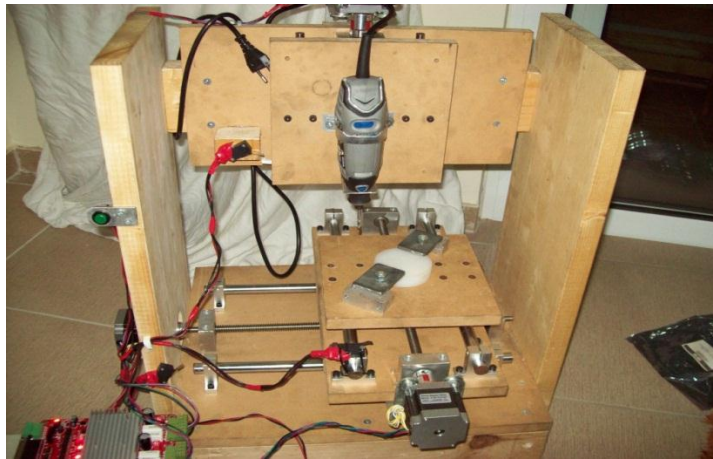


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΕΔΑΙΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ CNC ΜΙΚΡΟ-ΦΡΕΖΑΣ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΚΑΝΔΥΛΙΩΤΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ (Α.Μ.:6263)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2014

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή: Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής

(Ονοματεπώνυμο)

.....

(Υπογραφή)

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών τ.ε. της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στην κατασκευή μιας ψηφιακά καθοδηγούμενης φρέζας.

Στόχος της εργασίας αυτής είναι αρχικά να αναλυθεί πλήρως αυτή η κατηγορία των εργαλειομηχανών, προβάλλοντας έτσι τα τεράστια οφέλη που προσφέρει στον τομέα της βιομηχανικής παραγωγής και έπειτα, να αναλυθεί πλήρως η λειτουργία μιας τέτοιας εργαλειομηχανής με πρακτικό τρόπο, δηλαδή μέσω της κατασκευής της της φρέζας, δίνοντας έμφαση σε όλα τα στάδια, δηλαδή: Στα μηχανικά μέρη που δημιουργούν τον σκελετό της μηχανής, στα ηλεκτρονικά μέρη που δίνουν “ζωή” στην μηχανή, καθώς και στα λογισμικά, με τα οποία μπορούμε και καθοδηγούμε τις εργαλειομηχανές αυτές μέσω Η/Υ.

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά τον κύριο Γιαννόπουλο Ι. Γεώργιο, που ανέλαβε την επίβλεψη της πτυχιακής αυτής εργασίας, που με εμπιστεύτηκε και με καθοδηγούσε καθ’ όλη την πορεία της μελέτης και της κατασκευής, με τις πολύτιμες συμβουλές του.

Κανδυλιώτης Αλέξανδρος

Πάτρα, 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ένα μεγάλο μέρος τα πτυχιακής αυτής εργασίας αναφέρεται στις cnc εργαλειομηχανές ,δηλαδή στον τρόπο λειτουργίας τους, στα κατασκευαστικά τους στοιχεία, στην χρήση τους στην βιομηχανία κ.λ.π.. Στην συνέχεια, αναφέρεται στην συγκεκριμένη cnc φρέζα και πιο συγκεκριμένα, αναλύονται πλήρως όλα τα επιμέρους μέρη της εργαλειομηχανής (μηχανικά και ηλεκτρονικά μέρη), οι προδιαγραφές, το λογισμικά πακέτα που χρησιμοποιούνται για την καθοδήγηση της συγκεκριμένης φρέζας, καθώς επίσης περιγράφεται πλήρως η πορεία κατασκευής της εν λόγω φρέζας. Η κατασκευή αυτή, βασίζεται σε δικό μου σχέδιο που έφτιαξα στο λογισμικό Solidworks. Στην ανάλυση των επιμέρους μερών της μηχανής αλλά και στην πορεία κατασκευής, γίνεται εκτενείς παρουσίαση φωτογραφιών που τραβήχτηκαν κατά την κατασκευή, αλλά παραθέτονται επίσης και πολλά τμήματα από τα σχέδιά μου.

Πιο συγκεκριμένα για τον σχεδιασμό της μηχανής, σχεδίασα το κάθε επιμέρους τμήμα με μεγάλη ακρίβεια και λεπτομέρεια και στην συνέχεια συναρμολόγησα όλα τα επιμέρους τμήματα.

Στο πρώτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά για την χρήση των υπολογιστικών προγραμμάτων στην παραγωγή των προϊόντων. Δηλαδή, αναλύεται ξεχωριστά το κάθε είδος λογισμικού που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή των προϊόντων στην βιομηχανία όπως λογισμικά σχεδιασμού (CAD), λογισμικά προγραμματισμού cnc εργαλειομηχανών (CAM), αλλά και λογισμικά με τα οποία ελέγχεται όλη η παραγωγική διαδικασία από τον Η/Υ (CIM) κ.λ.π..

Στο δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά για τις cnc εργαλειομηχανές. Δηλαδή για την λειτουργία τους, τις εφαρμογές τους, τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους κ.λ.π..

Στο τρίτο κεφάλαιο εμβαθύνουμε περισσότερο την μελέτη στις ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές (cnc) και αναφέρουμε τα κατασκευαστικά τους στοιχεία, όπως τους κινητήρες, τα συστήματα μετάδοσης κίνησης κ.λ.π..

Στο τέταρτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά για την οργάνωση των μηχανουργείων που διαθέτουν τέτοιου είδους εργαλειομηχανές, αλλά και για τον διαθέσιμο χώρο που πρέπει να έχουν οι μηχανές αυτές.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στα βιομηχανικά ρομπότ. Αυτό διότι, αφενός οι cnc εργαλειομηχανές είναι ρομποτικές μηχανές στην ουσία και αφετέρου διότι τα βιομηχανικά ρομπότ συμμετέχουν στις αυτοματοποιημένες γραμμές παραγωγής μαζί με τις cnc μηχανές. Για τον λόγο αυτό, οι γνώσεις των ανωτέρω (cnc και βιομηχανικά ρομπότ) είναι αλληλένδετες.

Στο έκτο κεφάλαιο, περιγράφεται “ ο τρόπος σκέψης των cnc εργαλειομηχανών ”, δηλαδή ο τρόπος με τον οποίο καθοδηγούνται για να εκτελέσουν την κάθε εντολή που απαιτείται.

Στο έβδομο κεφάλαιο, αναλύεται η κατεργασία φρεζαρίσματος (καθ’ όσον τελικός στόχος της πτυχιακής αυτής είναι η κατασκευή της cnc φρέζας), δηλαδή η μηχανική της κατεργασίας αυτής, οι εξισώσεις, τα χαρακτηριστικά κ.λ.π..

Στο όγδοο κεφάλαιο πλέον, επικεντρωνόμαστε στην συγκεκριμένη cnc φρέζα. Πιο συγκεκριμένα, αναλύονται πλήρως όλα τα επιμέρους τμήματα της φρέζας και ο λόγος ύπαρξής τους, ενώ δίνεται μεγάλη έμφαση στον τρόπο στήριξης του κάθε μηχανικού τμήματος ώστε να αποδίδεται στην κατασκευή μεγάλη μηχανική αντοχή. Επίσης, αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο επιλέχτηκε το κάθε ηλεκτρονικό εξάρτημα από την αγορά. Ακόμη, αναλύεται η πορεία κατασκευής, δίνοντας έμφαση και στις διάφορες ιδιοκατασκευές. Τέλος, αναλύονται τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται στην συγκεκριμένη περίπτωση και δίνεται παράδειγμα κατασκευής δοκιμίου με την φρέζα αυτή.

Έπειτα, αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την κατασκευή της εν λόγω cnc φρέζας, λαμβάνοντας υπ’ όψιν τις ιδιαιτερότητες της συγκεκριμένης κατασκευής (πρώτες ύλες, εξοπλισμός).

Τέλος, αναφέρονται οι πηγές από όπου άντλησα πληροφορίες για την δημιουργία του τεύχους αυτού.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

| | |
|-----------------------|----------|
| ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 1 |
|-----------------------|----------|

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

| | |
|--|----|
| 1.1 ΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ..... | 3 |
| 1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD | 3 |
| 1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAM..... | 7 |
| 1.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAE..... | 8 |
| 1.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAPP..... | 10 |
| 1.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAQ..... | 11 |
| 1.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ PPS..... | 11 |
| 1.8 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CIM..... | 11 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

| | |
|---|----|
| 2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ..... | 13 |
| 2.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ..... | 14 |
| 2.3 CNC ΚΕΝΤΡΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ..... | 14 |
| 2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ..... | 16 |
| 2.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ..... | 17 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

| | |
|---|----|
| 3.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ-ΓΕΝΙΚΑ.... | 19 |
| 3.2 ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ..... | 20 |
| 3.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ..... | 20 |
| 3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ..... | 21 |
| 3.5 ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΚΙΝΗΤΗΡΙΑΣ ΑΤΡΑΚΤΟΥ ΚΟΠΗΣ..... | 22 |
| 3.6 ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΠΡΟΩΣΕΩΣ..... | 23 |
| 3.7 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ..... | 25 |
| 3.8 ΠΡΟΩΣΗ..... | 26 |
| 3.9 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΥΓΡΟΥ, ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ..... | 28 |
| 3.9.1 Ψυκτικό υγρό..... | 28 |
| 3.9.2 Σύστημα τροφοδοσίας ψυκτικού υγρού και πεπιεσμένου αέρα.... | 28 |
| 3.9.3 Επιλογή κατάλληλου ψυκτικού υγρού..... | 29 |
| 3.9.4 Χρήση συστημάτων αυτόματης απομάκρυνσης των αποβλήτων..... | 29 |
| 3.10 ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ..... | 30 |
| 3.10.1 Υλικά κοπτικών εργαλείων..... | 30 |

| | |
|---|----|
| 3.10.2 Ζωή κοπτικού εργαλείου..... | 30 |
| 3.11 Συστήματα συγκράτησης κοπτικών εργαλείων-Εργαλειοδέτες..... | 31 |
| 3.12 ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΘΕΣΗΣ ΑΞΟΝΩΝ | |
| ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ..... | 32 |
| 3.12.1 Η μέτρηση στις μηχανές αριθμητικού ελέγχου..... | 32 |
| 3.12.2 Άμεσα και έμμεσα συστήματα μετρήσεων διαδρομής ή περιστροφής..... | 33 |
| 3.12.3 Απόλυτα και βηματικά συστήματα μετρήσεων διαδρομής ή περιστροφής..... | 34 |
| 3.12.4 Επαγωγικά στοιχεία μετρήσεων διαδρομής..... | 35 |
| 3.12.5 Φωτοηλεκτρικά συστήματα..... | 36 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

| | |
|--|----|
| 4.1 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ..... | 37 |
| 4.2 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ..... | 38 |
| 4.3 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ ΜΕ ΨΗΦΙΑΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ..... | 39 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

| | |
|--|----|
| 5.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ-ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΙ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ..... | 41 |
| 5.2 ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ..... | 42 |
| 5.3 ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ..... | 46 |
| 5.4 ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ..... | 47 |
| 5.5 ΤΑ ΩΦΕΛΗ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤ..... | 49 |
| 5.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤ | |
| 5.6.1 Συγκόλληση..... | 50 |
| 5.6.2 Τροφοδοσία-εξυπηρέτηση μηχανών..... | 51 |
| 5.6.3 Παλετοποίηση..... | 52 |
| 5.6.4 Συσκευασία..... | 53 |
| 5.6.5 Συναρμολόγηση..... | 54 |
| 5.6.6 Κοπή..... | 55 |
| 5.6.7 Στραντζάρισμα..... | 55 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

| | |
|---|----|
| 6.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ..... | 57 |
| 6.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ..... | 58 |
| 6.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ..... | 59 |
| ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ | |
| 6.4.1 Καρτεσιανές και πολικές συντεταγμένες..... | 61 |
| 6.4.2 Απόλυτες και σχετικές συντεταγμένες..... | 61 |

| | |
|---|----|
| 6.5 ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΩΝ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ..... | 62 |
| 6.6 ΑΞΟΝΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ..... | 63 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

| | |
|---|----|
| 7.1 ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ..... | 65 |
| 7.2 ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΜΕ ΦΡΕΖΑ..... | 67 |
| 7.3 ΥΓΡΗ/ΞΗΡΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ..... | 69 |
| 7.3.1 Κατεργασία με υγρό κοπής..... | 69 |
| 7.3.2 Κατεργασία χωρίς υγρό κοπής (Dry Machining)..... | 70 |
| 7.4 ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΟ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ | |
| 7.4.1 Κοπή | 72 |
| 7.4.2 Απόβλητο..... | 72 |
| 7.4.2.1 Ασυνεχές απόβλητο..... | 74 |
| 7.4.2.2 Συνεχές απόβλητο..... | 75 |
| 7.4.2.3 Συνεχές απόβλητο με ψευδοακμή..... | 76 |
| 7.5 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ | |
| 7.5.1 Πρόωση κοπής (Cutting Feed) [f]..... | 78 |
| 7.5.2 Ταχύτητα κοπής (Cutting Speed) [V_c]..... | 79 |
| 7.5.3 Ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου (Spindle Speed) [n]..... | 79 |
| 7.5.4 Ρυθμός πρόωσης (Feed Rate)..... | 79 |
| 7.5.5 Αξονικό βάθος κοπής (Axial Depth Of Cut)..... | 79 |
| 7.5.6 Ακτινικό βάθος κοπής (Radial Depth Of Cut)..... | 80 |
| 7.5.7 Απόσταση διαδοχικού βηματισμού (Step-Over Distance)..... | 80 |
| 7.6 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ (Milling) | |
| 7.6.1 Γενικό φρεζάρισμα (General Machining)..... | 80 |
| 7.6.2 Φρεζάρισμα υψηλών ταχυτήτων (High Speed Precision Machining)..... | 81 |
| 7.6.3 Φρεζάρισμα υψηλών αποδόσεων (High Performance Machining)..... | 81 |
| 7.6.4 Φρεζάρισμα υψηλών προώσεων (High Feed Machining)..... | 81 |
| 7.7 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ-ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ..... | 82 |
| 7.8 ΕΙΔΗ ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΩΝ..... | 85 |

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

| | |
|---|-----|
| 8.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗΣ CNC ΦΡΕΖΑΣ | 87 |
| 8.1.1 Ράγες και γραμμικά ρουλεμάν..... | 87 |
| 8.1.2 Ατέρμονες τραπεζοειδής κοχλίες με περικόχλια, ρουλεμάν και στηρίξεις των ατερμόνων..... | 88 |
| 8.1.3 Κοπλερ (Couplings) | 91 |
| 8.1.4 Τράπεζα φρέζας..... | 92 |
| 8.1.5 Βάσεις φρέζας | 93 |
| 8.1.6 Κοπτικό μηχάνημα (dremel)..... | 99 |
| 8.1.7 Βηματικοί κινητήρες..... | 100 |
| 8.1.8 Driver (πλακέτα, εγκέφαλος της μηχανής)..... | 101 |

| | |
|--|------------|
| 8.1.9 Τροφοδοτικό..... | 102 |
| 8.1.10 Τερματικοί διακόπτες..... | 103 |
| 8.1.11 Emergency Stop..... | 104 |
| 8.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΜΕΡΩΝ ΤΗΣ ΕΝ ΛΟΓΩ ΦΡΕΖΑΣ | 104 |
| 8.3 ΠΟΡΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗΣ CNC ΦΡΕΖΑΣ..... | 105 |
| 8.4 ΙΔΙΟΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ | |
| 8.4.1 Ιδιοκατασκευή για την συγκράτηση των τεμαχίων προς επεξεργασία..... | 118 |
| 8.4.2 Ιδιοκατασκευή για την συγκράτηση του κοπτικού μηχανήματος (του dremel)..... | 119 |
| 8.5 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝ ΛΟΓΩ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗ..... | 120 |
| 8.5.1 Λογισμικό Solidworks (CAD)..... | 121 |
| 8.5.2 Λογισμικό LazyCam (CAM)..... | 122 |
| 8.5.3 Λογισμικό Mach3..... | 123 |
| 8.6 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΨΗΦΙΑΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΗ ΦΡΕΖΑ..... | 124 |
| ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ..... | 129 |
| ΒΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... | 133 |

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι εργαλειομηχανές CNC, δηλαδή οι ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές, είναι οι εργαλειομηχανές οι οποίες ελέγχονται/καθοδηγούνται μέσω αριθμητικού ελέγχου. Δηλαδή ελέγχονται από μία ακολουθία εντολών που περιλαμβάνει αριθμούς. Οι εντολές αυτές περιέχουν συντεταγμένες που ορίζουν την κίνηση του εργαλείου καθώς επίσης και πληροφορίες που ελέγχουν τα βοηθητικά συστήματα της μηχανής (δηλαδή την ταχύτητα περιστροφής, την παροχή ψυκτικού υγρού κ.λ.π.). Πιο συγκεκριμένα, ο αριθμητικός έλεγχος μέσω Η/Υ (Computer Numerical Control-CNC) είναι μία υποβοηθούμενη- από Η/Υ- διαδικασία, η οποία γενικώς ελέγχει μηχανές, μέσω οδηγιών οι οποίες δημιουργούνται από έναν κωδικοποιητή (POST PROCESSOR) και αποθηκεύονται σε ένα σύστημα μνήμης (ταινία, δισκέτα, σκληρό δίσκο, τσιπ κ.λπ.) για άμεση ή και για μελλοντική χρήση.

Ο έλεγχος των μηχανών με αριθμητικό έλεγχο (εργαλειομηχανές CNC) έχει επιφέρει επανάσταση στον κατασκευαστικό τομέα. Η τεχνολογία CNC, δηλαδή ο αριθμητικός έλεγχος μέσω Η/Υ, μπορεί να προσαρμοστεί σε οποιοδήποτε είδος μηχανής ή οποιαδήποτε διαδικασία η οποία απαιτεί καθοδήγηση από τον άνθρωπο, όπως εργαλειομηχανές (φρέζες, τόρνοι, δρόπανα), ρομπότ κ.α..

Η πρώτη αριθμητικά ελεγχόμενη εργαλειομηχανή κατασκευάστηκε το 1952 στο MIT και ήταν μία φρέζα. Πλέον, περίπου το 80-90% των δαπανών για εργαλειομηχανές, όπως δρόπανα, φρέζες, τόρνοι, επενδύεται σε αριθμητικός ελεγχόμενο εξοπλισμό. Η ταχέως αυξανόμενη ζήτηση των αριθμητικά ελεγχόμενων εργαλειομηχανών (CNC), σημαίνει και απαιτήσεις σε εξειδικευμένο εργατικό δυναμικό, το οποίο χρειάζεται για τον προγραμματισμό, χειρισμό και συντήρηση του εξοπλισμού αυτού.

Η ανάγκη για προγραμματισμό αριθμητικού ελέγχου μετέφερε την τεχνική και την τεχνολογία της μηχανουργικής κατεργασίας από το μηχανουργείο στο γραφείο του προγραμματιστή. Ο προγραμματιστής των CNC εργαλειομηχανών σε μια βιομηχανία, τις περισσότερες φορές, είναι υπεύθυνος για τον ακριβή καθορισμό των φάσεων κατεργασίας, καθώς και για τον σχεδιασμό των ιδιοσυσκευών, όπως επίσης και για την επιλογή των κατάλληλων κοπτικών εργαλείων και των συνθηκών κατεργασίας. Τα παραπάνω τα δηλώνει από τον Η/Υ μέσω των κατάλληλων λογισμικών. Δηλαδή, μέσω σχεδιαστικών λογισμικών-CAD- σχεδιάζει το επιθυμητό τελικό προϊόν, μέσω λογισμικών CAM δηλώνει τις συνθήκες κατεργασίας κ.λ.π..

Η σύγχρονη τεχνολογία έχει καταστήσει τις εργαλειομηχανές αυτές σχεδόν απαραίτητες, λόγω των πολλών πλεονεκτημάτων που έχουν, όπως: Μεγάλη ταχύτητα παραγωγής (άρα μεγάλη παραγωγικότητα), μεγάλη ακρίβεια στις κατεργασίες κ.λ.π..

Στόχος της πτυχιακής αυτής εργασίας στην ουσία, είναι να κατανοήσουμε τον τρόπο λειτουργίας των αριθμητικά ελεγχόμενων μηχανών (CNC) και κατ' επέκταση, τις εφαρμογές τους, τις δυνατότητές τους, τον τρόπο χρήσης τους και όλα τα πλεονεκτήματα που παρέχουν. Βέβαια, πρέπει πάντα να έχουμε κατά νου, ότι η τεχνολογία CNC είναι μία τεχνολογία συνεχώς εξελισσόμενη, άρα τα άτομα που ασχολούνται με αυτήν πρέπει διαρκώς να ενημερώνονται και να μελετούν και να μην αρκούνται στις γνώσεις που διαθέτουν την εκάστοτε χρονική στιγμή και ας είναι πολλές.

Η CNC εργαλειομηχανή που κατασκευάζεται και συνοδεύει την πτυχιακή εργασία, είναι μία CNC φρέζα. Η φρέζα γενικά, είτε είναι CNC είτε συμβατική, εκτελεί κατεργασίες φρεζαρίσματος και πιο συγκεκριμένα, εκτελεί: Εσωτερικό φρεζάρισμα (με κονδύλι), εξωτερικό φρεζάρισμα-κοπή εξωτερικού περιγράμματος- (με κονδύλι), χάραξη επιφανειών (με κονδύλι), διάτρηση-διάνοιξη οπών- (με τρυπάνι).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1.1 ΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Η διαδικασία ανάπτυξης προϊόντων έχει μεταβληθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, λόγω της εισαγωγής νέων εργαλείων στον σχεδιασμό, την προσομοίωση και την παραγωγή προϊόντων και διαδικασιών. Τα εργαλεία αυτά βασίζονται στην χρήση υπολογιστικού εξοπλισμού και παρέχουν στους σχεδιαστές πληροφορίες για το προϊόν, οι οποίες παλαιότερα είτε δεν ήταν εφικτό να προσδιοριστούν στην φάση του σχεδιασμού, ή η κατανόησή τους δεν ήταν εφικτή από όλους. Τα αποτελέσματα της χρήσης των εργαλείων αυτών είναι η μείωση του χρόνου παραγωγής ενός προϊόντος και η μείωση του κόστους παραγωγής του προϊόντος, με ταυτόχρονη βελτίωση της ποιότητας (του παραγόμενου προϊόντος). Τα αποτελέσματα αυτά έχουν πρωτοφανή πλεονεκτήματα για την ανταγωνιστικότητα των εταιρειών.

Με την βοήθεια των συστημάτων αυτών, ο σχεδιασμός, η ανάλυση, ο έλεγχος και η παραγωγή γίνονται πλέον αυτοματοποιημένα. Ο μηχανικός, έχει την δυνατότητα να επέμβει στο σχέδιο και να το επεξεργαστεί ανάλογα με τις απαιτούμενες ιδιότητες του τελικού προϊόντος. Αυτό παλαιότερα ήταν μια χρονοβόρα και απαιτητική διαδικασία, καθώς ο σχεδιαστής, έπρεπε να επαναλάβει την διαδικασία του σχεδιασμού, ώστε να καλύψει τα νέα δεδομένα.

1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD

Ο όρος CAD (Computer-Aided Design) υποδηλώνει τη χρήση της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών για την σχεδίαση προϊόντων και συστημάτων. Τα λογισμικά που βασίζονται σε αυτή την τεχνολογία παρέχουν εργαλεία, με σκοπό μια

απλούστερη διαδικασία σχεδιασμού. Η τεχνολογία αυτή, λόγω της τεράστιας οικονομικής της σημασίας, αποτελεί πλέον μια κινητήρια δύναμη στους τομείς της υπολογιστικής γεωμετρίας και της γραφικής σχεδίασης.

Η κλασική σχεδίαση σε χαρτί έχει εκλείψει, καθώς τα σχέδια μεταφέρονται δύσκολα, φθείρονται εύκολα, και στην περίπτωση αλλαγών ή λάθους γίνονται από την αρχή. Στη διάρκεια της δεκαετίας του 70 άρχισε η χρήση των υπολογιστών για σχεδίαση με την εμφάνιση των πρώτων σχεδιαστικών προγραμμάτων. Τα προγράμματα αυτά δίνουν τη δυνατότητα στο σχεδιαστή, να κάνει πολύ εύκολα αλλαγές και τροποποιήσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια. Η διακίνηση των σχεδίων με ηλεκτρονικό τρόπο γίνεται εύκολα, με την αποθήκευσή τους σε αρχεία, και όσο για το θέμα φθοράς, αυτό είναι ανύπαρκτο. Η ανάπτυξη αυτών των προγραμμάτων οδήγησε στην αυτοματοποίηση ορισμένων ενεργειών όπως η τοποθέτηση διαστάσεων στα σχέδια ή η διαγράμμιση επιφανειών. Ένα επίσης πλεονέκτημα, είναι ότι πλέον υπάρχουν αρχεία τα οποία περιλαμβάνουν έτοιμα σχέδια τα οποία έχουν συχνή χρήση και μπορούν να τοποθετηθούν σε κάποιο μεγαλύτερο σχέδιο. Έτσι, ο χρήστης δεν χρειάζεται να τα σχεδιάσει από την αρχή και το μόνο που έχει να κάνει είναι να καταφύγει σε μια βιβλιοθήκη C.A.D. όπου περιλαμβάνει τυποποιημένες διαστάσεις μηχανολογικών στοιχείων (π.χ. διαμέτρους σωλήνων) και να επιλέξει αυτό που του χρειάζεται, βοηθώντας τον έτσι στη σχεδίαση του τελικού προϊόντος.

Είναι προφανές, ότι οποιοδήποτε λογισμικό Η/Υ το οποίο επιτρέπει τον χειρισμό γραφικών με ταυτόχρονο έλεγχο μηχανικών ιδιοτήτων μπορεί να χαρακτηριστεί ως λογισμικό CAD. Με αυτό τον σχετικά ευρύ ορισμό, ένα λογισμικό CAD μπορεί να είναι από ένα απλοϊκό λογισμικό χειρισμού γεωμετρικών σχημάτων μέχρι ένα προηγμένο, πλήρως παραμετροποιήσιμο, λογισμικό για ανάλυση και βελτιστοποίηση του σχεδιασμού. Ανάμεσα σε αυτά τα δύο άκρα, τυπικά προγράμματα CAD συμπεριλαμβάνουν λογισμικά για τον έλεγχο των ανοχών, για τον υπολογισμό των ιδιοτήτων μάζας, για την ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία, για την οπτικοποίηση των αποτελεσμάτων κλπ. Ο βασικότερος ρόλος του λογισμικού CAD είναι ο ορισμός της γεωμετρίας του σχεδίου – μηχανικού απαρτίου, αρχιτεκτονικής κατασκευής, ηλεκτρονικού κυκλώματος κλπ. – καθόσον η γεωμετρία του σχεδίου είναι μεγάλης σημασίας για τις επόμενες ενέργειες που θα ακολουθήσουν στον κύκλο παραγωγής του προϊόντος. Η γεωμετρία που καθορίζεται μέσω του συστήματος CAD αποτελεί συνήθως και την βάση για την ανάλυση που ακολουθεί στο σύστημα CAE (σύστημα για τον έλεγχο αντοχής, κινηματικής και λειτουργικότητας). Αυτό είναι και ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της χρήσης αυτών των συστημάτων, καθόσον η μετατροπή (επανασχεδιασμός) της γεωμετρίας βασίζεται στα αποτελέσματα της ανάλυσης CAE και αντικατοπτρίζεται πολύ εύκολα στο σχέδιο CAD.

Οι τεχνικές CAD εξελίχθηκαν το τελευταίο τέταρτο του περασμένου αιώνα, σαν μία ανεξάρτητη τεχνολογία, η οποία βρήκε άμεση εφαρμογή στη διαδικασία σχεδιασμού και παραγωγής προϊόντων στη βιομηχανία. Στη διαδικασία σχεδιασμού

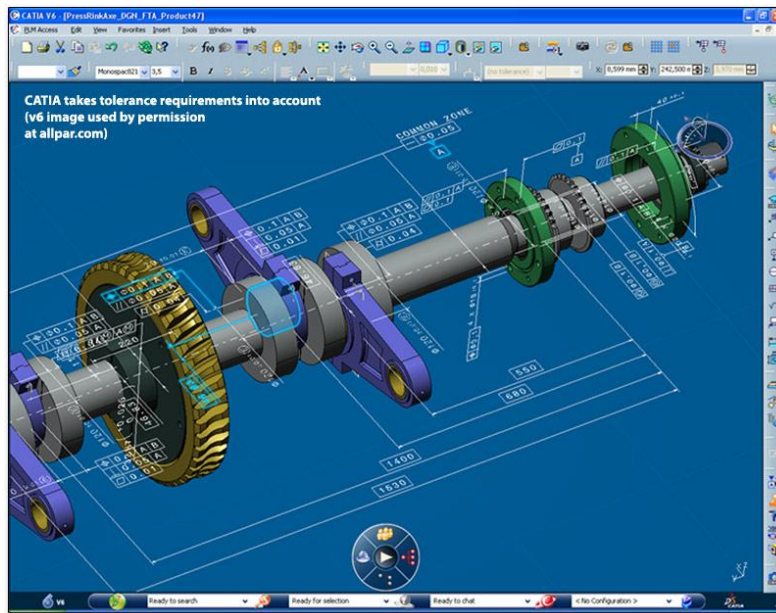
με μεθόδους CAD συνεργάζονται τρεις παράγοντες: το υπολογιστικό σύστημα (hardware), το λογισμικό (software) και ο χρήστης / σχεδιαστής.

Τα συστήματα CAD χρησιμοποιούνται κυρίως στη φάση της γεωμετρικής μοντελοποίησης ενός μηχανολογικού συστήματος. Πέρα από αυτό όμως, αποτελούν προϋπόθεση για ένα πλήθος άλλων σχεδιαστικών διαδικασιών. Στην επιστήμη του μηχανικού μπορούν να εξαχθούν από τα συστήματα CAD πληροφορίες χρήσιμες για την ανάλυση των αντικειμένων με πεπερασμένα στοιχεία, μετάδοση θερμότητας, ανάλυση τάσεων, δυναμική προσομοίωση μηχανισμών και διαδικασιών, ρευστοδυναμική ανάλυση, προσομοίωση με χρήση εικονικής πραγματικότητας, κλπ. Τέσσερις είναι οι βασικές τεχνικές που εφαρμόζονται στον σχεδιασμό με την χρήση συστημάτων CAD:

- Η τρισδιάστατη συρματική αναπαράσταση (3D wireframe modeling).
- Η επιφανειακή μοντελοποίηση (surface modeling).
- Η στερεά μοντελοποίηση (solid modeling).
- Η παραμετρική μοντελοποίηση (parametric modeling).

Η τρισδιάστατη συρματική αναπαράσταση, δίνει την απλούστερη μορφή χωρικής αναπαράστασης, με την μοντελοποίηση μόνο των ακμών των αντίστοιχων αντικειμένων. Τα τρισδιάστατα μοντέλα δημιουργούνται με το καθορισμό σημείων και καμπυλών στο χώρο. Οι καμπύλες αυτές είναι είτε αναλυτικές καμπύλες γεωμετρικών σχημάτων όπως ευθείες, κύκλοι, τόξα, ελλείψεις κτλ., είτε σύνθετες καμπύλες όπως Bezier, B-Splines κτλ. Τα συρματικά μοντέλα απαιτούν μικρή ισχύ και μνήμη από το υπολογιστικό σύστημα για τη δημιουργία και επεξεργασία τους, για το λόγο αυτό και η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιείται πολύ συχνά στα εμπορικά προγράμματα CAD. Πολλές ασάφειες των συρματικών μοντέλων ξεπερνιούνται με τη χρήση της επιφανειακής μοντελοποίησης. Τα επιφανειακά μοντέλα δημιουργούνται συνδέοντας ακμές του μοντέλου, καθορισμένες από το σχεδιαστή, με διάφορους τύπους επιφανειών. Παραδείγματα τέτοιων τύπων είναι οι επίπεδες και οι οδηγούμενες επιφάνειες, οι επιφάνειες σάρωσης, οι επιφάνειες εκ περιστροφής κτλ. Η μορφή αυτή χωρικής αναπαράστασης παρέχει πληροφορίες και για τις επιφάνειες που συνδέουν τις ακμές του αντικειμένου, με αποτέλεσμα να είναι πληρέστερη σε σχέση με την συρματική αναπαράσταση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται και για εφαρμογές πέρα από τη γεωμετρική αναπαράσταση αντικειμένων, όπως δημιουργία πλέγματος για εφαρμογές πεπερασμένων στοιχείων, προσδιορισμό τροχιάς κοπτικού εργαλείου προγραμματιζόμενων εργαλειομηχανών (CNC) κτλ. Η στερεά μοντελοποίηση αποτελεί την πληρέστερη τεχνική αναπαράστασης αντικειμένων στο χώρο. Τα στερεά μοντέλα δημιουργούνται με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος (Constructive Solid Geometry) αναφέρεται στη χρήση τρισδιάστατων αρχέτυπων (στερεών απλού σχήματος), όπως ορθογώνια παραλληλεπίπεδα, κύλινδροι, σφαίρες κτλ., τα οποία μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους με χρήση της άλγεβρας Bool (πράξεις μεταξύ στερεών), για τη μορφοποίηση της ζητούμενης γεωμετρίας. Ο δεύτερος τρόπος

(Boundary Representation) αναφέρεται στη χρήση δισδιάστατων επιφανειών καθορισμένων από το σχεδιαστή, η σάρωση των οποίων στο χώρο, κατά μήκος μιας τροχιάς, καθορίζει τον όγκο του αντικειμένου. Η έννοια της στερεάς μοντελοποίησης παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη συρματική και την επιφανειακή μοντελοποίηση, όπως: πλήρη γεωμετρική περιγραφή, δυνατότητες ελέγχου τοπολογίας, ένα περισσότερο φυσικό τρόπο δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων, υπολογισμό ιδιοτήτων όπως όγκου, βάρους, ροπών αδράνειας, αυτόματη δημιουργία πλέγματος για ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία, και χρήση στοιχείων του μοντέλου για αυτόματη δημιουργία δεδομένων αριθμητικού ελέγχου. Η παραμετρική μοντελοποίηση επιτρέπει στο χρήστη να επεμβαίνει στα μοντέλα που σχεδιάζει, αλλάζοντας τις διαστάσεις τους. Στην παραμετρική μοντελοποίηση οι διαστάσεις του σχεδιαζόμενου εξαρτήματος συνδέονται μέσω μαθηματικών εκφράσεων. Στην περίπτωση αλλαγής μιας διάστασης, οι εκφράσεις αυτές επιτρέπουν την αυτόματη ανανέωση όλων των εμπλεκόμενων διαστάσεων και την αυτόματη αναδημιουργία του μοντέλου. Έτσι γίνεται εφικτή η δημιουργία ενός “ευέλικτου μοντέλου”. Πολλά συστήματα CAD προσφέρουν περιορισμένες δυνατότητες παραμετρικού σχεδιασμού σε δύο διαστάσεις. Πλήρη παραμετρική σχεδίαση σε τρεις διαστάσεις παρέχουν κάποια εξελιγμένα προγράμματα CAD, όπως το Pro/Engineer, το CATIA, το IDEAS, το Solidworks, το Mechanical Desktop, κ.α. Ο σχεδιασμός με υπολογιστή (CAD) αποτελεί ένα σύγχρονο εργαλείο στα χέρια των μηχανικών με σκοπό την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος στο σχεδιασμό και την παραγωγή ενός προϊόντος. Οι μεγάλες δυνατότητες δημιουργίας και επεξεργασίας γραφικών που παρέχουν οι υπολογιστές, επιτρέπουν στους σχεδιαστές να διαμορφώνουν και να αξιολογούν τις ιδέες τους πολύ γρήγορα, και με μεγάλη ευελιξία.



Σχήμα 1: Γεωμετρική μοντελοποίηση ενός συστήματος μετάδοσης κίνησης, με χρήση συστήματος CAD.

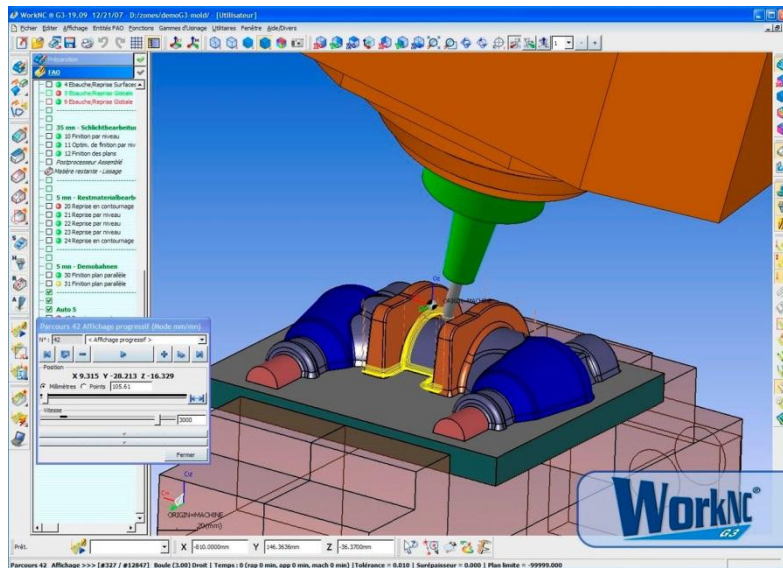
1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAM

Η τεχνολογία CAM (Computer-Aided Manufacturing) αναφέρεται στην χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή με σκοπό την διευκόλυνση των λειτουργιών της παραγωγής, συμπεριλαμβανομένου του σχεδιασμού, της διαχείρισης, της μεταφοράς και της αποθήκευσης. Βασικός σκοπός της τεχνολογίας αυτής είναι η δημιουργία μιας ταχύτερης διαδικασίας παραγωγής. Παραδοσιακά ο όρος CAM έχει θεωρηθεί ως ένα εργαλείο προγραμματισμού αριθμητικού ελέγχου στο οποίο εμφανίζονται δισδιάστατα ή τρισδιάστατα μοντέλα.

Τα συστήματα C.A.M. χρησιμοποιούνται για σχεδιασμό της διαδικασίας παραγωγής ενός προϊόντος. Σκοπός τους είναι η καθοδήγηση των εργαλειομηχανών, μέσω της δημιουργίας κατάλληλου προγράμματος από το σύστημα C.A.M., το οποίο μεταφέρεται στον ελεγκτή (controller) της CNC εργαλειομηχανής. Ο χρήστης μεταφέρει τη γεωμετρία του αντικειμένου από το σύστημα C.A.D. στο σύστημα C.A.M. Ορίζει τα διαθέσιμα χαρακτηριστικά της κοπής, που παρέχονται από το πρόγραμμα (στροφές, πρόωση κ.λ.π.). Έχει την δυνατότητα, προσομοίωσης της διαδικασίας κοπής (σχήμα 3), στην οθόνη του υπολογιστή, εμφανίζοντας τα αποτελέσματα, σύμφωνα με τις παραμέτρους που έχουν οριστεί. Έτσι γίνεται έλεγχος για λάθη σε σχέση με τις επιθυμητές διαμορφώσεις κάθε αντικειμένου και σε σχέση

με τις παραμέτρους της κοπής. Η διαδικασία κοπής εξάγεται από το σύστημα C.A.M. σε μορφή προγράμματος, κατάλληλου για προγραμματισμό εργαλειομηχανών (G κώδικας, G-Code). Το πρόγραμμα μεταφέρεται στον ελεγκτή της εργαλειομηχανής και ξεκινάει η διαδικασία κοπής.

Μία άλλη σημαντική λειτουργία του CAM είναι ο προγραμματισμός των robot, τα οποία μπορεί να λειτουργούν εντός ενός κελίου εργασίας, με βασική αποστολή τους την επιλογή και τοποθέτηση εργαλείων και τεμαχίων κατεργασίας στις εργαλειομηχανές CNC. Ο σκοπός των robot αυτών μπορεί να είναι η εκτέλεση συγκεκριμένων εργασιών όπως πχ. η συγκόλληση, η συναρμολόγηση ή η μεταφορά εξοπλισμού και τεμαχίων εντός του μηχανουργείου.



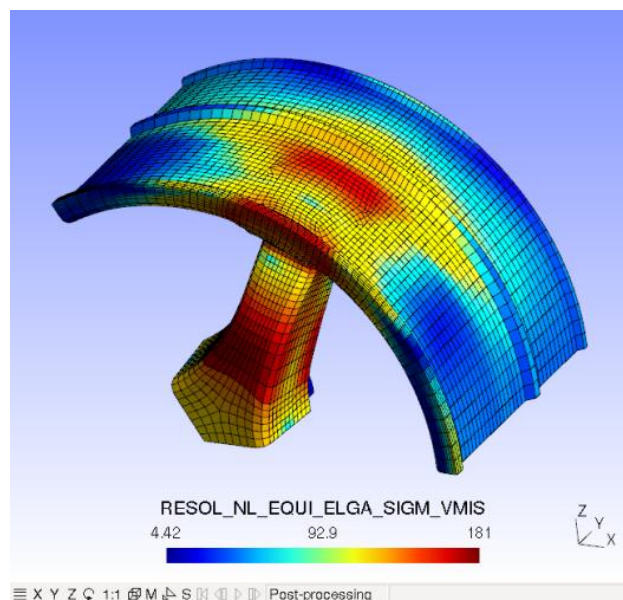
Σχήμα 2: Προσομοίωση της κατεργασίας με χρήση προγράμματος CAM.

1.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAE

Η διαδικασία της επαλήθευσης του σχεδιασμού ενός προϊόντος που παράγεται πλέον γίνεται μέσω προσομοίωσης στον υπολογιστή, πράγμα που επιτυγχάνεται μέσω των εργαλείων CAE.

Με τον όρο αυτόν περιγράφουμε μια σειρά προγραμμάτων τα οποία εξομοιώνουν τη λειτουργία του σχεδιαζόμενου αντικειμένου. Ο σχεδιαστής-μηχανικός μπορεί να διαπιστώσει αν αυτό που σχεδιάζει ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του και να

εντοπίζει προβλήματα που εμφανίζονται κατά τη λειτουργία του. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο εντάσσονται τα προγράμματα ανάλυσης με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων (Finite Elements Analysis). Τα προγράμματα που χρησιμοποιούν τη μέθοδο αυτή βοηθούν το σχεδιαστή να αναλύσει τη συμπεριφορά του αντικειμένου κάτω από τα φορτία λειτουργίας του. Συγκεκριμένα υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού των τάσεων, παραμορφώσεων και δυνάμεων που αναπτύσσονται, σαν παράγωγα της φόρτισης. Ακόμα είναι δυνατός ο υπολογισμός και των τάσεων που αναπτύσσονται λόγω θερμικών φορτίων όπως και η ροή θερμότητας. Για την ανάλυση και μελέτη του, το μοντέλο χωρίζεται σε μικρά τμήματα (κυψέλες) σχηματίζοντας ένα πλέγμα. Τα φορτία μπορούν να τοποθετηθούν στους κόμβους, ακμές ή και στην επιφάνεια κάθε κυψέλης. Το μέγεθος της κάθε κυψέλης εξαρτάται από την ακρίβεια η οποία απαιτείται: όσο μικρότερες είναι τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια. Στα δεδομένα που εισάγονται στο πρόγραμμα περιλαμβάνονται φυσικές ιδιότητες, όπως πυκνότητα, αγωγιμότητα κ.λπ. Ανάλογα με το μέγεθος των αναπτυσσόμενων τάσεων χρωματίζονται οι αντίστοιχες επιφάνειες ενώ υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης των παραμορφώσεων υπό κλίμακα. Επίσης η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων χρησιμοποιείται για ανάλυση κίνησης ρευστών. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων για την κινηματική ανάλυση ενός μηχανισμού ή και ολόκληρου μηχανικού συστήματος. Στην περίπτωση μάλιστα όπου το σύστημα είναι περίπλοκο, δίνεται η δυνατότητα στο μηχανικό να μελετήσει την αλληλεπίδραση των τμημάτων μεταξύ τους. Οι διαδικασίες σχεδιασμού και ανάλυσης ενός μοντέλου είναι δύσκολο να διαχωριστούν εντελώς, αφού τα αποτελέσματα της ανάλυσης τροφοδοτούν με νέα δεδομένα το σχεδιασμό και αντίστροφα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη σύνδεση των προγραμμάτων C.A.D. - C.A.E.



Σχήμα 3: Ανάλυση και μελέτη του προϊόντος μέσω CAE.

1.5 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAPP

Ο όρος CAPP (Computer Aided Process Planning) σημαίνει προγραμματισμός παραγωγής με χρήση Η/Υ. Τα συστήματα CAPP λοιπόν, χρησιμοποιούνται για την δημιουργία σχεδίων κατεργασίας. Τα αρχεία CAD χρησιμοποιούνται ως είσοδο στα συστήματα αυτά για τον προσδιορισμό των φάσεων κατεργασίας, των καταλόγων τεμαχίων καθώς και των προγραμμάτων κατασκευής τεμαχίων. Ενώ στα πρώτα στάδια εξέλιξης των συστημάτων CAM, τα συστήματα CAPP ήταν ξεχωριστά συστήματα τα οποία ουσιαστικά προετοίμαζαν την εργασία για την σύνταξη των προγραμμάτων NC, πλέον αποτελούν ουσιαστικά κομμάτι των σύγχρονων προγραμμάτων CAM.

Ο προγραμματισμός των φάσεων κατεργασιών (process-planning) «μεταφράζει» τις σχεδιαστικές πληροφορίες σε βήματα εντολών και κατεργασίας για την συνεπή και αποτελεσματική κατασκευή των προϊόντων, επιτυγχάνοντας ακόμη πιο αποδοτική χρήση των πόρων παραγωγής. Η περιγραφή των προϊόντων περιλαμβάνει τα εξής στοιχεία:

- 1) γενικές πληροφορίες (όνομα τεμαχίου, το σχέδιό του, τον κωδικό του)
- 2) στοιχεία τεχνικής δομής (τοποθέτηση τεμαχίου, τομές, λειτουργίες κ.α.)
- 3) πληροφορίες για κάθε λειτουργία (όνομα λειτουργίας, προδιαγραφές εργαλείων, είδη τεχνολογίας τομών, όνομα μηχανήματος και κωδικός)
- 4) τεχνικές πληροφορίες για κάθε τομή (ταχύτητα τομής, χρόνος μηχανής).

Ο προγραμματισμός της παραγωγής λοιπόν, καλύπτει τις δραστηριότητες και τις λειτουργίες για την προετοιμασία ενός λεπτομερούς συνόλου σχεδίων και οδηγιών για την παραγωγή ενός προϊόντος. Ο προγραμματισμός αρχίζει με τα γραμμικά σχέδια (μηχανολογικά- ηλεκτρολογικά), τα τρισδιάστατα μοντέλα του προϊόντος, τις τεχνικές προδιαγραφές, τα μοντέλα εξομοίωσης και τις τυποποιήσεις.

