Η/Υ
4193
ΑΥΤ

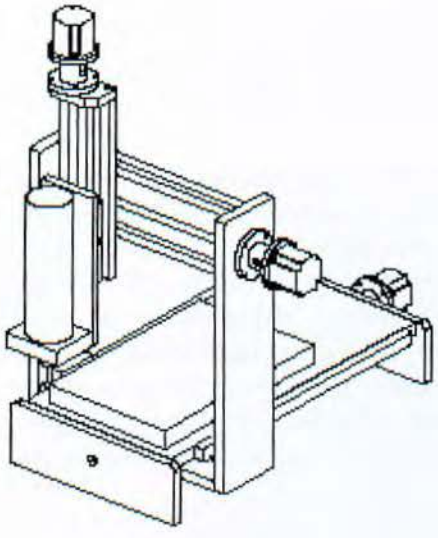
Τ.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ
ΑΙΓΑΛΕΩ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ MINI CNC



ΜΙΝΤΖΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ ΣΤΑΥΡΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΤΣΕΛΕΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΑΙΓΑΛΕΩ – 2012

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρουσίαση της πτυχιακής μας εργασίας ολοκληρώνεται ένας κύκλος σπουδών στο Τμήμα Αυτοματισμού του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Πειραιώς στο Αιγάλεω.

Ευχαριστούμε κατ' αρχήν τους καθηγητές του τμήματος Αυτοματισμού για την σωστή κατάρτιση που μας παρείχαν στις σπουδές μας. Ευχαριστούμε τον εισηγητή μας κ. Νικολάου Γρηγόριο για την βοήθεια και την δυνατότητα που μας έδωσε να παρουσιάσουμε αυτή την πτυχιακή.

Ευχαριστούμε τους γονείς και τις οικογένειες μας για την στήριξη που μας παρείχαν όλο αυτό το διάστημα.

Ευχαριστούμε την εταιρεία M.N.S. ΜΙΝΤΖΑΣ Α.Ε. για την παραχώρηση του μηχανολογικού - σχεδιαστικού εξοπλισμού και χώρου για την κατασκευή της πτυχιακής, όπως επίσης και όλα τα μέσα και υλικά για την περάτωση της. Τέλος, ευχαριστούμε προσωπικά τον Μίντζα Νικόλαο για την συμβουλευτική καθοδήγηση καθόλη την διάρκεια της πτυχιακής.

ΣΚΟΠΟΣ

Η επιλογή της σχεδίασης και κατασκευής mini CNC router έγινε για να πειραματιστούμε στην κατασκευή ενός συστήματος αυτόματου ελέγχου. Η μηχανή μας θα λειτουργεί μέσω υπολογιστή και θα λειτουργεί ως τα συνήθη CNC. Σκοπός μας ήταν να διαπιστώσουμε την ικανότητα επίτευξης ενός τέτοιου στόχου. Επιλέξαμε η πτυχιακή μας να έχει σχεδιαστικό κομμάτι, αναγκαίο για τις σύγχρονες κατασκευές, και κατασκευαστικό κομμάτι για την πρακτική εφαρμογή του σχεδιαστικού κομματιού. Με το πρακτικό κομμάτι θα μας δοθεί η ευκαιρία να διαπιστώσουμε τις πραγματικές δυνατότητες, απαιτήσεις και λειτουργίες της κατασκευής ενός μηχανήματος. Τέλος σκοπός του εγχειρήματος αυτού ήταν η λειτουργικότητα της μηχανής και η συλλογή εμπειριών για την βελτίωση της κατασκευής.

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

σελ.

Κεφάλαιο 1: CNC ΜΗΧΑΝΕΣ 6
1.1 Έννοια CNC 6
1.2 Ιστορική εξέλιξη 6
1.3 Βήματα διαδικασίας 7
1.4 Στοιχεία 8
1.5 Αρχή λειτουργίας 8
1.6 Προγραμματισμός 9
1.7 Λογισμικά CAD/CAM/CAE 10
1.8 Είδη CNC 11
1.9 Κύρια μέρη 12
1.10 Καθορισμός των αξόνων 13
1.11 Βασικά στοιχεία κατεργασίας 15
1.12 Πλεονεκτήματα CNC 17
1.13 Ασφάλεια 17

Κεφάλαιο 2: ΣΧΕΔΙΑΣΗ CNC 19
2.1 Επιλογή CNC 19
2.2 Προσδιορισμός παραμέτρων κατασκευής 20
2.2.1 Υλικό 20
2.2.2 Μορφολογία 20
2.2.3 Διαστάσεις – Βάρος 20
2.2.4 Γραμμικότητα 21
2.2.5 Μετάδοση κίνησης 21
2.2.6 Έλεγχος κίνησης 22
2.2.7 Ακρίβεια 22
2.2.7.1 Ακρίβεια κατά την κατασκευή 23
2.2.7.2 Ανοχές στα κινητά μέρη 23
2.2.7.3 Ανοχές στα μέσα μετάδοσης κίνησης 23
2.2.7.4 Ακρίβεια προγράμματος 25
2.2.7.5 Επιθυμητή ακρίβεια της μηχανής 25
2.2.8 Λειτουργικότητα 25
2.2.8.1 Τρόπος λειτουργίας 25
2.2.8.2 Δυνατότητες κατεργασίας 26
2.2.8.3 Πρακτικότητα 26
2.2.9 Εργαλείο κατεργασίας 26
2.3 Επιλογή εξαρτημάτων 27
2.3.1 Εισαγωγή 27
2.3.2 Υλικό κατασκευής 27
2.3.3 Σύστημα γραμμικότητας 27
2.3.4 Σύστημα μετάδοσης 28
2.3.4.1 Βηματικοί κινητήρες 28
2.3.4.2 Κοχλίες – παξιμάδια 29
2.3.5 Σύστημα ελέγχου 30
2.3.5.1 Πλακέτα ελέγχου 30
2.3.5.2 Τερματικοί διακόπτες 32
2.3.6 Εργαλείο κατεργασίας 33
2.3.7 Ηλεκτρολογικά 34
2.3.7.1 Τροφοδοτικό - Συνολική ισχύς 34

2.3.7.2 Καλώδια σύνδεσης - κουμπί κινδύνου - ηλεκτρολογικό κουτί....35
2.3.7.2.1 Ηλεκτρολογικό κουτί....35
2.3.7.2.2 Κουμπί κινδύνου....35
2.3.7.2.3 Καλώδια σύνδεσης....36
2.3.8 Λοιπά εξαρτήματα....36
2.4 Σχεδιασμός κατασκευής....36
2.4.1 Εισαγωγή....36
2.4.2 Σταθερή βάση....38
2.4.3 Κινητό μέρος X....42
2.4.4 Κινητό μέρος Y....46
2.4.5 Κινητό μέρος Z....49

Κεφάλαιο 3: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ CNC....52
3.1 Εισαγωγή....52
3.2 Κατασκευή σταθερής βάσης....52
3.3 Κατασκευή κινητού μέρους X....58
3.4 Κατασκευή κινητού μέρους Y....60
3.5 Κατασκευή κινητού μέρους Z....60
3.6 Κατασκευή ηλεκτρολογικού κουτιού....62
3.7 Καλωδιώσεις – Λοιπά....63
3.7.1 Καλωδιώσεις....63
3.8.2 Λοιπά....66
3.8.2.1 Τερματικοί διακόπτες....66
3.8.2.2 Κουμπί κινδύνου....68
3.8.2.3 Αρθρωτά πλαστικά κανάλια καλωδίων....68
3.8.2.4 Πλαστικά κανάλια καλωδίων....69
3.9 Λίστα εξαρτημάτων μηχανής CNC....70
3.9.1 Λίστα σταθερής βάση....70
3.9.2 Λίστα κινητού μέρους X....72
3.9.3 Λίστα κινητού μέρους Y....73
3.9.4 Λίστα κινητού μέρους Z....74
3.9.5 Λίστα σετ βηματικού....74
3.9.6 Λίστα σετ τερματικού διακόπτη....75
3.9.7 Λίστα ηλεκτρολογικού κουτιού....75
3.9.8 Λίστα καλωδίων....75

Κεφάλαιο 4: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ....76
4.1 Εγκατάσταση μηχανής CNC....76
4.2 Ασφάλεια κατά την χρήση....76
4.3 Συντήρηση....77

Κεφάλαιο 5: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ CNC....78
5.1 Χαρακτηριστικά κεντρικής μονάδας H/Y....78
5.2 Λογισμικό πρόγραμμα....78
5.3 Εγκατάσταση λογισμικού....79
5.4 Παραμετροποίηση....82
5.4.1 Παραμετροποίηση πλακέτας ελέγχου....82
5.4.2 Παραμετροποίηση Mach3....84
5.5 Επιλογές χειρισμού....90
5.5.1 Καρτέλα Program Run....91
5.5.2 Εξομοιωτής τηλεχειριστηρίου....97

5.5.3 Καρτέλα MDI....99
5.5.4 Καρτέλα Tool Path....100
5.5.5 Καρτέλα Offsets....101
5.5.6 Καρτέλα Settings....101
5.5.7 Καρτέλα Diagnostics....102
5.6 Τοποθέτηση και ορισμός εργαλείου....102
5.6.1 Εισαγωγή....102
5.6.2 Τοποθέτηση αντικειμένου....103
5.6.3 Ορισμός αντικειμένου....103

Κεφάλαιο 6: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ....105
6.1 Εισαγωγή....105
6.2 Τοποθέτηση αντικειμένου....105
6.3 Ορισμός σημείου αναφοράς....106
6.4 Διάταξη του κειμένου στην ξύλινη πλάκα....108
6.4.1 Χ διαστάσεις....109
6.4.2 Υ διαστάσεις....109
6.5 Βοήθημα (Wizard) γραφής....110
6.6 Εισαγωγή κειμένου – Εξαγωγή κώδικα G....114
6.7 Εντολές κώδικα G για την χάραξη των γραμμάτων....120
6.7.1 Τμήμα κειμένου «ATEI PEIRAIA»....120
6.7.2 Τμήμα κειμένου «ΤΜΗΜΑ»....122
6.7.3 Τμήμα κειμένου «AUTOMATISMOY»....124

Κεφάλαιο 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ....128
7.1 Γενικά συμπεράσματα....128
7.1.1 Κατασκευαστικά συμπεράσματα....128
7.1.2 Λειτουργικά συμπεράσματα....129
7.2 Συμπεράσματα παραδείγματος....131
7.3 Αξιολόγηση....132

Κεφάλαιο 8: ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ....133
8.1 Βελτιώσεις....133
8.2 Αναβαθμίσεις....134

Κεφάλαιο 9: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ....135
9.1 Βασικά στοιχειά μηχανικής....135
9.2 Γενικές πληροφορίες....136
9.2.1 Κατηγορίες φρεζαρίσματος....136
9.2.2 Κονδύλια....137
9.2.3 Κανόνες διάτρησης....142
9.2.4 Κανόνες επιλογής και χρήσεις κοπτικών εργαλείων....143
9.2.5 Τρόποι συγκράτησης ακατέργαστων τεμαχίων....145

Κεφάλαιο 10: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ....147

Κεφάλαιο 1: CNC ΜΗΧΑΝΕΣ

1.1 Έννοια CNC

Αριθμητικός έλεγχος εργαλειομηχανών είναι ο τύπος ελέγχου που χρησιμοποιεί αριθμητικές τιμές για την αναφορά στη θέση και την κίνηση των αξόνων της μηχανής, για τον ορισμό εργαλείων, στροφών ατράκτου κλπ. Η έννοια 'άξονα - μηχανής' αναφέρεται σε ένα κινηματικό άξονα που αντιστοιχεί συνήθως σε γραμμική κίνηση, όπως η πρόωση του τραπεζιού μιας φρέζας, ή σε περιστροφική κίνηση, όπως η περιστροφή του διαιρέτη της φρέζας. Μία σειρά τέτοιων αριθμητικών τιμών αποτελεί ουσιαστικά το πρόγραμμα αριθμητικού ελέγχου.

