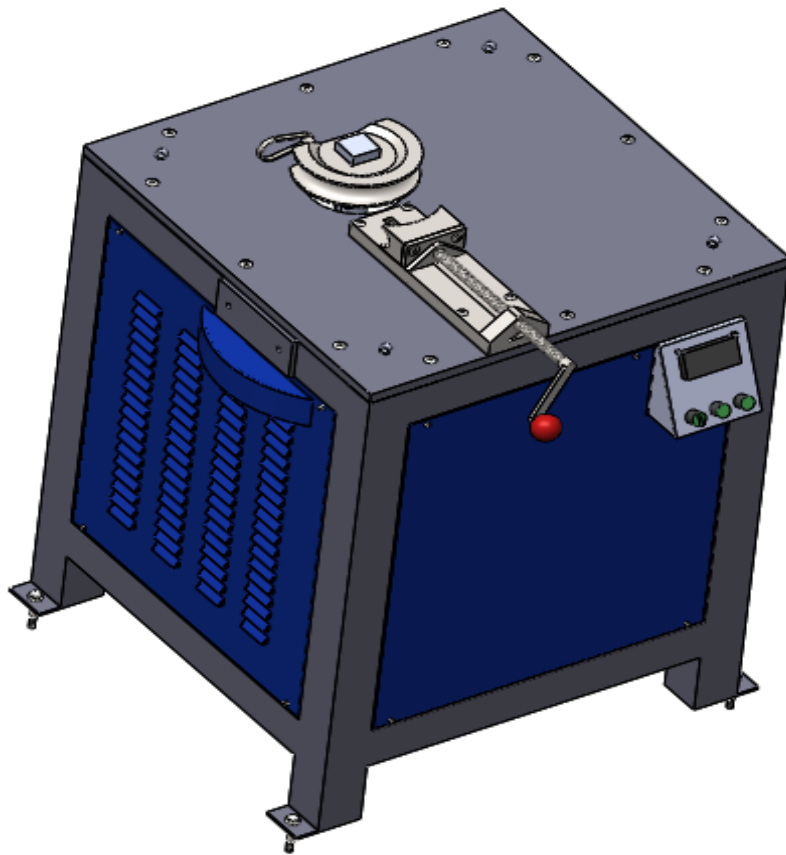


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΛΕΤΗ – ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΗΜΙΑΥΤΟΜΑΤΟΥ ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΥ ΜΙΚΡΩΝ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ



ΓΚΟΣΔΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ (Α.Μ:5987)
ΛΑΖΟΚΙΤΣΙΟΣ ΠΑΥΛΟΣ (Α.Μ:6059)
ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Δρ. ΤΣΙΡΚΑΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

ΜΑΪΟΣ
ΠΑΤΡΑ 2017

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	viii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	ix
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
Μέρος Α΄: Εργαλειομηχανές και κατεργασίες υλικών	4
1. ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ CNC	5
1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.2. ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ CAM/CAE/CAD	7
1.2.1. Computer Aided Design (CAD)	8
1.2.1.1. Solidworks	8
1.2.2. Computer Aided Manufacturing (CAM)	9
1.2.2.1. SolidCAM.....	9
1.3. ΠΕΔΙΟ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ	10
1.4. ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ	10
1.5. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ	11
1.6. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ	17
2. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΛΙΚΩΝ.....	18
2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	18
2.2. ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	19
2.2.1. Παραμόρφωση εν ψυχρώ και εν θερμώ.....	21
2.2.2. Είδη κατεργασιών με παραμόρφωση	22
2.3. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ	23
2.3.1. Απότμηση – Διάτρηση	23
2.3.2. Κάμψη.....	25
2.3.3. Κοίλανση.....	29
2.4. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΥΜΠΑΓΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ	32
2.4.1. Έλαση.....	32
2.4.2. Διέλαση.....	33
2.4.2.1. Άμεση διέλαση.....	35
2.4.2.2. Έμμεση διέλαση	35
2.4.2.3. Υδροστατική διέλαση.....	36
2.4.2.4. Δυναμική διέλαση	36
2.4.3. Ολκή	36
2.4.3.1. Συρματοποίηση	37
2.4.3.2. Ελκυσμός ράβδου.....	38
2.4.4. Σφυρηλάτηση.....	39
2.4.4.1. Σφυρηλάτηση ανοικτής μήτρας.....	40

2.4.4.2.	Σφυρηλάτηση κλειστής μήτρας	41
2.4.4.3.	Τύπωση	42
2.5.	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΨΗΛΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ	43
2.5.1.	Ηλεκτρομαγνητική διαμόρφωση	43
2.5.2.	Ηλεκτροϋδραυλική διαμόρφωση	44
2.5.3.	Εκρηκτική διαμόρφωση	44
3.	ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	46
3.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	46
3.2.	ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ	46
3.3.	ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΥΜΠΑΓΟΥΣ ΥΛΙΚΩΝ	49
Μέρος Β΄: Σχεδίαση και Κατασκευή Κουρμπαδούρου		54
4.	Ο ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΣ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗ	55
4.1.	ΣΚΟΠΟΣ –ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	55
4.2.	ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΣ	55
4.2.1.	Αρχή λειτουργία κουρμπαδούρου	58
4.2.2.	Τύποι κουρμπαδούρων	58
4.2.3.	Συντήρηση Κουρμπαδούρων	60
5.	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΥ NC	61
5.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	61
5.2.	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ	66
5.2.1.	Αρχή λειτουργίας κουρμπαδούρου	83
6.	ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΥ	85
6.1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	85
6.2.	ΒΑΣΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	85
7.	ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΥ NC	88
8.	ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ	96
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ		99
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ		100

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1: Ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές.....	6
Εικόνα 2: Τόρνοι: Α: συμβατικός τόρνος, Β: Τόρνος με ψηφιακή καθοδήγηση CNC	13
Εικόνα 3: Φρέζες	14
Εικόνα 4: Δράπανο	14
Εικόνα 5: Λειαντικοί τροχοί	15
Εικόνα 6:Γραναζοκόπτης.....	15
Εικόνα 7: Πριόνια – πλάνη.....	16
Εικόνα 8: Υδραυλική στράντζα	47
Εικόνα 9: Στραντζόπρεσσα.....	48
Εικόνα 10: Διάφοροι Κουρμπαδόροι.....	49
Εικόνα 11: Εργαλειομηχανή έλαστρο	50
Εικόνα 12:α)Μηχανική πρέσα εμβολισμού και β) υδραυλική πρέσα.....	52
Εικόνα 13: Μηχανική σφύρα.....	53
Εικόνα 14:Τύποι κουρμπαδόρων χειρός (α) κουρμπαδόρος ακριβείας και (β) κουρμπαδόρος με κασάνια.....	59
Εικόνα 15: Κουρμπαδόρος CNC	59
Εικόνα16: Solidworks 2016	61
Εικόνα 17:Απεικόνιση του περιβάλλοντος χώρου του SolidWorks για την δημιουργία νέου αρχείου.....	62
Εικόνα 18: Επιλογή τύπου αρχείου σχεδίασης	62
Εικόνα 19:Περιβάλλον σχεδίασης τουSolidWorks της εντολή Part	63
Εικόνα 20:Περιοχή MainMenu	63
Εικόνα21:Περιοχή Command Manager	63
Εικόνα22:Περιοχή Feature Manager	64
Εικόνα 23: Περιοχή Σχεδίασης	64
Εικόνα 24: Απεικόνιση καρτέλας Sketch.....	65
Εικόνα 25:Απεικόνιση καρτέλας Features	66
Εικόνα 26:Απεικόνιση επιλογών εντολής CircularPattern.....	66
Εικόνα 27: Έδρανα ολίσθησης κουρμπαδόρου NC α) τύπος UCP και β) τύπος UCF	71
Εικόνα 28: Controls buttons και διαγράμματα συμβολισμού.....	76
Εικόνα 29:ΤριφασικόςInverter 4KW για την ρύθμιση των στροφών.....	88
Εικόνα 30: Ηλεκτρολογικός Πίνακας.....	89
Εικόνα 31: (α) Κινητήρας κουρμπαδόρου NC και πίνακας χαρακτηριστικών στοιχείων του κινητήρα	89
Εικόνα 32: Μειωτήρας μηχανήματος	90
Εικόνα 33: Κομβία λειτουργίας και οθόνη για ανάγνωση των στροφών	90
Εικόνα 34: Στροφόμετρο τοποθετημένο στον τελικό άξονα κίνησης.....	91

Εικόνα 35: Τεντωτήρας αλυσίδας	91
Εικόνα 36: Σύστημα αλυσοτροχών τοποθετημένα με αλυσίδα τύπου 12B	92
Εικόνα 37: Σύστημα αλυσοτροχών	92
Εικόνα 38: Πλάγια όψη κουρμπαδόρου (Α)	93
Εικόνα 39: Πλάγια όψη κουρμπαδόρου (Β)	93
Εικόνα 40: Πλάγια όψη κουρμπαδόρου (Γ)	94
Εικόνα 41: Πλάγια όψη κουρμπαδόρου (Δ)	94
Εικόνα 42: Κουρμπαδόρος με τοποθετημένα τα εξωτερικά καλύμματα	95
Εικόνα 43: Κουρμπαδόρος με τοποθετημένα τα εξωτερικά καλύμματα	95

Πίνακας Σχημάτων

Σχήμα 1:Κύκλος Παραγωγής και Τεχνολογίας CAD, CAM και CAE	7
Σχήμα 2: Μορφοποίηση τεμαχίων με αφαίρεση υλικού	12
Σχήμα 3:Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων	20
Σχήμα 4: Διαδικασία απότμησης	24
Σχήμα 5: Ελεύθερη κάμψη	25
Σχήμα 6: Κάμψη τύπου V	26
Σχήμα 7: Κάμψη προβόλου	26
Σχήμα 8: Διπλή κάμψη	27
Σχήμα 9: Περιστροφική κάμψη	28
Σχήμα 10: Κάμψη με χρήση ραούλων	28
Σχήμα 11: Διατάξεις κοίλανσης με και χωρίς συγκράτηση	29
Σχήμα 12: Μορφές ανακοίλανσης.....	31
Σχήμα 13: Φάσεις έλασης και κατηγορίες παραγόμενων προϊόντων.....	32
Σχήμα 14: Άμεση διέλαση.....	35
Σχήμα 15: Έμμεση διέλαση	35
Σχήμα 16: Υδροστατική διέλαση.....	36
Σχήμα 17: Δυναμική διέλαση	36
Σχήμα 18:Τυπική διάταξη συρματοποίησης	37
Σχήμα 19: Τυπική διάταξη ελκυσμού ράβδου.....	38
Σχήμα 20: Σφυρηλάτηση ανοικτής μήτρας.....	41
Σχήμα 21: Σφυρηλάτηση κλειστής μήτρας με και χωρίς προεξοχή.....	42
Σχήμα 22: Κατεργασία τύπωσης	42
Σχήμα 23: Τυπική διάταξη στράντζας.....	47
Σχήμα 24: Τυπικής διάταξη στραντζόπρεσσας.....	48
Σχήμα 25: Τυπική εργαλειομηχανή έλαστρο.....	50
Σχήμα 26: Διάφορα είδη πρεσών	51
Σχήμα 27:Μέρημηχανικής σφύρας	52
Σχήμα 28:Κουρμπάρισμα υλικού προς κατεργασία	56
Σχήμα 29: Μέθοδος υπολογισμού επιμήκυνσης τεμαχίων προς κατεργασία	58
Σχήμα 30: Τελική μορφή κουρμπαδόρου.....	67
Σχήμα 31: Πλαίσιο κουρμπαδόρου NC.....	68
Σχήμα 32: Απεικόνιση συγκολλήσεων	68
Σχήμα 33: Εσωτερικό πλαίσιο στήριξης	69
Σχήμα 34: Τοποθέτησης λαμαρίνας για την αποφυγή εισχώρησης ξένων σωμάτων	69
Σχήμα 35: Μεταλλική βάση για την στερέωση του τεντωτήρα	70
Σχήμα 36: Τοποθέτηση λαπάτσας.....	70

Σχήμα 37: Σχεδίαση εδράνων ολίσθησης τύπου UCP (1-5) και UCF (6).....	71
Σχήμα 38: Ασφάλεια του τεντωτήρα	72
Σχήμα 39: Σχεδίαση αξόνων για τοποθέτηση αλυσοτροχών	73
Σχήμα 40: Σχεδίαση αλυσοτροχών τύπου 12B και αντίστοιχών σφηνοδρόμων. (1) 11 Δόντια, (2) 57 Δόντια, (3) 11 Δόντια, (4) 57 Δόντια.....	73
Σχήμα 41: Σχεδιασμός μειωτήρα 1/30 κουρμπαδόρου.....	74
Σχήμα 42: Σχεδιασμός κινητήρα 2.4kW κουρμπαδόρου.....	74
Σχήμα 43: Σχεδιασμός στερέωσης αλυσοτροχού	75
Σχήμα 44: Σχεδιασμός της βάσης του στροφόμετρου	76
Σχήμα 45: Button ελέγχου του κουρμπαδόρου.....	77
Σχήμα 46: Απεικόνιση ηλεκτρολογικού πίνακα (ρελέ, μικρορελέ, αυτοματισμοί)	77
Σχήμα 47: Απεικόνιση Inverter 3KW κουρμπαδόρου	78
Σχήμα 48: Σχεδιασμός πλαϊνών καλυμμάτων (1 και 2).....	79
Σχήμα 49: Σχεδιασμός πλαϊνών καλυμμάτων (3 και 4).....	79
Σχήμα 50: Καπάκι κουρμπαδόρου	80
Σχήμα 51: Σχεδιασμός συστήματος κουρμπαρίσματος	80
Σχήμα 52: Σχεδιασμός μέγγενης	81
Σχήμα 53: Σταθεροποίηση καλουπιού.....	81
Σχήμα 54: Τελική μορφή κουρμπαδόρου NC	82
Σχήμα 55: Τελική μορφή κουρμπαδόρου NC	82
Σχήμα 56: Εισαγωγή στον δακτύλιο του εσωτερικού κινητού καλουπιού	83
Σχήμα 57: Ασφάλιση του σωλήνα με το σταθερό καλούπι μέσω της μέγγενης	83
Σχήμα 58: Μορφοποίηση σωλήνα για την διάρκεια του κουρμπαρίσματος	84
Σχήμα 59: Κουρμπάρισμα σωλήνα 180 μοιρών	84

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1:Οι βασικότερες κατεργασίες.....	13
Πίνακας 2: Θερμοκρασίες σφυρηλάτησης τυπικών μετάλλων	39
Πίνακας 3: Συγκεντρωτικός πίνακας εργαλειομηχανών σύμφωνα με τις κατεργασίες που πραγματοποιούν	53
Πίνακας 4: Οικονομικά Στοιχεία Κουρμπαδόρου NC μελέτης.....	96
Πίνακας 5: Οικονομικά Στοιχεία Κουρμπαδόρου CNC.....	97
Πίνακας 6: Οικονομικά στοιχεία κουρμπαδόρου NC του εμπορίου	97

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την Πτυχιακή Εργασία που εκπονήθηκε στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και πραγματοποιεί μελέτη, σχεδίαση και κατασκευή κουρμπαδόρου NC.

Η απόφαση μας να εκπονήσουμε την παρούσα πτυχιακή εργασία είναι η πρόθεση μας να ασχοληθούμε με την σχεδίαση και την κατασκευή εργαλειομηχανών NC με μελλοντικό στόχο να μετατρέπονται σε CNC. Στο παρόν τεύχος της πτυχιακής εργασίας θα πραγματοποιηθεί αναλυτικός σχεδιασμός κουρμπαδόρου NC, καθώς και φωτογραφικό υλικό της κατασκευής του. Επιπλέον, θα δοθούν πρωτοποριακές προτάσεις για την μετατροπή του από NC σε CNC. Με αυτή την πτυχιακή ελπίζουμε να δοθεί η δυνατότητα στο μέλλον να πραγματοποιηθούν παρόμοιες μελέτες - κατασκευές στο χώρο του Τμήματος των Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας με σκοπό την ευρύτερη εκπαίδευση των φοιτητών.

Από την θέση αυτή, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμότερες ευχαριστίες στον Επιβλέποντα Καθηγητή Δρ. Σωτήριο Τσίρκα, για τις πολύτιμες συμβουλές του και την αμέριστη συμπαράστασή του κατά την διεξαγωγή της παρούσας εργασίας. Τον ευχαριστούμε για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας προσέφερε για την πραγματοποίησή της.

Επίσης, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά τις οικογένειες μας, για την υπομονή και στήριξη που μας παρείχαν κατά τη διάρκεια εκπόνησης της πτυχιακής εργασίας αλλά και συνολικά κατά τη διάρκεια των σπουδών μας.

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστών: Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδαστές

(Ονοματεπώνυμο)

.....

(Ονοματεπώνυμο)

.....

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι εργαλειομηχανές αποτελούν ένα από τα πλέον σύγχρονα μέσα βιομηχανικής παραγωγής και συμβάλουν αποφασιστικά στην διαδικασία κατασκευής αντικειμένων και εξαρτημάτων. Οι εργαλειομηχανές αρχικά εμφανίστηκαν ως συμβατικά μηχανήματα παραγωγής τα οποία εκτελούσαν τις διάφορες κατεργασίες αποκλειστικά με την καθοδήγηση του χειριστή. Σε αυτή την περίπτωση οι εργαλειομηχανές ονομάζονται συμβατικές εργαλειομηχανές (NC). Ωστόσο, με την εξέλιξη της τεχνολογίας των υπολογιστών και της ηλεκτρονικής δόθηκε η δυνατότητα στις μηχανές NC να αποκτήσουν ενσωματωμένο ηλεκτρονικό υπολογιστή ο οποίος είναι πλέον υπεύθυνος για τον έλεγχο και τη λειτουργία τους. Η παρεμβολή ηλεκτρονικού υπολογιστή ανάμεσα στο χειριστή και στη μονάδα ελέγχου της εργαλειομηχανής NC, καθιστά την NC μηχανή ψηφιακά ελεγχόμενη και καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή CNC.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει σκοπό την μελέτη, την σχεδίαση και την κατασκευή μίας εργαλειομηχανής NC και συγκεκριμένα ενός κουρμπαδόρου, όπου θα δίνεται η δυνατότητα να μετατραπεί σε εργαλειομηχανή CNC όποτε αυτό ζητηθεί από τον ενδιαφερόμενο. Επιπλέον, στόχος είναι η εργαλειομηχανή που θα κατασκευαστεί να παρουσιάζει βελτιωμένα χαρακτηριστικά συγκρινόμενη με αυτή του εμπορίου αλλά και το κόστος της να είναι σε χαμηλότερα επίπεδα.

Στο πρώτο μέρος θα πραγματοποιηθεί ανάλυση των εργαλειομηχανών και των κατεργασιών που μπορεί να πραγματοποιήσουν. Αρχικά θα περιγραφούν οι εργαλειομηχανές NC και CNC καθώς και τα λογισμικά που χρησιμοποιούν οι CNC για την πραγματοποίηση των κατεργασιών. Επιπλέον, θα αναφερθεί το πεδίο χρήσης τους και πως αυτές κατατάσσονται. Στην συνέχεια θα αναλυθούν οι κατεργασίες υλικών και οι κατηγορίες που διαχωρίζονται, οι οποίες είναι κατεργασία συμπαγούς υλικού και κατεργασία διαμόρφωσης ελάσματος. Ωστόσο, θα υπάρξει σύντομη περιγραφή και των επιμέρους κατηγοριών τους. Έπειτα, θα αναφερθούν οι εργαλειομηχανές και οι κατεργασίες που μπορούν να πραγματοποιήσουν με στόχο να πραγματοποιηθεί ένα σύντομος διαχωρισμός.

Στο δεύτερο μέρος θα πραγματοποιηθεί η μελέτη, η σχεδίαση και η κατασκευή του κουρμπαδόρου NC. Αρχικά αναλύεται ο κουρμπαδόρος ως εργαλειομηχανή, η αρχή λειτουργίας του, οι τύποι που υπάρχουν στο εμπόριο καθώς και οι δυνατότητες των κατεργασιών που παρέχουν. Ωστόσο, περιγράφεται η συντήρηση που απαιτείται για την σωστή λειτουργία του. Στην συνέχεια πραγματοποιείται ο σχεδιασμός του κουρμπαδόρου NC με το υπολογιστικό πρόγραμμα SolidWorks και δίνεται το απαραίτητο φωτογραφικό υλικό με στόχο την απεικόνιση κάθε τμήματός του. Ακολουθούν οι βασικοί υπολογισμοί δίνοντας τη τελική ροπή που απαιτείται για την πραγματοποίηση της κατεργασίας. Στην συνέχεια παρατίθεται το φωτογραφικό υλικό της κατασκευής του.

Τέλος, για την διεξαγωγή των συμπερασμάτων πραγματοποιήθηκε οικονομοτεχνική μελέτη με στόχο την σύγκριση του κουρμπαδόρου NC που κατασκευάστηκε με πανομοιότυπους του εμπορίου. Αποδείχθηκε ως οικονομικότερη λύση παρουσιάζοντας και βελτιωμένα χαρακτηριστικά δίνοντας την δυνατότητα «εύκολης» μετατροπής του σε CNC.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εξέλιξη της τεχνολογία μετά το πέρας του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου επηρεάζει σημαντικά τη μηχανουργική τεχνολογία, η οποία θεωρείται ο κορμός της παγκόσμιας παραγωγικής βιομηχανίας. Με την πάροδο των χρόνων απαιτούνται μεγάλες παραγωγικές δυνατότητες και μεγαλύτερη ακρίβεια με συνέπεια οι εργαλειομηχανές παλαιάς τεχνολογίας να μην μπορούν να ανταπεξέλθουν. Αποτέλεσμα των μειωμένων δυνατοτήτων των συμβατικών εργαλειομηχανών είναι οι εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης, οι οποίες επωφελήθηκαν από την εκρηκτική ανάπτυξη της ηλεκτρονικής, της ηλεκτρολογίας καθώς και της επιστήμης των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν αυτές οι περίπου έξυπνες μηχανές είναι η μεγαλύτερη ακρίβεια που παρουσιάζουν κατά την εκτέλεση της κατεργασίας είτε απλή είτε πιο σύνθετη, η βελτίωση της παραγωγικότητας, η αισθητή μείωση των νεκρών χρόνων καθώς επίσης και η θεαματική βελτίωση της ασφάλειας των εργαζομένων που χειρίζονται αυτές τις εργαλειομηχανές. Ωστόσο, αυτές οι εργαλειομηχανές παρουσιάζουν και μειονεκτήματα όπως το κόστος τους, που είναι αρκετά υψηλό συγκρινόμενο με συμβατικά συστήματα, και το εξειδικευμένο προσωπικό που απαιτείται με σκοπό την σωστή παραγωγική διαδικασία. Η πρόοδος της τεχνολογίας οδηγεί στην σταδιακή απομάκρυνση των αυτοδίδακτων ατόμων με συνέπεια εκπαιδευμένα άτομα με ειδικευμένες γνώσεις να μπορούν να χειρίζονται με ακρίβεια τις εργαλειομηχανές.

Ο αριθμητικός έλεγχος θεωρείται ως η επιστήμη που ρυθμίζει την διαδικασία επικοινωνίας μεταξύ των αυτόματων διατάξεων και των ανθρώπων. Η αυτοματοποίηση έχει γίνει αναγκαία σε μεγάλο εύρος δραστηριοτήτων του ανθρώπου, για αυτό και ο αριθμητικός έλεγχος είναι βασική τεχνολογική επιστήμη. Σημειώνεται ότι στην πραγματικότητα η επικοινωνία μεταξύ μηχανών και ανθρώπων πραγματοποιείται με την βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών, όπου έχει δημιουργηθεί ένα δυαδικό σύστημα αρίθμησης για του ηλεκτρονικούς υπολογιστές το οποίο μετατρέπεται από δεκαδικό σύστημα των ανθρώπων.

Οι εργαλειομηχανές που ανήκουν στην κατηγορία των μηχανών αριθμητικού ελέγχου εκτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες με την βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ο βασικός σκοπός της μηχανουργικής τεχνολογίας είναι η δημιουργία και η αναπαραγωγή των γεωμετρικών οντοτήτων, που αποτελούν ένα τεμάχιο. Η αναπαραγωγή αυτών των γεωμετρικών οντοτήτων πραγματοποιείται με μεγαλύτερη ακρίβεια δίνοντας ένα αποτέλεσμα με μειωμένες φθορές.

Ωστόσο, ο σχεδιαστής κάθε μηχανής χρησιμοποιεί ένα σύστημα συντεταγμένων (καρτεσιανό, πολικό, κυλινδρικό και σφαιρικό) με σκοπό να υπάρξει ένας κοινός κώδικας επικοινωνίας. Τα προαναφερόμενα συστήματα συντεταγμένων περιέχονται στη κεντρική μονάδα ελέγχου κάθε εργαλειομηχανής με συνέπεια ο προγραμματιστής να έχει την δυνατότητα να επιλέξει πιο σύστημα θεωρεί κατάλληλο για την εκάστοτε κατεργασία. Επιπλέον, για μεγαλύτερη ευελιξία στον προγραμματισμό των κατεργασιών δίνεται η δυνατότητα στον χειριστή να επιλέξει τις

απόλυτες, τις σχετικές ή τις βηματικές συντεταγμένες, μόνες τους ή σε διάφορους συνδυασμούς μεταξύ τους.

Η μονοσήμαντη επικοινωνία μεταξύ μηχανής και ανθρώπου ορίζεται από τα μηδενικά σημεία και τα σημεία αναφοράς κάθε εργαλειομηχανής ψηφιακής καθοδήγησης. Αν και αυτά τα σημεία είναι αρκετά είναι καθορισμένα από κάθε ένα κατασκευαστή και πρέπει να γίνονται κατανοητά για όλους τους χειριστές. Οι εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης παρουσιάζουν αρκετές διαφορές στην φιλοσοφία τους συγκρινόμενες με τις συμβατικές εργαλειομηχανές, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή τους να τηρούνται συγκεκριμένες προδιαγραφές και κανόνες.

Ο κατασκευαστής κάθε εργαλειομηχανής έχει την δυνατότητα να επιλέξει από μια μεγάλη γκάμα ηλεκτρικών κινητήρων με συνέπεια να προσφέρεται μεγάλη σχεδιαστική άνεση και ευελιξία. Οι εργαλειομηχανές εκτελούν διάφορες λειτουργίες αφού συμμετέχουν και υποστηρίζουν τις κατεργασίες κοπής, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τα συστήματα που σχεδιάζονται την εποχή αυτή να έχουν ως στόχο να εξυπηρετούν και να επιταχύνουν τις παραγωγικές δυνατότητες των εργαλειομηχανών. Για τους προαναφερόμενους λόγους δύναται η δυνατότητα να εκπληρωθούν βασικές απαιτήσεις, ιδιαίτερα για την διαστατική ακρίβεια και ακρίβεια μορφής των παραγόμενων προϊόντων. Η ακρίβεια των εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση είναι ένας από τους βασικότερους λόγους της καθιέρωσης τους στη μηχανουργική τεχνολογία.

Οι εργαλειομηχανές NC, CNC και DNC είναι ηλεκτρομηχανικές διατάξεις, η διαρκής λειτουργία τους έχει ως αποτέλεσμα τη φθορά και την απορρύθμισή τους. Αυτός είναι και ο λόγος που η ακρίβεια πρέπει να ελέγχεται σε τακτά χρονικά διαστήματα. Ο έλεγχος μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους και ο πιο διαδεδομένος είναι το συμβολόμετρο λείζερ, αφού προσφέρει γρήγορο και εποπτικό τρόπο μέτρησης της ακρίβειας της μηχανής σε όλους τους άξονες κατεργασίας. Τα συμβολόμετρα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν και στη μέτρηση ακρίβειας συμβατικών εργαλειομηχανών. Στις μέρες που διανύουμε ο έλεγχος παραλαβής των εργαλειομηχανών με χρήση συμβολόμετρων έχει αντικαταστήσει τον παραδοσιακό τρόπο ελέγχου με κατεργασία συγκεκριμένων τεμαχίων.

Ο βασικός σχεδιαστικός στόχος των εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση είναι η απαλλαγή του χειριστή από όσο το δυνατό περισσότερες εργασίες και λειτουργίες. Η μηχανουργική τεχνολογία δίνει λύση με την διαδικασία αυτόματου ελέγχου, όπου μπορούν να κατεργάζονται κομμάτια με δύσκολη γεωμετρία. Κατά τη διάρκεια της λειτουργίας μιας εργαλειομηχανής, ένας σημαντικός αριθμός παραμέτρων της κοπής (μετατόπιση, ταχύτητα της ατράκτου και της πρόωσης των αξόνων κατεργασίας, δύναμη κοπής, κ.ά.) καταγράφεται με στόχο να επιτευχθεί η επιθυμητή ποιότητα κατασκευής.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας οι νέες εργαλειομηχανές παρουσιάζουν παραγωγικές ικανότητες που πριν λίγα χρόνια θα φαινόταν αδύνατον να τα καταφέρουν. Οι σύγχρονες εργαλειομηχανές μπορούν να κατεργαστούν σύνθετες γεωμετρικές ιδιότητες. Επιπλέον, η ταχύτητα που πραγματοποιούνται οι κατεργασίες είναι μεγάλη καθώς επίσης και ο όγκος των υπολογισμών με συνέπεια ο χειριστής να μπορεί να παρακολουθήσει και να ελέγξει την διαδικασία. Ωστόσο οι κινήσεις των αξόνων κατεργασίας δεν είναι ανεξέλεγκτες αφού δίνεται η δυνατότητα να παρακολουθούνται από τα συστήματα ελέγχου θέσης των εργαλειομηχανών. Η παρακολούθηση όμως μπορεί να πραγματοποιηθεί εν μέρει σε κάποια συστήματα. Η πολυπλοκότητα των κινήσεων κάθε κατεργασίας είναι αυτό που δυσκολεύει την

παρακολούθηση, οι απαιτήσεις των συστημάτων ελέγχου εξαρτώνται άμεσα από αυτούς τους παράγοντες.

Όσο αφορά την ακρίβεια των μετρήσεων, εξαρτάται από την μετατόπιση κάθε άξονα κατεργασίας αφού οι συνολικές μετακινήσεις όλων των αξόνων δίνουν το αποτέλεσμα τις συνολικής κίνησης του κοπτικού εργαλείου ως προς το κομμάτι-τεμάχιο που κατεργάζεται. Ωστόσο, η βασική παράμετρος του ελέγχου της κίνησης είναι το είδος του παρεμβολέα που είναι η κεντρική μονάδα ελέγχου της εργαλειομηχανής. Στο εμπόριο υπάρχουν διάφοροι τύπου παρεμβολέων είτε απλών είτε σύνθετων παρεμβολών και χρησιμοποιούνται σύμφωνα με τις προδιαγραφές που παρουσιάζει κάθε εργαλειομηχανή.

Η χρήστες των εργαλειομηχανών θεωρούν ότι πρέπει να γίνεται μια συνεχή αυτοματοποίηση και βελτίωση των εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση και θα πρέπει να αποτελεί προτεραιότητα για τους κατασκευαστές. Όσο μειώνεται η συνεισφορά του ανθρώπου, τόσο η ακρίβεια της παραγωγικότητας των μηχανουργικών κατεργασιών αυξάνεται. Τα σπουδαιότερα συστήματα αυτοματισμού που έχουν οι σύγχρονες εργαλειομηχανές είναι τα ακόλουθα:

- Συστήματα αυτόματης εναλλαγής κοπτικών εργαλείων
- Συστήματα τροφοδοσίας σε πρώτη ύλη
- Συστήματα συγκράτησης και εναλλαγής πρώτης ύλης

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όλα τα τεχνολογικά επιτεύγματα βοηθούν στην ενσωμάτωση των εργαλειομηχανών σε σύγχρονες παραγωγικές δομές. Ωστόσο, τα προαναφερόμενα συστήματα αυξάνουν αισθητά το κόστος αγοράς των εργαλειομηχανών. Όμως αν τα συστήματα αυτά αξιοποιούνται σύμφωνα με τις δυνατότητές τους, το κόστος εγκατάστασής τους υπερκαλύπτεται σύντομα από τα κέρδη, που αυτά επιφέρουν (Μάστορας & Κουτσούκος, 2015).

ΜΕΡΟΣ Α'

1. ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ CNC

1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κάθε μηχανή καθώς και κάθε μηχανική διάταξη απαιτεί κάποιο βαθμό ελέγχου και καθοδήγησης. Η πολυπλοκότητα μιας μηχανικής διάταξης οδηγεί και στον ίδιο βαθμό πολυπλοκότητας για τον βαθμό ελέγχου και καθοδήγησης. Με το πέρασμα του χρόνου η δομή ελέγχου και καθοδήγησης των μηχανικών διατάξεων από τους χειριστές αυτοματοποιείται σταδιακά. Παρά το γεγονός ότι υπάρχει ανάπτυξη στα δομικά στοιχεία που απαρτίζουν μια εργαλειομηχανή καθώς επίσης και η ανθεκτικότητα που παρουσιάζουν τα κοπτικά εργαλεία τελευταίας τεχνολογίας, οδηγούν την μηχανουργική παραγωγικότητα σε αρκετά υψηλά επίπεδα. Ωστόσο, σημειώνεται ότι οι εργαλειομηχανές που είναι συμβατικές περιορίζουν αυτή την παραγωγική τους δυνατότητα στις ικανότητες που έχει ο χειριστής.

Η ανάγκη για παρτίδες πολλών τεμαχίων με μεγάλη κατασκευαστική ακρίβεια καθώς και περίπλοκα γεωμετρικά σχήματα οδηγεί στην επιτακτική ανάγκη της αυτοματοποίησης των εργαλειομηχανών, οι οποίες με αυτή την εξέλιξη αποκτούν την δυνατότητα να παράγουν πανομοιότυπα προϊόντα με σχετικά μεγάλη ακρίβεια κατασκευής και χαμηλό κόστος. Σημειώνεται ότι στην προαναφερόμενη εξέλιξη βασική συμμετοχή είχε η μηχανουργική τεχνολογία με την βοήθεια των εργαλειομηχανών καθώς επίσης και η τεχνολογία των ηλεκτρονικών υπολογιστών.

Με αυτή την εξέλιξη δίνεται στον χειριστή η δυνατότητα να καθοδηγεί και να επικοινωνεί με την εργαλειομηχανή μέσω ενός κώδικα, ο οποίος αποτελείται από γράμματα και αριθμούς. Η προαναφερόμενη ιδιότητα ελέγχου από τον χειριστή ονομάζεται αριθμητικός έλεγχος όπου στην ουσία είναι ο τύπος ελέγχου που χρησιμοποιεί αριθμητικές τιμές για την αναφορά στη θέση και την κίνηση των αξόνων της μηχανής, για τον ορισμό εργαλείων, τον ορισμό στροφών της ατράκτου κ.λπ.. Ο αριθμητικός έλεγχος επιτυγχάνεται μέσω της μονάδας ελέγχου της εργαλειομηχανής (Machine Control Unit – MCU). Ο συνδυασμός του MCU και αριθμητικού ελέγχου αντικαθιστά τις επιμέρους χειρωνακτικές εργασίες του χειριστή, σε πλήρως αυτοματοποιημένες, με μεγαλύτερη ακρίβεια και δυνατότητα συνεχών επαναλήψεων. Οι μηχανές που λειτουργούν με τον προαναφερόμενο τρόπο ονομάζονται ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές και αναγράφονται στην μηχανουργική διάλεκτο NC.

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας δίνονται επιπρόσθετες λειτουργίες στις εργαλειομηχανές όπως ο μετασχηματισμός συστημάτων συντεταγμένων, η διαχείριση πινάκων δεδομένων, η αντιστάθμιση διαμέτρου και μήκους εργαλείου καθώς επίσης και επιπρόσθετες λειτουργίες γραφικών και επικοινωνίας με άλλους Η/Υ και περιφερειακά. Αντιδιαστέλλουν τον απλό αριθμητικό έλεγχο (NC) με αυτόν που βασίζεται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (CNC) δηλαδή σε, ψηφιακά καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή με ηλεκτρονικό υπολογιστή.



Εικόνα 1: Ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές
[Πηγή: Ζαχαριάδης, 2014]

Η ψηφιακή καθοδήγηση (CNC) παρουσιάζει βασικό πλεονέκτημα της συνεργασίας των συστημάτων σχεδίασης με αυτών των κατεργασιών με την βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ωστόσο δίνεται και η δυνατότητα ένταξης της ψηφιακής καθοδήγησης σε ολοκληρωμένα και ευέλικτα συστήματα παραγωγής με υπολογιστές. Αυτό που θα πρέπει να σημειωθεί είναι ότι ένα μεγάλο μέρος διαδικασιών ελέγχου πραγματοποιείται από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή με συνέπεια να μειώνεται αισθητά όχι μόνο το κόστος αλλά και η ταχύτητα των διαδικασιών. Όλες οι διαδικασίες καθοδήγησης και ελέγχου των εργαλειομηχανών είτε είναι NC είτε CNC από το χειριστή τους θεωρούνται ότι έχουν μόνο «ένα δρόμο». Ο τεχνικός των NC και CNC εργαλειομηχανών καθορίζει τα ακόλουθα:

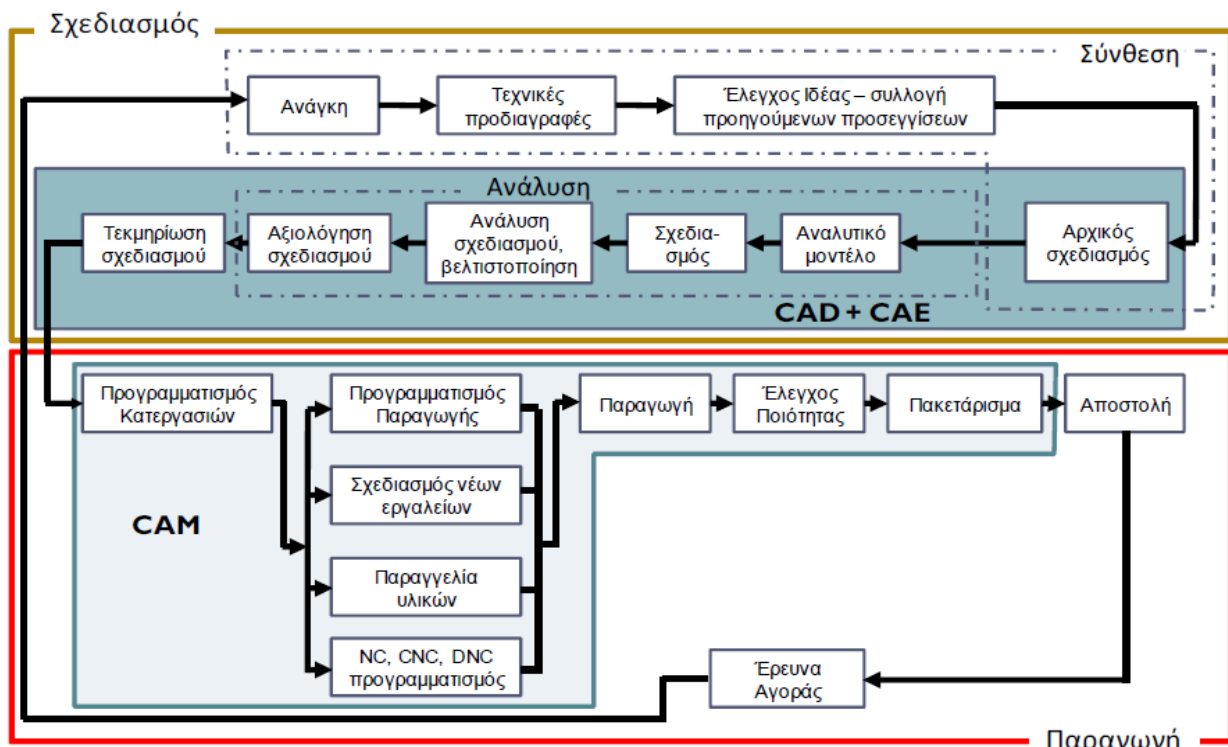
- Ακολουθία των κινήσεων της εργαλειομηχανής
- Τιμές των συνθηκών κατεργασίας
- Έλεγχος χρήσης ή όχι υγρού κοπής
- Διαχείριση κοπτικών εργαλείων κ.ά.

Για όλα τα προαναφερόμενα συνιστώνται συγκεκριμένα προγράμματα καθοδήγησης τα οποία είναι τυποποιημένα σε γλώσσα προγραμματισμού, δηλαδή τον ανάλογο κώδικα για κάθε εργαλειομηχανή, και στην συνέχεια μεταφέρεται στην μονάδα ελέγχου και ενεργοποιείται η εκτέλεση του (Βιδάκης & Αντωνιάδης, 2004 ; Ζαχαριάδης, 2014).

1.2. ΛΟΓΙΣΜΙΚΑ CAM/CAE/CAD

Σύμφωνα με τον Ζαχαριάδη (2014) η απαραίτητη προϋπόθεση για την κατασκευή πρωτοτύπων, με CNC εξοπλισμό, είναι η ύπαρξη γεωμετρικών μοντέλων των υπό κατασκευή αντικειμένων, και μάλιστα σε τρισδιάστατη μορφή. Αυτό επιτυγχάνεται σήμερα με χρήση τεχνολογιών σχεδίασης σε 3 διαστάσεις με τη βοήθεια Η/Υ (CAD 3D). Παράλληλα με τη σχεδίαση, άλλα βασικά «κλειδιά» στον κύκλο σχεδιασμού και ανάπτυξης ενός προϊόντος είναι οι μέθοδοι παραγωγής (manufacturing) και η ανάλυση κατασκευών (engineering analysis). Σε επίπεδο διατιθέμενων υπολογιστικών εργαλείων σε περιβάλλον Η/Υ για αυτά, ο όρος computer aided manufacturing (CAM) σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο θα κατασκευαστεί και θα παραχθεί μαζικά ένα προϊόν, ενώ ο όρος computer aided engineering (CAE) σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο αυτό θα αναλυθεί/μελετηθεί (Ζαχαριάδης, 2014).

Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι οι τεχνολογίες CAM/CAE/CAD αναπτύσσονται ξεχωριστά η μία από την άλλη, στην ουσία σχετίζονται αφού και οι τρεις βασίζονται σε υπολογιστικά μοντέλα και δίνουν έμφαση στην δημιουργία, ανάπτυξη και παραγωγή προϊόντων (Τσίρκας, 2011).



Σχήμα 1: Κύκλος Παραγωγής και Τεχνολογίας CAD, CAM και CAE
 [Πηγή: Τσίρκας, 2011]

Σύμφωνα με τα δεδομένα της μηχανουργικής τεχνολογίας δεν δύναται η δυνατότητα για ένα ενοποιημένο περιβάλλον όμως θεωρείται επιτακτική ανάγκη η μεταξύ τους ενοποίηση και η ενσωμάτωση τους με την βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Ζαχαριάδης, 2014).