1.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAQ:

Ο όρος CAQ (Computer Aided Quality Assurance) αναφέρεται στα συστήματα διασφάλισης της ποιότητας. Η διασφάλιση της ποιότητας με υποστήριξη υπολογιστών επιτρέπει την παραγωγή προϊόντων υψηλής ποιότητας. Για τον έλεγχο της ποιότητας των κομματιών αυτών χρησιμοποιούνται διάφορες διατάξεις όπως π.χ. αυτόματα μηχανήματα μετρήσεων μήκους κλπ..

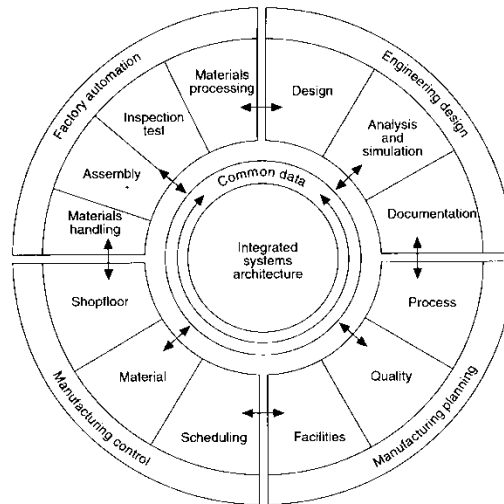
1.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ PPS:

Τα συστήματα PPS (Production Planning Systems= Σχεδιασμού και Ελέγχου παραγωγής) αφορούν το σχεδιασμό και τον έλεγχο όλων όσων συμβαίνουν μέσα σε μία επιχείρηση όπως τον σχεδιασμό της παραγωγής, την μελέτη των προθεσμιών, την μελέτη της παραγωγικής ικανότητας, τον έλεγχο της παραγωγής, την έναρξη, παρακολούθηση και επίβλεψη της παραγγελίας κλπ. Στην περιοχή αρμοδιοτήτων του συστήματος PPS ανήκουν όλες οι περιοχές που παίρνουν μέρος στην παραγωγή, όπως ο σχεδιασμός του προϊόντος (CAD), η προετοιμασία της παραγωγής (CAPP), η παραγωγή (CAM) και η διασφάλιση της ποιότητας (CAQ).

1.8 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CIM:

Η σύνδεση των παραπάνω επιμέρους συστημάτων (CAD, CAM, CAQ, PPS,) μεταξύ τους και η ενσωμάτωσή τους στην συνολική παραγωγική διαδικασία ονομάζεται CIM (Computer Integrated Manufacturing-Παραγωγή με ενσωμάτωση Η/Υ). Η τεχνολογία CIM χαρακτηρίζεται από την πολυπλοκότητα της καθώς ουσιαστικά έχει να κάνει με το σύνολο της παραγωγής.

Η σύνδεση όλων των στοιχείων μπορεί να αποδοθεί γραφικά μέσω του τροχού CIM. Ο τροχός CIM αποτελείται από πέντε βασικές συνιστώσες (1) γενικό μάνατζμεντ της επιχείρησης, (2) καθορισμός του προϊόντος και των διαθέσιμων διεργασιών, (3) σχεδιασμός και έλεγχος κατασκευής, (4) αυτοματισμός εργοστασίου και (5) διαχείριση πληροφοριών. Κάθε μία από αυτές τις βασικές συνιστώσες αποτελείται από επιπλέον υπο-συνιστώσες οι οποίες αλληλεπιδρούν μεταξύ τους.



Σχήμα 4: Ο τροχός CIM.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΡΙ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

CNC=Computer Numerical Control

Οι cnc (ψηφιακά καθοδηγούμενες) εργαλειομηχανές είναι μηχανές επεξεργασίας υλικών, οι οποίες μπορούν να δημιουργήσουν πολύπλοκα εξαρτήματα που απαιτούνται από την σύγχρονη τεχνολογία, σε πολύ μικρότερο χρόνο και με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι μία αντίστοιχη συμβατική εργαλειομηχανή. Οι cnc εργαλειομηχανές καθοδηγούνται μέσω Η/Υ. Η τεχνολογία cnc μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε εργαλειομηχανή.



Σχήμα 5: Μία cnc φρέζα βιομηχανικού τύπου.

2.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΩΝ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

CNC είναι η καθοδήγηση μιας εργαλειομηχανής με τη βοήθεια μιας σειράς κωδικοποιημένων εντολών που αποτελούνται από αριθμούς, γράμματα της αλφαβήτου και σύμβολα τα οποία μπορεί να κατανοήσει η μονάδα ελέγχου της εργαλειομηχανής (M.C.U.=Machine Control Unit). Οι εντολές αυτές μετατρέπονται σε παλμούς ηλεκτρικού ρεύματος τους οποίους τους ακολουθούν οι κινητήρες και οι μονάδες ελέγχου της εργαλειομηχανής, έτσι ώστε να εκτελεσθούν οι μηχανολογικές εργασίες που απαιτούνται για την κατασκευή του εκάστοτε εξαρτήματος. Οι αριθμοί, τα γράμματα και τα σύμβολα, είναι κωδικοποιημένες εντολές που αναφέρονται σε συγκεκριμένες αποστάσεις, θέσεις, λειτουργίες ή κινήσεις τις οποίες μπορεί να κατανοήσει η εργαλειομηχανή καθώς διαμορφώνει το εξάρτημα.

Όλες οι διαδικασίες καθοδήγησης και ελέγχου των εργαλειομηχανών CNC από τον χειριστή τους είναι μονόδρομες. Ο προγραμματιστής-μηχανικός της CNC καθορίζει την ακολουθία των κινήσεων της εργαλειομηχανής, τις τιμές των συνθηκών κατεργασίας (πρόωση, βάθος κοπής, ταχύτητα κοπής κ.λ.π.), ελέγχει την χρήση ή όχι του ψυκτικού υγρού, διαχειρίζεται τα κοπτικά εργαλεία κ.λ.π.. Για όλα αυτά, συντάσσει ένα πρόγραμμα καθοδήγησης σε τυποποιημένη γλώσσα προγραμματισμού (κώδικας), μεταφέρει τον κώδικα στην μονάδα ελέγχου και ενεργοποιεί την εκτέλεση του προγράμματος. Έτσι, από εκεί και πέρα η κατεργασία εκτελείται αυτόματα.

Η CNC καθοδήγηση έχει το πλεονέκτημα της συνεργασίας της με συστήματα σχεδίασης (CAD), συστήματα κατεργασιών (CIM) και ευέλικτα συστήματα παραγωγής (FMS=Flexible Manufacturing Systems). Επιπλέον, ένα μεγάλο ποσοστό υπολογισμών και διαδικασιών ελέγχου καθοδήγησης διεξάγονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ταχύτερα και με μικρότερο κόστος.

2.3 CNC ΚΕΝΤΡΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ένα CNC κέντρο κατεργασίας, είναι μία cnc εργαλειομηχανή, η οποία εκτελεί τις κατεργασίες δύο ή και περισσότερων cnc εργαλειομηχανών. Ένα χαρακτηριστικό

παράδειγμα, είναι κέντρα κατεργασίας που εκτελούν και κατεργασίες τόννευσης και κατεργασίες φρεζαρίσματος. Έτσι, με μία μόνο εργαλειομηχανή, εκτελώ κατεργασίες τόννου και φρέζας.

Τα κέντρα κατεργασίας λοιπόν, αναπτύχθηκαν από την ανάγκη εκτέλεσης διαφόρων εργασιών και διαδικασιών κατεργασίας σε ένα εξάρτημα από μία μόνο μηχανή και με μία προετοιμασία. Πολλά εξαρτήματα χρειάζονται κατεργασίες σε πολλές εργαλειομηχανές και έτσι περνούν (τα εξαρτήματα) αρκετό χρόνο σε αναμονή και κινούμενα από μηχανή σε μηχανή. Έτσι, με τα κέντρα κατεργασίας, εργασίες όπως το φρεζάρισμα, η τόννευση περιγραμμάτων, η διάτρηση, η αντίρροπη εσωτερική τόννευση, η εσωτερική τόννευση και η σπειροτόμηση, μπορούν να εκτελεστούν σε ένα κέντρο κατεργασίας, δηλαδή σε μία μόνο μηχανή και χρειάζεται μόνο μία προετοιμασία. Τα κέντρα κατεργασίας που είναι εξοπλισμένα με αυτόματα μηχανήματα αλλαγής εργαλείων, περιστροφικές τράπεζες και περιστροφικές κεφαλές, αποτελούν πολύ εύχρηστες μηχανές, ενώ ελαττώνουν την παρέμβαση του χειριστή.

Άρα λοιπόν, με τα κέντρα κατεργασίας ελαττώνεται κατά πολύ ο χρόνος παραγωγής και κατ' επέκταση το κόστος παραγωγής. Επίσης, απαιτείται λιγότερο προσωπικό (που αυτό συνεπάγεται δυνατότητα μείωσης του κόστους του προϊόντος).



Σχήμα 6: Κέντρο κατεργασίας που εκτελεί εργασίες φρέζας και τόννου.

2.4 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα των cnc εργαλειομηχανών, είναι η ταχύτητα παραγωγής (λόγω της αυτοματοποίησης), η ακρίβεια κατασκευής (υψηλή ποιότητα παραγόμενου προϊόντος) και η δυνατότητα μείωσης του κόστους. Γενικότερα όμως τα πλεονεκτήματα είναι τα εξής:

- 1) Παρέχεται μεγάλη ασφάλεια στον χειριστή (διότι την ώρα που γίνεται η κατεργασία, ο χειριστής δεν είναι εκτεθειμένος σε κινούμενα μέρη και κοπτικά εργαλεία).
- 2) Αποδίδει περισσότερο ο χειριστής (διότι κατά την εκτέλεση του προγράμματος, ο χειριστής μπορεί να κάνει κι' άλλες δουλειές).
- 3) Ελαττώνονται τα άχρηστα υλικά (διότι οι cnc εργαλειομηχανές πετυχαίνουν μεγάλη ακρίβεια κατασκευής).
- 4) Πετυχαίνουν μεγάλη ακρίβεια κατασκευής (μέχρι και $2,5\text{-}5\cdot 10^{-3}$ [mm]).
- 5) Απαιτείται μικρότερος χρόνος για την προετοιμασία της παραγωγής (διότι εάν στο μέλλον θέλω να φτιάξω ένα προϊόν που έχω ξαναφτιάξει, χρησιμοποιώ το παλιό πρόγραμμα ή εάν θέλω να φτιάξω ένα παρόμοιο, τροποποιώ το παλιό).
- 6) Μειώνονται τα ανθρώπινα σφάλματα (διότι περιορίζεται η παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα).
- 7) Εκτελούνται πολύπλοκες μηχανουργικές κατεργασίες (ταχύτερα και με μεγαλύτερη ακρίβεια).
- 8) Απαιτείται μικρότερο κόστος συντήρησης (διότι οι εργαλειομηχανές λειτουργούν με συγκεκριμένο ρυθμό και δεν επηρεάζονται π.χ. από την διάθεση του χειριστή).
- 9) Αυξάνεται η παραγωγικότητα (εάν θέλω π.χ. να φτιάξω ένα τεμάχιο 50 φορές, φτιάχνω μία φορά το πρόγραμμα και στην συνέχεια το εκτελώ 50 φορές, έτσι παράγω τα τεμάχια ταχύτερα (μειώνονται οι νεκροί χρόνοι)).
- 10) Απαιτείται μικρότερο απόθεμα ανταλλακτικών (λόγω του ότι απαιτείται "μικρότερη" συντήρηση).
- 11) Μικρότερη φθορά εργαλειομηχανής-μεγαλύτερη διάρκεια ζωής (λόγω του σταθερού ρυθμού λειτουργίας της).
- 12) Μικρότερη ανάγκη επίβλεψης (καθότι "αυστηρή" επίβλεψη απαιτείται μόνο για το πρώτο τεμάχιο).
- 13) Μεγαλύτερη χρήση της μηχανής (δηλαδή μεγαλύτερη εκμετάλλευση της μηχανής, αφού η ταχύτητα παραγωγής μπορεί να αυξηθεί και 80%).

14) Ευκολία προγραμματισμού της μηχανής (λόγω της ικανότητας αποθήκευσης του κάθε προγράμματος για μελλοντική χρήση όπως αναφέρω και παραπάνω).

Αντίστοιχα, τα μειονεκτήματα των cnc εργαλειομηχανών είναι τα εξής:

1) Μεγάλο κόστος αγοράς (μπορεί να είναι και 5 φορές μεγαλύτερο από της αντίστοιχης συμβατικής εργαλειομηχανής).

2) Απαιτείται εξειδικευμένο και εκπαιδευμένο προσωπικό (για να προγραμματίζει, να ρυθμίζει, να συντηρεί).

3) Οι χειριστές των cnc εργαλειομηχανών αμείβονται καλύτερα από τους χειριστές των συμβατικών εργαλειομηχανών (άρα μεγαλύτερο κόστος για την επιχείρηση).

2.5 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Η τεχνολογία cnc μπορεί να προσαρμοστεί σε οποιοδήποτε είδος μηχανής ή οποιαδήποτε διαδικασία η οποία απαιτεί καθοδήγηση από τον άνθρωπο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή προϊόντων από οποιοδήποτε υλικό (μέταλλο, ξύλο, συνθετικά υλικά κ.λ.π.).

Η τεχνολογία cnc χρησιμοποιείται σε βιομηχανίες-βιοτεχνίες που απαιτείται μεγάλη παραγωγικότητα (20-1000 τεμάχια περίπου) και ακρίβεια κατασκευών. Παραδείγματα βιομηχανιών που χρησιμοποιούν την τεχνολογία cnc: Αυτοκινητοβιομηχανίες, αεροναυπηγικές εταιρείες, ναυπηγεία, βιομηχανίες μεταλλικών κατασκευών, βιομηχανίες παραγωγής μεταλλικών εξαρτημάτων (διαφόρων ειδών), βιομηχανίες παραγωγής επίπλων, βιομηχανίες παραγωγής κουφωμάτων κ.λ.π..

Πλέον, οι cnc εργαλειομηχανές είναι ευρέως διαδεδομένες στην παγκόσμια βιομηχανία. Μάλιστα, έχει υπολογιστεί ότι το 70% των εξαρτημάτων (στο σύνολο των κατασκευών) παράγεται στις μέρες μας από cnc εργαλειομηχανές. Στην Ελλάδα, παρόλο που άργησε πολύ να έρθει η τεχνολογία αυτή (και ακόμη δεν είναι ευρέως διαδεδομένη όπως σε χώρες της Δύσης), πλέον, έχουν εφοδιαστεί πολλές βιομηχανίες με cnc, σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και η τάση αυτή (της χρήσης των cnc) είναι συνεχώς αυξανόμενη. Επίσης, χάρη στην τεχνολογία των cnc, τα τελευταία χρόνια, πολλές ελληνικές επιχειρήσεις έχουν ξεκινήσει εξαγωγές προϊόντων σε διάφορες χώρες της Ευρώπης, αλλά και στην Σαουδική Αραβία και την Αμερική.

Μερικές από εργαλειομηχανές που χρησιμοποιούνται ευρέως στην βιομηχανία είναι οι εξής: τόρνοι, φρέζες, δρόπανα, λειαντικές μηχανές, μηχανές κοπής με λέιζερ κ.λ.π..

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ-ΓΕΝΙΚΑ

Η βασική αρχή των cnc εργαλειομηχανών στηρίζεται σε ένα μεγάλης ακρίβειας σύστημα ηλεκτρονικού ελέγχου, το οποίο παράγει ψηφιακά σήματα που καθοδηγούν τις λειτουργίες και τις παραμέτρους της κατεργασίας.

Οι μηχανικοί έχουν πάντα ως αρχή την κατασκευή εργαλειομηχανών, οι οποίες εκτελούν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο όγκο κατεργασίας με μία μόνο διαδικασία καθοδήγησης και ρύθμισης. Δηλαδή, στόχος είναι να επεμβαίνει και να διακόπτει την παραγωγική διαδικασία ο άνθρωπος όσο λιγότερο γίνεται. Κατ' επέκταση, προσπαθούμε να έχουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό αυτοματοποίησης. Σε αυτή την προσπάθεια (αύξηση του βαθμού αυτοματοποίησης) συμβάλλουν πολλές άλλες επιμέρους επιστήμες, όπως: Η τεχνολογία των υλικών, η ηλεκτρονική, η ρομποτική, η επιστήμη των υπολογιστών, η τεχνολογία των κοπτικών εργαλείων και η μηχανολογία (η οποία (μηχανολογία) καθορίζει την εξέλιξη των μηχανικών τμημάτων, δηλαδή των συστημάτων κίνησης, των γραναζιών, των κοχλιών μεταφοράς κίνησης (ball screw), τις εδράσεις των ατράκτων κ.λ.π.).

Τα κύρια μέρη μιας cnc εργαλειομηχανής είναι:

(α) Η μονάδα ελέγχου (M.C.U.) (εκτελεί τους μαθηματικούς υπολογισμούς και στέλνει τα ψηφιακά σήματα).

(β) Ο ηλεκτροκινητήρας κίνησης (που φέρει την κίνηση).

(γ) Τα μηχανικά μέρη (κοχλίες μετάδοσης κίνησης, γρανάζια κ.λ.π.).

Οι μηχανές ψηφιακής καθοδήγησης έχουν να αντιμετωπίσουν αποστολές κατεργασίας που σχετίζονται με πολύ δυσμενείς συνθήκες κοπής. Για παράδειγμα, οι ταχύτητες κοπής, άρα και οι αντίστοιχες θερμοκρασίες, είναι πολύ υψηλές. Ακόμα, οι προώσεις και οι δυνάμεις κοπής ξεπερνούν κατά πολύ τα μεγέθη των αντίστοιχων

συμβατικών μηχανών. Η δυναμική και στατική συμπεριφορά των μηχανών αυτών απαιτεί ιδιαίτερη μελέτη, αφού οι απαιτήσεις σε ακρίβεια είναι κατά πολύ αυξημένες. Επίσης, στην περίπτωση των CNC εργαλειομηχανών, που εργάζονται σε δύο ή και τρεις βάρδιες μέσα σε μεγάλα μηχανουργεία ή βιομηχανίες, η απομάκρυνση των αποβλήτων είναι ένα πρόβλημα που δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με σκούπα και φαράσι, όπως στις συμβατικές εργαλειομηχανές. Έτσι, λοιπόν, οι κατασκευαστικές υποομάδες των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης, παράγονται με ξεχωριστές προδιαγραφές σε σχέση με αυτές των συμβατικών.

3.2 ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ

Η μονάδα ελέγχου (M.C.U.=Machine Control Unit) αποτελεί τμήμα της κάθε ψηφιακά καθοδηγούμενης εργαλειομηχανής (NC, CNC). Με την μονάδα ελέγχου καθοδηγώ και ελέγχω την εργαλειομηχανή. Πιο συγκεκριμένα, η μονάδα ελέγχου της κάθε εργαλειομηχανής έχει τα εξής δύο προγράμματα:

(α) Το πρόγραμμα κοπής: Το πρόγραμμα αυτό το φτιάχνω κάθε φορά εγώ, για την κάθε κατεργασία που θέλω να κάνω. Το πρόγραμμα κοπής, το φτιάχνω στο CAM και το περνάω στην εργαλειομηχανή είτε απ' ευθείας (εάν συνδέεται η μηχανή με τον Η/Υ), είτε το αποθηκεύω σε κάποιο μέσο αποθήκευσης (δισκέτα, σκληρό δίσκο κ.λ.π.) και το μεταφέρω μετά στην εργαλειομηχανή.

(β) Το πρόγραμμα ελέγχου: Αυτό το πρόγραμμα εκτελείται αυτόματα κατά την διάρκεια της κατεργασίας. Δεν επεμβαίνει ο προγραμματιστής/χειριστής σε αυτό το πρόγραμμα.

Η μονάδα ελέγχου εμπεριέχει έναν ή δύο επεξεργαστές. Οι επεξεργαστές αυτοί, πραγματοποιούν όλους τους απαιτούμενους μαθηματικούς υπολογισμούς.

3.3 ΗΛΕΚΤΡΙΚΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Οι ηλεκτρικοί κινητήρες είναι από τα σημαντικότερα υποσυστήματα των εργαλειομηχανών, καθώς όλες σχεδόν οι κινήσεις μετατόπισης και κοπής οδηγούνται

από αυτούς. Η απόδοσή τους καθορίζει σε μεγάλο βαθμό, την ποιότητα των μηχανουργικών κατεργασιών και την παραγωγικότητα των εργαλειομηχανών, που τους περιέχουν. Σήμερα οι NC, CNC και DNC εργαλειομηχανές περιέχουν, ως βασικό εξοπλισμό, ολόκληρα συστήματα σερβοκινητήρων (servomotors), που προσφέρουν διαρκή έλεγχο των παραμέτρων τους (ταχύτητα περιστροφής και αποδιδόμενη ισχύς). Τέτοια συστήματα χρησιμοποιούνται τόσο για τον έλεγχο των προώσεων, όσο και των ταχυτήτων κοπής. Αποτελούνται από ηλεκτρικό κινητήρα συνεχούς ή εναλλασσόμενου ρεύματος, ενώ σπανιότερα χρησιμοποιούνται βηματικοί κινητήρες. Σε κάθε περίπτωση, υπάρχει μετρητής της ταχύτητας περιστροφής και μηχανισμός άμεσης πέδησης. Οι σερβοκινητήρες ενσωματώνουν ηλεκτρονικές διατάξεις ελέγχου και προστασίας, ενώ μπορεί να περιλαμβάνουν και μηχανικά υποσυστήματα, όπως συμπλέκτες και μειωτήρες.

Οι απαιτήσεις για τους κινητήρες ενεργοποίησης των αξόνων κατεργασίας (κινητήρες προώσεων) είναι κατά πολύ διαφορετικές από αυτούς που χρησιμοποιούνται για τις κύριες ατράκτους των εργαλειομηχανών. Επίσης, η σχεδιαστική φιλοσοφία διαφέρει από τύπο σε τύπο εργαλειομηχανής, αφού, για παράδειγμα, η ταχύτητα κοπής σε λειαντική μηχανή είναι πολλαπλάσια από τις αντίστοιχες του φρεζαρίσματος και της τórνευσης.

3.4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ

Η βασικότερη παράμετρος που επηρεάζει την ταχύτητα κοπής και εξαρτάται από τον κινητήρα, είναι η γωνιακή ταχύτητα (του κινητήρα), η οποία υπολογίζεται ως εξής:

$$\omega = 2 \times \pi \times n / 60 \quad [\text{rad/s}] \quad (3.1)$$

όπου: n: οι στροφές του κινητήρα σε [rpm].

Η ταχύτητα κοπής όμως, εκτός από την γωνιακή ταχύτητα του κινητήρα, εξαρτάται και από την γεωμετρία της θέσης κοπής.

Η ταχύτητα κοπής υπολογίζεται από την εξής σχέση:

$$v = (\pi \times d \times n) / 1000 \quad [\text{m/min}] \quad (3.2)$$

όπου: d: η διάμετρος του προς επεξεργασία τεμαχίου στην τórνευση και η διάμετρος του κοπτικού εργαλείου στο φρεζάρισμα σε [mm].

Η ροπή στρέψεως T που μετριέται σε N.m και εκφράζεται από τη σχέση:

$$T = P / \omega \quad [\text{Nm}] \quad (3.3)$$

Όπου: P : η αποδιδόμενη ισχύς του κινητήρα [W],

ω : η γωνιακή ταχύτητα του κινητήρα [rad/s].

Η ροπή στρέψεως ενός κινητήρα εκφράζει τη δυνατότητα υπερνίκησης μιας αντίστοιχης ροπής. Στην περίπτωση της κινητήριας ατράκτου της εργαλειομηχανής, η ροπή που πρέπει να υπερνικηθεί, οφείλεται στην αντίσταση κοπής, δηλαδή στην κάθετη δύναμη κοπής.

Ανάλογα με τη συγκεκριμένη κατεργασία, επιλέγεται και ο αντίστοιχος κινητήρας, σε σχέση με τα χαρακτηριστικά ροπής και ισχύος. Για παράδειγμα, στην περίπτωση λειαντικής μηχανής που απαιτεί μεγάλη ταχύτητα και εμφανίζει μικρές δυνάμεις κοπής και ροπή αντίστασης, θα χρησιμοποιηθεί ένας κινητήρας, που αποδίδει τη μέγιστη ισχύ του σε υψηλές στροφές. Σε αντίθετη περίπτωση, θα απαιτηθεί η προσθήκη πολλαπλασιαστή στροφών, που όμως αυξάνει το κόστος.

3.5 ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΚΙΝΗΤΗΡΙΑΣ ΑΤΡΑΚΤΟΥ ΚΟΠΗΣ

Η ταχύτητα κοπής, παράγεται από κάποια περιστροφική κίνηση. Την περιστροφική κίνηση στην περίπτωση της τórνευσης την προκαλεί το προς επεξεργασία τεμάχιο, ενώ σε όλες σχεδόν τις υπόλοιπες κατεργασίες την προκαλεί το κοπτικό εργαλείο. Σε κάθε περίπτωση, η περιστροφική κίνηση δίδεται από την κινητήρια άτρακτο της εργαλειομηχανής, η οποία είναι συνδεδεμένη με έναν κινητήρα.

Η μέγιστη ροπή που μπορεί να δοθεί κατά την κατεργασία από μια εργαλειομηχανή, πρέπει να είναι τουλάχιστον διπλάσια από την ονομαστική ροπή του κινητήρα.

Στις κινητήριες ατράκτους των εργαλειομηχανών, χρησιμοποιούνται οι εξής τύποι κινητήρων:

(α) Κινητήρες συνεχούς ρεύματος.

(β) Τριφασικοί ασύγχρονοι κινητήρες (με εναλλασσόμενο δηλαδή ρεύμα).

Οι άτρακτοι, εκτός από τον κινητήρα τους και τον εργαλειοδέτη, περιέχουν ένα μεγάλο αριθμό ηλεκτρονικών και μηχανικών υποσυστημάτων. Χαρακτηριστικές ηλεκτρονικές ομάδες είναι οι ρυθμιστές του ρεύματος τροφοδοσίας, τα συστήματα προστασίας του κινητήρα, οι μετασχηματιστές κ.λπ.. Τα μηχανικά συστήματα περιέχουν κιβώτια σταθερών ή διαρκώς μεταβαλλόμενων σχέσεων μετάδοσης και την πέδη της ατράκτου.

Οι κινητήρες ατράκτων πρέπει να μπορούν να λειτουργούν σε ένα αρκετά μεγάλο εύρος στροφών, ώστε να μπορούν να αντιμετωπίσουν όλες τις εναλλαγές στις συνθήκες κατεργασίας. Οι κύριες απαιτήσεις των κινητήρων αυτών είναι:

- Η δυνατότητα παραγωγής επίπεδων καμπυλών ροπής, για ένα μεγάλο εύρος στροφών.
- Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής 12.000 rpm για τόνους, φρέζες, κέντρα κατεργασίας και 50.000 rpm για λειαντικές μηχανές.
- Μέγιστη αποδιδόμενη ροπή σε συνθήκες αιχμής (peak), τουλάχιστον διπλάσια από την ονομαστική του κινητήρα.
- Ο λόγος της μέγιστης προς την ελάχιστη περιστροφική ταχύτητα να κυμαίνεται για τόνους από 40 έως 60, για φρέζες από 30 έως 50 και για κέντρα κατεργασίας από 50 έως 70.
- Ονομαστική ισχύς έως 100 kWatt.

3.6 ΗΛΕΚΤΡΟΚΙΝΗΤΗΡΕΣ ΠΡΟΩΣΕΩΣ

Οι κινήσεις προώσεως των αξόνων μίας εργαλειομηχανής πρέπει γενικά να είναι μεγάλης ακρίβειας και να έχουν μικρές επιβραδύνσεις λόγω τριβών. Οι μετατοπίσεις των αξόνων πρέπει να είναι ανεξάρτητες από τα φορτία αντίδρασης, που είναι οι δυνάμεις τριβής και οι αδρανειακές δυνάμεις. Επίσης, οι κινήσεις προώσεως πρέπει να είναι σταθερές, καθώς απότομες αλλαγές και ταλαντώσεις επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα της κατεργασμένης επιφάνειας. Παλιότερα, σε αρχικά στάδια εξέλιξης των εργαλειομηχανών CNC, για όλες τις κινήσεις των αξόνων υπήρχε ένας μόνο κινητήρας. Η κίνηση μεταδιδόταν στους διάφορους άξονες μέσω συμπλεκτών και πεδών. Αυτή η μέθοδος έχει σήμερα εγκαταλειφθεί και κάθε άξονας κατεργασίας ενεργοποιείται από το δικό του κινητήρα.

Οι κύριες απαιτήσεις των κινητήρων των αξόνων είναι :

(α) Σταθερή ροπή στρέψης σε όλο το εύρος των στροφών λειτουργίας των κινητήρων.

(β) Μέγιστη ταχύτητα περιστροφής σε περίπτωση ταχείας κίνησης έως 6.000 rpm.

(γ) Μέγιστη αποδιδόμενη ροπή σε συνθήκες αιχμής (peak) τουλάχιστον τετραπλάσια από την ονομαστική του κινητήρα.

(δ) Ονομαστική ισχύς έως 15 kWatt.

Στις κινήσεις προώσεων χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τύποι κινητήρων :

(1) Κινητήρες συνεχούς ρεύματος (DC feed drives): Οι κινητήρες αυτοί είναι αντίστοιχοι με αυτούς που χρησιμοποιούνται και στην περίπτωση των κινητήριων ατράκτων των εργαλειομηχανών. Είναι φυσικό να χρησιμοποιούνται κινητήρες με σαφώς μικρότερη ονομαστική ισχύ, σε σχέση με τις ατράκτους. Υπάρχουν πολλές κατασκευαστικές λύσεις και, γενικά, οι κινητήρες αυτοί χρησιμοποιούνται αρκετά στις κινήσεις προώσεων σε όλους τους άξονες κατεργασίας.

(2) Τριφασικοί σύγχρονοι κινητήρες (Three phase synchronous motors): Σε σχέση με τους κινητήρες συνεχούς ρεύματος, οι κινητήρες αυτοί έχουν πολλά πλεονεκτήματα. Για παράδειγμα δε χρειάζονται εναλλάκτη ρεύματος, με αποτέλεσμα να μην έχουν ιδιαίτερα προβλήματα φθοράς, ενώ η απουσία συλλέκτη λύνει το πρόβλημα της καρβουνόσκονης. Επίσης, μπορούν να δώσουν τη μέγιστη ροπή τους ακόμα και κατά τη στιγμή της εκκίνησης, όταν δηλαδή ο ρότοράς τους δεν περιστρέφεται. Ακόμα για τις ίδιες εξωτερικές διαστάσεις αποδίδουν μεγαλύτερη ροπή, ενώ δεν έχουν προβλήματα υπερθέρμανσης. Για τους λόγους αυτούς, οι τριφασικοί σύγχρονοι κινητήρες είναι πολύ ελκυστικοί στους κατασκευαστές εργαλειομηχανών.

(3) Βηματικοί κινητήρες (stepping motor drives): Οι βηματικοί κινητήρες ενεργοποιούνται με παλμούς, δηλαδή με ψηφιακό σήμα. Κάθε παλμός, δηλαδή κάθε ψηφιακό σήμα περιστρέφει την άτρακτο του κινητήρα κατά μία συγκεκριμένη γωνία. Έτσι, δε χρειάζεται να μετατραπεί το ψηφιακό σήμα καθοδήγησης σε αναλογικό ρεύμα ενεργοποίησης, όπως συμβαίνει σε όλους τους άλλους τύπους ηλεκτρικών κινητήρων. Επίσης, δε χρειάζονται σύστημα μέτρησης της θέσεως, αφού η ακρίβεια κίνησης είναι δεδομένη. Όλα αυτά τα χαρακτηριστικά θα έκαναν τους βηματικούς κινητήρες πολύ ελκυστικούς για ενεργοποίηση των ατράκτων προώσεων, εάν δεν είχαν κάποια μεγάλα μειονεκτήματα για τέτοιες εφαρμογές. Τα μειονεκτήματα αυτά είναι τα εξής: (α) οι συχνότητες βήματος είναι πολύ μικρές, με αποτέλεσμα να μην επιτυγχάνονται μεγάλες προώσεις. (β) Ακόμα, οι διαθέσιμες ροπές είναι πολύ χαμηλές. (γ) Η επιτάχυνση τους είναι πολύ αργή. Για τους λόγους αυτούς, οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται πολύ σπάνια στις εργαλειομηχανές. Πιο συγκεκριμένα, οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούνται κυρίως σε μικρές εργαστηριακές εργαλειομηχανές, όπου δεν απαιτούνται μεγάλες ροπές, προώσεις και

επιταχύνσεις και καθόσον ένα πολύ σημαντικό πλεονέκτημά τους είναι το χαμηλό τους κόστος.

(4) Υδροστατικές μεταδόσεις κίνησης (hydraulic feed drives): Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε αρχικά στις εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση, ενώ αργότερα αντικαταστάθηκε σχεδόν πλήρως από τους ηλεκτρικούς κινητήρες. Όμως, τα τελευταία χρόνια, η βελτίωση των υδραυλικών κυλίνδρων είναι τόσο θεαματική, ώστε τα συστήματα αυτά χρησιμοποιούνται αρκετά από τους σχεδιαστές εργαλειομηχανών. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα των υδροστατικών μεταδόσεων κίνησης είναι το μικρό τους βάρος, οι μικρές διαστάσεις τους, η μεγάλη ισχύς τους, η απευθείας γραμμική κίνηση και οι μικρές απαιτήσεις σε ηλεκτρονικά συστήματα καθοδήγησης τους.

3.7 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Οι μετακινήσεις κατά μήκος και γύρω από τους άξονες κατεργασίας εκτελούνται από τους αντίστοιχους κινητήρες προώσεων, που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Οι κινήσεις των κινητήρων αυτών ενεργοποιούνται από παλμούς, δηλαδή από ψηφιακά σήματα που ξεκινούν από τη μονάδα κεντρικού ελέγχου και μετατρέπονται σε κινήσεις του τεμαχίου ή του κοπτικού εργαλείου. Ο τρόπος, όμως, που μετατρέπεται η περιστροφική κίνηση των κινητήρων προώσεως σε γραμμικές μετατοπίσεις της τράπεζας της μηχανής, για παράδειγμα, δεν είναι απλή υπόθεση. Αντίθετα, πρέπει να καλύπτει ένα σύνολο απαιτήσεων με τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Για παράδειγμα, η ζητούμενη ακρίβεια μετακίνησης είναι ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος για την αξιοπιστία μιας εργαλειομηχανής. Ιδιαίτερα σε περιπτώσεις κατεργασίας μεγάλων και βαριών τεμαχίων, η επιτάχυνση και επιβράδυνση της μάζας του φορείου και του τεμαχίου και η δύναμη της αδράνειας μπορεί να είναι πολύ μεγάλη και πρέπει να λαμβάνεται υπόψη.

Ο πιο διαδεδομένος τρόπος μετατροπής περιστροφικής κίνησης σε γραμμική είναι ο μηχανισμός επανακυκλοφορούντων σφαιρών, δηλαδή τα λεγόμενα "ball screw". Το σπείρωμα αυτού του κοχλία είναι σφαιρικό αντί για τριγωνικό, σε αντίθεση με τους κοινούς κοχλίες. Στη θέση επαφής του κοχλία κίνησης με την τράπεζα ή το εργαλειοφορείο της μηχανής, υπάρχει ένα ειδικό περικόχλιο (παξιμάδι), που έχει το ίδιο σπείρωμα αλλά εσωτερικό. Ανάμεσα στον κοχλία και το περικόχλιο υπάρχουν σφαίρες κατασκευασμένες από το ίδιο υλικό με το οποίο κατασκευάζονται οι σφαίρες των ρουλεμάν, δηλαδή από βαμμένο χάλυβα, για λόγους υψηλής αντοχής. Οι σφαίρες συμπιέζουν η μια την άλλη, ώστε να μην υπάρχουν διάκενα (τζόγος), που επηρεάζουν την ακρίβεια της μετατόπισης. Καθώς περιστρέφεται ο κοχλίας κίνησης,

οι σφαίρες κινούνται έξω από το περικόχλιο και μπαίνουν σε ένα ειδικό κανάλι που τις μεταφέρει στο άλλο άκρο του περικοχλίου. Έτσι, υπάρχει μία ανακύκλωση των σφαιρών, που αναγκάζει το περικόχλιο και, άρα, και την τράπεζα ή το εργαλειοφορείο να μετακινηθούν. Με τον τρόπο αυτό, μπορούν να επιτευχθούν ταχύτητες μεταφοράς πάνω από 20 m/min με ακρίβεια της τάξης των 5 μm, σε όλο το μήκος μετατόπισης της τράπεζας.



ΣΧΗΜΑ 7: Σύστημα επανακυκλοφορούντων σφαιριδίων (ball screw).

Εκτός όμως από το σύστημα των επανακυκλοφορούντων σφαιριδίων (ball screw), σε εργαλειομηχανές CNC με μικρότερες απαιτήσεις συχνά συναντώνται και ατέρμονες κοχλίες με περικόχλια και ρουλεμάν.

3.8 ΠΡΩΩΣΗ

Η ταχύτητα πρόωσης εξαρτάται από: το κοπτικό εργαλείο, από το προς επεξεργασία τεμάχιο, από το βάθος κοπής και από την ποιότητα που θέλω να έχει η επιφάνεια που επεξεργάζομαι.

Η πρόωση, παρ' όλο που έχει την ίδια φιλοσοφία σε τόννευση και σε φρεζάρισμα, εκφράζεται με διαφορετικούς τρόπους και μονάδες μέτρησης.

(α) Στην τόννευση, η πρόωση εκφράζει την ταχύτητα της κίνησης του κοπτικού εργαλείου σε χιλιοστά ανά λεπτό [mm/min] ή χιλιοστά ανά περιστροφή του τεμαχίου [mm/rev]. Ουσιαστικά πρόκειται για την ταχύτητα μετακίνησης του κοπτικού εργαλείου. Η σχέση ανάμεσα στις δύο εκφράσεις της πρόωσης είναι:

$$f_u = f_{rev} \cdot n \quad (3.4)$$

όπου: f_u : η ταχύτητα της κίνησης του κοπτικού εργαλείου σε χιλιοστά ανά λεπτό ([mm/min]),

f_{rev} : η ταχύτητα της κίνησης του κοπτικού εργαλείου σε χιλιοστά ανά περιστροφή του τεμαχίου ([mm/rev]),

n : οι στροφές του τóρνου [rpm].

(β) Στο φρεζάρισμα, η πρόωση αντιστοιχεί στη μετατόπιση του τραπεζιού της εργαλειομηχανής και κατά συνέπεια του κατεργαζόμενου τεμαχίου, σε ένα λεπτό.

Η πρόωση στο φρεζάρισμα δίνεται με δύο μορφές :

–πρόωση ανά λεπτό: είναι η μετατόπιση του τραπεζιού σε ένα λεπτό.

–πρόωση ανά δόντι: είναι η μετατόπιση του τραπεζιού στο διάστημα από την εισχώρηση ενός δοντιού της φρέζας μέχρι την εισχώρηση του επόμενου.

Η σχέση που συνδέει τις δύο αυτές προώσεις προκύπτει ως εξής: Έστω φρέζα με z κοπτικές ακμές (ή δόντια), η οποία περιστρέφεται με n στροφές το λεπτό και το τραπέζι της μετατοπίζεται με πρόωση ανά δόντι f_z . Τότε το τραπέζι της φρέζας προχωρά με f_u χιλιοστά το λεπτό. Επειδή σε ένα λεπτό η φρέζα κάνει n στροφές και κάθε στροφή αντιστοιχεί στην κοπή z δοντιών, προκύπτει μετατόπιση ανά δόντι $f_z \cdot z \cdot n$. Άρα, ο τύπος που συνδέει τις δύο προώσεις είναι :

$$f_u = f_z \cdot z \cdot n \quad (3.5)$$

όπου: f_u : η ταχύτητα της τράπεζας της φρέζας σε χιλιοστά ανά λεπτό ([mm/min]),

f_z : η πρόωση ανά δόντι της τράπεζας της φρέζας ([mm/δόντι]),

z : οι κοπτικές ακμές (ή τα δόντια) της φρέζας,

n : οι στροφές της φρέζας [rpm].

Τα πράγματα όμως διαφοροποιούνται συνήθως στην περίπτωση του πολυαξονικού φρεζαρίσματος, όπου υπάρχουν πολλές ταυτόχρονες μετακινήσεις του κοπτικού σε διάφορους άξονες κατεργασίας. Στις περιπτώσεις αυτές είναι δυνατόν να ορισθούν διαφορετικές τιμές πρόωσης, κυρίως, για τους περιστροφικούς άξονες κατεργασίας. Σε κάθε περίπτωση πάντως, η πρόωση κατεργασίας είναι μία παράμετρος της κοπής, που προγραμματίζεται ταυτόχρονα με την περιγραφή της γεωμετρίας του τεμαχίου, που πρόκειται να κατεργαστεί. Η τιμή που θα δοθεί στο μέγεθος αυτό, μετατρέπεται αυτόματα από την κεντρική μονάδα ελέγχου της εργαλειομηχανής (M.C.U.) σε εντολές στους κινητήρες προώσεων και τελικά, σε μετακινήσεις του κοπτικού εργαλείου ή του τεμαχίου προς επεξεργασία. Η επιλογή

της πρόωσης, όπως και στις κατεργασίες σε συμβατικές εργαλειομηχανές, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το υλικό του κοπτικού εργαλείου, το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου και τις δυνατότητες της εργαλειομηχανής. Η χρήση ειδικών πινάκων του κατασκευαστή των εργαλειομηχανών και των κοπτικών εργαλείων, καθώς επίσης και η εμπειρία του προγραμματιστή, εξασφαλίζουν τη σωστή επιλογή της βέλτιστης πρόωσης.

3.9 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΨΥΚΤΙΚΟΥ ΥΓΡΟΥ, ΠΕΠΙΕΣΜΕΝΟΥ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

3.9.1 Ψυκτικό υγρό

Στις κατεργασίες που γίνονται με εργαλειομηχανές, χρησιμοποιείται ψυκτικό υγρό για τους εξής δύο λόγους:

(1) Για την απομάκρυνση των αποβλήτων (γρεζιών) από το σημείο κοπής κατά την εκτέλεση της κατεργασίας, ώστε να μην “τραυματίζεται” το υλικό.

(2) Κατά την κοπή, αναπτύσσονται πολύ μεγάλα ποσά θερμότητας στο κοπτικό εργαλείο και αυτό αποτελεί πρόβλημα όσο αναφορά την αντοχή του υλικού. Γι’ αυτό ρίχνουμε το ψυκτικό υγρό και έτσι ψύχεται το κοπτικό εργαλείο. Με αυτό τον τρόπο δηλαδή, “ανακουφίζεται” το κοπτικό εργαλείο από τα υψηλά ποσά θερμότητας.

Ανάλογα με την περίπτωση κατεργασίας, χρησιμοποιείται έλαιο κοπής ή σαπουνέλαιο.

3.9.2 Σύστημα τροφοδοσίας ψυκτικού υγρού και πεπιεσμένου αέρα

Το ψυκτικό υγρό παρέχεται με την βοήθεια αντλιών, αφού δοθεί η κατάλληλη εντολή από την μονάδα ελέγχου (M.C.U.). Επίσης, σε πολλές περιπτώσεις, για να υπάρχει μόνιμη καθοδήγηση του υγρού κοπής ακριβώς στη θέση κατεργασίας, χρησιμοποιούνται ειδικά κοπτικά εργαλεία, όπου αντί το υγρό κοπής να ψεκάζεται από τα ακροφύσια, βγαίνει απευθείας από το κοπτικό εργαλείο από ειδικά κανάλια,

που υπάρχουν τόσο στον εργαλειοδέτη, όσο και στο κοπτικό πλακίδιο. Κατ' αντιστοιχία διοχετεύεται και ο πεπιεσμένος αέρας.

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει η τάση να μειωθεί ή και να καταργηθεί η χρήση ψυκτικού υγρού και αντί αυτού να χρησιμοποιούνται άλλοι μέθοδοι για την απομάκρυνση των αποβλήτων, όπως με χρήση πεπιεσμένου αέρα. Η τάση αυτή έχει προκληθεί, λόγω του ότι τα ψυκτικά υγρά είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο και για το περιβάλλον. Επίσης, στα απόβλητα που έχουν αναμειχθεί με ψυκτικό υγρό, δημιουργείται πρόβλημα στην ανακύκλωσή τους και μειώνεται η ποιότητα του νέου χάλυβα.

3.9.3 Επιλογή κατάλληλου ψυκτικού υγρού

Η επιλογή του ψυκτικού υγρού (υγρού κοπής) στις κατεργασίες γίνεται με βάση τα εξής: Το είδος της κατεργασίας (τόρνευση, φρεζάρισμα, λείανση κ.λ.π.), τις συνθήκες κατεργασίας (πρόωση, ταχύτητα περιστροφής), αν η κατεργασία είναι εκχόνδριση ή αποπεράτωση (φινίρισμα), το υλικό του κοπτικού εργαλείου, το υλικό του προς επεξεργασία τεμαχίου.

3.9.4 Χρήση συστημάτων αυτόματης απομάκρυνσης των αποβλήτων

Ένα μεγάλο πρόβλημα που έχουν τα μηχανουργεία και οι βιομηχανίες που περιέχουν εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης (CNC), είναι η απομάκρυνση των αποβλήτων και ο καθαρισμός της εργαλειομηχανής. Ακόμα και στις συμβατικές εργαλειομηχανές, οι τεχνίτες αφιερώνουν ένα σημαντικό μέρος του χρόνου εργασίας τους στην απομάκρυνση των αποβλήτων. Στη διάρκεια του χρόνου αυτού, η εργαλειομηχανή παραμένει εκτός λειτουργίας, κυρίως για λόγους ασφάλειας. Το πρόβλημα είναι ακόμα μεγαλύτερο στις μη συμβατικές εργαλειομηχανές, αφού, λόγω της απόδοσής τους, παράγουν πολλαπλάσιο όγκο αποβλήτων ανά ημέρα. Επίσης, το κόστος ακινησίας στις εργαλειομηχανές CNC είναι υψηλότερο, σε σχέση με τις συμβατικές εργαλειομηχανές. Για τους λόγους αυτούς, πολλοί κατασκευαστές εξοπλίζουν τις εργαλειομηχανές τους με συστήματα αυτόματης απομάκρυνσης των αποβλήτων (chip conveyors). Οι διατάξεις αυτές συλλέγουν τα απόβλητα κατά τη διάρκεια της κοπής και τα οδηγούν σε ειδικά βαρέλια, που δίνονται για ανακύκλωση.