Τα σημερινά συστήματα ελέγχου CNC (Computer Numerical Control) χρησιμοποιούν επιπρόσθετα αριθμητικές τιμές και για λειτουργίες όπως ο μετασχηματισμός συστημάτων συντεταγμένων, η διαχείριση πινάκων δεδομένων, η αντιστάθμιση διαμέτρου και μήκους εργαλείου κλπ. Αυτές καθώς και επιπρόσθετες λειτουργίες γραφικών, επικοινωνίας με άλλους Η/Υ και περιφερειακά αντιδιαστέλλουν τον απλό αριθμητικό έλεγχο (NC) με αυτόν που βασίζεται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (CNC). Σήμερα πλέον δεν υφίσταται NC με την αρχική του έννοια, αλλά απλά CNC και αυτό εννοούμε πλέον με τον όρο 'αριθμητικός έλεγχος'.

Σε αντίθεση με τον παλαιότερο μηχανικό, πνευματικό ή υδραυλικό έλεγχο μηχανών και συσκευών, όπου ο αναπρογραμματισμός ήταν εξαιρετικά χρονοβόρος διότι γινόταν με μετατόπιση οριακών διακοπτών, βυσμάτων καλωδίων κλπ, αλλά και με τις πρώτες μονάδες αριθμητικού ελέγχου όπου η κύρια λειτουργία ήταν η μετατροπή αριθμητικών τιμών σε ηλεκτρικά σήματα, οι σημερινές μονάδες CNC εκτελούν σχετικά μεγάλης έκτασης επεξεργασία των δεδομένων, κάτι που τους προσθέτει λειτουργικότητα αλλά και πολυπλοκότητα.

Η ιδέα του ελέγχου μιας μηχανής μέσω διαδοχικών εντολών είναι πολύ παλιά. Ήδη από τον 19° αιώνα χρησιμοποιούνταν διάτρητες κάρτες από έλασμα για την οδήγηση κλωστικών μηχανών. Μεταξύ 1949 και 1952 ο J. Parsons και το MIT ανέπτυξαν "ένα σύστημα για εργαλειομηχανές για τον άμεσο έλεγχο της θέσης των ατράκτων μέσω εξόδων μιας υπολογιστικής μηχανής" και σαν απόδειξη των δυνατοτήτων του νέου αυτού συστήματος παρήγαγαν ένα τεμάχιο. Ο Parsons ανέφερε τις εξής τέσσερεις προϋποθέσεις για την υλοποίηση αυτής της ιδέας:

- Αποθήκευση σε διάτρητες κάρτες των υπολογισμένων συντεταγμένων μιας τροχιάς εργαλείου.
- Ανάγνωση των αποθηκευμένων τιμών αυτόματα από τη μηχανή.
- Υπολογισμός ενδιάμεσων τιμών από τις τιμές που έχουν αναγνωσθεί και άμεση διοχέτευση αντίστοιχων σημάτων στη μηχανή.
- Χρήση σερβοκινητήρων για την κίνηση των αξόνων της μηχανής με βάση τα σήματα εισόδου.

1.2 Ιστορική εξέλιξη

Το κίνητρο της 'εφεύρεσης' του αριθμητικού ελέγχου ήταν η ευκολότερη και γρηγορότερη παραγωγή εξαρτημάτων αεροπλάνων, τα οποία γίνονταν ολοένα και πιο πολύπλοκα. Η ιστορική εξέλιξη της εφαρμογής αριθμητικού ελέγχου στις εργαλειομηχανές είναι η ακόλουθη :

1952 κατασκευάστηκε η πρώτη μηχανή αριθμητικού ελέγχου, μία Cincinnati Hydrotel, με

κατακόρυφη άτρακτο, ταυτόχρονη κίνηση σε τρείς άξονες (3D γραμμική παρεμβολή), 400 περίπου διόδους στη μονάδα ελέγχου και ανάγνωση δεδομένων από διάτρητη ταινία.
1954 η εταιρία Bendix άρχισε βιομηχανική παραγωγή εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου.
1958 εμφανίστηκε η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού αριθμητικού ελέγχου η APT σε συσχετισμό με υπολογιστή IBM 704.
1960 αντικαταστάθηκαν ρελέ και δίοδοι της μονάδας ελέγχου με τρανζίστορ.
1965 αυτοματοποιήθηκε η αλλαγή εργαλείων
1968 εφαρμόστηκαν ολοκληρωμένα κυκλώματα με άμεσο αντίκτυπο στο μέγεθος της μονάδας ελέγχου.
1969 εμφανίστηκε το πρώτο DNC - Standard Omnicontrol φυσικά σε υπολογιστή IBM.
1970 υλοποιήθηκε η αυτόματη αλλαγή παλετών.
1972 δημιουργήθηκε η πρώτη γενιά CNC σε mini υπολογιστές.
1976 άρχισαν να χρησιμοποιούνται πολλαπλοί επεξεργαστές στην αρχιτεκτονική των μονάδων ελέγχου, πράγμα που διευκόλυνε τη διεύρυνση των λειτουργιών που είναι εφικτές στην ίδια την εργαλειομηχανή (κυρίως ο προγραμματισμός της μηχανής).
1980 ο προγραμματισμός της εργαλειομηχανής υποστηρίζεται από γραφικά με κάποιο είδος προσομοίωσης στην ίδια τη μονάδα ελέγχου.
1985 ξεκίνησε η δημιουργία 'ανοιχτών' συστημάτων και τυποποιημένων πρωτοκόλλων επικοινωνίας για την ενσωμάτωση των εργαλειομηχανών σε περιβάλλον CIM.
1990 εμφανίστηκαν ψηφιακά interfaces μεταξύ μονάδας ελέγχου και μονάδας κίνησης που βελτίωσαν πολύ την ακρίβεια και τη δυναμική συμπεριφορά των αξόνων.
1993 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά λειτουργικό σύστημα Windows στη μονάδα ελέγχου. Σημειώνεται ότι η κύρια και τεχνικά πιο απαιτητική εφαρμογή του αριθμητικού ελέγχου γίνεται σε εργαλειομηχανές κοπής, όπου τυπικά ένα εργαλείο ακολουθεί μια γεωμετρική τροχιά. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν χρησιμοποιείται αριθμητικός έλεγχος και σε εργαλειομηχανές διαμόρφωσης (ελασμάτων, σωλήνων κλπ), αλλά και σε μη συμβατικές μηχανές κατεργασιών, όπως η ηλεκτροδιάβρωση.
2000 έως σήμερα υπάρχουν πληθώρες αλλαγές στην χρήση και εφαρμογή των CNC μηχανών που έχουν καταστήσει τις εργαλειομηχανές αναπόσπαστο και αναγκαίο κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας. Η εξέλιξή τους είναι πλέον συνυφασμένη με την εξέλιξη των δυνατοτήτων των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των σχεδιαστικών προγραμμάτων που χρησιμοποιούν.

1.3 Βήματα διαδικασίας

- ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ: Σκέψη, ορισμός προδιαγραφών και σχεδιασμός τεμαχίου.
- CAD: Μετάφραση της σκέψης στον υπολογιστή. Σχεδιασμός του τεμαχίου σε πρόγραμμα 3D (Τρισδιάστατης απεικόνισης).
- CAM: Μετατροπή του 3D σχεδίου με την χρήση του υπολογιστή στην γλώσσα της μηχανής.
- ΕΛΕΓΧΟΣ: Κατεύθυνση των κινήσεων της μηχανής.
- ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ: Κατασκευή του τεμαχίου σύμφωνα με τις προδιαγραφές.



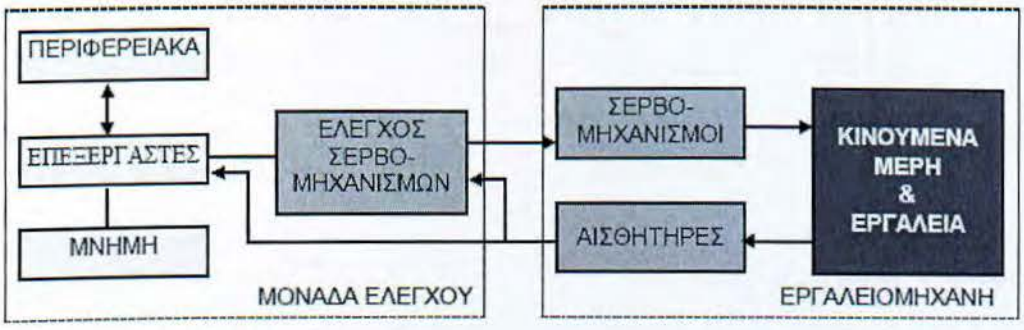
Σχήμα 1.3: Διάγραμμα ροής διαδικασίας CNC.

1.4 Στοιχεία

Τα κύρια στοιχεία εργαλειομηχανής αριθμητικού ελέγχου είναι τα εξής :

- Οι άξονες της εργαλειομηχανής - συνδυασμός γραμμικών και περιστροφικών, όπου κάθε άξονας νοείται και με την κινηματική του έννοια, αλλά και σαν σύστημα μετάδοσης κίνησης, όπως επίσης και μέτρησης των στοιχείων αυτής της κίνησης (θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση).
- Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου το οποίο περιλαμβάνει συνήθως έναν αριθμό μικρο-επεξεργαστών, RAM, ROM και ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για την επεξεργασία και διαχείριση του προγράμματος καθώς και ηλεκτρονικά ισχύος για τον έλεγχο των αξόνων.
- Το λογισμικό – λειτουργικό σύστημα το οποίο περιλαμβάνει παραμέτρους μηχανής, περιβάλλον προγραμματισμού, σταθερές ρουτίνες επιμέρους κατεργασιών, ρουτίνες διευκόλυνσης του προγραμματισμού της μονάδας ελέγχου, σύστημα ενδείξεων τρέχουσας κατάστασης, διαγνωστικά βλαβών κλπ.
- Διάφορα περιφερειακά για την εισαγωγή του προγράμματος στη μηχανή, την εκτύπωση αρχείων και ενδεχόμενα την παρακολούθηση της λειτουργίας της εργαλειομηχανής.
-

Το Σχήμα 1.4 παρουσιάζει διαγραμματικά τα παραπάνω στοιχεία.



