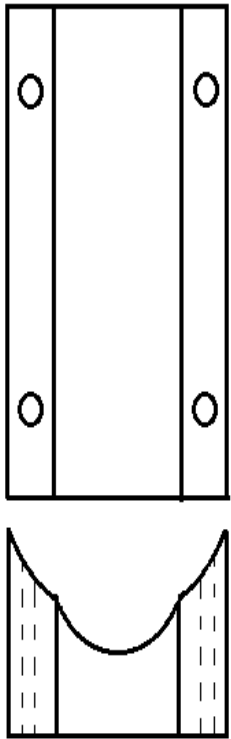


Υλικό: Χάλυβας St42		Κατασκευή Εξαρτήματος: Άξονας Έκκεντρου			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε ο άξονας του έκκεντρου της μηχανής περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.5					
α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο του κομματιού στο τραπέζι σε οριζόντια θέση	-	-		-
2.	Άνοιγμα διαμετρους οπής Φ5	500rpm	-		ΤΡΥΠΑΝΙ
3.	Αφαίρεση υλικού για 35mm για δημιουργία κενού ένωσης με άξονα θυρίδας	500 rpm	7.5mm		
4.	Αφαίρεση υλικού για 35mm για εξισορρόπηση με άξονα Φ9	500 rpm	2mm		-
5.	Αλλαγή θέσης κομματιού σε αντιδιαμετρική οριζόντια θέση	-	-		-
6.	Αφαίρεση υλικού για 35mm για εξισορρόπηση με άξονα Φ9	500 rpm	2mm		
7.	Δημιουργία καμπυλότητας στην κεφαλή	500 rpm	0.5mm		

Υλικό: Χάλυβας St37.2		Κατασκευή Εξαρτήματος: Βαλβίδα Μηχανής			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε η βαλβίδα της μηχανής περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.6					
α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο του κομματιού στο τραπέζι	-	-		-
2.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία βάσης σχήματος και διαστάσεων 35 x 50mm	700rpm	2mm		
3.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία άνω πλευράς 10mm, αφήνοντας ένα συμπαγή ορθογώνιο ύψους 16mm	700rpm	2mm		
4.	Διαγώνια αφαίρεση υλικού για 8mm έκαστος στις 2 άκρες του κομματιού, φτάνοντας από 10mm σε 4mm	700 rpm	1mm		
5.	Αλλαγή θέσης κομματιού σε κατακόρυφη θέση	-	-		-
6.	Διάνοιξη διαμερούς οπής Φ8	1200rpm	-		ΤΡΥΠΑΝΙ Φ4, Φ8, μήκους 60mm
7.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία χώρου δεσίματος περικοχλίου	700rpm	2mm		

α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
8.	Αλλαγή θέσης κομματιού σε κατακόρυφη θέση	-	-		-
9.	Αφαίρεση υλικού στο κέντρο του κομματιού, δημιουργώντας οπή διαστάσεων, 26 x 21 x 6mm	700 rpm	2mm		

Υλικό: Χάλυβας St37.2		Κατασκευή Εξαρτήματος: Γλίστρα σταυρού Μηχανής			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε η γλίστρα του σταυρού της μηχανής περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.4					
α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο του κομματιού στο τραπέζι	-	-		-
2.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία βάσης σχήματος και διαστάσεων 29 x 50mm	700rpm	2mm		
3.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία άνω πλευράς διαστάσεων 12 x 24mm	700rpm	2mm		
4.	Διαγώνια αφαίρεση υλικού έκαστος στις 2 άκρες του κομματιού, δημιουργώντας τραπέζιο με μικρή βάση 12 x 24mm και μεγάλη 29 x 50mm	700 rpm	1mm		
5.	Αλλαγή θέσης κομματιού σε πλάγια θέση	-	-		-
6.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία κενού μεταξύ των δύο πλευρών, αφήνοντας πάχος 12mm στη μικρή πλευρά και 21mm στη μεγάλη, αφήνοντας πάχος τοιχωμάτων 4mm	1200rpm	-		
7.	Διάνοιξη διαμερούς οπής Φ8	1000rpm	-	ΤΡΥΠΑΝΙ Φ8 μήκους 60mm	