3.10 ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

3.10.1 Υλικά κοπτικών εργαλείων

Οι ιδιότητες, που πρέπει να έχουν τα υλικά των κοπτικών εργαλείων τα οποία χρησιμοποιούνται στην κοπή στις εργαλειομηχανές, είναι οι εξής:

- (α) μεγάλη σκληρότητα και ικανότητα διατήρησής της στις υψηλές θερμοκρασίες,
- (β) μεγάλη αντίσταση στη φθορά,
- (γ) αντοχή σε θλίψη και κάμψη,
- (δ) διατήρηση της μορφής τους κατά την κατεργασία,
- (ε) καλή κατεργασιμότητα και διαμορφωσιμότητα,
- (στ) χαμηλό κόστος και διαθεσιμότητα.

Τα υλικά των κοπτικών εργαλείων κατασκευάζονται από: Χάλυβες (ανθρακούχοι χάλυβες, κεκραμένοι χάλυβες, ταχυχάλυβες), χυτευτά κράματα (στελλίτες), σκληρομέταλλα, κεραμικά, διαμάντια.

3.10.2 Ζωή κοπτικού εργαλείου

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου είναι οι εξής:

Συνθήκες κοπής: Η ταχύτητα κοπής επηρεάζει κατά μεγάλο βαθμό τη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου. Ο Taylor μελέτησε τη σχέση ανάμεσα στη ζωή του εργαλείου και στην ταχύτητα κοπής και κατέληξε στην παρακάτω σχέση:

$$uT^n=C \quad (3.6)$$

όπου: u = ταχύτητα κοπής σε [m/min], T = ζωή κοπτικού εργαλείου σε [min] και n , C = εκθέτης και σταθερά που εξαρτώνται από τις συνθήκες κοπής, από το υλικό του

κατεργαζόμενου υλικού και από το υγρό κοπής. Η σταθερά C ισούται με την ταχύτητα κοπής για ζωή κοπτικού εργαλείου ίση με 1 min.

Εκτός από την ταχύτητα κοπής και άλλοι παράγοντες των συνθηκών κοπής επηρεάζουν τη ζωή του κοπτικού εργαλείου. Με αύξηση της πρόωσης ή του βάθους κοπής, η ταχύτητα κοπής μειώνεται και η ζωή του κοπτικού εργαλείου παραμένει σταθερή.

Γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου: Μεγάλη γωνία αποβλήτου γ , έχει ευνοϊκά αποτελέσματα στη ζωή του εργαλείου. Επίσης, αύξηση της γωνίας ελευθερίας συντελεί στην ελάττωση του πλάτους της ζώνης φθοράς και επομένως αύξηση στην ζωή του κοπτικού εργαλείου.

Το υλικό του κοπτικού εργαλείου: Η αύξηση της θερμοκρασίας ή της ταχύτητας κοπής σε σκληρά κοπτικά εργαλεία έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση στη φθορά του κοπτικού εργαλείου και συνεπώς στη μείωση της ζωής του.

Το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου: Η αύξηση της σκληρότητας του κατεργαζόμενου τεμαχίου έχει ως συνέπεια τη μείωση της ζωής του κοπτικού εργαλείου. Επίσης, σκληρά εγκλείσματα και επιφανειακές σκουριές επιδρούν στη μείωση της ζωής του εργαλείου.

Το υγρό κοπής: Η χρησιμοποίηση του υγρού κοπής κατά τη διάρκεια της κατεργασίας επιδρά ευνοϊκά στη φθορά και ζωή του κοπτικού εργαλείου, διότι ψύχει το κοπτικό εργαλείο και έτσι το "ανακουφίζει" από τα υψηλά ποσά θερμότητας.

3.11 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ-ΕΡΓΑΛΕΙΟΔΕΤΕΣ

Η μεγάλη πρόοδος των εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση έχει αναγκάσει τους κατασκευαστές κοπτικών εργαλείων σε μία διαρκή κούρσα βελτίωσης των υλικών κοπής. Τα σύγχρονα κοπτικά εργαλεία κατασκευάζονται από σκληρομέταλλα, κεραμικά, στελλίτες, διαμάντι, και διάφορα είδη χάλυβα (π.χ. ταχυχάλυβα), όπως αναφέρω και σε προηγούμενη παράγραφο. Στις περισσότερες περιπτώσεις, τα κοπτικά εργαλεία επικαλύπτονται με λεπτές επιφανειακές στιβάδες που ονομάζονται επικαλύψεις και που προσφέρουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή σε φθορά. Εκτός των υλικών, στη φάση σχεδιασμού των κοπτικών εργαλείων δίνεται ιδιαίτερη σημασία στη γεωμετρία της κοπτικής ακμής, αφού αυτή επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την τεχνολογία της κοπής. Τα σύγχρονα κοπτικά εργαλεία μπορεί να

έχουν αυξημένο κόστος αγοράς, αλλά επιτρέπουν την επίτευξη μεγάλων ταχυτήτων κοπής και εμφανίζουν μεγάλη αντίσταση στη φθορά ή θραύση. Τα κοπτικά αυτά εργαλεία συγκρατούνται πάνω στις εργαλειομηχανές με χρήση των εργαλειοδετών (μανέλες και κώνοι). Οι διαστάσεις και το είδος των μανελών και των κώνων είναι τυποποιημένες. Είναι αναγκαία η τυποποίηση που πρέπει να έχουν όλα τα περιφερειακά εξαρτήματα των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης και ειδικά για τους εργαλειοδέτες η τυποποίηση έχει τα εξής οφέλη:

- (1) Μειώνει το πλήθος των εργαλειοδετών και το κόστος αγοράς τους.
- (2) Δίνει τη δυνατότητα χρήσης του ίδιου εργαλειοδέτη σε πολλές εργαλειομηχανές.
- (3) Διευκολύνει τη διαχείριση και αποθήκευσή τους στο μηχανουργείο.
- (4) Δίνει τη δυνατότητα συνεργασίας τους με συστήματα αυτόματης αλλαγής του κοπτικού εργαλείου, που διαθέτουν οι περισσότερες εργαλειομηχανές που πωλούνται σήμερα.



Σχήμα 8: Κώνοι φρέζας και κέντρων κατεργασίας.

3.12 ΜΕΤΡΗΤΕΣ ΘΕΣΗΣ ΑΞΟΝΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

3.12.1 Η μέτρηση στις μηχανές αριθμητικού ελέγχου

Στην αυτοματοποιημένη παραγωγή τα συστήματα μετρήσεων είναι απαραίτητα, ώστε ανά πάσα στιγμή να είναι γνωστό το αποτέλεσμα των εντολών καθοδήγησης (μετατοπίσεις, περιστροφές κ.λπ.). Μάλιστα, οι απαιτήσεις σε ακρίβεια κατεργασίας, οδηγούν στη ζήτηση τέτοιων μετρητών με ολοένα μεγαλύτερη ακρίβεια,

διακριτική ικανότητα, αξιοπιστία και εύρος λειτουργίας. Κάθε άξονας κατεργασίας απαιτεί το δικό του σύστημα μέτρησης της θέσης του. Στις επόμενες παραγράφους θα περιγραφούν τέτοιου είδους συστήματα μέτρησης, που χρησιμοποιούνται στις εργαλειομηχανές. Χωρίς τους μετρητές, δεν είναι δυνατός ο απόλυτος έλεγχος των κατεργασιών και η επίτευξη των απαιτήσεων σε ακρίβεια κατεργασίας.

Πριν όμως αναλυθεί η λειτουργία αυτών των διατάξεων, πρέπει να προσδιορισθούν ορισμένες λέξεις κλειδιά, που χρησιμοποιούνται στην περιοχή αυτή. Η μέτρηση ενός μήκους ή μίας γωνίας σημαίνει τη σύγκρισή τους με ένα πρότυπο μήκος ή μία πρότυπη γωνία, αντίστοιχα. Το πρότυπο μήκος είναι το μέτρο (m), το οποίο ισούται με την απόσταση, που διανύει το φως μέσα στο κενό σε χρονικό διάστημα 3×10^{-9} sec (δηλαδή σε 3 nano-second). Στη μηχανουργική τεχνολογία οι μονάδες μήκους που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι το χιλιοστό ($1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$) και το μικρόμετρο ή μικρό ($1 \mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$).

Αντίστοιχα, η πρότυπη γωνία είναι το ακίνιο (rad) και αντιστοιχεί σε τόξο κύκλου ίσο με την ακτίνα του ίδιου κύκλου. Πιο διαδεδομένη μονάδα μέτρησης γωνιών είναι η μοίρα (o), η οποία αντιστοιχεί στο $1/360$ τμήμα της πλήρους γωνίας. Στην καθοδήγηση των εργαλειομηχανών για λόγους ευκολίας χρησιμοποιούνται δεκαδικές υποδιαιρέσεις της μοίρας αντί των πρώτων (') και δεύτερων λεπτών ("). Ο όρος ψηφιακή μέτρηση (digital measurement) σημαίνει ότι το μετρούμενο μέγεθος αντιστοιχίζεται σε μια ακολουθία ψηφιακών σημάτων, που καταλαβαίνει η μονάδα κεντρικού ελέγχου (M.C.U.) της εργαλειομηχανής.

Οι μετρητές των εργαλειομηχανών ανήκουν στη γενικότερη οικογένεια των αισθητήρων και στην περίπτωση αυτή ονομάζονται κωδικοποιητές θέσης (encoders). Στην πλειοψηφία τους, χρησιμοποιούν αρχές της οπτικής, του ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού, περιέχουν και μηχανικά τμήματα, ενώ όλες οι πληροφορίες διακινούνται με χρήση ψηφιακών σημάτων. Μετρούν, ανάλογα με τον άξονα κατεργασίας, μήκη ή γωνίες και προσδιορίζουν την τρέχουσα θέση των ολισθητήρων ή των περιστρεφόμενων στοιχείων των εργαλειομηχανών. Στους κωδικοποιητές των εργαλειομηχανών η ελάχιστη ακρίβεια μέτρησης, σε περίπτωση μηκών, είναι $1 \mu\text{m}$ (δηλαδή μόλις 1 χιλιοστό του χιλιοστού), ενώ, στην περίπτωση των γωνιών, είναι 0.001° (μόλις 1 χιλιοστό της μοίρας). Το εύρος μέτρησης στην περίπτωση γραμμικών αξόνων κατεργασίας είναι μεγαλύτερο από 100 mm .

3.12.2 Άμεσα και έμμεσα συστήματα μετρήσεων διαδρομής ή περιστροφής

Τα άμεσα συστήματα μετρήσεων διαδρομής ή περιστροφής βασίζονται σε επαγωγικές ή φωτοηλεκτρικές διατάξεις. Ονομάζονται έτσι, διότι κατά τη λειτουργία τους παράγουν ψηφιακά σήματα, τα οποία μεταδίδονται άμεσα στην κεντρική μονάδα

ελέγχου της εργαλειομηχανής. Τα συστήματα άμεσης μέτρησης έχουν το πλεονέκτημα της απευθείας μετατροπής μίας κίνησης σε ψηφιακό σήμα, που αντιστοιχεί στο μήκος της μετατόπισης.

Σε αντίθεση με αυτά, τα έμμεσα συστήματα μέτρησης που βασίζονται σε μηχανικές διατάξεις με κανόνες και πινιόν ή σπειρώματα, χρειάζονται αποκωδικοποιητές, για να παράγουν το απαιτούμενο ψηφιακό σήμα. Στην περίπτωση αυτή η βασική μεταφορική κίνηση της τράπεζας μετατρέπεται σε περιστροφική και τελικά σε ψηφιακό σήμα μέτρησης. Στην περίπτωση των εμμέσων συστημάτων μέτρησης, στα τυπικά σφάλματα της μετάδοσης ψηφιακών σημάτων προστίθενται και τα σφάλματα που μπορεί να εισάγει η μετατροπή της κίνησης από γραμμική σε περιστροφική.

3.12.3 Απόλυτα και βηματικά συστήματα μετρήσεων διαδρομής ή περιστροφής

Η μετατόπιση ή η περιστροφή σε έναν άξονα κατεργασίας μπορεί να μετρηθεί με δύο τρόπους:

1) Ο πρώτος τρόπος ονομάζεται απόλυτος και μετράει τη διαφορά δύο μετρήσεων, δηλαδή της αρχής και του τέλους της κίνησης, όταν αυτοί έχουν μετρηθεί σε σχέση με το μηδενικό σημείο της μηχανής. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην αρχή των απόλυτων συντεταγμένων. Το απόλυτο σύστημα μετρήσεων μετράει την απόλυτη θέση κάθε άξονα χωριστά, αμέσως μόλις η εργαλειομηχανή τεθεί σε λειτουργία. Στην περίπτωση αυτή η άτρακτος της μηχανής δε χρειάζεται να μετακινηθεί στο μηδενικό σημείο. Για το λόγο αυτό, τα απόλυτα συστήματα μέτρησης είναι πολύ ελκυστικά. Έτσι, στην περίπτωση διακοπής της κατεργασίας, για παράδειγμα, λόγω διακοπής του ηλεκτρικού ρεύματος, η μηχανή δε χρειάζεται να μηδενιστεί ξανά. Όμως, τα απόλυτα συστήματα μέτρησης έχουν μεγάλο όγκο, η λειτουργία τους είναι πολύπλοκη και έχουν αυξημένο κόστος.

2) Ο δεύτερος τρόπος ονομάζεται βηματικός και μετράει τη μετατόπιση ή την περιστροφή του κάθε άξονα κατεργασίας πάντα σε σχέση με την αρχή της κίνησης. Η μέθοδος αυτή αντίστοιχα βασίζεται στην αρχή των βηματικών συντεταγμένων. Στην περίπτωση αυτή, οι κλίμακες μέτρησης είναι χωρισμένες σε πολλά διαστήματα, που η μετατόπιση από θέση σε θέση τα προσθέτει και τα αφαιρεί ώστε να προκύψει η τελική μετατόπιση. Έτσι, το μηδενικό σημείο κάθε άξονα ορίζεται πάνω στην κλίμακα με ένα ειδικό σημάδι, ώστε να το προσδιορίζει ο μετρητής. Σε περίπτωση διακοπής της κατεργασίας, η τρέχουσα θέση του άξονα χάνεται από τη μνήμη της μηχανής και απαιτείται επιστροφή στο μηδενικό της σημείο. Πρόκειται για τον πιο διαδεδομένο

τρόπο μέτρησης, αφού έχει το μικρότερο κόστος. Στην κατασκευαστική βιομηχανία των εργαλειομηχανών χρησιμοποιούνται και άλλα συστήματα που συνδυάζουν χαρακτηριστικά και των δύο παραπάνω μεθόδων και ονομάζονται υβριδικά ή ψευδοαπόλυτα συστήματα.

3.12.4 Επαγωγικά στοιχεία μετρήσεων διαδρομής

Σε αυτήν την κατηγορία μετρητών ανήκουν οι αναλυτές (resolvers), οι συγχρομηχανισμοί (synchro mechanisms) ή επαγωγικές κλίμακες (inductosyn scales). Οι διατάξεις αυτές παράγουν κατά τη λειτουργία τους μία τάση αναφοράς και μία τάση θέσεως. Η κεντρική μονάδα ελέγχου (M.C.U.) της εργαλειομηχανής χρησιμοποιεί αυτές τις τάσεις, ώστε να προσδιορίσει με ακρίβεια τις μετατοπίσεις του κοπτικού εργαλείου ή του τεμαχίου. Αυτή η λειτουργία εκτελείται συνεχώς και ταυτόχρονα για όλους τους άξονες κατεργασίας. Οι αναλυτές κατασκευάζονται, για να προσφέρουν μετρήσεις ακριβείας γωνιακών θέσεων, και έχουν την ίδια αρχή λειτουργίας με τους ηλεκτρικούς κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος με δακτυλίους. Φυσικά, είναι μικρότεροι και πιο ακριβείς. Αποτελούνται από ένα εξωτερικό κέλυφος και ένα ρότορα, που εδράζεται σε έδρανα μεγάλης ακρίβειας και υψηλής ποιότητας κατασκευής. Ο στάτορας έχει δύο περιελίξεις, που αποδίδουν δύο τάσεις εξόδου, ενώ η περιέλιξη του ρότορα είναι μονή και διέρχεται από την τάση εισόδου. Όταν η εξωτερική τάση διεγείρει το ρότορα, αυτός περιστρέφεται και παράγει δύο τάσεις στα άκρα των δύο περιελίξεων του στάτορα. Η διαφορά της μιας τάσης σε σχέση με την άλλη εξαρτάται από τη θέση του ρότορα σε σχέση με αυτή του στάτορα. Η διαφορά φάσης τελικά είναι αυτή που, αφού μετατραπεί σε ψηφιακό σήμα, περιγράφει τη θέση του άξονα κατεργασίας. Επειδή το σύστημα δεν έχει ψήκτες, δεν υπάρχουν προβλήματα επαφής και δημιουργίας ηλεκτρικού τόξου. Για το λόγο αυτό οι αναλυτές δεν απαιτούν κανενός είδους συντήρηση. Εκτός από διπολικούς αναλυτές υπάρχουν και αντίστοιχοι δεκαπολικοί, οι οποίοι προσφέρουν μεγαλύτερη ευαισθησία μέτρησης.

Αντίστοιχα, οι περιστροφικές επαγωγικές κλίμακες μπορεί να θεωρηθούν ως αναλυτές με πολύ μεγάλο αριθμό πόλων. Για παράδειγμα, μια περιστροφική κλίμακα με 2000 πόλους περιέχει 1000 ζεύγη πόλων και μία περιστροφή του μαγνητικού πεδίου κατά 360° αντιστοιχεί μόλις σε 0.36° περιστροφής του ρότορα του μετρητή. Οι γραμμικές επαγωγικές κλίμακες είναι αντίστοιχες των περιστροφικών, με τη διαφορά ότι τα πηνία είναι σε γραμμική διάταξη. Το εύρος και η διαφορά φάσης των τάσεων στις περιελίξεις δημιουργούνται επίσης μέσω του φαινομένου της επαγωγής, λόγω της μετατόπισης του ολισθητήρα, όπως ακριβώς και στην περίπτωση των περιστροφικών επαγωγικών κλιμάκων.

3.12.5 Φωτοηλεκτρικά συστήματα

Στα φωτοηλεκτρικά συστήματα μέτρησης θέσης ανήκουν οι κωδικοποιητές θέσης (encoders) και οι μετρητικές κλίμακες (measuring scales). Οι κωδικοποιητές θέσης είναι περιστροφικές διατάξεις μετατροπής, οι οποίοι δημιουργούν ένα συγκεκριμένο αριθμό ηλεκτρονικών παλμών σε κάθε μία περιστροφή τους. Οι παλμοί παράγονται από τη διέλευση του φωτός μίας πηγής από ένα διάφανο δίσκο, που όμως διακόπτεται από μαύρες γραμμές με κυκλική διάταξη και σε ίσες αποστάσεις. Οι κωδικοποιητές είναι διαθέσιμοι σε διάφορα μεγέθη εξωτερικών διαμέτρων (από 30 έως 150 mm) και ευαισθησίας (από 50 έως 100,000 παλμοί ανά περιστροφή). Στις εργαλειομηχανές τα τυπικά μεγέθη είναι 75 mm και 5,000 παλμοί, αντίστοιχα. Η αρχή λειτουργίας τους βασίζεται σε αρχές της οπτικής. Πολλές φορές, ο αριθμός των παλμών ανά περιστροφή αυξάνεται τεχνητά με ειδικά ηλεκτρονικά κυκλώματα, αυξάνοντας έτσι την ευαισθησία του κωδικοποιητή με χαμηλό κόστος. Οι μετρητές αυτοί χρησιμοποιούνται πολύ συχνά στις εργαλειομηχανές, διότι είναι πολύ αξιόπιστοι, έχουν υψηλή ανάλυση, σχετικά χαμηλό κόστος και ευκολία τοποθέτησης. Ακόμα, δεν έχουν προβλήματα λόγω απότομων επιταχύνσεων ή επιβραδύνσεων και μπορούν να λειτουργήσουν σωστά από χαμηλές έως πολύ υψηλές περιστροφικές ταχύτητες.

Επίσης διαδεδομένες είναι και οι μετρητικές κλίμακες, οι οποίες στηρίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας με τους κωδικοποιητές. Σε αυτήν την περίπτωση δηλαδή, οι ηλεκτρονικοί παλμοί παράγονται από τη διέλευση ή μη φωτός από ένα διαφανή κανόνα, που περιέχει και αυτός μαύρες γραμμές, σε ευθύγραμμη όμως διάταξη. Οι μετρητικές κλίμακες που χρησιμοποιούνται στις εργαλειομηχανές, είναι εντελώς κλειστές από ένα στεγανό περίβλημα, ώστε να αποφεύγονται βλάβες ή δυσλειτουργίες σε αυτά τα ευαίσθητα συστήματα, λόγω σκόνης, υγρού κοπής κλπ.

Οι δύο παραπάνω περιπτώσεις συσκευών που βασίζονται σε οπτικά φαινόμενα, χρησιμοποιούνται συνήθως στην κατασκευή βηματικών συστημάτων μέτρησης θέσης εργαλειομηχανών. Όμως, ιδίως οι κωδικοποιητές θέσεως, χρησιμοποιούνται σπανιότερα και στην κατασκευή απολύτων συστημάτων μέτρησης θέσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΩΝ ΑΝΑΛΟΓΑ ΜΕ ΤΗΝ ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ

Το να οργανωθεί ένα μηχανουργείο σωστά αποτελεί τον πιο σημαντικό παράγοντα της επιτυχημένης λειτουργίας του. Οι ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές κάνουν ακόμα πιο σύνθετα τα προβλήματα της τοποθέτησης στο χώρο και την οργάνωση της παραγωγής. Αυτό συμβαίνει, γιατί τα κατασκευαστικά, τεχνικά και οικονομικά δεδομένα που φέρνει η τεχνολογία του αριθμητικού ελέγχου, είναι περισσότερα, σε σχέση με την συμβατική τεχνολογία. Πρέπει λοιπόν, η οργάνωση να είναι η βέλτιστη, ώστε το μηχανουργείο να έχει μειωμένο κόστος λειτουργίας και να είναι, όσο το δυνατόν κερδοφόρο και ανταγωνιστικό. Όταν σχεδιάζεται ένα μηχανουργείο, πρέπει η σκέψη να είναι στο μέλλον και να συνεκτιμά την επέκταση και την εξέλιξή του. Σήμερα τα μηχανουργεία χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

- 1) Σε αυτά που έχουν μόνο συμβατικές εργαλειομηχανές. Τα περισσότερα μικρά μηχανουργεία της Ελλάδας ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία, ενώ σε προηγμένες χώρες έχουν σχεδόν εξαφανιστεί. Πρόκειται για μια ξεπερασμένη δομή, που δεν ταιριάζει με την σύγχρονη τεχνολογική στάθμη και δεν είναι συμβατή με τις απαιτήσεις του όγκου και της ποιότητας κατασκευής. Απασχολεί τεχνίτες χαμηλής εκπαίδευσης, που είναι δύσκολο να εξοικειωθούν με τη νέα τεχνολογία.
- 2) Σε αυτά που έχουν συμβατικές αλλά και ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές. Αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό των μηχανουργείων μικρού και μεγάλου μεγέθους διεθνώς. Πρόκειται για επιχειρήσεις των οποίων η μετάβαση, από την συμβατική στην σύγχρονη τεχνολογία, έχει ξεκινήσει και ολοκληρώνεται σταδιακά. Ο ρυθμός μετάβασης στη νέα τεχνολογία είναι ανάλογος με το κόστος εγκατάστασης, που μπορεί να απορροφήσει η κάθε επιχείρηση. Στις περιπτώσεις αυτές, η χρησιμοποίηση του ενός ή του άλλου

είδους μηχανών επιλέγεται με βάση τον όγκο παραγωγής, τη δυσκολία κατασκευής και τις απαιτήσεις σε ακρίβεια και ποιότητα. Σε τέτοια μηχανουργία υπάρχει ένα μεγάλο ποσοστό καλά εκπαιδευμένων τεχνιτών, με εμπειρία και τεχνογνωσία στον αριθμητικό έλεγχο.

- 3) Σε αυτά που έχουν μόνο NC, CNC και DNC εργαλειομηχανές. Στην περίπτωση αυτή ανήκουν αυτόνομες επιχειρήσεις ή τμήματα μεγάλων παραγωγικών μονάδων, που επιθυμούν υψηλό δείκτη αυτοματοποίησης. Οι μονάδες αυτές διακρίνονται για τον υψηλό δείκτη αυτοματοποίησής τους, τόσο στις εργαλειομηχανές τους, όσο και στα συστήματα αποθήκευσης, φόρτωσης και μεταφοράς τεμαχίων κατά την παραγωγή. Το προσωπικό αποτελείται από εξειδικευμένους μηχανικούς και τεχνίτες.

4.2 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΕΞΥΠΗΡΕΤΗΣΗ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Ο τρόπος διάταξης των εργαλειομηχανών μέσα στο μηχανουργείο ή την βιομηχανία έχει ιδιαίτερη σημασία και επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την παραγωγικότητά του/της. Ο σημαντικότερος παράγοντας που καθορίζει την επιτυχία της τοποθέτησης των μηχανημάτων, είναι η αναγνώριση του ζωτικού χώρου κάθε εργαλειομηχανής. Αυτός ο ζωτικός χώρος, περιλαμβάνει την εργαλειομηχανή, τον περιφερειακό εξοπλισμό της και την επιφάνεια εργασίας του χειριστή. Πρέπει να είναι αρκετός ο ζωτικός χώρος της κάθε εργαλειομηχανής, ώστε να αποφεύγονται οι δυσκολίες στις μετακινήσεις και στην εξυπηρέτηση της εργαλειομηχανής, αλλά και να μην δημιουργεί προβλήματα στο ζωτικό χώρο των γύρω εργαλειομηχανών και συσκευών. Γενικά, η διάταξη ενός μηχανουργείου ή μιας βιομηχανίας με ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές ακολουθεί διάφορες λογικές, όπως:

(α) Ανάλογα με το είδος της εργαλειομηχανής: Με αυτόν τον τρόπο, οι ομοειδείς μηχανές τοποθετούνται σε ομάδες οι οποίες εντάσσονται με τη σειρά τους σε παραγωγικά τμήματα του εργοστασίου. Έτσι, όλοι οι τόννοι αποτελούν ένα τμήμα, το ίδιο γίνεται με τις φρέζες, τα δρόπανα κ.λ.π..

(β) Ανάλογα με τις φάσεις κατεργασίας ενός προϊόντος: Με τον τρόπο αυτό, οι απαραίτητες εργαλειομηχανές για την παραγωγή ενός συγκεκριμένου προϊόντος, που κατασκευάζεται σε μεγάλες παρτίδες, τοποθετούνται στην σειρά των φάσεων κατεργασίας. Η διάταξη αυτή έχει πολλά κοινά στοιχεία με την γραμμή παραγωγής. Δεν είναι όμως κατάλληλη για μηχανουργία με μικρές παρτίδες παραγωγής και με πολλές παραλλαγές των προϊόντων που παράγονται.

(γ) Διάταξη ευέλικτου συστήματος παραγωγής (FMS): Ο αριθμητικός έλεγχος στην ψηφιακή καθοδήγηση, δεν εφαρμόζεται μόνο στην περιγραφή των

διαδρομών του κοπτικού εργαλείου και στον καθορισμό των δεδομένων κατεργασίας. Μπορεί να συνδυάσει με αυτές τις δυνατότητες και άλλες διαδικασίες αυτοματοποίησης που ενσωματώνουν συστήματα τροφοδοσίας και διαχείρισης πρώτων υλών και μεταφοράς προϊόντων, βιομηχανικά ρομπότ και διατάξεις ελέγχου και συναρμολόγησης, σε ένα ενιαίο σύνολο. Η δομή αυτή ελέγχεται συνολικά μέσω ενός δικτύου ηλεκτρονικών υπολογιστών και μπορεί, μέχρι σε ένα βαθμό, να προσαρμόζεται, ανάλογα με τις παραγωγικές ανάγκες κάποιας δεδομένης περιόδου. Γενικά, το κόστος μιας επένδυσης FMS (Flexible Manufacturing Systems) είναι πολύ αυξημένο, αλλά αντίστοιχα είναι υψηλά τα κέρδη που προσφέρει η ευελιξία που προκύπτει στην παραγωγική διαδικασία.

4.3 ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΕ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΕΙΟ ΜΕ ΨΗΦΙΑΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΕΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ

Γενικά, κατά την εργασία στο μηχανουργείο, υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να συμβούν ατυχήματα, τα οποία μπορούν, κάτω από κάποιες συνθήκες, να προξενήσουν σωματικές βλάβες και υλικές ζημιές. Αυτό ισχύει σε μικρότερο βαθμό, όταν χρησιμοποιούνται ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές, αφού οι τεχνίτες δεν πλησιάζουν τη θέση κοπής, που άλλωστε συνήθως είναι κλεισμένη σε ένα κουβούκλιο. Παρόλα αυτά όμως, οι μεγάλες ταχύτητες κοπής, σε συνδυασμό με την πιθανή χρήση μεταφορικών διατάξεων και ρομπότ, μπορεί να δημιουργήσουν συνθήκες που οδηγούν σε ατυχήματα. Οι εργαζόμενοι σε τέτοιους χώρους πρέπει να λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη τέτοιων ατυχημάτων. Οι συνήθεις αιτίες που προκαλούν ατυχήματα είναι:

- Επικίνδυνες ή απερίσκεπτες ενέργειες.
- Σφάλματα εργαζομένων, λόγω απειρίας, αφαίρεσης ή κούρασης.
- Επικίνδυνο περιβάλλον εργασίας.
- Επικίνδυνη κατάσταση των μηχανημάτων, των εργαλείων ή ακόμα και των κτιριακών εγκαταστάσεων.
- Διάφορα απρόβλεπτα γεγονότα (βραχυκύκλωμα κ.λ.π.).

Τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την ασφάλεια, διακρίνονται σε ατομικά μέτρα ασφάλειας καθενός που κινείται και εργάζεται στο χώρο του μηχανουργείου αλλά και σε γενικότερα μέτρα, που αφορούν τη χρήση των μηχανημάτων του. Τα απαραίτητα προστατευτικά μέτρα που πρέπει να παίρνει κάθε εργαζόμενος, για να μην εμπλακεί σε ατυχήματα είναι:

- Τα προστατευτικά γυαλιά, τα οποία προστατεύουν τα μάτια από τα εκτοξευόμενα απόβλητα (γρέζια).

- Τα γάντια, που προστατεύουν τα χέρια κατά την μεταφορά ή επεξεργασία υλικών.
- Τα υποδήματα ασφαλείας, που προφυλάσσουν τα πόδια από τις πτώσεις βαριών αντικειμένων.

Τα βασικά μέτρα για την προστασία των εργαζομένων, που εργάζονται σε περιστροφικά μηχανήματα και γενικά σε όλες τις εργαλειομηχανές, είτε είναι συμβατικές είτε με ψηφιακή καθοδήγηση, είναι:

- Σωστός χειρισμός και συγκέντρωση προσοχής.
- Καλή κατάσταση εργαλειομηχανών και μηχανουργείου με ευταξία και καθαριότητα.
- Καλή κατάσταση κοπτικών εργαλείων.
- Σωστή ρύθμιση περιστροφικής ταχύτητας και πρόωσης.
- Αποφυγή λυμένων μακριών μαλλιών.
- Προσεκτική συγκράτηση τεμαχίων και κοπτικών εργαλείων.
- Σταμάτημα της εργαλειομηχανής, όταν επιδιώκεται μια μέτρηση, ρύθμιση, καθάρισμα ή επισκευή.
- Να μην εγκαταλείπεται η εργαλειομηχανή, όταν βρίσκεται σε λειτουργία και να κλείνει πάντα το κουβούκλιο προστασίας, ακόμα και για τη λειτουργία δοκιμής στο κενό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΡΟΜΠΟΤ-ΡΟΜΠΟΤΙΚΟΙ ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ

Τα βιομηχανικά ρομπότ είναι εξελιγμένα συστήματα αυτοματισμού, που χρησιμοποιούν ηλεκτρονικό υπολογιστή σαν μια βασική συνιστώσα του ελέγχου τους. Τα βιομηχανικά ρομπότ εκτελούν ποικίλες εργασίες στα βιομηχανικά συστήματα και γενικά συμμετέχουν στον πλήρη αυτοματισμό των εργοστασίων.

Το κύριο πλεονέκτημα του ρομπότ είναι η ευελιξία του. Μπορεί να προσαρμοστεί σε διάφορα προϊόντα στην ίδια γραμμή παραγωγής, όπως απαιτούν οι αλλαγές της αγοράς, και να επαναπρογραμματιστεί έτσι, ώστε να είναι κατάλληλο για μικρές ή μεγάλες μεταβολές του παραγόμενου προϊόντος. Έτσι, προσφέρει στη βιομηχανία μαζικής παραγωγής έναν τρόπο να αντιμετωπίζει τις μεταβολές της απαιτούμενης ποσότητας ή του τύπου του προς παραγωγή προϊόντος.

Σύμφωνα με το Robot Institute της Αμερικής, ως ρομπότ μπορούμε να ορίσουμε έναν μηχανισμό σχεδιασμένο, ώστε μέσω προγραμματιζόμενων κινήσεων να μεταφέρει υλικά, τεμάχια, εργαλεία ή ειδικευμένες συσκευές με σκοπό την εκτέλεση ποικιλίας εργασιών. Ένας τέτοιος μηχανισμός περιλαμβάνει, συνήθως, τις ακόλουθες συνιστώσες: ένα μηχανολογικό υποσύστημα, ένα υποσύστημα αίσθησης και ένα σύστημα ελέγχου.

Το μηχανολογικό υποσύστημα επιτρέπει στο ρομπότ να εκτελεί την εργασία, που του έχει ανατεθεί. Αποτελείται από μηχανισμούς, που επιτρέπουν στο ρομπότ να κινείται, όπως αρθρώσεις, σύστημα μετάδοσης κίνησης, επενεργητές –κινητήρες, οδηγούς, κ.λ.π..

Το υποσύστημα αίσθησης βοηθάει το ρομπότ να συλλέγει πληροφορίες για την κατάσταση, στην οποία βρίσκονται τόσο το ίδιο, όσο και το περιβάλλον του. Εκτός των άλλων, δέχεται εξωτερικές εντολές, τις επεξεργάζεται, τις μεταφράζει σε ηλεκτρική ισχύ, που θα δοθεί στους κινητήρες του ρομπότ, καθώς επίσης, παράγει σήματα εξόδου, που θα πληροφορούν για την κατάσταση του συστήματος. Στο υποσύστημα αίσθησης περιλαμβάνονται όργανα μέτρησης, αισθητήρες, ηλεκτρονικά στοιχεία, κ.λ.π..

Το σύστημα ελέγχου συνδυάζει με κατάλληλο τρόπο την αίσθηση με τη δράση έτσι, ώστε το ρομπότ να λειτουργεί αποτελεσματικά και με τον

επιθυμητό τρόπο. Ο ελεγκτής του ρομπότ επιβλέπει και συντονίζει ολόκληρο το σύστημα.

5.2 ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ

Τα είδη των ρομπότ είναι τα εξής: α) Καρτεσιανό ρομπότ, β) κυλινδρικό ρομπότ, γ) σφαιρικό ρομπότ, δ) αρθρωτό ρομπότ, ε) παράλληλο ρομπότ, στ) δίτροχο ρομπότ, ζ) ανθρωπόμορφο ρομπότ. Στην βιομηχανική παραγωγή όμως χρησιμοποιούνται τα πρώτα 5 ((α), (β), (γ), (δ), (ε)), για τον λόγο αυτό τα αναλύω παρακάτω:

α) Καρτεσιανό ρομπότ:

Ένα καρτεσιανό ρομπότ ή γραμμικό ρομπότ είναι ένα βιομηχανικό ρομπότ του οποίου οι τρεις κύριοι άξονες ελέγχου είναι γραμμικοί (δηλαδή μετακινούνται σε ευθεία γραμμή και δεν γυρίζουν) και είναι σε γωνία 90 μοιρών ο ένας με τον άλλο. Μεταξύ άλλων προτερημάτων, αυτή η μηχανική διάταξη απλοποιεί τον έλεγχο ρομπότ και την επίλυση του βραχίονα. Τα ρομπότ καρτεσιανών συντεταγμένων με τον οριζόντιο άξονα στηριγμένο και στα δύο άκρα του μερικές φορές ονομάζονται και ρομπότ γκάντρι (gantry robots). Συνήθως είναι πολύ μεγάλα.

Μια συνηθισμένη εφαρμογή αυτού του τύπου ρομπότ είναι η μηχανή αριθμητικού ελέγχου με υπολογιστή (computer numerical control machine ή CNC machine). Η απλούστερη εφαρμογή χρησιμοποιείται στους μύλους (τόρνοι) και στις μηχανές επιλογής όπου ένας δείκτης μετακινείται σε ένα πεδίο χ-ψ ενώ ένα εργαλείο υψώνεται ή κατεβαίνει σε ένα επίπεδο για να ζωγραφίσει ένα ακριβές σχέδιο (φρέζες).



Σχήμα 9: Βιομηχανικό ρομπότ καρτεσιανών συντεταγμένων.

Το κυρίως σώμα ενός ρομπότ του τύπου αυτού αποτελείται από τρεις γραμμικούς άξονες . Η δομή μπορεί να είναι όμοια με τις εργαλειομηχανές (βάση, τραπέζι εργασίας, κ.ά.) αλλά τότε ο λόγος μεταξύ του χώρου εργασίας του ρομπότ και του χώρου που καταλαμβάνει είναι μικρότερος. Γενικά, τα χαρακτηριστικά (ηλεκτρονικό υλικό, πρόγραμμα ελέγχου, κλπ.) ενός καρτεσιανού ρομπότ είναι όμοια με εκείνα των εργαλειομηχανών υπολογιστικού αριθμητικού ελέγχου (CNC). Έτσι η διακριτική ικανότητα και η επαναληψιμότητα ενός καρτεσιανού ρομπότ μπορεί να είναι πολύ καλή όπως και στις εργαλειομηχανές. Σε πολλά καρτεσιανά ρομπότ η βάση δεν είναι σταθερή αλλά μπορεί να κινείται μέσα σε ορισμένα όρια. Ο καρπός ενός καρτεσιανού ρομπότ μπορεί να ακολουθήσει μια ευθύγραμμη τροχιά, αν κάθε άξονας κινηθεί με σταθερή ταχύτητα. Στα άλλα είδη ρομπότ οι σχέσεις που δίνουν τις ταχύτητες των αξόνων για τη λήψη ευθύγραμμων τροχιών δεν είναι τόσο απλές. Στα ρομπότ αυτά πρέπει να γίνει μετασχηματισμός των καρτεσιανών συντεταγμένων των αρθρώσεων του ρομπότ. Άλλο πλεονέκτημα των καρτεσιανών ρομπότ είναι η σταθερότητα της διακριτικής ικανότητας θέσης. Παρά τα πλεονεκτήματα αυτά, τα καρτεσιανά ρομπότ δεν είναι προτιμητέα στη βιομηχανία. Τούτο συμβαίνει γιατί δεν έχουν μηχανική ευελιξία (δεν μπορούν λ.χ. να φθάσουν αντικείμενα που βρίσκονται στο πάτωμα ή δεν είναι ορατά από τη βάση τους). Επίσης η ταχύτητα λειτουργίας στο οριζόντιο επίπεδο είναι συνήθως μικρότερη από την αντίστοιχη ταχύτητα των ρομπότ που έχουν περιστρεφόμενη βάση. Τα Καρτεσιανά συστήματα σχεδιάζονται για να παρέχουν αξιόπιστη , λειτουργική, μεγάλης ακρίβειας και οικονομική λύση σε συγκολλήσεις πολύ μεγάλων κομματιών όπως σε συγκολλήσεις, containers, κάδων απορριμμάτων και μεταλλικών κτιρίων.

β) Κυλινδρικό ρομπότ:

Το κυρίως σώμα ενός ρομπότ του τύπου αυτού αποτελείται από ένα οριζόντιο βραχίονα στερεωμένο σε μια κατακόρυφη κολώνα. Η κολώνα είναι με τη σειρά της στερεωμένη πάνω σε μια περιστρεφόμενη βάση . Ο οριζόντιος βραχίονας κινείται προς τα εμπρός και προς τα πίσω κατά τη διεύθυνση του διαμήκου άξονά του και επίσης ανεβοκατεβαίνει στην κολώνα. Κολώνα και βραχίονας στρέφονται σαν ένα σώμα πάνω στη βάση γύρω από τον κατακόρυφο άξονα. Η διακριτή ικανότητα ενός κυλινδρικού ρομπότ δεν είναι σταθερή αλλά εξαρτάται από την απόσταση r μεταξύ της κολώνας και του εργαλείου κατά μήκος του οριζοντίου βραχίονα. Παρατηρούμε ότι η διακριτική ικανότητα θέσης του θεωρούμενου κυλινδρικού ρομπότ γύρω από τον άξονα είναι κατά δύο τάξεις χειρότερη από την αντίστοιχη των καρτεσιανών ρομπότ ή των εργαλειομηχανών (0.01 mm). Τούτο είναι ένα από τα μειονεκτήματα των κυλινδρικών ρομπότ απέναντι στα καρτεσιανά ρομπότ. Τα κυλινδρικά όμως ρομπότ λόγω του περιστρεφόμενου άξονα προσφέρουν μεγαλύτερη ταχύτητα στο άκρο του βραχίονα. Βέβαια η ταχύτητα αυτή περιορίζεται από το φορτίο που σηκώνει το εργαλείο του ρομπότ και από τη θέση του βραχίονα. Επίσης η δυναμική συμπεριφορά των ρομπότ που έχουν στρεφόμενους άξονες

εξαρτάται από τη ροπή αδράνειας του όλου συστήματος ως προς τη βάση, που εξαρτάται από το βάρος που σηκώνει το ρομπότ και από την απόσταση του βάρους αυτού από τον άξονα της βάσης. Επειδή δε η ενεργός αυτή ροπή αδράνειας μεταβάλλεται με το χρόνο και με τη θέση, η δυναμική συμπεριφορά του κυλινδρικού (σφαιρικού και αρθρωτού) ρομπότ είναι χειρότερη από εκείνη του καρτεσιανού ρομπότ που δεν έχει στρεφόμενο άξονα. Το κυλινδρικό ρομπότ χρησιμοποιείται στην συναρμολόγηση κομματιών, στον χειρισμό εργαλειομηχανής και στην συγκόλληση μεγάλων κομματιών.



Σχήμα 10: Κυλινδρικό βιομηχανικό ρομπότ.

γ) Σφαιρικό ρομπότ:

Τα ρομπότ του τύπου αυτού αποτελούνται από μια στρεφόμενη βάση, ένα ανυψούμενο στέλεχος στους άξονες. Το βασικό μειονέκτημα των σφαιρικών ρομπότ είναι και πάλι η μικρή διακριτική ικανότητα θέσης των δύο στροφικών αξόνων που μεταβάλλεται με το μήκος του βραχίονα. Έστω ένα σφαιρικό ρομπότ με βραχίονα μήκους 500 mm, το οποίο έχει τρεις κωδικοποιητές που στέλνουν 1000 παλμούς ανά πλήρη περιστροφή ο καθένας. Ο γραμμικός άξονας ενεργοποιείται (τίθεται σε κίνηση) με τη βοήθεια ενός κοχλία με βήμα 10 mm. Ο αντίστοιχος κωδικοποιητής είναι στερεωμένος στον κοχλία. Οι άλλοι δύο κωδικοποιητές είναι στερεωμένοι στους άξονες μέσω οδοντωτών τροχών που έχουν λόγο στροφών. Ο γραμμικός άξονας έχει διακριτική ικανότητα $10\text{mm}/1000 = 0.01\text{mm}$. Οι στροφικοί άξονες έχουν διακριτική ικανότητα $(500\text{ mm}) \times (1/22) \times (360/1000) \times \pi/180 = 0.14\text{ mm}$. Το παράδειγμα αυτό δείχνει τη μεγάλη διαφορά διακριτικής ικανότητας των γραμμικών και στροφικών αξόνων. Τα σφαιρικά ρομπότ, εκτός από το πλεονέκτημα της αυξημένης ταχύτητας κίνησης των στροφικών αξόνων, έχουν και το πλεονέκτημα της αυξημένης ευελιξίας σε σχέση τόσο με τα καρτεσιανά όσο και με τα κυλινδρικά ρομπότ.

δ) Αρθρωτό ρομπότ:

Τα αρθρωτά ρομπότ αποτελούνται από τρία σταθερά μέλη (συνδέσμους) που ενώνονται με στροφικές αρθρώσεις και είναι τοποθετημένα πάνω σε μια στρεφόμενη βάση. Η κινηματική διάταξη μοιάζει με εκείνη του ανθρώπινου χεριού. Το εργαλείο (αρπάγη) είναι ανάλογο της παλάμης και προσαρμόζεται στον κάτω βραχίονα μέσω του καρπού. Ο "αγκώνας" συνδέει τον κάτω με τον άνω βραχίονα και ο "ώμος" συνδέει τον άνω βραχίονα με τη βάση. Πολλές φορές στην άρθρωση του ώμου διατίθεται και μια περιστροφική κίνηση σε οριζόντιο επίπεδο. Επειδή το αρθρωτό ρομπότ έχει και τους τρεις άξονες στροφικούς η διακριτική ικανότητα θέσης εξαρτάται τελείως από τη θέση του βραχίονα. Η ολική ακρίβεια ενός αρθρωτού ρομπότ είναι μικρή γιατί τα σφάλματα των αρθρώσεων συσσωρεύονται στο άκρο του βραχίονα δηλαδή στη θέση του καρπού. Τα πλεονεκτήματα των αρθρωτών ρομπότ είναι ότι έχουν την πιο μεγάλη μηχανική ευελιξία και μπορούν να κινηθούν ταχύτατα ως προς τους τρεις βαθμούς ελευθερίας. Τα αρθρωτά ρομπότ χρησιμοποιούνται στην συναρμολόγηση και συγκόλληση μεγάλων κομματιών και στο βάψιμο με σπρέι.

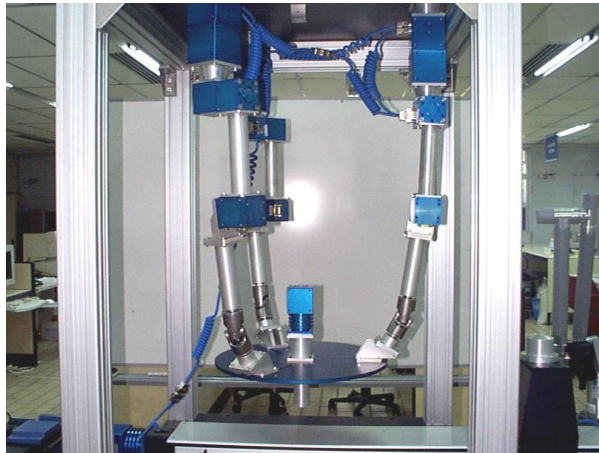


Σχήμα 11: Αρθρωτό βιομηχανικό ρομπότ.