Σχήμα 1.4 Κύρια στοιχεία συστήματος εργαλειομηχανής αριθμητικού ελέγχου

1.5 Αρχή λειτουργίας

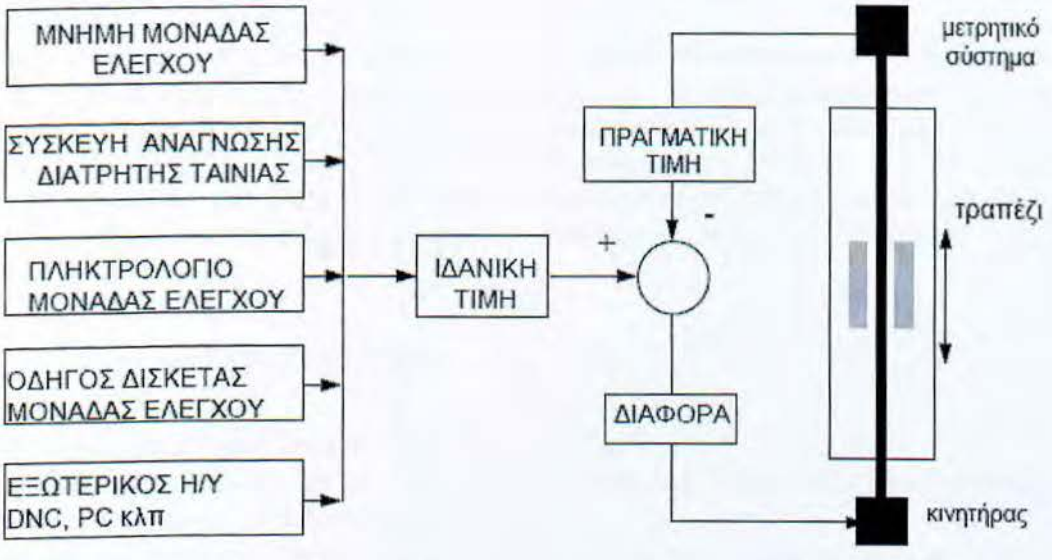
CNC είναι η καθοδήγηση μιας εργαλειομηχανής με τη βοήθεια μιας σειράς κωδικοποιημένων εντολών που αποτελούνται από αριθμούς, γράμματα του αλφαβήτου και σύμβολα τα οποία μπορεί να κατανοήσει η μονάδα ελέγχου της μηχανής (machine control unit, MCU). Οι εντολές αυτές μετατρέπονται σε παλμούς ηλεκτρικού ρεύματος τους οποίους ακολουθούν οι κινητήρες και οι μονάδες ελέγχου της μηχανής έτσι ώστε να

εκτελεσθούν οι μηχανολογικές εργασίες σε ένα εξάρτημα. 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 έλεγχου των εργαλειομηχανών CNC από το χείριστη τους είναι μονόδρομες. Ο τεχνικός CNC καθορίζει την ακολουθία των κινήσεων της εργαλειομηχανή, τις τιμές των συνθηκών κατεργασίας (πρόωση, βάθη κοπής, ταχύτητα κοπής, κ.λ.π), ελέγχει τη χρήση ή όχι του υγρού κοπής, διαχειρίζεται τα κοπτικά εργαλεία, κ.λ.π. Για όλα αυτά, συντάσσει ένα πρόγραμμα καθοδήγησης σε τυποποιημένη γλώσσα προγραμματισμού (κώδικας), μεταφέρει τον κώδικα στη μονάδα έλεγχου και ενεργοποιεί την εκτέλεση του προγράμματος.

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

Η γενική αρχή λειτουργίας μιας προγραμματιζόμενης εργαλειομηχανής φαίνεται στο Σχήμα 1.5. Πρόκειται για ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου ανάδρασης. Οι τιμές αναφοράς που προέρχονται από το πρόγραμμα συγκρίνονται με τις πραγματικές τιμές που μετρώνται όσο συχνά απαιτείται και η διαφορά τους χρησιμοποιείται για την οδήγηση του συστήματος κίνησης κάθε άξονα ή γενικότερα των πάσης φύσεως ενεργοποιητών (actuators).



Σχήμα 1.5 - Γενική αρχή λειτουργίας εργαλειομηχανής κοπής αριθμητικού ελέγχου.

1.6 Προγραμματισμός

Ο προγραμματισμός εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου έχει σκοπό την δημιουργία ενός προγράμματος τεμαχίου (part program) το οποίο μπορεί να πάρει διάφορες εναλλακτικές μορφές όπως:

- Σειρά εντολών ISO, τυποποίηση που είναι κοινά αποδεκτή από όλους τους κατασκευαστές μονάδων ελέγχου. Το πρόγραμμα αυτό εισάγεται στη μονάδα

αριθμητικού ελέγχου είτε με απευθείας πληκτρολόγηση, είτε με δισκέτα, είτε με ειδική διάτρητη ταινία, είτε με επικοινωνία της μονάδας αριθμητικού ελέγχου με εξωτερικό υπολογιστή όπου είναι αποθηκευμένο το πρόγραμμα.

- Πρόγραμμα σε γλώσσα ανώτερου επιπέδου από την ISO, πχ APT, COMPACT II κλπ, το οποίο έχει το πλεονέκτημα να είναι πιο εύληπτο από τη μορφή ISO, αλλά είναι απαραίτητο να μεταφραστεί τελικά σε αυτή. Η "μετάφραση" γίνεται από λογισμικό τύπου compiler και ακολουθείται προσαρμογή του προγράμματος στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της εργαλειομηχανής μέσω λογισμικού επίσης που είναι γνωστό σαν "μετα-επεξεργαστής" (post-processor).

Ο προγραμματισμός γίνεται με τρείς εναλλακτικούς τρόπους :

- Συμβατικός (με το χέρι), όπου ο προγραμματιστής βασίζεται :
  - στο μηχανολογικό σχέδιο του τεμαχίου για τις απαραίτητες πληροφορίες γεωμετρίας.
  - στις γνώσεις του από την τεχνολογία της κατεργασίας ή ακόμη καλύτερα σε ένα τυπικό ή προκαθορισμένο φασεολόγιο για τον προσδιορισμό των φάσεων της κατεργασίας, την εκλογή εργαλείων, και την εκλογή συνθηκών κατεργασίας (πχ στροφών ατράκτου, πρόωσης κλπ).
- Αλληλεπιδραστικά από το χρήστη με τη βοήθεια Η/Υ, όπου η υπολογιστής έχει αποθηκευμένες τυπικές "συνιστώσες" γεωμετρικές μορφές που συναντώνται στην πράξη και τα αντίστοιχα στοιχεία για την δημιουργία κώδικα αριθμητικού ελέγχου για κάθε γεωμετρία. Ο χρήστης είναι επιφορτισμένος με την επιλογή του συνόλου των γεωμετρικών μορφών που αποτελούν το τεμάχιο που θα κατασκευασθεί και με την εισαγωγή των δεδομένων τους αλληλεπιδραστικά στο λογισμικό. Συχνά αυτή η επιλογή γεωμετρίας γίνεται σε ένα μοντέλο του τεμαχίου σε σύστημα CAD.
- Πλήρως αυτόματα από λογισμικό. Αυτός ο τρόπος ελαχιστοποιεί την επέμβαση του χρήστη λειτουργώντας όπως στον αλληλεπιδραστικό προγραμματισμό αλλά με την πρόσθετη αυτόματη ανάλυση του τεμαχίου σε σειρά τυπικών γεωμετρικών μορφών. Επειδή αυτό το τελευταίο δεν είναι εύκολο να γίνει στη γενική περίπτωση, ο αυτόματος προγραμματισμός είναι εφικτός σε καλά οριοθετημένες εφαρμογές όπως τόρνευση, κατεργασία πρισματικών τεμαχίων με ασυνεχή μεταβολή της τρίτης διάστασης κλπ.

1.7 Λογισμικά CAD/CAM/CAE

CAD - Computer Aided Design

Computer Aided Design (CAD) είναι η ψηφιακή δημιουργία ενός προϊόντος, εξαρτήματος ή συναρμολογήματος.

Ως έννοια περιλαμβάνει τον αρχικό σχεδιασμό των ιδεών που σχετίζονται με τη δημιουργία ενός αντικειμένου, το βιομηχανικό σχεδιασμό, που περιλαμβάνει το σχεδιασμό ελεύθερων επιφανειών, και μετέπειτα τον λεπτομερή σχεδιασμό που θα καθορίσει την τελική μορφή του προϊόντος, όπως την έχει συλλάβει ο σχεδιαστής. Η ψηφιακή αυτή δημιουργία μπορεί να γίνει αντικείμενο περαιτέρω ανάλυσης προτού πάρει έγκριση για να προωθηθεί στην παραγωγή. Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, επιτρέπει γρήγορες και ακριβείς τροποποιήσεις και ελαχιστοποιεί τα λάθη που προέρχονται από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Χρησιμοποιώντας κάποιο CAD λογισμικό, μπορούν να παραχθούν πιο καινοτόμα σχέδια σε μικρότερο χρονικό διάστημα και με μικρότερο κόστος. Με ένα CAD λογισμικό για τρισδιάστατη στερεά μοντελοποίηση, υπάρχει καλύτερη αντίληψη του μοντέλου και

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

δημιουργούνται σχέδια παραγωγής, τρισδιάστατα σχέδια, σχέδια διαδικασιών συναρμολόγησης, φωτορεαλιστικές εικόνες και κινηματική προσομοίωση.

CAM - Computer Aided Manufacturing

Computer Aided Manufacturing είναι η διαδικασία όπου τα CAD δεδομένα επεξεργάζονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή για την καθοδήγηση CNC εργαλειομηχανών. Η ψηφιακή πληροφορία ενός κομματιού εισάγεται στο σύστημα CAM από το λογισμικό CAD. Η πληροφορία μπορεί να είναι σε δισδιάστατη (2D) ή τρισδιάστατη (3D) μορφή, ανάλογα με την κατεργασία για την οποία προορίζεται.

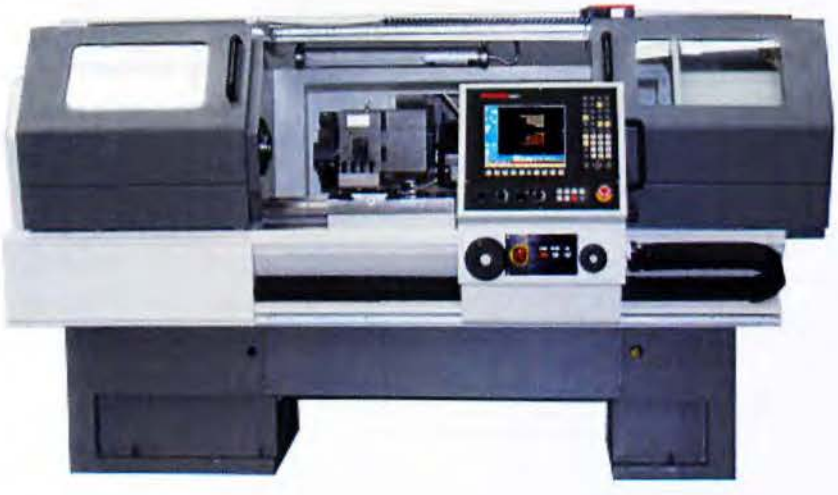
CAE - Computer Aided Engineering

Computer Aided Engineering είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την προσομοίωση, την επαλήθευση και την ανάλυση που πραγματοποιείται σε ένα ψηφιακό μοντέλο, προϊόν ή συναρμολόγημα, με τη βοήθεια του Η/Υ. Με τα προγράμματα CAE, εξετάζεται και αξιολογείται η απόδοση ενός προϊόντος, πριν το στάδιο της παραγωγής, χωρίς να χρειαστεί να δημιουργηθεί ένα φυσικό πρωτότυπο. Με εξελιγμένα εργαλεία προσομοίωσης και ανάλυσης, οι μηχανικοί μπορούν να δοκιμάσουν τη δομική και τη θερμική απόδοση, τις δονήσεις, την ανθεκτικότητα και την κινησιακή απόδοση του προϊόντος, από το τρισδιάστατο CAD σχέδιο. Ορισμένα CAD/CAM συστήματα περιλαμβάνουν κάποια απλά εργαλεία ανάλυσης, αλλά για πιο απαιτητικές αναλύσεις, υπάρχουν πιο εξειδικευμένα προγράμματα. Επιπρόσθετα, υπάρχει μια γκάμα εργαλείων βιομηχανικής ανάλυσης και προσομοίωσης, όπως η ανάλυση ροής πλαστικού και η επαλήθευση της βελτιστοποίησης της διαδικασίας injection moulding. Η διαδικασία χύτευσης μετάλλου, μπορεί να προσομοιωθεί και να βελτιστοποιηθεί, ελαχιστοποιώντας τη σπατάλη ακριβών πρώτων υλών και εξασφαλίζοντας ένα χυτό υψηλής ποιότητας.