1.2.1. Computer Aided Design (CAD)

Ο σχεδιασμός με την βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή ονομάζεται CAD (Computer Aided Design) και θεωρείται από τις σύγχρονες μεθόδους σχεδίασης αφού αντικαθιστά με επιτυχία τα όργανα σχεδίασης (μολύβια, κανόνες, τρίγωνα, διαβήτες κ.ά.). Ο όρος CAD είναι διεθνής και χρησιμοποιείται για την σχεδίαση με ηλεκτρονικό υπολογιστή καθώς και για μεθόδους σχεδιασμού που υποστηρίζονται από ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Οι τεχνολογίες CAD χρησιμοποιούνται για την δημιουργία προϊόντων και δίνουν τα ακόλουθα αποτελέσματα:

- Ακριβή Σχεδιασμό
- Βελτίωση προϊόντων
- Ανάπτυξη προϊόντων

Τα τελικά προϊόντα πωλούνται είτε στους καταναλωτές απευθείας είτε αποτελούν τμήματα άλλων προϊόντων. Η χρήση CAD είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη στον σχεδιασμό εργαλείων και μηχανολογικών εξαρτημάτων.

Επιπλέον, οι τεχνολογίες CAD παρουσιάζουν αρκετά πλεονεκτήματα αφού μειώνουν τον χρόνο σχεδίασης και μελέτης ενός προϊόντος καθώς δίνουν την δυνατότητα αλλαγών και τροποποιήσεων του ίδιου του προϊόντος χωρίς να απαιτείται η σχεδίαση από το αρχικό στάδιο. Τα προαναφερόμενα οδηγούν στην συνολική μείωση του κόστους σχεδιασμού. Ακόμα, με το CAD δίνεται πλήρης γεωμετρική περιγραφή και έλεγχος τοπολογίας καθώς μπορούν να προσδιοριστούν διάφορα μεγέθη όπως ο όγκος και το βάρος του προϊόντος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι διάφορα στοιχεία που προκύπτουν από την σχεδίαση με την τεχνολογία CAD μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αυτόματη δημιουργία δεδομένων του αριθμητικού ελέγχου(Ζαχαριάδης, 2014 ; Τσίρκας 2011).

1.2.1.1. Solidworks

Το Solidworks είναι ένα 3D μηχανολογικό CAD (Computer Aided Design) πρόγραμμα και λειτουργεί σε σύστημα Microsoft Windows. Αποτελεί εργαλείο για πάνω από δύο εκατομμύρια μηχανικούς και σχεδιαστές σε περισσότερες από 165.000 εταιρείες παγκοσμίως. Το Solidworks δημιουργήθηκε με στόχο την ανάπτυξη ενός 3D CAD λογισμικού το οποίο θα είναι εύκολο στη χρήση, με προσιτή τιμή και διαθέσιμο στην επιφάνεια εργασίας των Windows.

Στις μέρες μας το CAD λογισμικό Solidworks κυκλοφορεί σε διάφορες εκδόσεις καθώς και τα eDrawings (εργαλείο συνεργασίας) και DraftSight (2D CAD). Επιπλέον, η εφαρμογή SolidWorks δεν είναι μόνο ένα πρόγραμμα μοντελοποίησης αλλά ενεργεί και ως αποθήκη για πληροφορίες σχετικά με το μοντέλο, με στόχο να εισάγει και να

αποθηκεύει διάφορες μορφές αρχείων (π.χ. PDF) με συνέπεια την γρήγορη προβολή σχεδίων στο εσωτερικό του προγράμματος.

Ο σύγχρονος σχεδιασμός και η μελέτη με την χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών απαιτούν τρισδιάστατη μοντελοποίηση, η οποία αναλύει την συμπεριφορά του προϊόντος όχι μόνο κατά την σχεδίαση του αλλά και για την παραγωγή του. Στις μέρες μας ένα μεγάλο μέρος των συστημάτων τρισδιάστατων απεικονίσεων στηρίζεται στα στερεά μοντέλα και στα μοντέλα επιφανειών. Η βασική προϋπόθεση για την χρήση των μοντέλων είναι η μονοδιάστατη απεικόνιση του πραγματικού προϊόντος από το μοντέλο, σε όλες τις φάσεις χρησιμοποίησης του (Λαζανάς & Ηλιόπουλος, 2014).

1.2.2. Computer Aided Manufacturing (CAM)

Το Cam (Computer Aided Manufacturing) είναι η τεχνολογία λογισμικών που εκτελούνται από υπολογιστικά συστήματα και έχουν την δυνατότητα να καταστρώνουν, να διαχειρίζονται και να ελέγχουν παραγωγικές διαδικασίες είτε με άμεση είτε με έμμεση αλληλεπίδραση του ηλεκτρονικού υπολογιστή και την υποδομή της παραγωγής (Ζαχαριάδης, 2014 ; Τσίρκας, 2011).

Οι βασικές εφαρμογές της τεχνολογίας CAM περιλαμβάνουν τα ακόλουθα(Ζαχαριάδης, 2014):

- Αριθμητικός έλεγχος NC: χρησιμοποιεί προγραμματιστικά εργαλεία, για να ελέγξει λειαντικές, κοπτικές, διατρητικές κ.α. εργαλειομηχανές
- Ρομποτικό έλεγχο: χρήση ρομπότ, τα οποία επιλέγουν και τοποθετούν τα εργαλεία και τα προς κατεργασία τεμάχια στις μηχανές NC
- Computer aided process planning (CAPP): περιλαμβάνουν λογισμικά που αυτοματοποιούν την ανάπτυξη των παραγωγικών διαδικασιών μιας βιομηχανίας

Σημειώνεται ότι ο σχεδιασμός των κατεργασιών – τεχνολογικός προγραμματισμός παραγωγής (process planning) στην αρχή των συστημάτων CAM αποτελούσε ξεχωριστό σύστημα, ωστόσο, με εξέλιξη των συστημάτων CAM έχει οδηγήσει ουσιαστικά σε ενσωμάτωση των συστημάτων αυτών στο CAM (Τσίρκας, 2011).

1.2.2.1. SolidCAM

Το SolidCam αποτελεί ξεχωριστό τμήμα του προγράμματος SolidWorks, το οποίο και εγκαθίσταται πάνω στο σχεδιαστικό περιβάλλον του. Προσφέρει την δυνατότητα προσομοίωσης της κατασκευής ενός εξαρτήματος και των διεργασιών κοπής (τόρνευση, φρεζάρισμα, διάτρηση). Το SolidCAM έχει την δυνατότητα να εξάγει σε κώδικα μηχανής τις κατεργασίες προσομοίωσης ενός κομματιού. Ο κώδικας αυτός μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή δίνεται απευθείας σε μια πλήρως ψηφιακά καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή CNC και αρχίζει αμέσως η παράγωγή του κομματιού. Σημειώνεται ότι το SolidCAM διαθέτει βιβλιοθήκες με διάφορα εργαλεία κοπής εργαλειομηχανών με συνέπεια την ευέλικτη και εύκολη χρήση του (Τσίρκας, 2011 ; Τζούμας 2015).

1.3. ΠΕΔΙΟ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Οι περισσότερες κατεργασίες στις μέρες μας είτε αυτές είναι συμβατικές είτε μη, υποστηρίζονται από ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές με συνέπεια οι συμβατικές εργαλειομηχανές να μην προτιμούνται και με το πέρασμα των χρόνων να σταματήσει η παράγωγή τους. Ο βασικός παράγοντας που επηρεάζει αυτή την εξέλιξη είναι το μειονέκτημα των συμβατικών εργαλειομηχανών να μην πραγματοποιούν πολύπλοκες κατεργασίες σε υψηλές ταχύτητες. Σημειώνεται ότι οι υψηλές ταχύτητες ψηφιακών καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών κυμαίνονται από 1500 έως 2000 [m/min] ενώ στις συμβατικές εργαλειομηχανές οι ταχύτητες δεν μπορούν να ξεπεράσουν τα 150 [m/min] λόγω του χειρισμού τους από άνθρωπο.

Οι διατάξεις που καλούνται να κατασκευαστούν από τις εργαλειομηχανές παρουσιάζουν σύνθετες γεωμετρίες με συνέπεια οι συμβατικές εργαλειομηχανές να απαιτούν συνδυασμό κινήσεων σε δύο άξονες όπου η ποιότητα θα είναι μέτρια ή κακή ίσως και αδύνατη. Αποτέλεσμα αυτού είναι οι ψηφιακές καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές να κερδίζουν καθημερινά έδαφος αφού δίνουν ένα προϊόν με πολύ καλή ποιότητα σε σχετικά μικρό χρόνο (Ζαχαριάδης, 2014).

1.4. ΚΥΡΙΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Σε μια εργαλειομηχανή ψηφιακής καθοδήγησης το πρόγραμμα εργασίας πραγματοποιείται είτε σε έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή είτε στην οθόνη ελέγχου μέσω ενός πληκτρολογίου και ακολουθεί η μεταβίβαση στην οθόνη ελέγχου. Με τις προαναφερόμενες διαδικασίες δίνεται η δυνατότητα στον χειριστή να ελέγχει το πρόγραμμα του σε τακτά χρονικά διαστήματα. Ωστόσο, αυτή η διαδικασία μπορεί να αποτυπωθεί είτε με προσομοίωση σε ηλεκτρονικό υπολογιστή είτε στην ίδια την οθόνη της εργαλειομηχανής. Αυτό έχει ως συνέπεια την μείωση των πιθανοτήτων λαθών καθώς και του χρόνου προετοιμασίας της εργαλειομηχανής.

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί οι εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης παρουσιάζουν πολλά πλεονεκτήματα συγκρινόμενες με τις συμβατικές εργαλειομηχανές. Τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν είναι οι δυνατότητες να εκτελούν περίπλοκες κατεργασίες με μεγάλη ακρίβεια δίνοντας ένα προϊόν με εξαιρετική ποιότητα. Σε αυτό όμως που θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση είναι οι μεγάλες ταχύτητες κατεργασίας και οι δυνάμεις κοπής που αναπτύσσονται στις μηχανές ψηφιακής καθοδήγησης που απαιτούν αυξημένη ακαμψία και δυνατότητα απόσβεσης των ταλαντώσεων που δημιουργούνται κατά τη λειτουργία τους. Όλα αυτά οδηγούν στην προτεραιότητα της μελέτη της δυναμικής των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης.

Ο βασικός παράγοντας που οι εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης παρουσιάζουν τόσα πλεονεκτήματα κατά την κατασκευή ενός προϊόντος είναι η κίνηση σε πολλούς άξονες, η οποία επιτρέπει την κατεργασία σύνθετων επιφανειών. Η αυτοματοποιημένη παραγωγή αυξάνει τη χωρίς λάθη παραγωγή και αναπαραγωγή των τεμαχίων. Με τον τρόπο αυτό, μειώνεται το ποσοστό των ελαττωματικών κομματιών και περιορίζεται η διάρκεια του ελέγχου ποιότητας. Επιπλέον, αυτό που θεωρείται σημαντικό κατά την κατεργασία είναι η μείωση των νεκρών χρόνων, οι οποίοι είναι μη παραγωγικοί χρόνοι για την μηχανή αφού πραγματοποιούνται

διαδικασίες ως δέσιμο τεμαχίου, αλλαγή κοπτικού κ.ά.. Όσο αφορά τον χρόνο παραμονής του τεμαχίου στην εργαλειομηχανή μειώνεται αισθητά αφού υπάρχουν μεγάλες προώσεις και ταχύτητες κοπής.

Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή δίνει την ευκολία του προγραμματισμού της εργαλειομηχανής καθώς επίσης και την ευελιξία που παρουσιάζεται στην εκάστοτε κατεργασία. Όμως ο ηλεκτρονικός υπολογιστής δίνει και την δυνατότητα αποθήκευσης κάθε προγράμματος με συνέπεια να μπορεί να γίνει αναπαραγωγή σε μεταγενέστερο χρόνο ή να γίνει η παραγωγή πολλαπλών τεμαχίων ενός προϊόντος. Τονίζεται ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί το πρόγραμμα που έχει δημιουργηθεί σε άλλη εργαλειομηχανή και από διαφορετικούς χειριστές.

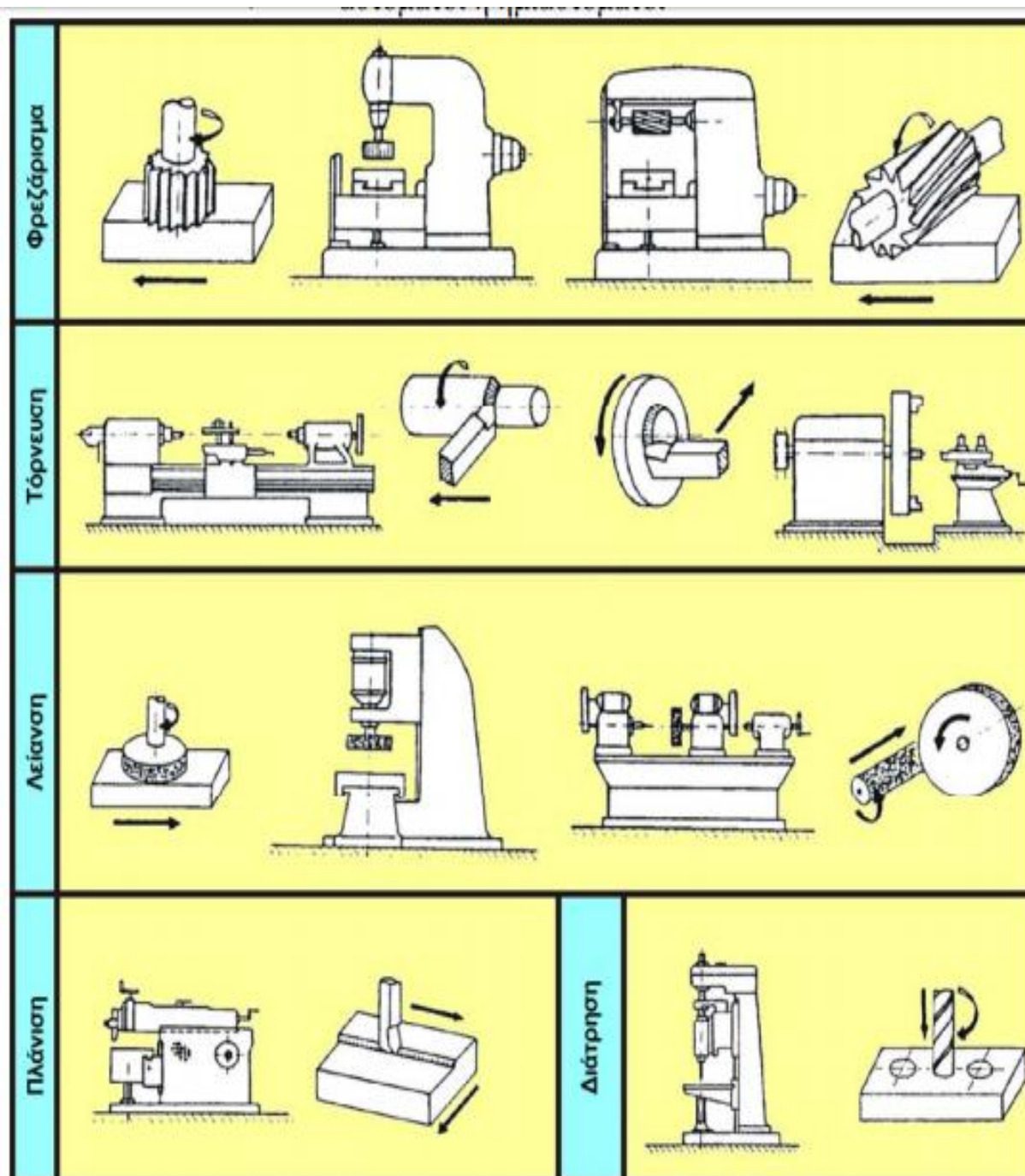
Ακόμα στις εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης δίνεται το πλεονέκτημα της μέγιστης ασφάλειας κατά τον χειρισμό τους και κατά την διάρκεια της κοπής αφού υπάρχει αρκετή απόσταση από το κοπτικό εργαλείο και τα κινητά μέρη της μηχανής όπως άτρακτος, τσοκ κ.ά.. Στις συμβατικές εργαλειομηχανές τα χέρια και τα μάτια του χειριστή είναι πολύ κοντά στη θέση κοπής με συνέπεια να απαιτείται η εγρήγορσή του χειριστή κατά την διαδικασία της κατεργασίας.

Όμως οι εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης παρουσιάζουν ένα βασικό μειονέκτημα και αυτό είναι το κόστος αγοράς τους που μπορεί να ξεπερνά και πέντε φορές το κόστος μιας συμβατικής εργαλειομηχανής. Όμως αυτό εξισορροπείται εν μέρει σε περίπτωση που απαιτείται μεγάλη παραγωγή όπου γίνεται απόσβεση της εργαλειομηχανής σε μικρό χρονικό διάστημα. Τα μικρά μηχανουργεία όμως που ασχολούνται με πιο απλές κατεργασίες και με μειωμένες ποσότητες δεν επενδύουν εύκολα σε μία εργαλειομηχανή ψηφιακής καθοδήγησης γιατί εκτός του μεγάλου κόστους, απαιτούν προσωπικό, το οποίο θα είναι εξειδικευμένο, για τον προγραμματισμό, τη ρύθμιση και τη συντήρηση της εργαλειομηχανής (Ζαχαριάδης, 2014).

1.5. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Οι εργαλειομηχανές που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση κάθε κατεργασίας καθώς επίσης και οι τεχνικές επιφάνειες και η κίνηση του κοπτικού εργαλείου και του τεμαχίου παρουσιάζονται στην συνέχεια του εδαφίου.

Στο Σχήμα 2 παρουσιάζονται οι κυριότερες κατεργασίες με αφαίρεση υλικού και σχηματικά οι αντίστοιχες χρησιμοποιούμενες εργαλειομηχανές (Μανσουργιάνης, 2010).



Σχήμα 2: Μορφοποίηση τεμαχίων με αφαίρεση υλικού
 [Πηγή: Μανσούρ, 2010]

Οι εργαλειομηχανές με αφαίρεση υλικού κατατάσσονται με βάση τα ακόλουθα κριτήρια (Μανσούρ, 2010):

- ως προς το είδος της πρωτεύουσας κίνησης
- ως προς το βαθμό εξειδίκευσης
- ως προς την ακρίβεια κατεργασίας
- ως προς το βαθμό αυτοματισμού

Αναλυτικότερα ισχύει:

➤ Ως προς το είδος της κατεργασίας

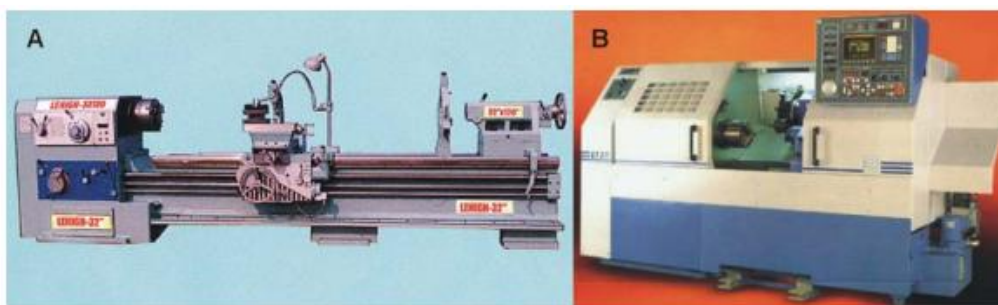
Κατεργασία	Εργαλειομηχανή	Τεχνικές επιφάνειες	Κίνηση Εργαλείου	Κίνηση Τεμαχίου
Τόρνευση	Τόρνος	Κυκλικές	Μετατόπιση	Περιστροφή
Φρεζάρισμα	Φρέζα	Επίπεδες Κυκλικές Εσοχές Αυλάκια Οδοντοτροχοί	Περιστροφή	Μετατόπισης
Διάτρηση	Δράπανο	Άνοιγμα οπών	Περιστροφή	Ακίνητο
Πλάνισμα	πλάνη	Επίπεδες	Μετατόπιση	Μετατόπισης
Λείανση	Πλάνη	Επίπεδες	Μετατόπισης Περιστροφή	Μετατόπισης Περιστροφή

Πίνακας 1: Οι βασικότερες κατεργασίες
 [Πηγή: Μανσούρ, 2010]

➤ Ως προς το είδος της πρωτεύουσας κίνησης

❖ Εργαλειομηχανές με περιστροφική κίνηση τόρνοι:

- οριζόντιοι
- κατακόρυφοι
- περιστροφικοί (ή Revolver)
- αυτόματοι ή ημιαυτόματοι



Εικόνα 2: Τόρνοι: Α: συμβατικός τόρνος, Β: Τόρνος με ψηφιακή καθοδήγηση CNC
 [Πηγή: Μανσούρ, 2010]

❖ Φρεζομηχανές

- οριζόντιες
- κατακόρυφες
- αντιγραφής (παντογράφος) ☐



Εικόνα 3: Φρέζες
[Πηγή: Μανσουργ, 2010]

❖ Δράπανα:

- κατακόρυφα
- οριζόντια
- ακτινωτά
- ειδικά (κατακόρυφα και οριζόντια με πολλές ατράκτους)

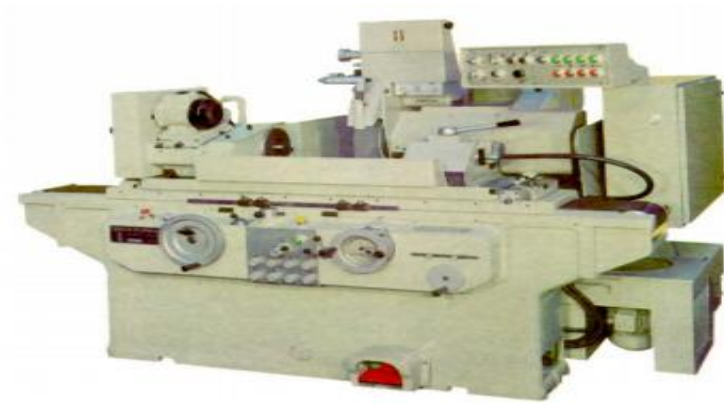


Εικόνα 4: Δράπανο
[Πηγή: Μανσουργ, 2010]

❖ Φρεζοδράπανα ☐

❖ Λειαντικοί τροχοί:

- επιπέδων επιφανειών
- κυλινδρικών επιφανειών
- άνευ κέντρων
- οδοντώσεων
- σπειρωμάτων
- ειδικά (π.χ. για στροφαλοφόρους άξονες)
- τροχιστικά (π.χ. για κοπτικά εργαλεία)



Εικόνα 5: Λειαντικοί τροχοί
[Πηγή: Μανσουργ, 2010]

❖ Πριόνια:

- περιστροφικά

❖ Μηχανήματα κοπής οδοντώσεων (γρاناζοκόπτες)

- παραλλήλων οδοντωτών τροχών
- κωνικών οδοντωτών τροχών



Εικόνα 6: Γρاناζοκόπτης
[Πηγή: Μανσουργ, 2010]

❖ Εργαλειομηχανές με ευθύγραμμη πρωτεύουσα κίνηση πριόνια

- παλινδρομικά πλάνες
- εγκάρσιες
- επιμήκεις
- κατακόρυφες



Εικόνα 7: Πριόνια – πλάνη
[Πηγή: Μανσουρ, 2010]

- Ως προς το βαθμό εξειδίκευσης
 - ❖ Εργαλειομηχανές γενικής χρήσεως (τόρνος)
 - ❖ Εργαλειομηχανές ειδικής χρήσεως (γριναζοκόπτης, λειαντικός τροχός οδοντώσεων, κ.ά.)
 - ❖ Εξειδικευμένες εργαλειομηχανές (εργαλειομηχανές που είναι μελετημένες μόνο για την εκτέλεση ορισμένης φάσης κατεργασίας σε ορισμένο κομμάτι)
 - ❖ Εργαλειομηχανές μεταφοράς (ροϊκή παραγωγή)
- Ως προς την ακρίβεια κατεργασίας
 - ❖ Εργαλειομηχανές συνήθους ακριβείας
 - ❖ Εργαλειομηχανές ακριβείας
 - ❖ Εργαλειομηχανές μεγάλης ακριβείας
 - ❖ Εργαλειομηχανές υψίστης ακριβείας
- Ως προς το βάρος

- ❖ Εργαλειομηχανές ελαφρές (βάρους μικρότερο του 1 τόνου)
 - ❖ Εργαλειομηχανές μέσου βάρους (βάρους μεταξύ 1 και 10 τόνων)
 - ❖ Εργαλειομηχανές βαριές (βάρους μεγαλύτερο των 10 τόνων)
- Ως προς το βαθμό αυτοματισμού
- ❖ Κοινές εργαλειομηχανές
 - ❖ Ημιαυτόματες εργαλειομηχανές (οι κινήσεις γίνονται αυτόματα)
 - ❖ Αυτόματες εργαλειομηχανές (οι κινήσεις και η τροφοδοσία γίνονται αυτόματες)

1.6. ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Η βασική αρχή που παρουσιάζουν οι εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης βασίζεται στην μεγάλη ακρίβεια των συστημάτων ηλεκτρονικών ελέγχων, τα οποία παράγουν ψηφιακά σήματα που καθοδηγούν με τη σειρά τους τις λειτουργίες και τις παραμέτρους της κατεργασίας. Σύμφωνα με τον Ζαχαριάδη (2014) τα σήματα αυτά επεξεργάζονται και προσαρμόζονται δυναμικά από το σύστημα ελέγχου της μηχανής και τελικά, ενεργοποιούν τους κινητήρες του κάθε άξονα κατεργασίας, την άτρακτο κοπής και τις περιφερειακές λειτουργίες της μηχανής, όπως είναι η αλλαγή των κοπτικών εργαλείων, η τροφοδοσία υγρού κοπής κ.λπ..

Οι προαναφερόμενοι μηχανισμοί αντικαθιστούν πλήρως τους μοχλούς και τους διακόπτες των συμβατικών εργαλειομηχανών. Τέτοιου είδους εργαλειομηχανές εκτελούν μεγάλο όγκο κατεργασιών με μόνο μια διαδικασία καθοδήγησης και ρύθμισης. Η εξέλιξη των εργαλειομηχανών οδηγεί στην αυτοματοποίηση η οποία βασίζεται στην τεχνολογία των κοπτικών εργαλείων, στην ηλεκτρονική, στη ρομποτική, στον αυτοματισμό, στους ηλεκτρονικούς υπολογιστές και στην μηχανολογία.

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι η εξέλιξη της μηχανολογίας είναι αυτή που καθορίζει και την εξέλιξη των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης αφού οι εργαλειομηχανές καλούνται να φέρουν εις πέρας κατεργασίες σε δυσμενείς συνθήκες κοπής (υψηλές ταχύτητες κοπής, υψηλές θερμοκρασίες, υψηλές προώσεις). Όλα τα προαναφερόμενα οδηγούν στην απαραίτητη δυναμική και στατική μελέτη των εργαλειομηχανών, η οποία πρέπει να πραγματοποιείται με ιδιαίτερη προσοχή γιατί απαιτείται μεγάλη ακρίβεια.

Ένας βασικός παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η κινητήρια δύναμη, η οποία λαμβάνει μέρος σε όλες σχεδόν τις κινήσεις μετατόπισης και κοπής. Η δύναμη αυτή όμως εξαρτάται από τον ηλεκτρικό κινητήρα που έχει κάθε εργαλειομηχανή όπου επηρεάζεται άμεσα η απόδοση, η παραγωγικότητα καθώς και η ποιότητα των κατεργασιών. Οι εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης αποτελούνται από συστήματα σερβοκινητήρων, που προσφέρουν διαρκή έλεγχο των παραμέτρων τους, όπως είναι η ταχύτητα περιστροφής και η αποδιδόμενη ισχύς.

Η χρήση των προαναφερόμενων συστημάτων γίνεται για τον έλεγχο των προώσεων και των ταχυτήτων κοπής. Στις περισσότερες περιπτώσεις αποτελούνται είτε από κινητήρα συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος είτε από βηματικούς κινητήρες είτε από υδροστατικές μεταδόσεις κίνησης (Ζαχαριάδης, 2014).

2. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΛΙΚΩΝ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

Τα υλικά έχουν την δυνατότητα να μορφοποιούνται και να αλλάζουν τα χαρακτηριστικά τους με στόχο να μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συγκεκριμένες εφαρμογές. Οι διαδικασίες τροποποίησης των υλικών ονομάζονται κατεργασίες και διαχωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- Κατεργασίες με αφαίρεση υλικού: τρνάρισμα, φρεζάρισμα, διάτρηση κ.ά.
- Κατεργασίες με πλαστική παραμόρφωση: κάμψη, έλαση κ.ά.

Οι κατεργασίες επιλέγονται σύμφωνα με τις ιδιότητες των υλικών, τα οποία παραμορφώνονται πλαστικά με συνέπεια η αλλαγή αυτή να είναι μόνιμη. Επιπλέον, η πλαστική παραμόρφωση πραγματοποιείται κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες όπως βέλτιστη ασκούμενη δύναμη, θερμοκρασία και ταχύτητα με σκοπό η κατεργασία να πραγματοποιηθεί σε μειωμένο χρόνο και το προϊόν να έχει την βέλτιστη ποιότητα (Γουδέλης, 2012).

Οι κατεργασίες χαρακτηρίζονται από κάποια στοιχεία τα οποία παρουσιάζουν διαφορετική σημασία ανάλογα με το είδος της κατεργασίας. Τα στοιχεία που χαρακτηρίζουν τις κατεργασίες είναι τα ακόλουθα (Γουδέλης, 2012):

- Το τεμάχιο προς κατεργασία: θα πρέπει να είναι γνωστά συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του υλικού όπως είναι οι καταστατικές εξισώσεις του, το αρχικό σχήμα-γεωμετρία του, η κατεργασιμότητα του, οι ιδιότητες του καθώς και ποίες είναι οι επιδράσεις των μεταβολών της μικροδομής και της σύστασης του.
- Το εργαλείο: είναι το κομμάτι το οποίο πραγματοποιεί την κατεργασία, δηλαδή διαμορφώνει το τεμάχιο. Για την σωστή επιλογή του εργαλείου θα πρέπει να είναι γνωστή η γεωμετρία του υλικού καθώς και οι επιφανειακές συνθήκες που επικρατούν όπως και ιδιότητες του.
- Διεπιφανειακές συνθήκες εργαλείου – τεμαχίου: η τριβή είναι μια από τις σημαντικότερες συνθήκες που εμφανίζονται μεταξύ του εργαλείου και του τεμαχίου και για την ελαχιστοποίηση αυτής γίνεται λίπανση με το κατάλληλο λιπαντικό που επιλέγεται σύμφωνα με τα χαρακτηριστικά των δύο επιφανειών.
- Πλαστική ζώνη: σε αυτή την περιοχή το τεμάχιο υφίσταται πλαστική παραμόρφωση, όμως είναι απαραίτητο να είναι γνωστές οι αναπτυσσόμενες τάσεις καθώς και οι θερμοκρασίες.
- Εξοπλισμός: το βασικό εργαλείο είναι η εργαλειομηχανή και ακολουθούν τα κοπτικά εργαλεία. Δίνεται έμφαση όμως στην ισχύ, την ακρίβεια, την ταχύτητα και την παραγωγικότητα της εργαλειομηχανής για τον προσδιορισμό των παραμέτρων της κατεργασίας.

- Τελικό προϊόν: είναι το προϊόν που προέρχεται από την κατεργασία, το οποίο έχει διαφορετική δομή λόγω της επεξεργασίας. Το σχήμα, η γεωμετρία, η διαστάσεις καθώς και οι νέες τους κατεργασίες ορίζονται πριν την έναρξη της κατεργασίας.
- Περιβάλλον: είναι το μέρος – τμήμα που περιβάλλει την κατεργασία καθώς και τους αυτοματισμούς που απαιτούνται για την πραγματοποίηση της κατεργασίας και περιλαμβάνει το ανθρώπινο δυναμικό. Κατά τον σχεδιασμό της εργασίας πρέπει να προβλέπεται ένα εργονομικό περιβάλλον με μικρούς κινδύνους ατυχημάτων.

Οι κατεργασίες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν με διάφορους τρόπους. Ωστόσο τα τελευταία χρόνια έχει καθιερωθεί ο γερμανικός κανονισμός DIN ο οποίος διαχωρίζεται σε περαιτέρω κατηγορίες και είναι οι ακόλουθες (Γουδέλης, 2012):

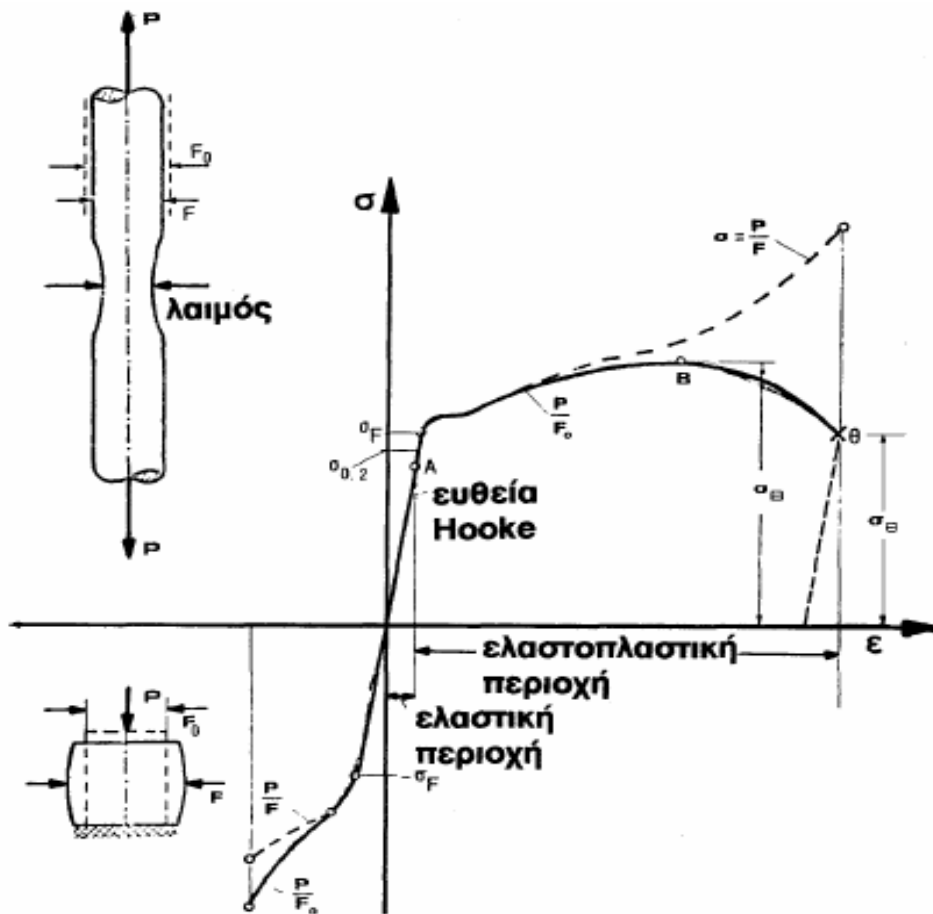
- Αρχέγονη κατεργασία: πραγματοποιούνται σε υλικά τα οποία δεν έχουν αρχική μορφή και μετά την κατεργασία μορφοποιούνται κατάλληλα για την εφαρμογή που προορίζονται.
- Κατεργασία διαμόρφωσης: η παραμόρφωση που πραγματοποιείται σε αυτές τις κατεργασίες είναι πλαστική και η μάζα διατηρείται σταθερή. Διαχωρίζονται σε δύο επιμέρους κατηγορίες οι οποίες είναι η διαμόρφωση συμπαγούς υλικού και η διαμόρφωση ελάσματος (κάμψη, απότμηση, κοίλανση, σφυρηλάτηση, έλαση, διέλαση και ολκή).
- Κατεργασία κοπής – αποβολής υλικού: πραγματοποιείται συνδυασμός αφαίρεσης υλικού και μορφοποίησης αυτού (τόρνευση, λείανση, διάτρηση και φρεζάρισμα).
- Επιφανειακή κατεργασία: δεν μεταβάλλει το σχήμα του προς κατεργασία τεμαχίου αλλά μεταβάλλει κάποια χαρακτηριστικά της επιφάνειάς του με στόχο την ενίσχυση των ιδιοτήτων του και την προστασία του (θερμική επιφανειακή κατεργασία, θερμοφυσική επιφανειακή κατεργασία και επικάλυψη).
- Κατεργασία σύνδεσης: πραγματοποιείται σύνδεση είτε δύο τεμαχίων είτε ενός τεμαχίου σε ένα συγκεκριμένο περιβάλλον και διαχωρίζονται στην μεταλλουργική σύνδεση (συγκόλληση) και στην μηχανική σύνδεση (ήλωση, κοχλίωση).

2.2. ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

Στην περίπτωση που πραγματοποιούνται κατεργασίες με παραμόρφωση υπάρχει μορφοποίηση και διαμόρφωση του υλικού με μεγάλη απώλεια υλικού. Η κατεργασία πλαστικής παραμόρφωσης θεωρείται ότι είναι η κυριότερη κατηγορία κατεργασίας με παραμόρφωση αφού το υλικό μορφοποιείται μόνιμα. Γίνεται κατανοητό ότι σε κατεργασίες παραμόρφωσης η παραμόρφωση είναι υποχρεωτική με συνέπεια ο μηχανισμός κατεργασίας να απαιτεί προσεκτικό υπολογισμό στις τάσεις που αναπτύσσονται με στόχο το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα του τελικού προϊόντος.

Ως τάση ορίζεται η δύναμη που ασκείται ανά μονάδα επιφάνειας και μπορεί να είναι ορθή ή διατμητική. Οι τάσεις που επικρατούν σε μία κατεργασία είναι ο βασικός παράγοντας για την επιλογή της εργαλειομηχανής καθώς και του υλικού που θα επιλεγεί για επεξεργασία. Ως παραμόρφωση σώματος ορίζονται οι συνολικές

μετατοπίσεις των σημείων ενός σώματος, οι οποίες οδηγούν στην τελική μορφοποίηση του. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι παραμορφώσεις και οι τάσεις είναι άμεσα συνδεδεμένες μεταξύ τους (Σχήμα 3) και διαχωρίζονται σύμφωνα με το είδος των τάσεων σε ορθές και διατμητικές παραμορφώσεις (Γουδέλης, 2012).



Σχήμα 3: Διάγραμμα τάσεων – παραμορφώσεων
 [Πηγή: <http://dml.chania.teicrete.gr>]

Στο Σχήμα 3 διακρίνεται ένα πείραμα εφελκυσμού σε ένα δοκίμιο συγκεκριμένου υλικού, το οποίο φορτίζεται εφελκυστικά ως το σημείο θραύσης. Παρατηρείται ότι διαχωρίζεται σε δύο περιοχές. Αρχικά στην πρώτη περιοχή υπάρχει η ελαστική περιοχή στην οποία οι παραμορφώσεις είναι ανάλογες των τάσεων με συντελεστή αναλογίας το μέτρο ελαστικότητας του εκάστοτε υλικού και διέπεται από τον νόμο του Hooke που εκφράζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$\sigma = E * \epsilon \quad (\text{Εξίσωση 1})$$

Όπου:

- σ : Η τάση.
- E : Το μέτρο ελαστικότητας του υλικού.
- ϵ : Η παραμόρφωση.

Στην δεύτερη περιοχή, η οποία ονομάζεται είτε ελαστοπλαστική είτε πλαστική περιοχή, παρουσιάζονται μεγαλύτερες παραμορφώσεις όπου το υλικό δεν έχει την

δυνατότητα να επιστρέψει στην αρχική του κατάσταση με συνέπεια οι παραμορφώσεις να είναι μόνιμες και μεγαλύτερες από 0,2%. Στο τέλος της δεύτερης περιοχής λαμβάνει χώρα η θραύση του δοκιμίου.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι κατεργασίες με παραμόρφωση ασκούν κατάλληλη τάση με στόχο το υλικό να μορφοποιηθεί μόνιμα στο σχήμα που επιθυμείται να διεξαχθεί το τεμάχιο μετά την κατεργασία (Μπαράκος 2002 ; Τσινόπουλος 2014).

2.2.1. Παραμόρφωση εν ψυχρώ και εν θερμώ

Η διαδικασία που πραγματοποιείται η παραμόρφωση μπορεί να είναι είτε εν ψυχρώ είτε εν θερμώ. Η διαφορά που παρουσιάζεται στις δύο προαναφερόμενες διαδικασίες είναι η θερμοκρασία στην οποία βρίσκεται το κατεργαζόμενο τεμάχιο. Για την επιλογή της κατάλληλης διαδικασίας ελέγχεται το κριτήριο της θερμοκρασίας ανακρυστάλλωσης του υλικού από το οποίο είναι κατασκευασμένο το τεμάχιο που πρόκειται να κατεργαστεί. Σημειώνεται ότι η θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης είναι θερμοκρασία πάνω από την οποία ξεκινά η μεταβολή της κρυσταλλικής δομής του υλικού που τις περισσότερες φορές κυμαίνεται στο $\frac{1}{2}$ της θερμοκρασίας τήξης.

Όταν η θερμοκρασία κατεργασίας του υλικού κυμαίνεται σε τιμές μικρότερες από την θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης του υλικού τότε η κατεργασία που λαμβάνει χώρα είναι η παραμόρφωση εν ψυχρώ. Αντίθετα, η θερμοκρασία κατεργασίας του υλικού κυμαίνεται σε τιμές μεγαλύτερες από την θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης του υλικού τότε η κατεργασία που λαμβάνει χώρα είναι η παραμόρφωση εν θερμώ (Γουδέλης, 2012).

Κάθε διαδικασία παραμόρφωσης είτε εν ψυχρώ είτε εν θερμώ χαρακτηρίζεται από πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Αρχικά θα αναλυθεί η διαδικασία παραμόρφωσης εν ψυχρώ, τα πλεονεκτήματα που την χαρακτηρίζουν είναι τα ακόλουθα (Μπατσούλας, 2015):

- Αύξηση αντοχής και επιφανειακής σκληρότητας τεμαχίου
- Καλύτερη ποιότητα επιφάνειας κατεργασμένου τεμαχίου, όπου η χαμηλή θερμοκρασία δεν επιτρέπει την ανάπτυξη οξειδίων και την φθορά τοπικά της επιφάνειας
- Καλύτερη διαστατική ακρίβεια κατεργασμένου τεμαχίου
- Η διαδικασία κατεργασίας θεωρείται εύκολη γιατί το υλικό είναι σε χαμηλές θερμοκρασίες με συνέπεια ο χειρισμός και η συγκράτηση των προς κατεργασία τεμαχίων είναι απλή.