ε) Παράλληλα ρομπότ:

Τα παράλληλα ρομπότ αποτελούνται από κλειστές κινηματικές αλυσίδες κατά τις οποίες οι αρθρωτοί σύνδεσμοι ενώνονται παράλληλα μεταξύ μιας σταθερής βάσης και μιας κινούμενης πλατφόρμας εννοώντας την πλατφόρμα. Τα παράλληλα ρομπότ έχουν κάποια πλεονεκτήματα έναντι των σειριακών όπως: στιβαρότητα, καλή ικανότητα χειρισμού, ικανότητα χειρισμού μεγάλων φορτίων και καλό λόγο φορτίου προς βάρος. Γενικά, τα κύρια μειονεκτήματά τους είναι ο μικρότερος χώρος εργασίας, το σχετικά

περιορισμένο εύρος κινήσεων, καθώς και το σχετικά μεγάλο οικονομικό κόστος. Τα παράλληλα ρομπότ είναι κινητές πλατφόρμες εξομοιωτές πτήσης με πιλοτήριο.



Σχήμα 12: Παράλληλο βιομηχανικό ρομπότ.

5.3 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ

Ένα βιομηχανικό ρομπότ μιμείται το ανθρώπινο χέρι. Επειδή τα βιομηχανικά ρομπότ εκτελούν διάφορους χειρισμούς, ονομάζονται και μηχανικοί χειριστές ή απλώς χειριστές. Ένα ρομπότ έχει αρθρώσεις ανάλογες αυτών του ανθρώπινου χεριού, δηλαδή τον "ώμο", τον "αγκώνα" και τον "καρπό". Ο καρπός μπορεί να περιστρέφεται γύρω από τρεις άξονες, τον "διαμήκη", που έχει τη διεύθυνση των δακτύλων (η κίνηση ονομάζεται κύλιση – roll), τον "εγκάρσιο", που βρίσκεται στο επίπεδο της παλάμης (κίνηση ανύψωσης – pitch) και είναι κάθετος ως προς τα δάκτυλα, και τον "κάθετο" άξονα, που είναι κάθετος ως προς τους άλλους δύο (κίνηση στροφής – yaw), δηλαδή προς το επίπεδο της παλάμης.

Οι αρθρώσεις οδηγούνται από κινητήρες ή γενικότερα από στοιχεία δράσης, που μπορεί να είναι πνευματικά, υδραυλικά, ηλεκτρικά. Τα κινητήρια στοιχεία δράσης (κινητήρες, έμβολα, κ.α.) δίνουν στα ρομπότ πολύ μεγαλύτερη ισχύ από αυτήν, που μπορεί να αναπτύξει ο άνθρωπος.

Ο υπολογιστής ενός σύγχρονου ρομπότ περιέχει ένα πρόγραμμα ελέγχου και ένα πρόγραμμα εργασίας. Το πρόγραμμα ελέγχου δίνεται από τον κατασκευαστή και ρυθμίζει την κίνηση κάθε μιας άρθρωσης του ρομπότ. Το πρόγραμμα εργασίας δίνεται από τον χρήστη και καθορίζει τις κινήσεις, που χρειάζονται για να εκτελεστεί κάθε φορά η επιθυμητή εργασία. Ένα

πρόγραμμα εργασίας μπορεί να παραχθεί είτε περνώντας το ρομπότ από τις θέσεις, που απαιτεί η συγκεκριμένη εργασία, είτε χρησιμοποιώντας κατάλληλες γλώσσες προγραμματισμού. Όταν χρησιμοποιείται μια γλώσσα προγραμματισμού, το ρομπότ περιέχει έναν κατάλληλο επεξεργαστή, που μεταφράζει το πρόγραμμα εργασίας και παρέχει τα δεδομένα, που χρειάζεται το πρόγραμμα ελέγχου για να καθοδηγήσει το ρομπότ στις επιθυμητές κινήσεις. Το πρόγραμμα ελέγχου χρησιμοποιεί το πρόγραμμα εργασίας σαν είσοδο και συνεπώς, για κάθε εργασία ο χρήστης πρέπει να γράψει ένα διαφορετικό πρόγραμμα εργασίας.

Τα πλεονεκτήματα των βιομηχανικών ρομπότ συνοψίζονται ως εξής:

- α) Ευελιξία.
- β) Υψηλή παραγωγικότητα.
- γ) Καλύτερη ποιότητα προϊόντος.
- δ) Βελτιωμένη ποιότητα ζωής.

Τα ρομπότ είναι ιδανικά για εργασίες μη ευχάριστες ή επικίνδυνες, όπως το βάψιμο με ψεκασμό και ο χειρισμός ραδιενεργών ουσιών. Επίσης, τα ρομπότ μπορούν να εργάζονται σε ανιαρές και επαναλαμβανόμενες εργασίες, που είναι, όμως, απλές και χρειάζονται ανειδίκευτους εργάτες.

Οι κυριότερες βιομηχανικές εφαρμογές των ρομπότ είναι οι ακόλουθες:

- i) Φόρτωμα και ξεφόρτωμα μηχανών.
- ii) Σημειακή συγκόλληση.
- iii) Συγκόλληση τόξου.
- iv) Βάψιμο ψεκασμού.
- v) Συναρμολόγηση εξαρτημάτων.
- vi) Επίβλεψη.
- vii) Σιδηρουργικές εργασίες (τρύπημα, κόψιμο, σφυρηλάτημα, κ.α.).
- viii) Ρίψη μετάλλων σε καλούπια (χυτήρια).

5.4 ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΡΟΜΠΟΤ

Το βιομηχανικό ρομπότ είναι ένας προγραμματιζόμενος μηχανικός χειριστής, ικανός να κινείται προς διάφορες διευθύνσεις, εφοδιασμένος στο άκρο του με μια διάταξη εργασίας, που ονομάζεται τελικό σημείο δράσης (ή εργαλείο), και ικανός να εκτελεί διάφορες βιομηχανικές εργασίες, που συνήθως γίνονται από τον άνθρωπο.

Ένα σύγχρονο ρομπότ περιλαμβάνει τουλάχιστον τρία βασικά δομικά μέρη:

- 1) τον χειριστή (βραχίονα, χέρι), που είναι το κινούμενο μηχανικό τμήμα,
- 2) τα στοιχεία δράσης (κινητήρες κ.λ.π.), που ενεργοποιούν τις αρθρώσεις του βραχίονα και

3) τον υπολογιστή, που αποθηκεύει και εκτελεί τα προγράμματα εργασίας και ελέγχει τις κινήσεις του ρομπότ.

Ο βραχίονας του ρομπότ περιέχει το κύριο σώμα και τον καρπό, που έχει στο τέλος του το εργαλείο (τελικό στοιχείο δράσης). Το εργαλείο μπορεί να είναι μια κεφαλή συγκόλλησης, ένα πιστόλι χρωματίσματος, ένα μηχανικό εργαλείο ή μια αρπάγη, που ανοιγοκλείνει ανάλογα με την εφαρμογή, στην οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το ρομπότ. Επειδή όλα τα εργαλεία στερεώνονται στο τέλος των ρομπότ, λέγονται και "τελικά στοιχεία δράσης".

Το κύριο σώμα (δηλαδή ο κορμός) του ρομπότ αποτελείται από μια διαδοχή συνδέσμων ή μελών (links), που συνδέονται με αρθρώσεις (joints). Οι αρθρώσεις ελέγχουν τις κινήσεις των συνδέσμων. Η ομάδα των αρθρώσεων, που ελέγχει την κίνηση του εργαλείου, ονομάζεται "καρπός". Κάθε μια από τις αρθρώσεις του βραχίονα και του καρπού παρέχει έναν βαθμό ελευθερίας στην κίνηση του τελικού στοιχείου δράσης. Έτσι, ένα ρομπότ με n βαθμούς ελευθερίας περιέχει n αρθρώσεις ή n άξονες κίνησης γενικά.

Η κίνηση του τελικού στοιχείου δράσης ρυθμίζεται ελέγχοντας τη θέση και την ταχύτητα των αξόνων κίνησης του ρομπότ. Στη ρομποτική ένας άξονας κίνησης ισοδυναμεί με έναν βαθμό ελευθερίας, ως προς τον οποίο μπορεί να κινηθεί το ρομπότ. Για να μπορέσει ένα ρομπότ να φτάσει ένα αυθαίρετο σημείο (μέσα στο χώρο εργασίας του) με έναν επιθυμητό προσανατολισμό του εργαλείου, χρειάζεται να έχει έξι άξονες (βαθμούς ελευθερίας) κίνησης. Έστω και μόνο ένας διαφορετικός προσανατολισμός του εργαλείου μπορεί να αλλάξει εντελώς τη θέση του βραχίονα του ρομπότ.

Οι άξονες κίνησης ενός ρομποτικού βραχίονα μπορεί να είναι άξονες στροφικής κίνησης (περιστροφικές αρθρώσεις) ή γραμμικής μεταφορικής κίνησης (πρισματικές αρθρώσεις). Ένας στροφικός άξονας οδηγείται άμεσα από έναν ηλεκτρικό κινητήρα ή έμμεσα από ένα σύστημα αλυσίδας ή οδοντωτών τροχών. Η κίνηση κατά μήκος ενός γραμμικού άξονα πραγματοποιείται από ένα πρισματικό ζεύγος ή μέσω μιας κοχλιωτής λειτουργίας. Ένα πρισματικό ζεύγος διαθέτει ένα υδραυλικό ή πνευματικό έμβολο, ενώ ένας κοχλίας μετατρέπει την περιστροφική κίνηση ενός ηλεκτρικού κινητήρα σε γραμμική κίνηση κατά μήκος του αντίστοιχου άξονα του βραχίονα.



Σχήμα 15: Βιομηχανικό ρομπότ μεταφοράς προϊόντων

5.5 ΤΑ ΟΦΕΛΗ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤ

Τα ρομποτικά συστήματα, είναι ικανά να δώσουν στις βιομηχανικές μονάδες την απαραίτητη ώθηση για να είναι ένα βήμα μπροστά από τον ανταγωνισμό, καθώς έχουν τεράστια πλεονεκτήματα:

- Συνεχόμενη λειτουργία: Μπορούν να «εργάζονται» 24 ώρες την ημέρα, 7 μέρες τη βδομάδα.
- Ταχύτητα: Προσαρμόζονται ανάλογα με τη χρήση με τρόπο που δε μπορεί να πετύχει ένας άνθρωπος.
- Επαναληπτικότητα: Κάνουν την ίδια εργασία κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο με την ίδια ταχύτητα προσφέροντας απόλυτα σταθερή ποιότητα.
- Ασφάλεια: Δεν επηρεάζονται καθόλου από τη ρουτίνα και την επικινδυνότητα της εργασίας.
- Λειτουργικά έξοδα: Μειώνουν τα λειτουργικά έξοδα μιας επιχείρησης καθώς αυτά περιορίζονται μόνο στα έξοδα συντήρησης.
- Ευελιξία: Μπορούν να προσαρμοστούν εύκολα σε νέες εργασίες και «καθήκοντα». Επιπλέον, με τη χρήση αλλαγής εργαλείου (tool changer) μπορούν να εξυπηρετούν την παραγωγή διαφορετικών προϊόντων, μειώνοντας περαιτέρω το κόστος.

Τα βιομηχανικά ρομπότ μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πλήθος προϊόντων και σε όλους τους τύπους βιομηχανικών μονάδων. Ήδη χρησιμοποιούνται σε εργοστάσια επεξεργασίας μεταλλικών προϊόντων και λαμαρίνας, σε βιομηχανίες τροφίμων, στην αυτοκινητοβιομηχανία, στην αεροναυπηγική, στις φαρμακοβιομηχανίες, στην κατασκευή φωτοβολταϊκών προϊόντων, στις βιομηχανίες πλαστικού, σε χυτήρια όπως επίσης και στην υαλοβιομηχανία. Η εισαγωγή των ρομποτικών συστημάτων σε όλες τις

βιομηχανίες απέδωσε σημαντικά κέρδη, καθώς μειώθηκε το κόστος παραγωγής και προσέφερε ένα τεράστιο άλμα για την ανάπτυξή τους.

5.6 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΡΟΜΠΟΤ

5.6.1 Συγκόλληση

Η εφαρμογή της συγκόλλησης είναι από τις κυριότερες εφαρμογές με βιομηχανικά ρομπότ. Η ποιότητα που μπορούν να προσφέρουν σε συνδυασμό με την ταχύτητά τους είναι οι σημαντικότερες αιτίες χρησιμοποίησής τους. Επιπλέον η εύρεση ικανών συγκολλητών στις μέρες μας είναι κάτι πολύ δύσκολο αφού η συγκόλληση είναι μια πολύ επικίνδυνη διαδικασία (μεγάλη ακτινοβολία, έκλυση αερίων κλπ) και που μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα υγείας (προβλήματα όρασης κλπ). Τα ρομπότ αναλαμβάνουν να κάνουν όλη την «βρώμικη» δουλειά εκτελώντας ασταμάτητα και ακούραστα τα επικίνδυνα, για τους ανθρώπους, καθήκοντά τους, δίνοντας στο τελικό προϊόν, την ποιότητα που χρειάζεται για να αναδειχθεί.

Το σημείο που ξεχώρισε τα ρομπότ στην συγκόλληση είναι τα χαρακτηριστικά τους. Διαθέτουν εξαιρετική ακρίβεια και απόλυτα σταθερή ταχύτητα στις κινήσεις τους δίνοντας στο τελικό προϊόν ομοιομορφία και τέλεια ποιότητα. Μπορούν επίσης να συνεργάζονται με την συγκολλητική μηχανή και να αυξομειώνουν τις παραμέτρους της κατά την διάρκεια συγκόλλησης χαρίζοντας έτσι ποιότητα ακόμα και σε δύσκολα υλικά (πχ αλουμίνιο). Τα ρομπότ μπορούν επιπλέον να χειριστούν και εξωτερικούς άξονες, μεγαλώνοντας ακόμα περισσότερο την ακτίνα λειτουργίας τους και κάνοντας εφικτές τις κολλήσεις σε δύσκολα σημεία των κομματιών. Επιπλέον με την χρήση positioner το σύστημα αποκτά μεγαλύτερη ευελιξία και υπάρχει μεγάλη αύξηση στην παραγωγικότητα.

Για τις ρομποτικές εφαρμογές της συγκόλλησης υπάρχουν ειδικές συγκολλητικές μηχανές (MIG/MAG, TIG) που επικοινωνούν με το ρομπότ σε πραγματικό χρόνο. Το ρομπότ μπορεί να αλλάξει τις παραμέτρους της ή να επιλέξει ένα από τα έτοιμα προγράμματα της μηχανής (ανάλογα και με τον τύπο controller της). Υπάρχουν επίσης ο αυτόματος τροφοδότης σύρματος που τοποθετείται πάνω στο ρομπότ για την σωστή τροφοδοσία του, η τσιμπίδα συγκόλλησης και το αυτόματο καθαριστικό της τσιμπίδας όπου εξασφαλίζεται ότι η ποιότητα της κόλλησης θα παραμείνει ίδια ακόμα και μετά από πολλές ώρες λειτουργίας. Ο τύπος της μηχανής, της τσιμπίδας συγκόλλησης και του τροφοδότη επιλέγονται από τα χαρακτηριστικά της συγκόλλησης (πάχος προς συγκόλλησης υλικών), τις θερμοκρασίες που θα αναπτυχθούν (υδρόψυκτη ή αερόψυκτη τσιμπίδα), την ταχύτητα εναπόθεσης υλικού (μονή ή διπλή τσιμπίδα) και τον τρόπο στήριξης πάνω στο ρομπότ (εξωτερική ή εσωτερική καλωδίωση). Ένα ακόμη εξάρτημα που χρησιμοποιείται είναι το shock sensor

που μας εξασφαλίζει ότι το ρομπότ θα σταματήσει σε περίπτωση σύγκρουσής του με κάποιο εξάρτημα (πχ λάθος του εργάτη που ξεχνάει και αφήνει ανοιχτή μια συγκράτηση της καλύμπρας).

Ένα ακόμα χαρακτηριστικό που διαθέτουν τα ρομπότ είναι ότι μπορούν να ελέγχουν με ειδικούς αισθητήρες την διαδρομή συγκόλλησης καθώς αυτή δεν είναι σταθερή κυρίως σε μεγάλα κομμάτια. Τέλος, διαθέτουν αρκετά σχέδια κυματισμών ώστε να απλωθεί η συγκόλληση με λιγότερα περάσματα χαρίζοντας ένα εξαιρετικό αποτέλεσμα.



Σχήμα 16: Βιομηχανικό ρομπότ συγκόλλησης.

5.6.2 Τροφοδοσία-Εξυπηρέτηση Μηχανών

Σε όλες τις βιομηχανικές μονάδες υπάρχουν εφαρμογές που είναι τυποποιημένες και επαναλαμβανόμενες πχ. πρέσες, χύτευση πλαστικών ή μετάλλων, αναπροσανατολισμός προϊόντων, τροφοδοσία CNC μηχανών κλπ. Τα βιομηχανικά ρομπότ χρησιμοποιούνται κατά κόρον σε αυτές τις εφαρμογές καθώς προσφέρουν πολύ μεγάλη παραγωγικότητα. Η ακρίβεια στην τοποθέτηση των προϊόντων είναι πολύ υψηλή χαρίζοντας ομοιότητα στο τελικό προϊόν, ενώ ταυτόχρονα μηδενίζονται οι νεκροί χρόνοι μιας μηχανής. Λόγω της κατασκευής τους μπορούν να εργάζονται ακόμα και σε μονάδες με υψηλή καθαρότητα (cleanroom) και σε αντίθεση με το ανθρώπινο δυναμικό μπορούν να διαχειρίζονται προϊόντα χωρίς κίνδυνο βακτηριδιακής μόλυνσης μειώνοντας και άλλο το κόστος παραγωγής (χωρίς την ανάγκη αποστείρωσης).

Η ευελιξία των ρομπότ τους δίνει το πλεονέκτημα να μην υπάρχει περιορισμός στα καθήκοντά τους και να μπορούν να συνεργαστούν με όλα τα μηχανήματα μιας βιομηχανικής μονάδας.

5.6.3 Παλετοποίηση

Οι διαδικασίες της παλετοποίησης και της αποπαλετοποίησης είναι εφαρμογές που είναι ενδεδειγμένες για ρομποτικούς βραχίονες. Τα πολύ μεγάλα βάρη που μπορούν να διαχειριστούν, οι μεγάλες ταχύτητες που επιτυγχάνουν και η τεράστια ακτίνα του χώρου λειτουργίας τους, καθιστούν τα ρομπότ σαν το απαραίτητο μηχάνημα σε μια μονάδα παραγωγής.

Είτε τα προϊόντα είναι σακιά, χαρτοκιβώτια, κονσέρβες μπουκάλια ή οτιδήποτε άλλο, ο ρομποτικός βραχίονας τα παραλαμβάνει και τα τοποθετεί με εξαιρετική ακρίβεια ($\leq 0,25\text{mm}$). Μπορεί επίσης να διαχειριστεί ταυτόχρονα πολλαπλές γραμμές προϊόντων, όπως επίσης και διαφορετικού τύπου προϊόντα με ειδική αρπάγη αυξάνοντας ακόμα περισσότερο την ευελιξία του συστήματος. Η αρπάγη που επιλέγεται (μηχανική, κενού, μαγνητική κτλ) είναι σε θέση να διαχειριστεί όλα τα παραγόμενα προϊόντα και σε ορισμένες περιπτώσεις ακόμα και την εισαγωγή των κενών παλετών στις γραμμές. Η μεγάλη διαφορά του ρομποτικού βραχίονα σε σχέση με τα συμβατικά μηχανήματα παλετοποίησης είναι ότι μπορεί να προσαρμοστεί πολύ εύκολα σε οποιονδήποτε χώρο καθώς προγραμματίζεται και αποφεύγει όλα τα φυσικά εμπόδια (κολώνες στήριξης κτλ) μη δεσμεύοντας έτσι πολύτιμο χώρο του εργοστασίου. Ένα ακόμη σημαντικό πλεονέκτημα του είναι ότι μπορεί να λειτουργεί χωρίς κανένα πρόβλημα και σε περιβάλλον ψύξης μέχρι -30°C αναδεικνύοντας έτσι τα ρομπότ σαν τον ιδανικό εργάτη ακόμα και μέσα σε ψυγεία.

Μια ολοκληρωμένη γραμμή παλετοποίησης περιλαμβάνει, εκτός από το ρομπότ και την αρπάγη του, μεταφορικές ταινίες προϊόντων, αυτόματο τροφοδότη παλετών για επίτευξη υψηλότερων ταχυτήτων, ραουλόδρομους μεταφοράς έτοιμων παλετών, βαγόνι μεταφοράς παλετών για κάλυψη μεγαλύτερου χώρου, αυτόματο τυλιχτικό παλέτας με stretch film, αυτόματο δετικό μηχάνημα με τσέρκι και περίφραξη ασφαλείας για την ασφάλεια του εργατικού προσωπικού.

Όλες οι σύγχρονες παραγωγικές μονάδες που σχετίζονται με την παλετοποίηση/αποπαλετοποίηση έχουν τοποθετήσει ρομπότ στην παραγωγή τους αφού τα οφέλη που αποκόμισαν είναι τεράστια:

- Αδιάκοπη λειτουργία 24 ώρες την ημέρα.
- Μείωση του κόστους παραγωγής αφού μπορεί να εξυπηρετεί πολλαπλές γραμμές χωρίς την βοήθεια ανθρώπινου δυναμικού.
- Αύξηση της παραγωγής αφού το ρομπότ δίνει στην γραμμή παραγωγής ταχύτητα.
- Ικανότητα εξυπηρέτησης προϊόντων που είναι αδύνατο να εξυπηρετήσει ο ανθρώπινος παράγοντας (βαριά προϊόντα).
- Δυνατότητα χτισίματος πολύ ψηλών παλετών (μέχρι 3 m).

- Εξοικονόμηση χώρου καθώς με την εξυπηρέτηση πολλαπλών γραμμών καταλαμβάνει λιγότερο χώρο σε σχέση με τα συμβατικά μηχανήματα και η έξοδος των έτοιμων παλετών είναι κατευθείαν στην αποθήκη.
- Λειτουργία σε δύσκολες συνθήκες εργασίας (μέχρι -30°C).
- Δυνατότητα offline προγραμματισμού καινούριων προϊόντων χωρίς να σταματήσει η παραγωγική διαδικασία.



Σχήμα 17: Βιομηχανικά ρομπότ που χρησιμοποιούνται για την παλετοποίηση σε μια βιομηχανική μονάδα.

5.6.4 Συσκευασία

Η βιομηχανία της συσκευασίας και των τροφίμων έχει εισάγει εδώ και πολλά χρόνια την ρομποτική τεχνολογία στις αυτοματοποιήσεις της. Τα ρομποτικά συστήματα τοποθετούνται σε οποιεσδήποτε γραμμές για να τοποθετήσουν τα προϊόντα σε διάφορου τύπου συσκευασίες. Είτε σε χαρτοκιβώτια, ειδικές συσκευασίες, πλαστικά κιβώτια ή φιλμ τα ρομπότ μπορούν να τοποθετήσουν με εξαιρετική ακρίβεια και ταχύτητα τα προϊόντα μειώνοντας σε πολύ μεγάλο βαθμό το κόστος παραγωγής αυξάνοντας παράλληλα την ποιότητα. Ειδικά για την βιομηχανία τροφίμων υπάρχουν ειδικές σειρές ρομπότ και λογισμικών τα οποία αποτελούν την αρτιότερη λύση των συγκεκριμένων βιομηχανιών.

Όσο αναφορά τα ρομποτικά συστήματα υπάρχουν ειδικές σειρές τα οποία εκτός από την πολύ μεγάλη ταχύτητά τους μπορούν να βγουν και σε εκδόσεις με IP 67. Οι βαθμίδες IP έχουν καθιερωθεί από την IEC (International Electrotechnical Commission) και είναι γνωστές σαν «βαθμίδες

εισχώρησης». Μια βαθμίδα IP 67 σημαίνει πλήρη προστασία σε εισχώρηση από σκόνη (από το πρώτο ψηφίο) και την ικανότητα να λειτουργεί σε υγρό περιβάλλον χωρίς την εισχώρηση νερού (από το δεύτερο ψηφίο). Επίσης τα ρομποτικά αυτά συστήματα διαθέτουν ομαλό φινίρισμα μην έχοντας έτσι περιοχές για ανάπτυξη βακτηριδίων και η καλωδίωση τους γίνεται εσωτερικά, μεταφέροντας έτσι σήματα και αέρα στην αρπάγη χωρίς πρόβλημα και κάνοντας ταυτόχρονα εύκολο τον καθαρισμό τους με οποιαδήποτε καθαριστικά χωρίς τον φόβο δημιουργίας βλάβης. Επιπλέον στους μειωτήρες των αξόνων τους περιέχουν ειδικό γράσο που είναι κατάλληλο για τις βιομηχανίες τροφίμων.

Το κομμάτι του λογισμικού συμβαδίζει απόλυτα με την τεχνολογία και προσφέρει σημαντικές λύσεις στην αυτοματοποίηση της συσκευασίας. Η ανάλυση ευαίσθητων προϊόντων μέσω κάμερας για την παραλαβή τους με διαφορετικό προσανατολισμό είναι μια διαδικασία που κάνει το σύστημα έξυπνο και ταυτόχρονα πολύ ευέλικτο. Επίσης ο συγχρονισμός του ρομπότ με την κίνηση των προϊόντων στην μεταφορική ταινία είναι πολύ χρήσιμος καθώς το σύστημα δεν σταματάει για να γίνει η παραλαβή τους αυξάνοντας έτσι την συνολική ταχύτητα της γραμμής.

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των ρομποτικών συστημάτων είναι ότι μπορούν να συνεργαστούν με οποιαδήποτε συσκευαστικό μηχάνημα (διαμορφωτής κιβωτίων, φιλμ κλπ) παρέχοντας τεράστια ευελιξία για λειτουργία σε οποιαδήποτε εφαρμογή. Συνήθως μετά τα συσκευαστικά ρομπότ τοποθετούνται ρομπότ παλετοποίησης αλλά αν οι ταχύτητες της γραμμής είναι αργές, το ρομπότ συσκευασίας μπορεί να κάνει και την παλετοποίηση μειώνοντας κι άλλο το κόστος.

5.6.5 Συναρμολόγηση

Η διαδικασία της συναρμολόγησης διαφόρων εξαρτημάτων μεταξύ τους είναι μια περίπλοκη διεργασία για τους αυτοματισμούς και συνήθως χρησιμοποιούνται ανθρώπινα χέρια. Με την βιομηχανική επανάσταση και την ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας, οι ρομποτικοί βραχίονες έχουν κάνει την είσοδό τους στον χώρο και εξαιτίας των πλεονεκτημάτων τους έχουν πλέον καθιερωθεί και είναι απαραίτητοι.

Υπάρχουν πολλοί τύποι ρομποτικών συστημάτων ιδανικοί για την εφαρμογή της συναρμολόγησης και η επιλογή τους καθορίζεται από την ταχύτητα του συστήματος, το βάρος των εξαρτημάτων και την μέγιστη ακτίνα λειτουργίας τους.

5.6.6 Κοπή

Η εφαρμογή της κοπής αποτελεί μια διαδικασία η οποία απαιτεί πολύ μεγάλη ακρίβεια. Ειδικά όταν πρόκειται για 3D κοπή τότε απαιτείται εκτός από ακρίβεια και πολύ μεγάλη ευελιξία. Οι ρομποτικοί βραχίονες προσφέρουν αυτή την ευελιξία καθώς κινούνται με οποιονδήποτε προσανατολισμό του εργαλείου τους. Στο άκρο τους τοποθετείτε το εργαλείο κοπής (LASER, PLASMA, WATERJET, ROUTER κλπ) και το ρομπότ ακολουθεί όλη την διαδρομή κοπής προσφέροντας θεαματικά αποτελέσματα.

Για τον εύκολο προγραμματισμό του ρομπότ κοπής υπάρχουν ειδικά λογισμικά όπου τοποθετώντας το 3D σχέδιο με τα σημεία κοπής δημιουργείται αυτόματα ο κώδικας του ρομπότ. Επιπλέον το ρομπότ είναι ικανό να δεχθεί διάφορους αισθητήρες έτσι ώστε να διατηρεί την σωστή απόσταση κατά την διάρκεια κοπής όπως επίσης και να βρει τις διαφορές του υπαρκτού κομματιού σε σχέση με το σχέδιο και να υπολογίσει την βέλτιστη λύση βάση ανοχών.

5.6.7 Στραντζάρισμα

Η εφαρμογή της στράντζας είναι και αυτή μια διαδομένη εφαρμογή για ρομποτικούς βραχίονες. Με την αυτοματοποίηση της διαδικασίας διαμόρφωσης ελασμάτων επιτυγχάνουμε ομοιομορφία στο τελικό μας προϊόν όπως επίσης παρέχουμε ασφάλεια στο εργατικό δυναμικό αφού κατά το παρελθόν έχουν συμβεί πολλά εργατικά ατυχήματα σε αυτήν την εφαρμογή.

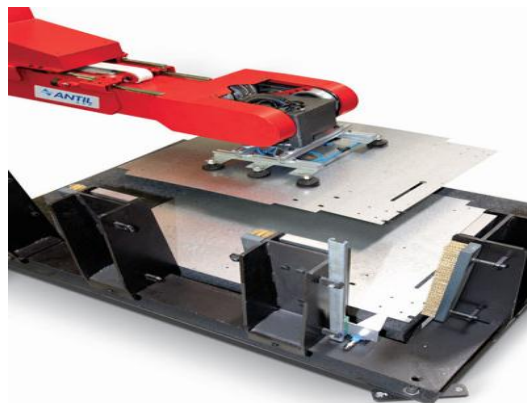
Ένας χειριστής τοποθετεί μια παλέτα με ελάσματα προς διαμόρφωση σε συγκεκριμένο σημείο (χώρος τροφοδοσίας) μέσα στο χώρο του συστήματος. Ο χώρος τροφοδοσίας αποτελείται από ειδικά στοπ για να κεντράρεται η παλέτα και από μαγνητικούς διαχωριστές, οι οποίοι ξεχωρίζουν τα ελάσματα μεταξύ τους. Τα ελάσματα κολλάνε μεταξύ τους είτε λόγω ύπαρξης υγρασίας ή λαδιού κατά τη διαδικασία κοπής ή κατά την διαδικασία αποθήκευσης.

Με αυτόν τον τρόπο, αποφεύγεται οποιαδήποτε καταστροφή που μπορεί να προκαλέσει η ταυτόχρονη διαμόρφωση πολλών ελασμάτων και εξασφαλίζεται η ομαλή λειτουργία του συστήματος. Αφού τα τοποθετήσει σωστά και εξέλθει από το σύστημα (όλο το σύστημα περιβάλλεται από περίφραξη ασφαλείας), το ενεργοποιεί (ο χειριστής) δηλώνοντας την παρουσία των καινούριων ελασμάτων και επιλέγοντας το αντίστοιχο πρόγραμμα. Το ρομπότ κινείται προς το χώρο τροφοδοσίας και με την ειδικά κατασκευασμένη αρπάγη του, υπολογίζει μόνο του το ύψος του πρώτου ελάσματος και το συγκρατεί. Εάν έχει τοποθετηθεί ανιχνευτής πάχους το ρομπότ πηγαίνει το κομμάτι για έλεγχο και αφού έχει επιβεβαιωθεί για την ύπαρξη ενός μόνο ελάσματος το οδηγεί προς τη γωνιάστρα και το έλασμα

συγκρατείται ξανά, αλλά αυτήν τη φορά κεντραρισμένο. Έπειτα ακολουθεί η διαδικασία διαμόρφωσης, κατά την οποία το ρομπότ μαζί με τη συνεργαζόμενη στράντζα φέρνουν το έλασμα στο επιθυμητό αποτέλεσμα. Η διαδικασία ολοκληρώνεται με την παλετοποίηση των διαμορφωμένων ελασμάτων στο χώρο αποθήκευσης και επαναλαμβάνεται από την αρχή.

Το πρόσθετο λογισμικό της διαδικασίας της στράντζας που διαθέτουν τα συγκεκριμένα ρομπότ, υποστηρίζει όλη τη διαδικασία της διαμόρφωσης ελασμάτων και έχει αναπτυχθεί ειδικά για αυτόν το σκοπό. Παρέχει ένα μεγάλο εύρος από έτοιμες ρουτίνες κάνοντας έτσι μια αλλαγή σε ένα προϊόν ή την δημιουργία ενός καινούριου να μπορεί να επιτευχθεί χωρίς την ανάγκη γνώσεων προχωρημένου προγραμματισμού. Ο συνολικός προγραμματισμός του ρομπότ απλοποιείται σε μεγάλο βαθμό χωρίς τη χρήση πολλαπλών βημάτων. Επιπλέον, με τη χρήση του λογισμικού τα παραγόμενα προϊόντα αποκτούν μεγαλύτερη ποιότητα, καθώς το ρομπότ ακολουθεί την κίνησή τους κατά τη διαδικασία διαμόρφωσης, δίνοντας ομοιότητα στο τελικό προϊόν. Τέλος διαθέτει έτοιμα σχέδια για την παλετοποίηση των έτοιμων κομματιών σε συγκεκριμένα σημεία ώστε να μπορούν να μετακινηθούν με ασφάλεια.

Σημαντικό ρόλο στην εφαρμογή παίζει επίσης και η αρπάγη, η οποία είναι τοποθετημένη στο άκρο του ρομπότ (φλάντζα) και αναλαμβάνει τη σωστή συγκράτηση των ελασμάτων καθ' όλη τη διάρκεια της διαμόρφωσης. Αυτή η συγκράτηση γίνεται με υποπίεση (κενό) χρησιμοποιώντας βεντούζες ή με μαγνήτες όταν τα ελάσματα διαθέτουν μεγάλες οπές. Η αρπάγη απαιτεί ειδικό σχεδιασμό προκειμένου να μπορεί να διαχειριστεί τα ελάσματα της εφαρμογής και να μην προκαλεί πρόβλημα στην στράντζα ή το ρομπότ κατά την διάρκεια λειτουργίας.



Σχήμα 18: Βιομηχανικό ρομπότ που συμμετέχει στην διαδικασία στραντζαρίσματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Τις εργαλειομηχανές CNC τις ελέγχω (καθοδηγώ) με τον Αριθμητικό Έλεγχο. Πιο συγκεκριμένα, συντάσσω έναν κώδικα, ο οποίος αποτελείται από εντολές. Οι εντολές αυτές, περιλαμβάνουν μία ακολουθία γραμμάτων και αριθμών, την οποία (ακολουθία) αντιλαμβάνεται η CNC εργαλειομηχανή. Οι εντολές που περιλαμβάνονται στον κώδικα, περιέχουν συντεταγμένες που ορίζουν την κίνηση του κοπτικού εργαλείου. Επίσης, οι εντολές αυτές περιέχουν και πληροφορίες με τις οποίες ελέγχουν τα βοηθητικά συστήματα της εργαλειομηχανής, δηλαδή, την ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου, την παροχή του ψυκτικού υγρού, το βάθος κοπής κ.λ.π..

Ο Αριθμητικός Έλεγχος μέσω Η/Υ, είναι μία υποβοηθούμενη –από Η/Υ- διαδικασία, η οποία γενικώς ελέγχει μηχανές, μέσω οδηγιών (εντολών) οι οποίες δημιουργούνται από έναν κωδικοποιητή. Ο κωδικοποιητής αυτός ονομάζεται “Post Processor”. Ο κωδικοποιητής δηλαδή, μετατρέπει αυτόματα τις εντολές που δίνω, δηλαδή τις ρυθμίσεις που κάνω, σε κώδικα-οδηγίες τις οποίες “καταλαβαίνει” η εργαλειομηχανή cnc.

Ο κώδικας αυτός αποθηκεύεται σε ένα σύστημα μνήμης (ταινία, σκληρό δίσκο, δισκέτα, “τσιπ” κ.λ.π.), για άμεση ή και για μελλοντική χρήση. Δηλαδή, εάν φτιάξω το πρόγραμμα για την κατασκευή/κατεργασία ενός προϊόντος και στο μέλλον θέλω να ξαναφτιάξω το ίδιο, δεν χρειάζεται να ξαναφτιάξω το πρόγραμμα, θα ανακτήσω το παλιό. Επίσης, εάν στο μέλλον θέλω να φτιάξω ένα παρόμοιο προϊόν, δεν θα φτιάξω απ’ την αρχή το πρόγραμμα, αλλά θα τροποποιήσω το ήδη υπάρχον.

Όλες οι διαδικασίες καθοδήγησης και ελέγχου των εργαλειομηχανών NC και CNC από το χειριστή τους είναι μονόδρομες. Ο τεχνικός NC ή CNC καθορίζει την ακολουθία των κινήσεων της εργαλειομηχανής, τις τιμές των συνθηκών κατεργασίας (πρόωση, βάθη κοπής, ταχύτητα κοπής, κ.λπ.), ελέγχει τη χρήση ή όχι του υγρού κοπής, διαχειρίζεται τα κοπτικά εργαλεία, κ.λπ.. Για όλα αυτά, συντάσσει ένα πρόγραμμα καθοδήγησης σε τυποποιημένη γλώσσα προγραμματισμού (κώδικας-G-Code), μεταφέρει τον κώδικα στη μονάδα ελέγχου και ενεργοποιεί την εκτέλεση του προγράμματος. Κανένας δεν μπορεί να ισχυρισθεί ότι αυτή η αλληλουχία δεν είναι αυτοματοποιημένη. Όμως, η πρόοδος της τεχνολογίας και, ιδιαίτερα, η ανάπτυξη των αισθητήρων (sensors) και των συστημάτων αυτομάτου ελέγχου

(ΣΑΕ), επιτρέπει στους κατασκευαστές εργαλειομηχανών να πάνε ένα βήμα παραπέρα. Στο σχεδιασμό δηλαδή “σκεπτόμενων” διατάξεων, που, ανάλογα με την εξέλιξη της μηχανουργικής κατεργασίας, παίρνουν αποφάσεις και επεμβαίνουν στο πρόγραμμα καθοδήγησης. Οι μηχανές αυτές χαρακτηρίζονται άμεσα καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές με ηλεκτρονικό υπολογιστή (Direct Numerical Control - DNC). Εάν, λοιπόν, σε μία τυπική περίπτωση τόννευσης με NC ή CNC τόρνο, επιλεγεί, κατά λάθος, και προγραμματισθεί απαράδεκτη πρόωση κοπής, ο χειριστής πρέπει να διαβάσει την αντίστοιχη ένδειξη στον πίνακα ελέγχου της εργαλειομηχανής, να σταματήσει την εκτέλεση του προγράμματος και, αφού το διορθώσει, να το ενεργοποιήσει ξανά.

6.2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ

Το αρχικό κίνητρο για την ανάπτυξη του αριθμητικού ελέγχου δόθηκε από τη βιομηχανία αεροπορικών κατασκευών για την αντιμετώπιση της ανάγκης κατασκευής εξαρτημάτων με διαρκώς αυξανόμενη γεωμετρική πολυπλοκότητα. Η κατασκευή της πρώτης εργαλειομηχανής με σύστημα αριθμητικού ελέγχου έγινε το 1952 στο MIT (ένα είδος φρέζας), με χρηματοδότηση της Αμερικανικής Αεροπορίας. Όμως, για να προχωρήσει η τεχνολογία αυτή, έπρεπε να αναπτυχθούν κατάλληλα προγράμματα (software) για τον προγραμματισμό των εργαλειομηχανών. Έτσι, οι 25 μεγαλύτερες εταιρείες αεροκατασκευών των ΗΠΑ χρηματοδότησαν ένα κοινό πρόγραμμα, καρπός του οποίου ήταν η ανάπτυξη της γλώσσας προγραμματισμού APT (Automatic Programmed Tools).

Οι πρώτες εργαλειομηχανές που καθοδηγούνταν με Αριθμητικό Έλεγχο (NC) εγκαταστάθηκαν σε βιομηχανίες το 1957.

Η τεχνολογία Αριθμητικού ελέγχου πλέον έχει αναπτυχθεί πάρα πολύ και εφαρμόζεται όχι μόνο σε εργαλειομηχανές αλλά και σε άλλες μηχανές, όπως σχεδιαστικές (plotters), μηχανές διάτρησης τυπωμένων κυκλωμάτων, κοπής υφασμάτων κ.λ.π..

Το 1970, ο Αριθμητικός Έλεγχος θεωρήθηκε ως μέρος ενός ευρύτερου σχεδίου (κατασκευή με τη βοήθεια H/Y-CAM). Η τεχνολογία CAM (Computer Aided Manufacturing) περιλαμβάνει εκτός από Αριθμητικό Έλεγχο και έλεγχο παραγωγής, παρακολούθηση, διαχείριση υλικών και προγραμματισμό.

Ο έλεγχος με cnc αρχικά εφαρμόστηκε σε μηχανήματα κατεργασίας μετάλλου: Φρέζες, δράπανα, μηχανές Boring και πρέσες απότμησης. Σήμερα, έχει επεκταθεί και σε άλλους μηχανισμούς ή συστήματα κατεργασίας μετάλλων που περιλαμβάνουν τα βιομηχανικά ρομπότ, μηχανές κάμψης σωλήνων, λειαντικές μηχανές διαφόρων τύπων, γριναζοκόπτες, μηχανές ηλεκτροδιάβρωσης, μηχανές φλογοκοπής και συγκολλήσεων . Συστήματα cnc

χρησιμοποιούνται επίσης στον ποιοτικό έλεγχο, σε αυτόματα συστήματα σχεδίασης (plotters), σε μηχανές συναρμολόγησης ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, μηχανές κοπής με Laser και σε μηχανήματα κοπής υφασμάτων κ.λ.π..

6.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Οι ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές διακρίνονται σε NC, CNC, DNC. Αναλυτικά για κάθε μια έχω:

- 1) NC (Numerical Control ή έλεγχος με ψηφιακή καθοδήγηση). Καθοδηγήσεις στις οποίες δίδονται πληροφορίες βάσει των οποίων εκτελούνται αυτόνομα κατεργασίες. Στην τεχνολογία NC, τον κώδικα με τον οποίο καθοδηγείται η εργαλειομηχανή, τον συντάσσει ο χειριστής/προγραμματιστής της εργαλειομηχανής.
- 2) CNC (Computer Numerical Control ή ψηφιακή καθοδήγηση με υποστήριξη υπολογιστή). Σε αυτές τις καθοδηγήσεις υπάρχει ένας υπολογιστής, ο οποίος αναλαμβάνει τις βασικές καθοδηγητικές λειτουργίες. Υπολογίζει ενδιάμεσες τιμές για κινήσεις ευθύγραμμες, κυκλικών τόξων ή και άλλων τροχιών, που πιθανώς επιδέχεται η καθοδήγηση, όπως και σημεία τροχιών, που πιθανώς δεν υπάρχουν στο πρόγραμμα. Ο υπολογιστής δίνει και τη δυνατότητα να πληκτρολογηθεί ένα γράμμα απευθείας στη μηχανή, όπως επίσης να προβληθούν τυχόν διορθώσεις ή αλλαγές προγραμμάτων. Στην τεχνολογία CNC λοιπόν, ο προγραμματιστής/μηχανικός προγραμματίζει μέσω Η/Υ, με την χρήση ενός προγράμματος CAM. Στον προγραμματισμό αυτό, δεν συντάσσει ο ίδιος το πρόγραμμα, αλλά κάνει τις απαραίτητες ρυθμίσεις (στο CAM) ώστε ο κώδικας να προκύπτει αυτόματα.
- 3) DNC (Direct Numerical Control ή άμεση ψηφιακή καθοδήγηση). Πολλές ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές είναι συνδεδεμένες με έναν κεντρικό υπολογιστή, στον οποίο συντάσσονται και ελέγχονται τα προγράμματα ψηφιακής καθοδήγησης, τα οποία στη συνέχεια διοχετεύονται αυτόματα στην εκάστοτε εργαλειομηχανή. Άρα λοιπόν εδώ, ο προγραμματιστής/μηχανικός καθοδηγεί πολλές εργαλειομηχανές μέσω ενός Η/Υ.

Οι DNC εργαλειομηχανές λοιπόν, είναι συνδεδεμένες με έναν κεντρικό ηλεκτρονικό υπολογιστή, μέσω του οποίου λαμβάνουν εντολές για εκτέλεση εργασιών, αλλά και αντλούν πληροφορίες από σχετικές βάσεις πληροφοριών. Στις DNC εργαλειομηχανές μπορεί να ελέγχεται αυτόματα η ταχύτητα κοπής, η χρήση ψυκτικού υγρού, η φθορά των κοπτικών εργαλείων, κ.λπ.. Ιδιαίτερα για τη φθορά των κοπτικών εργαλείων, πολλές ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές διαθέτουν ειδικές μετρητικές

διατάξεις στις οποίες μετρώνται τα κοπτικά εργαλεία, σε τακτά χρονικά διαστήματα, κατά τη διάρκεια μιας κατεργασίας. Στην περίπτωση που, για το εξεταζόμενο κοπτικό εργαλείο, διαπιστωθεί μεγάλη απόκλιση από τις προβλεπόμενες διαστάσεις, η κατεργασία συνεχίζεται αυτόματα με νέο (όμοιο) κοπτικό εργαλείο (sister tool).

Η καθοδήγηση των εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση βασίζεται σε ψηφιακές πληροφορίες. Οι πληροφορίες αυτές, που καθορίζουν γενικά τη σχετική σχέση του κοπτικού εργαλείου και του τεμαχίου στο χώρο, όπως και ορισμένες άλλες βοηθητικές ενέργειες της εργαλειομηχανής, συντάσσονται κατάλληλα κωδικοποιημένες στο πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης (NC-program). Απαραίτητες πληροφορίες για τη σύνταξη του προγράμματος ψηφιακής καθοδήγησης είναι:

1. το μηχανολογικό σχέδιο του τεμαχίου,
2. το σχέδιο εργασίας,
3. οι πίνακες συνθηκών κοπής,
4. το εγχειρίδιο χειρισμού-προγραμματισμού της συγκεκριμένης εργαλειομηχανής,
5. οι καρτέλες εργαλείων και μέσων σύσφιξης.

Αναλυτικότερα, στο πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης είναι καταχωρημένα τα εξής:

1. Οι συντεταγμένες των διαδοχικών σημείων προς τα οποία θα κινηθεί το κοπτικό εργαλείο κάθε φορά,
2. το είδος της κίνησης από σημείο προς σημείο, π.χ., ευθύγραμμη κίνηση, κυκλική κίνηση,
3. γρήγορη κίνηση χωρίς επαφή εργαλείου τεμαχίου κ.λ.π..
4. προώσεις και ταχύτητες κοπής των διαφόρων κινήσεων.
5. πληροφορίες που αναφέρονται στα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν.
6. πληροφορίες που αναφέρονται σε λειτουργίες της μηχανής, όπως, π.χ., να αρχίσει η παροχή του υγρού κοπής κ.λπ..