1.8 Είδη CNC

Η διευρυμένη εφαρμογή της τεχνολογίας CNC έχει επιτρέψει την χρήση της σχεδόν σε όλους τους τύπους μηχανημάτων για την παραγωγή και επεξεργασία εξαρτημάτων. Οι βασικές κατηγορίες εργαλειομηχανών είναι οι εξής:

- **Κέντρα τόρνευσης.**



- **Κέντρα κατεργασιών**



- **Κέντρα κοπής – συγκόλλησης Lazer**



Λοιποί τύποι CNC εργαλειομηχανών:

- Router
- Κοπής νερού
- Διαμόρφωσης – κοπής λαμαρίνας, αξόνων
- Ηλεκτροδίαβρωσης
- Αισθητήρων επαφής
- Ρομποτικών
- Συστημάτων συλλογής
- Κατασκευής πρωτοτύπων
- Λοιπές ειδικές εφαρμογές

1.9 Κύρια μέρη

Κυρία μέρη εργαλειομηχανών αριθμητικού έλεγχου αποτελούν:

Οι άξονες της εργαλειομηχανής: Με αυτούς επιτελείται συνδυασμός γραμμικών και περιστροφικών κινήσεων. Κάθε άξονας νοείται τόσο με την κινηματική του έννοια, όσο και σαν σύστημα μετάδοσης κίνησης και ισχύος ή μέτρησης επί αυτού των στοιχείων κίνησης (θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση). Οι άξονες, η κίνησή τους και ο έλεγχός τους είναι αποφασιστικής σημασίας για την κατάταξη, το χαρακτηρισμό και τις δυνατότητες των CNC εργαλειομηχανών.

Ο κινητήρας κύριας ατράκτου δια του οποίου συντελείται η περιστροφή του κοπτικού εργαλείου.

Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου, το οποίο περιλαμβάνει συνήθως ένα αριθμό μικροεπεξεργαστών, μνήμης (RAM & ROM) και ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για την επεξεργασία και διαχείριση του προγράμματος κοπής καθώς και ηλεκτρονικά ισχύος για τον έλεγχο των αξόνων. Διάφορα περιφερειακά για την εισαγωγή του προγράμματος στη μηχανή, την εκτύπωση αρχείων και ενδεχόμενα την παρακολούθηση της λειτουργίας της εργαλειομηχανής.

Ο Η/Υ και το λειτουργικό λογισμικό χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση του προγράμματος κοπής στη μηχανή (με ενσωματωμένο CAM ή μέσω post-processor από εξωτερικό CAM), την εκτύπωση αρχείων και ενδεχομένως την παρακολούθηση της λειτουργίας της εργαλειομηχανής.

Συσκευές αλλαγής εργαλείων, υπάρχουν δύο ειδών, η κατακόρυφη και η οριζόντια. Η συσκευή αλλαγής εργαλείων μπορεί να αποθηκεύει αρκετά προτοποθετημένα εργαλεία που μπορούν να κληθούν για χρήση αυτόματα, από το πρόγραμμα του εξαρτήματος. Οι συσκευές αλλαγής εργαλείων είναι συνήθως δύο κατευθύνσεων, πράγμα που επιτρέπει τη μικρότερη απόσταση μετακίνησης για την τυχαία πρόσβαση στο εργαλείο. Ο πραγματικός χρόνος αλλαγής εργαλείων είναι ελάχιστος.

Η MCU (Machine Control Unit) δίνει την δυνατότητα στο χειριστή να εκτελεί μια ποικιλία εργασιών όπως είναι ο προγραμματισμός, η κατεργασία, η διάγνωση, η εποπτεία εργαλείων και μηχανής κλπ. Οι MCU ποικίλουν ανάλογα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Οι νέες MCU είναι περισσότερο εκλεπτυσμένες, πράγμα που κάνει τις εργαλειομηχανές περισσότερο αξιόπιστες και το σύνολο της μηχανουργικής επεξεργασίας λιγότερο εξαρτώμενο από την ανθρώπινη επιδεξιότητα.

1.10 Καθορισμός των αξόνων

Οι άξονες συντεταγμένων και ο τρόπος καθορισμού της θετικής κατεύθυνσης κίνησης για εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου περιγράφονται στο ISO-841 του 1974 και στα αντίστοιχα εθνικά πρότυπα DIN, BS κλπ. Ορίζεται δεξιόστροφο καρτεσιανό σύστημα για τους κύριους άξονες X, Y και Z, βλ. Σχήμα 1.10.1

Οι γραμμικοί άξονες μιας εργαλειομηχανής είναι

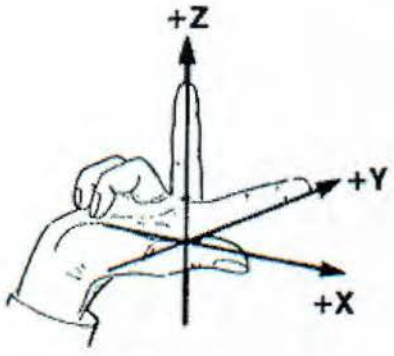
- οι κύριοι X, Y, Z,
- οι δευτερεύοντες U, V, W, παράλληλοι προς τις διευθύνσεις X, Y, Z αντίστοιχα.
- οι βοηθητικοί P, Q και R., όχι αναγκαία παράλληλοι προς τις διευθύνσεις X, Y, Z.

Οι άξονες περιστροφής συμβολίζονται με A, B, και C και είναι επίσης παράλληλοι προς τις κύριες καρτεσιανές διευθύνσεις X, Y, Z. Η θετική κατεύθυνση περιστροφής για τους άξονες A,B και C προσδιορίζεται με τον κανόνα του δεξιόστροφου κοχλία κοιτώντας προς τη θετική κατεύθυνση των αξόνων X,Y,Z αντίστοιχα, βλ. Σχήμα 1.3.8.2

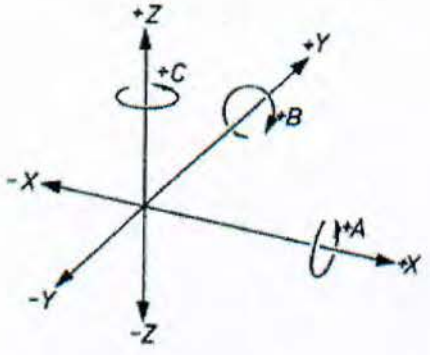
Ο άξονας R (Reference = αναφορά) συχνά χρησιμοποιείται αντί του Z για να δηλώσει το επίπεδο (αναφοράς) όπου αποσύρεται το εργαλείο φρέζας, δραπάνου και άλλων συναφών

εργαλειομηχανών μετά την ολοκλήρωση μιας διεργασίας και πριν την έναρξη της επόμενης και πάνω από το οποίο το εργαλείο είναι δυνατό να κινείται με γρήγορη πρόωση.

Κάποτε συμβαίνει επίσης να χρησιμοποιούνται δείκτες (συνήθως 1 και 2) στους άξονες Χ, Υ. Αυτοί οι άξονες αντιστοιχούν σε γέφυρες μεγάλων εργαλειομηχανών, οι οποίες κινούνται στην κατεύθυνση Χ ή Υ με τη βοήθεια δύο κινητήρων (αξόνων). Παρόλο ότι δεν πρόκειται για διαφορετικούς άξονες, αλλά για συμπληρωματικούς, θεωρήθηκε χρήσιμο να διαχωρίζονται τουλάχιστον με ένα δείκτη.



Σχήμα 1.10.1 Οι κύριοι άξονες



Σχήμα 1.10.2 Οι περιστροφικοί άξονες

Για τον καθορισμό θετικής κατεύθυνσης σε κάθε γραμμικό άξονα θεωρείται πάντοτε η σχετική κίνηση του εργαλείου σε σύστημα αναφοράς ακίνητο ως προς το τεμάχιο. Αν στην πραγματικότητα κινείται το τεμάχιο, η κατεύθυνση που καθορίζεται σα θετική είναι η πραγματική (αντίθετη με αυτήν της περίπτωσης ακίνητου τεμαχίου) αλλά το σύμβολο του αντίστοιχου άξονα ακολουθείται από ένα τόνο, δηλ. +Χ', +Υ' κλπ. Με αυτή τη σύμβαση απαλλάσσεται ο προγραμματιστής από την ανάγκη προσαρμογής του συστήματος συντεταγμένων στην ιδιαίτερη κατασκευή κάθε μηχανής.

Οι κανόνες προσανατολισμού του καρτεσιανού συστήματος σε εργαλειομηχανές είναι οι ακόλουθοι :

Για τον άξονα των Z :

- Σε εργαλειομηχανές φρεζαρίσματος ή διάτρησης η σύμβαση είναι ο Z άξονας να είναι παράλληλος με την άτρακτο και η θετική κατεύθυνση να αντιστοιχεί σε αύξηση της απόστασης τεμαχίου - εργαλείου.
- Γενικά ο άξονας Z είναι κατά μήκος της κύριας ατράκτου (αυτής που διαθέτει την μέγιστη ισχύ). Η άτρακτος μπορεί να περιστρέφει το εργαλείο (όπως σε δράπανα) ή το τεμάχιο (όπως σε τόρνους).
- Εάν δεν υπάρχει άτρακτος, όπως λ.χ. σε πλάνες, ο άξονας Z είναι κάθετος στην επιφάνεια συγκράτησης του τεμαχίου (τραπέζι).

Για τον άξονα των Χ :

- Ο άξονας Χ είναι παράλληλος προς την επιφάνεια συγκράτησης και παράλληλος προς την μακρύτερη από τις κινήσεις της μηχανής. Όπου είναι δυνατό πρέπει να είναι οριζόντιος.
- Σε εργαλειομηχανές με περιστρεφόμενα εργαλεία εάν ο άξονας Z είναι οριζόντιος, η θετική κατεύθυνση Χ είναι προς τα δεξιά κοιτώντας από την κολώνα προς το τεμάχιο. Εάν ο άξονας Z είναι κατακόρυφος η θετική κατεύθυνση του άξονα Χ είναι προς τα δεξιά κοιτώντας από την άτρακτο προς την κολώνα.
- Στην περίπτωση τόρνου ο άξονας Χ έχει κατεύθυνση ακτινικά προς τα έξω. Για τον άξονα των Υ η θετική κατεύθυνση προκύπτει από το δεξιόστροφο σύστημα Χ-Υ-ζ μετά τον προσδιορισμό των θετικών κατευθύνσεων για τους άξονες Χ και Z. Παράδειγμα εφαρμογής των αξόνων U και W είναι τόρνος με δύο εργαλειοφορεία, όπου το δεύτερο εργαλειοφορείο θα φέρει τους άξονες U και W παράλληλα προς τους Χ και Z.

1.11 Βασικά στοιχεία κατεργασίας

Δίνονται παρακάτω βασικοί συμβολισμοί και εξισώσεις μηχανικής 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.

α_p : Βάθος κοπής (mm).

α_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. Ο ενεργός αριθμός δοντιών z_c είναι απαραίτητος για τον υπολογισμό των v_f και f. Στις περισσότερες περιπτώσεις ισχύει $z_c = z_n$, χωρίς να αποκλείεται όμως να έχουμε $z_c < z_n$.

k_c : Δύναμη κοπής ανά mm (N/mm^2) .

n : Στροφές ατράκτου (RPM) ή Βαθμός απόδοσης.

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

K_r : Βασική γωνία κοπής (degrees).

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 mm2 (k_{ci})

v_{co} : Σταθερά για την ταχύτητα κοπής.

c_{vc} : Συντελεστής διόρθωσης της ταχύτητας κοπής.

iC : Καταχωρημένος κύκλος.

ω : Γωνία σύμπλεξης.

M_c : Ροπή κοπής (Nm).