Τα μειονεκτήματα που την χαρακτηρίζουν την διαδικασία παραμόρφωσης εν ψυχρώ είναι τα ακόλουθα (Μπατσούλας, 2015):

- Απαραίτητη μεγαλύτερη δύναμη και μεγαλύτερο φορτίο παραμόρφωσης διότι το ψυχρό υλικό χαρακτηρίζεται για το μεγαλύτερο όριο διαρροής
- Η ενδοτράχυνση λαμβάνει χώρα μετά από την αρχική παραμόρφωσή του με συνέπεια να παρουσιάζεται δυσκολία για περαιτέρω παραμόρφωση που απαιτεί να προηγηθεί πιο πριν η διαδικασία της ανόπτησης με στόχο την μείωση του ορίου διαρροής.

- Παρουσιάζεται δυσκολία για κατεργασία διάφορων ψαθυρών, εύθραυστων υλικών γιατί επέρχεται η θραύση τους.

Στην περίπτωση της εν θερμώ κατεργασίας παραμόρφωσης τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζονται είναι τα ακόλουθα (Μπατσούλας, 2015):

- Η δύναμη που απαιτείται για την παραμόρφωση είναι αρκετά μικρή, η οποία διατηρείται στα ίδια επίπεδα και μετά από την αρχική κατεργασία παραμόρφωσης διότι το υλικό είναι πάνω από το όριο ανακρυστάλλωσης με συνέπεια να μην υπάρχει σκλήρυνση κατά την διαδικασία παραμόρφωσης.
- Στις υψηλές θερμοκρασίες επικρατεί μειωμένο όριο διαρροής.
- Σε υψηλές θερμοκρασίες υπάρχει μειωμένη αντοχή σε διάτμηση με αποτέλεσμα την μείωση της απαιτούμενης δύναμης για να γίνει η επιθυμητή παραμόρφωση.

Τα μειονεκτήματα που χαρακτηρίζουν την διαδικασία παραμόρφωσης εν θερμώ είναι τα ακόλουθα (Μπατσούλας, 2015):

- Μη δυνατότητα κατεργασίας κάποιων μετάλλων εν θερμώ διότι σε υψηλές θερμοκρασίες αυξάνεται σε μεγάλο βαθμό η ευθραυστότητά τους
- Χαμηλότερη ακρίβεια στις διαστάσεις του κατεργασμένου τεμαχίου, που οφείλεται στην διαστολή που εμφανίζεται λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας με αποτέλεσμα η διάσταση που επιτυγχάνεται κατά την κατεργασία να διαφέρει από την τελική διάσταση του κατεργασμένου τεμαχίου.
- Δυσκολία της συγκράτησης του θερμού τεμαχίου με στόχο την κατεργασία του αλλά και οι αρνητικές επιπτώσεις στην εργαλειομηχανή και στους εργαζομένους από τις υψηλές θερμοκρασίες.

2.2.2. Είδη κατεργασιών με παραμόρφωση

Όπως προαναφέρθηκε οι κατεργασίες παραμόρφωσης διαχωρίζονται σε δύο υποκατηγορίες όπου είναι η κατεργασία παραμόρφωσης ελάσματος και η διαδικασία παραμόρφωσης συμπαγούς υλικού. Ωστόσο, υπάρχει και μια Τρίτη κατηγορία κατεργασιών με παραμόρφωση υλικού η οποία χαρακτηρίζεται από τον υψηλό ρυθμό ενέργειας.

Οι τρεις αυτές κατηγορίες με τις υποκατηγορίες τους καταγράφονται στην συνέχεια (Γουδέλης, 2012):

❖ Κατεργασίες διαμόρφωσης ελάσματος:

- Απότμηση – διάτμηση
- Κάμψη
- Κοίλανση

❖ Κατεργασίες διαμόρφωσης συμπαγούς υλικού:

- Έλαση
- Διέλαση

- Ολκή
- Σφυρηλάτηση

❖ *Κατεργασίες υψηλού ρυθμού ενέργειας παραμόρφωσης:*

- Ηλεκτρομαγνητική διαμόρφωση
- Ηλεκτροϋδραυλική διαμόρφωση
- Εκρηκτική διαμόρφωση

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι έχουν αναφερθεί οι βασικές υποκατηγορίες των τριών βασικών κατηγοριών παραμόρφωσης.

2.3. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ

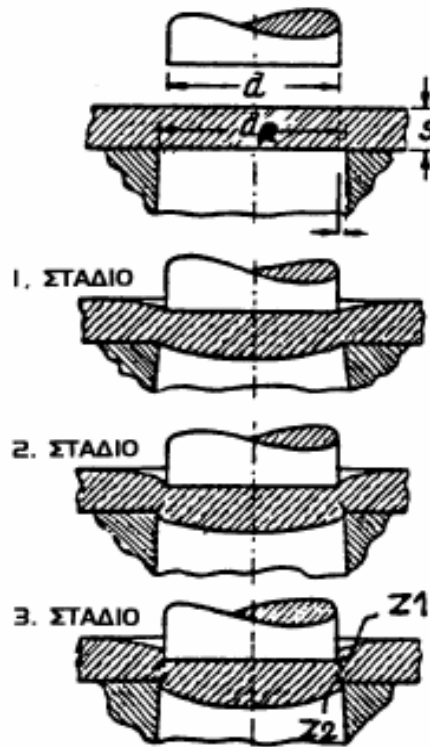
2.3.1. Απότμηση – Διάτμηση

Η απότμηση ονομάζεται και διάτμηση, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που απορρίπτει το κομμένο τμήμα, και είναι η αρχική κατεργασία διαμόρφωσης ελάσματος. Η απότμηση – διάτμηση είναι μια κατεργασία διαμόρφωσης κατά την οποία κάποιο μέρος του υπό κατεργασία τεμαχίου αποκρίνεται με την χρήση κατάλληλου εργαλείου από ένα έλασμα. Το εργαλείο απότμησης είναι ένα εμβολο του οποίου η κίνηση προέρχεται είτε από μηχανική είτε από υδραυλική πρέσα (Γουδέλης, 2012).

Η απότμηση θεωρείται απλή διαδικασία. Αρχικά πραγματοποιείται η τοποθέτηση του προς κατεργασία τεμαχίου επάνω σε μήτρα η οποία είναι ακίνητη και έχει σχήμα πανομοιότυπο με το τμήμα που θα αποκοπεί. Το έμβολο στην συνέχεια κατεβαίνει με αποτέλεσμα να ασκεί πίεση στο έλασμα, με αυτό τον τρόπο ένα μέρος του παραμορφώνεται και μπαίνει στην οπή της μήτρας η οποία είναι κατάλληλα διαμορφωμένη. Με την αύξηση της δύναμης του εμβόλου αυτό εισέρχεται στην οπή της μήτρας του ελάσματος μέχρι την στιγμή που θα αποκοπεί. Η διαδικασία αποκοπής χωρίζεται σε στάδια και είναι τα ακόλουθα (Γουδέλης, 2012):

- ❖ *1^ο Στάδιο:* Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται ελαστική συμπίεση του υλικού που είναι τοποθετημένο ανάμεσα στο έμβολο και στην μήτρα. Επιπλέον, πραγματοποιείται ελαφριά διείσδυση των κόψεων εμβόλου και μήτρας μέσα στο υλικό.
- ❖ *2^ο Στάδιο:* Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιείται η εισχώρηση του εμβόλου εντός του υλικού προς κατεργασία. Ωστόσο, πραγματοποιείται ταυτόχρονη εισχώρηση στη μήτρα αλλά σε μικρότερο βαθμό.
- ❖ *3^ο Στάδιο:* Σε αυτό το στάδιο υπάρχει η εμφάνιση των ρωγμών στις πλευρές του ελάσματος δηλαδή ή στην πάνω ή στην κάτω πλευρά. Σε αυτές τις ρωγμές παρατηρείται επέκταση, η οποία εκτείνεται μέχρι το σημείο όπου θα υπάρξει συνάντηση των δύο ρωγμών. Ακολουθεί η διάτμηση του ελάσματος (Γουδέλης, 2012).

Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται η διαδικασία της απότμησης όπως αυτή περιγράφηκε στα τρία προαναφερόμενα στάδια.



Σχήμα 4: Διαδικασία απότμησης
[Πηγή: <http://dml.chania.teicrete.gr>]

Μια από τις βασικές παραμέτρους της απότμησης είναι η ταχύτητα που πραγματοποιείται. Είναι σημαντική διότι καθορίζει την δύναμη που απαιτείται για την διαδικασία της απότμησης καθώς επίσης και για την επιφάνεια που προσπίπτει. Η απαιτούμενη δύναμη επηρεάζεται από την αύξηση της ταχύτητας η οποία οδηγεί στην αύξηση του ορίου ροής του υλικού. Αυτή η αύξηση του ορίου ροής οδηγεί στην αύξηση της αντοχής καθώς και την απαίτηση της αυξανόμενης δύναμης απότμησης (Γουδέλης, 2012).

Θα πρέπει να τονιστεί ότι η προκύπτουσα επιφάνεια μετά από την κατεργασία παρουσιάζει αναβαθμισμένη ποιότητα. Επιπλέον, στην απότμηση θα πρέπει να υπάρχει και μία δύναμη η οποία θα ασκείται για να εξέλθει το έμβολο από το έλασμα αφού ολοκληρωθεί η κατεργασία και αποκοπεί το υλικό. Όμως για την σωστή διεξαγωγή της διαδικασίας θα πρέπει να υπάρχει ένα κενό, το οποίο είναι συγκεκριμένο και ονομάζεται χάρη, μεταξύ του εμβόλου και της μήτρας με στόχο την διείσδυση του υλικού προς κατεργασία. Η χάρη θεωρείται ένα από τα πιο βασικά μεγέθη το οποίο επηρεάζει την επιτυχία ή μη της απότμησης. Η επιλογή της είναι βασική σχεδιαστική παράμετρος. Η χάρη κυμαίνεται από 2% – 10% του συνολικού πάχους του προς κατεργασία ελάσματος (Γιαννόπουλος, 2010).

Ένας ακόμα παράγοντας που ελέγχεται στην διαδικασία της απότμησης είναι η εκμετάλλευση του υλικού, δηλαδή το ποσοστό του υλικού του ελάσματος που εκμεταλλεύεται. Σκοπός είναι το ποσοστό να παίρνει την μέγιστη δυνατή τιμή για να μην υπάρχει μεγάλη απόρριψη υλικού το οποίο επηρεάζει άμεσα το κόστος. Όσο περισσότερο υλικό αποκόπτεται και δεν χρησιμοποιείται τόσο μεγαλύτερο το κόστος,

και το αντίθετο όσο μεγαλύτερη εκμετάλλευση του υλικού με συνέπεια το ποσοστό που απορρίπτεται να είναι μικρότερο τόσο μικρότερο κόστος. Ακόμα, η περίμετρος της απότμησης πρέπει να έχει απόσταση από τα όρια του ελάσματος αλλά και από τα όρια της γειτονικής περιοχής απότμησης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η απόσταση εξαρτάται άμεσα από το υλικό και το πάχος του ελάσματος το οποίο οδηγεί σε αύξηση του συντελεστή εκμετάλλευσης υλικού (Γιαννόπουλος, 2010 ; Βοσνιάκος, 2012).

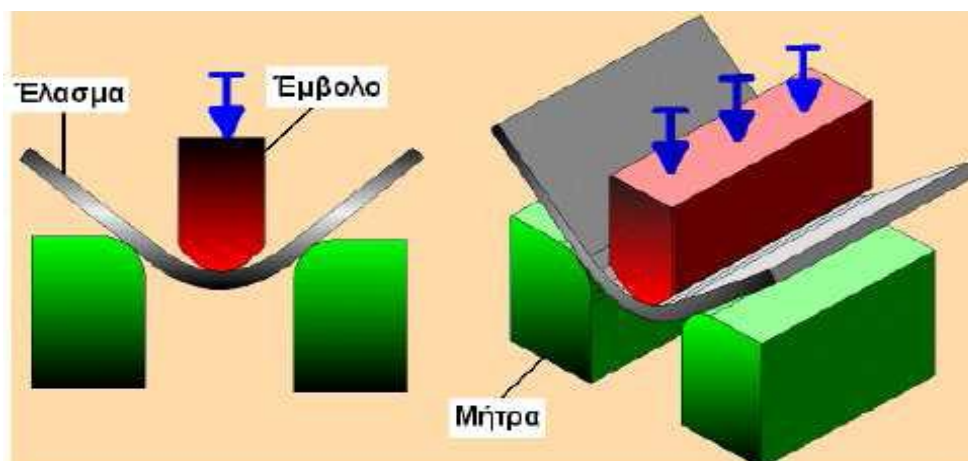
2.3.2. Κάμψη

Η κάμψη είναι ακόμα μια κατεργασία διαμόρφωσης ελάσματος. Η κάμψη θεωρείται πιο απλή από τις άλλες κατεργασίες διαμόρφωσης και βρίσκει περισσότερες εφαρμογές. Σύμφωνα με τον Γουδέλη (2012) η κάμψη ελάσματος είναι η ομοιόμορφη μόνιμη παραμόρφωση ενός ελάσματος που πραγματοποιείται με την περιστροφή τμήματος του ελάσματος γύρω από ένα ευθύγραμμο άξονα. Αναλόγως του τμήματος που θα παραμορφωθεί δύναται η δημιουργία πλειάδας σχημάτων τελικού προϊόντος με πάρα πολλές χρήσεις. Κάτι περισσότερο σχετικά με την διαδικασία που ακολουθείται κατά την κάμψη δεν υπάρχει γιατί είναι πολύ απλή η κατηγορία οπότε ακολουθούν κατευθείαν οι κατηγορίες της κάμψης (Γουδέλης, 2012).

Η κάμψη διαχωρίζεται σε κάποιες υποκατηγορίες σύμφωνα με την διαδικασία που πραγματοποιείται. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ακόλουθες(Κεχαγιάς,2010 ; Γουδέλης, 2012):

❖ *Ελεύθερη κάμψη:*

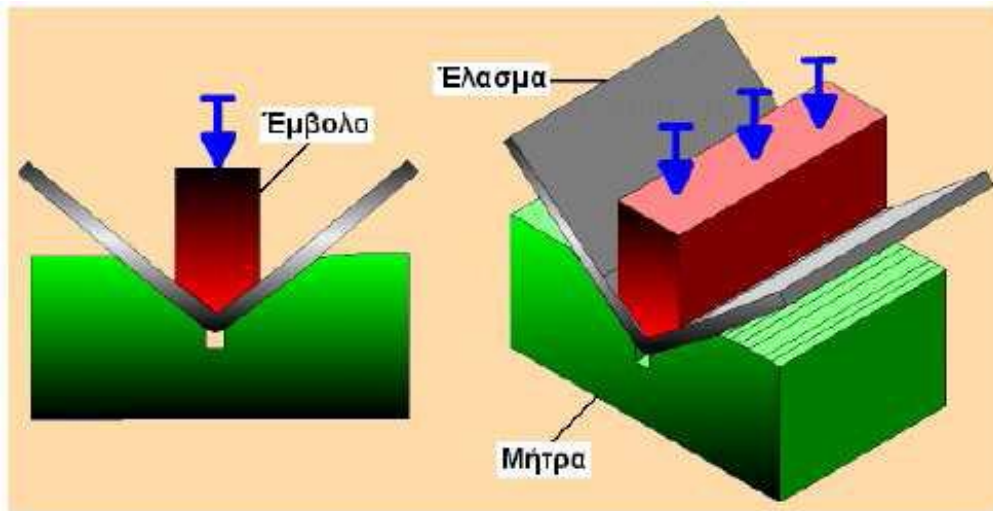
Η ελεύθερη κάμψη είναι η πιο απλή διαδικασία κάμψης. Το έλασμα το οποίο είναι υπό κατεργασία έρχεται σε επαφή με τρεις περιοχές του εργαλείου, οι οποίες είναι δύο στην μήτρα και μια στο έμβολο. Η γωνία κορυφής του εμβόλου είναι μικρότερη από την γωνία κάμψης.



Σχήμα 5: Ελεύθερη κάμψη
[Πηγή: <http://www.mie.uth.gr>]

❖ *Κάμψη τύπου V:*

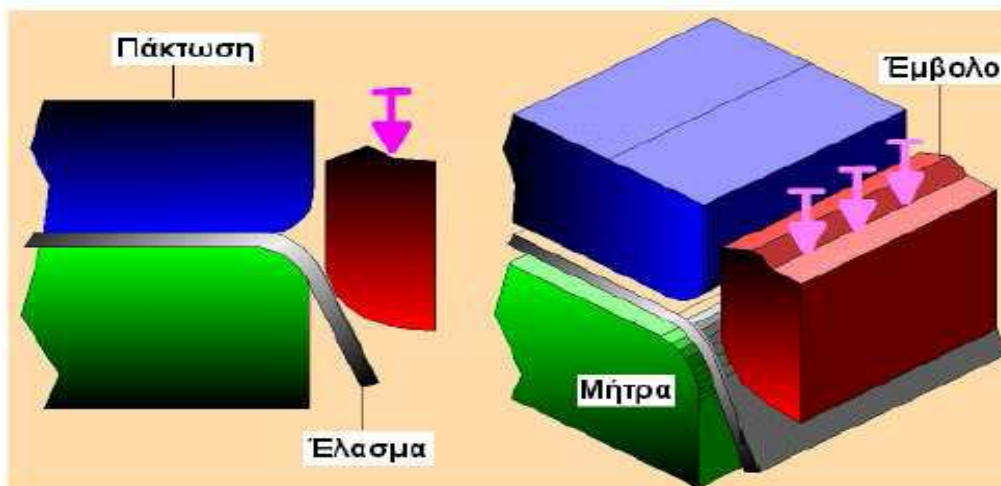
Η κάμψη τύπου V έχει παρόμοια διαδικασία με την ελεύθερη κάμψη. Ωστόσο, η βασική διαφορά που παρουσιάζεται μεταξύ των δύο προαναφερόμενων τύπων είναι η γωνία της μήτρας και του εμβόλου. Στην περίπτωση της κάμψης V η γωνία της μήτρας και του εμβόλου είναι ίσες με συνέπεια το τελικό προϊόν να μορφοποιείται με την ίδια γωνία και να είναι σε επαφή με ολόκληρες τις πλευρές τόσο της μήτρας όσο και του εμβόλου.



Σχήμα 6: Κάμψη τύπου V
[Πηγή:<http://www.mie.uth.gr>]

❖ *Κάμψη προβόλου:*

Η κάμψη προβόλου πραγματοποιείται με την ακόλουθη διαδικασία, αρχικά το έλασμα είναι στερεά συγκρατημένο μεταξύ δύο σωμάτων και το έμβολο κάμπτεται το ελεύθερο άκρο του.



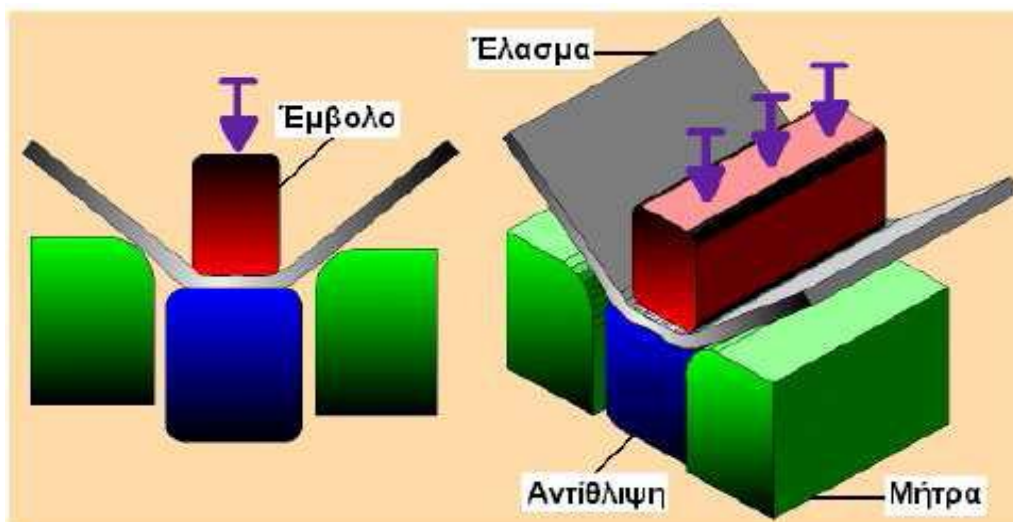
Σχήμα 7: Κάμψη προβόλου
[Πηγή:<http://www.mie.uth.gr>]

❖ *Διπλή κάμψη:*

Η διπλή κάμψη ονομάζεται και κάμψη τύπου U. Η διπλή κάμψη είναι η κάμψη κατά την οποία το τελικό τεμάχιο έχει την μορφή σχήματος U. Στην ουσία η διπλή κάμψη είναι η κάμψη που πραγματοποιείται σε δύο σημεία του ελάσματος και μπορεί να πραγματοποιηθεί με τρεις τρόπους οι οποίοι είναι οι ακόλουθοι:

- 1^{ος} τρόπος: η αντίθλιψη είναι η πρώτη μέθοδος που μπορεί να πραγματοποιηθεί η διπλή κάμψη και το χαρακτηριστικό της είναι ότι το κατώτερο τμήμα του τελικού προϊόντος είναι έντονα κυρτό.
- 2^{ος} τρόπος: με την παρουσία αντίθλιψης αλλά χωρίς συγκράτηση είναι η δεύτερη μέθοδος που μπορεί να πραγματοποιηθεί η διπλή κάμψη και το χαρακτηριστικό της είναι ότι το αποτέλεσμα του τελικού προϊόντος είναι να παρουσιάζει μια μικρή προς τα άνω κυρτότητα του τελικού αποτελέσματος.
- 3^{ος} τρόπος: με την παρουσία αντίθλιψης αλλά με συγκράτηση είναι η δεύτερη μέθοδος που μπορεί να πραγματοποιηθεί η διπλή κάμψη και το χαρακτηριστικό της είναι ότι το τελικό προϊόν είναι σε ευθεία μορφή του κάτω μέρους του ελάσματος.

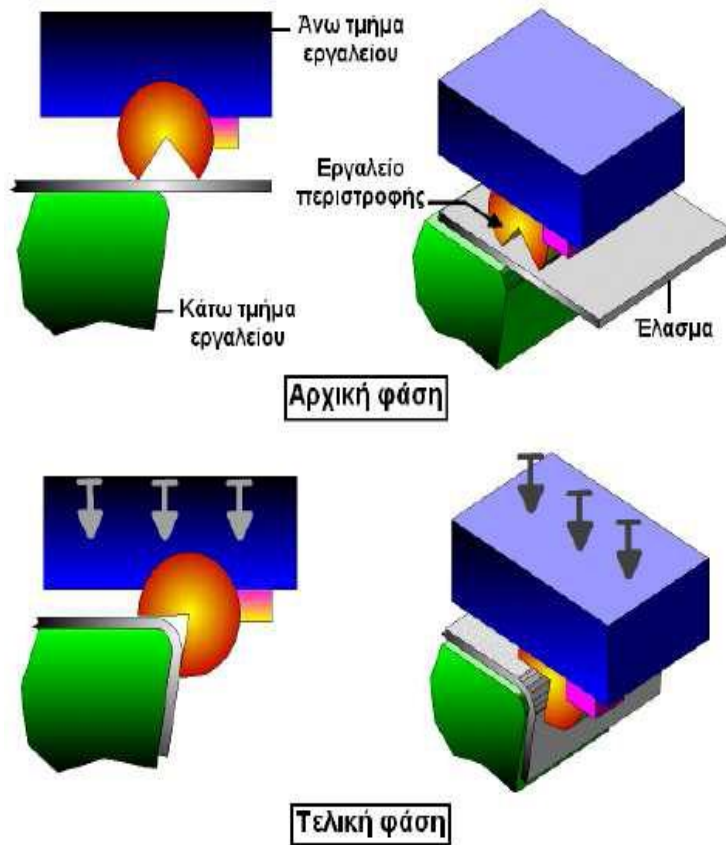
Ωστόσο, μια γενική μορφή της διπλής κάμψης απεικονίζεται στο σχήμα 8.



Σχήμα 8: Διπλή κάμψη
[Πηγή: <http://www.mie.uth.gr>]

❖ *Περιστροφική κάμψη:*

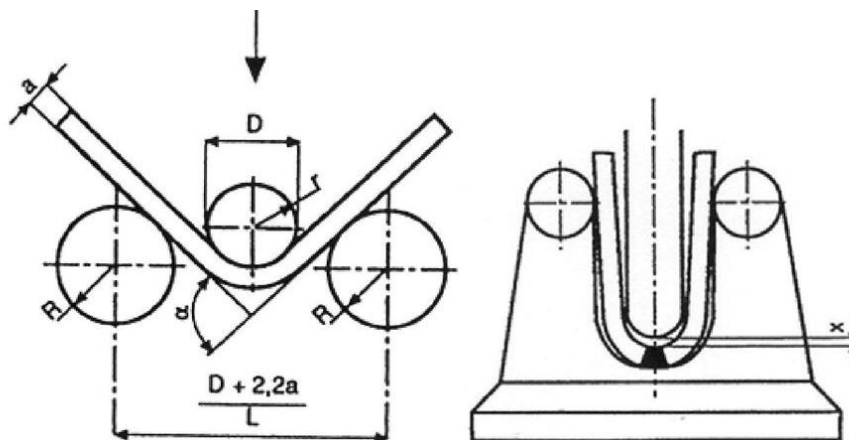
Η περιστροφική κάμψη χρησιμοποιεί για την κάμψη του ελάσματος ένα εργαλείο στροφής, όπου με την περιστροφή του περιστρέφει και κάμπτει το προς κατεργασία έλασμα. Σημειώνεται ότι αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί αφού ασκηθεί η κατάλληλη κατακόρυφη δύναμη.



Σχήμα 9: Περιστροφική κάμψη
 [Πηγή: <http://www.mie.uth.gr>]

❖ *Κάμψη μεταξύ ραούλων:*

Η κάμψη μεταξύ ραούλων πραγματοποιείται ως εξής, αρχικά το έλασμα υπό κατεργασία κινείται μεταξύ ραούλων των οποίων η τοποθέτηση είναι τέτοια έτσι ώστε να προκαλούν μεταβολή της καμπυλότητας του σώματος και εν τέλει την κάμψη του. Στις περισσότερες περιπτώσεις τοποθετούνται πολλά συνεχόμενα ράουλα με στόχο την επίτευξη του τελικού προϊόντος.

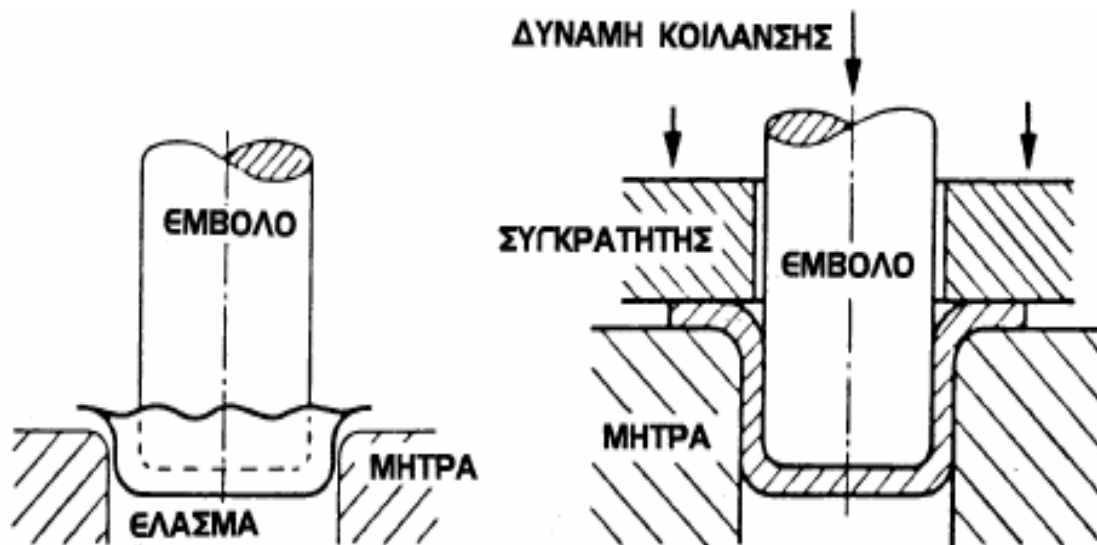


Σχήμα 10: Κάμψη με χρήση ραούλων
 [Πηγή: <http://www.mie.uth.gr>]

2.3.3. Κοίλανση

Η επόμενη κατεργασία διαμόρφωσης ελάσματος είναι η κοίλανση ή αλλιώς βαθιά κοίλανση. Με το πέρασμα των χρόνων θεωρείται ως μια από τις πιο σημαντικές κατεργασίες διαμόρφωσης των ελασμάτων. Για την πραγματοποίηση της κοίλανσης θα πρέπει ένα επίπεδο έλασμα να διαμορφωθεί σε κοίλο. Η διαμόρφωση αυτή πραγματοποιείται με το κατάλληλο εργαλείο. Επιπλέον, η διαμόρφωση του ελάσματος απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή με στόχο να μην υπάρξει μεγάλη μείωση του πάχους του ελάσματος και να διατηρείται στα αρχικά επίπεδα.

Στην κοίλανση είναι υποχρεωτική η μήτρα για το έμβολο καθώς και του ελάσματος που είναι υπό κατεργασία. Υπάρχουν περιπτώσεις που χρησιμοποιείται κάποιος συγκρατητής και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που το τελικό προϊόν απαιτεί την ύπαρξη χείλους. Η διαδικασία της κοίλανσης έχει ως εξής, αρχικά το έμβολο ασκεί πίεση στο έλασμα με κατεύθυνση προς τα κάτω και αυτό με την σειρά του εισέρχεται μέσα στην μήτρα. Στην συνέχεια το έλασμα εισέρχεται στην οπή της μήτρας και καταλαμβάνει τον χώρο που υπάρχει μεταξύ μήτρας και εμβόλου. Το έλασμα εισέρχεται σταδιακά. Ωστόσο, στην περίπτωση που υπάρχει συγκρατητής, συγκρατεί σε οριζόντιο επίπεδο τα άκρα του ελάσματος με συνέπεια να δημιουργηθεί χείλος στο τελικό προϊόν. Σημειώνεται ότι για να μην κινείται ο συγκρατητής θα πρέπει να ασκείται μια ανάλογη δύναμη σε αυτόν η οποία θα εφαρμόζει κάθετα.



Σχήμα 11: Διατάξεις κοίλανσης με και χωρίς συγκράτηση
[Πηγή: <http://dml.chania.teicrete.gr>]

Όταν πραγματοποιείται η κοίλανση το έλασμα που είναι υπό κατεργασία δέχεται τάσεις οι οποίες είναι εφελκυστικές. Το έλασμα που είναι υπό κατεργασία μπορεί να διαχωριστεί σε τρεις περιοχές, οι οποίες εξαρτώνται από την σχέση που υπάρχει μεταξύ αυτού και της μήτρας και αυτού του εμβόλου. Οι περιοχές αυτές είναι οι ακόλουθες:

❖ 1^η Περιοχή:

Η πρώτη περιοχή είναι το τμήμα του ελάσματος που έρχεται σε άμεση επαφή με την μήτρα. Αυτή η περιοχή κατά την διάρκεια της κοίλανσης

παθαίνει μια διαρκή ολκή. Καθώς περνά από το στόμιο της λίπανσης παθαίνει πλαστική κάμψη με συνέπεια να μειώνεται το πάχος του

❖ 2^η Περιοχή:

Η δεύτερη περιοχή είναι το τμήμα του ελάσματος που δεν έχει επαφή ούτε με την μήτρα αλλά ούτε και με το έμβολο. Το τμήμα αυτό λαμβάνει εφελκυστικές τάσεις, οι οποίες αναπτύσσονται μεταξύ του εμβόλου και της μήτρας. Όμως ένα μέρος του τμήματος κάμπτεται και ολισθαίνει προς το μέρος της μήτρας ή του εμβόλου.

❖ 3^η Περιοχή:

Η τρίτη περιοχή είναι το τμήμα του ελάσματος το οποίο έρχεται σε επαφή μόνο με το έμβολο και στην πραγματικότητα είναι το κάτω μέρος του τελικού προϊόντος. Το τρίτο αυτό τμήμα τεντώνει και ολισθαίνει προς την επιφάνεια του εμβόλου.

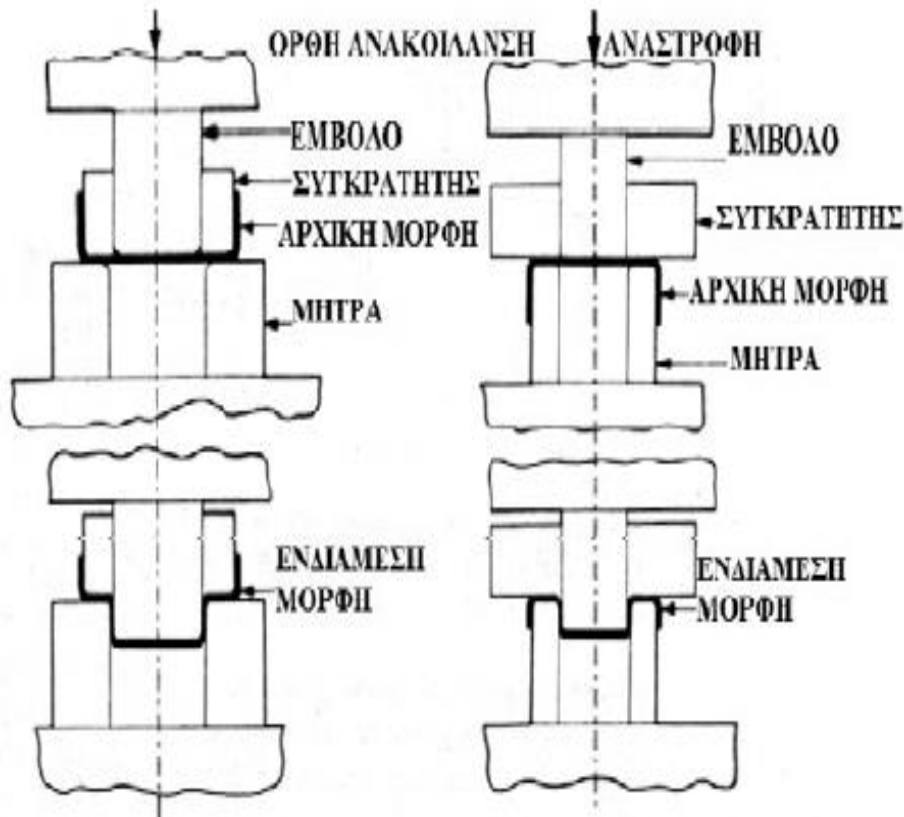
Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν μπορεί να πραγματοποιηθεί μια γενίκευση για τις φορτίσεις που δέχονται τα τρία τμήματα του ελάσματος. Οι φορτίσεις αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Ακτινική ολκή δέχεται το έλασμα μεταξύ μήτρας και συγκρατητή
- Κάμψη και ολίσθηση δέχεται το έλασμα στο χείλος της μήτρας
- Εφελκυσμό δέχεται το έλασμα ανάμεσα σε μήτρα και έμβολο
- Κάμψη και ολίσθηση δέχεται το έλασμα στο καμπύλο μέρος του εμβόλου
- Έκταση και ολίσθηση δέχεται το έλασμα στην επιφάνεια πίεσης του εμβόλου.

Η μελέτη της κοίλανσης ενός ελάσματος εξαρτάται από έναν βασικό παράγοντα ο οποίος είναι ο λόγος κοίλανσης. Ο λόγος κοίλανσης ορίζεται ως το πηλίκο της αρχικής διαμέτρου του ελάσματος ως προς την κατεργασία δισκοειδούς ελάσματος και της τελικής διαμέτρου του κατεργασμένου τεμαχίου. Σύμφωνα με αυτό τον λόγο μπορεί να κριθεί αν η διαδικασία διαμόρφωσης μπορεί να πραγματοποιηθεί με μόνο μια κατεργασία κοίλανσης ή απαιτούνται διαδοχικές κατεργασίες κοίλανσης οι οποίες ονομάζονται ανακοιλάνσεις.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι όσο μεγαλύτερη η τιμή του λόγου κοίλανσης τόσο περισσότερες δυσκολίες παρουσιάζονται και απαιτούνται διαδοχικές ανακοιλάνσεις, συνοδευόμενες από ανόπτηση με στόχο να μειωθεί η σκληρότητα του τεμαχίου που προήλθε από τις προηγούμενες κοιλάνσεις. Όμως η προαναφερόμενη διαδικασία έχει βασικό μειονέκτημα την αύξηση του κόστους κατεργασίας του τεμαχίου. Όσο αφορά τις ανακοιλάνσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν είτε άμεσα είτε με αντιστροφή. Η διαφορά των δύο προαναφερόμενων τρόπων είναι ότι στην ανακοίλανση με αναστροφή το μέσα μέρος του υλικού κατά την πρώτη ανακοίλανση γίνεται το έξω μέρος του υλικού κατά την δεύτερη ανακοίλανση (Βοσνιάκος, 2012 ; Γουδέλης, 2012).

Στην συνέχεια ακολουθεί το Σχήμα 12 όπου παρουσιάζονται οι δύο προαναφερόμενοι τύποι ανακοιλάνσεων.



Σχήμα 12: Μορφές ανακοίλανσης
[Πηγή: Βοσνιάκος, 2012]

Σκοπός κατά την διαδικασία κοίλανσης είναι να επιτυγχάνεται ο μεγαλύτερος αριθμός λόγου κοίλανσης με στόχο να αυξάνεται η απόδοση. Τονίζεται ότι θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση γιατί κατά την διαδικασία θα πρέπει να πραγματοποιούνται οι ελάχιστες δυνατές διαδοχικές ανακοιλάνσεις. Επιπλέον, η οριακή τιμή του λόγου κοίλανσης δεν μπορεί να είναι πάντα η ίδια και εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν την οριακή τιμή του λόγου κοίλανσης σύμφωνα με τον Γουδέλη (2012) είναι οι ακόλουθοι:

- Η γεωμετρία του εμβόλου
- Το προς κατεργασία υλικό,
- Η πίεση συγκράτησης,
- Η επιθυμητή διάμετρος του προϊόντος
- Το πάχος του ελάσματος.

Όποια και αν είναι η περίπτωση κοίλανσης είναι υποχρεωτικό να υπολογίζεται από την αρχή το ανάπτυγμα του ελάσματος δηλαδή η μορφή και οι διαστάσεις του. Ο λόγος που γίνεται αυτό είναι για να προκύπτει το επιθυμητό σχήμα από την κατεργασία της κοίλανσης και να αποφεύγεται η σπατάλη υλικού με την χρήση ελάσματος μεγαλύτερου μεγέθους από το απαιτούμενο (Βοσνιάκος, 2012 ; Γουδέλης, 2012).

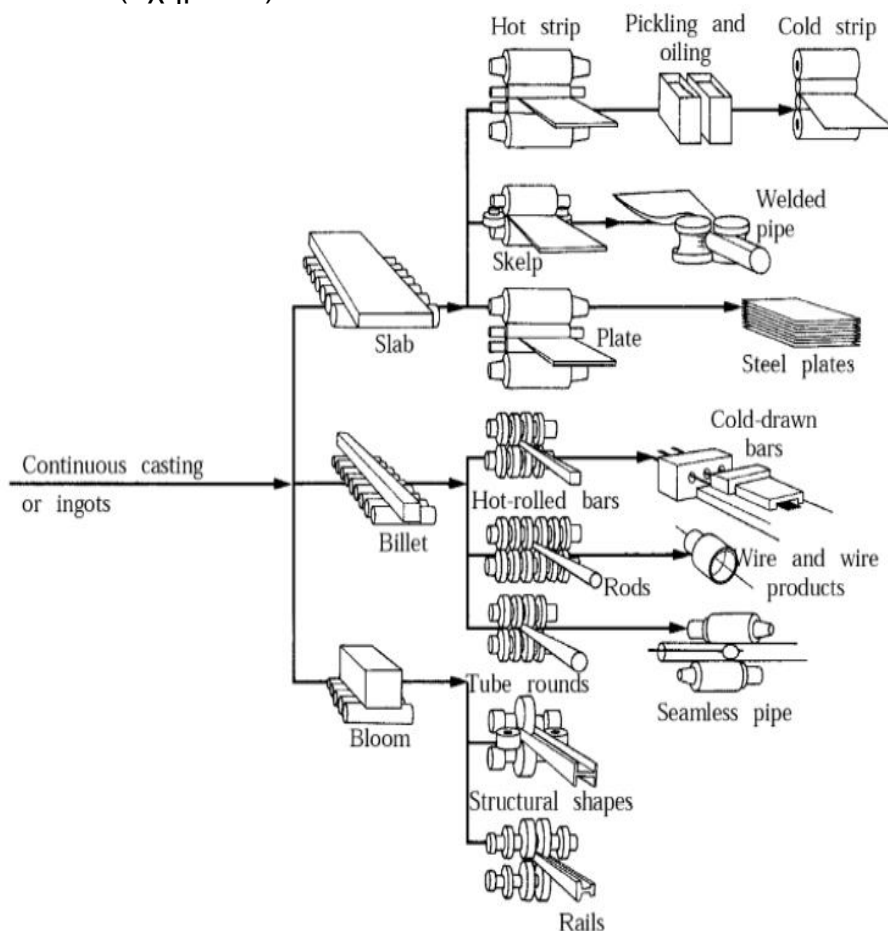
2.4. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΥΜΠΑΓΟΥΣ ΥΛΙΚΟΥ

2.4.1. Έλαση

Η έλαση ανήκει στις κατεργασίες συμπαγούς υλικού. Κατά την διαδικασία της έλασης στο τεμάχιο που είναι υπό κατεργασία μειώνεται η διατομή του. Ωστόσο, η μείωση αυτή επηρεάζει άμεσα το τεμάχιο αφού αυξάνεται το μήκος του και κάποιες φορές το πλάτος του τεμαχίου. Επιπλέον, η μείωση της διατομής του τεμαχίου υπό κατεργασία οφείλεται και στον παράγοντα της διέλευσης του ανάμεσα από ράουλα τα οποία περιστρέφονται με αντίθετες φορές. Η προαναφερόμενη διάταξη ονομάζεται έλαστρο.

Η κατεργασία της έλασης μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε εν θερμώ είτε εν ψυχρώ. Κάθε μια από τους προαναφερόμενους τύπους έλασης έχει τα δικά της χαρακτηριστικά. Στην περίπτωση της εν θερμώ έλασης παρατηρείται μεγάλη μείωση στην διατομή του τεμαχίου που είναι υπό κατεργασία. Η μείωση αυτή της διατομής επιτυγχάνεται από την διέλευση του τεμαχίου από τα ράουλα. Στην περίπτωση της εν ψυχρώ έλασης παρατηρείται μικρή μεταβολή στην διατομή του τεμαχίου που είναι υπό κατεργασία. Σκοπός αυτής της κατεργασίας είναι η καλύτερη απόδοση των τελικών διαστάσεων του αντικειμένου προς κατεργασία (Κεχαγιάς 2010).

Η έλαση διαχωρίζεται σε φάσεις και έχει την δυνατότητα να δίνει μια πληθώρα τελικών προϊόντων (Σχήμα 13).