Αφού συνταχθεί το πρόγραμμα της ψηφιακής καθοδήγησης, μεταφέρεται στη μονάδα καθοδήγησης της μηχανής. Στη συνέχεια, το εκτελεστικό τμήμα της μηχανής αναγνωρίζει και υλοποιεί το πρόγραμμα, δίνει οδηγίες για την εκτέλεση των διαφόρων λειτουργιών της μηχανής και των απαιτούμενων κινήσεων εργαλείου και τεμαχίου.

6.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

6.4.1 Καρτεσιανές και πολικές συντεταγμένες

Για τον έλεγχο των κινήσεων των ψηφιακά καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών, απαιτείται η είσοδος των συντεταγμένων των διαδοχικών θέσεων του κοπτικού εργαλείου ως προς κάποιο σύστημα συντεταγμένων. Ο εύκολος και γρήγορος προσδιορισμός των συντεταγμένων αυτών είναι απαραίτητος για τον προγραμματιστή τέτοιων εργαλειομηχανών. Οι συντεταγμένες που παρουσιάζονται στις NC εργαλειομηχανές είναι είτε καρτεσιανές είτε πολικές συντεταγμένες. Υπάρχουν βέβαια και το σφαιρικό σύστημα συντεταγμένων, το κυλινδρικό και το τοροειδές, αλλά δεν χρησιμοποιούνται τόσο όσο τα πρώτα δύο.

Καρτεσιανές συντεταγμένες:

Το πιο απλό από τα συστήματα συντεταγμένων ορίζεται από δύο ορθογώνιους άξονες, που τέμνονται σε ένα σημείο, το οποίο ονομάζεται αρχή των αξόνων. Αυτό είναι το γνωστό από τα μαθηματικά καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων στο επίπεδο. Για να περιγραφεί η θέση ενός σημείου στο επίπεδο, όταν έχει ορισθεί ένα σύστημα συντεταγμένων, είναι απαραίτητες τόσο η τετμημένη X , όσο και η τεταγμένη Y .

Το σύστημα συντεταγμένων X - Y - Z ονομάζεται καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων στο χώρο. Στην περίπτωση αυτή, αντίστοιχα με τις προηγούμενες, απαιτείται μία τριάδα συντεταγμένων, για να περιγραφεί μονοσήμαντα η θέση ενός σημείου στο χώρο.

Πολικές συντεταγμένες:

Σε αρκετές περιπτώσεις, η θέση ενός σημείου ή η γεωμετρία ενός τεμαχίου είναι δύσκολο να περιγραφούν με χρήση καρτεσιανών συντεταγμένων. Για παράδειγμα, η περιγραφή των άκρων ενός τόξου κύκλου στο επίπεδο, χρειάζεται τριγωνομετρικές σχέσεις. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιείται το πολικό σύστημα συντεταγμένων. Οι πολικές συντεταγμένες ενός σημείου p ως προς ένα σύστημα συντεταγμένων X - Y , ορίζονται με μια απόσταση rp και μια γωνία cp . Η απόσταση του σημείου από το κέντρο του συστήματος συντεταγμένων (που σαν απόσταση, είναι πάντα θετική) και η θετική γωνία που σχηματίζεται από τον άξονα X και την ευθεία που ενώνει το σημείο με το κέντρο του συστήματος, προσδιορίζουν τη θέση κάθε σημείου. Οι πολικές συντεταγμένες έχουν μονοσήμαντη τριγωνομετρική σχέση με τις καρτεσιανές.

6.4.2 Απόλυτες και σχετικές συντεταγμένες

Τα γεωμετρικά δεδομένα ενός τεμαχίου, που πρόκειται να υποστεί κατεργασία, μπορούν να οριστούν με δύο τρόπους, άσχετα αν

χρησιμοποιούνται καρτεσιανές ή πολικές συντεταγμένες. Πρόκειται για τον απόλυτο και το σχετικό τρόπο προσδιορισμού θέσης σημείων στο επίπεδο ή στο χώρο. Και οι δύο τρόποι είναι μεταξύ τους ισότιμοι, με την έννοια ότι, όποιος από τους δύο κι αν χρησιμοποιηθεί, το αποτέλεσμα της περιγραφής της θέσης θα είναι το ίδιο. Στην περίπτωση προσδιορισμού θέσης με τον απόλυτο τρόπο, οι συντεταγμένες κάθε σημείου δίνονται σε σχέση με την αρχή των αξόνων, που έχει ορισθεί. Με τον τρόπο αυτό, κάθε σημείο είναι διαφορετική οντότητα και η περιγραφή του δε σχετίζεται με κανένα άλλο σημείο, εκτός από το μηδενικό (την αρχή του συστήματος συντεταγμένων). Έτσι, στην ψηφιακή καθοδήγηση, υπάρχει η δυνατότητα διακοπής και επανάληψης της κοπής σε κάποια γνωστή θέση, χωρίς να είναι αναγκαία η επανεκτέλεση όλου του προγράμματος.

Στο δεύτερο τρόπο, με τη χρήση δηλαδή των σχετικών συντεταγμένων, η περιγραφή της θέσης ενός σημείου γίνεται πάντα με αναφορά στο προηγούμενο σημείο. Για να μεταφερθεί δηλαδή στη νέα θέση το κοπτικό εργαλείο, πρέπει η κίνηση να γίνει σε σχέση με τη θέση που αυτό βρισκόταν πριν. Η μέθοδος αυτή έχει ένα βασικό μειονέκτημα. Εάν η κατεργασία διακοπεί, για παράδειγμα, λόγω βλάβης του ηλεκτρικού δικτύου, δεν μπορεί να ξεκινήσει πάλι από την ίδια θέση, αφού αυτή είναι ορισμένη σε σχέση με κάποια προηγούμενη θέση, που δεν είναι πια γνωστή. Όμως η μέθοδος αυτή έχει άλλες ευκολίες ελέγχου και αντιγραφής, που την κάνουν σε αρκετές περιπτώσεις ελκυστική στους προγραμματιστές.

Τα παραπάνω συστήματα συντεταγμένων τα δηλώνω στην εργαλειομηχανή με κάποιες εντολές (κωδικοποιημένα). Στην περίπτωση των NC εργαλειομηχανών (συντάσσει ο χειριστής τον κώδικα) τις εντολές αυτές τις δίνει ο χειριστής. Στην περίπτωση των CNC όμως, ο κώδικας προκύπτει αυτόματα κάνοντας τις απαραίτητες ρυθμίσεις στο CAM (όπως συμβαίνει και με όλες τις υπόλοιπες εντολές).

6.5 ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΩΝ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Οι cnc εργαλειομηχανές εκτελούν τις εξής τρεις κινήσεις:

(α) Γραμμική παρεμβολή.

(β) Κυκλική παρεμβολή.

(γ) Παραβολική παρεμβολή-λίγες εργαλειομηχανές την διαθέτουν (με αυτή εκτελούν παραβολικές κινήσεις).

Πιο αναλυτικά για την κάθε μια:

(α) Γραμμική παρεμβολή:

Με την γραμμική παρεμβολή οι εργαλειομηχανές εκτελούν τις ευθύγραμμες κινήσεις. Εκτελούν και τις διαγώνιες κινήσεις με συνδυασμό των αξόνων X,Y.

Οι συντεταγμένες πρέπει να δίνονται για το τέλος της κάθε ευθύγραμμης διαδρομής, μιας και το τέλος της μίας είναι η αρχή της επόμενης. Η παρεμβολή υπολογίζει τα ενδιάμεσα σημεία της ευθύγραμμης τροχιάς. Έτσι, ελέγχει και συντονίζει τους κινητήρες των αξόνων X και Y.

(β) Κυκλική παρεμβολή:

Με την κυκλική παρεμβολή οι εργαλειομηχανές εκτελούν τις κυκλικές κινήσεις, δηλαδή τους κύκλους και τα τόξα.

Για να κάνω στο πρόγραμμα (G-Code) μια κυκλική παρεμβολή, κάνω τα εξής:

- Δίνω τις συντεταγμένες του αρχικού σημείου.
- Έπειτα, δίνω τις συντεταγμένες του τελικού σημείου ή δίνω την ακτίνα ή το κέντρο του τόξου. Επίσης, δηλώνω στο πρόγραμμα ότι έχω κυκλική παρεμβολή. Πρέπει συγκεκριμένα να δηλώνω με ποια φορά θα γίνει η κυκλική παρεμβολή, η καμπύλη δηλαδή (δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα).
- Τις συντεταγμένες του κέντρου του τόξου τις δηλώνω με I,J αντί με X,Y.

(γ) Παραβολική παρεμβολή:

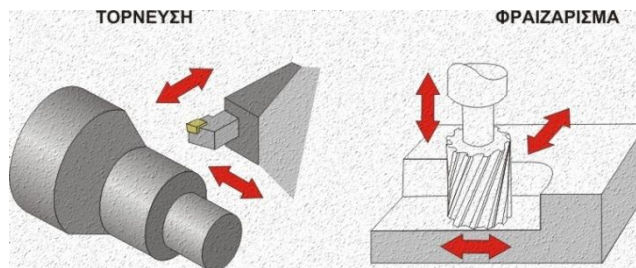
Την παραβολική παρεμβολή την διαθέτουν λίγες εργαλειομηχανές στην μονάδα ελέγχου τους (οι πιο σύγχρονες). Με την παραβολική παρεμβολή, εκτελούν παραβολικές κινήσεις.

6.6 ΑΞΟΝΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Για να γίνει κατανοητή η έννοια του άξονα κατεργασίας, είναι ευκολότερο να υποθεθεί ότι όλες οι κινήσεις μιας κατεργασίας με ψηφιακά καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή γίνονται από το κοπτικό εργαλείο. Αυτό, βέβαια, δεν είναι αλήθεια, μια και στη φρέζα, για παράδειγμα, τις περισσότερες κινήσεις τις εκτελεί το τραπέζι. Κάθε κίνηση, λοιπόν, του εργαλείου σε μία συγκεκριμένη διεύθυνση, που ελέγχεται και καθοδηγείται, ανεξάρτητα από οποιαδήποτε άλλη σε διαφορετική κατεύθυνση και που μπορεί να εκτελείται ταυτόχρονα, ονομάζεται άξονας κατεργασίας. Προφανώς αυτές οι κατευθύνσεις κατεργασίας δεν είναι αυθαίρετες, αλλά είναι οι γνωστές από τις συμβατικές μηχανές. Έτσι για παράδειγμα :

Στην τόννευση με ψηφιακή καθοδήγηση, άξονες κατεργασίας είναι οι κινήσεις, που εκτελεί το εργαλείο κάθετα και παράλληλα προς τον άξονα περιστροφής του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Στους συμβατικούς τόννους, για παράδειγμα, η κατεργασία κωνικών και σφαιρικών επιφανειών απαιτεί είτε ρύθμιση της εργαλειομηχανής, είτε ταυτόχρονη περιστροφή των χειρομοχλών από τον τεχνίτη. Στην ψηφιακή καθοδήγηση, η κάθε μία από τις δύο κινήσεις ελέγχεται ξεχωριστά και μάλιστα με μεγάλη ακρίβεια, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι μία τέλεια κωνική ή σφαιρική επιφάνεια.

Αντίστοιχα στο φρεζάρισμα με ψηφιακή καθοδήγηση, οι βασικές κινήσεις που εκτελεί ένα εργαλείο ως προς το κατεργαζόμενο κομμάτι, είναι η κάθετη, η διαμήκης και η εγκάρσια. Αυτές οι κινήσεις στις συμβατικές εργαλειομηχανές καθοδηγούνται από τον τεχνίτη μία-μία και ποτέ ταυτόχρονα. Για το λόγο αυτό, στις συμβατικές μηχανές, οι κινήσεις αυτές δεν μπορεί να θεωρηθούν άξονες κατεργασίας. Αντίθετα, στις φρέζες με ψηφιακή καθοδήγηση, τουλάχιστον δύο από αυτές τις κινήσεις, δηλαδή η διαμήκης και η εγκάρσια ως προς το τεμάχιο, μπορούν να εκτελεστούν ανεξάρτητα η μία από την άλλη αλλά και ταυτόχρονα. Στα κέντρα κατεργασίας, εκτός από τις παραπάνω γραμμικές κινήσεις, είναι δυνατές και περιστροφικές κινήσεις. Γι' αυτό το λόγο, συχνά χρησιμοποιείται ο διαχωρισμός μεταξύ των γραμμικών και των περιστροφικών βαθμών ελευθερίας. Οι άξονες που περιγράφηκαν παραπάνω για τόννευση και φρεζάρισμα, φαίνονται στο επόμενο σχήμα.



Σχήμα 19: Οι άξονες κατεργασίας στην τόννευση και στο φραιζάρισμα.

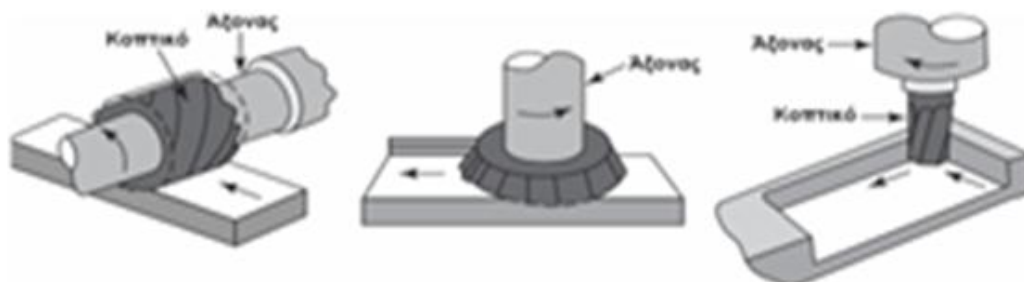
Ανάλογα με τους άξονες κατεργασίας μίας μηχανής, αυτή παίρνει ένα αντίστοιχο όνομα. Έτσι, όλοι οι τόννοι ψηφιακής καθοδήγησης είναι τουλάχιστον 2 αξόνων (διαξονικοί). Μία φρέζα, στην οποία κινείται ταυτόχρονα το τραπέζι στους δύο οριζόντιους άξονες, αλλά όχι και στον κατακόρυφο άξονα, λέγεται φρέζα 2 ½ αξόνων. Αν η καθοδήγηση επιτρέπει την ταυτόχρονη κίνηση και στον κατακόρυφο άξονα, η φρέζα είναι 3 αξόνων (τριαξονική). Τέλος, ανάλογα τις δυνατότητες περιστροφής του τραπεζιού και της προβοσκίδας με το κοπτικό εργαλείο, μπορεί μια φρέζα να είναι 4, 5 ή 6 αξόνων. Οι περισσότερες φρέζες όμως είναι τριαξονικές, ενώ περισσότερους άξονες διαθέτουν τα κέντρα κατεργασίας που είναι συνήθως τετραξονικά ή πενταξονικά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7.1 ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ

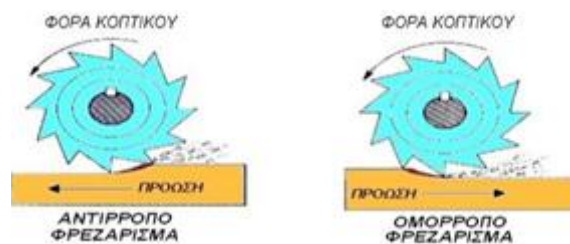
Το φρεζάρισμα είναι μια κατεργασία αφαίρεσης μεταλλικού υλικού όπου, ανάλογα με τις δυνατότητες της εργαλειομηχανής στους άξονες περιστροφής του κομματιού και του κοπτικού εργαλείου, μπορούν να παραχθούν πολύπλοκες γεωμετρίες. Η κύρια κίνηση δίδεται στο κοπτικό εργαλείο, το οποίο διαθέτει πολλές κύριες κόψεις ή δόντια, ενώ στο κομμάτι δίνεται η κίνηση προώσεως. Η διατομή του αποβλήτου μεταβάλλεται σε συνάρτηση με το χρόνο κοπής του κάθε δοντιού, καθώς κάθε δόντι δεν κόβει συνεχώς αλλά μόνο όταν έρχεται σε επαφή με το κομμάτι κατά την περιστροφική κίνηση του κοπτικού εργαλείου.

Οι κατεργασίες φρεζαρίσματος διακρίνονται σε περιφερικό, μετωπικό και στο φρεζάρισμα με κονδύλι. Με το μετωπικό φρεζάρισμα κατεργάζονται επιφάνειες κάθετες προς τον άξονα του κοπτικού εργαλείου, το οποίο διαθέτει δόντια με κόψεις περιφερειακά και μετωπικά. Με το περιφερικό φρεζάρισμα κατεργάζονται επίπεδες επιφάνειες παράλληλες προς τον άξονα περιστροφής του κοπτικού εργαλείου, το οποίο διαθέτει δόντια με κόψεις μόνο περιφερειακά. Στο φρεζάρισμα με κονδύλι κατεργάζονται διάφορες επιφάνειες μετωπικές ή περιφερικές, καθώς το κοπτικό εργαλείο διαθέτει τη γεωμετρία του περιφερικού εργαλείου, με κάθετη διεύθυνση προς το κομμάτι, όπως στο μετωπικό φρεζάρισμα.



Σχήμα 20: Κατεργασίες φρεζαρίσματος-περιφερικό, μετωπικό και με κονδύλι.

Κατά την κατεργασία φρεζαρίσματος η κίνηση προώσεως του κομματιού μπορεί να είναι αντίρροπη ή ομόρροπη προς την κύρια περιστροφική κίνηση του κοπτικού εργαλείου.



Σχήμα 21: Πλάγια όψη αντίρροπου και ομόρροπου φρεζαρίσματος.

Στο αντίρροπο φρεζάρισμα το κοπτικό εργαλείο περιστρέφεται αντίθετα από τη διεύθυνση της πρόωσης καθώς το κομμάτι κινείται προς το εργαλείο από τη μεριά όπου τα δόντια κινούνται προς τα πάνω. Το πάχος του αποβλήτου στην αρχή της κοπής του ενός δοντιού είναι το μικρότερο δυνατό και σταδιακά αυξάνεται, όπου στο τέλος της κοπής του ενός δοντιού είναι το μέγιστο. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου απαιτείται από το κατεργαζόμενο τεμάχιο να έχει τραχιά επιφάνεια, ώστε να αυξάνεται η ζωή του εργαλείου, καθώς τα δόντια έρχονται σε επαφή με το κομμάτι κάτω από την επιφάνεια του κομματιού.

Στο ομόρροπο φρεζάρισμα το κοπτικό εργαλείο περιστρέφεται σύμφωνα με τη διεύθυνση της πρόωσης του τεμαχίου προς κατεργασία. Το τεμάχιο έρχεται σε επαφή με το εργαλείο από τη μεριά που τα δόντια κινούνται προς τα κάτω. Το απόβλητο στην αρχή της κοπής του ενός δοντιού είναι το μεγαλύτερο δυνατό και σταδιακά μειώνεται στο ελάχιστο έως το τέλος της κοπής του ενός δοντιού. Το ομόρροπο φρεζάρισμα χρησιμοποιείται στις περισσότερες περιπτώσεις, γιατί αποδίδει καλύτερες επιφάνειες και μεγαλύτερη ζωή του εργαλείου.

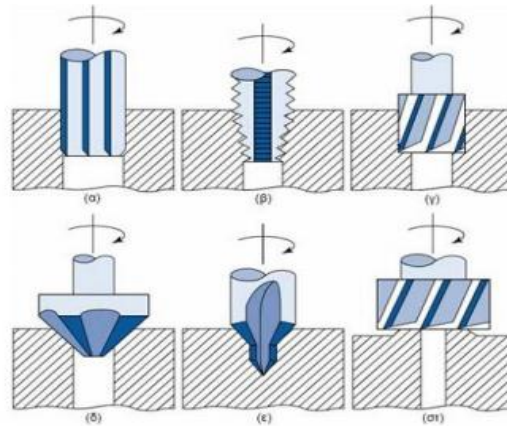
7.2 ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΜΕ ΦΡΕΖΑ

Η διάτρηση είναι μια απλή, γρήγορη και οικονομική μέθοδος για την διάνοιξη κυλινδρικών οπών ή τη διεύρυνση και μορφοποίηση υπαρχόντων οπών με ελικοειδές κοπτικό εργαλείο. Η κύρια κίνηση και η κίνηση προώσεως δίνεται συνήθως στο κοπτικό εργαλείο. Πάνω στους έλικες του εργαλείου ρέει το απόβλητο, το πάχος του οποίου είναι ίσο με το μήκος της λωρίδας του εργαλείου που εισχωρεί στο αντικείμενο. Οι κατεργασίες δημιουργίας οπών μπορούν να εκτελεστούν και από τις εργαλειομηχανές τόννευσης. Η επαφή του εργαλείου στο κομμάτι είναι συνεχής έως ότου τελειώσει η κατεργασία, το οποίο σημαίνει σταθερές δυνάμεις και θερμοκρασίες. Για αυτό το λόγο, η διάτρηση είναι παρόμοια με την τόννευση.



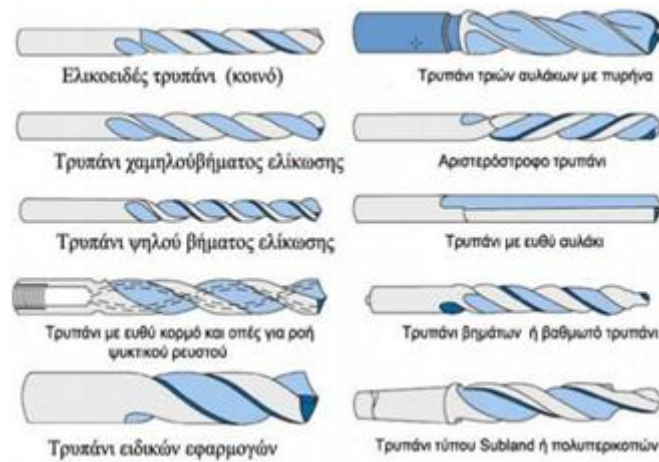
Σχήμα 22: Παράδειγμα διάτρησης.

Για τη μορφοποίηση υπαρχόντων οπών χρησιμοποιούνται οι κατεργασίες γλύφανσης, εμβάθυνσης, σπειρώματος, κεντραρίσματος και ισοπέδωσης του άκρου οπής. Η γλύφανση χρησιμοποιείται για την αύξηση της διαμέτρου μιας οπής, αποδίδοντας λεία τελική εσωτερική επιφάνεια. Η σπειροτόμηση χρησιμοποιείται για τη δημιουργία εσωτερικού σπειρώματος στην οπή. Με την εμβύθιση παράγεται μεγαλύτερη διάμετρος στην αρχή της οπής, για την τοποθέτηση της κεφαλής του κοχλία. Παραλλαγή της κατεργασίας εμβύθισης είναι η εμβύθιση με γωνία, η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή απαιτούμενων κλίσεων για την τοποθέτηση γωνιακών κεφαλών κοχλία. Το κεντράρισμα χρησιμοποιείται πριν την κατασκευή της οπής, δημιουργώντας ένα σημείο ώστε το εργαλείο να κεντραριστεί. Η ισοπέδωση του άκρου της οπής χρησιμοποιείται για τη δημιουργία επίπεδης επιφάνειας πάνω από την οπή.



Σχήμα 23: Κατεργασίες διάτρησης-(α) γλύφανση, (β) σπειροτόμηση, (γ) εμβύθιση, (δ) εμβύθιση με γωνία, (ε) κεντράρισμα, (στ) ισοπέδωση του άκρου οπής.

Παρακάτω βλέπω διάφορους τύπους τρυπανιών που χρησιμοποιούνται για κατεργασίες διάτρησης.



Σχήμα 24: Τύποι τρυπανιών.

7.3 ΥΓΡΗ/ΞΗΡΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

Η επιλογή για υγρή ή ξηρή κατεργασία, δηλαδή για χρήση ή όχι ψυκτικού και λιπαντικού υγρού κατά την κατεργασία, δεν ετίθετο καν σαν ερώτημα λίγες δεκαετίες πριν. Τα οφέλη της χρήσης του και από την άλλη μεριά τα προβλήματα της απουσίας του δεν μπορούσαν να αντιμετωπιστούν με άλλο τρόπο. Σήμερα όμως, ειδικά με τις κοπές υψηλής ταχύτητας, η χρήση του ψυκτικού μέσου είναι συζητήσιμη και σε πολλές περιπτώσεις απαγορευτική. Παράλληλα, έχει παρουσιαστεί τα τελευταία χρόνια και η «σχεδόν ξηρή» κατεργασία, που συνδυάζει πλεονεκτήματα και από τα δύο είδη κατεργασίας, χρησιμοποιώντας την ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα λιπαντικού. Για να κατανοήσουμε καλύτερα τις συνθήκες κατά τις οποίες μπορούμε να έχουμε υγρή ή ξηρή κοπή, παρακάτω αναλύονται και οι δύο τρόποι.

7.3.1 Κατεργασία με υγρό κοπής

Οι βασικές λειτουργίες του ψυκτικού υγρού κατά την κοπή μετάλλων είναι κυρίως να προσφέρει ψύξη και λίπανση στις επιφάνειες κατεργασίας (κυρίως του εργαλείου) και δευτερευόντως να απομακρύνει τα απόβλητα. Έτσι επηρεάζει άμεσα τις συνθήκες τριβής, τη θερμοκρασία και τις τάσεις, άρα τον χρόνο ζωής του κοπτικού εργαλείου και την ποιότητα της επιφάνειας του τεμαχίου. Ο όρος που χρησιμοποιείται είναι υγρά κοπής μετάλλου (Metal Working Fluids-MWF).

Μέχρι τον 19^ο αιώνα, το νερό αποτελούσε το μόνο ψυκτικό μέσο, αλλά εγκαταλείφθηκε σταδιακά, γιατί παρόλο που είχε εξαιρετική θερμική χωρητικότητα και ήταν ευκόλως διαθέσιμο, δημιουργούσε γρήγορα φθορά και διάβρωση στα εργαλεία ενώ παράλληλα δεν προσέφερε ικανοποιητική λίπανση. Παρόλα αυτά, έδινε τη δυνατότητα να αυξηθεί η ταχύτητα κοπής κατά 30-40%. Τα ορυκτέλαια χρησιμοποιήθηκαν από την αρχή του 20^{ου} αιώνα και μέχρι σήμερα, ελάχιστα έχει αλλάξει η δομή τους, με εισαγωγή προσθέτων και παραγωγή συνθετικών.

Η σημασία τους στις κατεργασίες κοπής είναι αδιαμφισβήτητη, όμως αυτό δε σημαίνει ότι είναι πάντοτε σωστό να «πλημμυρίζει» η επιφάνεια κατεργασίας με λιπαντικό, ανεξαρτήτως των συνθηκών κοπής ή της κατεργασίας. Έτσι σπαταλούνται μεγάλες ποσότητες λιπαντικών, τα οποία ούτε ιδιαίτερος φθηνά είναι, ούτε χωρίς άλλα προβλήματα που θα αναλυθούν παρακάτω.

Το κόστος του όλου συστήματος λίπανσης αλλά και η συντήρησή του δεν είναι διόλου άνευ σημασίας. Υπολογίζεται ότι κοστίζει 15-20% της όλης κατεργασίας (έρευνα που έγινε στην Mazda υπολόγισε ότι το κόστος ψύξης και λίπανσης κατά την κατεργασία φτάνει μέχρι και το 30%), ενώ ο καθαρισμός του λιπαντικού μετά τη χρήση δεν είναι πάντοτε αποτελεσματικός, εξαιτίας της συνεχόμενης μείωσης του

μεγέθους των αποβλήτων (φτάνουν μέχρι και το 1 μm, μέγεθος που δε κρατάει κανένα φίλτρο), μετά από κάθε επαναχρησιμοποίηση. Το αποτέλεσμα είναι είτε να ανανεώνεται συχνότερα το υγρό κοπής (αύξηση του κόστους) είτε τα απόβλητα αυτά να επηρεάζουν την ακρίβεια της κοπής (μείωση ποιότητας).

Τα ορυκτέλαια αυτά μετά τις κατεργασίες, είναι άκρως βλαβερά για το περιβάλλον αλλά και για τους εργάτες που έρχονται σε επαφή μαζί τους. Με την οικολογική συνείδηση συνεχώς να μεγαλώνει, το πρόβλημα της διαχείρισης των τοξικών αποβλήτων ίσως είναι και το πλέον σημαντικό πρόβλημα και έχει και οικονομικό αντίκτυπο, εφόσον πλέον όποιος ρυπαίνει, πληρώνει. Και όταν η κατανάλωση υγρών κοπής στην Αμερική σε ετήσια βάση ξεπερνάει τα 400.000.000 λίτρα, γίνεται αντιληπτό το μέγεθος της οικολογικής καταστροφής, ενώ οι εργάτες που έρχονται καθημερινά σε επαφή με αυτά ξεπερνούν το ένα εκατομμύριο.

Το ψυκτικό υγρό προσφέρει πολύ καλύτερες συνθήκες κατά την κοπή, αλλά κυρίως για τις χαμηλές ταχύτητες κοπής. Μετά τα 100m/min, η λίπανση και η ψύξη δεν είναι πλέον το ίδιο αποτελεσματική ενώ για ακόμη μεγαλύτερες ταχύτητες (σε αυτές που αναφέρονται οι κοπές υψηλής ταχύτητας), η αποτελεσματικότητα των υγρών κοπής είναι αμφισβητήσιμη και καθορίζεται από τις συνθήκες κοπής. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά την κοπή μετάλλου και ιδιαίτερα στις υψηλές ταχύτητες, η επαφή αποβλήτου και εργαλείου στην επιφάνεια αποβλήτου φτάνει το 100%, με αποτέλεσμα το υγρό να μην μπορεί να εισχωρήσει ανάμεσα στις δύο επιφάνειες.

Είναι βέβαια προφανές, ότι παρόλα τα προβλήματα που παρουσιάζουν τα υγρά κοπής, σε πολλές κατεργασίες δεν έχει βρεθεί ακόμη τρόπος να αντικατασταθούν χωρίς να προκύψουν σημαντικότερα προβλήματα. Γιατί ο χρόνος ζωής του κοπτικού εργαλείου, ειδικά κατά τις κοπές μεσαίων ταχυτήτων θα μειωνόταν δραστικά χωρίς λιπαντικό. Γι' αυτό η ροή του υγρού κοπής κατά την κατεργασία πιθανόν δεν πρόκειται ποτέ να εγκαταλειφθεί. Κατεργασία χωρίς λιπαντικό είναι σήμερα εφαρμόσιμη σε κατεργασίες υψηλής ταχύτητας και είναι πολλά υποσχόμενη για κατεργασίες με γεωμετρικά καθορισμένο κοπτικό εργαλείο.

Ακόμα το ζήτημα της ψύξης αντιμετωπίζεται με αεριοποιημένο μείγμα λιπαντικού μέσου (χαμηλής περιεκτικότητας) που ψεκάζεται στην επιφάνεια κοπής με χρήση διάταξης πεπιεσμένου αέρα και αξιοποίηση του φαινομένου Venturi (Mist Cooling).

7.3.2 Κατεργασία χωρίς υγρό κοπής (Dry Machining)

Αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι η ξηρή κοπή είναι δυνατή και αξιόπιστη μόνο για κοπή με υψηλές ταχύτητες, καθώς η συγκέντρωση θερμικών φορτίων θα ήταν μη αντιμετωπίσιμη, αφού στις υψηλές ταχύτητες, η επαφή εργαλείου και τεμαχίου ελαχιστοποιείται. Κατά την ξηρή κατεργασία, είναι απαραίτητο να αντιμετωπιστούν

επαρκώς οι λειτουργίες που προσφέρει το υγρό κοπής, δηλαδή η ψύξη, η λίπανση και η απομάκρυνση των αποβλήτων. Οι θερμικές καταπονήσεις και η συσσώρευση των αποβλήτων μπορούν να αντιμετωπιστούν με διάφορους τρόπους και επιλογές.

Κατεργαζόμενο Τεμάχιο: Τα χαρακτηριστικά και το υλικό του, καθορίζουν αρχικά αν μπορεί να υποστεί κατεργασία υψηλής ταχύτητας χωρίς υγρό κοπής. Η επιθυμητή ποιότητα επίσης είναι σημαντική καθώς οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται είναι πολύ υψηλές και έτσι, παρόλο που η πλαστική παραμόρφωση του τεμαχίου ευνοεί την ευκολία της κοπής, η ποιότητα της επιφάνειας του τεμαχίου χειροτερεύει. Σκοπός λοιπόν είναι να μεταφέρεται όσο το δυνατόν λιγότερη θερμότητα στο τεμάχιο ή τουλάχιστον να μην μένει συγκεντρωμένη στην επιφάνεια αυτού. Γι' αυτό είναι λογικό να προτιμάται η ξηρή κοπή σε κομμάτια με καλή θερμική αγωγιμότητα και με μεγάλη μάζα για την ευκολότερη απαγωγή της θερμότητας.

Κοπτικό Εργαλείο: Αυτό οφείλει να έχει την βέλτιστη γεωμετρική για την μείωση της δύναμης κοπής (και άρα της θερμοκρασίας) με την αύξηση των γωνιών ελευθερίας και για την καλύτερη απομάκρυνση του αποβλήτου. Η απομάκρυνση αυτή διευκολύνεται όταν το απόβλητο είναι διακοπτόμενο και άρα συμφέρει η γωνία αποβλήτου να είναι αρνητική και να <<σπάει>> το απόβλητο.

Η ξηρή κοπή απαιτεί επίσης κοπτικά εργαλεία με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη σκληρότητα και θερμική αντοχή. Έτσι τα καρβίδια, τα κεραμικά και το διαμάντι αποτελούν τα μόνα υλικά κατασκευής εργαλείων για τις υψηλές ταχύτητες κοπής. Ειδικά το διαμάντι, είτε σαν υλικό κατασκευής είτε σαν υλικό επικάλυψης είναι το πλέον ενδεδειγμένο, αφού προσφέρει τη μικρότερη τριβή και την καλύτερη αντοχή.

Εργαλειομηχανή: Το κυριότερο που μπορούν να προσφέρουν οι μηχανισμοί μιας εργαλειομηχανής είναι ένα σύστημα απομάκρυνσης αποβλήτων, με ειδική διαμόρφωση του θαλάμου κοπής (καλό θα ήταν να διατηρείται ο χώρος της κοπής υπό πίεση) και πρωτίστως με σύστημα ψεκασμού αέρα υψηλής πίεσης (flush-fine machining) στο σημείο κοπής.

Συνθήκες Κοπής: Εκτός της ταχύτητας κοπής, είναι σημαντικό επίσης να έχουμε υψηλές ταχύτητες πρόωσης και μεγάλο βάθος κοπής, καθώς παρόλο που αυξάνουν τη θερμοκρασία κατεργασίας, μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας απάγεται από τα μεγάλα μεγέθους απόβλητα και έτσι μένει λιγότερη θερμοκρασία στην κατεργασμένη επιφάνεια, βελτιώνοντας την ποιότητα της τελικής επιφάνειας.

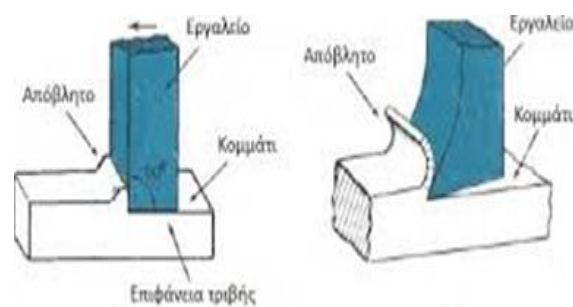
Το είδος της κατεργασίας επίσης καθορίζει το κατά πόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κοπή υψηλής ταχύτητας χωρίς υγρό κοπής. Για τις κατεργασίες τórνευσης και φρεζαρίσματος το κυριότερο πρόβλημα εντοπίζεται στα υπερκράματα ενώ όλα τα υπόλοιπα υλικά έχουν τη δυνατότητα να κατεργαστούν.

Η επιλογή των κατάλληλων συνθηκών κοπής δεν είναι καθόλου εύκολη και όλοι οι παραπάνω παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο.

7.4 ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ ΕΠΙΤΡΑΠΕΖΙΟ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ

7.4.1. Κοπή

Οι βασικοί συντελεστές κατά την κοπή είναι το κατεργαζόμενο τεμάχιο, το κοπτικό εργαλείο και το απόβλητο. Η κίνηση του κοπτικού εργαλείου ως προς το τεμάχιο σε συγκεκριμένη κατεύθυνση (διεύθυνση κοπής) με ταχύτητα u προκαλεί το σχηματισμό αποβλήτου, λόγω της ισχυρής πλαστικής παραμόρφωσης του τεμαχίου.



Σχήμα 25: Κίνηση κοπτικού εργαλείου και σχηματισμός αποβλήτου.

Ανάλογα με την μορφή της ακμής του κοπτικού εργαλείου μπορούμε να έχουμε είτε ορθογωνική, είτε λοξή κοπή.

7.4.2 Απόβλητο

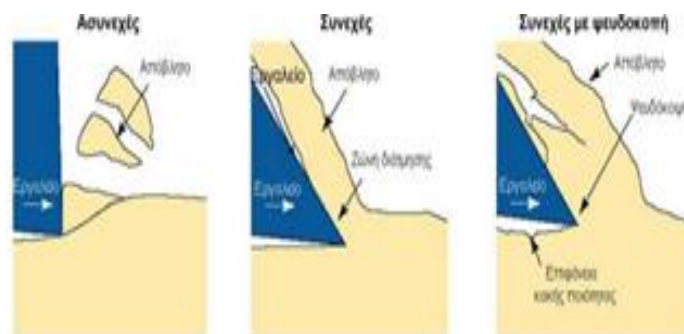
Οι κατεργασίες κοπής έχουν ως κύριο χαρακτηριστικό το ότι, για την μορφοποίηση των κομματιών, αφαιρείται μέταλλο και ότι το μέταλλο αυτό αφαιρείται σε μορφή αποβλήτων. Το απόβλητο είναι το προϊόν της κοπής των μετάλλων και η μελέτη του μπορεί να δώσει ενδιαφέροντα συμπεράσματα για την διαδικασία της κοπής, όπως:

- Οι δυνάμεις κοπής.
- Η ισχύς κοπής.
- Η ποιότητα της κατεργασμένης επιφάνειας.
- Η φθορά και η διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου.
- Η δυναμική συμπεριφορά του συστήματος εργαλειομηχανή-κοπτικό εργαλείο-τεμάχιο.

Αντίστροφα, ο μηχανισμός σχηματισμού αποβλήτου επηρεάζεται από:

- Το υλικό του τεμαχίου.
- Το υλικό και την γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου.
- Τις συνθήκες κοπής και
- τα δυναμικά χαρακτηριστικά του συστήματος εργαλειομηχανή - κοπτικό εργαλείο-τεμάχιο.

Το απόβλητο, μπορεί να σχηματίζεται σε διάφορα μεγέθη και να παίρνει ποικίλες μορφές ανάλογα με την περίπτωση κατεργασίας, δηλαδή από ταινιοειδές ευθύ και μακρό μέχρι σπειροειδές τεμαχισμένο ή ακόμη κατακερματισμένο σε τεμαχίδια. Διακρίνονται τρία βασικά είδη αποβλήτου: Το ασυνεχές απόβλητο, το συνεχές απόβλητο, και το συνεχές απόβλητο με ψευδοακμή.



Σχήμα 26: Βασικά είδη αποβλήτου.

7.4.2.1 Ασυνεχές απόβλητο

Κατά το σχηματισμό του ασυνεχούς αποβλήτου, το μέταλλο που βρίσκεται μπροστά από την κόψη του εργαλείου, δέχεται σημαντικές παραμορφώσεις, θραύεται στη ζώνη διατμήσεως, όταν η πραγματική παραμόρφωση υπερβαίνει την παραμόρφωση θραύσεως του κατεργασμένου μετάλλου. Η θραύση και ο τεμαχισμός του αποβλήτου πραγματοποιείται συνήθως περιοδικά. Τέτοιο απόβλητο συναντούμε στην κοπή ψαθυρών μετάλλων, όπως είναι ο χυτοσίδηρος ή ο χυτευτικός ορείχαλκος κ.α. Είναι δυνατός όμως ο σχηματισμός ασυνεχούς αποβλήτου και κατά την κοπή όλκιμων μετάλλων ή κραμάτων (μαλακός χάλυβας, αργίλιο, χαλκός, μόλυβδος κλπ.) γενικά σε χαμηλές ταχύτητες κοπής, σε μεγάλες προώσεις και με εργαλεία με μικρές τιμές γωνίας αποβλήτου.

Ο σχηματισμός ασυνεχούς αποβλήτου ευνοείται από πολύ χαμηλές ταχύτητες κοπής, υπερβολική ελάττωση της γωνίας αποβλήτου συνοδευόμενη από αύξηση του βάθους κοπής και της ταχύτητας πρόωσης, χρησιμοποίηση ακατάλληλου υγρού κοπής και από τυχόν εγκλείσματα στο κατεργασμένο υλικό.

Ο σχηματισμός του ασυνεχούς αποβλήτου έχει θετικές και αρνητικές επιπτώσεις στη διαδικασία της κατεργασίας. Οι επιπτώσεις του ασυνεχούς αποβλήτου είναι οι ακόλουθες:

α) Ως ευνοϊκό αποτέλεσμα μπορεί να θεωρηθεί η εύκολη απομάκρυνση των μικρού μεγέθους αποβλήτων από τη θέση κατεργασίας. Αυτό είναι ένα πολύ θετικό στοιχείο για καλή και εύκολη κατεργασιμότητα του μετάλλου.

β) Κατά το σχηματισμό ασυνεχούς αποβλήτου, χειροτερεύει η τραχύτητα της κατεργασμένης επιφάνειας, γιατί δημιουργούνται ανωμαλίες και μικρορωγμές. Οι τελευταίες ασκούν δυσμενή επίδραση στην αντοχή σε κόπωση του υλικού του τεμαχίου.

γ) Ο περιοδικός τεμαχισμός, που χαρακτηρίζει το ασυνεχές απόβλητο, αποτελεί μια πηγή εξαναγκασμένων ταλαντώσεων στο σύστημα κοπτικό εργαλείο – εργαλειομηχανή - τεμάχιο.

δ) Τέλος, εξαιτίας του τύπου του αποβλήτου, το μήκος της επιφάνειας επαφής αποβλήτου – εργαλείου εμφανίζεται σχετικά μικρό. Αυτό, πέρα από τη ευνοϊκή επιρροή που ασκεί στη δύναμη κοπής λόγω μικρότερης δύναμης τριβής, σημαίνει ότι η μέση ορθή τάση στο πρόσωπο του εργαλείου εφαρμόζεται πλησίον της κόψης, γεγονός που επιβάλλει περιορισμούς στην επιλογή της γεωμετρίας του εργαλείου, π.χ. περιορισμός στην επιλογή μικρότερης τιμής της γωνίας αποβλήτου κατά την χρήση σκληρομετάλλων, για μεγαλύτερη αντοχή του.

7.4.2.2 Συνεχές απόβλητο

Στην περίπτωση αυτή το μέταλλο, που βρίσκεται μπροστά από την κόψη του εργαλείου, υφίσταται συνεχή πλαστική παραμόρφωση σε διάτμηση, χωρίς να θραύεται στο επίπεδο ή στη ζώνη διατμήσεως και το σχηματιζόμενο απόβλητο σε μορφή ταινίας κινείται επάνω στην επιφάνεια αποβλήτου του εργαλείου.

Το συνεχές απόβλητο το συναντούμε κατά την κοπή όλκιμων μετάλλων και κραμάτων, κυρίως σε υψηλές ταχύτητες κοπής.

Το συγκεκριμένο είδος αποβλήτου είναι επιθυμητό, γιατί ο σχηματισμός του σχετίζεται με ευνοϊκές συνθήκες αναπτυσσόμενων δυνάμεων κοπής και καταναλισκόμενης ισχύος, καλή τραχύτητα των κατεργασμένων επιφανειών, ενώ παρατηρείται μείωση της φθοράς του κοπτικού εργαλείου. Το απόβλητο όμως αυτό, λόγω της μορφής και του μεγάλου μήκους του, μπορεί να δυσχεραίνει γενικά την κοπή. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται γρεζοθραύστες.

Για την μελέτη του μηχανισμού του συνεχούς αποβλήτου θέτονται κάποιες παραδοχές, όπως ότι η κοπή είναι συνεχής και ορθογωνική, ότι το εργαλείο είναι οξύ, η πλαστική παραμόρφωση για το σχηματισμό του αποβλήτου λαμβάνει χώρα μέσα σε ζώνη μικρού πάχους και το απόβλητο δεν ρέει πλευρικά.

Ο μηχανισμός σχηματισμού του συνεχούς αποβλήτου συνοπτικά έχει ως εξής:

Εξαιτίας της δύναμης που ασκείται από το εργαλείο στο κομμάτι, δημιουργείται ένα πεδίο τάσεων ακριβώς μπροστά στην κόψη του εργαλείου. Αν το υλικό είναι όλκιμο, παραμορφώνεται συνεχώς με πλαστική διάτμηση κατά μήκος του λεγόμενου επιπέδου διατμήσεως με αποτέλεσμα το σχηματισμό του αποβλήτου με πάχος t . Το απόβλητο σχηματισμένο πλέον κινείται προς τα επάνω στην επιφάνεια αποβλήτου του εργαλείου, εφαπτόμενο κατά τη ζώνη τριβής, υπό μορφή ταινίας αναπτύσσοντας σημαντική τριβή. Το επίπεδο διατμήσεως, κλίνει ως προς την διεύθυνση κοπής κατά μία γωνία φ , την οποία ονομάζουμε γωνία διατμήσεως. Στην πραγματικότητα, η πλαστική διάτμηση του μετάλλου δεν γίνεται ακριβώς στο επίπεδο διατμήσεως, αλλά σε μία στενή ζώνη, στη ζώνη διατμήσεως. Το πάχος της ζώνης διατμήσεως μικραίνει όσο η ταχύτητα κοπής μεγαλώνει. Γι' αυτό η ζώνη διατμήσεως είναι δυνατό να προσεγγισθεί με το επίπεδο διατμήσεως, που διευκολύνει την ανάλυση και μελέτη της κοπής.

Συμπερασματικά, μπορούμε να διατυπώσουμε τα ακόλουθα σχετικά με το μηχανισμό σχηματισμού του συνεχούς αποβλήτου:

α) Το απόβλητο σχηματίζεται με συνεχή πλαστική διάτμηση μέσα στη ζώνη διατμήσεως (πρωτεύουσα ζώνη παραμορφώσεως). Η ζώνη αυτή είναι το σύνορο μεταξύ του απαραιμόρφωτου υλικού του τεμαχίου και του σχηματισμένου αποβλήτου.

β) Το σχηματισμένο απόβλητο κινείται πάνω στην επιφάνεια αποβλήτου του εργαλείου κάτω από συνθήκες ισχυρής τριβής (δευτερεύουσα ζώνη παραμορφώσεως).