Γενικές σχέσεις για το φρεζάρισμα:

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

Στροφές ατράκτου (RPM): $n = \frac{Vc \cdot 1000}{\pi \cdot Dc}$

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

Ρυθμός αποβολής υλικού (Q): $Q = \frac{a_e \cdot a_p \cdot a_f}{1000} (cm^3/min)$

Πρόωση ανά δόντι (f_z) : $f_z = \frac{V_f}{n \cdot Z_n}$ [mm/δόντι]

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

Δύναμη κοπής ανά mm² (k_c): $k_c = k_{c1} \cdot h_m^{-z}$ [N/mm²]
(z: διορθωτικός παράγοντας στο μέσο πάχος αποβλήτου)

Υπολογισμός ισχύος κοπής κατά το φρεζάρισμα:

Ροπή (Nm): $M_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot V_f \cdot k_c}{2\pi \cdot n}$

Ισχύς (kW): $P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot V_f \cdot k_c}{60 \cdot 102 \cdot 9.81}$

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

1.12 Πλεονεκτήματα CNC

- Ελαττωμένος χρόνος προετοιμασίας για παραγωγή.
- Ελάττωση ανθρώπινου σφάλματος.
- Μεγάλος βαθμός ακρίβειας.
- Πολύπλοκες μηχανουργικές κατεργασίες.
- Αυξημένη παραγωγικότητα.
- Μεγαλύτερη ασφάλεια της εργαλειομηχανής.
- Μικρότερη ανάγκη επίβλεψης.
- Μεγαλύτερη χρήση της μηχανής.
- Μεγαλύτερη ασφάλεια του χειριστή.
- Μεγαλύτερη απόδοση του χειριστή.
- Ελάττωση των άχρηστων υλικών.

1.13 Ασφάλεια

Γενικά, κατά την εργασία, υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να συμβούν ατυχήματα, τα οποία μπορούν, κάτω από κάποιες συνθήκες, να προξενήσουν σωματικές βλάβες και υλικές ζημίες. 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. 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 εργαζόμενων, λόγω απειρίας, αφαίρεσης ή κούρασης.
- Επικίνδυνο περιβάλλον εργασίας.
- Επικίνδυνη κατάσταση των μηχανημάτων, των εργαλείων ή ακόμα και των κτιριακών εγκαταστάσεων.
- Διαφορά 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 αλλά και σε γενικότερα μέτρα, που αφορούν τη χρήση των μηχανημάτων του. Τα απαραίτητα προστατευτικά μέτρα που παίρνει κάθε εργαζόμενος, για να μην εμπλακεί σε ατυχήματα είναι:

- Τα προστατευτικά γυαλιά, τα οποία προστατεύουν τα μάτια από τα εκτοξευμένα απόβλητα, από σπινθήρες κλπ.
- Τα γάντια, που προστατεύουν τα χέρια κατά τη μεταφορά ή επεξεργασία υλικών.
- Τα υποδήματα ασφάλειας, που προφυλάσσουν τα ποδιά από τις πτώσεις βαριών αντικειμένων.

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

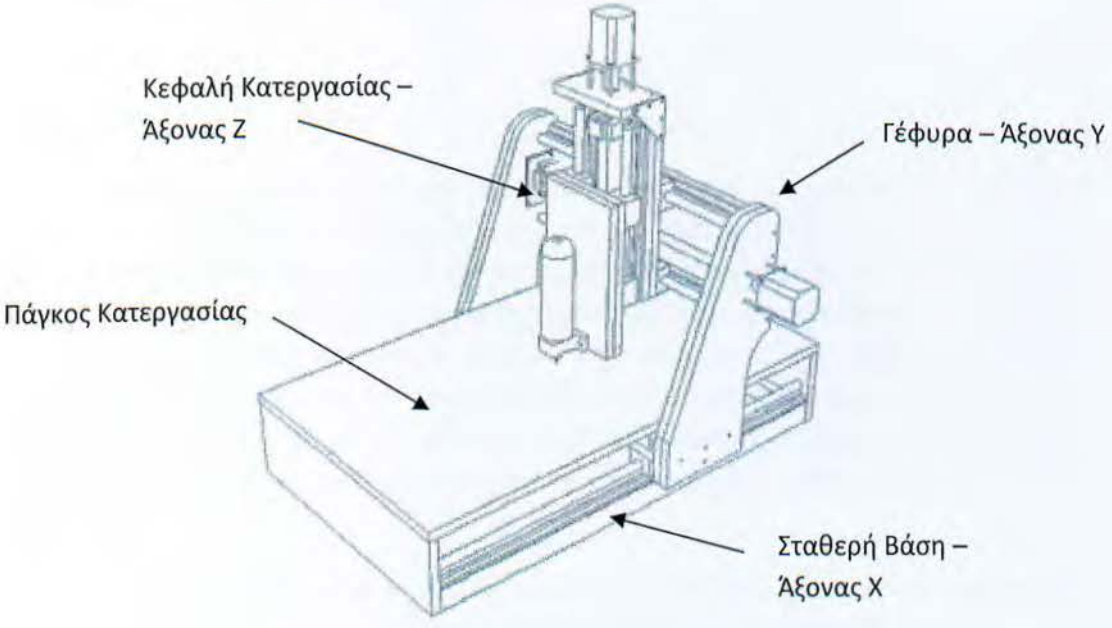
- Σωστός χειρισμός και συγκέντρωση προσοχής.
- Καλή κατάσταση εργαλειομηχανών και μηχανουργείου με ευταξία και καθαριότητα.
- Κοπτικά εργαλεία σε καλή κατάσταση.
- Σωστή ρύθμιση περιστροφικής ταχύτητας και πρόωσης.
- Αποφυγή φαρδιών ρηχών και λυμένων μακριών μαλλιών.

- Προσεκτική συγκράτηση τεμαχίων και κοπτικών εργαλείων.
- Σταμάτημα της εργαλειομηχανής, όταν επιδιώκεται μια μέτρηση, ρύθμιση, καθάρισμα ή επισκευή.
- Να μην εγκαταλείπεται η εργαλείο μηχανή, όταν βρίσκεται σε λειτουργία και να κλείνει πάντα το κουβούκλιο προστασίας, ακόμα και για τη λειτουργία δόκιμης στο κενό.

Κεφάλαιο 2: ΣΧΕΔΙΑΣΗ CNC

2.1 Επιλογή CNC

Ο τύπος CNC που επιλέξαμε να κατασκευάσουμε ανήκει στην κατηγορία των mini CNC routers (δρομολογητών) τριών αξόνων. Λόγο το ότι είναι μια πρωτότυπη κατασκευή σκεφτήκαμε να έχει μικρές διαστάσεις και χαμηλό κόστος κατασκευής, αλλά να είναι λειτουργικό και να ανταποκρίνεται επιτυχώς στις σύγχρονες απαιτήσεις εργασίας. Η κατασκευή μας εντάσσεται στις μηχανές κατεργασίας με υπολογιστή. Το αντικείμενο κατεργασίας είναι γενικό και στοχεύουμε σε κατεργασίες μικρών αντικειμένων, όπως χάραξη, διάτρηση κ.λ.π. Το εύρος αντικειμένων προς κατεργασία είναι μεγάλο όπως επίσης και τα υλικά προς κατεργασία. Η κατασκευή θα φέρει ένα μόνο εργαλείο κατεργασίας με χειροκίνητη λειτουργία τοποθέτησης και αφαίρεσης. Επιθυμητές διαστάσεις κατεργασίας για τους άξονες X και Y ορίσαμε μια κόλλα A4, 30cm X 21cm περίπου και για τον άξονα Z 12cm. Το υλικό κατασκευής αποφασίσαμε να είναι από αλουμίνιο έτσι ώστε να είναι ελαφριά και στιβαρή η κατασκευή μας. Επιλέξαμε σταθερό πάγκο κατεργασίας για εύκολη και προσιτή τοποθέτηση του επεξεργαζόμενου αντικειμένου. Για την κίνηση των αξόνων επιλέξαμε βηματικούς κινητήρες, που κάλυπταν τις απαιτήσεις της κατασκευής μας, αντί σέρβο κινητήρες για οικονομικούς λόγους. Η μετάδοση της κίνησης έγινε με χρήση κοχλία και για την γραμμικότητα της κίνησης χρησιμοποιήσαμε γραμμικούς κανόνες με φορεία. Για τον έλεγχο των βηματικών μοτέρ χρησιμοποιήσαμε πλακέτα ελέγχου, η οποία συνδέθηκε με κεντρική μονάδα συμβατικού υπολογιστή. Το λογισμικό πρόγραμμα επικοινωνίας με το CNC βασίζεται σε δωρεάν εφαρμογή από το διαδίκτυο χωρίς να χρειάζεται κάποια περαιτέρω παρέμβαση από εμάς. Τέλος, για την κατεργασία των αντικειμένων επιλέξαμε την χρήση ηλεκτρικού ευθύ λειαντήρα.



Πρωτότυπο σχέδιο εφαρμογής

2.2 Προσδιορισμός παραμέτρων κατασκευής

2.2.1 Υλικό

Για την κατασκευή του σκελετού επιλέξαμε υλικό κατασκευής συμπαγές αλουμίνιο κατασκευών. Οι λόγοι επιλογής είναι ότι μπορεί να κοπεί σε οποιαδήποτε επιθυμητή διάσταση θέλουμε, μπορεί εύκολα να κατεργαστεί, είναι ελαφρύτερο από το σίδερο, είναι πιο οικονομικό από τα προφίλ αλουμινίου και προσδίδει στην κατασκευή μας στιβαρότητα.

2.2.2 Μορφολογία

Το CNC αποτελείται κυρίως από δύο μέρη. Το σταθερό μέρος και το κινητό μέρος. Το σταθερό μέρος περιέχει την σταθερή βάση της κατασκευής και τον πάγκο κατεργασίας. Επιλέξαμε την κίνηση κατά μήκος της βάσης να την ονομάσουμε 'Άξονας Χ'. Έχοντας τον πάγκο κατεργασίας σε σταθερή και συγκεκριμένη θέση, διευκολύνεται η τοποθέτηση και απομάκρυνση του αντικειμένου κατεργασίας σε αυτόν. Επίσης, με την επιλογή σταθερής βάσης – άξονα Χ, ορίζουμε συγκεκριμένες διαστάσεις μήκους και πλάτους του CNC στον χώρο. Το κινητό μέρος περιέχει τον 'Άξονα Υ' και 'Άξονα Ζ'. Ο άξονας Υ βρίσκεται πάνω σε μια κινητή γέφυρα, η οποία κινείται κατά μήκος του άξονα Χ. Η κίνηση στον άξονα Υ καλύπτει το πλάτος του πάγκου κατεργασίας και σε συνδυασμό με την κίνηση του άξονα Χ, καλύπτεται όλο το μήκος και πλάτος του πάγκου. Ο άξονας Ζ είναι τοποθετημένος στην κινητή γέφυρα και ακολουθεί την κίνηση του άξονα Υ. Εκεί βρίσκεται και ο ευθύς λειαντήρας, ο οποίος θα κατεργάζεται το αντικείμενο. Το CNC συνοδεύεται από ανεξάρτητο ηλεκτρολογικό κουτί το οποίο περιέχει τα ηλεκτρολογικά στοιχεία της κατασκευής π.χ. πλακέτα ελέγχου. Τέλος, για τη λειτουργία του CNC απαιτείται ηλεκτρονικός υπολογιστής, αφού δεν διαθέτει δική του κεντρική μονάδα.

2.2.3 Διαστάσεις – Βάρος

Αρχική μας επιθυμία ήταν το CNC να έχει δυνατότητα κατεργασίας στις διαστάσεις Χ και Υ όσο μία κόλλα Α4 δηλαδή μήκος 297 mm και πλάτος 210 mm. Για τον λόγο αυτό, ορίσαμε ως πάγκο κατεργασίας τις επιθυμητές διαστάσεις. Για την συνολική διάσταση του άξονα Χ, πέρα του πάγκου κατεργασίας, αυξήσαμε το μήκος για να υπάρχει η δυνατότητα το CNC να βρίσκεται σε κάποια αρχική θέση αφήνοντας τον πάγκο κατεργασίας προσβάσιμο και από τις τρεις διαστάσεις Χ,Υ,Ζ. Για την διάσταση Ζ θεωρήσαμε ότι 120 mm διαδρομή θα ήταν αρκετή για τον άξονα Ζ και προσθέσαμε και το εργαλείο κατεργασίας. Ενδεικτικά οι διαστάσεις της κατασκευής είναι περίπου, μήκος 90cm, πλάτος 55cm και ύψος 75cm.