Σχήμα 13: Φάσεις έλασης και κατηγορίες παραγόμενων προϊόντων
[Πηγή: Κεχαγιάς 2009]

Όπως παρατηρείται στο Σχήμα 13 αρχικά το υλικό προς κατεργασία, το οποίο είναι ακατέργαστο και συνήθως είναι προϊόν χύτευσης, εισάγεται με στόχο την πραγματοποίηση της έλασης. Με τις πρώτες φάσεις τα προϊόντα που δίνονται είναι ημικατεργασμένα. Το πρώτο από αυτά τα προϊόντα που παράγονται είναι η μπιγέτα πρώτης έλασης (bloom). Στην συνέχεια από την μπιγέτα πρώτης έλασης και την επεξεργασία της είναι η παραγωγή της μπιγέτας (billet) τετραγωνικής διατομής η οποία είναι πολύ μικρότερη από την μπιγέτα πρώτης έλασης και η ορθογώνια πλάκα (slab) με πλάτος που είναι διπλό του πάχους(Κεχαγιάς 2009 ; Γουδέλης, 2012).

Με την ολοκλήρωση των προαναφερόμενων φάσεων επέρχεται η τελική φάση παρασκευής του τελικού προϊόντος. Τα προϊόντα που παράγονται μπορεί να έχουν τις εξής μορφές(Γουδέλης, 2012):

- Επιμήκη προϊόντα: σωλήνες, ράγες, καλώδια, ράβδοι
- Πλατιά προϊόντα: ελάσματα, λεπτά ελάσματα, λεπτές λωρίδες

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα πρώτα προέρχονται από περαιτέρω έλαση των μπιγέτων και τα δεύτερα από περαιτέρω έλαση των ορθογώνιων πλακών(Κεχαγιάς 2010 ; Γουδέλης, 2012).

2.4.2. Διέλαση

Η διέλαση είναι ακόμα μια κατεργασία συμπαγούς υλικού και ορίζεται ως την κατεργασία όπου το τεμάχιο συμπιέζεται από ένα έμβολο το οποίο βρίσκεται σε ένα θάλαμο ο οποίος είναι μεταλλικός. Ωστόσο, μέσα στο θάλαμο βρίσκεται μια μήτρα, η οποία είναι κατάλληλα διαμορφωμένη για την διέλευση του τεμαχίου υπό κατεργασία. Με την προαναφερόμενη διέλευση επιτυγχάνεται η ταυτόχρονη μείωση της διαμέτρου και αύξηση του μήκους του τεμαχίου υπό κατεργασία. Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις όπου η διαδικασία της διέλασης συναντάται με την διαδικασία την εξώθησης.

Σύμφωνα με όσα προαναφέρθηκαν γίνεται κατανοητό ότι απαιτείται μια μεταλλική μήτρα, ένα έμβολο καθώς επίσης και ένας θάλαμος όπου πραγματοποιείται η συμπίεση. Όλα αυτά λαμβάνουν χώρα σε μία εργαλειομηχανή η οποία ονομάζεται πρέσα και μπορεί να είναι είτε μηχανική είτε υδραυλική. Ωστόσο, τονίζεται ότι σε αυτές τις περιπτώσεις προτείνονται πρέσες υδραυλικού τύπου. Όσο αφορά την επιλογή της πρέσας εξαρτάται άμεσα από το είδος της διέλασης. Στην περίπτωση που η διέλαση είναι εν ψυχρώ η πρέσα που προτείνεται είναι κατακόρυφη ενώ στην περίπτωση που η διέλαση είναι εν θερμώ τότε η πρέσα που προτείνεται είναι οριζόντια (Κεχαγιάς 2009).

Σύμφωνα με τον Γουδέλη (2012) η κατεργασία της διέλασης πραγματοποιείται σε τέσσερις φάσεις οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

❖ 1^η Φάση: Αρχική ή μεταβατική φάση

Στη πρώτη φάση το προς κατεργασία υλικό γεμίζει τον θάλαμο και την ίδια χρονική στιγμή το έμβολο αρχίζει και κινείται. Με αυτή την πραγματοποίηση αυτής της διαδικασίας αυξάνεται η πίεση στον θάλαμο και το προς κατεργασία υλικό οδηγείται προς την μήτρα. Η δύναμη που εμφανίζεται στο τέλος αυτής της φάσης είναι η μέγιστη απαιτούμενη δύναμη στην κατεργασία της διέλασης. Η λήξη της

πρώτης φάσης γίνεται μόλις εμφανιστεί το πρώτο τμήμα του τελικού προϊόντος στην έξοδο της μήτρας.

❖ *2^η Φάση: Ευσταθής φάση*

Στη δεύτερη φάση η κατεργασία της διέλασης διεξάγεται με σταθερό ρυθμό. Κατά την πορεία της διεργασίας μειώνονται οι αντιστάσεις τριβών γιατί μειώνεται το μήκος του υλικού μέσα στον θάλαμο, λόγω κίνησης του εμβόλου. Η μείωση των αντιστάσεων τριβής οδηγεί και σε μικρότερες απαιτήσεις δύναμης, μάλιστα η απαιτούμενη δύναμη σταδιακά μειώνεται. Στο τέλος αυτής της φάσης εμφανίζονται και νεκρές ζώνες δηλαδή ακίνητο υλικό στην άκρη της μήτρας.

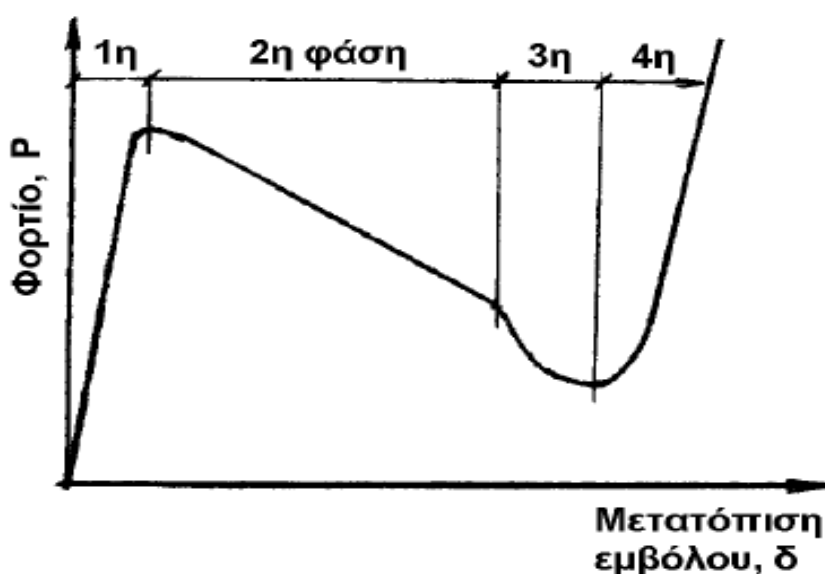
❖ *3^η Φάση: Ασταθείς φάση*

Η τρίτη φάση ξεκινάει όταν μειώνεται πολύ το προς κατεργασία υλικό στον θάλαμο και πλησιάζει το τέλος της κατεργασίας. Σε αυτή την φάση μειώνεται απότομα η δύναμη που ασκείται από το έμβολο στο προς κατεργασία υλικό και φτάνει σε μια ελάχιστη τιμή. Γίνεται κατανοητό ότι η διεργασία εισήλθε στην φάση της αστάθειας καθώς εμφανίζεται τριγμός στο έμβολο και έντονος θόρυβος.

❖ *4^η Φάση: Ανάπτυξη του ελαττώματος*

Στην τέταρτη φάση έχει ελαττωθεί τόσο πολύ το προς κατεργασία υλικό στον θάλαμο με αποτέλεσμα το κεντρικό της τμήμα να χάνει την επαφή με το έμβολο και να δημιουργείται μια κοιλότητα. Αυτό έχει ως συνέπεια το τελικό προϊόν να φέρει την συγκεκριμένη κοιλότητα άρα να θεωρείται ελαττωματικό, να αποκόπτεται και να θεωρείται άχρηστο. Αυτή η φάση συνοδεύεται από απότομη αύξηση της απαιτούμενης δύναμης του εμβόλου και πρέπει να σταματήσουμε την κατεργασία αφού απλά θα υπάρχει σπατάλη καυσίμου για την άσκηση της επιπλέον δύναμης που θα παράγει άχρηστο προϊόν.

Στο Διάγραμμα 1 απεικονίζεται η διακύμανση της απαιτούμενης δύναμης για την κατεργασία της διέλασης ανά φάση. Αυτό σημαίνει ότι διακρίνονται και οι θέσεις του εμβόλου όπου επαληθεύουν τα όσα προαναφέρθηκαν.



Διάγραμμα 1: Διακύμανση φορτίου ανά φάση της κατεργασίας της διέλασης
[Πηγή: Κεχαγιάς, 2010]

Επιπλέον, η διέλαση μπορεί να διαχωριστεί σε τέσσερις επιμέρους κατηγορίες οι οποίες είναι η ακόλουθες (Κεχαγιάς, 2009):

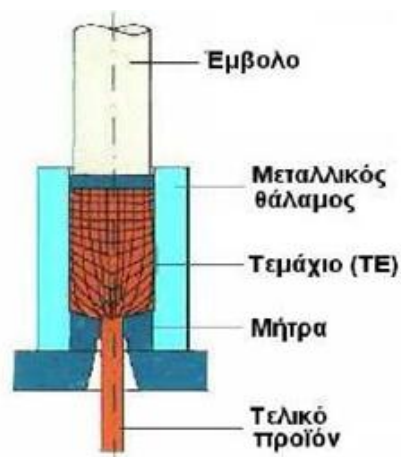
- Άμεση διέλαση,
- Έμμεση διέλαση,
- Υδροστατική διέλαση
- Δυναμική διέλαση.

Στην συνέχεια περιγράφονται οι προαναφερόμενοι τύποι διέλασης, δίνοντας έμφαση στα σημαντικότερα στοιχεία.

2.4.2.1. Άμεση διέλαση

Η άμεση διέλαση θεωρείται η κλασική μέθοδος διέλασης. Σε αυτό τον τύπο διέλασης η ροή του υλικού μέσα στον θάλαμο και στην μήτρα έχει την ίδια διεύθυνση με την κίνηση του εμβόλου και για αυτό ονομάζεται και ευθεία διέλαση. Ωστόσο, γίνεται κατανοητό ότι με την πραγματοποίηση των προαναφερόμενων κινήσεων δημιουργούνται έντονες τριβές με τον μεταλλικό θάλαμο καθώς κινείται επάνω στα τοιχώματα του θαλάμου, σε όλο το μήκος του θαλάμου.

Στο Σχήμα 14 διακρίνεται στο η κατεργασία της άμεσης διέλασης (Κεχαγιάς, 2009).

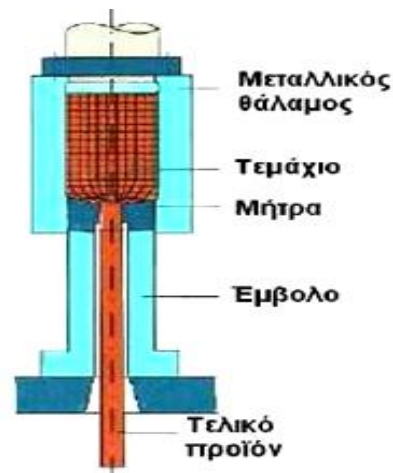


Σχήμα 14: Άμεση διέλαση
[Πηγή: Κεχαγιάς, 2010]

2.4.2.2. Έμμεση διέλαση

Στην έμμεση διέλαση στο μέτωπο του εμβόλου έχει ενσωματωθεί η μήτρα, με συνέπεια η κίνηση της μήτρας προς το κατεργασία υλικό, το οποίο παραμένει ακίνητο. Για να βγει το υλικό από την μήτρα θα πρέπει να υπάρχει μια οπή στο εμβολο με στόχο την διεξαγωγή του τελικού προϊόντος. Επιπλέον, σε αυτή την διέλαση η ροή του υλικού έχει την ίδια διεύθυνση αλλά αντίθετη φορά από την κίνηση του εμβόλου, διότι το υλικό προς κατεργασία παραμένει ακίνητο και υπάρχει δραστική μείωση των δυνάμεων τριβής οι οποίες ελαχιστοποιούνται.

Στο Σχήμα 15 απεικονίζεται η έμμεση διέλαση.

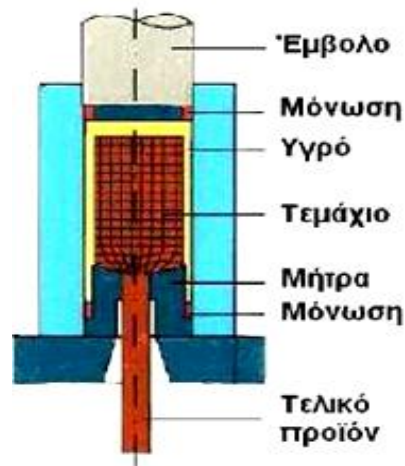


Σχήμα 15: Έμμεση διέλαση
[Πηγή: Κεχαγιάς, 2010]

2.4.2.3. Υδροστατική διέλαση

Στην υδροστατική διέλαση ο μεταλλικός θάλαμος είναι γεμάτος με νερό, το οποίο δέχεται την δύναμη του εμβόλου και συμπιέζεται. Το υγρό με την σειρά του πιέζει το προς κατεργασία τεμάχιο το οποίο οδηγείται στην μήτρα. Η διάταξη μοιάζει αρκετά με την άμεση διέλαση, ωστόσο, η ύπαρξη του ρευστού έχει ως συνέπεια την εξαφάνιση των δυνάμεων τριβής μεταξύ του προς κατεργασία υλικού και των τοιχωμάτων του θαλάμου. Λόγω της ύπαρξης όμως του ρευστού εμφανίζονται προβλήματα στεγανότητας.

Στο Σχήμα 16 απεικονίζεται η υδροστατική διέλαση.

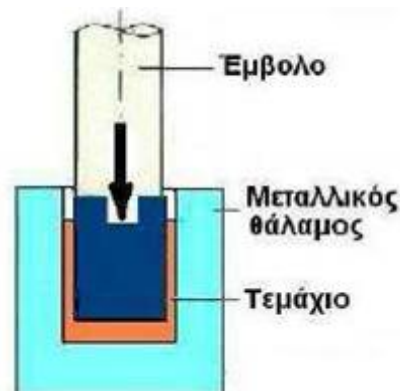


Σχήμα 16: Υδροστατική διέλαση
[Πηγή: Κεχαγιάς, 2010]

2.4.2.4. Δυναμική διέλαση

Η δυναμική διέλαση είναι μια έμμεση μορφή διέλαση η οποία έχει την δυνατότητα να εκτελείται με πολύ μεγάλες ταχύτητες εμβόλου. Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις που φέρει και την ονομασία κρουστική διέλαση. Στην δυναμική διέλαση δεν υπάρχει θάλαμος αλλά μια αβαθής κοιλότητα όπου το υλικό ρέει γύρω από το περίγραμμα του εμβόλου. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι θεωρείται αρκετά αποτελεσματική στα μαλακά μέταλλα.

Στο Σχήμα 17 απεικονίζεται η δυναμική διέλαση.



Σχήμα 17: Δυναμική διέλαση
[Πηγή: Κεχαγιάς, 2010]

2.4.3. Ολκή

Η ολκή είναι ακόμα μια κατεργασία συμπαγούς υλικού, όπου κατά την οποία το τεμάχιο προς κατεργασία υπόκειται σε πλαστική παραμόρφωση καθώς διέρχεται μέσα από μια μεταλλική μήτρα. Κατά την έξοδο του υπό κατεργασία τεμαχίου από την μήτρα δέχεται φορτία τα οποία είναι εφελκυστικά. Η μορφή της μήτρας είναι συνήθως κωνική. Ωστόσο, για την σωστή λειτουργία της μήτρας είναι απαραίτητη η λίπανση, η οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με σταθερό είτε με υγρό λιπαντικό. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι σκοπός της κατεργασίας της ολκής είναι η μείωση της διατομής του τεμαχίου προς κατεργασία με συνέπεια την αύξηση του μήκους του τεμαχίου.

Η κατεργασία ολκής κατατάσσεται στις κατεργασίες εν ψυχρώ και έχει την δυνατότητα να επιτυγχάνονται η καλή ποιότητα της επιφάνειας του παραγόμενου προϊόντος καθώς και η καλή διαστατική ακρίβεια. Όμως κατά την κατεργασία της ολκής στο εσωτερικό της μήτρας δημιουργούνται μεγάλες δυνάμεις λόγω της αυξημένης μείωσης των διατομών (Γουδέλης, 2012).

Σημειώνεται ότι οι κατεργασίες ολκής διαχωρίζονται σε τρεις επιμέρους κατεργασίες οι οποίες είναι οι ακόλουθες (Κεχαγιάς, 2009).:

- Συρματοποίηση
- Ελκυσμός
- Σωληνοποίηση

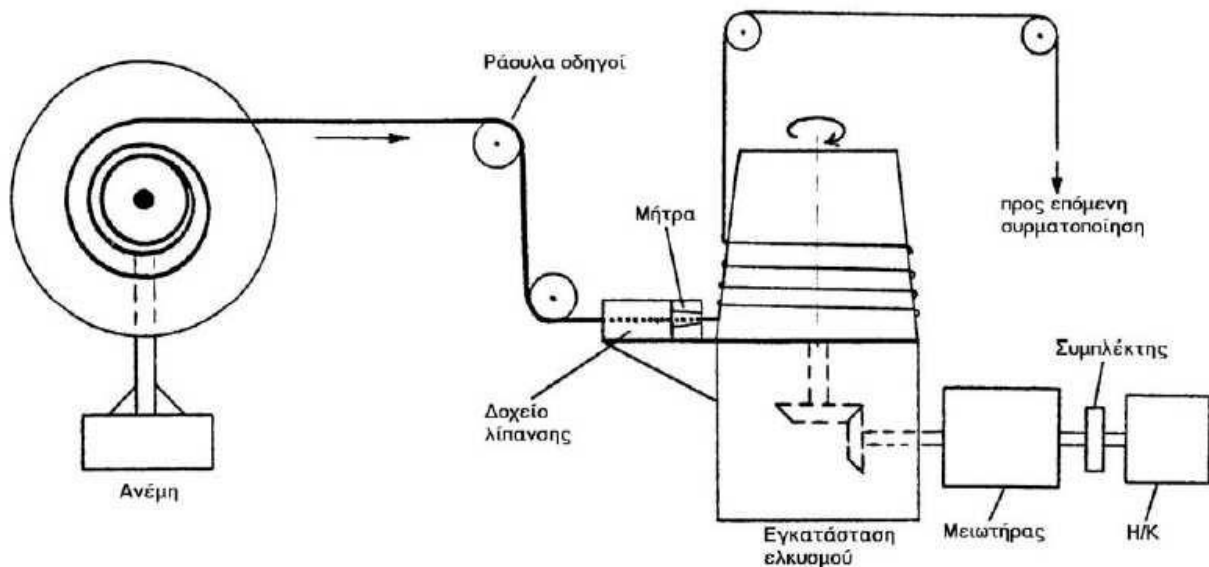
Στην συνέχεια περιγράφονται οι προαναφερόμενοι τύποι ολκής, δίνοντας έμφαση στα σημαντικότερα στοιχεία.

2.4.3.1. Συρματοποίηση

Όπως προαναφέρθηκε η συρματοποίηση είναι μια κατεργασία της ολκής, η οποία έχει την δυνατότητα να παράγει σύρμα, δηλαδή ράβδους μεγάλου μήκους με διάμετρο μικρότερη των 5 mm.

Αρχικά στην συρματοποίηση απαιτείται ο καθαρισμός του τεμαχίου προς κατεργασία. Το τεμάχιο τις περισσότερες φορές προέρχεται από έλαση εν θερμώ και αποθηκεύεται σε εξωτερικούς χώρους, δηλαδή υπαίθριους με συνέπεια να οξειδώνεται. Άρα σύμφωνα με τα προαναφερόμενα, αρχικά πριν την διαδικασία της συρματοποίησης θα πρέπει να πραγματοποιηθεί ο καθαρισμός του τεμαχίου που συνήθως έχει την μορφή ράβδου. Ο καθαρισμός γίνεται είτε χημικά είτε μηχανικά είτε με ηλεκτρόλυση.

Στην συνέχεια ακολουθεί η απεικόνιση μιας τυπικής διάταξης συρματοποίησης (Σχήμα 18).



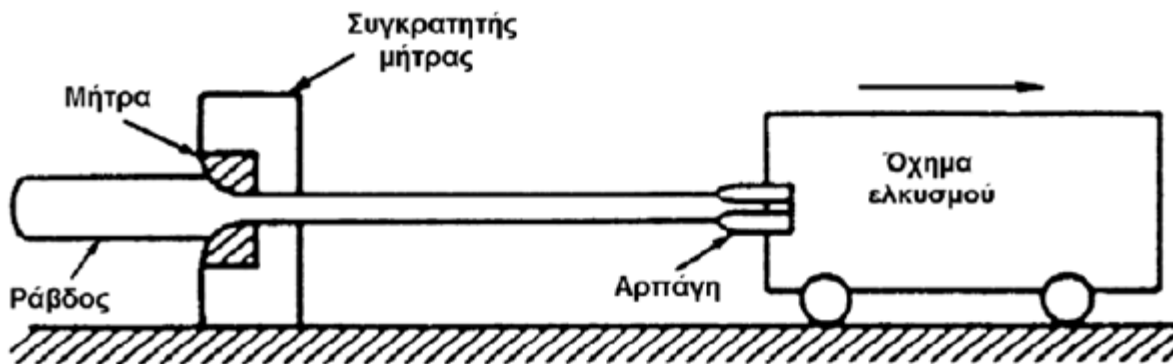
Σχήμα 18: Τυπική διάταξη συρματοποίησης
[Πηγή: Κεχαγιάς, 2010]

Σύμφωνα με το Σχήμα 18 μετά τον καθαρισμό του τεμαχίου προς κατεργασία, τοποθετείται σε μία ανέμη όπου τυλίγεται και διέρχεται από δύο ράουλα τα οποία είναι σταθερά. Στην συνέχεια οδηγείται στην μήτρα της συρματοποίησης και το ένα άκρο εξέρχεται από αυτή και τυλίγεται σε ένα τύμπανο περιελίξεως το οποίο ονομάζεται και μηχανή ελκυσμού. Η μηχανή ελκυσμού περιστρέφεται με την βοήθεια ενός κινητήρα και επιτυγχάνεται η μείωση της διατομής και η επιμήκυνση του σύρματος. Τονίζεται ότι με την μείωση της διατομής θα πρέπει να αλλάζει η ταχύτητα περιστροφής με στόχο η διαδικασία να εκτελείται ομαλά. Επιπλέον, το τύμπανο περιελίξεως έχει κωνικό σχήμα με σκοπό να πραγματοποιείται η προαναφερόμενη διαδικασία.

Με την συρματοποίηση δίνεται η δυνατότητα να επέλθει έως και 90% μείωση στην τελική διατομή του προϊόντος. Όμως για την επίτευξη αυτού απαιτούνται αρκετές διαδοχικές φάσεις αλλά και ενδιάμεσες κατεργασίες ανόπτησης με στόχο να εξαλειφτεί η τοπικά δημιουργούμενη σκληρότητα (Κεχαγιάς 2010 ; Γουδέλης, 2012).

2.4.3.2. Ελκυσμός ράβδου

Ο ελκυσμός ράβδου είναι επιπλέον μια κατεργασία ολκής, όπου εκεί το ένα άκρο του τεμαχίου προς κατεργασία διέρχεται από την μήτρα και συνδέεται με το όχημα του ελκυσμού, το οποίο κινείται προς την αντίθετη κατεύθυνση με συνέπεια να αυξάνεται το μήκος του προς κατεργασία τεμαχίου. Το όχημα ελκυσμού μπορεί να είναι είτε ένα τύμπανο περιστροφής είτε μια μηχανή που κινείται μέσω υδραυλικού συστήματος ή ατέρμονης αλυσίδας (Κεχαγιάς 2009). Στο Σχήμα 19 απεικονίζεται μια τυπική διάταξη του ελκυσμού της ράβδου.



Σχήμα 19: Τυπική διάταξη ελκυσμού ράβδου
[Πηγή: Κεχαγιάς 2010]

Όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 19 κατά την διέλευση του τεμαχίου προς κατεργασία, που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ράβδος, από την μήτρα παρατηρείται η μείωση της η διατομή της. Η μείωση αυτή μπορεί να είναι πολύ μεγάλη. Στην περίπτωση που η διατομή είναι σχετικά μικρή τότε μπορεί να επέλθει μείωση από την αρχική διατομή έως και 50%. Σε περίπτωση που η διατομή είναι μεγάλων διατομών η μείωση είναι αρκετά μικρότερη με στόχο να επιτυγχάνεται καλύτερη διαστατική ακρίβεια. Οι ταχύτητες ελκυσμού είναι σχετικά μεγάλες, μπορεί να φτάσουν έως και τα 35 [m/min] (Κεχαγιάς, 2010).

2.4.4. Σφυρηλάτηση

Η σφυρηλάτηση είναι η τελευταία κατεργασία διαμόρφωσης συμπαγούς υλικού, όπου το υλικό προς κατεργασία υφίσταται πλαστική παραμόρφωση κάτω από ορισμένες θερμοκρασίες και ταχύτητες. Η προαναφερόμενη κατεργασία οφείλεται στην δυνατότητα της ευπλαστότητας που αποκτούν κάποια μέταλλα όταν βρίσκονται σε υψηλές θερμοκρασίες. Η διαμόρφωση πραγματοποιείται σχετικά εύκολα υπό την άσκηση θλιπτικών δυνάμεων. Η σφυρηλάτηση στη πραγματικότητα είναι η εφαρμογή θλιπτικών δυνάμεων από το εργαλείο προς το προς κατεργασία τεμάχιο.

Η σφυρηλάτηση θεωρείται ως μία από την παλαιότερη μηχανουργική κατεργασία με συνέπεια να υπάρχει μεγάλο εύρος εφαρμογών καθώς και να γίνεται χρήση διαφορών υλικών προς κατεργασία, τα οποία μπορεί να είναι σε πολλά γεωμετρικά μεγέθη και σχήματα. Τα σφυρηλατούμενα προϊόντα είναι οι εκκεντροφόροι άξονες, οι διωστήρες, οι οδοντωτοί τροχοί, οι χειροτροχοί, τα πτερύγια ελίκων κ.ά..

Τα υλικά χαρακτηρίζονται από τις ιδιότητες τους, μια από αυτές είναι η κατεργασιμότητα σε σφυρηλάτηση. Με αυτή την ιδιότητα των υλικών γνωστοποιείται η ικανότητα να παραμορφώνεται πλαστικά σε συγκεκριμένες θερμοκρασίες καθώς και σε ταχύτητες παραμόρφωσης, χωρίς όμως να αστοχεί. Ωστόσο, η κατεργασιμότητα των υλικών εξαρτάται και από άλλες μηχανικές ιδιότητες όπως είναι η ολκιμότητα και η αντοχή. Επιπλέον, σημαντικό ρόλο παίζουν και οι δευτερεύουσες ιδιότητες όπως η θερμοκρασία κατεργασίας, η αντίδραση στις αναπτυσσόμενες τριβές και η ποιότητα του τελικού προϊόντος.

Τα υλικά που προτιμούνται για την σφυρηλάτηση είναι τα κράματα αλουμινίου και χαλκού διότι παρουσιάζουν μαλακότητα. Όμως η κατεργασιμότητα ενός υλικού εξαρτάται και από τις εργαστηριακές – πειραματικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται και συγκεκριμένα από τις δοκιμές συμπίεσης και στρέψης.

Στον Πίνακα 2 καταγράφονται οι θερμοκρασίες σφυρηλάτησης αναλόγως του τύπου του προς κατεργασία υλικού.

Υλικό	Θερμοκρασίες σφυρηλάτησης °C
Κράματα αλουμινίου	400-450
Κράματα χαλκού	625-950
Χάλυβες	925-1250
Κράματα τιτανίου	750-975
Δύστηκτα κράματα	975-1650

Πίνακας 2: Θερμοκρασίες σφυρηλάτησης τυπικών μετάλλων
[Πηγή: Κεχαγιάς, 2010]

Όπως και οι περισσότερες προαναφερόμενες κατεργασίες, έτσι και η σφυρηλάτηση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε εν ψυχρώ είτε εν θερμώ. Ωστόσο, στην συγκεκριμένη κατεργασία δίνεται η δυνατότητα να διεξαχθεί και σε ενδιάμεσες θερμοκρασίες.

Σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση οι περισσότερες εφαρμογές σφυρηλάτησης πραγματοποιούνται με την διαδικασία εν θερμώ. Όμως η διαδικασία εξαρτάται και από το προς κατεργασία υλικό. Η υψηλότερη θερμοκρασία απαιτείται

για την σφυρηλάτηση χάλυβα ενώ η χαμηλότερη απαιτείται για τα κράματα αλουμινίου. Διάφορα άλλα κράματα από δύστηκτα μέταλλα μπορεί να απαιτούν υψηλότερη θερμοκρασία σφυρηλάτησης από αυτή του χάλυβα.

Σημαντικός παράγοντας για την πραγματοποίηση της σφυρηλάτησης είναι η λίπανση. Το λιπαντικό θεωρείται απαραίτητο για την μείωση των τριβών αλλά και των φθορών που μπορούν να συμβούν στην διεπιφάνεια μεταξύ του προς κατεργασία τεμαχίου και του εργαλείου κατεργασίας. Με αυτό τον τρόπο διευκολύνεται η ροή στις κοιλότητες του καλουπιού. Ωστόσο, το λιπαντικό αποτελεί ένα ενδιάμεσο σώμα του θερμού υλικού και του ψυχρού καλουπιού και μειώνει αισθητά τον ρυθμό απόψυξης του υλικού, με συνέπεια να υπάρχει μια πιο ομαλή απόψυξη. Επιπλέον, η ύπαρξη του λιπαντικού αποτρέπει το υλικό από το να κολλήσει στο καλούπι. Ακόμα, το είδος του λιπαντικού μπορεί να είναι είτε εν θερμώ είτε εν ψυχρώ.

Ένας ακόμα βασικός παράγοντας που επηρεάζει την κατεργασία της σφυρηλάτησης είναι η ύπαρξη της υδροστατικής πίεσης, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ολκιμότητας του προς κατεργασία υλικού αυξάνοντας την κατεργασιμότητα του σε σφυρηλάτηση. Στην περίπτωση που υπάρχει υδροστατική πίεση η εν ψυχρώ σφυρηλάτηση θεωρείται ότι έχει καλύτερα αποτελέσματα. Επιπλέον, υδροστατικό υλικό είναι ένα ενδιάμεσο μέσο μεταφοράς της δύναμης κατεργασίας από το εργαλείο στο προς κατεργασία τεμάχιο εξασφαλίζοντας έτσι καλύτερη κατανομή της δύναμης (Κεχαγίας 2010 ; Γουδέλης, 2012).

Η σφυρηλάτηση διαχωρίζεται σε τρεις κατηγορίες οι οποίες είναι οι ακόλουθες (Κεχαγίας 2010):

- Σφυρηλάτηση ανοικτής μήτρας
- Σφυρηλάτηση κλειστής μήτρας
- Σφυρηλάτηση τύπωσης

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι δύο πρώτες κατηγορίες σφυρηλάτησης είναι οι κυριότερες και η τύπωση χρησιμοποιείται τις περισσότερες φορές στην παραγωγή νομισμάτων (Γουδέλης, 2012).

Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθεί ανάλυση των προαναφερόμενων κατηγοριών κατεργασιών σφυρηλάτησης.

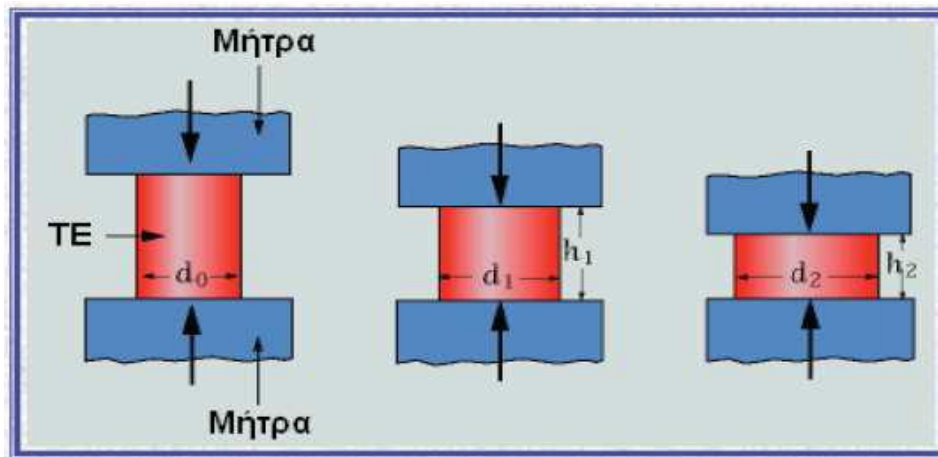
2.4.4.1. Σφυρηλάτηση ανοικτής μήτρας

Στην σφυρηλάτηση ανοικτής μήτρας δημιουργούνται δυνάμεις συμπίεσης οι οποίες ασκούνται στο τεμάχιο προς κατεργασία από το εργαλείο. Κατά την κατεργασία δεν παρατηρείται πλευρικός περιορισμός της ροής του μετάλλου. Στην σφυρηλάτηση ανοικτής μήτρας κατατάσσονται και οι σφυρηλατήσεις που έχουν μικρό πλάγιο περιορισμό της ροής του μετάλλου. Το γεωμετρικό σχήμα που καλείται να αποδοθεί στο τελικό προϊόν επιτυγχάνεται με την περιστροφή του, μεταξύ συνεχών χτυπημάτων. Τονίζεται ότι η σφυρηλάτηση ανοικτής μήτρας είναι η πρώτη κατεργασία σφυρηλάτησης που έχει χρησιμοποιηθεί.

Συγκρινόμενα η σφυρηλάτηση με τις υπόλοιπες κατεργασίες σφυρηλάτησης, που έχουν αναλυθεί στην παρούσα πτυχιακή εργασία, παρουσιάζει κάποια βασικά πλεονεκτήματα καθώς και κάποια μειονεκτήματα. Τα πλεονεκτήματα της σφυρηλάτησης ανοικτής μήτρας είναι ότι χρησιμοποιεί απλά και οικονομικά εργαλεία τα οποία ανάγονται σε μια σφύρα και διάφορα άλλα παρελκόμενα. Επιπλέον, έχει την δυνατότητα να εφαρμοστεί σε ποικίλα μεγέθη κατεργαζόμενων τεμαχίων των οποίων

μάλιστα προσδίδει και χαρακτηριστικά καλής αντοχής, τα οποία είναι πολύ χρήσιμα ιδιαίτερα για την παραγωγή λίγων αριθμών προϊόντων. Ωστόσο, τα μειονεκτήματα σφυρηλάτησης ανοικτής μήτρας είναι ότι δεν δίνεται η δυνατότητα να εφαρμοστεί σε πολύπλοκες γεωμετρίες, δεν υπάρχει διαστατική ακρίβεια και δεν παρουσιάζει μεγάλη εκμετάλλευση υλικού. Σημειώνεται ότι μειονέκτημα θεωρείται και ο αργός ρυθμός παραγωγής και η απαίτηση τεχνικής δεξιοτήτας και εμπειρίας από τον εργάτη (Γουδέλης, 2012).

Στο Σχήμα 20 απεικονίζεται η κατεργασία σφυρηλάτησης ανοικτής μήτρας.



Σχήμα 20: Σφυρηλάτηση ανοικτής μήτρας
[Πηγή: Κεχαγιάς, 2010]

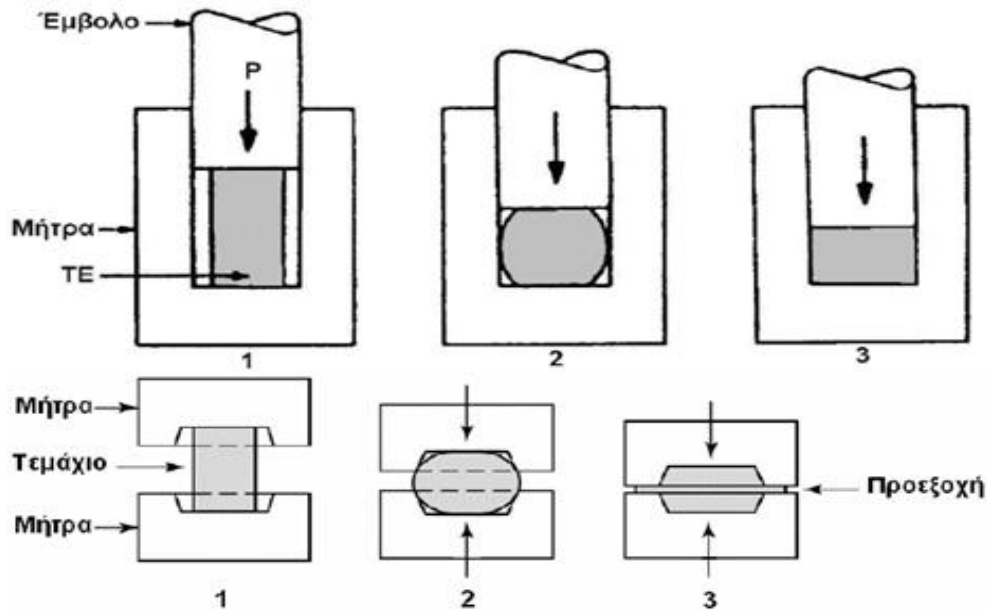
2.4.4.2. Σφυρηλάτηση κλειστής μήτρας

Η σφυρηλάτηση κλειστής μήτρας ανήκει στις κατεργασίες όπου η επιφάνεια του τεμαχίου προς κατεργασία δέχεται θλιπτικά φορτία. Θα πρέπει να σημειωθεί το προς κατεργασία υλικό είναι τοποθετημένο εντός καλουπιού, όπου το υλικό καταλαμβάνει όλη την κοιλότητα του καλουπιού, η οποία έχει το σχήμα του τελικού προϊόντος.

Η σφυρηλάτηση κλειστής μήτρας μπορεί να πραγματοποιηθεί και με μια παραλλαγή που είναι με προεξοχή. Σε αυτόν τον τύπο κατεργασίας το υλικό έχει μεγαλύτερο όγκο από την κοιλότητα του καλουπιού με συνέπεια το πλεονάζον υλικό να εξέρχεται και να δημιουργείται η προεξοχή. Με αυτή την διαδικασία δίνεται η δυνατότητα της βέλτιστης πλήρωσης του καλουπιού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι θερμοκρασία παίζει σημαντικό ρόλο αφού στην σφυρηλάτηση κλειστής μήτρας η προεξοχή χρησιμοποιείται ως ένα πτερύγιο το οποίο βοηθά την ψύξη του τελικού προϊόντος. Στο Σχήμα 21 απεικονίζεται η σφυρηλάτηση κλειστής μήτρας με και χωρίς προεξοχή.

Όπως κάθε κατεργασία έτσι και η σφυρηλάτηση κλειστής μήτρας έχει κάποια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Ωστόσο, συγκρινόμενη με την σφυρηλάτηση ανοικτής μήτρας παρουσιάζει τα πλεονεκτήματα της μεγαλύτερης αξιοπιστίας του υλικού προς κατεργασία καθώς και της διαστατικής ακρίβειας. Επιπλέον, τα τελικά προϊόντα παρουσιάζουν αρκετά καλύτερες ιδιότητες και η παραγωγή τους επιτυγχάνεται με μεγάλο ρυθμό. Όμως υπάρχουν και κάποια μειονεκτήματα, όπως το υψηλό κόστος της κατεργασίας και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που χρειάζεται παραγωγή μεμονωμένων τεμαχίων. Επιπλέον, η σφυρηλάτηση σε κλειστή μήτρα δεν

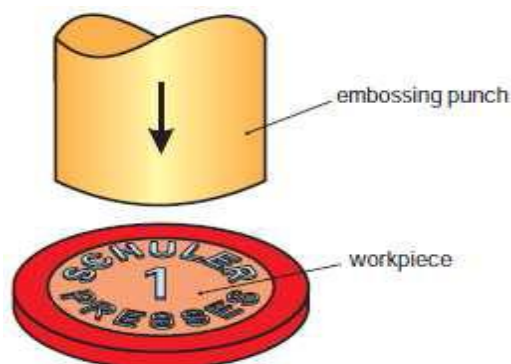
αποκλείει την αναγκαιότητα ύπαρξης δευτερογενούς κατεργασίας για βελτίωση κάποιων εκ των ιδιοτήτων του τελικού προϊόντος (Γουδέλης, 2012).



Σχήμα 21: Σφυρηλάτηση κλειστής μήτρας με και χωρίς προεξοχή
[Πηγή: Κεχαγιάς, 2010]

2.4.4.3. Τύπωση

Η κατεργασία της τύπωσης παρουσιάζει αρκετά κοινά σημεία με την σφυρηλάτηση ανοικτής μήτρας. Η τύπωση πραγματοποιείται με την δημιουργία θλιπτικών φορτίων, τα όποια ασκούνται από το εργαλείο εντός της μήτρας. Στις περισσότερες περιπτώσεις το εργαλείο που χρησιμοποιείται έχει και κάποιο αποτύπωμα αφού η συγκεκριμένη κατεργασία χρησιμοποιείται για την δημιουργία νομισμάτων ή μεταλλίων. Η αυτοματοποίηση της παραγωγής μπορεί να οδηγήσει σε πολύ μεγάλους ρυθμούς παραγωγής νομισμάτων. Στο Σχήμα 22 απεικονίζεται η κατεργασία της τύπωσης (Γουδέλης, 2012).



Σχήμα 22: Κατεργασία τύπωσης
[Πηγή: Γουδέλης, 2012]

2.5. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΥΨΗΛΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ

Ένας τύπος κατεργασιών παραμόρφωσης τελευταίας τεχνολογίας είναι οι κατεργασίες υψηλού ρυθμού ενέργειας παραμόρφωσης (HERF). Σε αυτόν τον τύπο κατεργασιών ανήκουν οι κατεργασίες που έχουν σκοπό να διαμορφώσουν ένα υλικό με την βοήθεια των τάσεων. Σημειώνεται ότι δεν θεωρούνται από τις κατεργασίες που χρησιμοποιούνται ευρύτατα όπως οι προαναφερόμενες κατεργασίες.

Οι βασικές κατεργασίες υψηλού ρυθμού ενέργειας είναι οι ακόλουθες:

- Ηλεκτρομαγνητική διαμόρφωση
- Ηλεκτροϋδραυλική διαμόρφωση
- Εκρηκτική διαμόρφωση

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν και άλλες κατεργασίες, αλλά στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα πραγματοποιηθεί μια σύντομη αναφορά στις προαναφερόμενες που είναι και οι σημαντικότερες.