γ) Η νέα επιφάνεια του τεμαχίου δημιουργείται με διαδοχικές στοιχειώδεις θραύσεις του μετάλλου, ενώ η απαιτούμενη γι' αυτό ενέργεια θεωρείται αμελητέα σε σχέση με την συνολικά καταναλισκόμενη ενέργεια κοπής.

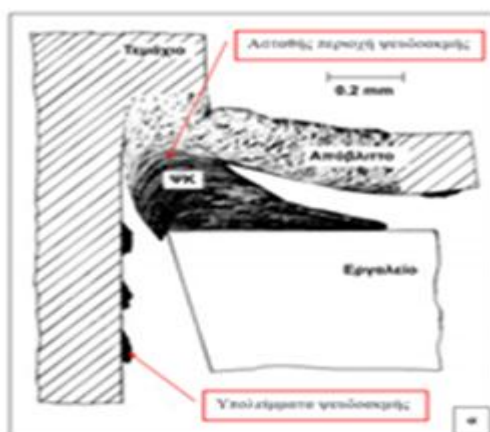
δ) Σε περιπτώσεις προχωρημένης σχετικά ζώνης φθοράς του εργαλείου, είναι δυνατό να εμφανιστεί υψηλή τριβή στην επιφάνεια επαφής εργαλείου και κατεργασμένης επιφάνειας.

ε) Οι νεοσχηματιζόμενες επιφάνειες, δηλαδή η προς το εργαλείο επιφάνεια του αποβλήτου και η κατεργασμένη επιφάνεια του τεμαχίου, είναι καθαρές από φυσική και χημική άποψη, διευκολύνοντας το σχηματισμό οξειδίων ή άλλων χημικών ενώσεων που επηρεάζουν το μέσο φαινόμενο συντελεστή τριβής.

7.4.2.3 Συνεχές απόβλητο με ψευδοακμή

Σχηματίζεται, όπως και το συνεχές απόβλητο, με την διαφορά ότι στην περιοχή της κόπης του εργαλείου και επάνω στην επιφάνεια του αποβλήτου δημιουργείται η λεγόμενη ψευδοακμή.

Η ψευδοακμή αποτελεί ένα σώμα, με σχήμα ασύμμετρης σφήνας, από ισχυρά παραμορφωμένο και υπερβολικά σκληρυμένο μέταλλο, που σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της κοπής από επάλληλα λεπτά στρώματα. Η ψευδοακμή παραμένει προσκολλημένη στην επιφάνεια αποβλήτου του εργαλείου, ενώ η κίνηση του αποβλήτου μεταφέρεται στην ασταθή κορυφή της. Ο σχηματισμός της ψευδοακμής αποδίδεται σε συνδυασμό ορθών θλιπτικών τάσεων και συνθηκών τριβής και θερμοκρασίας στη διεπιφάνεια αποβλήτου και κοπτικού εργαλείου, ενώ σημαντικό ρόλο αποδίδεται στο κατεργαζόμενο υλικό και στο υλικό του εργαλείου. Συνήθως, η ψευδοακμή συνεχίζει να αναπτύσσεται καθώς η κοπή προχωρά και όταν αποκτήσει ορισμένο μέγεθος, ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν, τότε τεμαχίδια που βρίσκονται προς την κορυφή της ψευδοακμής που είναι περισσότερο ασταθές αποκολλώνται από το κυρίως σώμα της και παρασύρονται, προσκολλώμενα στην προς το εργαλείο πλευρά του αποβλήτου και επάνω στη νεοσχηματιζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου, με σοβαρή συνέπεια την χειροτέρευση της τραχύτητας.



Σχήμα 27: Τεμαχισμός της ψευδοακμής.

Οι βασικές προϋποθέσεις δημιουργίας ψευδοακμής είναι οι ακόλουθες :

- α) Να υφίσταται συνθήκες τριβής ακινησίας.
- β) Το κατεργαζόμενο υλικό να είναι κρατυνόμενο και
- γ) Να μην παραβιάζεται η συνθήκη διαρροής στο ευσταθές τμήμα της ψευδοακμής.

Οι συνέπειες σχηματισμού της ψευδοακμής συνοψίζονται ως εξής:

- α) Αύξηση της ονομαστικής γωνίας αποβλήτου του εργαλείου από γ σε μία μέση τιμή γπ (μέση πραγματική γωνία αποβλήτου).
- β) Μείωση στη φυσική επιφάνεια επαφής αποβλήτου – εργαλείου.
- γ) Χειροτέρευση της τραχύτητας της κατεργασμένης επιφάνειας του τεμαχίου.
- δ) Επιρροή στις μηχανικές και σε φυσικές ιδιότητες της κατεργασμένης επιφάνειας του τεμαχίου (μεταβολή στην κρυσταλλοδομή, παραμένουσες τάσεις, αντοχή σε κόπωση του τεμαχίου κ.α.).
- ε) Επίδραση στη φθορά, άρα και στη ζωή, του εργαλείου.
- στ) Επίδραση στη διαστατική ακρίβεια του τεμαχίου.
- ζ) Δημιουργία ταλαντώσεων στο σύστημα κοπτικό – εργαλειομηχανή – τεμάχιο.

Οι κυριότεροι παράγοντες κοπής που επηρεάζουν το σχηματισμό και τα χαρακτηριστικά της ψευδοακμής είναι:

A) Ταχύτητα κοπής: Αύξηση της ταχύτητας κοπής συνεπάγεται αύξηση της θερμοκρασίας της ζώνης τριβής με αποτέλεσμα την μείωση και τελικά τον εκφυλισμό της ψευδοακμής σε ένα λεπτό επικόλλημα μετάλλου στο μέτωπο του κοπτικού εργαλείου με γειτονική τη ζώνη πλαστικής ροής του υλικού του αποβλήτου.

B) Η πρόωση, το βάθος κοπής και η ονομαστική γωνία αποβλήτου: Οι διαστάσεις της θεωρητικής διατομής του αποβλήτου επηρεάζουν το σχηματισμό ψευδοακμής μέσω του ποσού της εκλυόμενης θερμότητας, άρα και της στάθμης της θερμοκρασίας στη διεπιφάνεια αποβλήτου – εργαλείου.

Γ) Το κατεργαζόμενο μέταλλο και το χρησιμοποιούμενο υγρό κοπής: Σημαντικός παράγοντας σχηματισμού της ψευδοακμής είναι η ικανότητα κρατύνσεως του κατεργαζόμενου υλικού. Όσο πιο μεγάλος είναι ο εκθέτης κρατύνσεως, τόσο εντονότερη είναι η τάση του υλικού για δημιουργία ψευδοακμής. Με την χρησιμοποίηση κατάλληλου υγρού κοπής, ο σχηματισμός της ψευδοακμής μετατίθεται σε υψηλότερες ταχύτητες κοπής, απ' ό,τι χωρίς υγρό κοπής. Και αυτό γιατί η λιπαντική δράση του έχει ως αποτέλεσμα μείωση στο μέσο φαινόμενο συντελεστή τριβής, ο οποίος όσο αυξάνει λειτουργεί ευνοϊκά για την δημιουργία της ψευδοακμής. Η ικανότητα αυτή του υγρού κοπής ισχύει μόνο σε χαμηλές ταχύτητες κοπής, ενώ σε υψηλότερες το υγρό κοπής καθίσταται ανενεργό από λιπαντικής απόψεως. Σε υψηλότερες ταχύτητες κοπής, όπου εκμεταλλευόμαστε στην ψυκτική δράση του υγρού κοπής, ευνοείται ο σχηματισμός ψευδοακμής. Επί πλέον, σε χαμηλές σχετικά ταχύτητες κοπής και με χρησιμοποίηση υγρού κοπής με πρόσθετα υψηλής πίεσεως περιορίζεται η έκταση, όπου λαμβάνει χώρα τριβή ακινησίας και έτσι περιορίζεται το μέγεθος της ψευδοακμής.

7.5 ΒΑΣΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑ

7.5.1 Πρόωση κοπής (Cutting Feed) [f]

Είναι η απόσταση την οποία διανύει το κοπτικό εργαλείο ή το υπό κατεργασία τεμάχιο (μετατόπιση τραπέζης εργαλειομηχανής), κατά τη διάρκεια μίας περιστροφής της κύριας ατράκτου της εργαλειομηχανής μαζί με εργαλειομηχανή, μετρούμενη σε ίντσες ανά περιστροφή (IPR) ή mm ανά περιστροφή (mm/rev). Σε μερικές περιπτώσεις η εργαλειομηχανή διεισδύει εντός του υπό κατεργασία τεμαχίου, ενώ σε άλλες περιπτώσεις το υπό κατεργασία τεμάχιο διεισδύει εντός του κοπτικού εργαλείου. Για ένα πολύφτερο κοπτικό εργαλείο (Multipoint tool), η πρόωση κοπής

ισούται με τη πρόωση ανά δόντι (Feed Per Tooth) [f_z], μετρούμενη σε ίντσες ανά δόντι (IPT) ή mm/δόντι, πολλαπλασιασμένη με τον αριθμό των οδόντων του κοπτικού εργαλείου.

7.5.2 Ταχύτητα κοπής (Cutting Speed) [v_c]

Είναι η ταχύτητα του κοπτικού εργαλείου, κατά τη διάρκεια της κοπτικής διαδικασίας, αναγόμενη στην κοπτική ακμή του κοπτικού εργαλείου. Μετρείται σε πρόωση επιφανείας ανά λεπτό (Surface Feed Per Minute-SFM) ή σε m/min.

7.5.3 Ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου (Spindle Speed) [n]

Είναι η περιστροφική ταχύτητα του άξονα της εργαλειομηχανής και συνάμα του κοπτικού εργαλείου, μετρούμενη σε περιστροφές ανά λεπτό (Revolutions Per Minute) (RPM).

7.5.4 Ρυθμός πρόωσης (Feed Rate)

Είναι η σχετική, στο υπό κατεργασία τεμάχιο, ταχύτητα κοπής του κοπτικού εργαλείου κατά τη διάρκεια της κοπτικής διαδικασίας. Ο ρυθμός πρόωσης μετρείται σε ίντσες ανά λεπτό (IPM) ή mm/min και είναι <<προϊόν>> της πρόωσης κοπής (IPR) και της ταχύτητας περιστροφής της ατράκτου (RPM).

7.5.5 Αξονικό βάθος κοπής (Axial Depth Of Cut)

Είναι το βάθος κοπής του κοπτικού εργαλείου στο υπό κατεργασία τεμάχιο, κατά τη διάρκεια της κοπής. Το βάθος κοπής μετράται κατά μήκος του άξονα του κοπτικού εργαλείου. Τα μεγάλα αξονικά βάθη απαιτούν χαμηλό ρυθμό πρόωσης, διαφορετικά μεταφέρονται στην εργαλειομηχανή υψηλά φορτία, κάτι το οποίο μειώνει τη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου. Για να αποφευχθούν αυτά τα φορτία, η κατεργασία διεξάγεται σε διαφορετικά περάσματα (πάσα). Σε αυτή τη περίπτωση το κοπτικό εργαλείο μετατοπίζεται σε διακριτά και καθορισμένα βάθη κοπής ανά πάσο.

7.5.6 Ακτινικό βάθος κοπής (Radial Depth Of Cut)

Είναι το βάθος κοπής κατά μήκος της ακτίνας του κοπτικού εργαλείου στο υπό κατεργασία τεμάχιο. Εάν το ακτινικό βάθος κοπής είναι μικρότερο από την ακτίνα του κοπτικού εργαλείου, τότε κόβει τμηματικά και διεξάγει περιφερικό φρεζάρισμα. Εάν το ακτινικό βάθος κοπής ισούται με την διάμετρο του κοπτικού εργαλείου, τότε εισχωρεί πλήρως στο υπό κατεργασία τεμάχιο και δημιουργεί θυλάκια (Slots). Τα μεγάλα ακτινικά βάθη κοπής απαιτούν χαμηλούς ρυθμούς πρόωσης, διαφορετικά το κοπτικό εργαλείο θα καταπονηθεί με υψηλά φορτία και θα μειωθεί ο χρόνος ζωής του. Για το λόγο αυτό, η κατεργασία εξελίσσεται σε διάφορα στάδια, όσο το κοπτικό εργαλείο κινείται εντός της απόστασης Step-Over και διεισδύει στο επιθυμητό ακτινικό βάθος κοπής.

7.5.7 Απόσταση διαδοχικού βηματισμού (Step-Over Distance)

Η κατεργασία με φρεζάρισμα μιας γεωμετρίας, η οποία είναι μεγαλύτερης έκτασης από το πλάτος του κοπτικού εργαλείου, θα πρέπει να διεξαχθεί με διαδοχικές κοπές, οι οποίες εκτελούνται βαθμιδωτά και διαδοχικά η μία μετά την άλλη, με τρόπο τέτοιο που μοιάζει με διαδοχικούς βηματισμούς του κοπτικού. Η απόσταση διαδοχικού βηματισμού (Step-Over) είναι ταυτόσημη με το ακτινικό βάθος κοπής κάθε πάσου και πρέπει να είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη της διαμέτρου του κοπτικού.

7.6 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ (Milling)

7.6.1 Γενικό φρεζάρισμα (General Machining)

Είναι μια στρατηγική φρεζαρίσματος για γενική χρήση. Το πλάτος κοπής (a_e) και το βάθος κοπής (a_p) μπορούν να διαφέρουν σε κάθε περίπτωση. Τα κοπτικά εργαλεία στην εν λόγω στρατηγική φρεζαρίσματος έχουν συνήθως μεγάλα μήκη κοπής (Long Cutting Lengths) και μικρού πάχους διαμέτρους στα άκρα τους (Core Diameters). Δεν υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις στις ανοχές (Tolerances). Στην εν λόγω στρατηγική φρεζαρίσματος, η χρήση των βασικών στοιχείων της τεχνολογίας

CNC δεν καθιστά εφικτές προχωρημένες μεθόδους κατεργασίας. Αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα της μεθόδου λαμβάνονται από τον βαθμό αποβολής υλικού Q (cm^3/min). Το εύρος εφαρμογής της εν λόγω κατηγορίας περιλαμβάνει μικρές παραγωγές (Small Batch Sizes) σε ευρύ πεδίο υλικών.

7.6.2 Φρεζάρισμα υψηλών ταχυτήτων (High Speed Precision Machining)

Είναι μια στρατηγική φρεζαρίσματος που συνδυάζει μικρά ακτινωτά βάθη κοπής (Small Radial Depth Of Cut) με υψηλές ταχύτητες κοπής και πρόωσης της τράπεζας της εργαλειομηχανής (Table Feed). Ανάλογα με τη μέθοδο, μπορούν να επιτευχθούν υψηλοί βαθμοί αποβολής υλικού και χαμηλές τιμές τραχύτητας R_a . Τυπικά χαρακτηριστικά της εν λόγω στρατηγικής είναι οι μικρές δυνάμεις κοπής που εμφανίζονται, η μειωμένη παραγωγή θερμότητας στο τεμάχιο και το κοπτικό εργαλείο, μικρότερη ανάγκη για γλύφανση (Burr Formation) και υψηλή διαστασιολογική ακρίβεια στο τεμάχιο. Με τη μέθοδο HSM (High Speed Machining) μπορεί να επιτευχθεί υψηλός ρυθμός αποβολής υλικού και αποπεράτωση της επιφάνειας με τη χρήση πολύ υψηλότερων ταχυτήτων κοπής από αυτές που εμφανίζονται στο γενικό φρεζάρισμα (General Machining). Τα κοπτικά εργαλεία είναι πολύ ευσταθή, έχουν μεγάλο πάχος διάμετρο στα άκρα τους και μικρά μήκη κοπής, περιλαμβάνουν κατάλληλα διαμορφωμένο και ευκρινή χώρο για την εξαγωγή του αποβλήτου για την εύκολη απομάκρυνσή του και μπορεί να φέρουν επικάλυψη (π.χ. επικάλυψη κοβαλτίου, που προσδίδει βελτιωμένη αντοχή σε φθορά λόγω των υψηλών ταχυτήτων κοπής). Πεδίο εφαρμογής της εν λόγω μεθόδου φρεζαρίσματος είναι η βιομηχανία ταχείας κατασκευής καλουπιών/χυτών για προ-αποπερατωμένες (Pre-Finishing) και αποπερατωμένες (Finishing) κατεργασίες σε σκληρυμένο χάλυβα (78-62 HRC). Η τεχνική αυτή μπορεί επίσης να εφαρμοστεί στις περισσότερες κατηγορίες υλικών όταν χρησιμοποιηθεί το κατάλληλο εργαλείο και προχωρημένες μέθοδοι κατεργασίας.

7.6.3 Φρεζάρισμα υψηλών αποδόσεων (High Performance Machining)

Στην εν λόγω στρατηγική φρεζαρίσματος επιτυγχάνονται πολύ υψηλοί βαθμοί αποβολής υλικού. Τυπικό χαρακτηριστικό της εν λόγω κατεργασίας είναι ότι το πλάτος κοπής (a_e) αντιστοιχεί μία φορά στη διάμετρο κοπής (D_c) και το βάθος κοπής από 1 μέχρι 1,5 φορές στη D_c αναφορικά με το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Με τη μέθοδο HPM (High Performance Machining) επιτυγχάνεται ιδιαίτερα υψηλός ρυθμός αποβολής υλικού εφαρμόζοντας πολύ υψηλότερες φορτίσεις στο απόβλητο (Chip Load) από ότι στο γενικό φρεζάρισμα (General Machining). Τα κοπτικά εργαλεία έχουν ειδικές διαμορφώσεις στους αύλακες τους για την απομάκρυνση του

αποβλήτου. Στις αιχμές τους έχουν προστατευτικές επιφάνειες 45° ή προστατευτικά γωνιακά ράδια (Corner Radius), δηλαδή έχουν έναν ειδικά λείο διαμορφωμένο χώρο για το απόβλητο και την επικάλυψη που δέχονται. Πεδίο εφαρμογής της εν λόγω κατηγορίας φρεζαρίσματος είναι οι κατεργασίες σε περιβάλλοντα μαζικής παραγωγής στα οποία ο χρόνος παραγωγής/παράδοσης των τεμαχίων είναι πολύ μεγάλης σημασίας ή σε παραγωγή ξεχωριστών προϊόντων στα οποία απαιτείται υψηλός βαθμός αποβολής υλικού Q (cm^3/min).

7.6.4 Φρεζάρισμα υψηλών προώσεων (High Feed Machining)

Στην εν λόγω στρατηγική φρεζαρίσματος μπορούν να επιτευχθούν υψηλές τιμές προώσεως με πλήρη σύμπλεξη της διαμέτρου του κοπτικού εργαλείου (a_e) σε συνδυασμό με μικρά βάθη κοπής (a_p). Με τη χρήση της τεχνολογίας HFM (High Feed Machining) επιτυγχάνεται υψηλός ρυθμός αποβολής υλικού και αποπεράτωση επιφανειών με πολύ υψηλότερες προώσεις τραπέζης συγκριτικά με αυτές του γενικού φρεζαρίσματος (General Machining). Τα κοπτικά εργαλεία έχουν ιδιαίτερα μελετημένο το κυρίαρχο κοπτικό δόντι (Front Teeth), έχουν πολύ μικρά μήκη για κοπή και επικάλυψη. Πεδίο εφαρμογής της εν λόγω κατηγορίας φρεζαρίσματος είναι οι κατεργασίες μαλακού και σκληρυμένου χάλυβα, κατεργασίες τιτανίου και ανοξείδωτου χάλυβα, καθώς επίσης μπορεί να θεωρηθεί ως μια καλή μέθοδος για προεργασία πριν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος HSM (High Speed Machining). Επίσης μπορεί να εφαρμοστεί για φρεζάρισμα θυλακίων μεγάλου βάθους.

7.7 ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΦΡΕΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ-ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΞΙΣΩΣΕΙΣ

Δίνονται οι παρακάτω βασικοί συμβολισμοί και εξισώσεις κοπών που αφορούν στο φρεζάρισμα:

Ορολογία και συμβολισμοί κατά το φρεζάρισμα:

D_c : Διάμετρος κοπής (mm).

l_m : Υπό κατεργασία μήκος (mm).

D_e : Ενεργή διάμετρος κοπής (mm).

a_p : Βάθος κοπής (mm).

a_e : Πλάτος κοπής (mm).

v_c : Ταχύτητα κοπής (m/min).

Q : Ρυθμός αποβολής υλικού (cm^3/min).

T_c : Χρόνος κατεργασίας (min).

z_n : Αριθμός δοντιών.

f_z : Πρόωση ανά δόντι (mm/δόντι).

f_n : Πρόωση ανά περιστροφή (mm/rev).

v_f : Ταχύτητα πρόωσης τραπέζης (mm/min).

h_{ex} : Μέγιστο πάχος αποβλήτου (mm).

h_m : Μέσο θεωρητικό πάχος αποβλήτου (mm).

z_c : Ενεργός αριθμός δοντιών.

k_c : Δύναμη κοπής ανά mm^2 (N/mm^2).

n : Στροφές ατράκτου (RPM).

n : Ο βαθμός απόδοσης.

k_{c1} : Δύναμη κοπής για πάχος αποβλήτου 1 mm (N/mm^2). Είναι διαφορετική για κάθε κατηγορία υλικών της και δίνεται από τους πίνακες του κατασκευαστή των του εργαλείου.

k_r : Βασική γωνία κοπής ($^\circ$).

γ_v : Αξονική κλίση κοπτικού εργαλείου.

γ_f : Ακτινική κλίση κοπτικού εργαλείου.

γ_o : (Γωνία κλίσης του κοπτικού εργαλείου) + (γωνία κλίσης του ένθετου πλακιδίου).

m_c : Εκθέτης που λαμβάνεται στον υπολογισμό της δύναμης κοπής ανά mm^2 (k_{ci}).

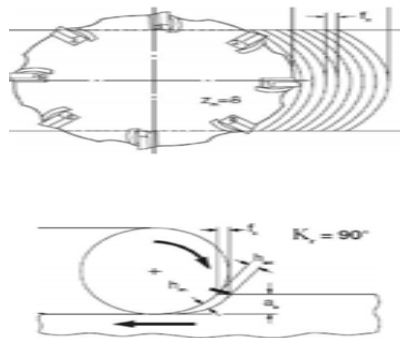
v_{co} : Σταθερά για την ταχύτητα κοπής.

c_{vc} : Συντελεστής διόρθωσης της ταχύτητα κοπής.

i_C : Καταχωρημένος κύκλος.

ω : Γωνία σύμπλεξης ($^\circ$).

M_c : Ροπή κοπής (Nm).



Σχήμα 28: Απεικόνιση συμβολισμών φρεζαρίσματος.

Γενικές σχέσεις για το φρεζάρισμα:

(α) Ταχύτητα κοπής: $v_c = \frac{n \cdot \pi \cdot D_c}{1000}$ [m/min]

(β) Στροφές ατράκτου: $n = \frac{v_c \cdot 1000}{\pi \cdot D_c}$ [RPM]

(γ) Ταχύτητα πρόωσης: $v_f = n \cdot z_n \cdot f_z$ [mm/min]

(δ) Ρυθμός αποβολής υλικού: $Q = \frac{a_e \cdot a_p \cdot a_f}{1000}$ [cm³/min]

(ε) Πρόωση ανά δόντι: $f_z = \frac{v_f}{n \cdot z_n}$ [mm/δόντι]

(στ) Πρόωση ανά περιστροφή: $f_n = \frac{v_f}{n}$ [mm/rev]

(ζ) Δύναμη κοπής ανά mm²: $k_c = k_{c1} \cdot h_m^{-z}$ [N/mm²]

(z: διορθωτικός παράγοντας στο μέσο πάχος αποβλήτου).

(η) Ροπή κοπής: $M_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot k_c}{2 \cdot \pi \cdot n}$ [Nm]

(θ) Ισχύς: $P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot v_f \cdot k_c}{60 \cdot 102 \cdot 9,81}$ [KW]

(ι) Μέσο θεωρητικό πάχος αποβλήτου: $h_m = \frac{f_z \cdot a_e \cdot 360}{D \cdot \pi \cdot \arccos[1 - \frac{2 \cdot a_e}{D}]}$ [mm]

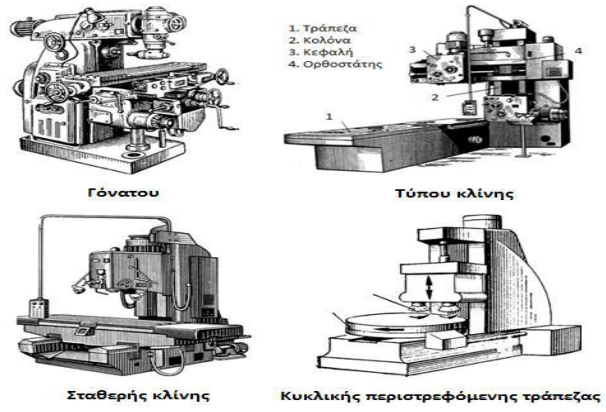
7.8 ΕΙΔΗ ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΩΝ

Οι φρεζομηχανές χρησιμοποιούνται για την κατεργασία επίπεδων επιφανειών, διαμορφωμένων επιφανειών, πολύπλοκων και ακανόνιστων περιοχών, κοπή οδοντωτών τροχών, παράγωγη ελικοειδών δοντιών και πολλών άλλων.

Κατατάσσονται ανάλογα με την εφαρμογή τους σε φρεζομηχανές γενικής χρήσης οι οποίες χρησιμοποιούνται για μικρή παράγωγη τεμαχίων και σε ειδικές φρεζομηχανές οι οποίες είναι σχεδιασμένες για την εκτέλεση ενός ή περισσότερων διακριτών διεργασιών σε καθορισμένο τεμάχιο. Οι τελευταίες χρησιμοποιούνται σε μαζική παράγωγη.

Οι φρεζομηχανές γενικής χρήσης χωρίζονται σε:

- 1) Φρεζομηχανές τύπου γόνατος όπου χαρακτηριστικό τους είναι η δυνατότητα κινήσεως της τράπεζας τους κατά μήκος των αξόνων τρισσορθώνιου συστήματος XYZ. Επιπλέον καθίσταται εφικτή, με κατάλληλες τροποποιήσεις, η χρησιμοποίηση υψηλών ταχυτήτων κοπής για κατεργασία ειδικώς ελαφρών μετάλλων και κραμάτων.
- 2) Φρεζομηχανές σταθερής κλίνης όπου η τράπεζα έχει τη δυνατότητα κινήσεως προς μια μόνο κατεύθυνση, τη διαμήκη. Οι λοιπές αναγκαίες κινήσεις (εγκάρσια και κατακόρυφη) πραγματοποιούνται από τα υπόλοιπα συγκροτήματα (κεφαλές κ.λ.π.)
- 3) Φρεζομηχανές τύπου κλίνης όπου έχουν τη δυνατότητα δισδιάστατης μετατόπισης της τράπεζας, δηλαδή κατά τη διαμήκη κατεύθυνση (παράλληλα προς το μέτωπο της εργαλειομηχανής), όπως και κατά την εγκάρσια κατεύθυνση. Κατακόρυφες κινήσεις πραγματοποιούνται από την κεφαλή.
- 4) Φρεζομηχανές κυκλικής περιστρεφόμενης τράπεζας όπου η τράπεζα κινείται κυκλικά.



Σχήμα 29: Είδη φρεζομηχανών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗΣ CNC ΦΡΕΖΑΣ

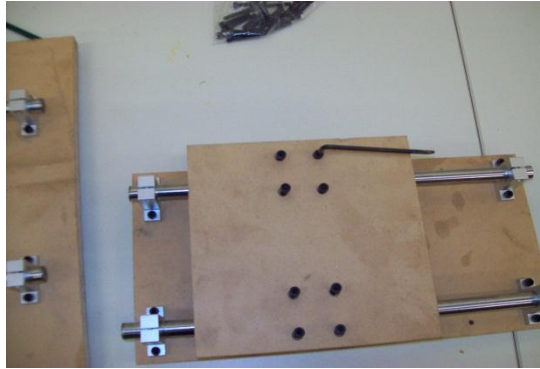
8.1.1 Ράγες και γραμμικά ρουλεμάν

Οι ράγες με τα γραμμικά ρουλεμάν είναι το μέσον χάρη στο οποίο επιτυγχάνεται η κίνηση στον κάθε άξονα. Πιο συγκεκριμένα, στον κάθε άξονα κίνησης τοποθετώ δύο ράγες και στην κάθε ράγα βάζω ένα γραμμικό ρουλεμάν. Το γραμμικό ρουλεμάν το στηρίζω με κοχλίες στην βάση που βρίσκεται πάνω από την κάθε ράγα. Έτσι, όπως κινείται η από πάνω βάση (χάρη στον άξονα μετάδοσης της κίνησης του κάθε άξονα), το κάθε γραμμικό ρουλεμάν (το οποίο είναι βιδωμένο με την εκάστοτε από πάνω βάση) ολισθαίνει στην ράγα, η οποία ράγα παραμένει ακίνητη και στερεωμένη στα δύο άκρα της, μέσω των κατάλληλων στηριγμάτων. Έτσι επιτυγχάνεται η κίνηση στον κάθε άξονα (X', Y', Z').

Η διάμετρος των ραγών και των γραμμικών ρουλεμάν στους X' και Y' άξονες είναι 16mm, ενώ στον Z' άξονα που οι φορτίσεις είναι μικρότερες είναι 10mm.



Σχήμα 30: Οι ράγες με τα στηρίγματά τους και τα γραμμικά ρουλεμάν (2 για τον X', 2 για τον Y' και οι δύο μικρές για τον Z').



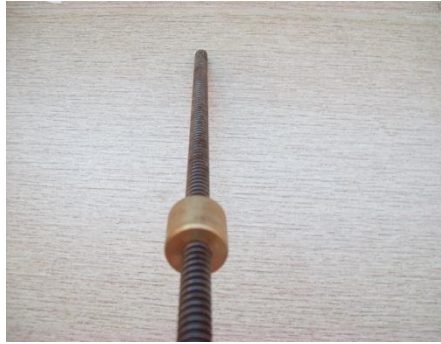
Σχήμα 31: Στερέωμα των γραμμικών ρουλεμάν με την από πάνω βάση.

Στο σχήμα 31 απεικονίζεται η στιγμή της συναρμολόγησης των ραγών με τα στηρίγματα και τα γραμμικά ρουλεμάν του ενός άξονα κίνησης. Τις ράγες τις συνδέω κοχλιωτά με την κάτω βάση, ενώ τα γραμμικά ρουλεμάν τα συνδέω (κοχλιωτά επίσης) με την από πάνω βάση.

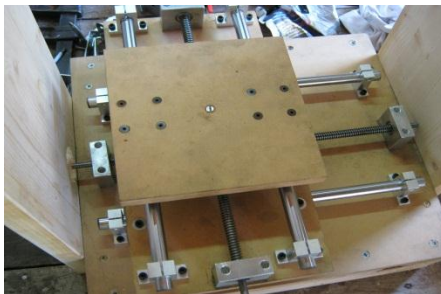
8.1.2 Ατέρμονες τραπεζοειδής κοχλίες με περικόχλια, ρουλεμάν και στηρίξεις των ατερμόνων

Οι ατέρμονες κοχλίες είναι οι άξονες μετάδοσης της κίνησης. Τοποθετώ έναν άξονα μετάδοσης της κίνησης, σε κάθε άξονα κίνησης (X' , Y' , Z'), άρα συνολικά τρεις. Οι ατέρμονες κοχλίες που χρησιμοποιώ εδώ έχουν τραπεζοειδή διατομή, δηλαδή το σπείρωμά τους έχει τραπεζοειδή διατομή. Οι κοχλίες αυτοί (οι τραπεζοειδής), έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή, γι' αυτό και χρησιμοποιούνται ευρέως σε εργαλειομηχανές στην βιομηχανία, καθώς επίσης και σε πειραματικές μηχανές.

Όσο αναφορά τα περικόχλια (παξιμάδια), τοποθετώ ένα περικόχλιο στον κάθε άξονα μετάδοσης της κίνησης, έτσι ώστε να βρίσκεται στο μέσον της βάσης στην οποία μεταδίδεται η κίνηση. Αυτό το πετυχαίνω, βιδώνοντας το κάθε περικόχλιο (το οποίο βρίσκεται ήδη βιδωμένο στον άξονα) με το μέσον της από πάνω βάσης. Δηλαδή, περνάω την βίδα από το μέσον της εκάστοτε από πάνω βάσης και την βιδώνω στο περικόχλιο, έτσι ώστε η βίδα αυτή να έρχεται παράλληλα με την διατομή του περικοχλίου. Για να βιδώσω βέβαια την βίδα στο κάθε περικόχλιο, έχω ανοίξει προηγουμένως οπή $\Phi 5\text{mm}$ και έχω φτιάξει σπείρωμα με σπειροτόμο ("κολαούζο"). Τα περικόχλια τα χρησιμοποιώ για να μεταδίδεται η κίνηση από τον ατέρμονα κοχλία στην βάση που βρίσκεται από πάνω. Τα 3 περικόχλια που έχω στην εργαλειομηχανή μου, είναι μπρούτζινα και οι ανοχές που υπάρχουν μεταξύ ατερμόνων-περικοχλίων είναι πολύ μικρές και έτσι πετυχαίνω μεγάλη ακρίβεια στις κατασκευές μου.



Σχήμα 32: Ο ένας ατέρμονας κοχλίας με το περικόχλιό του βιδωμένο σε αυτόν.

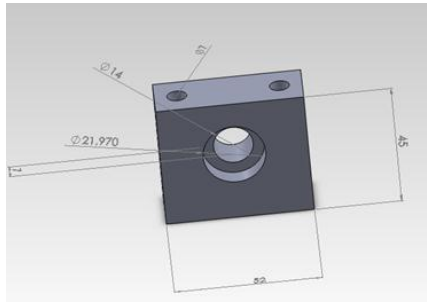


Σχήμα 33: Βιδώνω την βάση πάνω από τον άξονα μετάδοσης της κίνησης με το περικόχλιο (η βίδα που φαίνεται στο μέσον της βάσης περνάει και βιδώνει στο περικόχλιο).

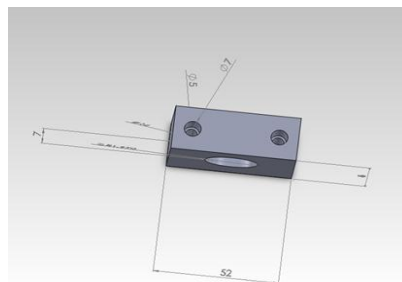
Όσο αναφορά τα ρουλεμάν τώρα, τοποθετώ δύο ρουλεμάν σε κάθε άξονα μετάδοσης της κίνησης (άρα συνολικά 6 ρουλεμάν), ένα στο κάθε άκρο. Για να τοποθετήσω όμως τα ρουλεμάν στους άξονες, προηγουμένως, έχω μειώσει την διάμετρο στα άκρα του κάθε άξονα κατά 4mm, ώστε να μην υπάρχει (στα άκρα) σπείρωμα. Αυτό το κάνω, διότι εάν το ρουλεμάν στηρίζεται-περιστρέφεται σε σπείρωμα, τότε οι ανοχές μεταξύ ατέρμονα κοχλία-ρουλεμάν είναι μεγάλες. Γι' αυτό τον λόγο λοιπόν μειώνω την διάμετρο στα σημεία που πηγαίνουν τα ρουλεμάν, τόσο ώστε να "φύγει" το σπείρωμα και οι ανοχές να μειωθούν στο ελάχιστο. Ο λόγος που χρησιμοποιώ τα ρουλεμάν στα δύο άκρα, είναι για να στηρίζεται ο κάθε άξονας έτσι ώστε να μπορεί να περιστρέφεται και επίσης, για να απορροφώνται τα φορτία που προκαλούνται λόγω ταλαντώσεων.

Όπως αναφέρω παραπάνω λοιπόν, οι άξονες στηρίζονται στα δύο άκρα τους μέσω των ρουλεμάν. Τα ρουλεμάν με την σειρά τους στηρίζονται σε κάποια στηρίγματα που έχω φτιάξει. Πιο συγκεκριμένα, τα στηρίγματα αυτά είναι από αλουμίνιο πάχους 20mm. Στο κάθε στήριγμα, έχω ανοίξει μία οπή ώστε να διέρχεται το άκρο του άξονα, καθώς επίσης και μία μεγαλύτερη οπή, 3/100mm (0,03mm) μικρότερη από την εξωτερική διάμετρο του εκάστοτε ρουλεμάν, με βάθος όσο είναι το πάχος του ρουλεμάν, ώστε να σφηνώνει μέσα το κάθε ρουλεμάν. Επίσης, στο κάθε στήριγμα έχω κάνει δύο οπές Φ5mm, ώστε να το βιδώσω. Στο άνω μέρος των οπών

αυτών, έχω διευρύνει την διάμετρο στα 7mm, ώστε να μπαίνει μέσα η κεφαλή του κοχλία (δηλαδή έφτιαξα “πατούρα”).



Σχήμα 34: Το στηρίγμα των αξόνων μετάδοσης της κίνησης με την υποδοχή των ρουλεμάν.



Σχήμα 35: Οι πατούρες για τις κεφαλές των κοχλιών.

Τα δύο παραπάνω σχέδια (σχήμα 34, σχήμα 35), οι διαστάσεις τους, αφορούν τα στηρίγματα των αξόνων X' και Y'. Του Z' είναι ίδια, αλλά με μικρότερες διαστάσεις.



Σχήμα 36: Τα στηρίγματα με τις υποδοχές των ρουλεμάν σε φωτογραφία.



Σχήμα 37: Τα στηρίγματα την στιγμή που σφηνώνω μέσα τα ρουλεμάν.

Όσο αναφορά τον τρόπο κατασκευής των στηριγμάτων αυτών, έχω: Οι περιμετρικές διαστάσεις του κάθε στηρίγματος κόπηκαν σε ημιαυτόματο ηλεκτρικό πριόνι ακριβείας 1/10mm (0,1mm) που χρησιμοποιείται για την κοπή των προφίλ αλουμινίου για κουφώματα (πόρτες και παράθυρα). Τις οπές για το πέρασμα των κοχλιών τις άνοιξα με δράπανο. Την οπή από όπου διέρχεται το άκρο του άξονα την άνοιξα με δράπανο επίσης. Τις “πατούρες” των ρουλεμάν τις άνοιξα σε τόρνο, χρησιμοποιώντας αρχικά κονδύλι 1mm μικρότερο από την εξωτερική διάμετρο (το κονδύλι το έβαζα στην θέση του κεντροφορέα) και στην συνέχεια με το κοπτικό εργαλείο του τόρνου (πλακίδιο σκληρομετάλλου).

Οι τραπεζοειδής κοχλίες και τα περικόχλια στους X' και Y' άξονες έχουν διάμετρο 12mm, ενώ στον Z' άξονα που η απαιτούμενη ροπή στρέψης είναι μικρότερη έχουν διάμετρο 10mm. Τα ρουλεμάν για τους αντίστοιχους λόγους έχουν διάμετρο 8mm στους X' και Y' άξονες, ενώ 6mm στον Z' άξονα.

8.1.3 Κοπλερ (Couplings)

Το κοπλερ είναι ένα μέσο που χρησιμοποιώ για να μεταδίδω την κίνηση από έναν άξονα σε έναν άλλο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, μεταδίδω την κίνηση από τον άξονα του βηματικού κινητήρα στον ατέρμονα κοχλία. Αυτό το κάνω ως εξής: Συνδέω το ένα άκρο του κοπλερ στον άξονα του κινητήρα. Στην συνέχεια, συνδέω το άλλο άκρο του στον άξονα μετάδοσης της κίνησης (στον ατέρμονα κοχλία δηλαδή). Για τις στηρίξεις αυτές στους δύο άξονες, το κοπλερ διαθέτει στο κάθε άκρο του, κοχλία τύπου “αλεν”.

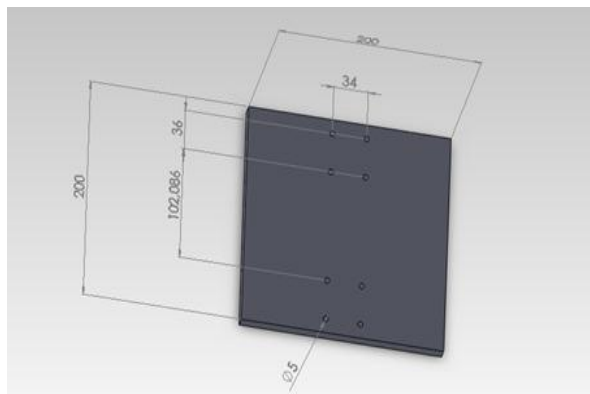
Τα κοπλερ που χρησιμοποιώ στην εργαλειομηχανή μου έχουν τα εξής χαρακτηριστικά: Στους X' και Y' άξονες, η διάμετρος του άκρου που συνδέεται με τον κινητήρα είναι 6,35mm, ενώ στο άλλο άκρο είναι 8mm. Στον Z' άξονα, το άκρο που συνδέεται στον κινητήρα είναι 6,35mm (και οι 3 κινητήρες είναι ίδιοι) και στο άλλο άκρο είναι 6mm (για να σφηνώσει στο άκρο του άξονα). Δηλαδή το κοπλερ στο κάθε άκρο του έχει διάμετρο ίση με την διάμετρο στην οποία πρέπει να σφηνώσει.



Σχήμα 38: Τα 3 κοπλερ (ένα για κάθε άξονα).

8.1.4 Τράπεζα φρέζας

Η τράπεζα της φρέζας είναι η πάνω βάση του Υ' άξονα. Επάνω στην τράπεζα της φρέζας τοποθετούνται τα τεμάχια προς επεξεργασία. Είναι συνδεδεμένη (η τράπεζα) με την αποκάτω βάση μέσω των γραμμικών ρουλεμάν με τα οποία είναι βιδωμένη.



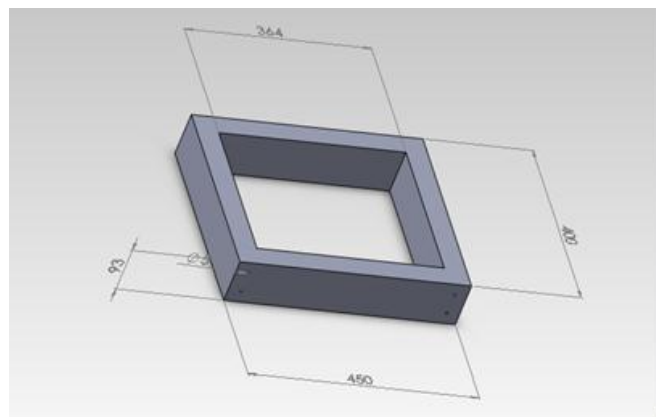
Σχήμα 39: Το σχέδιο της τράπεζας της φρέζας, με τις οπές για την στήριξη με τα γραμμικά ρουλεμάν.

Το υλικό της τράπεζας είναι συνθετικό ξύλο (mdf) πάχους 18mm. Οι διαστάσεις φαίνονται στο παραπάνω σχέδιο (σχήμα 39).

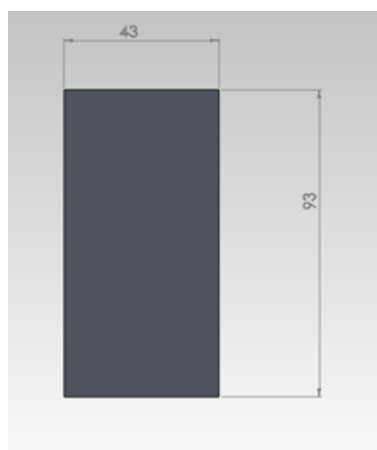
8.1.5 Βάσεις φρέζας

•Καδρόνια στήριξης της κάτω βάσης

Η κάτω βάση της εργαλειομηχανής, στηρίζεται σε ένα πλαίσιο ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου, αποτελούμενο από καδρόνια. Ο λόγος της δημιουργίας αυτού του πλαισίου είναι αφενός για να απορροφά τις φορτίσεις, αφετέρου για να βιδωθούν επάνω τους στην συνέχεια οι δύο κατακόρυφες πλάκες της μηχανής. Το πλαίσιο αυτό στηρίζεται στην κάτω βάση της εργαλειομηχανής μέσω κοχλιών, αλλά συνδέονται επίσης και μεταξύ τους τα επιμέρους καδρόνια, για καλύτερη στήριξη, μέσω κοχλιών επίσης (ξυλόβιδες).



Σχήμα 40: Το πλαίσιο από καδρόνια, πάνω στο οποίο στηρίζεται η κάτω βάση της εργαλειομηχανής.

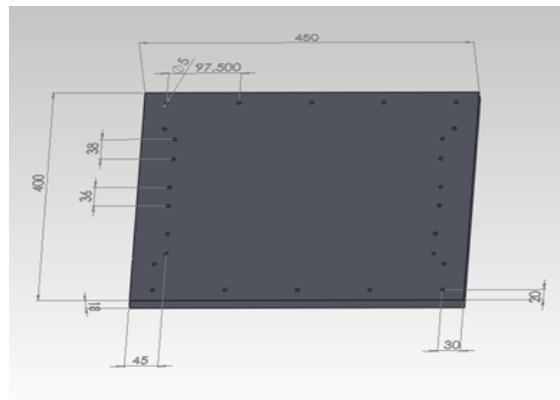


Σχήμα 41: Η διατομή των καδρονίων που απαρτίζουν το παραπάνω πλαίσιο.

•Κάτω βάση της cnc εργαλειομηχανής

Η κάτω βάση της μηχανής, στην ουσία είναι η κάτω βάση του Χ' άξονα. Πάνω στην βάση αυτή, εδράζονται μέσω των κατάλληλων στηριγμάτων οι ράγες με τα

γραμμικά ρουλεμάν που είναι υπεύθυνες για την κίνηση στον X' άξονα, καθώς και ο άξονας μετάδοσης κίνησης με το παξιμάδι, τα ρουλεμάν και οι στηρίξεις του, που είναι υπεύθυνος για την εν λόγω κίνηση επίσης.



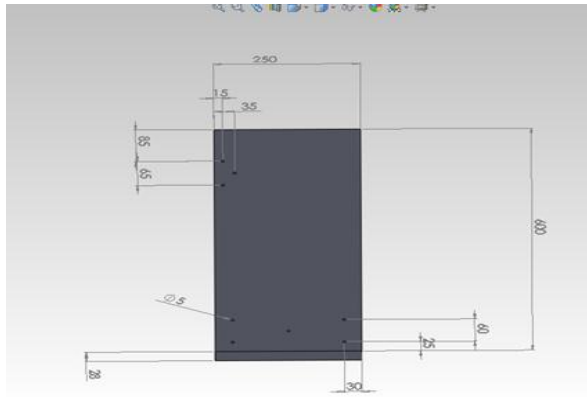
Σχήμα 42: Η κάτω βάση της φρέζας.