Επιθυμητό βάρος κατασκευής CNC περίπου 50 κιλά, έτσι ώστε να είναι σταθερή και στιβαρή η κατασκευή, χωρίς ταλαντεύσεις και κραδασμούς κατά την λειτουργία.

2.2.4 Γραμμικότητα

Η κίνηση των αξόνων αποφασίσαμε να γίνεται πάνω σε γραμμικούς κανόνες με γραμμικά φορεία. Η πλειοψηφία των mini CNC χρησιμοποιεί αυτό το σύστημα γιατί παρέχει ακρίβεια, τοποθετείται εύκολα και έχει πολύ καλή ποιότητα ολίσθησης. Επίσης, λόγο κατασκευής δέχεται μεγάλα φορτία δύναμης. Για την εφαρμογή μας κρίναμε ότι θα χρειαστούμε δύο γραμμικούς κανόνες για τον άξονα X, οι οποίοι θα είναι αντικριστά παράλληλοι στα πλάγια της βάσης, με ένα ή δύο γραμμικά φορεία ανά άξονα ανάλογα με το μέγεθος του γραμμικού κανόνα και το βάρος της κατασκευής. Οι κανόνες θα προσδεθούν στην σταθερή βάση και τα φορεία στα πλαϊνά της κινητής γέφυρας έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η κίνηση του άξονα X. Στον άξονα Y θα χρησιμοποιήσουμε πάλι δύο παράλληλους γραμμικούς κανόνες, για την καλύτερη στήριξη της κεφαλής κατεργασίας και του άξονα Z, μαζί με 1 γραμμικό φορείο σε κάθε κανόνα. Οι κανόνες θα στηριχθούν σε συστοιχία στο πάνω μέρος της γέφυρας και τα φορεία θα ολισθαίνουν από το ένα πλαϊνό της γέφυρας στο άλλο πραγματοποιώντας την κίνηση του άξονα Y. Τέλος, στον άξονα Z αποφασίσαμε ότι ίσως θα επαρκούσε να χρησιμοποιούσαμε έναν μόνο γραμμικό κανόνα με ένα ή δύο γραμμικά φορεία λόγο του περιορισμένου χώρου της κατασκευής. Στον άξονα Z θα βρίσκεται η κεφαλή κατεργασίας.



Γραμμικός κανόνας με φορείο

2.2.5 Μετάδοση κίνησης

Η επιλογή σπειροειδή κοχλία μαζί με το ανάλογο παξιμάδι επιλέχθηκε για να καλύψει τις ανάγκες μας στην μετάδοση κίνησης. Σκοπός μας ήταν να τοποθετήσουμε έναν κοχλία σε κάθε άξονα που να συνδέεται με βηματικό κινητήρα για να επιτελείται η κίνηση. Για την μέγιστη δυνατή ακρίβεια θα πρέπει να μην υπάρχει απώλεια θέσης κατά την περιστροφή του άξονα. Για το λόγο αυτό ο άξονας του βηματικού θα έπρεπε να προσαρμοστεί πάνω στον άξονα του κοχλία. Αποφασίσαμε τα βηματικά μαζί με τον κοχλία να παραμένουν σταθερά στην θέση τους και η κίνηση των κινητών μερών του CNC να γίνεται από τα παξιμάδια των κοχλιών που θα βρίσκονται προσαρμοσμένα πάνω στα κινητά μέρη. Συγκεκριμένα, ο κοχλίας μετάδοσης θα βρίσκεται παράλληλα του γραμμικού κανόνα

και το βηματικό σταθερό στο ένα άκρο του κοχλία. Με την εντολή της περιστροφής του βηματικού ο κοχλίας περιστρέφεται μένοντας σταθερός στην θέση του και το παξιμάδι ακολουθεί την περιστροφή του κοχλία και μετακινεί το σύνολο.



Σπειροειδής κοχλίας με παξιμάδι



Βηματικός κινητήρας με κοχλία μετάδοσης και παξιμάδι

2.2.6 Έλεγχος κίνησης

Ο έλεγχος της κίνησης κάθε άξονα θα επιτυγχάνεται με την λειτουργία των βηματικών κινητήρων και από τις εντολές των ελεγκτών των βηματικών. Κάθε άξονας έχει ανεξάρτητο βηματικό κινητήρα και ελεγκτή. Όλα ελέγχονται από κεντρική πλακέτα ελέγχου. Στη συνέχεια η πλακέτα συνδέεται με υπολογιστή όπου με κατάλληλη εφαρμογή προγράμματος υλοποιείται επικοινωνία μεταξύ πλακέτας ελέγχου και προγράμματος. Το πρόγραμμα ανάλογα με τον βαθμό δυνατοτήτων, σχεδιαστικά και λειτουργικά, είναι αυτό που καθορίζει τις δυνατότητες της μηχανής CNC. Σκοπός μας είναι να λειτουργεί η εφαρμογή μας με ακρίβεια και να υπάρχει έλεγχος θέσης χωρίς να χάνεται. Να έχει καλή ταχύτητα πρόωσης και να είναι αξιόπιστο στις κινήσεις.

2.2.7 Ακρίβεια

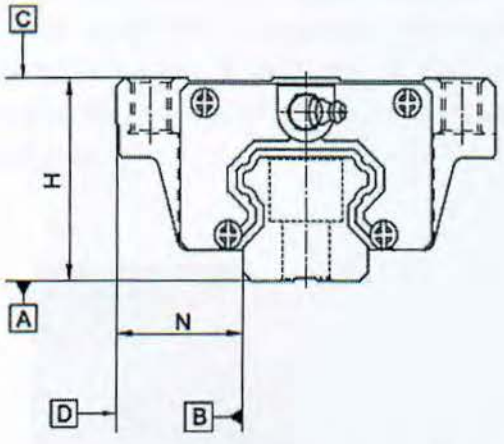
Με τον όρο ακρίβεια συστήματος, δίνουμε έμφαση στους παράγοντες της κατασκευής που πρέπει να προσέξουμε έτσι ώστε το αποτέλεσμα της κατασκευής του mini CNC router να έχει τις ακριβείς διαστάσεις που σχεδιάστηκε. Οι παράγοντες που επηρεάζουν το αποτέλεσμα της κατασκευής είναι οι εξής:

2.2.7.1 Ακρίβεια κατά την κατασκευή

Για να είναι κατασκευαστικά σωστό το σύστημά μας πρέπει να τηρήσουμε σωστά τις σχεδιαστικές διαστάσεις. Το κάθε εξάρτημα, που επίκειται σε διαδικασία κατεργασίας, θα πρέπει να έχει σωστές διαστάσεις έτσι ώστε να μην υπάρχει πρόβλημα κατά την εφαρμογή και συναρμολόγηση με τα υπόλοιπα εξαρτήματα. Ο σκελετός του συστήματος θα πρέπει να είναι άρτια συναρμολογημένος και να μην υπάρχουν αποκλίσεις από πλευρά σε πλευρά ή από άξονα σε άξονα. Η ακρίβεια κατά την επεξεργασία και συναρμολόγηση μπορεί να φτάσει σε κλίμακα τα χιλιοστά του χιλιοστού, ανάλογα με το εξάρτημα κατεργασίας και το όργανο μέτρησης. Συνήθως, η ακρίβεια που πετυχαίνουμε είναι το εκατοστό του χιλιοστού.

2.2.7.2 Ανοχές στα κινητά μέρη

Το σύστημά μας βασίζεται σε τρεις άξονες, άρα και σε τρία κινητά μέρη. Αφού επιλέξαμε για την κατασκευή την χρήση γραμμικών κανόνων με φορεία, τότε θα πρέπει να εξετάσουμε την ακρίβεια που προσφέρουν. Οι ανοχές που συναντάμε από τους τύπους των φορείων του εκάστοτε κατασκευαστή, διαφέρουν μεταξύ τους.

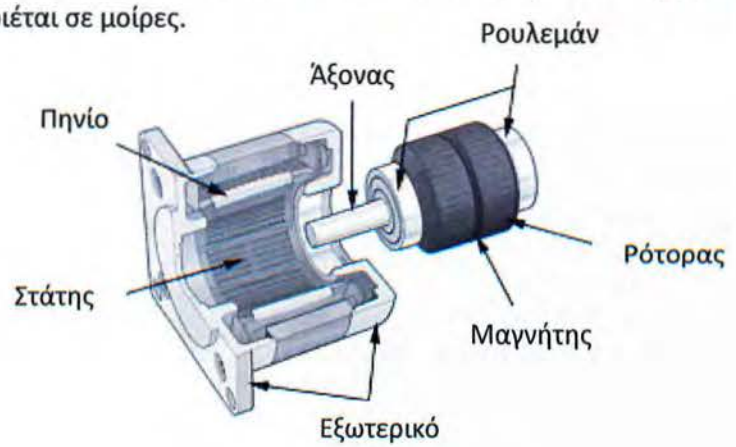


Διαστασιολογική ανοχή του ύψους H: από ±0,1mm έως ±0,008mm
Διαστασιολογική ανοχή του πλάτους N: από ±0,1mm έως ±0,008mm
Παραλληλισμός επιφανειών C – A σε συνάρτηση με το μήκος του γραμμικού κανόνα: 37μm – 2μm
Παραλληλισμός επιφανειών D – B σε συνάρτηση με το μήκος του γραμμικού κανόνα: 37μm – 2μm

2.2.7.3 Ανοχές στα μέσα μετάδοσης κίνησης

Τα μέσα μετάδοσης κίνησης είναι όλα τα εξαρτήματα που βρίσκονται από τον βηματικό κινητήρα μέχρι την κινητή βάση και αλληλεπιδρούν άμεσα στην κίνηση.

Ξεκινώντας από τον βηματικό κινητήρα, η ακρίβεια εξαρτάται από την κατασκευή του βηματικού από τον κάθε κατασκευαστή. Η μικρότερη δυνατή ανοχή των βηματικών κινητήρων είναι 3% – 5% του εκάστοτε βήματος. Κάθε βήμα υπολογίζεται σε γωνιακό βήμα και μετριέται σε μοίρες.



Σχέδιο Βηματικού Κινητήρα

Το επόμενο εξάρτημα που συναντάμε είναι το κόμπλερ σύνδεσης του βηματικού με τον κοχλία. Υπάρχουν πολλά είδη που εξυπηρετούν την σύνδεση. Σκοπός είναι να γίνεται η σύνδεση με την μικρότερη δυνατόν παραμόρφωση του κόμπλερ έτσι ώστε να μην υπάρχει σφάλμα στην μετάδοση. Τα κόμπλερ, βάση κατασκευής, έχουν την δυνατότητα να απορροφούν κάθετα φορτία του άξονα περιστροφής χωρίς να αλλοιώνουν την περιστροφική κίνηση. Η ανοχή τους εξαρτάται από το είδος κατασκευής και την χρήση τους.



Κόμπλερ Σύνδεσης

Τέλος, ο κοχλίας μετάδοσης κίνησης και το παξιμάδι μετατόπισης. Η ακρίβεια της κίνησης ποικίλει από το είδος του κοχλία και το παξιμάδι. Η επιλογή του των ειδών εξαρτάται από την εφαρμογή και χρήση που θέλουμε. Ενδεικτικά για σπειροειδή

κοχλίες με παξιμάδι μικρής διαμέτρου, οι ανοχές στην μετατόπιση είναι από 0,12mm έως 0,04mm για κάθε βήμα.