Η ηλεκτρομαγνητική διαμόρφωση και η ηλεκτροϋδραυλική διαμόρφωση όπως διακρίνεται και από το όνομα τους κατατάσσονται στις ηλεκτρικές μεθόδους που σε αυτές τις μεθόδους οι τάσεις παραμόρφωσης δημιουργούνται από την μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας. Ωστόσο, η ηλεκτρική ενέργεια είναι αποθηκευμένη σε πυκνωτές μέχρι την χρονική στιγμή που θα χρησιμοποιηθεί. Όσο αφορά την τρίτη μέθοδο την εκρηκτική διαμόρφωση οι τάσεις παραμόρφωσης δημιουργούνται με την έκλυση της χημικής ενέργειας του εκρηκτικού.

Τονίζεται ότι στις κατεργασίες υψηλού ρυθμού ενέργειας οι τάσεις δεν προέρχονται μόνο από τα φορτία που ασκούνται στο υλικό προς κατεργασία γιατί υπάρχουν και τάσεις που προέρχονται από τις αδρανειακές δυνάμεις του υλικού. Με αυτό τον τρόπο υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή των τάσεων στο υλικό προς κατεργασία με συνέπεια το αποτέλεσμα να διαφοροποιείται αρκετά από της συμβατικές μεθόδους συμπαγούς υλικού (Γουδέλης, 2012).

2.5.1. Ηλεκτρομαγνητική διαμόρφωση

Η μέθοδο της ηλεκτρομαγνητικής διαμόρφωσης θεωρείται κατάλληλη για εφαρμογές που διαμορφώνουν μέταλλα (αλουμίνιο, χαλκός κ.ά.) και κράματα η επιλογή των υλικών που προαναφέρθηκαν θεωρείται λογική αφού είναι κάλοι αγωγοί και έχουν και μεγάλη ολκιμότητα. Για την πραγματοποίηση της ηλεκτρομαγνητικής διαμόρφωσής είναι απαραίτητη η ηλεκτρική ενέργεια, όπου είναι και ο λόγος που γίνεται χρήση πυκνωτών υψηλής τάσης. Σύμφωνα με τον Γουδέλη (2012) με το κλείσιμο του διακόπτη που σημαίνει και την έναρξη της ηλεκτρομαγνητικής διαμόρφωσης η ηλεκτρική ενέργεια των πυκνωτών απελευθερώνεται και τροφοδοτεί ένα πηνίο. Το πηνίο τροφοδοτούμενο με ηλεκτρικό ρεύμα έχει την δυνατότητα να παράγει ισχυρό ηλεκτρομαγνητικό πεδίο μεταβαλλόμενης έντασης.

Ωστόσο, στην περίπτωση ενός έντονου μαγνητικού πεδίου δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας δινορευμάτων στην μάζα του μετάλλου που είναι υπό κατεργασία. Την ίδια χρονική στιγμή δημιουργούνται κάποια μαγνητικά πεδία τα οποία θα έχουν σαν συνέπεια την βίαιη απώθηση και εκτόνωση του υλικού προς κατεργασία. Στην ουσία κατά την διαδικασία αυτή πραγματοποιείται μια έκρηξη και

ταυτόχρονα μια εκτίναξη του υλικού που έχει σαν αποτέλεσμα την συμπίεση του στα τοιχώματα της μήτρας με συνέπεια και το τελικό σχήμα του τεμαχίου.

2.5.2. Ηλεκτροϋδραυλική διαμόρφωση

Η ηλεκτροϋδραυλική διαμόρφωση χρησιμοποιεί και αυτή την ηλεκτρική ενέργεια ως πηγή, η οποία αποθηκεύεται και απελευθερώνεται από τους πυκνωτές και συνέχεια μετατρέπεται η ηλεκτρική ενέργεια σε μηχανική και θερμική ενέργεια. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται με έναν ισχυρό σπινθήρα ο οποίος λαμβάνει χώρα μέσα στο νερό με συνέπεια την μετατροπή του σε πλάσμα ατμού. Σύμφωνα με τον Γουδέλη (2012) η ισχύς μεταφέρεται στην υπόλοιπη μάζα του νερού με κύματα πίεσης σφαιρικά. Εάν αυτά τα κύματα πίεσης συναντήσουν ένα αντικείμενο που παρεμποδίζει την πορεία τους τότε έχουν την ισχύ ώστε να το παραμορφώσουν. Εάν το αντικείμενο αυτό είναι το προς διαμόρφωση τεμάχιο τότε μπορούν να το παραμορφώσουν και να του δώσουν το επιθυμητό σχήμα. Το επιθυμητό σχήμα δίδεται από μια μήτρα στην οποία θα πατήσει επάνω το προς κατεργασία τεμάχιο εξαιτίας της υψηλής πίεσης των κυμάτων πίεσης.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η ηλεκτροϋδραυλική διαμόρφωση μπορεί να κατεργαστεί αρκετά τεμάχια ταυτόχρονα. Επιπλέον, δεν απαιτεί το τεμάχιο προς κατεργασία να είναι καλός αγωγός ηλεκτρισμού διότι δεν χρειάζεται ανάπτυξη δινορευμάτων ώστε να προκαλέσουν μαγνητικά πεδία. Το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι το χαμηλό της κόστος συγκρινόμενη με τις άλλες κατεργασίες υψηλής ενέργειας. Ωστόσο θεωρείται συμφέρουσα για την παραγωγή μεγάλου αριθμού τεμαχίων (Γουδέλης, 2012).

2.5.3. Εκρηκτική διαμόρφωση

Η εκρηκτική διαμόρφωση είναι μια μέθοδος όπου στηρίζεται στην χημική ενέργεια του υπό έκρηξη μέσου. Αφού πραγματοποιηθεί έκρηξη εκλύονται καυσαέρια με συνέπεια να δημιουργούνται ισχυρά κύματα πίεσης, τα οποία είναι υπεύθυνα για την παραμόρφωση των τεμαχίων. Στην περίπτωση που τα τεμάχια περικλείονται από μήτρα τότε αυτά θα προσκολληθούν πάνω της με αποτέλεσμα να πάρουν το σχήμα της. Ωστόσο, στην εκρηκτική διαμόρφωση το σχήμα του τελικού τεμαχίου δεν οφείλεται μόνο στην μήτρα και την γεωμετρία της αλλά και το σχήμα του εκρηκτικού, το οποίο δίνει διαφορετική μορφή στο κύμα πίεσης της έκρηξης. Άρα γίνεται κατανοητό ότι η πίεση του κύματος είναι υπεύθυνη για την τελική μορφή του τεμαχίου αφού αλλάζει όταν ασκείται πάνω του.

Η εκρηκτική διαμόρφωση είναι μία μέθοδος η οποία παρουσιάζει κάποια μειονεκτήματα. Αρχικά η δύναμη της έκρηξης πρέπει να υπολογισθεί με ακρίβεια για να αποδοθεί το τελικό προϊόν. Επιπλέον θα πρέπει η έκρηξη να εστιάζει στο τεμάχιο προς κατεργασία και μόνο και να δίνεται έμφαση διότι υπάρχουν καταστρεπτικά φαινόμενα σε μία έκρηξη. Ακόμα, ο προσδιορισμός του θερμικού κύματος η διάταξη της εκρηκτικής διαμόρφωσης είναι συνήθως βυθισμένη σε νερό με συνέπεια να δημιουργείται πρόβλημα καθώς το νερό μεταξύ του προς κατεργασία αντικειμένου και της μήτρας πρέπει να απομακρυνθεί πριν την έκρηξη.

Ωστόσο, παρά τα μειονεκτήματα που προαναφέρθηκαν η εκρηκτική μέθοδος βρίσκει αρκετές εφαρμογές διότι έχει ένα βασικό πλεονέκτημα την μη απαίτηση μηχανημάτων για την εφαρμογή της. Αυτό το πλεονέκτημα την κάνει ιδανική για επιτόπου διαμόρφωση τεμαχίων με μεγάλες διαστάσεις. Επιπλέον, είναι μια μέθοδος η οποία θεωρείται αρκετά οικονομική με συνέπεια να γίνεται αποδεκτή ακόμα και για την κατεργασία μικρού αριθμού τεμαχίων (Γουδέλης, 2012).

3. ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα προηγούμενα κεφάλαια αναπτύχθηκαν οι τύποι το εργαλειομηχανών καθώς και οι κατηγορίες των κατεργασιών. Ωστόσο, κάθε εργαλειομηχανή κατασκευάζεται με σκοπό να μπορεί να εκτελέσει συγκεκριμένες κατεργασίες έχοντας και συγκεκριμένες δυνατότητες.

Στον παρόν κεφάλαιο θα αναπτυχθούν οι δυνατότητες στις κατεργασίες που παρουσιάζει κάθε εργαλειομηχανή και θα πραγματοποιηθεί μια προσπάθεια ομαδοποίησης αυτών. Αρχικά θα αναλυθούν οι εργαλειομηχανές διαμόρφωσης ελάσματος που πραγματοποιούν συνήθως κάμψη καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει κάθε μία από αυτές. Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθεί ανάλυση των εργαλειομηχανών διαμόρφωσης συμπαγούς υλικού και τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζουν.

3.2. ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΕΛΑΣΜΑΤΟΣ

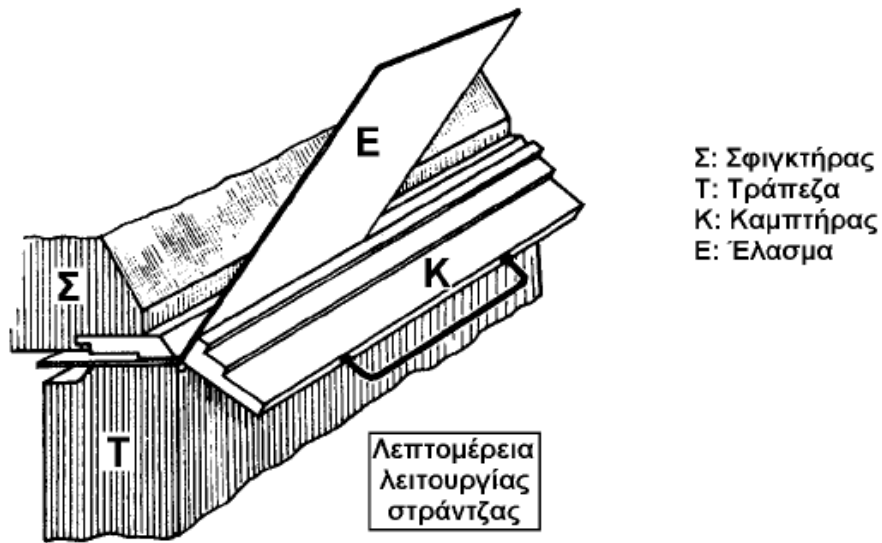
Οι εργαλειομηχανές που χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση της κάμψης, όπου θεωρείται από τις πιο σημαντικές κατεργασίες είναι οι κουρμπαδόροι, οι στράντζες, οι στραντζόπρες καθώς και οι ραουλίερρες. Θα πρέπει να τονιστεί ότι κάθε εργαλειομηχανή από τις προαναφερόμενες χρησιμοποιείται για συγκεκριμένους σκοπούς και σημαντικό ρόλο παίζει το υλικό στο οποίο θα πραγματοποιηθεί η κατεργασία.

Αρχικά αναλύοντας την στράντζα που θεωρείται από τις πιο απλές εργαλειομηχανές που πραγματοποιούν την κατεργασία της κάμψης. Αποτελείται από μια τράπεζα και έναν καμπτήρα και η αρχή λειτουργίας της είναι απλή και είναι η ακόλουθη, το τεμάχιο προς κατεργασία τοποθετείται στην τράπεζα της στράντζας και με την βοήθεια του σφικτήρα συγκρατείται σταθερά. Υπάρχουν περιπτώσεις που η διαδικασία πραγματοποιείται χειροκίνητα και για αυτό τον λόγο υπάρχει μια χειρολαβή, όμως υπάρχουν και περιπτώσεις που με την βοήθεια ενός κινητήρα πραγματοποιείται η διαδικασία.

Στις απλές στράντζες η κάμψη του τεμαχίου-ελάσματος μπορεί να πραγματοποιηθεί έως και 130° . Όταν η στράντζα έχει σχεδιαστεί και κατασκευαστεί σωστά δίνεται η δυνατότητα να παρασκευαστούν πολύπλοκα σχήματα. Ωστόσο, σημαντικό ρόλο παίζουν και τα επιπλέον εργαλεία που είναι τυποποιημένες γωνίες κάμψης που δίνουν ένα προϊόν καλής ποιότητας.

Ως εργαλειομηχανή η στράντζα βασίζεται σε ένα χαρακτηριστικό είναι η ικανότητα κάμψεως όπου με αυτό το μέγεθος εκφράζονται οι διαστάσεις του ελάσματος. Στην ουσία αναφέρεται στο μέγιστο μήκος και το μέγιστο πάχος που μπορεί να κατεργαστεί η συγκεκριμένη εργαλειομηχανή. Όπως προαναφέρθηκε

λαμβάνεται σοβαρά υπόψη το υλικό που είναι προς κατεργασία και τα χαρακτηριστικά που παρουσιάζει, δηλαδή την αντοχή που έχει στην κάμψη.

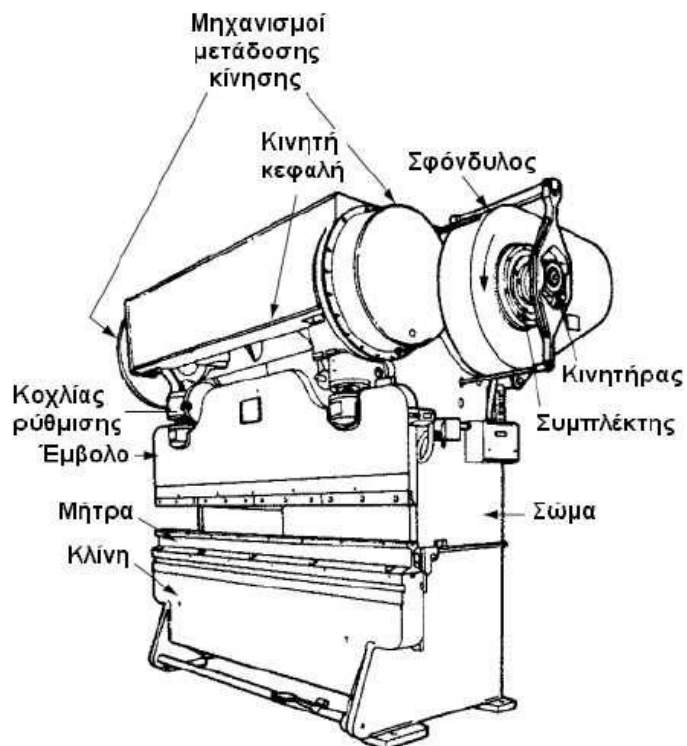


Σχήμα 23: Τυπική διάταξη στράντζας
[Πηγή: <http://courseware.mech.ntua.gr>]



Εικόνα 8: Υδραυλική στράντζα
[Πηγή: <https://www.ergomac.gr>]

Η σταντζόπρεσσα είναι ακόμα μια εργαλειομηχανή που χρησιμοποιείται για κάμψη ελασμάτων. Τα βασικά μέρη της είναι ο κινητήρας, ο συμπλέκτης, ο σφόνδυλος, οι μηχανισμοί μετάδοσης κίνησης, ένα έμβολο, μια κινητή κεφαλή, ένας κοχλίας ρύθμισης, μια κλίση, μια μήτρα καθώς και το σώμα της εργαλειομηχανής.



Σχήμα 24: Τυπικής διάταξη στραντζόπρεσσας
[Πηγή: <http://courseware.mech.ntua.gr>]



Εικόνα 9: Στραντζόπρεσσα
[Πηγή: <http://courseware.mech.ntua.gr>]

Ο κουρμπαδόρος ανήκει και αυτός στις εργαλειομηχανές όπου πραγματοποιούν κάμψη αλλά και διάφορα κουρμπαρίσματα. Παρουσιάζει πολλά κοινά σημεία με την στράντζα και θεωρείται κατάλληλος για την κάμψη σωλήνων διαφόρων διαστάσεων και διαμέτρων. Τονίζεται ότι θα πραγματοποιηθεί εκτενέστερη ανάλυση στο επόμενο κεφάλαιο.



Εικόνα 10: Διάφοροι Κουρμπαδόροι
[Πηγή: <https://www.machineseeker.gr>]

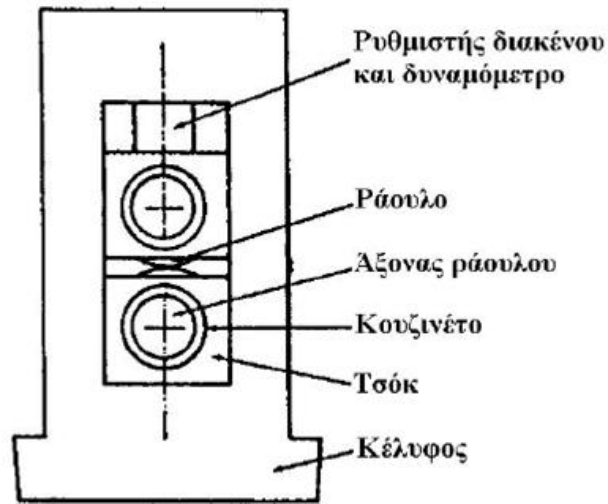
3.3. ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΣΥΜΠΑΓΟΥΣ ΥΛΙΚΩΝ

Οι εργαλειομηχανές που χρησιμοποιούνται για την μορφοποίηση συμπαγούς υλικού είναι οι ελάστρες, οι πρέσες και οι σφύρες. Κάθε ένας τύπος από τις προαναφερόμενες χρησιμοποιείται για συγκεκριμένους σκοπούς και μπορεί να πραγματοποιήσει συγκεκριμένα είδη κατεργασιών.

Οι ελάστρες ή έλαστρα χρησιμοποιούνται για κατεργασίες έλασης και απαρτίζονται από ράουλα τα οποία περιστρέφονται πάνω σε συγκεκριμένους άξονες, οι οποίοι κινούνται με την βοήθεια ενός ηλεκτροκινητήρα. Τα ράουλα είναι τοποθετημένα πάνω σε κουζινέτα. Στην περίπτωση που πρέπει να πραγματοποιηθεί μεγάλη παραγωγή τότε προτείνεται η έλαση εν σειρά όπου τα έλαστρα τοποθετούνται διαδοχικά και το προς κατεργασία τεμάχιο διέρχεται από όλα αυτά. Με την προαναφερόμενη διαδικασία μειώνεται σταδιακά το πάχος του.

Από τα προαναφερόμενα γίνεται κατανοητό ότι τα ράουλα είναι εξαρτήματα τα οποία πραγματοποιούν την κατεργασία της έλασης και είναι κατασκευασμένα από χαλύβδινα κυλινδρικά τύμπανα. Επιπλέον, η διατομή τους είναι ομοιόμορφη και η μορφή τους εξαρτάται από ποιο είναι το ζητούμενο τελικό προϊόν. Τα ράουλα μπορεί να είναι κάθετα ή οριζόντια τοποθετημένα και κάθε τύπος είναι υπεύθυνος είτε για την πλαστική παραμόρφωση του υλικού είτε για τον έλεγχο του πλάτους του προϊόντος που παράγεται αντίστοιχα (Κεχαγιάς, 2010 ; Βοσνιάκος 2012).

Στο Σχήμα 25 καθώς και στην Εικόνα 11 απεικονίζονται τα μέρη της εργαλειομηχανής καθώς και η μορφή που έχει.



Σχήμα 25: Τυπική εργαλειομηχανή έλαστρο
[Πηγή: <http://courseware.mech.ntua.gr>]



Εικόνα 11: Εργαλειομηχανή έλαστρο
[Πηγή: <https://www.machineseeker.gr>]

Τα έλαστρα διαχωρίζονται σε κατηγορίες σύμφωνα με τον αριθμό των ραούλων καθώς και με την διάταξη που είναι τοποθετημένα. Οι κατηγορίες διαχωρίζονται είναι οι ακόλουθες (Γουδέλης, 2012):

- Έλαστρο δύο ραούλων.
- Έλαστρο δύο ραούλων με αναστρεφόμενη κίνηση
- Έλαστρο τριών ραούλων
- Έλαστρο τεσσάρων ραούλων
- Έλαστρο τύπου cluster

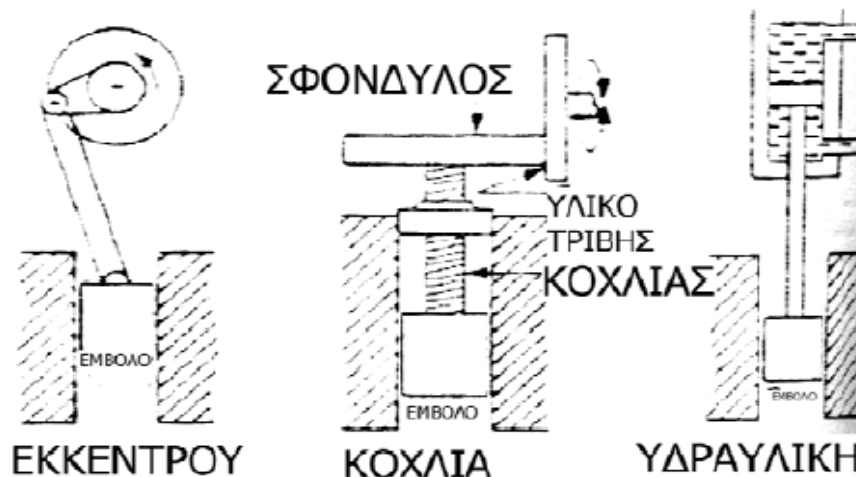
Η δεύτερη κατηγορία εργαλειομηχανών διαμόρφωσης συμπαγούς υλικού είναι οι πρέσες οι οποίες χρησιμοποιούνται για την κατεργασία της διέλασης και της σφυρηλάτησης. Οι πρέσες έχουν στόχο να μεταδώσουν πίεση με την βοήθεια ενός εμβόλου το οποίο θα μορφοποιήσει και το υλικό προς κατεργασία. Οι πρέσες μπορεί να είναι μηχανικές ή υδραυλικές και χαρακτηρίζονται από τον τρόπο μετάδοσης της κίνησης.

Οι μηχανικές πρέσες χρησιμοποιούν ένα διωστήρα στροφάλου με τον οποίο μεταφέρουν την κίνηση του κινητήρα στο έμβολο, το οποίο διανύει μια καθορισμένη διαδρομή και ή μορφοποιεί το προϊόν εντός της μήτρας ή του δίνει την απαραίτητη ώθηση για να εισέλθει στην μήτρα (Κεχαγιάς, 2010 ; Βοσνιάκος 2012).

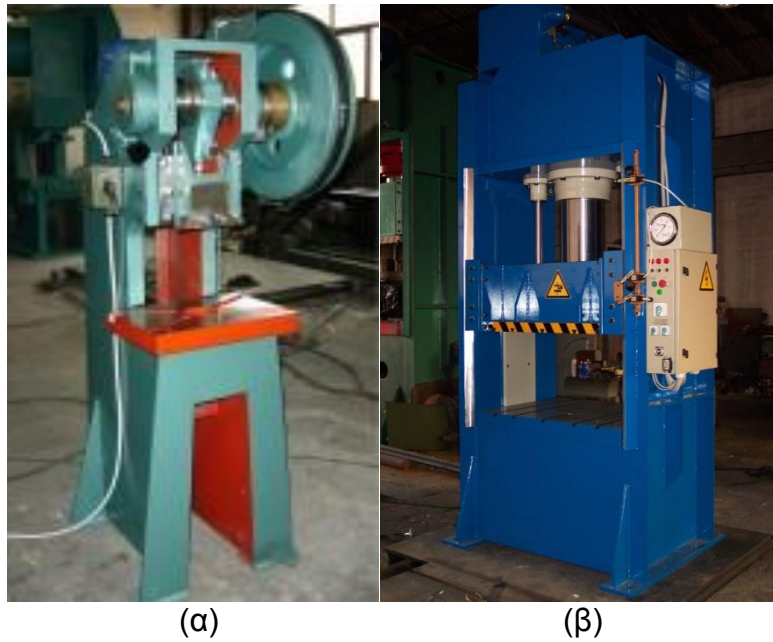
Οι μηχανικές πρέσες διαχωρίζονται με την σειρά τους σε υποκατηγορίες οι οποίες είναι βασισμένες στον τρόπο μεταφοράς κίνησης. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι εξής (Βοσνιάκος, 2012):

- Πρέσα έκκεντρου άξονα: όπου γίνεται χρήση άξονα για την μεταφορά κίνησης. Χρησιμοποιούνται σε μικρού και μεσαίου μεγέθους πρέσες και δίδουν πολύ καλά αποτελέσματα καθώς έχουν την δυνατότητα πολύ καλής ρύθμισης του ύψους.
- Πρέσα με στρόφαλο: όπου γίνεται χρήση στροφάλου για την μεταφορά κίνησης. Χρησιμοποιούνται σε μεγάλου μεγέθους πρέσες και φέρουν πολύ μεγάλη δύναμη.
- Πρέσα με γόνατο: όπου το γόνατο είναι τεντωμένο και στην θέση του εμφανίζονται μεγάλες θλιπτικές δυνάμεις.

Οι υδραυλικές πρέσες έχουν την δυνατότητα να διατηρήσουν σταθερή δύναμη κατά την διαδρομή του εμβόλου. Επιπλέον, στις υδραυλικές πρέσες δίνεται η δυνατότητα να γίνει ρύθμιση της δύναμης και να μεταβάλλεται ανάλογα με τον επικείμενο στόχο κατεργασίας. Ακόμα, σε αυτόν τον τύπο πρεσών δίνεται και η δυνατότητα να τοποθετηθούν επιπλέον εμβόλα και να παράγονται πολύπλοκα γεωμετρικά τεμάχια (Βοσνιάκος, 2012).

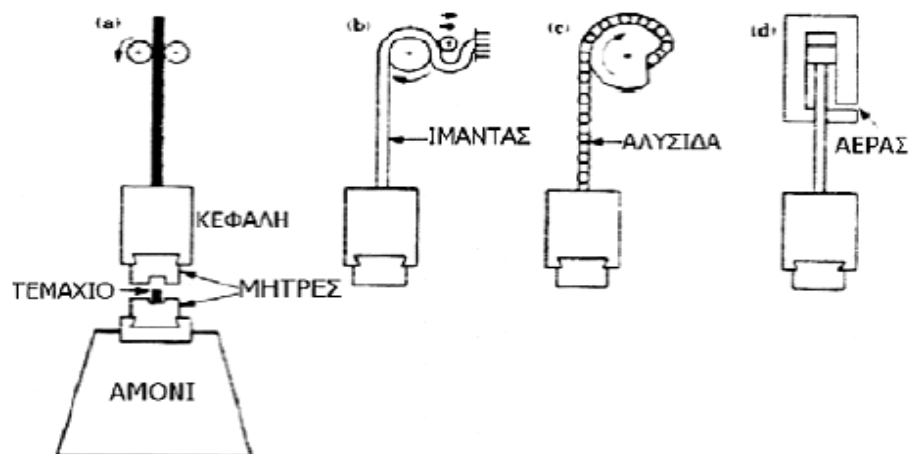


Σχήμα 26: Διάφορα είδη πρεσών
[Πηγή: <http://courseware.mech.ntua.gr>]



Εικόνα 12: α) Μηχανική πρέσα εμβολισμού και β) υδραυλική πρέσα
[Πηγή: <https://www.machinesseeker.gr>]

Η τελευταία κατηγορία εργαλειομηχανών κατεργασίας συμπαγούς υλικού είναι οι σφύρες όπου χρησιμοποιούνται μεμονωμένα στην κατεργασία της σφυρηλάτησης. Η λειτουργία στις σφύρες βασίζεται στην μετατροπή της δυναμικής ενέργειας ενός βάρους (ωστικής κεφαλής) σε κινητική ενέργεια. Η κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε έργο παραμόρφωσης κατά την σύγκρουση της ωστικής κεφαλής με το τεμάχιο που πρόκειται να κατεργαστεί. Οι σφύρες χρησιμοποιούν την πτώση βάρους για να λειτουργήσουν και μπορούν να εκτελέσουν έως και 240 κτυπήματα ανά λεπτό. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε χτύπημα παράγει έργο παραμόρφωσης περίπου 1000 [kJm], το οποίο αλλάζει ανάλογα με το ύψος της διαδρομής κατά την οποία υπάρχει πτώση του βάρους και αναλόγως του μεγέθους του βάρους. Χρησιμοποιούνται κυρίως για την εν ψυχρώ σφυρηλάτηση και σπανίως για την εν θερμώ σφυρηλάτηση η οποία γίνεται κυρίως από πρέσες (Κεχαγιάς, 2010 ; Βοσνιάκος, 2012).



Σχήμα 27: Μέρη μηχανικής σφύρας
[Πηγή: <http://courseware.mech.ntua.gr>]



Εικόνα 13: Μηχανική σφύρα
[Πηγή: <https://www.machineseeker.gr>]

Στην συνέχεια ακολουθεί ο Πίνακας 3 όπου αναγράφονται οι βασικές κατεργασίες και τα είδη των εργαλειομηχανών που χρησιμοποιούνται για την πραγματοποίηση αυτών.

Κατεργασία	Εργαλειομηχανές
Διαμόρφωση ελάσματος	<ul style="list-style-type: none">• Στράντζα• Σταντζόπρεσσα• Κουρμπαδόρος• Ραουλίερα.
Κατεργασία συμπαγούς υλικού	<ul style="list-style-type: none">• Έλαστρα• Πρέσσες• Σφύρες

Πίνακας 3: Συγκεντρωτικός πίνακας εργαλειομηχανών σύμφωνα με τις κατεργασίες που πραγματοποιούν

ΜΕΡΟΣ Β'

4. Ο ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΣ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗ

4.1. ΣΚΟΠΟΣ – ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη, ο σχεδιασμός και η κατασκευή ενός κουρμπαδόρου NC με στόχο την δυνατότητα μετατροπής του σε CNC. Επιπλέον, η πραγματοποίηση του αναλυτικού σχεδιασμού του κουρμπαδόρου στο υπολογιστικό πρόγραμμα SolidWorks, ο υπολογισμός των απαραίτητων μεγεθών για την πραγματοποίηση των κατεργασιών που θα υλοποιεί καθώς και η παράθεση του κατάλληλου φωτογραφικού υλικού από την κατασκευή του. Ακόμα, η οικονομοτεχνική ανάλυση της κατασκευής του ως εργαλειομηχανή NC και της βελτίωσης του σε CNC που θα δίνεται η δυνατότητα να πραγματοποιηθεί στο μέλλον.

4.2. ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΣ

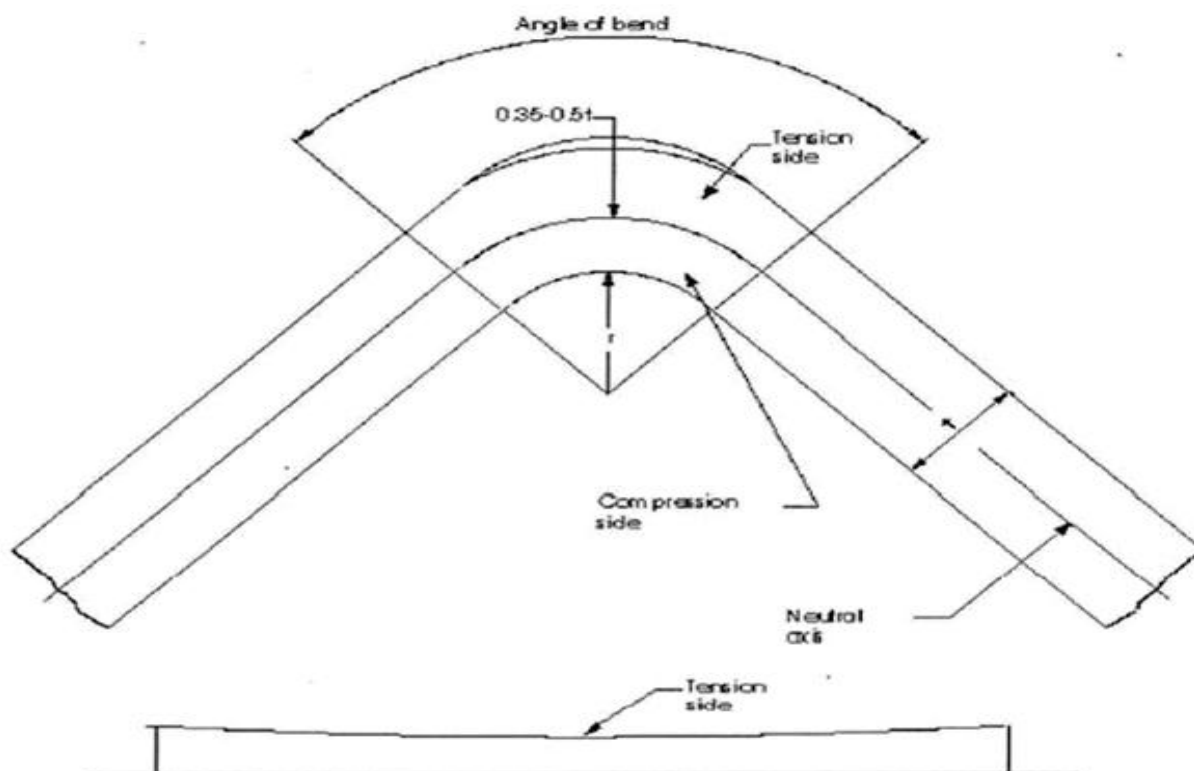
Όπως προαναφέρθηκε στο θεωρητικό υπόβαθρό ο κουρμπαδόρος κατατάσσεται στις εργαλειομηχανές διαμόρφωσης ελασμάτων και σωλήνων. Η κατεργασία που πραγματοποιεί είναι κουρμπάρισμα δηλαδή κάμψη των σωλήνων όπου μπορεί να είναι στρογγυλής διατομής τετραγωνικής διατομής και ορθογωνικής διατομής καθώς και των ελασμάτων, τα οποία είναι κατασκευασμένα από διάφορα υλικά. Τα συνηθέστερα υλικά που μορφοποιεί είναι μέταλλα (σίδηρος και χαλκός) καθώς και κάποια πολυμερή. Ωστόσο, η καταλληλότητα του υλικού είναι ανάλογη με την χρήση που πρόκειται να έχει και παίζουν σημαντικό ρόλο η παράγοντες όπως η τάση παραμόρφωσης, η ελαστικότητα, η πλαστική συμπεριφορά, η αντοχή και η ολκιμότητα καθώς και η σκληρότητα που παρουσιάζει κάθε υλικό.

Ο κουρμπαδόρος πραγματοποιεί πλαστική παραμόρφωση υλικών κατά μήκος ενός γραμμικού άξονα με ελάχιστη ή καθόλου μεταβολή της επιφάνεια του υλικού. Επιπλέον, κατά την διαδικασία του κουρμπαρίσματος προκαλείται στο υλικό προς κατεργασία εξωτερική επιμήκυνση και εσωτερική συμπίεση δηλαδή στην ουσία ένα μέρος εφελκύεται και ένα μέρος θλίβεται αντίστοιχα. Ωστόσο, το υλικό προς κατεργασία δεν μορφοποιείται σε όλη την επί μήκος διάσταση. Η περιοχή αυτή που δεν μορφοποιείται ονομάζεται ουδέτερος άξονας.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά την διαδικασία της μορφοποίησης το υλικό προς κατεργασία αντιστέκεται περισσότερο κατά την συμπίεση παρά κατά την επιμήκυνση με συνέπεια η μορφοποίηση να πραγματοποιείται αρχικά εξωτερικά και ο ουδέτερος άξονας να αρχίζει από το κέντρο των δύο επιφανειών. Στην ουσία ο ουδέτερος άξονας είναι ανάμεσα του $1/3$ και του $1/2$ της διαδρομής από την εσωτερική επιφάνεια. Ωστόσο, βασικό ρόλο παίζει η ακτίνα που πραγματοποιείται το κουρμπάρισμα.

Ένα βασικό πρόβλημα που παρουσιάζεται κατά την πραγματοποίηση της κατεργασίας του κουρμπαρίσματος είναι ότι το υλικό προς κατεργασία λεπταίνει στην περιοχή που πραγματοποιείται η μορφοποίηση του υλικού με συνέπεια να μην του δύνεται η δυνατότητα να διοχετευθεί ελεύθερα κατά μήκος του άξονα του.

Στην συνέχεια ακολουθεί το Σχήμα 28 για την κατανόηση των όσο προαναφέρθηκαν.



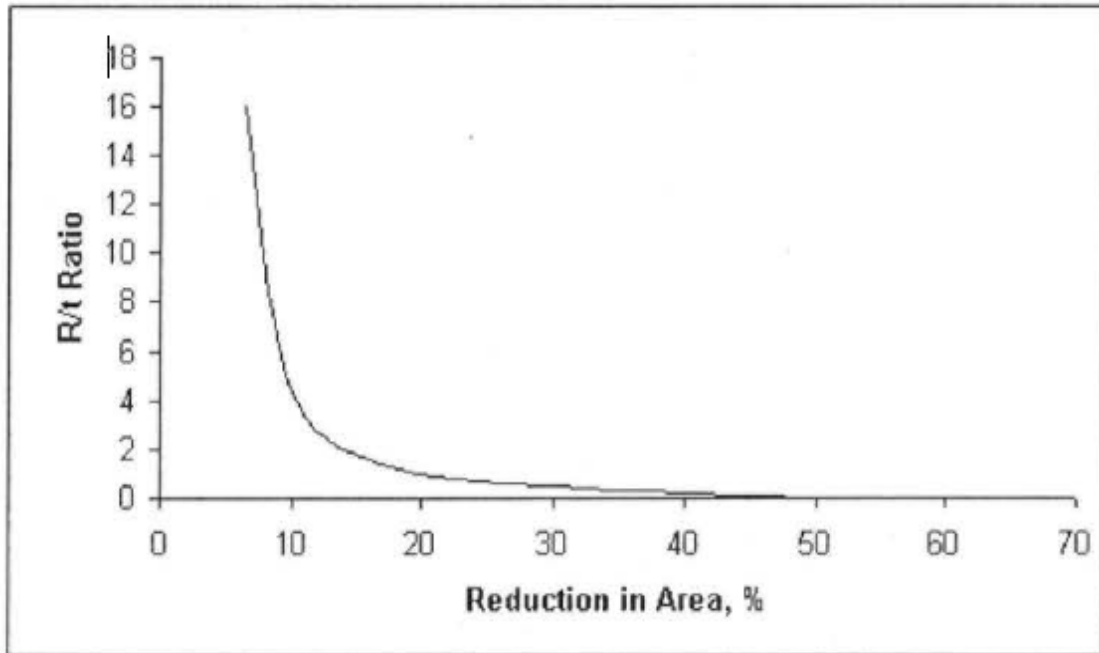
Σχήμα 28:Κουρμπάρισμα υλικού προς κατεργασία
[Πηγή: Τώρας, 2014]

Στο παραπάνω σχήμα παρατηρείται η γωνία κουρμπάριατος (angel of bend), η πλευρά που έχει επιμηκυνθεί (tension side), η πλευρά που έχει συμπιεστεί (compression side) καθώς και ο ουδέτερος άξονας (neutral axis).

Ωστόσο, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη διάφοροι παράγοντες κατά την πραγματοποίηση της διαμόρφωσης υλικού με κουρμπαδόρο. Αρχικά θα πρέπει να πραγματοποιηθεί αποσαφήνιση της μικρότερης ακτίνας κουρμπάριατος με σκοπό να εφαρμοστεί στο υλικό προς κατεργασία χωρίς όμως να σπάσει. Στην πραγματικότητα λοιπόν πρέπει να υπολογιστεί η ελάχιστη ακτίνα κάμψης.

Επιπλέον, σημαντικός παράγοντας είναι η αναλογία που υπάρχει μεταξύ του πάχους του υλικού που είναι προς κατεργασία και της επιθυμητής ακτίνας που θα πραγματοποιηθεί με το κουρμπάρισμα. Σημειώνεται ότι είναι σχεδόν αδύνατον να υπάρξει κουρμπάρισμα με ακτίνα μικρότερη του πάχους του υλικού προς κατεργασία. Στην συνέχεια ακολουθεί το Διάγραμμα 2 όπου απεικονίζει την προαναφερόμενη αναλογία για μια ποικιλία υλικών με διαφορετική ελατότητα.

Ως ελατότητα ορίζεται η ικανότητα των υλικών να μορφοποιούνται υπό πίεση και το τελικό προϊόν δεν παρουσιάζει θραύση ή ρηγμάτωση. Τα υλικά που παρουσιάζουν μεγαλύτερη ελασιμότητα είναι τα μέταλλα.

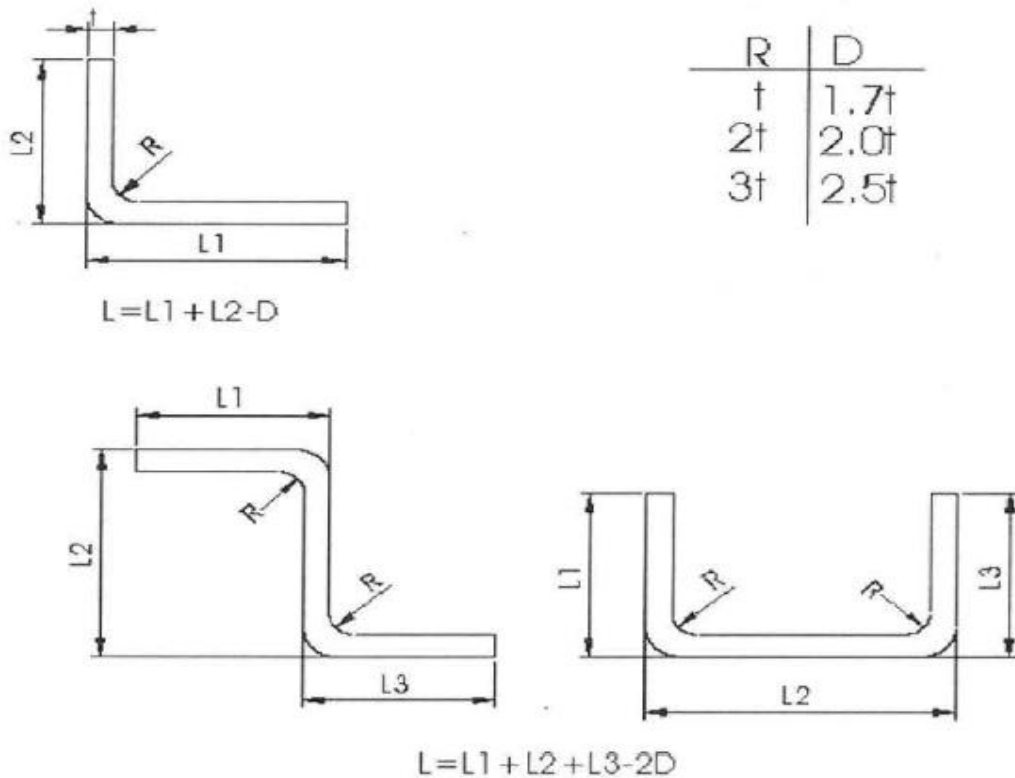


Διάγραμμα 2: Αναλογία ακτίνας μορφοποίησης υλικού και πάχους
[Πηγή: Τώρας, 2014]

Σε γενικές γραμμές το κουρμπάρισμα θα πρέπει να σχεδιάζεται με την μεγαλύτερη πιθανή ακτίνα με συνέπεια να δίνεται με αυτό τον τρόπο η δυνατότητα ευκολότερης μορφοποίησης. Για τον προαναφερόμενο λόγο προτείνεται ο σχεδιασμός των κάθετων αξόνων στην κατεύθυνση της προηγμένης εργασίας.