Στο σχέδιο της κάτω βάσης (σχήμα 42), φαίνονται οι οπές στις οποίες βιδώνονται τα στηρίγματα των ραγών, τα στηρίγματα του άξονα μετάδοσης κίνησης στα οποία σφηνώνονται τα ρουλεμάν (οι μεσαίες οπές) , καθώς επίσης και οι οπές δια μέσω των οποίων βιδώνεται η κάτω βάση στο πλαίσιο με τα καδρόνια (οι περιμετρικές οπές).

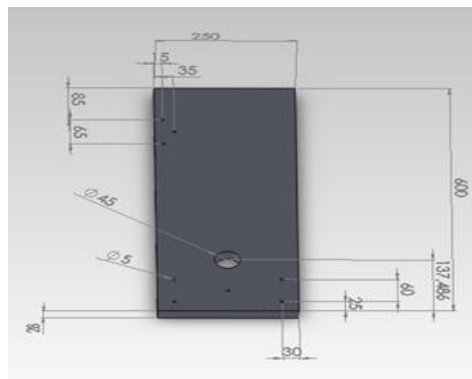
Το υλικό της κάτω βάσης είναι συνθετικό ξύλο (mdf) πάχους 18mm.

•Κατακόρυφες βάσεις της εργαλειομηχανής

Οι δύο κατακόρυφες βάσεις της εργαλειομηχανής, είναι οι βάσεις οι οποίες δίνουν ύψος στην μηχανή. Στις δύο αυτές βάσεις, βιδώνεται στην συνέχεια μία οριζόντια δοκός, πάνω στην οποία στηρίζεται η πλάτη της φρέζας και κατ' επέκταση το κοπτικό μηχάνημα (dremel). Οι κατακόρυφες αυτές βάσεις, στηρίζονται στο κάτω μέρος τους με το πλαίσιο με τα καδρόνια μέσω κοχλιών. Στην μία κατακόρυφη βάση, ανοίγω οπή ώστε να στερεωθεί στην συνέχεια ο κινητήρας που μεταδίδει την κίνηση στον X' άξονα. Το υλικό των βάσεων αυτών είναι ξύλο (μασίφ) πάχους 28mm.



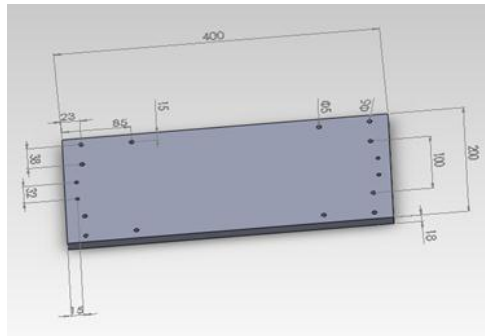
Σχήμα 43: Η δεξιά κατακόρυφη βάση της εργαλειομηχανής, με τις οπές για την σύνδεση με το πλαίσιο καδρονίων (κάτω) και την σύνδεση με την οριζόντια δοκό (πάνω).



Σχήμα 44: Η αριστερή κατακόρυφη βάση της εργαλειομηχανής, με τις οπές για την στήριξή της και την οπή (Φ45mm) για την στήριξη του κινητήρα.

•Βάση στήριξης της τράπεζας της φρέζας

Πάνω στην βάση αυτή στηρίζονται οι ράγες με τα γραμμικά ρουλεμάν τους, χάρη στις οποίες κινείται η τράπεζα της φρέζας. Η τράπεζα, είναι βιδωμένη με τα γραμμικά ρουλεμάν. Οι ράγες εδράζονται λοιπόν στην εν λόγω βάση μέσω των κατάλληλων στηριγμάτων, τα οποία είναι κατασκευασμένα από αλουμίνιο και έτσι ώστε οι ανοχές να είναι ελάχιστες. Επίσης, στην βάση αυτή, στηρίζεται και ο άξονας μετάδοσης της κίνησης (ατέρμον κοχλίας) με το παξιμάδι, τα ρουλεμάν και τις στηρίξεις στα δύο άκρα του. Ακόμα, η βάση αυτή συνδέεται με την ενδιάμεση βάση από κάτω μέσω κοχλιών (η ενδιάμεση βάση αναφέρεται στην συνέχεια).



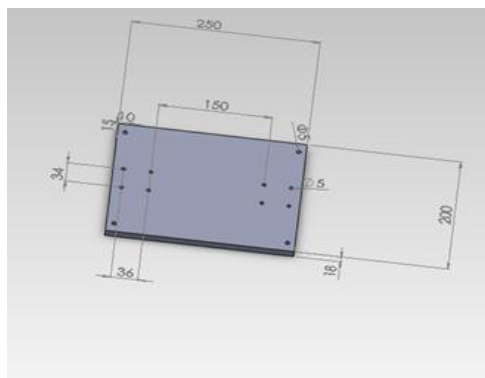
Σχήμα 45: Η βάση στήριξης της τράπεζας της φρέζας.

Στο παραπάνω σχέδιο (σχήμα 45), φαίνονται οι οπές στις οποίες στηρίζω τα στηρίγματα των ραγών, οι οπές στις οποίες στηρίζω τα στηρίγματα του ατέρμονα κοχλία (τα μεσαία ζεύγη των οπών) και οι οπές με τις οποίες συνδέω την βάση αυτή με την ενδιάμεση βάση. Το υλικό της βάσης αυτής είναι συνθετικό ξύλο (mdf) πάχους 18mm.

•Ενδιάμεση βάση

Η ενδιάμεση βάση, είναι η βάση που βρίσκεται μεταξύ της κάτω βάσης της φρέζας και της βάσης στήριξης της τράπεζας της φρέζας. Με την κάτω βάση στηρίζεται δια μέσω των γραμμικών ρουλεμάν, με τα οποία συνδέεται κοχλιωτά. Με την βάση στήριξης της τράπεζας, συνδέεται απ' ευθείας (εφάπτονται οι δύο βάσεις) με κοχλίες. Στην επαφή των κεφαλών των κοχλιών με τις βάσεις τοποθετώ ροδέλες για να μην τραυματίσω το ξύλο.

Ο λόγος που τοποθετώ αυτή την ενδιάμεση πλάκα, είναι για να απορροφά τις φορτίσεις και να μην απορροφώνται όλες από την κάτω βάση, τις ράγες της και τον ατέρμον κοχλία της.

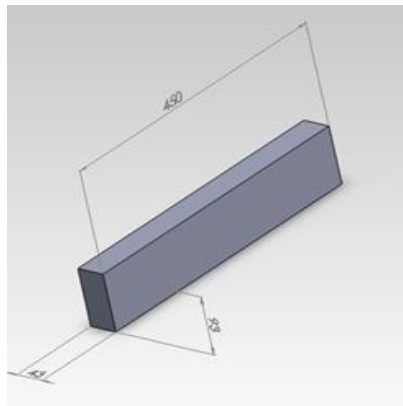


Σχήμα 46: Η ενδιάμεση βάση.

Στο παραπάνω σχέδιο (σχήμα 46), απεικονίζονται οι οπές δια μέσω των οποίων συνδέω την ενδιάμεση βάση με τα γραμμικά ρουλεμάν, καθώς επίσης και οι οπές δια μέσω των οποίων συνδέω την ενδιάμεση βάση με την βάση στήριξης της τράπεζας (οι κοχλίες στις 4 γωνίες της ενδιάμεσης βάσης). Το υλικό της ενδιάμεσης βάσης είναι συνθετικό ξύλο πάχους 18mm.

•Οριζόντια δοκός για την στήριξη της πλάτης της φρέζας

Την δοκό αυτή, την στερεώνω δια μέσω κοχλιών (ξυλόβιδες) με τις δύο κατακόρυφες βάσεις της εργαλειομηχανής, έτσι ώστε στην συνέχεια να βιδώσω επάνω στην δοκό την πλάτη της φρέζας, με την βάση του dremel, τις στηρίξεις του και το ίδιο το dremel.

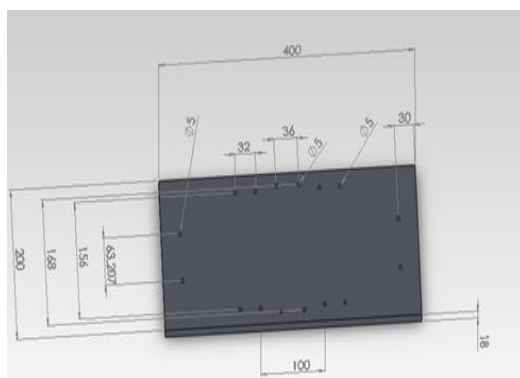


Σχήμα 47: Η οριζόντια δοκός για την στήριξη της πλάτης της φρέζας.

Η δοκός αυτή είναι καδρόνι, από το ίδιο υλικό που είναι φτιαγμένο και το πλαίσιο κάτω από την κάτω βάση της εργαλειομηχανής (υψηλής μηχανικής αντοχής).

•Πλάτη της φρέζας

Στην πλάτη της φρέζας, στηρίζονται οι ράγες με τα γραμμικά ρουλεμάν (δια μέσω των στηριγμάτων τους οι ράγες) του Ζ' άξονα κίνησης, καθώς επίσης και ο άξονας μετάδοσης της κίνησης με το περικόχλιο, τα ρουλεμάν και τις στηρίξεις του, του άξονα αυτού (του Ζ'). Η πλάτη της φρέζας στηρίζεται στην οριζόντια δοκό που αναφέρω παραπάνω, μέσω 4 κοχλιών (ξυλόβιδες), δύο δεξιά και δύο αριστερά. Το υλικό της πλάτης είναι συνθετικό ξύλο (mdf) πάχους 18mm.



Σχήμα 48: Η πλάτη της φρέζας.

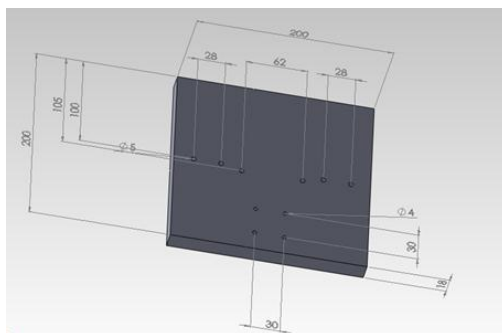
Στο παραπάνω σχέδιο (σχήμα 48), το ζεύγος των οπών στην μέση της πλάτης είναι για τα δύο στηρίγματα του ατέρμονα κοχλία, τα δύο ζεύγη των οπών εκατέρωθεν των παραπάνω οπών είναι για τα 4 στηρίγματα των ραγών και οι οπές στα πλάγια (που απέχουν μεταξύ τους στην κατακόρυφη διεύθυνση 63,207mm) είναι για την σύνδεση της πλάτης με την οριζόντια δοκό.

•Βάση του Z' άξονα-Βάση του dremel

Η βάση του Z' άξονα είναι η (κινούμενη) βάση του κοπτικού μηχανήματος, δηλαδή του dremel. Η βάση του Z' άξονα, στηρίζεται με την πλάτη της φρέζας δια μέσω των γραμμικών ρουλεμάν. Πιο συγκεκριμένα, συνδέω την βάση του Z' άξονα με τα γραμμικά ρουλεμάν με την χρήση κοχλιών τύπου "αλεν", τα γραμμικά ρουλεμάν ολισθαίνουν στις ράγες και οι ράγες με την σειρά τους είναι στερεωμένες δια μέσω των στηριγμάτων τους με την πλάτη της φρέζας.

Στο πάνω μέρος της βάσης αυτής, στην συνέχεια θα στερεωθεί το dremel με την βοήθεια ιδιοκατασκευών.

Το υλικό της βάσης του Z' άξονα είναι συνθετικό ξύλο (mdf) πάχους 18mm.



Σχήμα 49: Η βάση του Z' άξονα.

Στο παραπάνω σχέδιο (σχήμα 49), οι οπές που απέχουν μεταξύ τους 28mm είναι για την στήριξη της βάσης με τα γραμμικά ρουλεμάν, ενώ οι δύο οπές που απέχουν μεταξύ τους 62mm, καθώς επίσης και οι τέσσερις οπές στο κάτω μέρος είναι για την στήριξη του dremel στην βάση.

8.1.6 Κοπτικό μηχάνημα (dremel)

Το κοπτικό μηχάνημα που τοποθετώ στην εργαλειομηχανή μου είναι ένα "πολυεργαλείο dremel" χειρός. Το κοπτικό εργαλείο που βάζω επάνω είναι ένα τρυπάνι Φ3,2mm, αλλά υπάρχει η δυνατότητα αλλαγής του κοπτικού εργαλείου (π.χ. μπορώ να βάλω άλλη διάμετρο ή κονδύλι). Τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου dremel είναι τα εξής:

- Ονομαστική τάση: 230 V
- Συχνότητα: 50 Hz
- Ονομαστική ισχύς: 130 W
- Ονομαστική ταχύτητα: 33000 rpm
- Υποστηριζόμενες φωλιές κοπτικού εργαλείου: 0,8 mm, 1,6 mm, 2,4 mm, 3,2 mm (δηλαδή αυτές τις διαμέτρους κοπτικών εργαλείων μπορώ να χρησιμοποιήσω)

Το συγκεκριμένο dremel μπορεί να εργάζεται από 10000 rpm έως 30000 rpm. Η επιλογή του κατάλληλου αριθμού στροφών για κάθε εργασία προσφέρει καλύτερο τελικό αποτέλεσμα. Για τον λόγο αυτό, παρακάτω αναφέρω κάποιες κατευθυντήριες γραμμές για την ταχύτητα (περιστροφική) του εργαλείου:

- Τα πλαστικά και τα άλλα υλικά που λιώνουν σε χαμηλές θερμοκρασίες πρέπει να κόβονται σε χαμηλές ταχύτητες.
- Το ξύλο πρέπει να κόβεται σε υψηλή ταχύτητα.
- Ο σίδηρος ή ο χάλυβας πρέπει να κόβεται σε υψηλή ταχύτητα.
- Το αλουμίνιο, τα κράματα χαλκού, μολύβδου ή ψευδαργύρου και ο λευκοσίδηρος μπορούν να κοπούν σε διάφορες ταχύτητες, ανάλογα με το είδος της εκτελούμενης κοπής.

Στον παρακάτω πίνακα, φαίνονται οι ρυθμίσεις που πρέπει να κάνω στον διακόπτη του συγκεκριμένου dremel, ανάλογα με το εύρος στροφών που θέλω κάθε φορά να πετύχω:

| ΡΥΘΜΙΣΗ ΔΙΑΚΟΠΤΗ | ΕΥΡΟΣ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ |
|------------------|-------------------|
| 1-2 | 10.000-14.000 rpm |
| 3-4 | 15.000-19.000 rpm |

| | |
|------|-------------------|
| 5-6 | 20.000-23.000 rpm |
| 7-8 | 24.000-28.000 rpm |
| 9-10 | 29.000-33.000 rpm |

Πίνακας 1: Ρύθμιση ταχύτητας dremel.



Σχήμα 50: Το κοπτικό μηχανήμα (dremel).

8.1.7 Βηματικοί κινητήρες

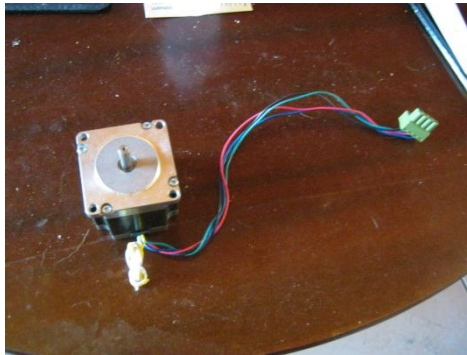
Οι κινητήρες που χρησιμοποιώ στην cnc φρέζα μου για τον κάθε άξονα κίνησης (X' , Y' , Z') είναι βηματικοί κινητήρες. Μία γενική περιγραφή της της κατηγορίας των κινητήρων είναι η εξής:

Οι βηματικοί κινητήρες χρησιμοποιούν συνδυασμό ηλεκτρικών παλμών (ψηφιακών σημάτων) για την κίνησή της. Ο βηματικός κινητήρας αποτελείται από έναν ρότορα μαλακού σιδήρου με οδοντώσεις και έναν στάτορα με τέσσερα ζεύγη ηλεκτρομαγνητών: A και A', B και B', C και C', D και D'. Για να κινηθεί ο ρότορας εφαρμόζεται διαδοχικά σε κάθε ένα από τα παραπάνω ζεύγη μια τάση ηλεκτρικού ρεύματος. Όταν το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται από το ένα ζεύγος ηλεκτρομαγνητών στο διπλανό του ο ρότορας μετατοπίζεται κατά μία συγκεκριμένη γωνία (εδώ κατά $1,8^\circ$) λόγω των μαγνητικών δυνάμεων που εφαρμόζονται σε αυτόν. Η γωνία αυτή ονομάζεται βήμα του κινητήρα. Το βήμα των κινητήρων που χρησιμοποιώ εδώ δηλαδή είναι $1,8^\circ$. Δηλαδή, με κάθε ηλεκτρικό παλμό (ψηφιακό σήμα), ο άξονας του κινητήρα μου περιστρέφεται κατά $1,8^\circ$ και κατ' επέκταση, χάρη στην σύνδεση με τον ατέρμονα κοχλία μέσω κοπλερ, περιστρέφεται και ο ατέρμονας κατά $1,8^\circ$.

Τα χαρακτηριστικά των συγκεκριμένων βηματικών κινητήρων (και οι τρεις είναι ίδιοι) είναι τα εξής:

- NEMA 23 (ο τύπος)
- Ρεύμα φάσης: 2 A
- Ροπή: 0,89 Nm
- Βήμα: 1,8°

Τον κάθε έναν βηματικό κινητήρα τον συνδέω με έναν άξονα κίνησης. Δηλαδή, τον συνδέω μέσω κοπλερ με τον άξονα μετάδοσης της κίνησης (τον ατέρμονα κοχλία δηλαδή). Όσο αναφορά την στερέωσή της τώρα, στον X' άξονα τον στερεώνω επάνω στην ξύλινη κατακόρυφη βάση μέσω τεσσάρων κοχλιών, στον Y' και στον Z' άξονα της στερεώνω με χρήση γωνιών, ενώ βάζω ροδέλες και της προσθήκες για να έρχεται ο άξονας του κινητήρα σε απόλυτη ευθυγράμμιση με τον άξονα μετάδοσης της κίνησης.



Σχήμα 51: Ο βηματικός κινητήρας.

Το βύσμα στο οποίο συνδέω τα άκρα των καλωδίων του βηματικού κινητήρα το συνδέω αργότερα με την πλακέτα (driver TB6560).

8.1.8 Driver (πλακέτα, εγκέφαλος της μηχανής)

Ο driver, η πλακέτα δηλαδή, στην ουσία είναι ο εγκέφαλος της cnc εργαλειομηχανής μου. Η πλακέτα λοιπόν, είναι το μέσον με το οποίο συνδέω το λογισμικό που βρίσκεται εγκατεστημένο στον Η/Υ με της βηματικούς κινητήρες. Πιο συγκεκριμένα, συνδέω την είσοδο της πλακέτας με το τροφοδοτικό, ώστε να παίρνει ρεύμα και να μπορεί να το στείλει. Στην συνέχεια, συνδέω της εξόδους της πλακέτας με της 3 βηματικούς κινητήρες (και αν θέλω και με το dremel), μέσω των καλωδίων της. Της, με το κατάλληλο καλώδιο συνδέω την πλακέτα με την παράλληλη θύρα του Η/Υ. Έτσι λοιπόν, η πλακέτα παίρνει της εντολές που της δίνω από το λογισμικό (κάθε πλακέτα επικοινωνεί με ένα συγκεκριμένο λογισμικό) και της στέλνει της

βηματικούς κινητήρες και στο dremel. Με αυτό τον τρόπο λοιπόν, οι βηματικοί κινητήρες και το dremel εργάζονται με βάση της εντολές που δηλώνω εγώ στο λογισμικό και έτσι καθοδηγώ την cnc εργαλειομηχανή μου από τον Η/Υ.

Η συγκεκριμένη πλακέτα που χρησιμοποιώ εδώ είναι η TB6560 και επικοινωνεί με το λογισμικό Mach3. Το εύρος ρεύματος που μπορεί να καλύψει είναι 1,5-3,5 A. (Επιλέγω την πλακέτα έτσι ώστε το ρεύμα φάσης του κάθε βηματικού κινητήρα να ανήκει στο διαθέσιμο εύρος ρεύματος της πλακέτας.) Στην πλακέτα της, εκτός από της βηματικούς κινητήρες, το dremel, το τροφοδοτικό και τον Η/Υ, συνδέω και της τερματικούς διακόπτες, καθώς και το "emergency stop".



Σχήμα 52: Η πλακέτα TB6560.

Στο σχήμα 52, στο δεξί μέρος της οθόνης φαίνονται τα βύσματα στα οποία συνδέω της βηματικούς κινητήρες και το dremel. Στο αριστερό μέρος της οθόνης φαίνονται το βύσμα με το οποίο συνδέω το τροφοδοτικό (με της δύο υποδοχές) και το βύσμα με το οποίο συνδέω της τερματικούς διακόπτες και το "emergency stop". Υπάρχει ακόμη ένα βύσμα το οποίο είναι για χειροκίνητη λειτουργία της μηχανής (άρα εδώ δεν το έχω συνδέσει). Της, στο αριστερό μέρος φαίνεται η υποδοχή του καλωδίου το οποίο συνδέω με την παράλληλη θύρα. Ακόμη, στη πλακέτα διακρίνονται οι διάφοροι διακόπτες που θα ρυθμίσω στην συνέχεια, ενώ φαίνονται της οι αντιστάσεις, οι πυκνωτές, τα ρελέ και η ψήκτρα.

8.1.9 Τροφοδοτικό

Το τροφοδοτικό είναι το μέσο με το οποίο τροφοδοτώ με ηλεκτρικό ρεύμα την πλακέτα μου και κατ' επέκταση όλη την cnc εργαλειομηχανή μου. Πιο συγκεκριμένα, συνδέω την είσοδο του τροφοδοτικού μου με το δίκτυο της ΔΕΗ (μέσω πρίζας). Στην συνέχεια, συνδέω την έξοδο του τροφοδοτικού μου με την πλακέτα. Έτσι, παίρνω ρεύμα από το δίκτυο, το ρεύμα μετατρέπεται μέσα στο τροφοδοτικό από μονοφασικό σε τριφασικό και στέλνεται στην πλακέτα και από εκεί της βηματικούς κινητήρες (και στο dremel εάν το έχω συνδέσει με την πλακέτα).

Τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου τροφοδοτικού είναι τα εξής:

- Ρεύμα: 12 A
- Τάση: 24 V
- Ισχύς: 300 W

Για την επιλογή του τροφοδοτικού, θέλω κατ' αρχήν να με καλύπτει η ισχύς που αποδίδει. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, αφού οι βηματικοί κινητήρες που χρησιμοποιώ έχουν ρεύμα φάσης 2 A και τάση 24 V, άρα: $2 \cdot 24 = 48W$. Οπότε λοιπόν, η αποδιδόμενη ισχύς του κάθε βηματικού κινητήρα είναι 48W. Έτσι έχω: $(3 \cdot 48) + 130 = 274W$. (Πολλαπλασιάζω επί 3 διότι έχω 3 βηματικούς κινητήρες, και προσθέτω 130 W που είναι η ισχύς του dremel). Έτσι λοιπόν, αφού $274W < 300W$, τότε η αποδιδόμενη ισχύς του τροφοδοτικού είναι ικανοποιητική. Της, πρέπει η τάση του τροφοδοτικού να είναι μεγαλύτερη ή ίση από την τάση του κάθε επιμέρους μηχανισμού που τροφοδοτεί, κάτι το οποίο συμβαίνει εδώ. Με τα παραπάνω λοιπόν κριτήρια επέλεξα το συγκεκριμένο τροφοδοτικό.



Σχήμα 53: Το τροφοδοτικό.

Στο σχήμα 53, απεικονίζεται το τροφοδοτικό, το οποίο το έχω συνδέσει με τα καλώδια που θα συνδέσω στην συνέχεια στην πλακέτα, καθώς της το έχω συνδέσει και με καλώδιο που πηγαίνει στην πρίζα.

8.1.10 Τερματικοί διακόπτες

Όταν θέλουμε να «πάρουμε» ηλεκτρικό σήμα από την θέση της αντικείμενου που κινείται σε σαφώς ορισμένο τρόπο και δρομολόγιο χρησιμοποιούμε τον τερματικό διακόπτη. Το όνομά του: «τερματικός ή οριακός» το πήρε από την κύρια λειτουργία του να βλέπει το τέρμα, το όριο μιας διαδρομής. Η μορφή του ποικίλη τόσο σε μέγεθος όσο και στο τρόπο που «ακουμπάει» το αντικείμενο. Εσωτερικά έχουν μια ηλεκτρική επαφή που «βγάζει» τρία άκρα. Είναι το κοινό (common) όπου συνδέουμε την τάση εισόδου και τα άλλα δυο που δίνουν την τάση ανάλογα αν είναι

«πατημένος» ή όχι, το ένα με ανοιχτή (Normal open) και το άλλο με κλειστή επαφή (Normal close).

Χρησιμοποιώ λοιπόν εδώ 3 τερματικούς διακόπτες. Έναν σε κάθε άξονα κίνησης (X', Y', Z'). Τοποθετώ τον κάθε τερματικό διακόπτη σε τέτοιο σημείο, ώστε όταν φτάσει το τμήμα της εργαλειομηχανής στο σημείο που θέλω να σταματήσει, να πατιέται το λαμάκι του τερματικού διακόπτη ώστε να δίνει εντολή στην πλακέτα για να σταματήσει να δίνει κίνηση της αυτή την κατεύθυνση ο βηματικός κινητήρας. Συνδέω τον κάθε τερματικό διακόπτη με την πλακέτα, με τρόπο που θα περιγράψω παρακάτω (στην πορεία κατασκευής).

8.1.11 Emergency Stop

Το emergency stop, είναι το button κινδύνου. Δηλαδή είναι ένα κουμπί το οποίο όταν το πατάω πρέπει να διακόπτονται αμέσως της οι λειτουργίες της εργαλειομηχανής. Αυτή την δυνατότητα (να σταματάω αμέσως της της λειτουργίες με το πάτημα της κουμπιού) την θέλω για περίπτωση κινδύνου. Το button που χρησιμοποιώ εδώ έχει δύο επαφές, μέσω των οποίων το συνδέω με την πλακέτα με τρόπο που αναφέρω παρακάτω (στην πορεία κατασκευής).



Σχήμα 54: Τερματικός διακόπτης και button που χρησιμοποιώ για emergency stop (το button είναι με το εξάρτημα με το πράσινο χρώμα στο άνω μέρος του).

8.2 ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΜΕΡΩΝ ΤΗΣ ΕΝ ΛΟΓΩ ΦΡΕΖΑΣ

Οι προδιαγραφές των επιμέρους εξαρτημάτων της εν λόγω CNC φρέζας φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

| α/α | ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ | ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ |
|-----|-----------------------------|--|
| 1 | Ράγες και γραμμικά ρουλεμάν | 4x(Διάμετρος= 16 [mm]) 2x(Διάμετρος 10 [mm]) |
| 2 | Ατέρμονες κοχλίες | 2x(Διάμετρος= 12 [mm]) 1x(Διάμετρος=10 [mm]) |
| 3 | Κοπλερ | 2x(Διάμετρος=6-6,5 [mm]) 1x(Διάμετρος=6-6 [mm]) |
| 4 | Τράπεζα φρέζας | 200 · 200 [mm] |
| 5 | Βάσεις φρέζας | - |
| 6 | Βηματικοί κινητήρες | Nema 23, Ροπή=0,89 [Nm], Ρεύμα=2 [A] |
| 7 | Driver | 3Axis TB6560, Ρεύμα=1,5-3,5 [A] |
| 8 | Τροφοδοτικό | Τάση=24 [V], Ρεύμα=3 [A], Ισχύς=300 [W] |
| 9 | Κοπτικό μηχάνημα (dremel) | Τάση=12 [V], Ισχύς=120 [W] |
| | | |

Πίνακας 2: Οι προδιαγραφές των επιμέρους τμημάτων της μηχανής.

8.3 ΠΟΡΕΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΗΣ ΣΥΓΚΕΚΡΙΜΕΝΗΣ CNC ΦΡΕΖΑΣ

•Βήμα 1^ο

Αρχικά, κόβω τις ράγες και τους ατέρμονες κοχλίες στα επιθυμητά μήκη, χρησιμοποιώντας τροχό σιδήρου. Την ράγα διαμέτρου 16mm την κόβω σε 4 τμήματα μήκους 400mm το κάθε ένα. Την ράγα διαμέτρου 10mm την κόβω σε 2 τμήματα μήκους 200mm το κάθε ένα. Τον ατέρμονα κοχλία διαμέτρου 12mm τον κόβω σε 2 τμήματα μήκους 450mm το κάθε ένα, ενώ τον ατέρμονα διαμέτρου 10mm σε 1 τμήμα μήκους 250mm (αρχικά ήταν 300mm-η παραγγελία).

•Βήμα 2^ο

Μειώνω την διάμετρο των 3 ατερμόνων κοχλιών στα άκρα τους κατά 4mm από την διάμετρο που έχουν τώρα, έτσι ώστε να μην έχω σπείρωμα στα άκρα τους. Αυτό το κάνω, διότι στα άκρα τους θα σφηνώσω τα ρουλεμάν και για να έχω ελάχιστες ανοχές, δεν πρέπει τα ρουλεμάν να στηρίζονται πάνω σε σπείρωμα, γιατί έτσι θα έχω τζόγο. Έτσι λοιπόν, στους δύο ατέρμονες διαμέτρου 12mm μειώνω την διάμετρο στα άκρα τους στα 8mm (εκεί τελειώνει το σπείρωμα) και αντίστοιχα, στον ατέρμονα διαμέτρου 10mm την μειώνω στα 6mm.

Την μείωση των διαμέτρων την έκανα στον τόρνο του Μηχανολογικού Εργαστηρίου του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας.

•Βήμα 3°

Συναρμολογώ τις ράγες με τα στηρίγματά τους και τα γραμμικά ρουλεμάν. Δηλαδή, στην κάθε ράγα περνάω ένα γραμμικό ρουλεμάν. Στην συνέχεια, στα δύο άκρα της κάθε ράγας σφηνώνω τα δύο στηρίγματα αλουμινίου σε απόσταση 10mm από το κάθε άκρο και σφίγγω την βίδα "αλεν" που είναι κάθετη προς το μήκος της ράγας, έτσι ώστε να έχω πολύ σφιχτή συναρμογή μεταξύ ράγας και στηριγμάτων.



Σχήμα 55: Συναρμολόγησα τις ράγες με τα γραμμικά ρουλεμάν και τα στηρίγματα των ραγών.

•Βήμα 4°

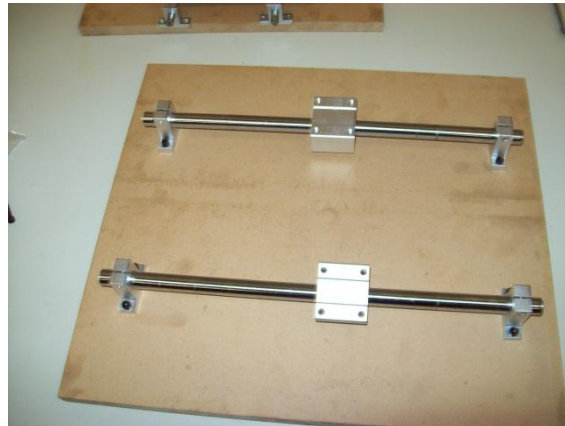
Προγραμματίζω την cnc φρέζα του εργαστηρίου cnc του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, με βάση το σχέδιο που έχω φτιάξει, έτσι ώστε να ανοίξω όλες τις οπές σε όλες τις βάσεις από συνθετικό ξύλο (mdf) που έχω. Έτσι λοιπόν, ανοίγω όλες τις οπές σε όλες τις βάσεις, σύμφωνα με το σχέδιό μου με μεγάλη ακρίβεια.



Σχήμα 56: Ανοίγω όλες τις απαιτούμενες οπές με την cnc φρέζα του εργαστηρίου.

•Βήμα 5°

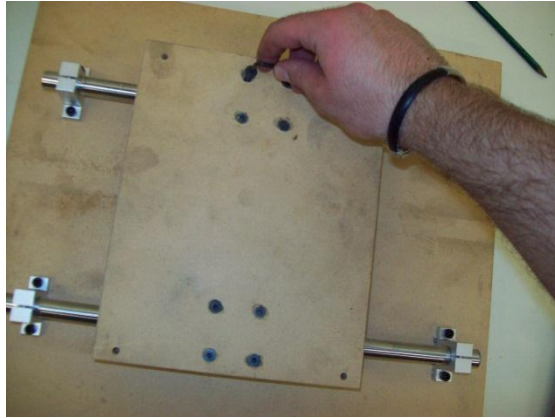
Στερεώνω τις δύο ράγες με τα στηρίγματα τους και τα γραμμικά ρουλεμάν στην κάτω βάση της εργαλειομηχανής. Την στερέωση την κάνω με κοχλίες τύπου "αλεν" Φ5mm. Τοποθετώ δύο κοχλίες σε κάθε στηρίγμα, άρα 4 κοχλίες για την στήριξη της κάθε ράγας. Τοποθετώ τα στηρίγματα στις οπές που έχω ήδη κάνει με την cnc φρέζα του εργαστηρίου.



Σχήμα 57: Συναρμολόγησα τις ράγες με τα στηρίγματα και τα γραμμικά ρουλεμάν στην κάτω βάση.

•Βήμα 6°

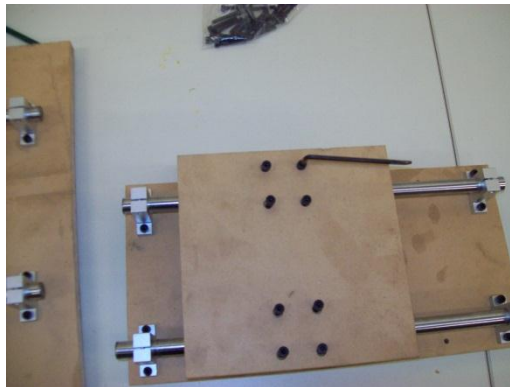
Βιδώνω στα γραμμικά ρουλεμάν της κάτω βάσης (που μόλις έβαλα) την ενδιάμεση βάση της φρέζας μου. Την σύνδεση την κάνω με κοχλίες "αλεν" Φ5mm. Τοποθετώ 4 κοχλίες για την σύνδεση με κάθε γραμμικό ρουλεμάν. Επειδή όμως στην συνέχεια θα τοποθετήσω πάνω από την ενδιάμεση βάση την κάτω βάση του Υ' άξονα, έτσι ώστε οι δύο βάσεις να εφάπτονται, δεν θέλω να προεξέχουν οι κεφαλές των κοχλιών. Για τον λόγο αυτό, έφτιαξα "πατούρες" για τις κεφαλές των ανωτέρω κοχλιών με το δρόπανο του εργαστηρίου. Δηλαδή, έβαλα στο δρόπανο τρυπάνι με διάμετρο ίση με την διάμετρο των κεφαλών των κοχλιών, ρύθμισα τον οδηγό του δρόπανου ώστε να κατεβαίνει το τρυπάνι μέσα στο mdf όσο είναι το ύψος των κεφαλών και έτσι δημιούργησα υποδοχές για τις κεφαλές των κοχλιών ("πατούρες") μέσα στο ξύλο.



Σχήμα 58: Συναρμολογώ την ενδιάμεση βάση με την κάτω βάση μέσω των γραμμικών ρουλεμάν.

•Βήμα 7^ο

Συνδέω τις ράγες με τα στηρίγματα και τα γραμμικά ρουλεμάν στην κάτω βάση του Υ' άξονα και στην συνέχεια, συνδέω την τράπεζα της φρέζας με την βάση αυτή, μέσω των γραμμικών ρουλεμάν. Για να μην προεξέχουν οι κεφαλές των κοχλιών στην τράπεζα της φρέζας, φτιάχνω "πατούρες" με το δράπανο, όπως και στο προηγούμενο βήμα.



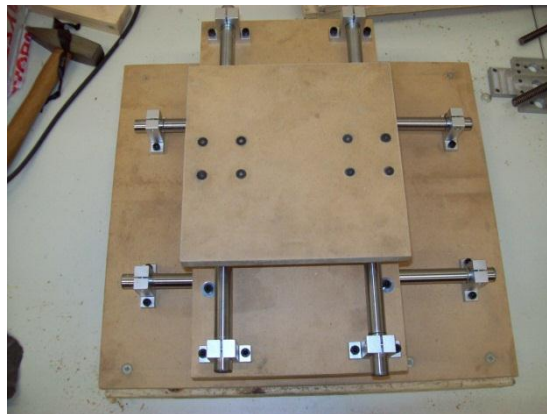
Σχήμα 59: Συναρμολόγηση των ραγών με την κάτω βάση του Υ' άξονα και στην συνέχεια συνδέω την βάση αυτή με την τράπεζα της φρέζας.

•Βήμα 8^ο

Συνδέω την κάτω βάση του Υ' άξονα με την ενδιάμεση βάση έτσι ώστε να εφάπτονται. Στην σύνδεση των δύο βάσεων (με κοχλίες "αλεν" και παξιμάδια), μεταξύ της κεφαλής του κοχλία και του ξύλου και μεταξύ του παξιμαδιού και του ξύλου (από κάτω) τοποθετώ ροδέλες, για να μην τραυματίζω το ξύλο.



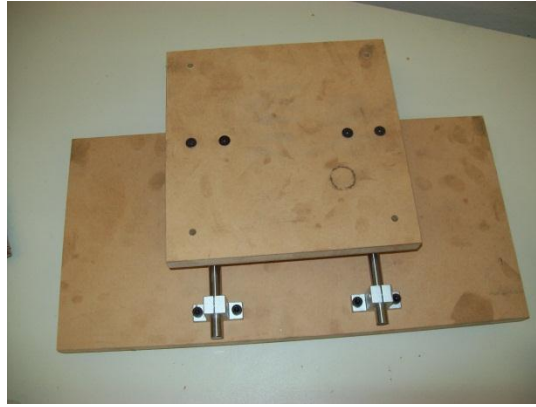
Σχήμα 60: Συναρμολόγηση της κάτω βάσης του Υ' άξονα με την ενδιάμεση βάση (έχω βγάλει εκείνη την στιγμή την τράπεζα και την ξαναβάζω λίγο αργότερα).



Σχήμα 61: Έβαλα ξανά την τράπεζα της φρέζας και φαίνονται τώρα κάτω βάση-ενδιάμεση βάση-κάτω βάση του Υ' άξονα-τράπεζα φρέζας.

•Βήμα 9°

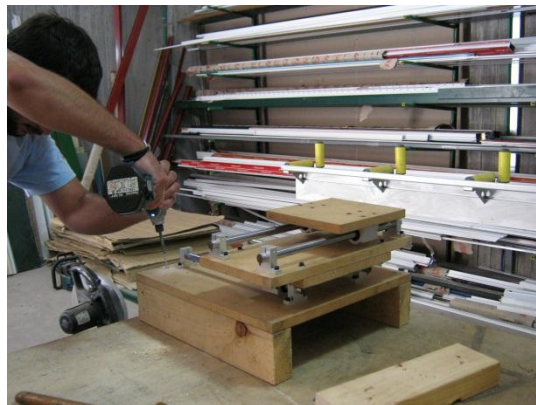
Συναρμολογώ τις κατάλληλες ράγες με τα στηρίγματα και τα γραμμικά ρουλεμάν στην πλάτη της φρέζας. Στην συνέχεια, συνδέω την βάση του Ζ' άξονα, δηλαδή την κινούμενη βάση στην οποία θα στηρίξω αργότερα το dremel, με την πλάτη της φρέζας, δια μέσω των γραμμικών ρουλεμάν.



Σχήμα 62: Συναρμολόγηση των εξής επιμέρους τμημάτων: πλάτη φρέζας, ράγες, κινούμενη βάση του Z' άξονα.

•Βήμα 10°

Συνδέω το πλαίσιο ορθογωνίου παραλληλεπιπέδου (το οποίο είναι αποτελούμενο από καδρόνια) με την κάτω βάση της cnc εργαλειομηχανής μου. Πιο συγκεκριμένα, αρχικά κόβω δύο καδρόνια μήκους 450mm. Τα καδρόνια αυτά τα βιδώνω με ξυλόβιδες Φ5mm στα δύο άκρα της κάτω βάσης, κατά την διεύθυνση του X' άξονα. Έπειτα, κόβω άλλα δύο καδρόνια μήκους 314mm το κάθε ένα. Τα καδρόνια αυτά, τα τοποθετώ στα δύο άκρα της κάτω βάσης κατά την διεύθυνση του Y' άξονα, σφηνώνοντας τα ανάμεσα στα άλλα δύο καδρόνια που έβαλα προηγουμένως. Αφού τα σφηνώσω, τα βιδώνω και αυτά με την κάτω βάση, αλλά τα βιδώνω και μεταξύ τους στα δύο άκρα, όπως δείχνω και στις παρακάτω εικόνες.



Σχήμα 63: Συνδέω κοχλιωτά το πλαίσιο των καδρονίων με την κάτω βάση της εργαλειομηχανής.



Σχήμα 64: Βιδώνω και μεταξύ τους τα επιμέρους καδρόνια.



Σχήμα 65: Ολοκλήρωση την σύνδεση του πλαισίου με την κάτω βάση.

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 65, στα σημεία που συνέδεσα τα επιμέρους καδρόνια μεταξύ τους άνοιξα στην αρχή της κάθε οπής διάμετρο μεγαλύτερη από του κοχλίου. Αυτό το έκανα για να μπουν πιο μέσα οι κοχλίες και να πιάσουν καλά.

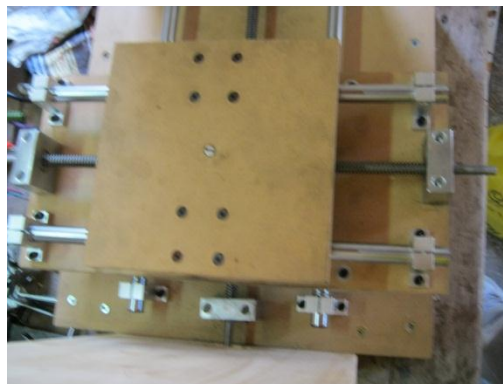
•Βήμα 11°

Τώρα, φτιάχνω τα στηρίγματα των ατέρμωνων κοχλιών και σφηνώνω μέσα τα ρουλεμάν. Την διαδικασία κατασκευής τους την αναφέρω παραπάνω (στο 7.1.2), όπως επίσης και την εικόνα τους την δείχνω παραπάνω (σχήμα 37).

Έπειτα, βιδώνω το περικόχλιο στον κάθε ατέρμονα κοχλία και βάζω τα στηρίγματα στα άκρα του. Στην συνέχεια, τα ευθυγραμμίζω, δηλαδή ευθυγραμμίζω τον άξονα μετάδοσης κίνησης. Αυτό το κάνω μετρώντας την απόσταση του ατέρμονα από τις δύο ράγες με παχύμετρο ακρίβειας 1/100mm (0,01mm). Παίρνω μετρήσεις και στα δύο άκρα του άξονα. Τελικά, συγκρατώ τα στηρίγματα του άξονα με σφιγκτήρες, στο σημείο που βρίσκονται ακριβώς στην μέση από τις δύο ράγες και έτσι βρίσκονται και σε απόλυτη ευθυγράμμιση. Τώρα, περιστρέφω δοκιμαστικά με το χέρι μου τον ατέρμονα για να δω εάν κινείται άνετα. Τέλος, βιδώνω (εφόσον περιστρέφεται άνετα) τα στηρίγματα στο σημείο αυτό. Τα παραπάνω τα κάνω για κάθε έναν από τους 3 άξονες κίνησης (X', Y', Z'). Εάν σε κάποιον άξονα κίνησης δεν

περιστρέφεται άνετα ο ατέρμονας, μετατοπίζω προς την μία πλευρά τα στηρίγματα, μερικά εκατοστά του χιλιοστού και ξαναδοκιμάζω. Αυτό μπορεί να συμβεί λόγω του ότι το ξύλο μπορεί να στρεβλώσει σε κάποια σημεία του κατά έναν ελάχιστο βαθμό, λόγω υγρασίας. Πάντα όμως, ο άξονας πρέπει να είναι σε απόλυτα ευθύγραμμη θέση.

Μετά, σε κάθε άξονα κίνησης, βιδώνω το περικόχλιο του ατέρμονα με το κέντρο της από πάνω βάσης. Αυτό το κάνω, αφενός για να εδράζεται καλά το περικόχλιο με την από πάνω βάση ώστε να μεταδίδεται η κίνηση και αφετέρου, για να στηρίζεται ο άξονας (ο ατέρμονας) και στο μέσον του, ώστε να μην δημιουργείται βέλος κάμψης. Προηγουμένως βέβαια, έχω τρυπήσει το κάθε περικόχλιο στο δρόπανο με τρυπάνι $\Phi 5\text{mm}$ και έχω φτιάξει σπείρωμα μέσα στην οπή με "κολαούζο" 5mm .



Σχήμα 66: Ευθυγραμμισμένοι και στερεωμένοι άξονες μετάδοσης κίνησης και βιδωμένο στο κέντρο το περικόχλιό τους με την από πάνω βάση (η βίδα που κρατάει το περικόχλιο στον Y' άξονα φαίνεται στο κέντρο της τράπεζας).

•Βήμα 12^ο

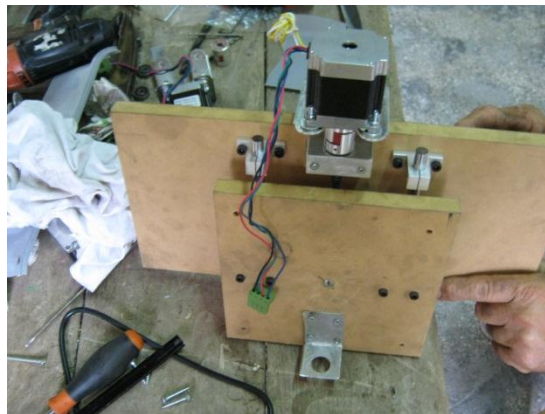
Τώρα, στερεώνω τις δύο κατακόρυφες βάσεις της εργαλειομηχανής μου. Τις στερεώνω έτσι ώστε το κέντρο της κάθε κατακόρυφης βάσης να συμπίπτει με το κέντρο της κάτω βάσης κατά την διεύθυνση του Y' άξονα. Αυτό το κάνω αφήνοντας περιθώριο από κάθε γωνία κατά μήκος του Y' άξονα 75mm . Όσο αναφορά τώρα τον τρόπο στερέωσης, στερεώνω την κάθε κατακόρυφη βάση κοχλιωτά, με 5 ξυλόβιδες $\Phi 5\text{mm}$ σε κάθε βάση. Τοποθετώ δύο δεξιά, δύο αριστερά και μία βίδα στην μέση. Στην μία από τις δύο κατακόρυφες βάσεις, ανοίγω και μία οπή $\Phi 45\text{mm}$, σε ύψος $137,486\text{mm}$ από το κάτω μέρος και στην μέση του πλάτους, για να στηριχθεί στην συνέχεια εδώ ο κινητήρας που θα αποδίδει την κίνηση στον X' άξονα.