2.2.7.4 Ακρίβεια προγράμματος

Το πρόγραμμα λειτουργίας που χρειάζεται το mini CNC router βασίζεται σε έτοιμη εφαρμογή με δυνατότητα ακρίβειας χιλιοστού του χιλιοστού. Η πλακέτα ελέγχου αναλαμβάνει να μεταφέρει το σήμα στον βηματικό κινητήρα και ανάλογα την κατασκευή της πλακέτας η μετάδοση είναι σωστή η όχι. Για να λειτουργήσει σωστά το σύστημά μας θα πρέπει να βρούμε την σχέση μετάδοσης του κοχλία συναρτήσει του βήματος του βηματικού κινητήρα και να περάσουμε τα αποτελέσματα στο πρόγραμμα έτσι ώστε να έχουμε σωστή καθοδήγηση από το πρόγραμμα στην κίνηση του κάθε άξονα.

2.2.7.5 Επιθυμητή ακρίβεια της μηχανής

Αρχικά σκοπός μας είναι η κατασκευή να έχει την καλύτερη δυνατή συναρμολόγηση έτσι ώστε να πετύχουμε μεγάλη ακρίβεια στα μέρη του συστήματος. Επίσης η καθετότητα των αξόνων και η παράλληλη κίνηση των κινητών μερών, αλλά και η ταυτόχρονη κίνηση των τριών αξόνων, με την καλύτερη δυνατή ακρίβεια, είναι ο τελικός στόχος μας. Για τον σκοπό αυτό η εφαρμογή σύγχρονων μέσων κατασκευής και μέτρησης, κρίνεται αναγκαία. Ως επιθυμητή ανοχή της κατασκευής μας ορίσαμε 0,1mm (ένα δέκατο του χιλιοστού). Για τον καλύτερο προσδιορισμό της πραγματικής θέσης του κάθε άξονα, το CNC μας θα έχει την δυνατότητα να ορίζει σημείο αναφοράς, κατά επιλογή, από τον χρήστη του προγράμματος.

2.2.8 Λειτουργικότητα

2.2.8.1 Τρόπος λειτουργίας

Το mini CNC router θα λειτουργεί με τον εξής τρόπο. Ο χρήστης της θα σχεδιάζει το επιθυμητό αντικείμενο σε κάποιο σχεδιαστικό πρόγραμμα CAD/CAM στον υπολογιστή. Δυνατότητες σχεδιασμού παρέχει και η εφαρμογή της κατασκευής μας. Με την επιλογή της κατεργασίας που επιθυμεί, θα δημιουργεί κώδικα σε γλώσσα μηχανής, G code. Υπάρχει η δυνατότητα στην εφαρμογή να χρησιμοποιηθεί κατευθείαν G code, αποκλείοντας την διαδικασία ηλεκτρονικού σχεδίου. Αρχικά θα γίνεται στην μηχανή CNC αναφορά σε όλους τους άξονες έτσι ώστε να μηδενίσουν οι μετρικές μονάδες των αξόνων. Στη συνέχεια θα τοποθετείται το επιθυμητό υλικό για κατεργασία στον πάγκο κατεργασίας στης μηχανής και θα προσδένεται σταθερά στον πάγκο με τους σφικτήρες πρόσδεσης. Έπειτα ο χρήστης θα προσαρμόζει το εργαλείο κατεργασίας στην κεφαλή κατεργασίας και θα παίρνει χειροκίνητα αναφορά του αντικειμένου και στους τρεις άξονες, για να αποκτήσει το πρόγραμμα εικόνα για το αντικείμενο που έχει προς κατεργασία. Τέλος, ο χρήστης θα εισάγει τις συντεταγμένες αναφοράς στο πρόγραμμα και αφού τρέξει το πρόγραμμα θα

έχει έτοιμο το επιθυμητό αντικείμενο. Η διαδικασία λειτουργίας της κατασκευής μας δεν διαφέρει από τις συνηθισμένες διεργασίες λειτουργίας μηχανών CNC.

2.2.8.2 Δυνατότητες κατεργασίας

Η κατασκευή μας θα έχει την δυνατότητα να κατεργαστεί αντικείμενα από μαλακά υλικά μέχρι και κατεργασία σε απλό σίδερο. Διάφορα υλικά κατεργασίας είναι το πλαστικό, το ξύλο, ο χαλκός, το αλουμίνιο, ο μπρούντζος και ο σίδηρος. Η κάθε κατεργασία εξαρτάται από το πρόγραμμα που έχει δημιουργηθεί και το κατάλληλο κοπτικό εργαλείο που έχει επιλεχθεί για να επιτελέσει την κατεργασία. Στο Κεφάλαιο 9 βρίσκεται παράθεμα με κανόνες κατεργασίας υλικού και κατάλληλη επιλογή κοπτικού εργαλείου. Οι διαστάσεις X και Y και η μορφολογία του αντικειμένου προς κατεργασία, θα πρέπει να είναι τέτοιες έτσι ώστε να μπορεί να προσδεθεί στο τραπέζι κατεργασίας. Για την διάσταση Z, το όριο ύψους εξαρτάται από το μήκος του κοπτικού εργαλείου. Όσο μακρύτερο είναι το κοπτικό εργαλείο τόσο περιορίζεται το ύψος Z του αντικειμένου προς κατεργασία.

2.2.8.3 Πρακτικότητα

Η πρακτικότητα της κατασκευής μας κρίνεται επιτακτική. Όπως αναφέραμε παραπάνω, θέλουμε το mini CNC router να είναι μικρό στις εξωτερικές του διαστάσεις, να μπορεί εύκολα να μεταφερθεί και να είναι εύκολο στην χρήση του. Σκοπός μας είναι να γίνονται γρήγορες κατεργασίες μικρών και ελαφριών αντικειμένων με μεγάλη δυνατότητα ακρίβειας. Η κατασκευή μας θέλουμε να έχει την δυνατότητα ευρείας χρήσης από πολλούς χρήστες χωρίς περιοριστικούς όρους. Να μπορεί να αξιοποιηθεί σε δίκτυο υπολογιστών και να λειτουργεί είτε σε παραγωγική διαδικασία είτε για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Κατασκευαστικά, τα μέρη και τα εξαρτήματα συναρμολόγησης να μπορούν να προσφέρουν την δυνατότητα παρατήρησης της λειτουργίας και της κατεργασίας.

2.2.9 Εργαλείο κατεργασίας

Το εργαλείο μας θα πρέπει να έχει την δυνατότητα ρύθμισης των στροφών, να είναι ανθεκτικό και στιβαρό κατά την λειτουργία του και να μπορεί εύκολα ο χειριστής του να αλλάζει κοπτικά εργαλεία. Οι μικρές διαστάσεις και η εύκολη προσαρμογή του στον σκελετό της κατασκευής μας αποτελούν επίσης κριτήρια επιλογής. Ως εργαλείο κατεργασίας στην κεφαλή κατεργασίας επιλέξαμε την χρήση έτοιμου ευθύ λειαντήρα ή αλλιώς ευθύ χαράκτη με χειροκίνητη λειτουργία.

2.3 Επιλογή εξαρτημάτων

2.3.1 Εισαγωγή

Η επιλογή εξαρτημάτων έγινε μετά από μελέτη της κατασκευής και πάντα σε συνάρτηση με την διαθεσιμότητα των υλικών κατασκευής. Εξετάσαμε αρκετές περιπτώσεις υλικών και καταλήξαμε σε αυτά που ακολουθούν. Η κατασκευαστική ευκολία και ο παράγοντας κόστος αγοράς των υλικών επηρέασε την επιλογή μας. Τα υλικά κατασκευής και τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήσαμε είναι εμπορίου και συνοδεύονται από τις κατασκευαστικές πιστοποιήσεις τους.

2.3.2 Υλικό κατασκευής

Όπως αναφέραμε και πιο πάνω το υλικό κατασκευής του κορμού επιλέξαμε να είναι από αλουμίνιο. Συγκεκριμένα θα χρησιμοποιήσουμε αλουμίνιο 5083 σε πλάκες των 15 και 20 χιλιοστών για τον σκελετό της κατασκευής και πλάκα των 30 χιλιοστών για τον πάγκο κατεργασίας. Το αλουμίνιο 5083 ανήκει στα κράματα αλουμινίου με υψηλή περιεκτικότητα σε μαγνήσιο και ενδείκνυται για κατασκευές αφού έχει εξαιρετική αντοχή και καλή δυσκαμψία. Κάνοντας υπολογισμό, με βάση το ειδικό βάρος του αλουμινίου 2,7kg/m^3, για το βάρος της κατασκευής και συγκεκριμένα για τον σκελετό διαπιστώνουμε ότι η σταθερή βάση μαζί με τον πάγκο κατεργασίας είναι περίπου 19 κιλά και μαζί με τα λοιπά εξαρτήματα φτάνει τα 21 κιλά και τα κινητά μέρη είναι 12 κιλά και μαζί με τα λοιπά εξαρτήματα φτάνει τα 19 κιλά. Άρα συνολικά το mini CNC router αναμένεται να έχει συνολικό βάρος γύρο στα 40 κιλά.

2.3.3 Σύστημα γραμμικότητας

Για το γραμμικό μας σύστημα επιλέξαμε γραμμικούς κανόνες με φορεία. Συγκεκριμένα επιλέξαμε γραμμικά συστήματα από την εταιρεία HIWIN, η οποία καλύπτει μεγάλο φάσμα εφαρμογών στα γραμμικά συστήματα.

Αρχικά, εστιάσαμε την προσοχή μας να βρούμε τη θέση και το στατικό φορτίο που θα δέχονται τα γραμμικά συστήματα στα σημεία που θα τοποθετούνταν. Ξεκινήσαμε με τον κανόνα και το φορείο που θα επιτελούν την κίνηση του άξονα Χ. Επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε 2 κανόνες παράλληλους στην αριστερή και δεξιά πλευρά, αντίστοιχα, της σταθερής βάσης της κατασκευής. Η σταθερή βάση αποφασίσαμε να έχει πάχος 2 cm, άρα ένας κανόνας με πάχος 2 cm θα ήταν ιδανική λύση για την εφαρμογή μας. Όσο αφορά το στατικό φορτίο των κινητών μερών που θα βάρυνε τα φορεία, ισοδυναμούσε με το μέγιστο στατικό φορτίο του συστήματος γιατί, βάση κατασκευής, όλο το σύστημα κίνησης μετατοπίζεται πάνω στον άξονα Χ. Έτσι, όπως αναφέραμε παραπάνω, το συνολικό βάρος των κινητών μερών, 19 κιλά, είναι και το μέγιστο στατικό φορτίο που δέχεται ο άξονας Χ. Άρα, αφού εμείς επιλέξαμε τα κινητά μέρη να στηρίζονται σε 2 μέρη με την γέφυρά μας, τότε αυτομάτως το στατικό φορτίο μοιράζεται στα 2. Στην πραγματικότητα κατά την κίνηση

του άξονα Υ το βάρος κατανέμεται είτε αριστερά, είτε δεξιά ανάλογα το που βρίσκεται η κεφαλή κατεργασίας. Για να είμαστε μέσα στα όρια και να μην μας απασχολεί το συνολικό στατικό βάρος των κινητών μερών, θα ορίσουμε μέγιστο στατικό βάρος σε κάθε πλευρά τα 19 κιλά. Τέλος θα βρούμε ποιος κανόνας και φορείο ανταποκρίνονται καλύτερα στις απαιτήσεις μας. Πάχος κανόνα 2 cm, στατικό φορτίο 19 kg και μορφολογία φορείου ορθογώνιο χωρίς προεξοχές. Αναζητώντας από τον κατάλογο της HIWIN (βλέπε παράθεμα στο πίσω μέρος) καταλήξαμε στην επιλογή του HIWIN HGH 20CA για φορείο και του HG20 για γραμμικό κανόνα. Αποφασίσαμε ότι ένα φορείο σε κάθε πλευρά θα ήταν ικανοποιητικό. Με παρόμοιο τρόπο επιλέξαμε και για τους υπόλοιπους άξονες. Συγκεκριμένα για τον άξονα Υ και Ζ επιλέξαμε το HIWIN HGH 15CA φορείο και τον HG15 γραμμικό κανόνα, από 2 φορεία για κάθε άξονα.