Ωστόσο, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη κατά την διάρκεια του σχεδιασμού η επιμήκυνση του τεμαχίου. Για τον λόγο ότι τα νεκρά σημεία δεν βρίσκονται στον άξονα του υλικού δεν προκαλεί επιμήκυνση του τεμαχίου. Επιπλέον, η επιμήκυνση εξαρτάται άμεσα από το πάχος του υλικού καθώς και από την ακτίνα κουρμπάριατος.

Για τον υπολογισμό της επιμήκυνσης στα κομμάτια που υπόκεινται κουρμπάρισμα παρουσιάζεται η μέθοδος στο Σχήμα 29. Σημειώνεται ότι οι ανοχές στα κουρμπάρια θα πρέπει να είναι μικρότερες από 1/32 [inches] δηλαδή 0,8 [mm]. Επιπλέον, σε περίπτωση που πρέπει να πραγματοποιηθούν πάνω από ένα κουρμπάρισμα σε κάποιο τεμάχιο, προτείνεται να χρησιμοποιείται η ίδια ακτίνα για να μειωθεί όσο το δυνατόν ο χρόνος αλλαγής των εργαλείων και η φθοράς τους.



Σχήμα 29: Μέθοδος υπολογισμού επιμήκυνσης τεμαχίων προς κατεργασία
 [Πηγή: Τώρας, 2014]

4.2.1. Αρχή λειτουργία κουρμπαδόρου

Σε γενικές γραμμές η αρχή λειτουργία του κουρμπαδόρου θεωρείται αρκετά απλή συγκρινόμενη με άλλες πιο πολύπλοκες εργαλειομηχανές. Η αρχή λειτουργίας στηρίζεται στην πίεση ενός ελάσματος ή σωλήνα διάφορων διατομών και διαμέτρων μέσα στην μήτρα. Η πίεση επιβάλλεται με έμβολο με το φορτίο διαμορφώσεως που φέρει να είναι ικανό ώστε να διαμορφώσει το έλασμα στην μορφή της μήτρας. Με διαδοχικές κάμψεις του επιλεγμένου τεμαχίου δίνεται η δυνατότητα να επιτευχθούν πολλά και περίπλοκα τελικά σχήματα. Ο κουρμπαδόρος δύναται να είναι είτε μηχανικός είτε υδραυλικός και μπορεί να φέρει φορτία έως και 18 τόνων.

4.2.2. Τύποι κουρμπαδόρων

Οι κουρμπαδόροι διαχωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, όπως και οι περισσότερες εργαλειομηχανές. Οι κατηγορίες αυτές είναι οι ακόλουθες:

- Κουρμπαδόροι χειρός
- Κουρμπαδόροι NC
- Κουρμπαδόροι CNC

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο προαναφερόμενος διαχωρισμός είναι ο βασικός. Διότι υπάρχουν και άλλες κατηγορίες κουρμπαδόρων όπως είναι οι υδραυλικοί κουρμπαδόροι που διαχωρίζονται με την σειρά τους ανάλογα με τον τύπο της σιαγόνας που διαθέτουν, είτε μονή, είτε διπλή, είτε μετακινούμενη. Κάθε τύπος χρησιμοποιείται ανάλογα με τις δυνατότητες που παρουσιάζει. Ο βασικός παράγοντας είναι ο βαθμός δυσκολίας που παρουσιάζει η κατεργασία καθώς και η απαιτούμενη δύναμη για την πραγματοποίησή της.

Οι κουρμπαδόροι χειρός χρησιμοποιούνται για κατεργασίες που μπορούν να πραγματοποιηθούν ασκώντας στο υλικό μικρές δυνάμεις και συγκεκριμένα την δύναμη που μπορεί να ασκήσει ο άνθρωπος. Οι κουρμπαδόροι NC και CNC προτείνονται για κατεργασίες που απαιτούνται μεγάλες δυνάμεις και ο πρώτος χρησιμοποιείται για την παραγωγή μικρού αριθμού προϊόντων και ο δεύτερος για μεγάλο αριθμό προϊόντων.



Εικόνα 14: Τύποι κουρμπαδόρων χειρός (α) κουρμπαδόρος ακριβείας και (β) κουρμπαδόρος με κασάνια
[Πηγή: <http://docplayer.gr/>]



Εικόνα 15: Κουρμπαδόρος CNC
[Πηγή: <http://www.ercolinacnc.com/>]

4.2.3. Συντήρηση Κουρμπαδώραν

Η συντήρηση των εργαλειομηχανών θεωρείται βασικός παράγοντας για την ομαλή λειτουργία τους. Για την σωστή συντήρηση του κουρμπαδώρα θα πρέπει να τηρούνται οι ακόλουθες οδηγίες (Τώρας, 2014):

- Η διατήρηση της εργαλειομηχανής καθώς και του χώρου που εδράζεται στο βέλτιστα επίπεδα καθαριότητας
- Οι επιφάνειες της μήτρας και της τράπεζας εργασίας να είναι απαλλαγμένες από σκόνη και από ψήγματα μετάλλου και όλα τα ξένα σώματα που μπορούν να βρίσκονται στα προαναφερόμενα.
- Ελέγχετε σε τακτά χρονικά διαστήματα αν τα εργαλεία κουρμπαρίσματος δε έχουν υποστεί φθορές.
- Σε περίπτωση που ο κουρμπαδώρας είναι υδραυλικός ελέγχετε το κύκλωμα του για τυχών διαρροές
- Πραγματοποιείται έλεγχος για την κατάσταση της εργαλειομηχανής και ιδιαίτερα τα σημεία συγκράτησης και σύνδεσης της μηχανής
- Πραγματοποιείται έλεγχος για τα μέρη του κουρμπαδώρα και να διατηρούνται τα μέτρα ασφαλείας
- Πραγματοποιείται έλεγχος σε τακτά χρονικά διαστήματα στους κοχλίες οπίσθιου οδηγού (κοχλίες με ροδέλα στήριξης της μπάρας, κοχλίες στήριξης του μοτέρ, κοχλίες του κόμπλερ για τον άξονα ακτίνας R)
- Ο ηλεκτρολογικός πίνακας πρέπει να διατηρείται σταθερός
- Γρασάζονται οι οδηγοί του εργαλειοφορέα στα σημεία γρασαρίσματος που βρίσκονται στην πίσω πλευρά του εργαλειοφορέα
- Γρασάζονται τα τμήματα του κουρμπαδώρα όπως οι ένσφαιροι κοχλίες και τα βαγονέτα του οπίσθιου οδηγού.

5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΥ NC

5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός του κουρμπαδору NC. Ο σχεδιασμός θα πραγματοποιηθεί με την βοήθεια του υπολογιστικού προγράμματος Solidworks. Όπως έχει προαναφερθεί το Solidworks είναι ένα 3D μηχανολογικό CAD (Computer Aided Design) πρόγραμμα, προϊόν της Dassault Systèmes SolidWorks Corp., θυγατρική της Dassault Systèmes S. A. Λειτουργεί σε σύστημα Microsoft Windows και αποτελεί εργαλείο για μηχανικούς και σχεδιαστές (Τζούμας, 2014). Σημειώνεται ότι στην παρούσα πτυχιακή εργασία ο σχεδιασμός πραγματοποιήθηκε με την έκδοση του 2016.

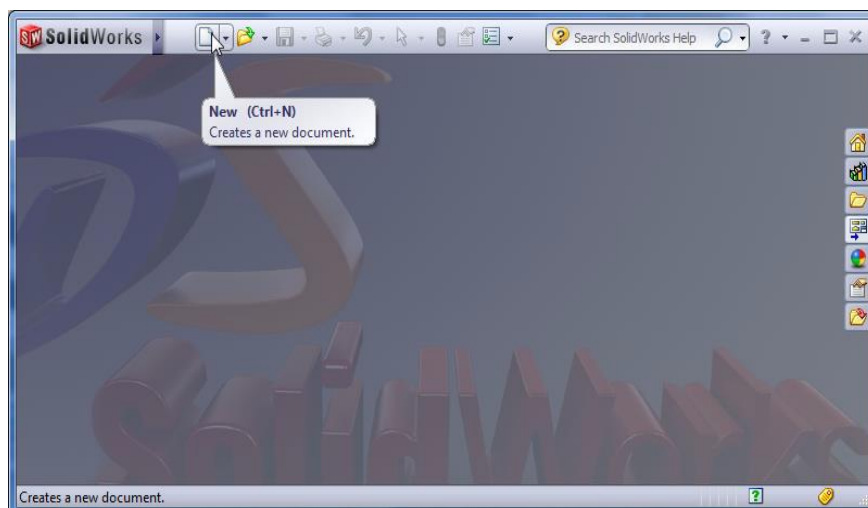


Εικόνα16: Solidworks 2016

[Πηγή:<http://rahim-soft.com/solidworks-premium-2016-full/>]

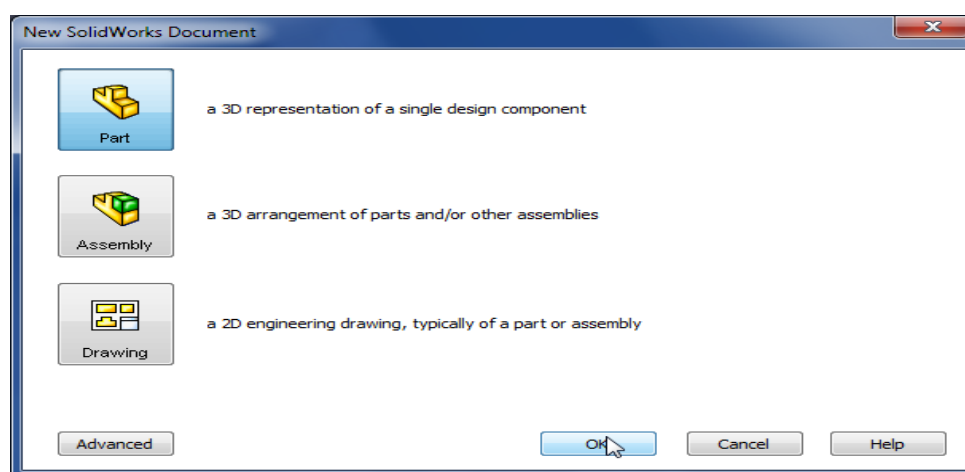
Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθεί μια σύντομη αναφορά βασικών στοιχείων του προγράμματος καθώς και των εντολών που χρησιμοποιούνται για την ολοκλήρωση του σχεδιασμού του κουρμπαδору NC.

Κατά την έναρξη του προγράμματος επιλέγεται η εντολή «New» με στόχο να δημιουργηθεί ένα νέο αρχείο Solidworks.



Εικόνα 17: Απεικόνιση του περιβάλλοντος χώρου του SolidWorks για την δημιουργία νέου αρχείου
[Πηγή: Solidworks, 2016]

Με την προαναφερόμενη εντολή εμφανίζεται το παράθυρο «New SolidWorks Document» (Εικόνα 18) και επιλέγεται το εικονίδιο «Part» διότι πρέπει τα αντικείμενα του κουρμπαδору NC να σχεδιαστούν μεμονωμένα.

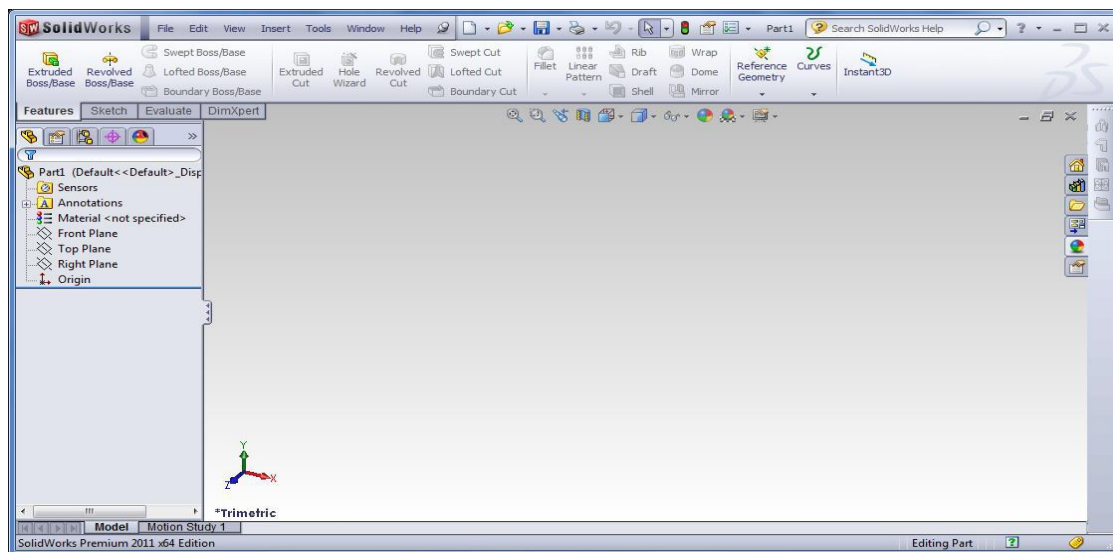


Εικόνα 18: Επιλογή τύπου αρχείου σχεδίασης
[Πηγή: Solidworks, 2016]

Ωστόσο, το Solidworks μπορεί να δημιουργήσει τρία διαφορετικά αρχεία και επομένως τρεις διαφορετικές μορφές σχεδίων:

- Part → 3D αντικείμενα
- Assembly → Συναρμολόγηση αντικειμένων
- Drawing → Μηχανολογικά σχέδια

Αφού πραγματοποιηθεί η επιλογή «Part» εμφανίζεται το περιβάλλον σχεδίασης του προγράμματος Solidworks όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 19.



Εικόνα 19:Περιβάλλον σχεδίασης τουSolidWorks της εντολή Part
[Πηγή: Solidworks, 2016]

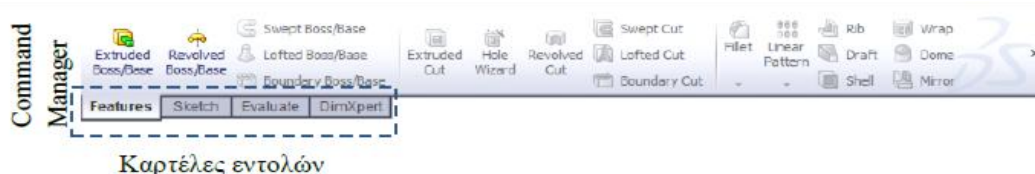
Σύμφωνα με τον Τζούμα (2014) για την σχεδίαση των αντικειμένων θα πρέπει να γνωρίζουμε τις βασικές περιοχές που εμφανίζονται στην αρχική οθόνη. Οι βασικές περιοχές του προγράμματος είναι τέσσερις και είναι οι ακόλουθες:

- Περιοχή Main Menu: βρίσκεται στο πάνω μέρος της οθόνης και περιέχει τις εντολές File, Edit, View, Insert, Tools, Windows και Help.



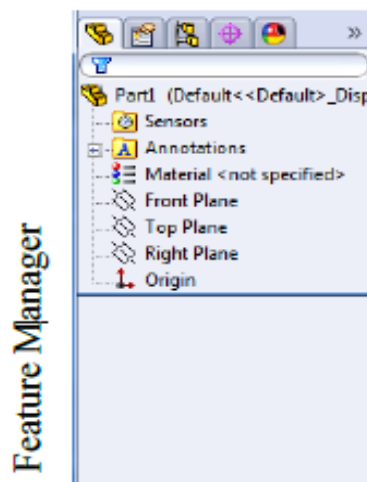
Εικόνα 20:Περιοχή Main Menu
[Πηγή: Solidworks, 2016]

- Περιοχή Command Manager: βρίσκεται κάτω από την περιοχή του Main Menu και αποτελείται από τις καρτέλες εντολών (Features, Sketch, Evaluate και Dim Xpert).



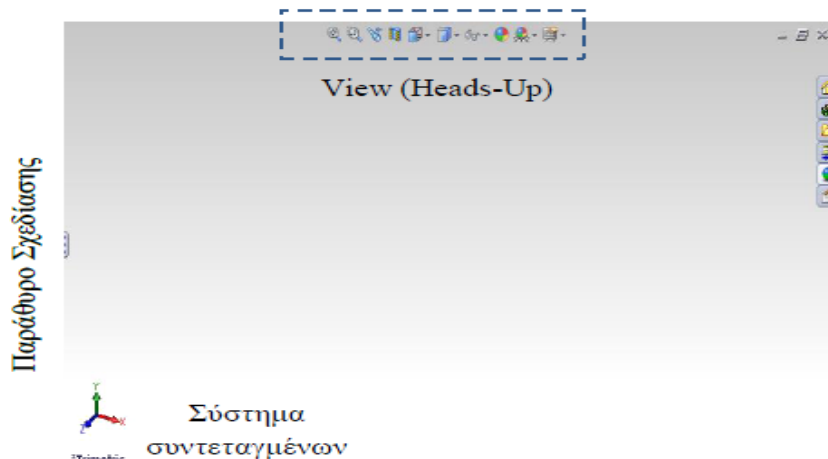
Εικόνα21:Περιοχή Command Manager
[Πηγή: Solidworks, 2016]

- Περιοχή Feature Manager: βρίσκεται στο αριστερό μέρος της οθόνης και καταγράφεται η ιστορική εξέλιξη του αντικειμένου κατά τη σχεδίαση.



Εικόνα22: Περιοχή Feature Manager
[Πηγή: Solidworks, 2016]

- Περιοχή Σχεδίασης: βρίσκεται στο μέσο της οθόνης, σε αυτή τη περιοχή σχεδιάζεται το αντικείμενο. Στο πάνω μέρος της περιοχής σχεδίασης εμφανίζεται το menu View (Heads-Up), ενώ κάτω αριστερά εμφανίζεται το σύστημα συντεταγμένων.



Εικόνα 23: Περιοχή Σχεδίασης
[Πηγή: Solidworks, 2016]

Κάθε καρτέλα περιέχει διαφορετικές εντολές οι οποίες χρησιμοποιούνται για διαφορετικό σκοπό σύμφωνα με το ζητούμενο σχεδίασης.

Ωστόσο, οι εντολές σχεδίασης είναι βασικές για την κατανόηση και την υλοποίηση της σχεδίασης του κουρμπαδору NC. Η περιοχή Command Manager επιλέγεται αρχικά και ακολουθεί η καρτέλα εντολών, επιλέγετε το «Sketch» με στόχο να εμφανιστούν όλα τα εργαλεία για τον σχεδιασμό 2D σχημάτων.

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον σχεδιασμό του κουρμπαδόρου NC είναι τα εξής (Τζούμας, 2014):

- Sketch: γίνεται επιλογή του επιπέδου σχεδιασμού (Front, Top, Right Plane)
- Smart Dimension: γίνεται εισαγωγή των επιθυμητών διαστάσεων
- Line: γίνεται σχεδιασμός ευθείας γραμμής
- Circle: γίνεται σχεδιασμός κύκλου
- Center Rectangle: γίνεται σχεδιασμός ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου
- Trim Entities: γίνεται αφαίρεση ή επιμήκυνση μιας γραμμής

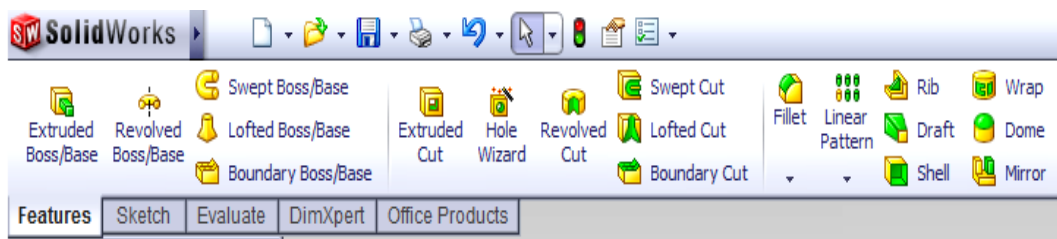


Εικόνα 24: Απεικόνιση καρτέλας Sketch
[Πηγή: Solidworks, 2016]

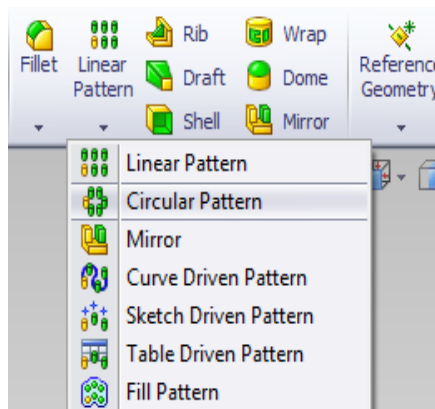
Στην περίπτωση που επιθυμείται η μετατροπή ενός αντικειμένου από 2D σε 3D επιλέγεται στην καρτέλα Command Manager αλλά από την καρτέλα εντολών επιλέγεται το Features με στόχο την εμφάνιση των εργαλείων για τον σχεδιασμό 3D σχημάτων.

Τα βασικά εργαλεία για τον σχεδιασμό του κουρμπαδόρου NC είναι τα ακόλουθα:

- Extruded Boss/Base: χρησιμοποιείται για να δοθεί ύψος ή πάχος σε ένα 2D σχήμα
- Revolved Boss/Base: χρησιμοποιείται για την δημιουργία 3D αντικειμένων από την περιστροφή ενός περιγράμματος γύρω από τον άξονα συμμετρίας
- Extruded Cut: χρησιμοποιείται για την περικοπή 3D αντικειμένων δημιουργία οπών
- Fillet: χρησιμοποιείται για την μετατροπή γωνίας σε καμπυλοειδή επιφάνεια
- Chamfer: χρησιμοποιείται για την μετατροπή γωνίας σε επίπεδη επιφάνεια
- Circular Pattern: χρησιμοποιείται για την δημιουργία 3D κυκλικών μοτίβων γύρω από ένα σημείο.



Εικόνα 25:Απεικόνιση καρτέλας Features
[Πηγή: Solidworks, 2016]



Εικόνα 26:Απεικόνιση επιλογών εντολής Circular Pattern
[Πηγή: Solidworks, 2016]

5.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ

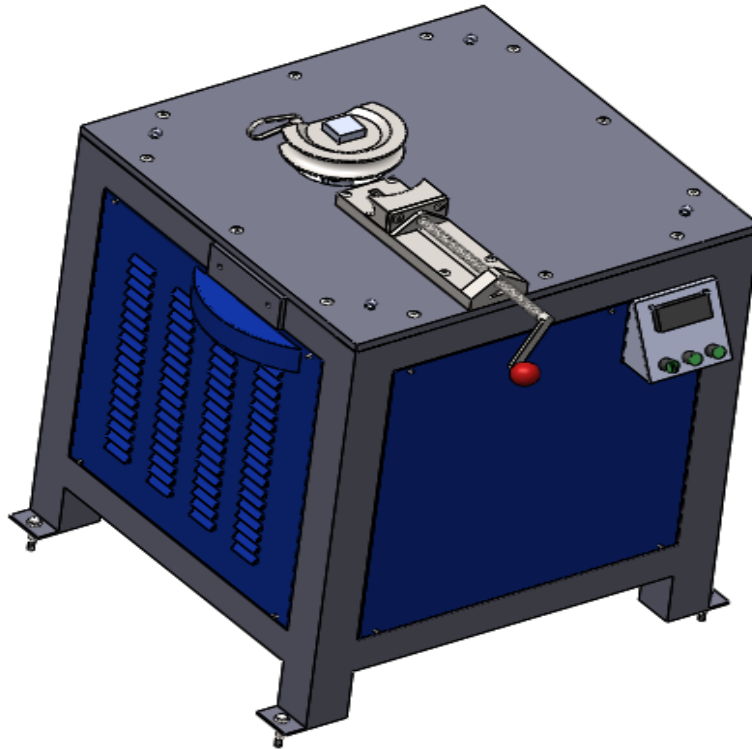
Ο σχεδιασμός του κουρμπαδόρου θα γίνει τμηματικά, όπως προαναφέρθηκα, θα αναγράφονται οι διαστάσεις καθώς και τα εξαρτήματα που θα χρησιμοποιηθούν για την σύνδεση των τμημάτων. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι διαστάσεις του κουρμπαδόρου επιλέχθηκαν σύμφωνα με τον χώρο τοποθέτησης του με στόχο την κάλυψη των προδιαγραφών του ISO για την λειτουργία του μηχανουργείου. Η μελέτη εγκατάστασης με τις προδιαγραφές ISO συνοδεύεται από τα παρακάτω σχεδιαγράμματα.

- Το διάγραμμα κάτοψης μηχανολογικού εξοπλισμού περιλαμβάνει τα παρακάτω:
 - Διαστάσεις και αποστάσεις των κτιριακών εγκαταστάσεων.
 - Οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις μέσα στα κτίρια στις οποίες θα σημειώνονται τα μηχανήματα με περίγραμμα, χωρίς λεπτομέρειες αλλά με κλίμακα και αρίθμηση.
 - Πινακίδα στην οποία θα φαίνεται το είδος των μηχανημάτων, η κινητήρια και η θερμική ισχύς τους σε KW με αρίθμηση σύμφωνη με το προηγούμενο.
 - Το σύνολο της εγκατεστημένης κινητήριας και θερμικής ισχύος σε KW.
 - Απεικόνιση του ίχνους των τομών.

➤ Τα διαγράμματα τομής του μηχανολογικού εξοπλισμού περιλαμβάνουν τα παρακάτω (σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτούνται περισσότερα από ένα για την καλύτερη απεικόνιση):

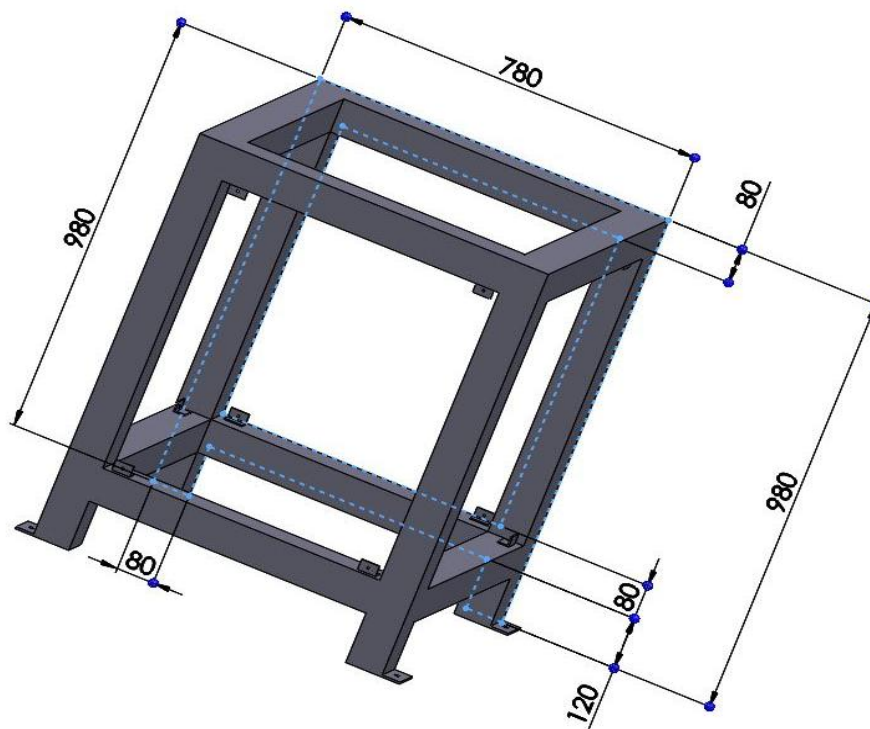
- Διαστάσεις και αποστάσεις.
- Οι πόρτες και τα παράθυρα των κτιρίων.
- Οι μηχανολογικές εγκαταστάσεις μέσα στα κτίρια στις οποίες θα σημειώνονται τα μηχανήματα με περίγραμμα σε προβολή, χωρίς λεπτομέρειες αλλά με κλίμακα και αρίθμηση.
- Πινακίδα στην οποία θα φαίνεται το είδος των μηχανημάτων, η κινητήρια και η θερμική ισχύς τους σε kW με αρίθμηση σύμφωνη με το διάγραμμα κάτοψης.

Άρα σύμφωνα με τα προαναφερόμενα η τελική μορφή του κουρμπαδору NC απεικονίζεται στη Εικόνα 30.



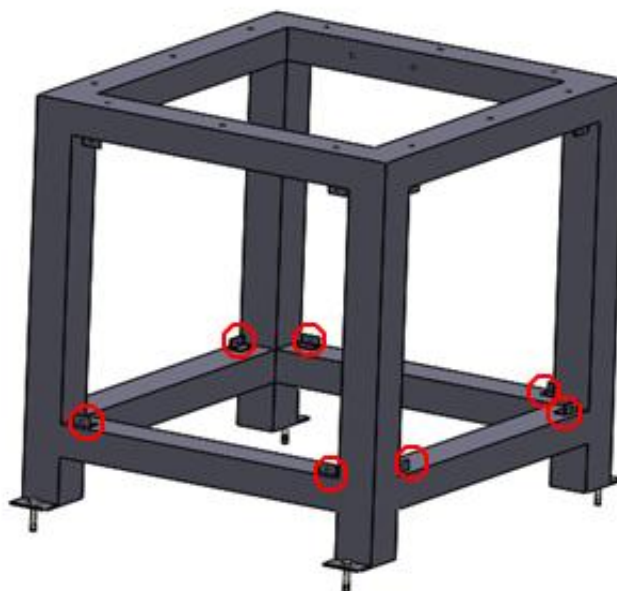
Σχήμα 30: Τελική μορφή κουρμπαδору

Αρχικά δημιουργείται το πλαίσιο του κουρμπαδору απο κοιλοδοκό, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από χάλυβα και προτείνεται διότι έχει καλές μηχανικές ιδιότητες, διαστάσεων 80x80mm και πάχους 3mm. Οι διαστάσεις του τελικού πλαισίου είναι 980mm ύψος και 780x780mm (μήκος x πλάτος). Στα τέσσερα πόδια του κουρμπαδору τοποθετήθηκαν ελάσματα πάχους 5mm με οπή Φ12 mm για την ασφαλή πρόσδεση του μηχανήματος στο έδαφος. Τα τέσσερα πόδια στερεώνονται στο έδαφος με βίδες M10x70.



Σχήμα 31: Πλαίσιο κουρμπαδору NC

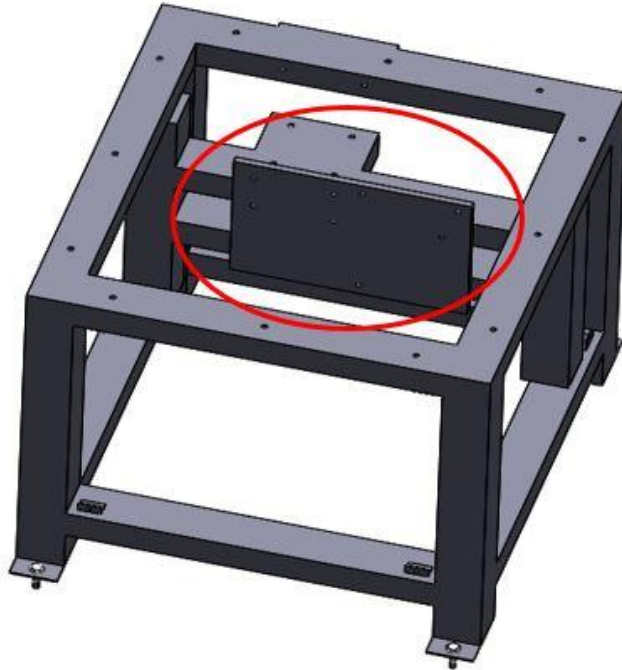
Η συγκόλληση τμημάτων γωνιακής λάμας 25x25mm με σπείρωμα στο κέντρο M5 στις 4 ακμές κάθε πλευράς για την τοποθέτηση των πλευρικών καλυμμάτων. Σημειώνεται ότι οι συγκολλήσεις είναι ίδιες σε όλα τα τμήματα του κουρμπαδору



Σχήμα 32: Απεικόνιση συγκολλήσεων

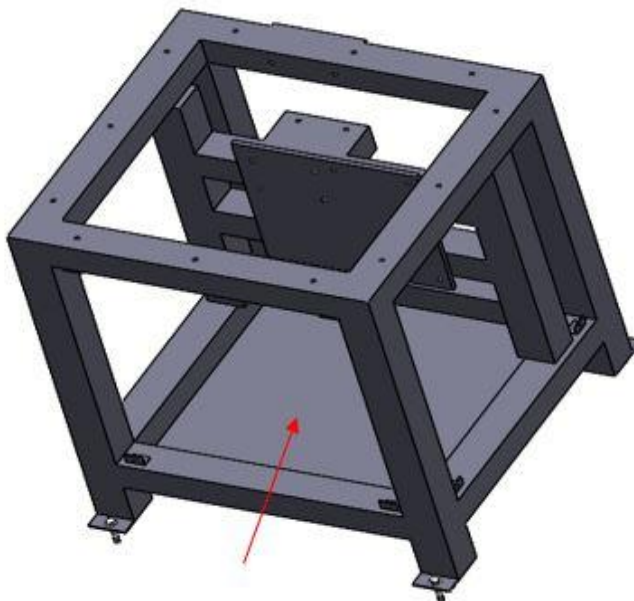
Ακολουθεί η δημιουργία εσωτερικού πλαισίου στήριξης των εδράνων των αλυσοτροχών από κοιλοδοκό (χάλυβα) 80x80mm και πάχους 3mm. Τοποθέτηση

πλάκας πάχους 12mm για την ασφαλή στερέωση του κινητήρα και του μειωτήρα του κουρμπαδόρου.



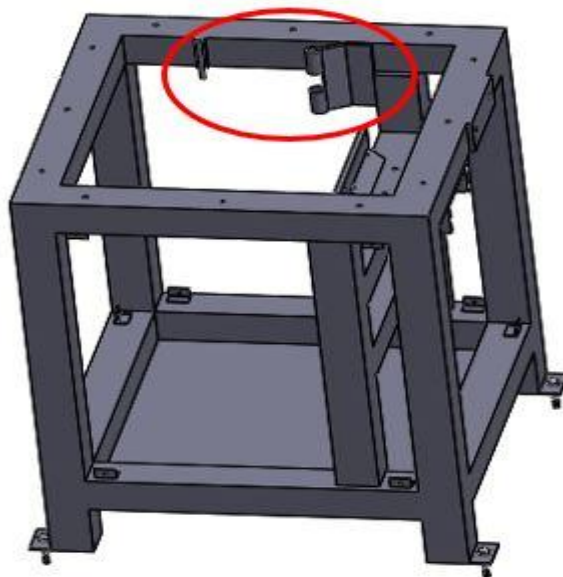
Σχήμα 33: Εσωτερικό πλαίσιο στήριξης

Στην συνέχεια γίνεται η τοποθέτηση λαμαρίνας πάχους 1,2mm στο κάτω μέρος του κουρμπαδόρου ώστε να μην είναι δυνατή η εισχώρηση ξένων σωμάτων στο εσωτερικό του.



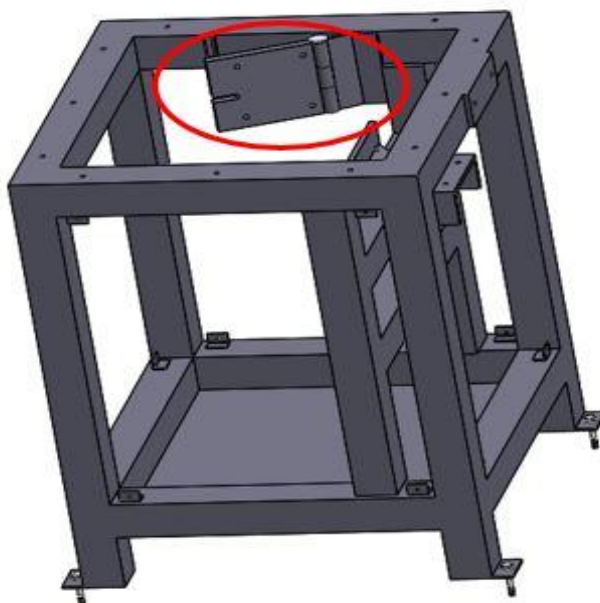
Σχήμα 34: Τοποθέτησης λαμαρίνας για την αποφυγή εισχώρησης ξένων σωμάτων

Ακολουθεί η δημιουργία της μεταλλικής βάσης από χάλυβα πάχους 10mm για την στερέωση και την λειτουργία του τεντωτήρα. Η μεταλλική βάση κατασκευάζεται με την ύπαρξη της άρθρωσης με στόχο να διατηρεί την απαραίτητη τάση κατά την λειτουργία του συστήματος των αλυσοτροχών. Επιπλέον, χρησιμοποιείται για διευκόλυνση συντήρησης του κουρμπαδόρου (αφαίρεση αλυσίδας).



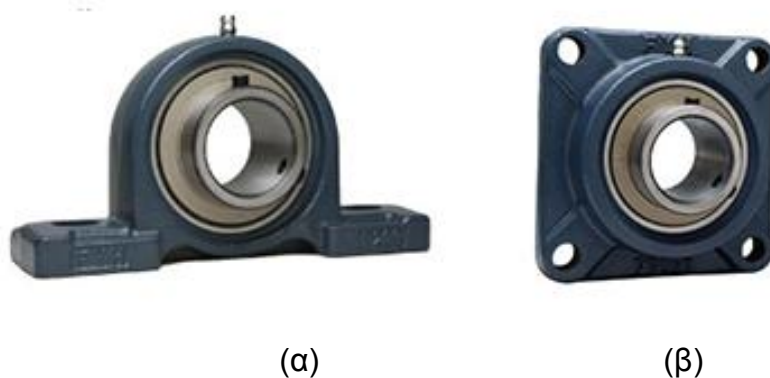
Σχήμα 35: Μεταλλική βάση για την στερέωση του τεντωτήρα

Έπειτα γίνεται η τοποθέτηση λαπάτσας πάχους 10mm για την στερέωση του τεντωτήρα και η ασφάλισή της γίνεται με πείρο συγκράτησης διαμέτρου 20mm.

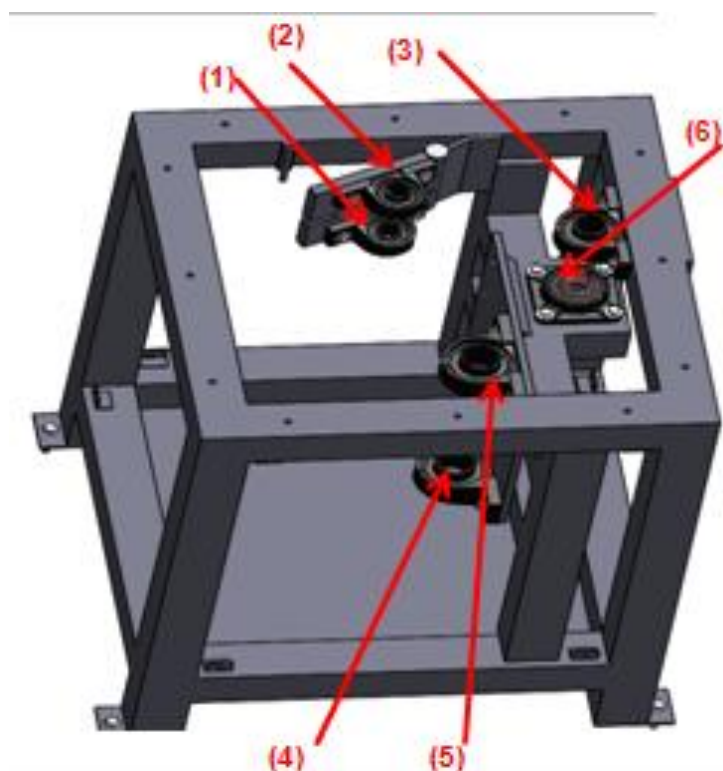


Σχήμα 36: Τοποθέτηση λαπάτσας

Στην συνέχεια πραγματοποιείται η σχεδίαση των έξι εδράνων ολίσθησης (κουζινέτα) τύπου UCP και UCF για την στερέωση των αξόνων των τριών αλυσοτροχών με βίδες πάνω στο σώμα του κουρμπαδόρου. Σημειώνεται ότι και τα έξι έδρανα ολίσθησης διαθέτουν βάση από χυτοσίδηρο και αποτελούνται από δύο ειδικά σχεδιασμένες βίδες στο εσωτερικό δακτυλίδι με διαφορά γωνίας 120° για καλύτερη συγκράτηση του άξονα και αξιοπιστία. Τα έδρανα ολίσθησης τύπου UCP που τοποθετούνται είναι πέντε και το έδρανο ολίσθησης τύπου UCF είναι ένα. Η διαφορά που παρουσιάζουν είναι στη σχεδίαση όπου το UCP είναι ορθογωνικής με δύο οπές για την στερέωση ενώ το UCF διαθέτει τέσσερις οπές και έχει τετραγωνική σχεδίαση.



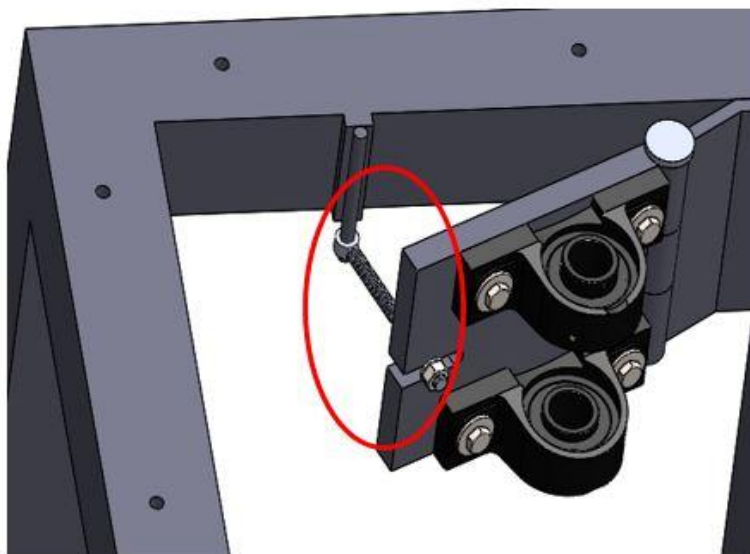
Εικόνα 27: Έδρανα ολίσθησης κουρμπαδόρου NC α) τύπος UCP και β) τύπος UCF
[Πηγή: www.anastasopoulos.gr]



Σχήμα 37: Σχεδίαση εδράνων ολίσθησης τύπου UCP (1-5) και UCF (6)

Οι τύποι των εδράνων ολίσθησης επιλέχθηκαν με στόχο την δυνατότητα λίπανσης τους για την μείωση της τριβής που αναπτύσσεται στα σημεία αυτά. Επιπλέον, η λίπανση που μπορεί να πραγματοποιηθεί έχει την δυνατότητα να μειώνει τη φθορά τους, να διευκολύνει την εκτεταμένη χρήση τους σε όποια ταχύτητα περιστροφής και να αποφεύγεται η υπερθέρμανση και η πρόωρη αστοχία των εδράνων ολίσθησης.