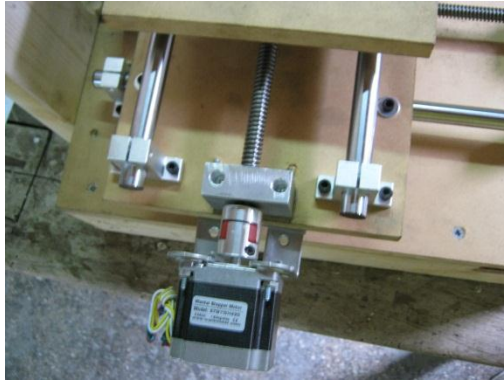
Σχήμα 67: Στερέωση των κατακόρυφων βάσεων.

•Βήμα 13^ο

Στερέωση των κινητήρων στην μηχανή. Στους άξονες Y' και Z' στερεώνω τους κινητήρες με γωνιές. Στον X' άξονα κίνησης, στερεώνω τον κινητήρα βιδώνοντάς τον επάνω στην κατακόρυφη ξύλινη βάση. Πριν στερεώσω στην μηχανή τον κάθε κινητήρα, στερεώνω στον άξονά του το κοπλερ. Μετά, βάζω τον κινητήρα έτσι ώστε ο άξονάς του, να είναι σε απόλυτα ευθυγραμμισμένη θέση με τον άξονα μετάδοσης της κίνησης (με τον ατέρμονα δηλαδή). Δηλαδή, φροντίζω τα κέντρα των δύο αξόνων που συνδέω να βρίσκονται στην ίδια ευθεία. Αυτό το επιτυγχάνω βάζοντας διάφορες προσθήκες κάτω απ' τις γωνιές.



Σχήμα 68: Στερέωση κινητήρα στον Z' άξονα.



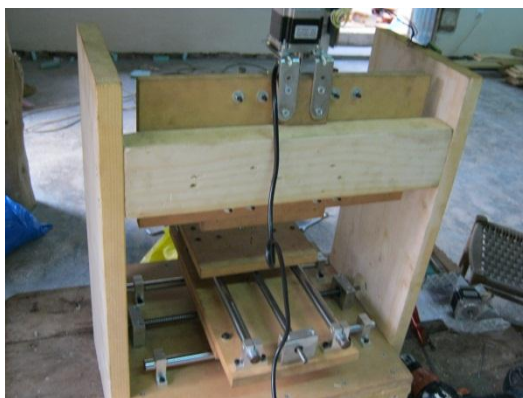
Σχήμα 69: Στερέωση κινητήρα στον Y' άξονα.



Σχήμα 70: Στερέωση κινητήρα στον X' άξονα.

•Βήμα 14°

Στήριξη της οριζόντιας δοκού, πάνω στην οποία θα βιδωθεί στην συνέχεια η πλάτη της φρέζας. Κατ' αρχήν, έκοψα με έναν τροχό για ξύλο μία δοκό μήκους 450mm. Έπειτα, βίδωσα την πλάτη της φρέζας στην οριζόντια αυτή δοκό. Στην συνέχεια, μέτρησα και σημάδεψα σε ποιο ακριβώς σημείο πρέπει να τοποθετηθεί η δοκός και κατά την διεύθυνση του Y' και κατά την διεύθυνση του Z', σύμφωνα με το σχέδιό μου. Έτσι λοιπόν σφήνωσα την δοκό ανάμεσα στις δύο κατακόρυφες βάσεις, την έφερα στο επιθυμητό σημείο, την έσφιξα με ένα σφιγκτήρα μεγάλου μήκους και την βίδωσα με 3 κοχλίες στην μία κατακόρυφη βάση και με 3 κοχλίες στην άλλη βάση.



Σχήμα 71: Στήριξα την πλάτη στην οριζόντια δοκό και την οριζόντια δοκό ανάμεσα από τις δύο κατακόρυφες βάσεις.



Σχήμα 72: Στήριξη της οριζόντιας δοκού στο ένα άκρο.



Σχήμα 73: Στήριξη της οριζόντιας δοκού στο άλλο άκρο.

Βήμα 15°

Στήριξη του κοπτικού μηχανήματος (dremel). Το dremel το στηρίζω στην κινούμενη βάση του Z' άξονα μέσω ιδιοκατασκευών που έφτιαξα.



Σχήμα 74: Στήριξη του dremel στην κινούμενη βάση του Z' άξονα.

•Βήμα 16°

Σύνδεση τερματικών διακοπών και emergency stop με τα καλώδια και με την πλακέτα. Πιο συγκεκριμένα, για την σύνδεση του κάθε τερματικού διακόπτη έχω:

- Συνδέω την επαφή "normal open" του τερματικού διακόπτη με μια συγκεκριμένη υποδοχή στην πλακέτα (την εκάστοτε υποδοχή στην πλακέτα την βρίσκω από το τεχνικό εγχειρίδιο της συγκεκριμένης πλακέτας που έχω από τον κατασκευαστή της).
- Την επαφή "normal close" του τερματικού διακόπτη την αφήνω ελεύθερη.
- Τέλος, το "com" του τερματικού διακόπτη είναι το κοινό, δηλαδή η γείωση. Τις γειώσεις όλων των τερματικών διακοπών τις συνδέω μεταξύ τους, με την μία επαφή του emergency stop και στο τέλος με την πλακέτα.

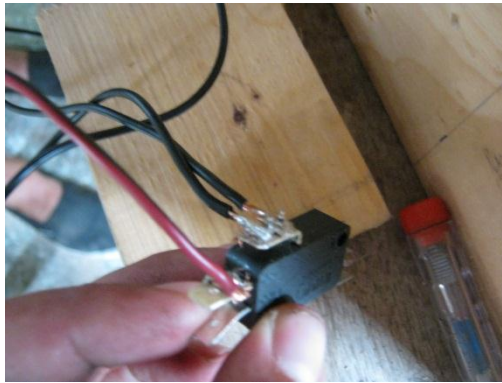
Στον κάθε τερματικό διακόπτη λοιπόν βλέπω τις εξής ενδείξεις:

- No: Normal Close= Φυσιολογικά ανοιχτό
- Nc: Normal Close= Φυσιολογικά κλειστό
- C: Com (Common)= Κοινό (η γείωση)

Όσο αναφορά την σύνδεση των καλωδίων, έχω: Υπολογίζω και κόβω το μήκος του κάθε καλωδίου. Μετά, στα δύο άκρα του κάθε καλωδίου αφαιρώ την πλαστική επικάλυψη για να κάνω τις επιθυμητές συνδέσεις. Για την σύνδεση του κάθε καλωδίου με την πλακέτα, συνδέω το ένα άκρο στην πλακέτα χρησιμοποιώντας ένα μικρό κατσαβίδι. Το άλλο άκρο το κολάω στην επαφή "no" με ηλεκτρικό κολλητήρι. Για την σύνδεση των γειώσεων τώρα, συνδέω το ένα άκρο του ενός καλωδίου με το "com" του ενός τερματικού διακόπτη. Το άλλο άκρο του καλωδίου με το "com" του άλλου τερματικού διακόπτη. Μετά, με άλλο καλώδιο συνδέω τα επόμενα δύο "com". Με άλλο μετά συνδέω το τελευταίο "com" με την μία επαφή του emergency stop και τέλος, συνδέω με την πλακέτα. Την άλλη επαφή του emergency stop την συνδέω απ' ευθείας με την πλακέτα.

Τις κολλήσεις στις επαφές όπως είπα τις κάνω με ηλεκτρικό κολλητήρι και την κατάλληλη κόλλα με την μορφή σύρματος. Μετά, καλύπτω τις συνδέσεις με μονωτική

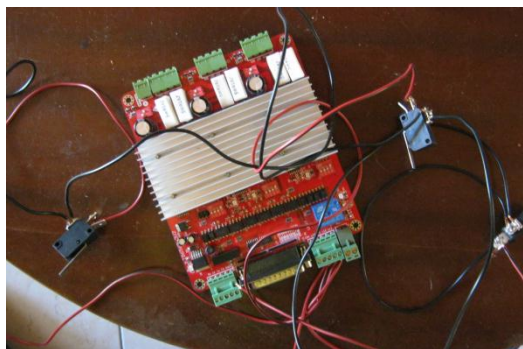
ταινία, ώστε να μην μένουν εκτεθειμένες οι ίνες χαλκού των καλωδίων και δημιουργηθεί βραχυκύκλωμα.



Σχήμα 75: Οι συνδέσεις στον ένα τερματικό διακόπτη. Με κόκκινο καλώδιο συνδέω τα "no" με την πλακέτα, με μαύρο καλώδιο συνδέω τις γειώσεις. Τα καλώδια τα έχω κολλήσει στις επαφές.



Σχήμα 76: Το ηλεκτρικό κολλητήρι και η κόλλα με την μορφή σύρματος με τα οποία κολλάω τα καλώδια.



Σχήμα 77: Συνέδεσα τους τερματικούς διακόπτες μέσω καλωδίων με την πλακέτα.

•Βήμα 17°

Στηρίζω τώρα τους τερματικούς διακόπτες και το emergency stop στα κατάλληλα σημεία. Δηλαδή, τους τερματικούς διακόπτες τους συνδέω στο ένα

τέρμα/όριο της διαδρομής και το emergency stop σε κάποιο βολικό σημείο, ώστε να μπορώ να το πατήσω γρήγορα σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.



Σχήμα 78: Οι τερματικοί διακόπτες και το emergency stop στερεωμένα (το emergency stop είναι στερεωμένο στο λαμάκι που φαίνεται στην κατακόρυφη βάση αριστερά).

•Βήμα 18°

Ρύθμιση των διακοπών της πλακέτας. Με τους διακόπτες αυτούς, ρυθμίζω το μέγιστο ρεύμα που θέλω να περνάει στον κάθε βηματικό κινητήρα (1,875-περίπου 2 A), ρυθμίζω την ταχύτητα σε συνάρτηση με την φθορά, ρυθμίζω να έχω μικροβηματισμό (microstepping) 1/16 step ώστε να έχω ομαλή λειτουργία.

8.4 ΙΔΙΟΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

8.4.1 Ιδιοκατασκευή για την συγκράτηση των τεμαχίων προς επεξεργασία

Την συγκράτηση των τεμαχίων την κάνω στην τράπεζα της φρέζας. Για την συγκράτηση λοιπόν των προς επεξεργασία τεμαχίων έφτιαξα το εξής σύστημα, την εξής ιδιοκατασκευή: Από μία χαλύβδινη πλάκα πάχους 4mm έκοψα δύο λαμάκια περιμετρικών διαστάσεων 40x55mm. Στην συνέχεια, τρύπησα τα δύο αυτά λαμάκια στο μέσον τους με τρυπάνι Φ6mm στο δράπανο. Έπειτα, άνοιξα και δύο οπές Φ7mm στην τράπεζα της φρέζας. Από τις δύο οπές που έφτιαξα στην τράπεζα, περνάω δύο κοχλίες Φ6mm από το κάτω μέρος της προς τα πάνω (έτσι ώστε η κεφαλή του κάθε κοχλία να ακουμπήσει στην από κάτω επιφάνεια της τράπεζας). Στο άνω μέρος της τράπεζας περνάω τον κοχλία και μέσα από την οπή που έφτιαξα στο λαμάκι. Έτσι λοιπόν τώρα, για να στηρίξω ένα τεμάχιο που θέλω να το κατεργαστώ, το στηρίζω με

τα δύο λαμάκια, τα οποία τα τοποθετώ έτσι ώστε να συγκρατούν τα δύο άκρα του εκάστοτε τεμαχίου (για να τα φέρω στο επιθυμητό ύψος χρησιμοποιώ προσθήκες) και σφίγγω τα περικόχλια στους κοχλίες. Η ιδιοκατασκευή αυτή βέβαια γίνεται πιο κατανοητή με την παρακάτω εικόνα.

8.4.2 Ιδιοκατασκευή για την συγκράτηση του κοπτικού μηχανήματος (του dremel)

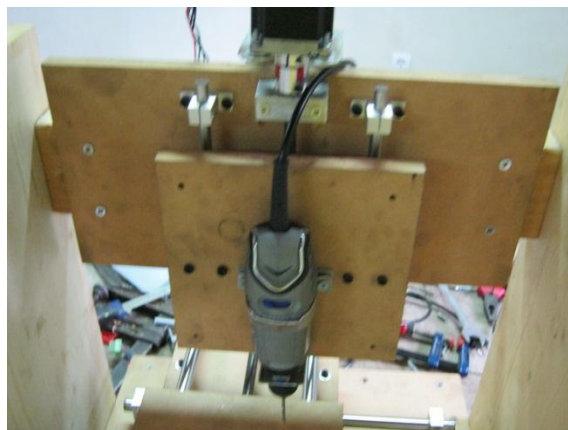
Η δεύτερη ιδιοκατασκευή που έφτιαξα είναι για την συγκράτηση του κοπτικού μηχανήματος, δηλαδή του “πολυεργαλείου dremel”. Η ιδιοκατασκευή αυτή αποτελείται από δύο μέρη:

1^ο Μέρος:

Κόβω από ένα έλασμα αλουμινίου πάχους 1mm ένα μακρόστενο τμήμα διαστάσεων 170x15mm. Με το μακρόστενο αυτό έλασμα που έκοψα, “αγκαλιάζω” το dremel περίπου στο μέσον του και βιδώνω το έλασμα στα άκρα του, δηλαδή δεξιά και αριστερά του dremel, ώστε να το κρατάει στην θέση του. Πίσω όμως από το dremel στο σημείο αυτό, στην επαφή με την βάση του Z’ άξονα τοποθετώ πλαστικές προσθήκες, για να είναι το dremel σε απόλυτη ευθυγράμμιση (την ευθυγράμμιση την ελέγχω με αλφάδι).

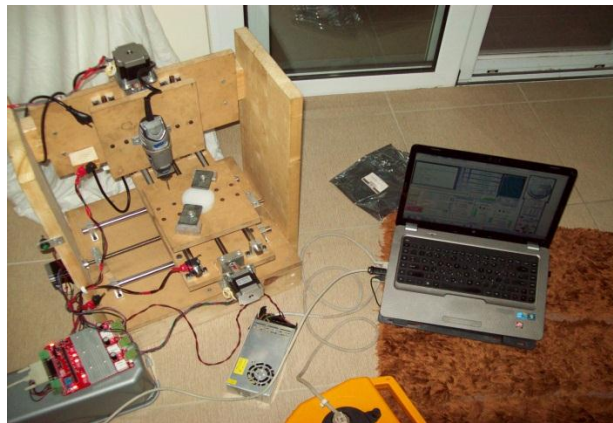
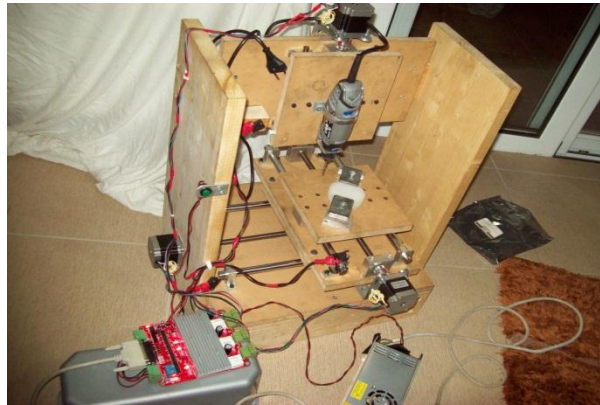
2^ο Μέρος

Φτιάχνω μία υποδοχή για να στηρίξω το dremel στο κάτω μέρος του. Η υποδοχή αυτή είναι μία γωνιά αλουμινίου, όπου στην μία πλευρά ανοίγω μία οπή ώστε να διέρχεται το άκρο του dremel και στην άλλη πλευρά της γωνιάς, ανοίγω 4 οπές Φ4mm για να βιδώσω την γωνιά αυτή στην βάση του Z’ άξονα.



Σχήμα 79: Οι ιδιοκατασκευές συγκράτησης του dremel.

Έτσι λοιπόν ολοκληρώθηκε η κατασκευή της cnc φρέζας.



Σχήμα 80: Η cnc φρέζα ολοκληρωμένη.

8.5 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΜΕ ΤΗΝ ΕΝ ΛΟΓΩ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗ

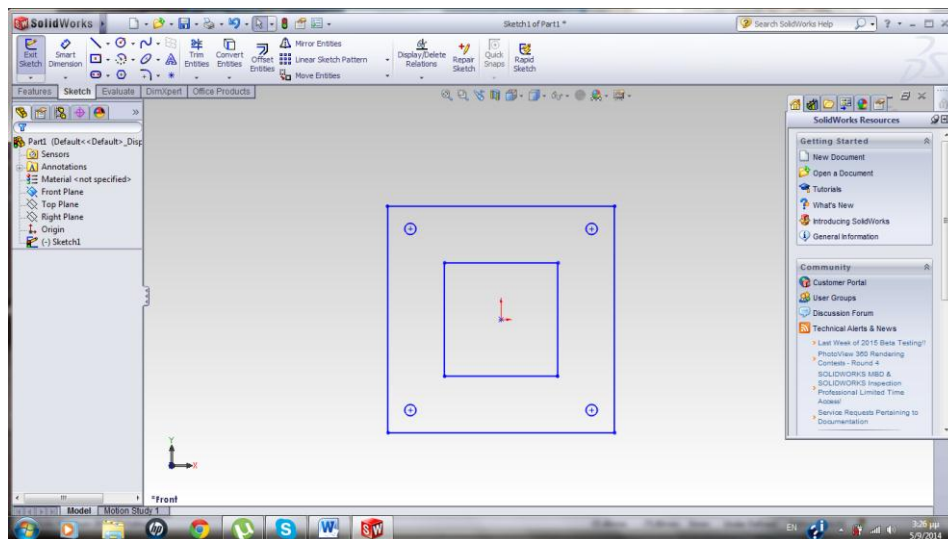
Για να κατασκευάσω το πρόγραμμα για μια κατεργασία με την συγκεκριμένη cnc εργαλειομηχανή, χρησιμοποιώ τα εξής 3 λογισμικά: (α) Το Solidworks, το οποίο είναι το πρόγραμμα CAD που χρησιμοποιώ. (β) Το LazyCam, το οποίο είναι το πρόγραμμα CAM που χρησιμοποιώ. (γ) Το Mach3, το οποίο είναι το λογισμικό με το οποίο επικοινωνεί η συγκεκριμένη πλακέτα (TB6560).

8.5.1 Λογισμικό Solidworks (CAD)

Το Solidworks είναι το σχεδιαστικό πρόγραμμα που χρησιμοποιώ, δηλαδή είναι το πρόγραμμα CAD. Εδώ δηλαδή, σχεδιάζω το επιθυμητό τεμάχιο το οποίο θέλω να φτιάξω, με τις ακριβείς βέβαια διαστάσεις του. Αφού σχεδιάσω το επιθυμητό αντικείμενο, σώζω το αρχείο ως αρχείο DXF. Αυτό το κάνω, γιατί μόνο έτσι (ως αρχείο dxf) μπορώ στην συνέχεια να “τραβήξω” αυτό το αρχείο με το σχέδιο στο λογισμικό LazyCam.

Στο Solidworks μπορώ να φτιάξω και δισδιάστατα σχέδια και τρισδιάστατα. Επίσης, ένα πολύ σημαντικό προτέρημα, είναι ότι εάν έχω να σχεδιάσω ένα πολύπλοκο σχέδιο, μπορώ το χωρίσω (νοητά) σε επιμέρους τμήματα, να σχεδιάσω τα επιμέρους τμήματα και στην συνέχεια να τα συναρμολογήσω. Ακόμα, στο Solidworks έχω την δυνατότητα να ελέγξω την μηχανική αντοχή του τεμαχίου που σχεδιάζω (με βάση τις φορτίσεις που δέχεται) με την μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, με αποτέλεσμα ο έλεγχος της αντοχής να γίνεται πιο εύκολα, αλλά και πολύ πιο γρήγορα.

Άρα λοιπόν, με το Solidworks, μελετώ και σχεδιάζω το τεμάχιο που θέλω να φτιάξω, με ακρίβεια, σχετική ευκολία και σε μικρό χρονικό διάστημα. Για αυτό το λόγο, το λογισμικό Solidworks είναι από τα πιο διαδεδομένα λογισμικά CAD που κυκλοφορούν στην αγορά.

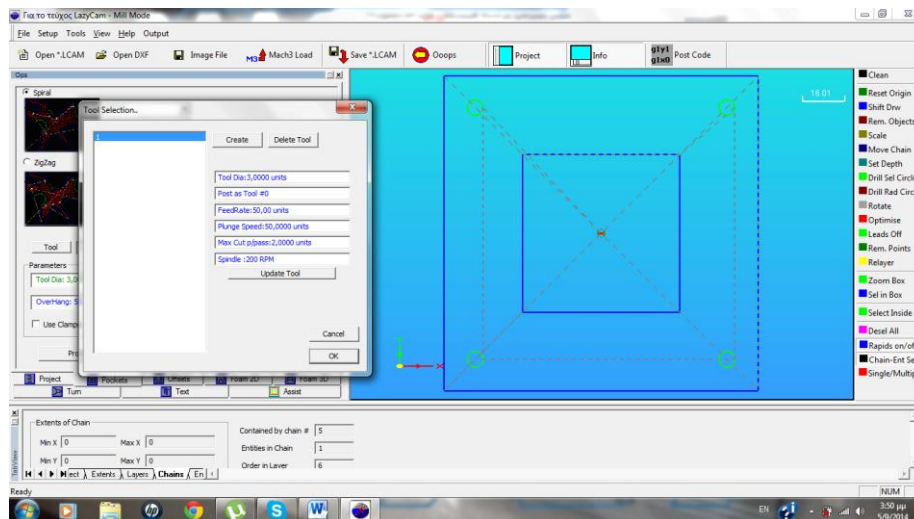


Σχήμα 81: Το περιβάλλον του Solidworks και ένα δισδιάστατο σχέδιο που έχω φτιάξει.

8.5.2 Λογισμικό LazyCam (CAM)

Το LazyCam, είναι το λογισμικό CAM που χρησιμοποιώ (θυμίζω ότι CAM=Computer Aided Manufacturing). Δηλαδή, με το LazyCam προγραμματίζω την cnc εργαλειομηχανή μου. Λέω δηλαδή στην μηχανή μου, τι ακριβώς πρέπει να κάνει για να παραχθεί το επιθυμητό τεμάχιο (το οποίο έχει σχεδιαστεί στο Solidworks). Πιο συγκεκριμένα, στο LazyCam δηλώνω τα εξής: (α) Την πορεία που πρέπει να ακολουθήσει το κοπτικό μου εργαλείο. (β) Δηλώνω τι κοπτικό εργαλείο θα χρησιμοποιήσω (τα χαρακτηριστικά του). (γ) Δηλώνω τις συνθήκες κατεργασίας (πρόωση, ταχύτητα κοπής, βάθος κοπής, πάσα/περάσματα, ταχύτητα περιστροφής). (δ) Δηλώνω τι αντιστάθμιση θέλω να έχω και ποια θέλω να είναι η φορά του κοπτικού εργαλείου.

Τα παραπάνω τα κάνω όμως, αφού έχω “τραβήξει” το αρχείο Solidworks που έφτιαξα προηγουμένως και είναι σε μορφή dxf. Αυτό το κάνω ως εξής: Μόλις ανοίξω το LazyCam, πατάω “OPEN DXF”, επιλέγω το κατάλληλο αρχείο, μετά επιλέγω “MILL” (φρέζα) και το ανοίγω. Στην συνέχεια κάνω τα παραπάνω. Κατά την διάρκεια των παραπάνω ρυθμίσεων, έχω διαθέσιμο στο περιβάλλον του LazyCam το σχέδιο που μόλις άνοιξα, το οποίο το έφτιαξα προηγουμένως στο Solidworks. Στο τέλος, για να αποθηκευτεί το αρχείο πατάω “POST CODE”.



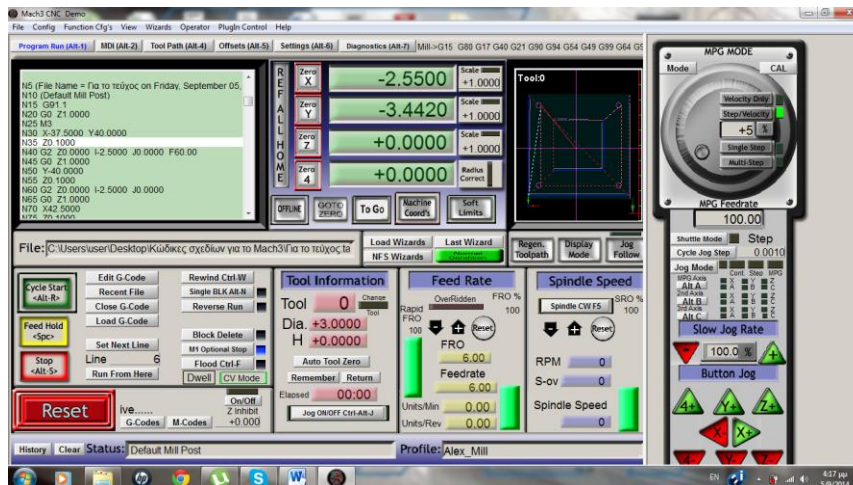
Σχήμα 82: Το περιβάλλον του LazyCam, με το σχέδιο που έφτιαξα προηγουμένως και τις ρυθμίσεις του κοπτικού εργαλείου και των συνθηκών κατεργασίας (οι διακεκομμένες γραμμές είναι η πορεία του κοπτικού εργαλείου).

8.5.3 Λογισμικό Mach3

Το λογισμικό Mach3, είναι το λογισμικό του οποίου αντιλαμβάνεται τα ερεθίσματα, τις εντολές, η συγκεκριμένη πλακέτα, δηλαδή ο driver TB6560. Με το Mach3 λοιπόν, εξάγω τον κώδικα, το πρόγραμμα της κατεργασίας δηλαδή, με βάση το σχέδιο που έφτιαξα στο Solidworks και τις ρυθμίσεις που έκανα στο LazyCam. Στην συνέχεια, στέλνω τον κώδικα αυτό στην πλακέτα και απ' την πλακέτα φεύγουν οι κατάλληλες εντολές προς τους κινητήρες, και το κοπτικό μηχάνημα (dremel).

Επίσης όμως, εάν η κατεργασία είναι απλή και δεν χρειάζεται να φτιάξω σχέδιο, μπορώ να φτιάξω τον κώδικα εγώ, πληκτρολογώντας τον απ' ευθείας στο Mach3. Ακόμα, μπορώ να κινώ τους κινητήρες πατώντας τα κατάλληλα βελάκια και κάνοντας τις ρυθμίσεις (πρόωση, ταχύτητα περιστροφής κ.λ.π.) απ' ευθείας από το Mach3.

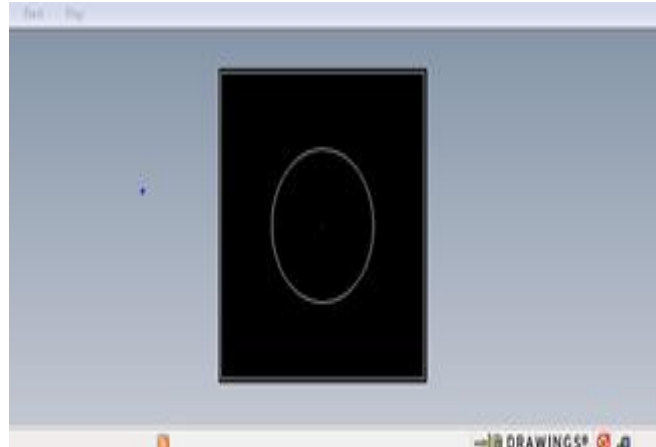
Αφού εξάγω τον κώδικα, πατώντας μία μία την κάθε γραμμή εντολών (block), βλέπω πως αυτή η γραμμή εντολών εκτελείται στο σχέδιο που έχω φτιάξει, το οποίο εμφανίζεται στο περιβάλλον του Mach3.



Σχήμα 83: Το περιβάλλον του Mach3 με τον κώδικα του σχεδίου που έφτιαξα πριν πάνω αριστερά και το σχέδιο πάνω δεξιά.

8.6 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΑΠΑΝΩ ΨΗΦΙΑΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΗ ΦΡΕΖΑ

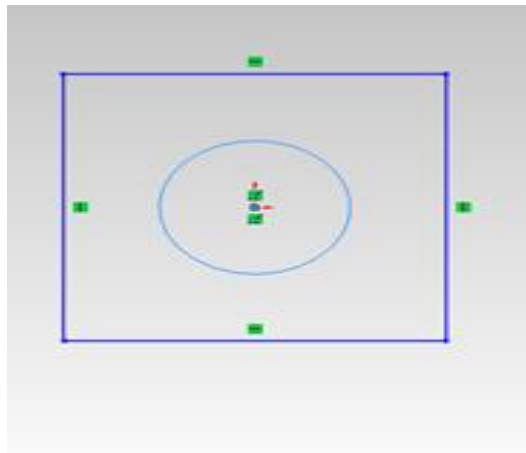
Χαράζω σε κυκλική πλάκα (Φ70mm) πολυαιθυλενίου το εξής σχήμα:



Σχήμα 84: Το επιθυμητό τελικό τεμάχιο.

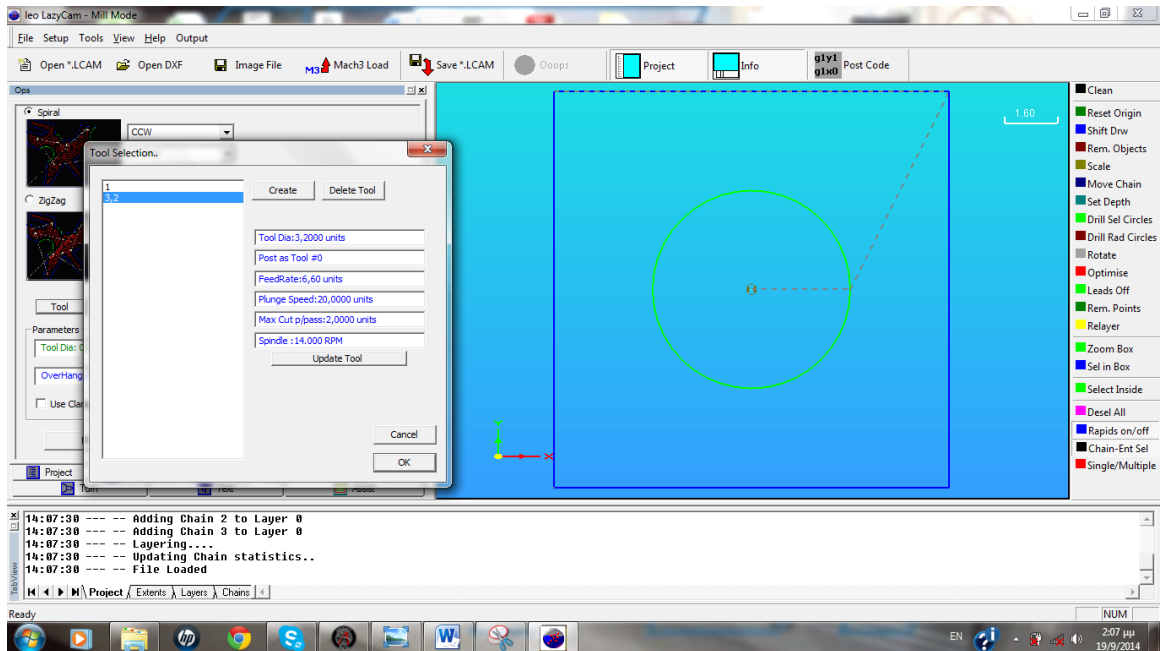
Τα ανωτέρω τα χαράζω σε βάθος 2mm. Η πορεία που ακολουθώ για να κατασκευάσω το παραπάνω πρόγραμμα είναι η εξής:

- 1) Σχεδιάζω το επιθυμητό τελικό τεμάχιο στο Solidworks.



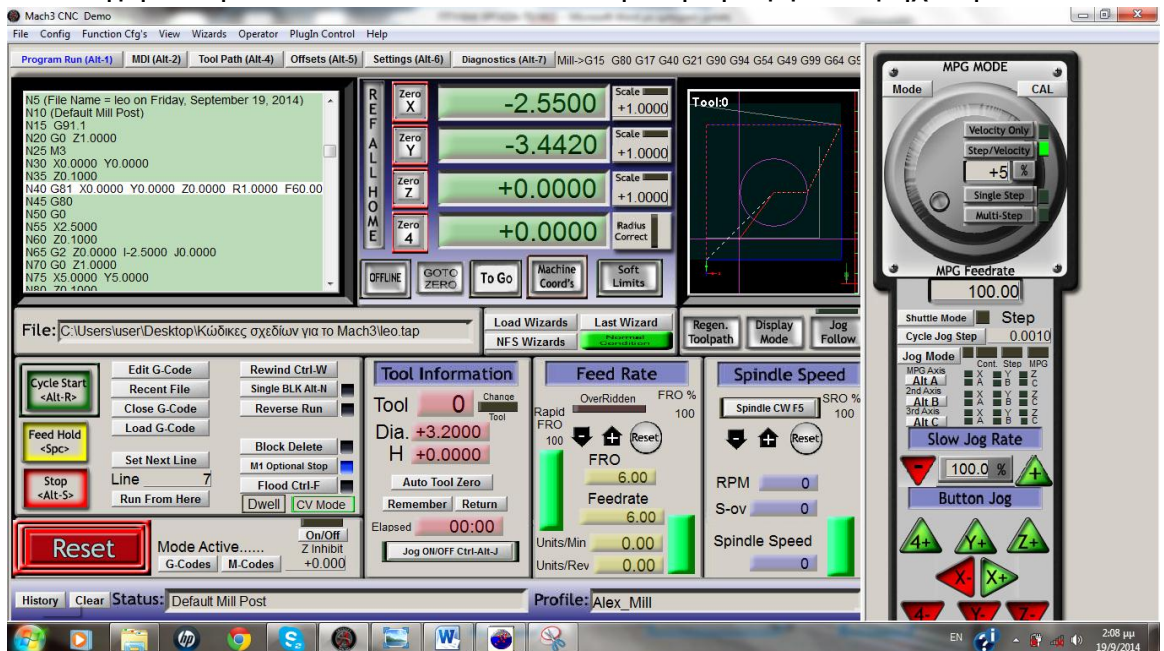
Σχήμα 85: Το τελικό επιθυμητό τεμάχιο-η επιθυμητή χάραξη.

- 2) Προγραμματίζω την εργαλειομηχανή μου-δηλαδή της λέω τι ακριβώς πρέπει να κάνει- με το LazyCam.



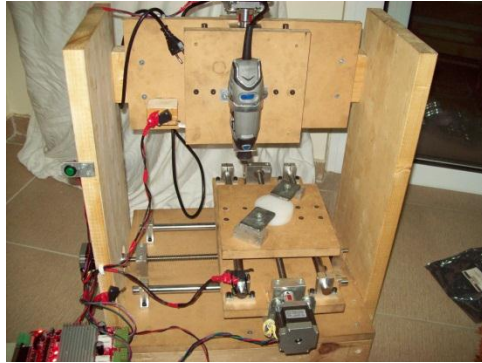
Σχήμα 86: Κάνω τις ρυθμίσεις στο LazyCam ώστε να εξαχθεί ο κώδικας (εδώ, στην εικόνα αυτή φαίνονται οι ρυθμίσεις του κοπτικού εργαλείου και οι συνθήκες κατεργασίας).

- 3) Εξάγω τον κώδικα με το Mach3 και έτσι είναι έτοιμο το Mach3 ώστε να καθοδηγήσει την πλακέτα και κατ' επέκταση όλη την εργαλειομηχανή.



Σχήμα 87: Το περιβάλλον του Mach3. Πάνω αριστερά φαίνεται ο κώδικας, κάτω οι πληροφορίες του κοπτικού εργαλείου ("tool information") κ.λ.π..

Έτσι, στερεώνω τώρα κατάλληλα το πρόπλασμα πολυαιθυλενίου με την ιδιοκατασκευή συγκράτησης που έφτιαξα προηγουμένως, πατάω "Reset" και εκτελείται η κατεργασία.



Σχήμα 91: Στήριξη στην τράπεζα της φρέζας το πρόπλασμα πολυαιθυλενίου.

Οι εικόνες του τελικού επιθυμητού τεμαχίου είναι η εξής:



Σχήμα 92: Το τελικό επιθυμητό τεμάχιο κατά την κατεργασία του.

| | |
|--|-------------------------|
| N5 (File Name = leo on Friday, September 19, 2014) | N85 G42 |
| N10 (Default Mill Post) | N90 G1 X-5.0000 Z0.0000 |
| N15 G91.1 | N95 G0 Z1.0000 |
| N20 G0 Z1.0000 | N100 X5.0000 |
| N25 M3 | N105 Z0.0000 |
| N30 X0.0000 Y0.0000 | N110 G1 Y-5.0000 |
| N35 Z0.1000 | N115 X-5.0000 |
| N40 G81 X0.0000 Y0.0000 Z0.0000 R1.0000 F60.00 | N120 G40 |
| N45 G80 | N125 G0 Z1.0000 |
| N50 G0 | N130 Y5.0000 |
| N55 X2.5000 | N135 Z0.0000 |
| N60 Z0.1000 | N140 G1 Y-5.0000 |
| N65 G2 Z0.0000 I-2.5000 J0.0000 | N145 G0 Z1.0000 |
| N70 G0 Z1.0000 | N150 M5 |
| N75 X5.0000 Y5.0000 | N155 M30 |
| N80 Z0.1000 | |

Πίνακας 3: Ο κώδικας του κατεργαζόμενου τεμαχίου.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Έτσι λοιπόν ολοκληρώθηκε η πτυχιακή αυτή εργασία. Η πορεία που ακολουθήθηκε για την κατασκευή της εν λόγω CNC μικρο-φρέζας, συνοπτικά είναι η εξής: Κόπηκαν οι ράγες και οι ατέρμονες κοχλίες στα επιθυμητά μήκη και διαμορφώθηκαν οι ατέρμονες στα άκρα τους. Στην συνέχεια, συναρμολογήθηκαν οι ράγες με τα γραμμικά ρουλεμάν και τα στηρίγματά τους και στους τρεις άξονες κίνησης, αφού όμως πρώτα ανοίχθηκαν όλες τις απαιτούμενες οπές στην CNC φρέζα του εργαστηρίου. Μετά στηρίχθηκε η κάτω βάση της φρέζας στο πλαίσιο ορθογωνίου παραλληλογράμμου (το οποίο αποτελείται από καδρόνια). Έπειτα, κατασκευάστηκαν τα στηρίγματα των ατερμόνων και σφηνώθηκαν μέσα τα ρουλεμάν και μετά έγιναν οι ευθυγραμμίσεις των αξόνων και οι στηρίξεις στο μέσον τους (στο περικόχλιό τους). Ύστερα, συναρμολογήθηκαν όλες οι επιμέρους βάσεις, συμπεριλαμβανομένων των κατακόρυφων βάσεων, της οριζόντιας δοκού και της πλάτης της φρέζας. Κατόπιν, στηρίχθηκαν κατάλληλα οι κινητήρες (με γωνιές στους Y' και Z' άξονες και απ' ευθείας στο ξύλο στον X') και στηρίχθηκε το dremel, ενώ κατασκευάστηκε και σύστημα συγκράτησης των προς επεξεργασίας τεμαχίων. Τέλος, συνδέθηκαν κατάλληλα οι τερματικοί διακόπτες και το emergency stop και ρυθμίστηκε η πλακέτα.

Με την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας, κατανόησα κατά πολύ την λειτουργία αλλά και την χρησιμότητα των CNC εργαλειομηχανών. Οι εργαλειομηχανές αυτές, προσδίδουν τεράστια οφέλη στις σύγχρονες βιομηχανίες, καθώς ο απαιτούμενος χρόνος για την παραγωγή ενός προϊόντος είναι πολύ μικρότερος από ότι ο απαιτούμενος χρόνος της παραγωγής του ίδιου ακριβώς προϊόντος, από μια αντίστοιχη συμβατική εργαλειομηχανή. Έτσι, με τις CNC εργαλειομηχανές αυξάνεται κατά πολύ η παραγωγικότητα. Ένα ακόμη πολύ μεγάλο πλεονέκτημα των εργαλειομηχανών αυτών, είναι η τεράστια ακρίβεια που πετυχαίνουν στις κατεργασίες (έως και μερικά χιλιοστά του χιλιοστού). Τα πλεονεκτήματα αυτά, όπως και τα υπόλοιπα που αναφέρονται αλλά και διαπιστώνονται στην παρούσα εργασία, καθιστούν τις βιομηχανίες στις μέρες μας ανταγωνιστικές. Για τον λόγο αυτό, όλο και περισσότερες βιομηχανίες παγκοσμίως υιοθετούν

την τεχνολογία CNC και δαπανούν για αυτήν τεράστια χρηματικά ποσά (αυτό συμβαίνει τα τελευταία χρόνια και σε ελληνικές βιομηχανίες, κάτι το οποίο φυσικά είναι μόνο ενθαρρυντικό).

Τα προσωπικά οφέλη από την ενασχόλησή μου με την εργασία αυτή είναι τεράστια, καθόσον είχα την δυνατότητα να ερευνήσω σε μεγάλο βαθμό την τεχνολογία αυτή και να ενστερνιστώ τις αρχές της.

Κατά την έρευνα, τον σχεδιασμό και την κατασκευή που πραγματοποίησα για την εν λόγω εργασία, εξοικειώθηκα με πολλά συστήματα που γνώριζα μόνο θεωρητικά, όπως με τα συστήματα μετάδοσης κίνησης, την σημασία της ακρίβειας στην ευθυγράμμιση και στις επιμέρους κατεργασίες, το διάβασμα και τη δημιουργία ηλεκτρικών κυκλωμάτων, την χρήση τερματικών διακοπών κ.α..

Επίσης, κατά την εκπόνηση της πτυχιακής μου εργασίας είχα την ευκαιρία να εξασκηθώ σε μεγάλο βαθμό στο μηχανολογικό σχέδιο, αφού όλα τα στοιχεία της μηχανής μου τα σχεδίασα στο Solidworks. Ακόμη, είχα την ευκαιρία να εξασκηθώ με την έννοια του CAM (Computer Aided Manufacturing) και συγκεκριμένα με το LazyCam. Πρέπει να τονίσω ακόμη, ότι ήταν η πρώτη φορά που ασχολήθηκα με τον χειρισμό λογισμικών πακέτων για την παραγωγή πραγματικών αποτελεσμάτων/προϊόντων. Δηλαδή, ήταν η πρώτη φορά που ασχολήθηκα με την παραγωγή προϊόντων με την χρήση Η/Υ και όχι μόνο θεωρητικά. Έτσι μου δόθηκε η ευκαιρία να νιώσω τα τεράστια οφέλη της τεχνολογίας αυτής ακόμη περισσότερο.

Μεγάλη εμπειρία επίσης απέκτησα για τα λογισμικά των CNC εργαλειομηχανών, καθόσον προγραμματίζα την εργαλειομηχανή μου με το λογισμικό Mach3. Επίσης, ασχολήθηκα για πρώτη φορά πρακτικά με ηλεκτρονική πλακέτα, με τις ρυθμίσεις της και την λειτουργία της.

Ένα μεγάλο ακόμη όφελος ήταν ότι σε κάποιες περιπτώσεις κλήθηκα να βρω λύση με ιδιοκατασκευές, τις οποίες σκέφτηκα, σχεδίασα και κατασκεύασα ο ίδιος. Είχα μάλιστα την δυνατότητα να χρησιμοποιήσω εργαλειομηχανές και εργαλεία με δική μου ευθύνη, όπως φρέζα, δράπανα, τροχούς.

Τέλος, με την κατασκευή της CNC φρέζας, “κατόνησα” τα σημεία στα οποία πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή ώστε να αυξάνεται η ακρίβεια της εκάστοτε κατασκευασθείσας εργαλειομηχανής. Για παράδειγμα, εάν κάποιος θελήσει στο μέλλον να αυξήσει την ακρίβεια της εργαλειομηχανής που κατασκευάστηκε, θα πρέπει να αντικαταστήσει τους ατέρμονες κοχλίες με άξονες επανακυκλοφορούντων σφαιριδίων (ball screw) και τις επιμέρους βάσεις με μεταλλικές αντί για ξύλινες.

Τα υλικά που μπορεί να επεξεργαστεί η συγκεκριμένη CNC φρέζα είναι: Ξύλο, πλαστικά (pvc, πλέξιγκλας, PCB), πολυαιθυλένιο.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα της κατασκευής αυτής, είναι ότι αυτή η cnc μικρο-φρέζα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μελλοντικά στα εργαστήρια του ΤΕΙ. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί κάποιος σπουδαστής κατά την εκπόνηση της πτυχιακής τους εργασίας να κατεργαστούν διάφορα υλικά (από τα παραπάνω που αναφέρονται) με την εν λόγω μικρο-φρέζα. Επίσης, μπορεί κάποιος

σπουδαστές να ασχοληθούν με την βελτιστοποίηση της συγκεκριμένης εργαλειομηχανής, βελτιώνοντας την ακρίβεια (π.χ. με την αντικατάσταση των ατερμών με άξονες επανακυκλοφορούντων σφαιριδίων (ball screw)) κ.α..

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <http://el.wikipedia.org/wiki/>
2. Φιλήμονος Χρ. Σκιπίδι, Ph.D., Βασικές αρχές αριθμητικού ελέγχου και προγραμματισμός εργαλειομηχανών CNC.
3. Technology of machine tools. Fifth edition. Steve F. Krar Albert F. Check. Glencoe- McGraw Hill. 1997.
4. Εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου N.C. & C.N.C. Ν. Μπιλάλη. Εκδόσεις ΙΩΝ.
5. ΜΠΙΛΑΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ , Σημειώσεις Εργαστηρίου CAD, Πολυτεχνείο Κρήτης.
6. Χαράλαμπος Βάρελης, Κατασκευή πρωτοτύπων με τριαξονική επιτραπέζια φρέζα CNC, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2009.
7. Σάββας Πιπερίδης, Εργαστηριακά Μαθήματα Ρομποτικής, Εργαστήριο Ευφυών Συστημάτων & Ρομποτικής, Πολυτεχνείο Κρήτης.
8. Καγκελάρης Άγγελος, Πειραματική και Αριθμητική Ανάλυση Περιφερειακού Φρεζαρίσματος Κραμάτων Τιτανίου, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα 2012.
9. Κοτρόγιαννης Δημήτριος, Σχεδιασμός και κατασκευή καλουπιού σε ψηφιακά καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή για χύτευση πλαστικών τεμαχίων, ΤΕΙ Κρήτης, Κρήτη 2011.