Υλικό: Χάλυβας St37.2		Κατασκευή Εξαρτήματος: Αντίβαρα Στροφαλοφόρου Άξονα			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκαν τα αντίβαρα του στροφαλοφόρου άξονα της μηχανής περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.2					
α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο του άνω κομματιού στο τραπέζι	-	-		-
2.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία άνω σχήματος διαστάσεων 103 x 34 x 11mm	700rpm	2mm		
3.	Διάνοιξη 2 διαμπερών οπών Φ18	1000rpm	-		ΤΡΥΠΑΝΙ Φ7, Φ12, Φ15 και μήκους 60mm
4.	Δέσιμο του κάτω κομματιού στο τραπέζι	-	-		-
5.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία κάτω σχήματος με αρχικές διαστάσεις 75 x 55 x 15mm	700 rpm	1mm		
6.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία κάτω σχήματος	700 rpm	1mm		
7.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία κενού διαστάσεων 34 x 11 x 10mm για την εισχώρηση του άνω κομματιού στο κάτω	700rpm	2mm		
8.	Διάνοιξη διαμερούς οπής Φ8	1000rpm	-		ΤΡΥΠΑΝΙ Φ8 και μήκους 80mm

Υλικό: Χάλυβας St37.2		Κατασκευή Εξαρτήματος: Προέκταση Κυλίνδρου Μηχανής			
Περιγραφή Κατασκευαζόμενου Εξαρτήματος: Ο τρόπος που κατασκευάστηκε η προέκταση του κυλίνδρου της μηχανής περιγράφεται αναλυτικά στο υποκεφάλαιο 2.7					
α/α	Διαδικασία	Στροφές	Βάθος Κοπής	Σχέδιο - Σχήμα	Κοπτικά Εργαλεία
1.	Δέσιμο κομματιού στο τραπέζι οριζόντια	-	-		-
2.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία σχήματος ορθογωνίου παραλληλεπίπεδου αρχικών διαστάσεων 118 x 53 x 40mm	700rpm	2mm		
3.	Διάνοιξη 4 διαμερών οπών Φ7	1000rpm	-		ΤΡΥΠΑΝΙ Φ7 μήκους 80mm
4.	Δέσιμο κομματιού στο τραπέζι κατακόρυφα	-	-		-
5.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία καμπυλότητας ίση με την εξωτερική διάμετρο του κυλίνδρου της μηχανής	700 rpm	1mm		
6.	Αφαίρεση υλικού για δημιουργία κενού κυκλοφορίας αέρα ανάμεσα από κύλινδρο μηχανής και της προέκτασης του	700rpm	1mm		

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Όλες οι πληροφορίες που χρειάστηκαν δια τη δημιουργία της παρούσας πτυχιακής άσκησης πάρθηκαν από τα παρακάτω βιβλία και ιστοσελίδες. Πρέπει να σημειωθεί πως οι πληροφορίες αυτές αφορούν ιστορικά στοιχεία του πλοίου Liberty που αναφέρονται στην εισαγωγή της εργασίας, αλλά και σε πληροφορίες για τις εργαλειομηχανές που χρησιμοποιήθηκαν και αναλύονται στο Κεφάλαιο 1. Για όλα τα υπόλοιπα δεν έχει χρησιμοποιηθεί κάποια πηγή, καθώς είναι η λεπτομερής περιγραφή της κατασκευής του μοντέλου της μηχανής.

ΒΙΒΛΙΟ	ΦΟΡΕΑΣ	ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ	ΕΚΔΟΣΗ
Μηχανολογικό Εργαστήριο II	Τ.Ε.Ι. Πάτρας	Καβαλλιεράτος Νικόλαος	1991
Κατασκευαστικές Τεχνολογίες	Τ.Ε.Ι. Κρήτης	Αντωνιάδης Αριστομένης	2003
ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ			
http://en.Wikipedia.org/			
http://www.hellasliberty.com/TheHellasLibertyProject/			
http://liberty-ship.com/html/topics/engine.html			