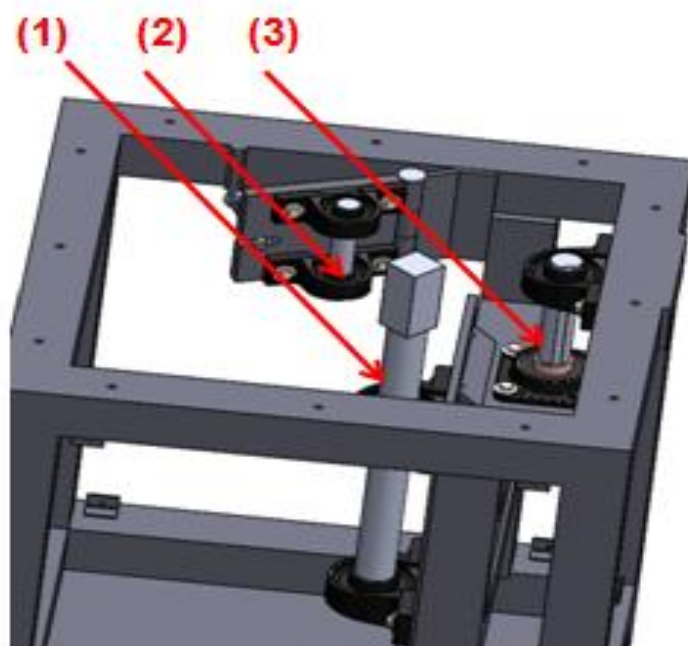
Ακολουθεί η ασφάλιση και ρύθμιση του τεντωτήρα με την χρήση άρθρωσης μέσω του σπειρώματος M10 που διαθέτει. Σημειώνεται ότι χρήση του τεντωτήρα γίνεται με στόχο την συγκράτηση του συστήματος των τροχών και της αλυσίδας με στόχο την αποφυγή της ταλάντωσης. Στην ουσία ο ρόλος του είναι να κρατά τεντωμένη της αλυσίδα και να παρέχει την απαραίτητη τάση (τάνυση). Ακόμα, πραγματοποιείται συχνός έλεγχος για λειτουργική του κατάσταση. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει τεντωτήρας ή δεν παρέχει την κατάλληλη τάνυση τότε κατά την διάρκεια της κίνησης μπορεί να πραγματοποιείται αναπήδηση του οδόντα με συνέπεια να υπάρξει προβλημάτων κατά την λειτουργία του.



Σχήμα 38: Ασφάλεια του τεντωτήρα

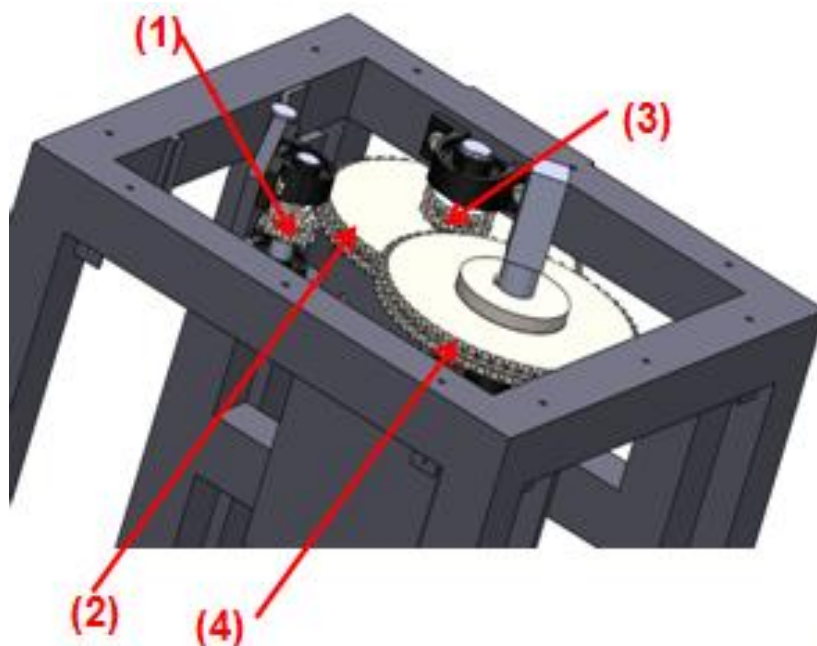
Πραγματοποιείται η τοποθέτηση των τριών αξόνων των αλυσοτροχών μέσα στα έδρανα κυλίσεως. Οι άξονες είναι από ανοξείδωτο χάλυβα δηλαδή κράμα σιδήρου-άνθρακα-χρωμίου με μικρή περιεκτικότητα χρωμίου, το οποίο προστατεύει το μεταλλικό υπόστρωμα από την οξείδωση και διάβρωση. Συγκρινόμενοι οι ανοξείδωτοι χάλυβες με τους κοινούς χάλυβες έχουν πολύ υψηλότερη αντοχή στην διάβρωση και παρουσιάζουν υψηλότερη μηχανική αντοχή. Ωστόσο, είναι πιο σκληροί από τους κοινούς χάλυβες και για αυτό τον λόγο θεωρούνται δυσκατέργαστοι. Οι ανοξείδωτοι χάλυβες παρουσιάζουν επίσης χαμηλή θερμική αγωγιμότητα.

Όσο αφορά την απόσταση των αξόνων δεν καθορίζεται από κάποιες συγκεκριμένες προδιαγραφές. Οι αποστάσεις επιλέχθηκαν σύμφωνα με την εμπειρία καθώς επίσης και με τις διαστάσεις των τροχών που επιλέχθηκαν για την μετάδοση της κίνησης.



Σχήμα 39: Σχεδίαση αξόνων για τοποθέτηση αλυσοτροχών

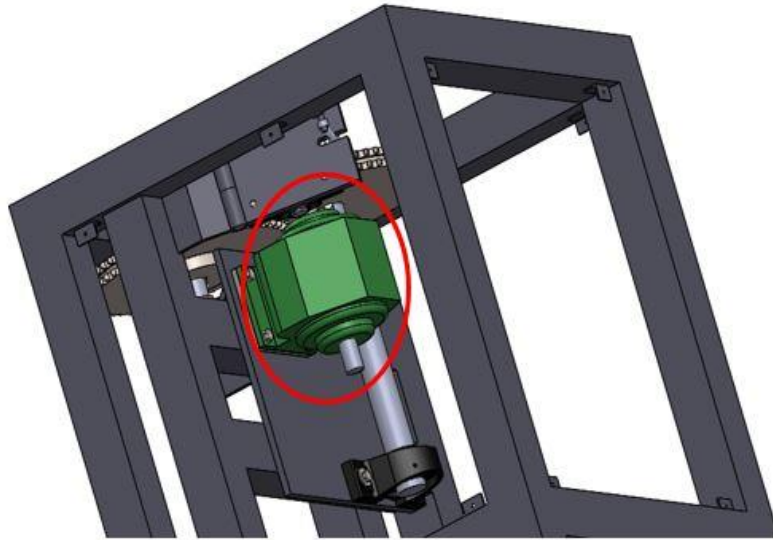
Η εγκατάσταση των τεσσάρων αλυσοτροχών στους άξονες περιστροφής και η διασφάλιση της ταυτόχρονης περιστροφής των αξόνων με τους αλυσοτροχούς γίνεται χρησιμοποιώντας σφηνόδρομους ορθογωνικής διατομής. Οι αλυσίδες που χρησιμοποιούνται είναι τύπου 12B και χρησιμοποιούνται και για εργαλειομηχανές βαρέου τύπου. Επιπλέον, ελέχθησαν σύμφωνα με την βιβλιογραφία και τα απαραίτητα νομογραφήματα (Παπαδόπουλος, 2014) στα οποία απαιτείται για τον υπολογισμό η ονομαστική ισχύς και ο αρχικός αριθμός στροφών.



Σχήμα 40: Σχεδίαση αλυσοτροχών τύπου 12B και αντίστοιχών σφηνοδρόμων. (1) 11 Δόντια, (2) 57 Δόντια, (3) 11 Δόντια, (4) 57 Δόντια

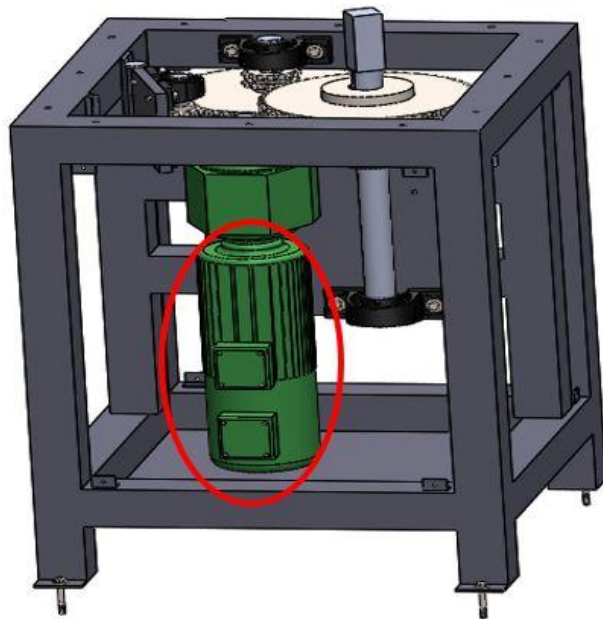
Σημειώνεται ότι κατά την ολοκλήρωση της σχεδίασης του συγκεκριμένου τμήματος διαπιστώθηκε ότι οι άξονες είναι τοποθετημένοι στην βέλτιστη δυνατή θέση.

Στην συνέχεια του σχεδιασμού γίνεται η εισαγωγή μειωτήρα στροφών για να επιτευχθεί ο απαιτούμενος αριθμός στροφών για την διαμόρφωση των σωληνώσεων (κουρμπάρισμα). Ο κουρμπαδόρος, όπως έχει προαναφερθεί στο θεωρητικό τμήμα της παρούσας εργασίας, κατατάσσεται στις αργόστροφες εργαλειομηχανές με συνέπεια οι στροφές που απαιτούνται για την πραγματοποίηση των συγκεκριμένων κατεργασιών να μην ξεπερνούν τις 5 rpm.



Σχήμα 41: Σχεδιασμός μειωτήρα 1/30 κουρμπαδόρου

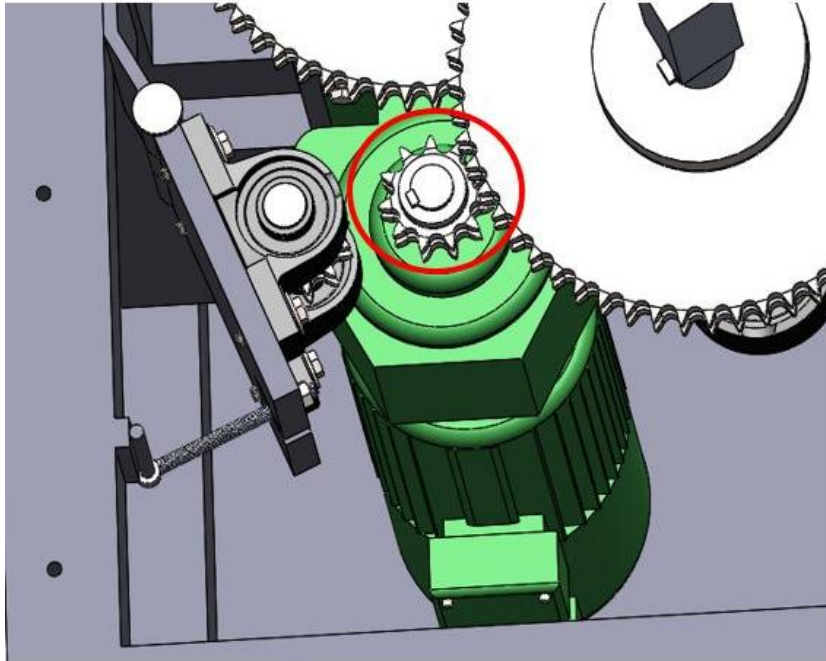
Ωστόσο, ένα από τα βασικά μέρη του κουρμπαδόρου για την λειτουργία του είναι η εγκατάσταση του κινητήρα του ο οποίος τοποθετείται σε σειρά με τον μειωτήρα.



Σχήμα 42: Σχεδιασμός κινητήρα 3.8kW κουρμπαδόρου

Αυτό που θα πρέπει να τονιστεί είναι ότι η στερέωση του κινητήρα γίνεται πάνω στον βασικό άξονα περιστροφής του μειωτήρα διότι θεωρείται ως η καταλληλότερη θέση στήριξης για τις στρεπτικές ροπές που αναπτύσσονται.

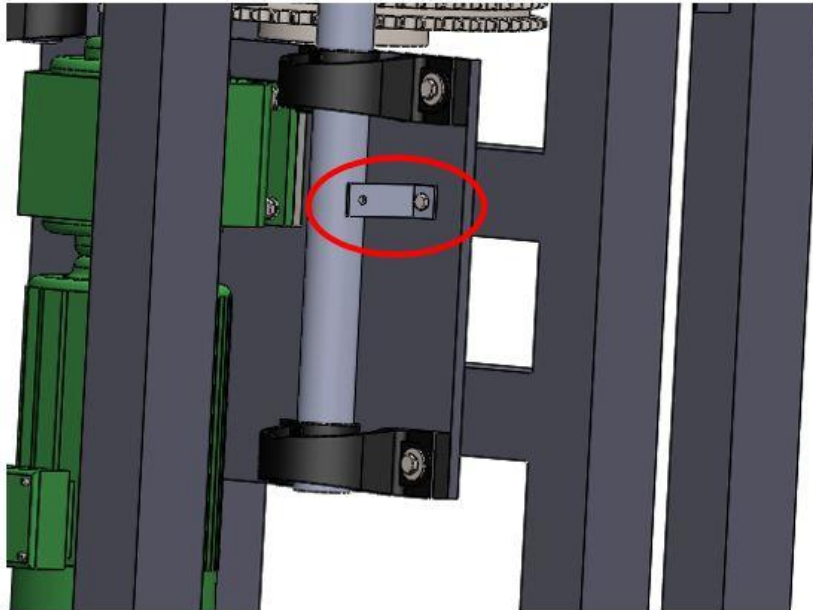
Ακολουθεί η στερέωση του αλυσοτροχού που βρίσκεται στον άξονα του μειωτήρα με σφηνόδρομο, όπου χρησιμοποιείται με σκοπό την αποφυγή ολίσθησης μεταξύ του άξονα του μοτέρ και τις εσωτερικής επιφάνειας του αλυσοτροχού. Το αποτέλεσμα είναι η ασφαλή μεταφορά κίνησης.



Σχήμα 43: Σχεδιασμός στερέωσης αλυσοτροχού

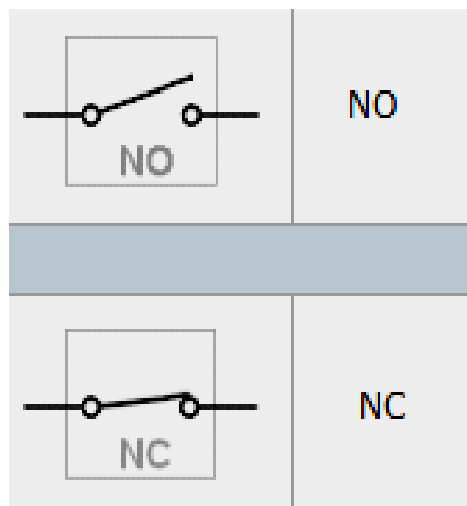
Στερέωση με κοχλία M8x20 της βάσης του στροφόμετρου στον τελικό άξονα περιστροφής του κουρμπανόρου. Το στροφόμετρο είναι ένα ταχύμετρο που χρησιμοποιείται για να καταγράψει την ταχύτητα περιστροφής του άξονα μιας εργαλειομηχανής. Το στροφόμετρο δείχνει τις στροφές κατά την οποία ο άξονας κινείται, η οποία είναι πολύ χρήσιμη για τον έλεγχο της κίνησης.

Στην ουσία το στροφόμετρο αποτελείται από ένα μόνιμο μαγνήτη με τμήμα προέκτασης του πόλου, γύρω από το οποίο είναι τυλιγμένο ένα πηνίο. Ένα οδοντωτό γρανάζι από σιδηρομαγνητικό υλικό είναι στερεωμένο πάνω στον άξονα του οποίου τις στροφές επιθυμείται η μέτρηση. Καθώς περιστρέφεται ο άξονας, η μαγνητική ροή που περνάει από το πηνίο μεταβάλλεται συνεχώς με αποτέλεσμα να παράγεται ένα αναλογικό σήμα τάσης. Ο μικροϋπολογιστής υπολογίζει την ταχύτητα των στροφών του άξονα από τη συχνότητα και το πλάτος του παραγόμενου σήματος.



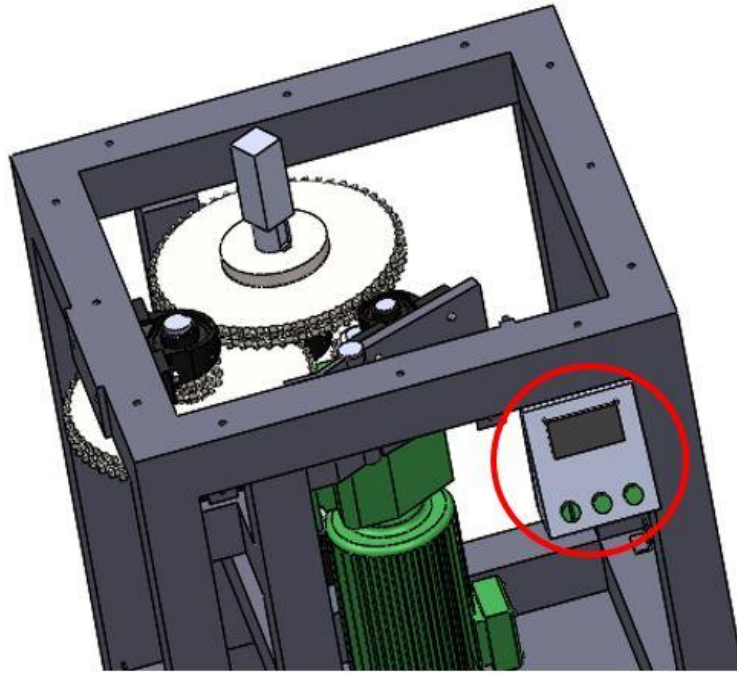
Σχήμα 44: Σχεδιασμός της βάσης του στροφόμετρου

Στην συνέχεια απεικονίζεται η συγκόλληση του πλαισίου που περιέχει τα controls buttons ελέγχου του κουρμπαδόρου. Σημειώνεται ότι τα controls buttons είναι διακόπτες με αυτόματη επαναφορά και με συνεχή απόκριση. Τα controls buttons χαρακτηρίζονται και σαν push-to-make αφού είναι NO και πρέπει να πατηθούν για να κλείσει η επαφή. Τα controls buttons όπου, αντίστροφα, είναι NC και πρέπει να πατηθούν για να ανοίξει η επαφή, χαρακτηρίζονται σαν push-to-break.



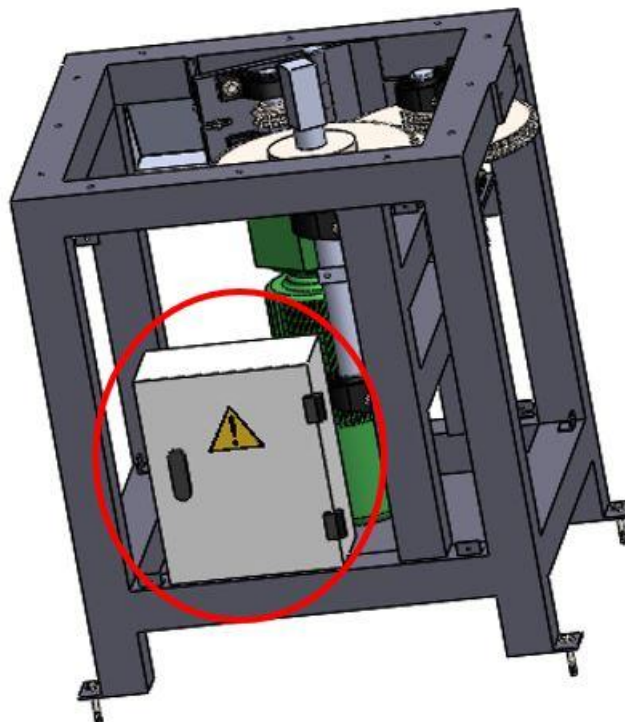
Εικόνα 28: Controls buttons και διαγράμματα συμβολισμού

Ωστόσο, απαραίτητο στην λειτουργία μιας εργαλειομηχανής είναι το emergency button (μανιτάρι) το οποίο χρησιμοποιείται για την ακαριαία διακοπή της λειτουργίας της μηχανής κατά την κατεργασία αν θεωρηθεί απαραίτητο. Στην περίπτωση του κουρμπαδόρου NC λόγω του μικρού αριθμού στρόφων δεν κρίθηκε απαραίτητο.



Σχήμα 45: Button ελέγχου του κουρμπαδόρου

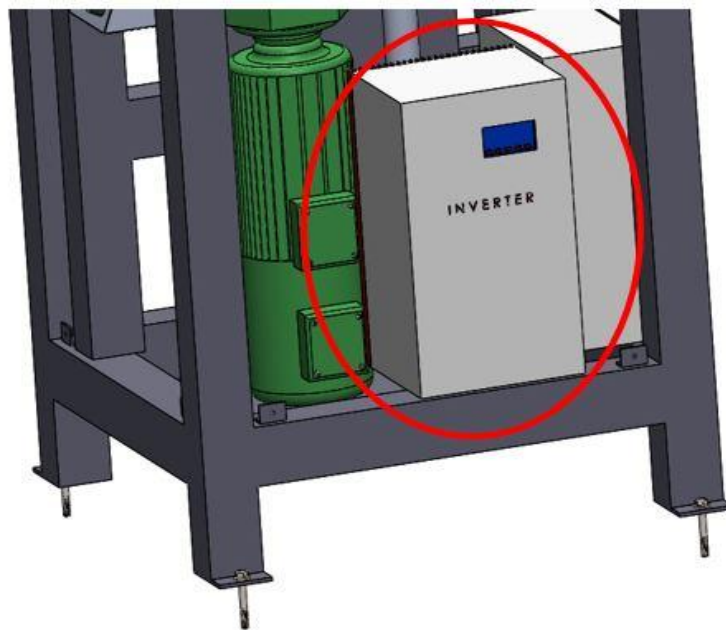
Ακολουθεί η εγκατάσταση και σύνδεση του ηλεκτρολογικού πίνακα του κουρμπαδόρου.



Σχήμα 46: Απεικόνιση ηλεκτρολογικού πίνακα (ρελέ, μικρορελέ, αυτοματισμοί)

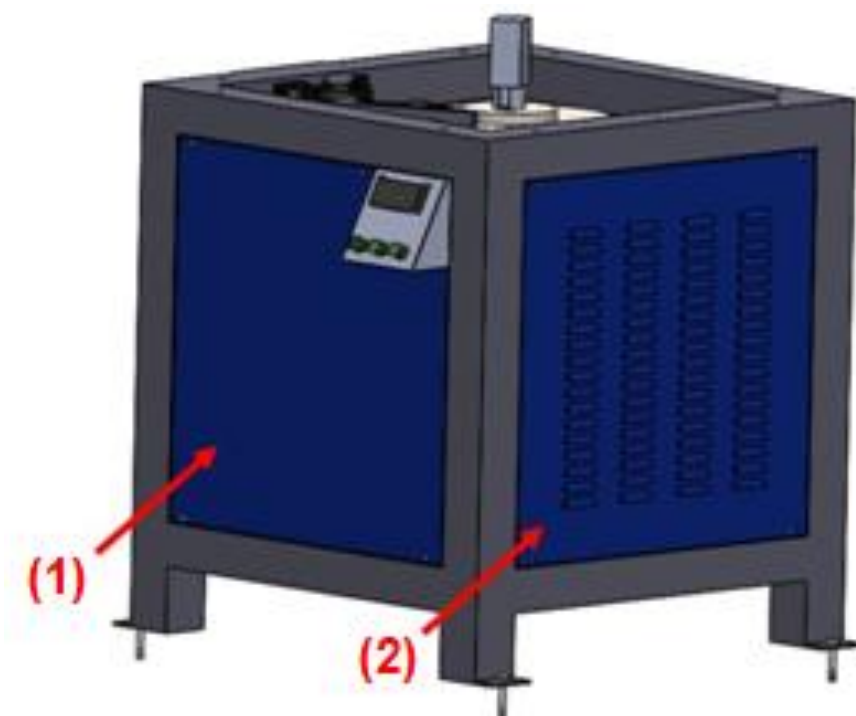
Στην συνέχεια τοποθετείται ο αντιστροφέας (inverter) του κουρμπαδόρου ώστε να επιτευχθεί με ακρίβεια η ρύθμιση των στροφών του. Με τη χρήση του αντιστροφέα (inverter) δεν επιτυγχάνεται μόνο η ρύθμιση των στροφών των ασύγχρονων κινητήρων αλλά ταυτοχρόνως σχεδόν εκμηδενιστήκαν μειονεκτήματα όπως:

- Ομαλή εκκίνηση και μάλιστα ρυθμιζόμενη με μικρό ρεύμα εκκίνησης
- Ομαλή πέδηση
- Αύξηση της ροπής εκκινήσεως
- Δυνατότητα αυτόματης ή προγραμματιζόμενης ρύθμισης
- Πλήρη έλεγχο των στροφών
- Εξοικονόμηση ενέργειας
- Δυνατότητα αλλαγής φοράς περιστροφής χωρίς επιπλέον διακόπτες
- Αυξημένη προστασία του κινητήρα

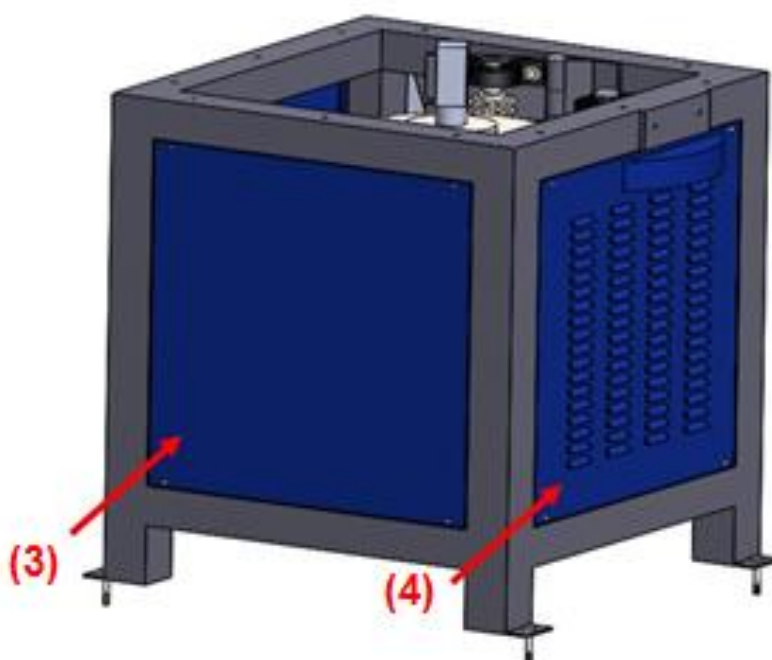


Σχήμα 47: Απεικόνιση Inverter 4 kW κουρμπαδόρου

Στην συνέχεια πραγματοποιείται η τοποθέτηση των τεσσάρων πλαϊνών καλυμμάτων, τα οποία προστατεύουν το εσωτερικό του κουρμπαδόρου από σκόνη και ξένα σώματα με στόχο την βέλτιστη λειτουργία του.

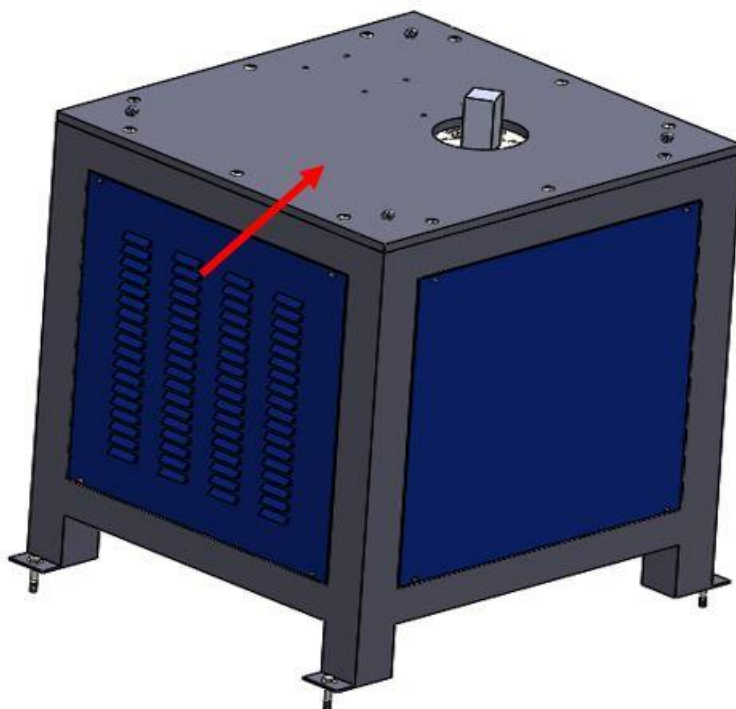


Σχήμα 48: Σχεδιασμός πλαϊνών καλυμμάτων (1 και 2)



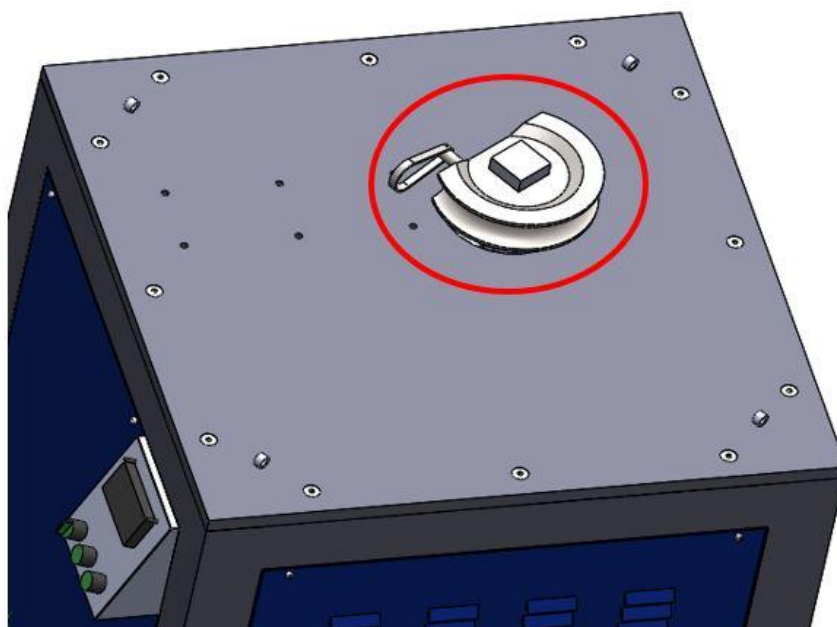
Σχήμα 49: Σχεδιασμός πλαϊνών καλυμμάτων (3 και 4)

Ακολουθεί η στερέωση του καπακιού του κουρμπαδόρου και των στηριγμάτων για την ανύψωσή του.



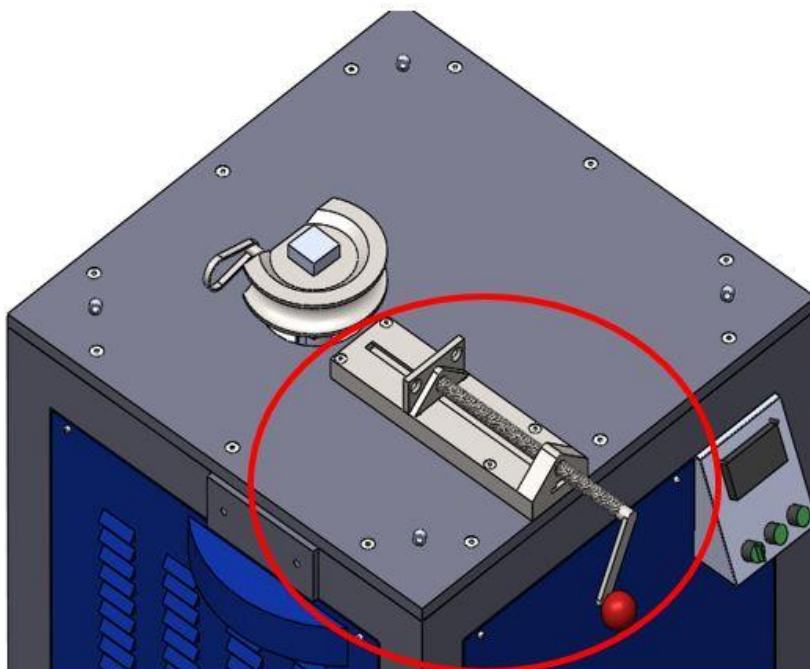
Σχήμα 50: Καπάκι κουρμπαδόρου

Στο σημείο αυτό γίνεται ο βασικός σχεδιασμός του κουρμπαδόρου αφού πραγματοποιείται η τοποθέτηση περιστρεφόμενου καλούπιου για το κουρμπάρισμα σωλήνα. Τονίζεται ότι το καλούπι έχει την δυνατότητα να αποσπάται από τον κουρμπαδόρο με στόχο να τοποθετείται διαφορετικό καλούπι για την κατεργασία διαφορετικών γεωμετριών.



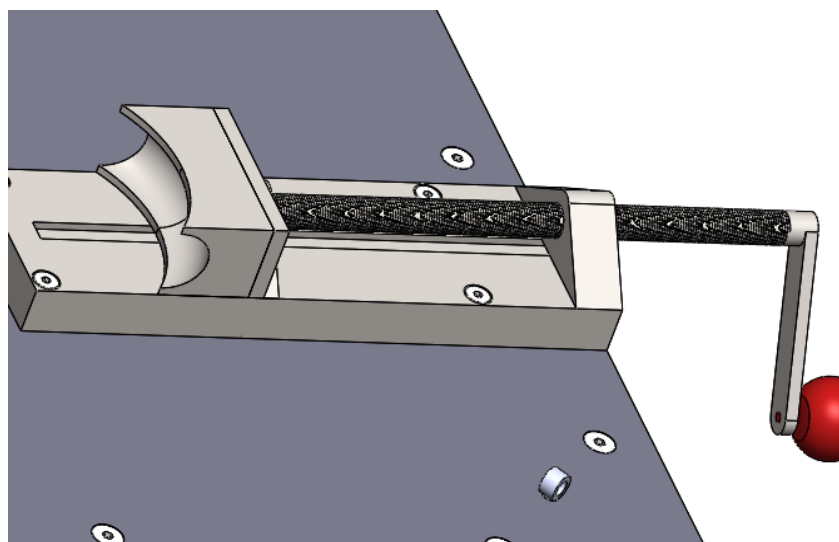
Σχήμα 51: Σχεδιασμός συστήματος κουρμπαρίσματος

Στην συνέχεια γίνεται η εγκατάσταση μέγγενης για την εμπλοκή και απεμπλοκή των σταθερών καλουπιών.



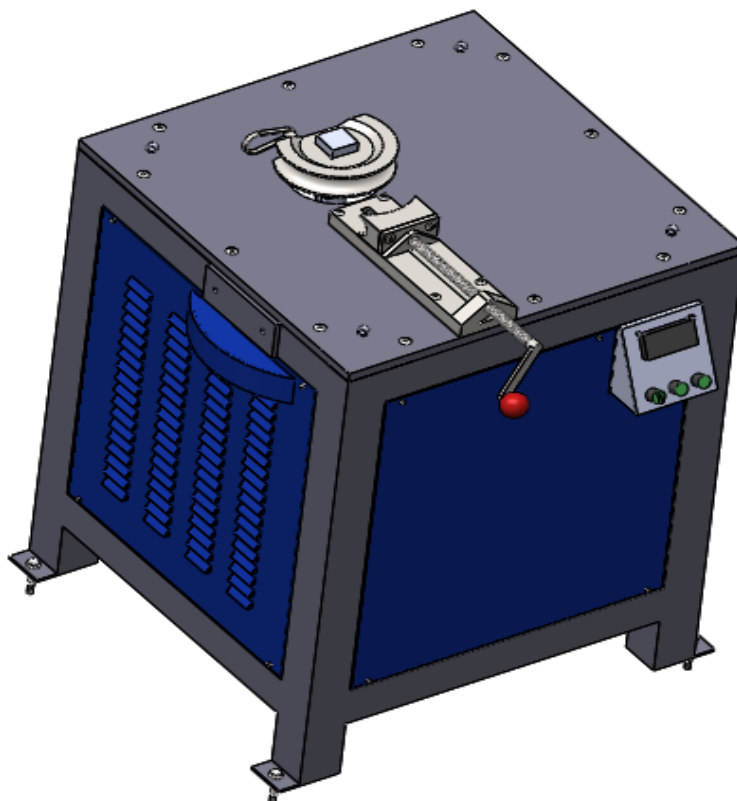
Σχήμα 52: Σχεδιασμός μέγγενης

Ωστόσο, για να υπάρχει η απαραίτητη σταθερότητα πραγματοποιείται το βίδωμα του σταθερού καλουπιού πάνω στη σιαγόνα της μέγγενης.

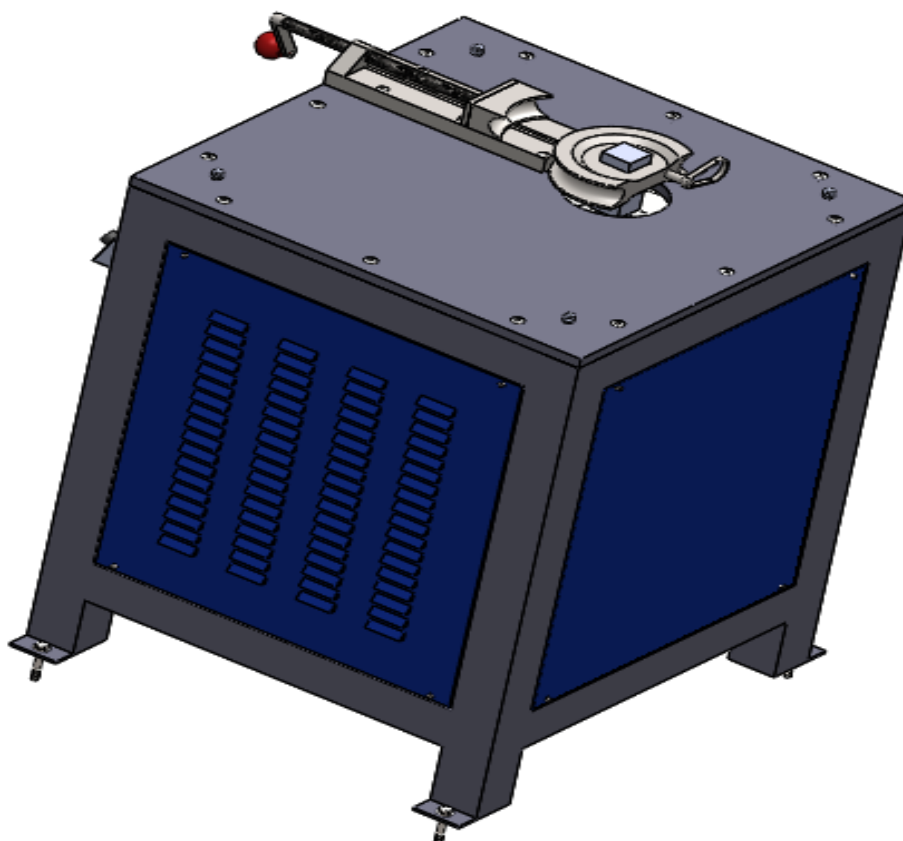


Σχήμα 53: Σταθεροποίηση καλουπιού

Σε αυτό το σημείο έχει πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός του κουρμπαδός και μπορεί να απεικονιστεί το assembly.



Σχήμα 54: Τελική μορφή κουρμπαδору NC

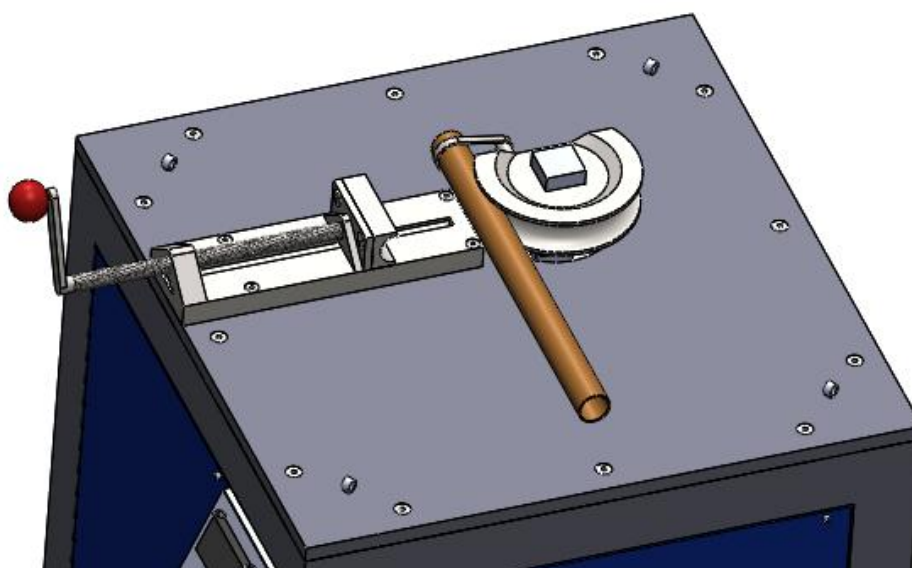


Σχήμα 55: Τελική μορφή κουρμπαδору NC

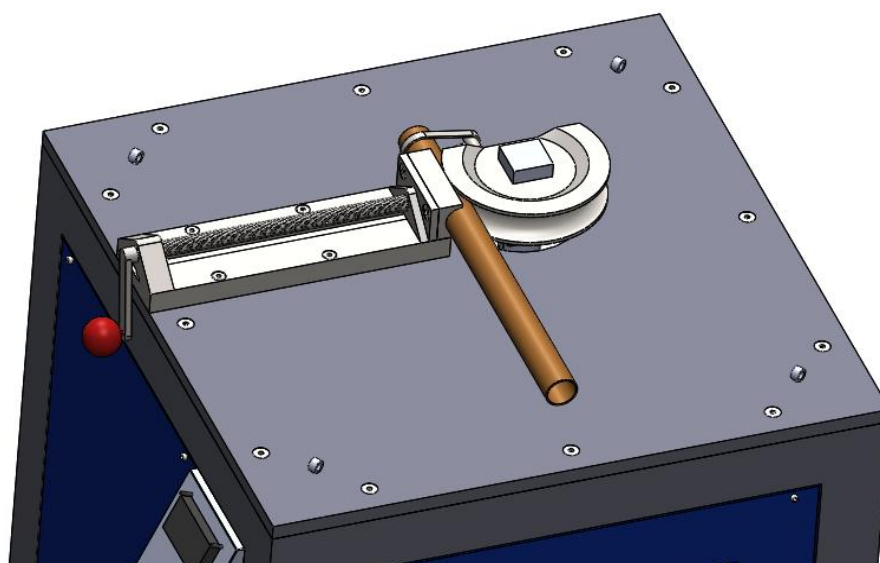
5.2.1. Αρχή λειτουργίας κουρμπαδούρου

Η αρχή λειτουργίας του κουρμπαδούρου NC θεωρείται αρκετά απλή όπως έχει περιγράψει σε προηγούμενο Κεφάλαιο. Ωστόσο, για την πλήρη κατανόηση της λειτουργίας δίνεται μια ακολουθία σχημάτων.

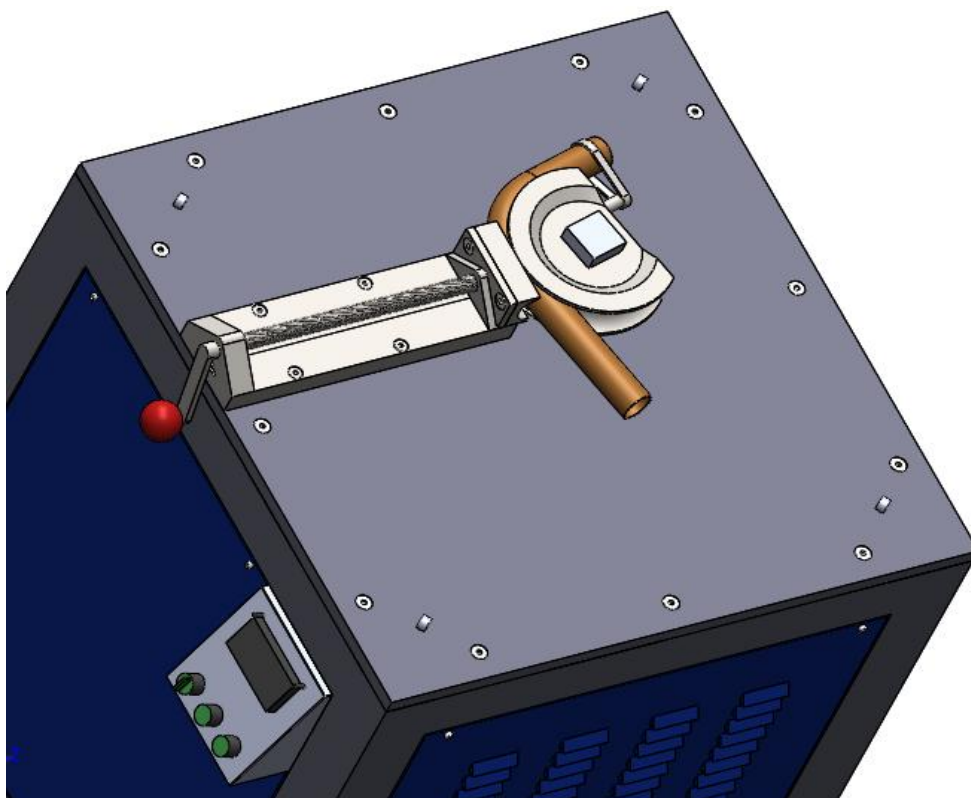
Το πρώτο βήμα είναι η εισαγωγή του υλικού προς κατεργασία που στην περίπτωση της παρούσας εργασίας είναι ένας σωλήνας, στον δακτύλιο του εσωτερικού κινητού καλουπιού (Σχήμα 56). Στην συνέχεια πραγματοποιείται η ασφάλιση του σωλήνα με το σταθερό καλούπι μέσω της μέγγενης (Σχήμα 57). Αφού ασκηθεί η κατάλληλη δύναμη με την βοήθεια του ηλεκτροκινητήρα ξεκινά η μορφοποίηση, δηλαδή το κουρμπάρισμα του τεμαχίου (Σχήμα 58). Στην συνέχεια ολοκληρώνεται το κουρμπάρισμα των 180° του τεμαχίου (Σχήμα 59), όπου απασφαλίζεται το τεμάχιο – προϊόν που μορφοποιήθηκε και απομακρύνεται από την εργαλειομηχανή.



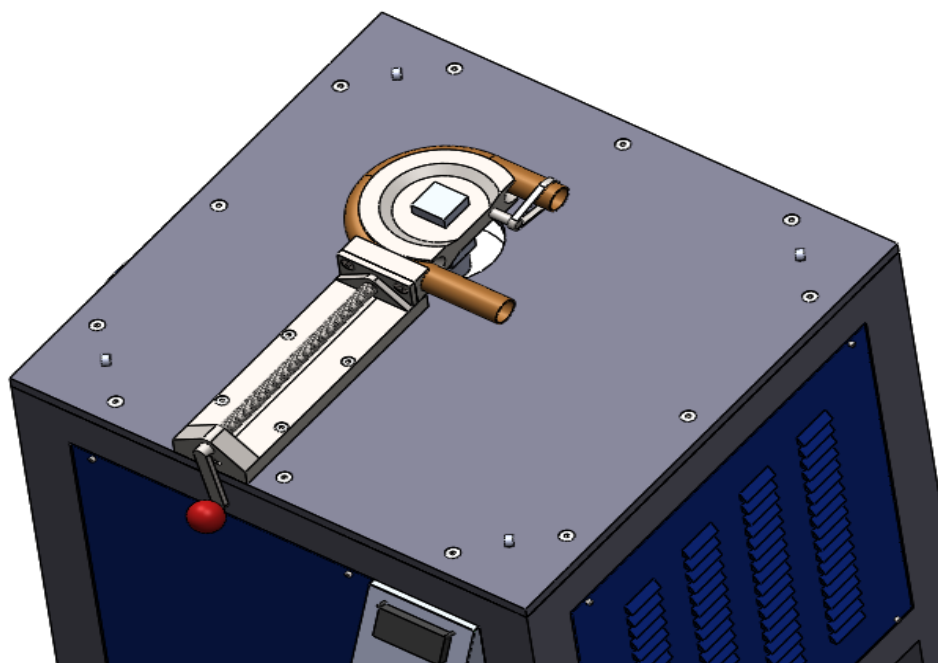
Σχήμα 56: Εισαγωγή στον δακτύλιο του εσωτερικού κινητού καλουπιού



Σχήμα 57: Ασφάλιση του σωλήνα με το σταθερό καλούπι μέσω της μέγγενης



Σχήμα 58: Μορφοποίηση σωλήνα για την διάρκεια του κουρμπάρισματος



Σχήμα 59: Κουρμπάρισμα σωλήνα 180 μοιρών

6. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΥ

6.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο παρόν κεφάλαιο θα υπολογίσουμε τα βασικά στοιχεία του κουρμπαδόρου που σχεδιάστηκαν με στόχο την υλοποίηση της κατασκευής. Σκοπός είναι ο κουρμπαδόρος να μπορεί να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις του μηχανουργείου πραγματοποιώντας τα πιο απαιτητικά κουρμπαρίσματα.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του κουρμπαδόρου το οποίο επηρεάζει την κίνηση εκτός από το μοτέρ και τον μειωτήρα είναι οι αλυσοτροχοί που έχουν τοποθετηθεί για την κίνηση. Οι αλυσοτροχοί παρουσιάζουν πολλά κοινά στοιχεία με τις αλυσίδες. Ωστόσο, η οδόντωση είναι αυτή που παίζει σημαντικό ρόλο αφού είναι διαφορετική για κάθε περίπτωση και πρέπει να προσαρμόζεται σύμφωνα με τα δεδομένα που δίνονται. Η οδόντωση θα πρέπει να είναι κατασκευασμένη με βασική προϋπόθεση να εμπλέκονται μεταξύ τους με τις ελάχιστες τριβές. Επιπλέον, η επιμήκυνση που παρουσιάζεται στην αλυσίδα κατά την λειτουργία της δεν πρέπει να ξεπερνά το 3% και πρέπει να υπολογίζεται με στόχο την εξασφάλιση του συστήματος μετάδοσης της κίνησης με συνέπεια να υπάρχει ηρεμία στην λειτουργία, αύξηση της διάρκειας ζωής καθώς και ασφάλεια του συστήματος.

Η μορφή των αλυσοτροχών καθορίζεται από τον αριθμό των οδοντωτών και τη μεταφερόμενη ισχύ. Ωστόσο, η επιλογή τους εξαρτάται από τους κατασκευαστικούς λόγους καθώς και από τον αριθμό των προς κατασκευή τεμαχίων. Οι μικροί αλυσοτροχοί κατασκευάζονται ως δίσκοι όπως και οι μεγάλοι με την διαφορά μπορούν να κατασκευαστούν και σαν βραχίονες. Σημειώνεται ότι οι μεγάλοι τροχοί κατασκευάζονται από χυτοσίδηρο ή χυτοχάλυβα για μέσες ταχύτητες και από βελτιωμένο χάλυβα για μεγαλύτερες ταχύτητες (Παπαδόπουλος, 2014 ; Στεργίου, 2002)

Στην συνέχεια θα πραγματοποιηθούν οι υπολογισμοί για την σχέση μετάδοσης, και την ταχύτητα περιστροφής των αλυσοτροχών με στόχο τον υπολογισμό της ροπής που απαιτείται για την πραγματοποίηση των κατεργασιών.

6.2. ΒΑΣΙΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Αρχικά πραγματοποιείται η επιλογή του κινητήρα ο οποίος θα έχει ροπή 20Nm και ταχύτητα περιστροφή 2750 rpm. Σε αυτό το σημείο υπενθυμίζεται ότι ο κινητήρας προϋπήρχε στην εταιρία από άλλη εργαλειομηχανή με αποτέλεσμα να χρησιμοποιηθεί με στόχο την μείωση του κόστους. Επιπλέον, επειδή απαιτείται μείωση των στροφών για την πραγματοποίηση της κατεργασίας θα τοποθετηθεί μειωτήρας ο οποίος θα έχει σχέση 1/30 με αποτέλεσμα οι στροφές που δίνονται από αυτόν στο σύστημα να υπολογίζονται ως εξής:

$$N_{\text{μειωτ ήρα}} = \frac{1}{30} * N_{\text{κίνητ ήρα}} \Rightarrow$$

$$N_{\text{μειωτ ήρα}} = \frac{1}{30} 2750 \text{ rpm} \Rightarrow$$

$$N_{\text{μειωτ ήρα}} = 91,67 \text{ rpm}$$

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στον μειωτήρα παρουσιάζονται κάποιες απώλειες ισχύος οι οποίες δεν ξεπερνούν το ποσοστό του 7,5%.

Ακολουθεί η επιλογή των οδοντωτών τροχών όπου όπως παρουσιάστηκαν κατά τον σχεδιασμό θα είναι τέσσερις. Ο αριθμός των οδόντων για κάθε ένα θα είναι ως εξής:

$$z_1 = 11$$

$$z_2 = 57$$

$$z_3 = 11$$

$$z_4 = 57$$

Η επιλογή των οδόντων πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με την βιβλιογραφική ανασκόπηση για τις εργαλειομηχανές και για τις απαιτήσεις της κίνηση που πρέπει να πραγματοποιήσουν. Από τον αριθμός των οδόντων μπορεί να υπολογισθεί η σχέση μετάδοσης και κατ' επέκταση ο αριθμός στροφών κάθε τροχού.

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

Άρα από την προαναφερόμενη σχέση υπολογίζεται η σχέση μετάδοσης, η οποία είναι η εξής:

$$i = \frac{z_2}{z_1} \Rightarrow i = \frac{57}{11} \Rightarrow i = 5,182$$

Από την ίδια σχέση υπολογίζεται η περιστροφική κίνηση του τροχού:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow n_2 = \frac{n_1}{i} \Rightarrow n_2 = \frac{91,67 \text{ rpm}}{5,182} \Rightarrow n_2 = 17,69 \text{ rpm}$$

Οι τροχοί 2 και 3 είναι τοποθετημένοι στον ίδιο άξονα με αποτέλεσμα να έχουν τις ίδιες στροφές άρα $n_2 = n_3 = 17,69 \text{ rpm}$. Ακολουθεί ο υπολογισμός των τελικών στροφών στον τροχό 4.

$$i = \frac{z_4}{z_3} = \frac{n_3}{n_4}$$

Σημειώνεται ότι η σχέση μετάδοσης είναι η ίδια, διότι έχουμε τον ίδιο αριθμό οδόντων.

$$i = \frac{n_3}{n_4} \Rightarrow n_4 = \frac{n_3}{i} \Rightarrow n_4 = \frac{17,69 \text{ rpm}}{5,182} \Rightarrow n_4 = 3,41 \text{ rpm}$$

Αφού υπολογίσθηκαν οι στροφές δίνεται η δυνατότητα να υπολογισθεί η τελική ροπή που απαιτείται για την πραγματοποίηση της κατεργασίας. Σημειώνεται ότι και στο τμήμα το τροχών υπάρχουν απώλειες οι οποίες δεν ξεπερνούν 2%. Οι απώλειες παίζουν σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό της τελικής ροπής. Ο κινητήρας που έχει επιλεγθεί έχει ονομαστική ισχύς 5,2 Hp.

Αρχικά υπολογίζεται η ισχύς που εξέρχεται από τον μειωτήρα σύμφωνα με τις απώλειες που παρουσιάζει.

$$N_1 = N - \varepsilon_r * N \Rightarrow N_1 = N * (1 - \varepsilon_r) \Rightarrow$$

$$N_1 = 5,2Hp * (1 - 0,075) \Rightarrow$$

$$N_1 = 4,81Hp \Rightarrow N_1 = 3,59kWatt$$

Ακολουθεί ο υπολογισμός της ισχύς που αποδίδουν οι τροχοί συνυπολογιζόμενες και οι απώλειες που παρουσιάζουν.

$$N_2 = N_1 - \varepsilon_t * N_1 \Rightarrow N_2 = N_1 * (1 - \varepsilon_t) \Rightarrow$$

$$N_2 = 3,59Hp * (1 - 0,02) \Rightarrow$$

$$N_2 = 3,52Hp \Rightarrow N_2 = 2,63kWatt$$

Άρα η ροπή στρέψης που απαιτείται για την πραγματοποίηση της κατεργασίας είναι η ακόλουθη:

$$Mt = 9550 * \frac{N_2}{n_4} \Rightarrow Mt = 9550 * \frac{2,63kWatt}{3,41rpm} \Rightarrow$$

$$Mt = 7365,54 Nm$$

7. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΥ NC

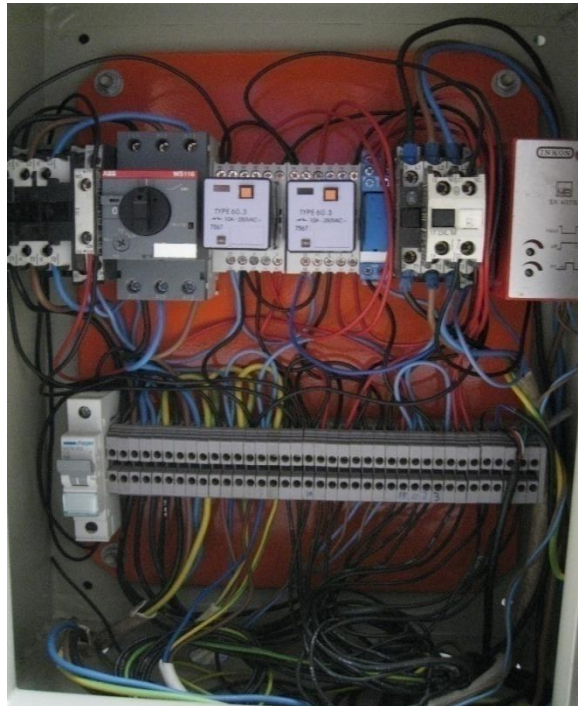
Στο Κεφάλαιο αυτό παρατίθενται το φωτογραφικό υλικό της κατασκευής του κουρμπαδόρου. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι για οικονομικούς λόγους ο κουρμπαδόρος δεν έχει τελειοποιηθεί. Για την ολοκλήρωσή του απαιτούνται ακόμα τα σταθερά και κινούμενα καλούπια καθώς και το σύστημα σύσφιξης με την μέγγενη.

Στην Εικόνα 29 απεικονίζεται ο inverter που χρησιμοποιήθηκε για την ρύθμιση των στρόφων. Ο inverter είναι 4kW της εταιρίας Lenze όπου θεωρείται αρκετά αξιόπιστη με καλή ποιότητα προϊόντων και μεγάλες δυνατότητες.



Εικόνα 29: Τριφασικός Inverter 4KW για την ρύθμιση των στρόφων

Στην συνέχεια ακολουθεί ο ηλεκτρολογικός πίνακας όποιος αποτελείται από ειδικό περίβλημα με στόχο να μην εισέρχεται η σκόνη καθώς και ξένα αντικείμενα. Σημειώνεται το περίβλημα θεωρείται απαραίτητο για την πλήρη ασφάλεια της λειτουργίας του. Ωστόσο, ο ηλεκτρολογικός πίνακας αποτελείται από ρελέ, μικρορελέ, που επίσης είναι σημαντικά για την ασφάλεια λειτουργία του καθώς και κάποιους αυτοματισμούς (Εικόνα 30).



Εικόνα 30: Ηλεκτρολογικός Πίνακας

Ακολουθεί ο κινητήρας που επιλέχτηκε για τον κουρμπάδρο NC, ο οποίος είναι της εταιρίας Sew-Usocose με ισχύ 3.8kW.



(α)



(β)

Εικόνα 31: (α) Κινητήρας κουρμπάδρου NC και πίνακας χαρακτηριστικών στοιχείων του κινητήρα

Στην συνέχεια ακολουθεί η απεικόνιση του μειωτήρα (Εικόνα 32) που επιλέχθηκε για τον κουρμπαδόρο. Η μειωτήρας που επιλέχθηκε είναι της εταιρίας Sew-Usocose για μετατροπή των στροφών με λόγο 1/30.



Εικόνα 32: Μειωτήρας μηχανήματος



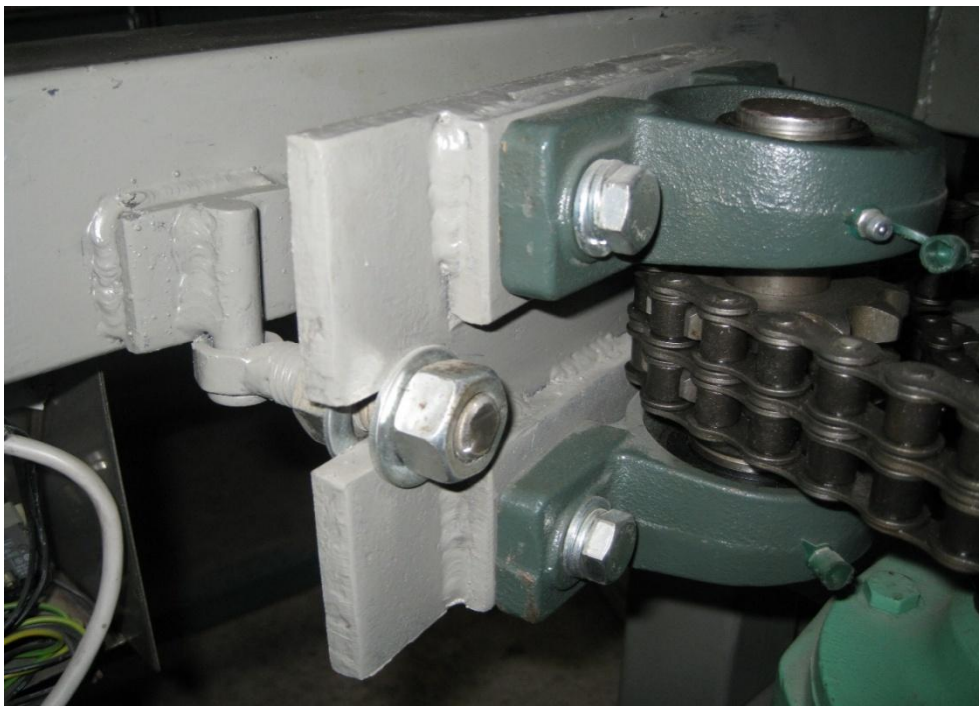
Εικόνα 33: Κομβία λειτουργίας και οθόνη για ανάγνωση των στροφών

Στην συνέχεια ακολουθεί το στροφόμετρο το οποίο είναι τοποθετημένο στον τελικό άξονα για την κίνηση.



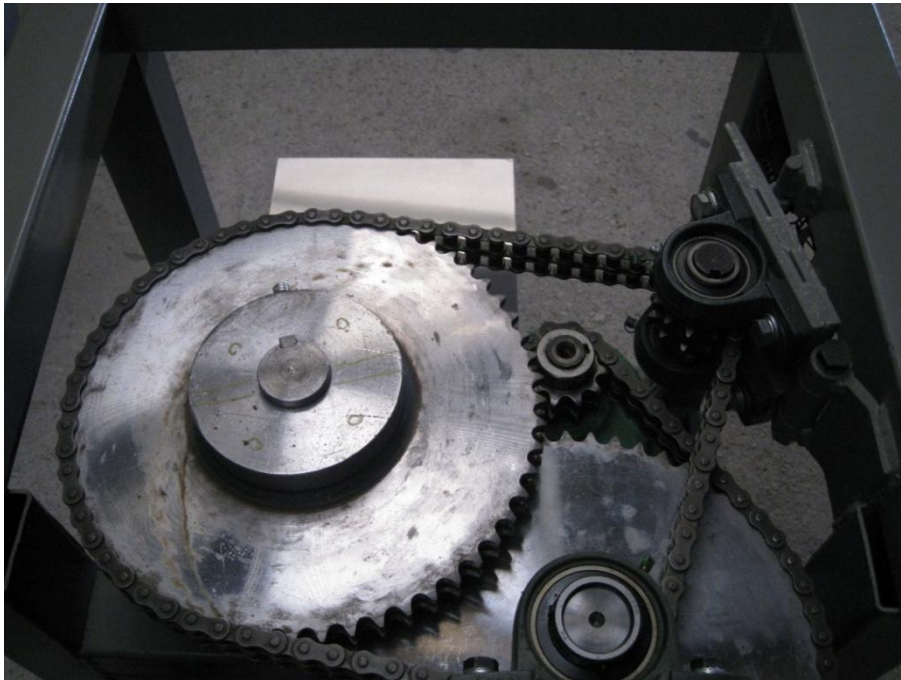
Εικόνα 34: Στροφόμετρο τοποθετημένο στον τελικό άξονα κίνησης

Ακολουθεί η τοποθέτηση του τεντωτήρα της αλυσίδας, όπου καθορίζει την τάση της αλυσίδας. Απαιτείται συχνός έλεγχος της αλυσίδας με στόχο την ρύθμιση της όταν θεωρηθεί απαραίτητο για να έχει την απαραίτητη τάση και λίπανση.

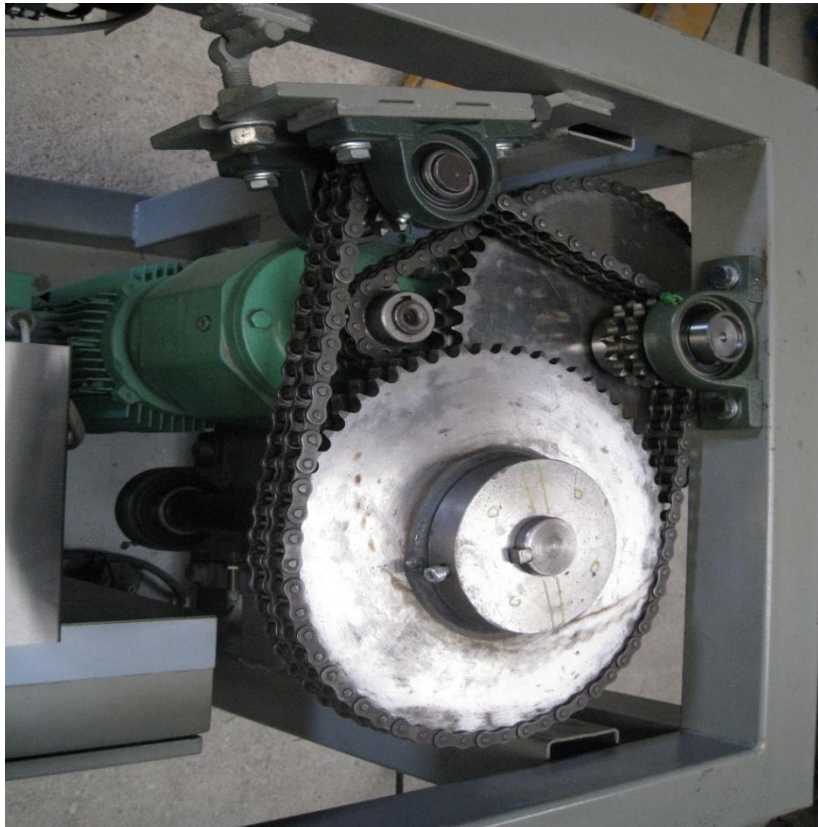


Εικόνα 35: Τεντωτήρας αλυσίδας

Στην συνέχεια τοποθετήθηκε το σύστημα αλυσοτροχών τα οποία είναι τοποθετημένα με αλυσίδα τύπου 12B.



Εικόνα 36: Σύστημα αλυσοτροχών τοποθετημένα με αλυσίδα τύπου 12B



Εικόνα 37: Σύστημα αλυσοτροχών

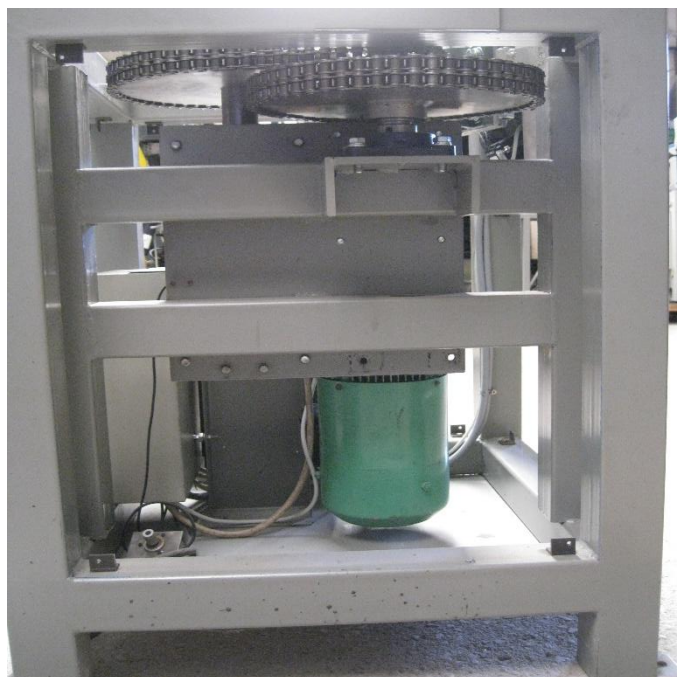
Στην συνέχεια απεικονίζονται οι τέσσερις πλάγιες όψεις του κουρμπαδору μετά την κατασκευή του.



Εικόνα 38: Πλάγια όψη κουρμπαδору (Α)



Εικόνα 39: Πλάγια όψη κουρμπαδору (Β)



Εικόνα 40: Πλάγια όψη κουρμπαδору (Γ)



Εικόνα 41: Πλάγια όψη κουρμπαδору (Δ)

Στην συνέχεια τοποθετούνται τα εξωτερικά καλύμματα του κουρμπαδόρου που όπως έχει προαναφερθεί έχουν τοποθετηθεί με στόχο την ασφάλεια της λειτουργίας του για την αποφυγή της σκόνης και των ξένων αντικειμένων.



Εικόνα 42: Κουρμπαδόρος με τοποθετημένα τα εξωτερικά καλύμματα



Εικόνα 43: Κουρμπαδόρος με τοποθετημένα τα εξωτερικά καλύμματα

8. ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

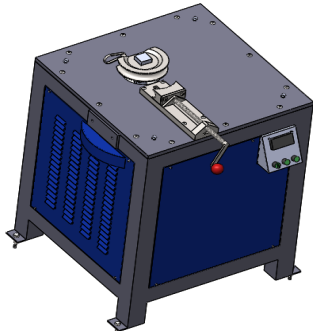
Θα πραγματοποιηθεί οικονομοτεχνική μελέτη για τον κουρμπαδόρο που κατασκευάστηκε αλλά και για τις βελτιώσεις που ενδέχεται να πραγματοποιηθούν στο μέλλον για την τροποποίηση του σε κουρμπαδόρο CNC. Ωστόσο, η σύγκριση θα πραγματοποιηθεί και με κουρμπαδόρους του εμπορίου.

Στην συνέχεια ακολουθεί ο Πινάκας 4 με τα στοιχεία τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του κουρμπαδόρου NC της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΣ NC ΜΕΛΕΤΗΣ			
Χαρακτηριστικά	Διαστάσεις – Τύποι	Τεμάχια	Τιμή(ευρώ)
Κατασκευάστηκα στοιχεία			
Κοιλοδοκός	80mmx80mm πάχους 3mm	2τεμ. x6m	100
Λαμαρίνα	1200mmx1500mm πάχους 1.2 mm	2φύλλα	80
Πλάκα καπακιού	780mmx780mm πάχους 10mm	1τεμ.	100
Κουζινέτα	UCP206 UCP208 UCP210 UCF208	2τεμ. 1τεμ. 2τεμ. 1τεμ.	200
Αλυσοτροχοί	12B	5τεμ.	180
Βίδες- ροδέλες – παξιμάδια-γκρόβερ(inox)	M10-Φ10-M5	88τεμ.	30
Ηλεκτρολογικά στοιχεία			
Ηλεκτρομειωτήρας	3.8kW	1τεμ.	450
Inverter (τριφασικός)	4kW	1τεμ.	400
Ηλεκτρολογικός πίνακας Ρελέ – μικρορελέ – αυτοματισμοί	–	7τεμ.	250
Γεννήτρια παλμών – επαγωγικό – όργανο	–	3τεμ.	400
Σύνολο	–	–	2190

Πίνακας 4: Οικονομικά Στοιχεία Κουρμπαδόρου NC μελέτης

Αυτό που θα πρέπει να σημειωθεί είναι ότι ο κουρμπαδός NC της παρούσας μελέτης έχει κατασκευαστεί με σκοπό να μετατραπεί σε σύντομο χρονικό διάστημα σε κουρμπαδόρο CNC. Για την μετατροπή αυτή απαιτείται η τοποθέτηση αυτόματου τροφοδότη που θα διαθέτει τσοκ με δυνατότητα κίνησης κατά μήκος του τροφοδότη και δυνατότητα περιστροφής. Επίσης, χρειάζεται πίνακας ελέγχου με την αντίστοιχη μονάδα υπολογιστή και το πρόγραμμα λειτουργίας.

ΚΟΥΡΜΠΑΔΟΡΟΣ CNC ΜΕΛΕΤΗΣ		
Χαρακτηριστικά	Τεμάχια	Τιμή (euro)
Αρχικό Κόστος Κουρμπαδού NC		2190
Ηλεκτρονικός Υπολογιστής	1τεμ.	700
Πρόγραμμα λειτουργίας	1τεμ.	3500
Περιστρεφόμενο τσοκ.	1τεμ.	800
Αυτόματος τροφοδότης	1τεμ.	600
Κινούμενο σαπόρτο	1τεμ.	1100
Αισθητήρες	6τεμ.	250
Σύνολο		9140

Πίνακας 5: Οικονομικά Στοιχεία Κουρμπαδού CNC

Ωστόσο ακολουθεί η οικονομική σύγκριση αλλά και η σύγκριση των τεχνικών χαρακτηριστικών μεταξύ του κουρμπαδού που κατασκευάστηκε με αντίστοιχους του εμπορίου με στόχο να γίνει κατανοητός ο λόγος που προτιμήθηκε να κατασκευαστεί και όχι να αγοραστεί κάποιος έτοιμος.

Χαρακτηριστικά	Κουρμπαδόρος CNC εμπορίου	Κουρμπαδόρος CNC ιδιοκατασκευής
Ιπποδύναμη	5Hp	5.2Hp
Ακτίνα καμπυλότητας	250mm	320mm
Μέγιστη διάμετρος σωλήνα	63mm	70mm
Τιμή (ευρώ)	13000	9140

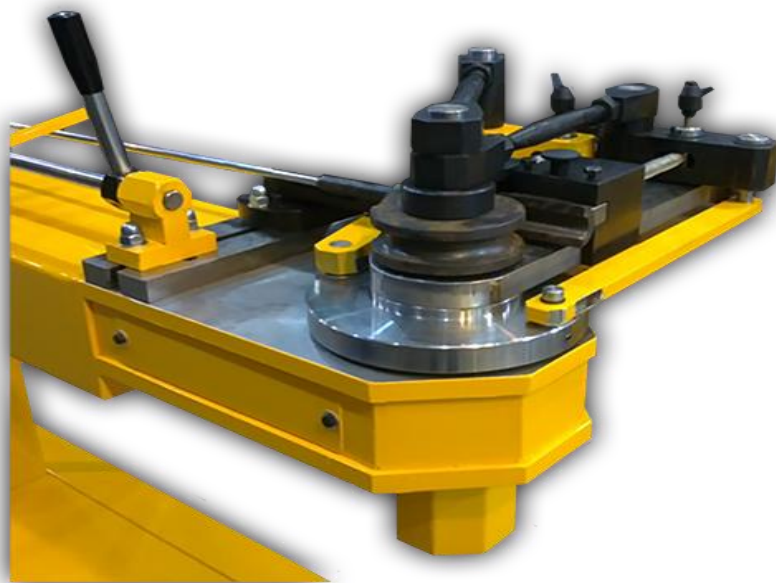
Πίνακας 6: Οικονομικά στοιχεία κουρμπαδού NC του εμπορίου

Παρατηρείται από τον Πίνακα 6 ο λόγος του όλου εγχειρήματος. Πιο συγκεκριμένα ο κουρμπαδόρος που κατασκευάστηκε έχει μεγαλύτερες δυνατότητες κατεργασίας σε σχέση με αντίστοιχο του εμπορίου με σημαντικά μικρότερο κόστος. Ο

κουρμπαδός του εμπορίου με τα ανωτέρα χαρακτηριστικά φαίνεται στις φωτογραφίες που ακολουθούν.



Εικόνα 42: Κουρμπαδός Modelk63
[Πηγή: <https://www.androutsos-machinery.gr/>]



Εικόνα 43: Τσοκ κουρμπαδού Modelk63
[Πηγή: <https://www.androutsos-machinery.gr/>]

Σημειώνεται ότι στο προαναφερόμενο τελικό κόστος και στις δύο περιπτώσεις (κουρμπαδός υπό κατασκευή και εμπορίου) δεν συνυπολογίστηκαν οι τιμές των καλουπιών, διότι επηρεάζονται από τις ανάγκες κάθε κατεργασίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία είχε σκοπό την μελέτη, τον σχεδιασμό και την κατασκευή κουρμπαδόρου NC με δυνατότητες βελτίωσης σε κουρμπαδόρο CNC. Σημειώνεται ότι για οικονομικούς λόγους η κατασκευή δεν ολοκληρώθηκε πλήρως κατά την διάρκεια της παρούσας πτυχιακής εργασίας και υπολείπεται η κατασκευή των σταθερών και κινούμενων καλουπιών καθώς και το σύστημα σύσφιξης με την μέγγενη.

Για την υλοποίηση της μελέτης, της σχεδίασης και της κατασκευής του κουρμπαδόρου συζητήθηκε με το ενδιαφερόμενο μηχανουργείο τις δυνατότητες που θα ήθελε να παρέχει ο κουρμπαδόρος με στόχο να καλυφθούν σε μεγάλο βαθμό οι ανάγκες που παρουσιάζει για τις συγκεκριμένες κατεργασίες το μηχανουργείο.

Αρχικά για την πραγματοποίηση της κατασκευής του κουρμπαδόρου πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός του στο υπολογιστικό πρόγραμμα SolidWorks και στην συνέχεια η επιλογή των επιμέρους τμημάτων. Για την υλοποίηση του σχεδιασμού απαιτήθηκε μια έρευνα αγοράς για τις εργαλειομηχανές με ιδιαίτερη έμφαση στους κουρμπαδόρους και τις δυνατότητες που παρέχουν αυτοί του εμπορίου. Ο σχεδιασμός βασίστηκε σε πανομοιότυπους κουρμπαδόρους βελτιώνοντας τα αδύναμα στοιχεία αυτών όπως στιβαρότητα, αντοχή, διάρκεια ζωής και τελικό φινίρισμα

Στην συνέχεια επιλέχθηκαν τα επιμέρους τμήματα όπως είναι ο κινητήρας, ο μειωτήρας και οι αλυσοτροχοί. Σκοπός ήταν η κατασκευή ενός κουρμπαδόρου και με καλύτερα τεχνικά χαρακτηριστικά από αυτών του εμπορίου. Επιλέχθηκε κινητήρας με ιπποδύναμη 5,2 Hp, αρχικές στροφές 2750 rpm και αλυσοτροχοί τύπου 12B. Ο κουρμπαδόρος θα έχει δυνατότητα ακτίνας καμπυλότητας 320mm και θα μπορεί να κατεργαστεί ως μέγιστή διάμετρο σωλήνα 70mm.

Αφού πραγματοποιήθηκαν τα προαναφερόμενα ο κουρμπαδόρος είναι NC και η τιμή του ανέρχεται στα 2190 ευρώ. Ωστόσο, αν και παρουσιάζει βελτιωμένα χαρακτηριστικά για κουρμπαδόρος NC δίνεται η δυνατότητα μετατροπής του σε CNC προσθέτοντας ηλεκτρονικό υπολογιστή, πρόγραμμα λειτουργίας, περιστρεφόμενου τσοκ, αυτόματου τροφοδότη, κινούμενο σαπόρτο και φυσικά τους αισθητήρες. Το τελικό κόστος του κουρμπαδόρου CNC δεν θα ξεπερνά τα 9140 ευρώ αρκετά οικονομικότερος με αυτούς του εμπορίου που η τιμή τους ανέρχεται στα 13000 ευρώ.

Τέλος, με την παρούσα πτυχιακή εργασία δίνεται βήμα για τους επόμενους Μηχανολόγους Μηχανικούς του Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδας να ολοκληρώσουν την κατασκευή του κουρμπαδόρου NC και να πραγματοποιήσουν την μετατροπή του σε CNC κάνοντας τις δικές τους παρεμβάσεις όπου αυτό θεωρηθεί απαραίτητο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βιδάκης Ν. και Αντωνιάδης Α., 2004, Εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση, Εκδόσεις Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης Τεύχος Α, Ηράκλειο

Βοσνιάκος Γ., 2012, Κατεργασίες διαμόρφωσης ελάσματος, Παρουσιάσεις μαθήματος Επισκόπηση κατεργασιών διαμόρφωσης συμπαγούς υλικού, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Αθήνα

Γιαννόπουλος Γ., 2010, Μηχανικές διαμορφώσεις και σχεδιασμός καλουπιών, Σημειώσεις μαθήματος, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα

Γουδέλης Σ, 2012, Μηχανουργικές κατεργασίες και παραμορφώσεις Εκδόσεις Ακαδημία Εμπορικού Ναυτικού Μακεδονίας, Σχολή Μηχανικών
Ζαχαριάδης Τ., 2014, Εγχειρίδιο χρήσης ψηφιακά καθοδηγούμενου τόννου και φρέζας τεσσάρων αξόνων, Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο

Κεχαγιάς Ι, 2009, Εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα

Κεχαγιάς Ι, 2010, Μηχανικές κατεργασίες, Σημειώσεις μαθήματος, Εκδόσεις Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Λαζανάς Χ. και Ηλιόπουλος Α., 2014, Μελέτη και σχεδίαση 3D printer, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα

Μανσουρ Γ., 2010, Μηχανουργική τεχνολογία – Εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου NC- CNC, Εκδόσεις Αλεξάνδρειο Τεχνολογικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Θεσσαλονίκη

Μοισιάδης, 2010, Διαμόρφωση συμπαγούς υλικού, <http://moisiadis-publications.gr/>

Μπαράκος Γ., 2002, Στοιχεία μηχανών ΙΙ, Σημειώσεις μαθήματος, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα

Μπατσούλας 2015, Μηχανικές διαμορφώσεις και σχεδιασμός καλουπιών, Σημειώσεις μαθήματος, Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα

Παπαδόπουλος Χ., 2014, Στοιχεία Μηχανών, Εκδόσεις Τζίολα, Αθήνα

Στεργίου Κ. και Στεργίου Ι., 2002, Στοιχεία Μηχανών ΙΙ, Εκδόσεις Σε σύγχρονη Έκδοση, Αθήνα

Τζούμας κ., 2014, Μηχανή έγχυσης πλαστικού σε μορφοποιημένο καλούπι, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα, Πάτρα

Τσινόπουλος Σ., 2014, Αντοχή υλικών, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Σημειώσεις μαθήματος, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα

Τσίρκας Σ., 2011, Συμβατικές εργαλειομηχανές και CNC, Εκδόσεις ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα

Τώρας Σ, 2014, Συμβατικές και σύγχρονες τεχνικές κοπής και διαμόρφωσης μεταλλικών τεμαχίων μικρού πάχους, Εκδόσεις Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά, Αθήνα.

Ιστότοποι

Κατεργασίες με παραμόρφωση και στοιχεία μορφοποίησης υλικών, Τεχνολογικό εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης <http://dml.chania.teicrete.gr>

Κατεργασίας της κάμψης <http://www.mie.uth.gr>

Μηχανικές Κατεργασίες, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
http://www.mie.uth.gr/ekp_yliko/08-Drawing.pdf

Τυπική διάταξη Εργαλειομηχανών <http://courseware.mech.ntua.gr>

Υδραυλική στράντζα <https://www.ergomac.gr>

Κουρμπαδόροι του εμπορίου <https://www.stournarasmachinetools.gr>

Διάφοροι τύποι κουρμπαδόρων CNC <http://www.ercolinacnc.com/>

Διάφοροι τύποι κουρμπαδόρων <https://www.machinesseeker.gr>

Τύποι κουρμπαδόρων χειρός <http://docplayer.gr/3176104-Exoplismos-kourmparismatos.html>

Κουρμπαδόρος Modelk63 <https://www.androutsos-machinery.gr/>

Solidworks 2016 <http://rahim-soft.com/solidworks-premium-2016-full/>

Έδρανα ολίσθησης www.anastasopoulos.gr