2.3.4 Σύστημα μετάδοσης

2.3.4.1 Βηματικοί κινητήρες

Για την επιλογή βηματικών κινητήρων προτιμήσαμε την επιλογή έτοιμου σετ που περιείχε τους τρεις βηματικούς κινητήρες μαζί με την πλακέτα ελέγχου. Μετά από αναζήτηση επιλέξαμε μια ευρέως διαδεδομένη λύση που περιείχε τον ακόλουθο διπολικό βηματικό κινητήρα τυποποίησης NEMA 23.

Περιγραφή

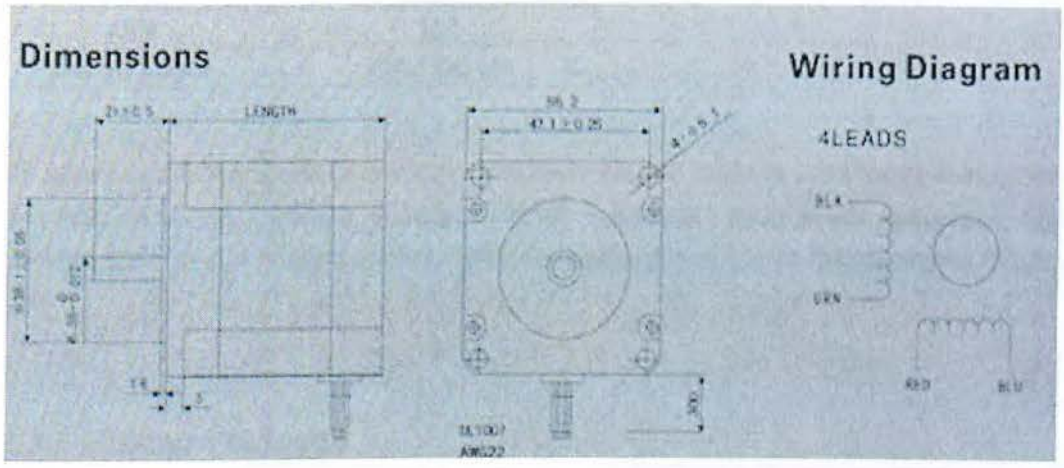
Παράμετροι:

- Ακρίβεια γωνίας βήματος: +-5%(ολόκληρο βήμα, χωρίς φορτίο)
- Ακρίβεια αντίστασης: +-10%
- Ακρίβεια αυτεπαγωγής: +-20%
- Μέγιστη θερμοκρασία: 80°C
- Θερμοκρασία περιβάλλοντος: -10°C-+50°C
- Κλάση μονώσεως: B
- Διηλεκτρική αντοχή: 500V AC for one minute
- Ακτινικός τζόγος άξονα: 0.06mm Max.(450gr-φορτίο)
- Αξονικός τζόγος άξονα: 0.08mm Max.(450 gr-φορτίο)
- Διάμετρος άξονα: 6.35mm

Χαρακτηριστικά:

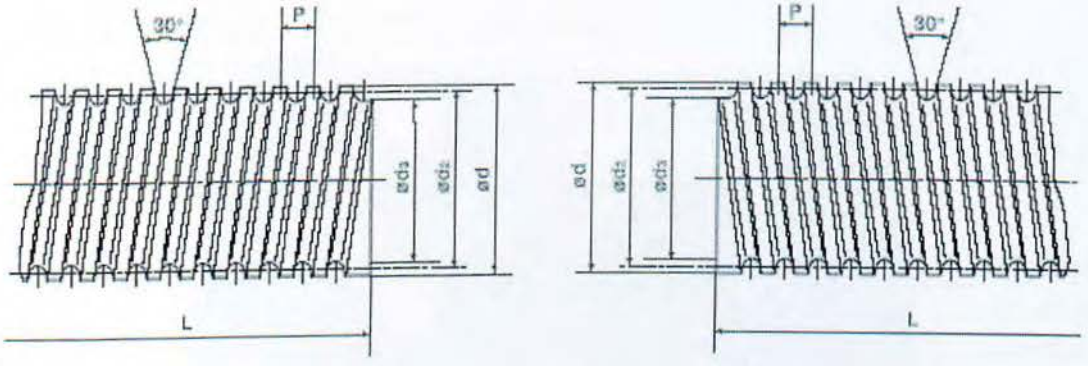
Μοντέλο Μονού Άξονα	Γωνία Βήματος °	Μήκος L(mm)	Ονομαστικό Ρεύμα A	Αντίσταση Φάσης Ω
57BYGH56-401A	1.8	56	2.8	0.9

Φάση Αυτεπαγωγής	Ροπή	Καλωδίωση	Αδράνεια Ρότορα	Βάρος
mH	Kgf.cm	No.	$g.cm^2$	kg
2.5	12.6	4	300	0.7



2.3.4.2 Κοχλίες - παξιμάδια

Για την επιλογή του κοχλία και του παξιμαδιού μετατόπισης επιλέξαμε δεξιόστροφο τραπεζοειδή σπειρωτό κοχλία με το αντίστοιχο παξιμάδι. Σε κάθε άξονα χρησιμοποιήσαμε το ίδιο μέγεθος. Επιλέξαμε διάμετρο άξονα 12mm με βήμα 3mm όπως απεικονίζεται παρακάτω.



Trd x p	d2 min	d2 min	d3 min
12 x 3	10.191	10.415	8.14

Υλικό	Ατσάλι
Ποιότητα	303 (x12CrNis 18.8)
DIN	103
Ανοχή Άξονα	0,05/300mm
Ευθύτητα	0,3/300mm

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Για παξιμάδι επιλέξαμε τετράγωνου σχήματος με τα ίδια χαρακτηριστικά, όπως οι κοχλίες, για την καλύτερη τοποθέτηση στα κινούμενα μέρη. Διάμετρος κοχλία 12mm με βήμα 3mm και διαστάσεις, μήκος 30mm, πλάτος 20mm και ύψος 20mm. Λοιπά χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

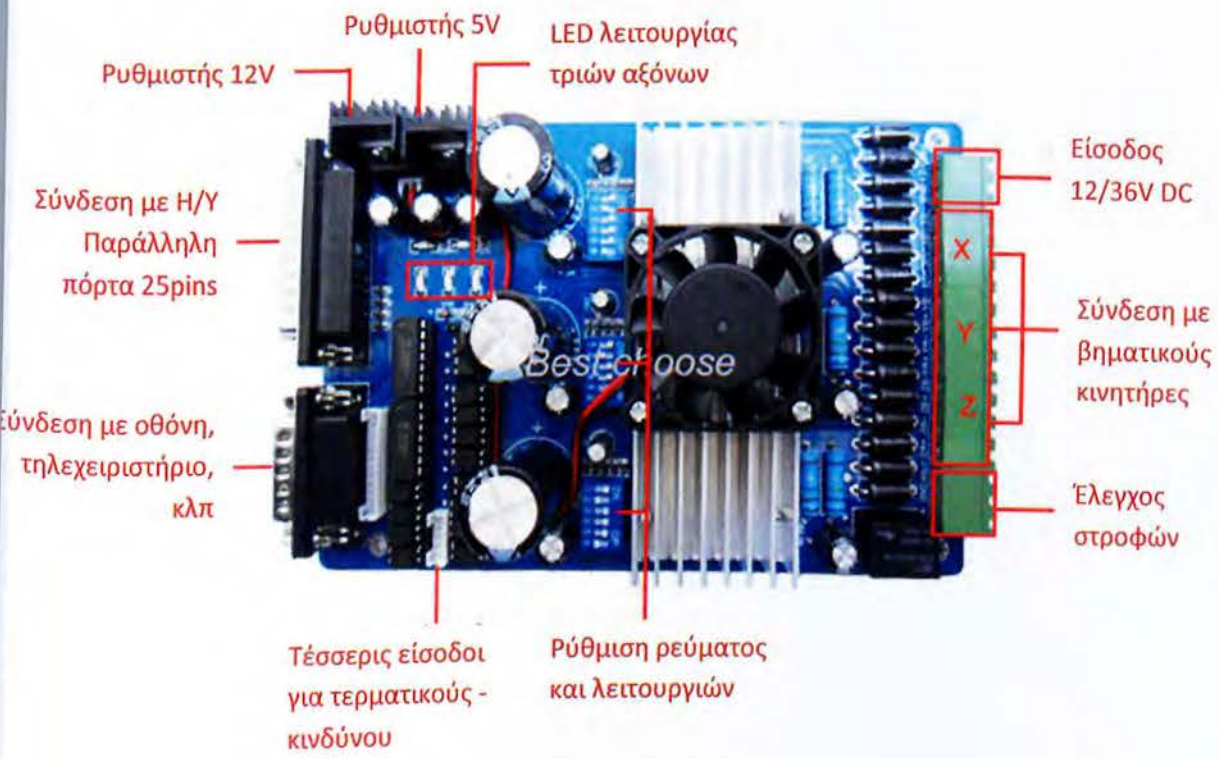
Υλικό	Μπρούτζος SAE660
Ποιότητα	8H
DIN	103
Ανοχή Άξονα	0,05/300mm

Τα κόμπλερ σύνδεσης των βηματικών κινητήρων και των κοχλιών μετάδοσης κίνησης είναι από αλουμίνιο με ατσάλινο ελατήριο και οι διαστάσεις τους είναι: διάμετρος άξονα 6.35mm από την μία πλευρά και 8mm από την άλλη, μήκος 25mm και εξωτερική διάμετρο 20mm.

2.3.5 Σύστημα ελέγχου

2.3.5.1 Πλακέτα ελέγχου

Όπως αναφέραμε προηγουμένως για τον έλεγχο των βηματικών κινητήρων επιλέξαμε την προμήθεια σετ πλακέτας - βηματικών. Η πλακέτα ελέγχου έχει επίσης την δυνατότητα ελέγξει τρεις τερματικούς διακόπτες, ένα κουμπί ανάγκης και να ελέγξει τις στροφές ενός κινητήρα συνεχούς τάσης.



Ονομασία: Πλακέτα ελέγχου βηματικών κινητήρων τριών αξόνων TB6560 CNC.

Χαρακτηριστικά πλακέτας ελέγχου.

- Ολοκληρωμένο κύκλωμα Toshiba TB6560AHG. 3.5A ρεύμα οδήγησης ολοκληρωμένου.
- 1-1/16 ρύθμιση βήματος, υψηλή ακρίβεια και ομαλότερη λειτουργία.
- Ρυθμιζόμενο εύρος έντασης ρεύματος 1.5A – 3A για κάθε άξονα.
- Ρυθμιζόμενη αναλογία επί τοις εκατό, 25%, 50%,75%, 100% του συνολικού ρεύματος για κάθε βηματικό κινητήρα.
- Ασφάλεια σε περίπτωση υπερφόρτωσης φορτίου, έντασης ρεύματος, και θερμοκρασίας. Μέγιστη προστασία για τον υπολογιστή και τον περιφερειακό εξοπλισμό του.
- Δυνατότητα ρύθμισης Ρεύματος εντός πλακέτας.
- Ρελέ ρύθμισης στροφών. 36V – 7.5A
- Τέσσερις είσοδοι για τερματικούς διακόπτες και κουμπί κινδύνου.
- Παράλληλη σύνδεση 25 pins για επικοινωνία με Η/Υ.
- Παράλληλη σύνδεση 15 pins για επικοινωνία με περιφερειακά εξαρτήματα, όπως χειριστήριο, οθόνη.
- Επικοινωνία και συνεργασία με προγράμματα λειτουργίας CNC, π.χ. MACH3, KCAM4, κ.λ.π.
- Διαστάσεις: 18cm X 11cm X 5cm

Ρύθμιση ρεύματος	1	2	Ρύθμιση απόκρισης	3	4	Ρύθμιση βήματος	5	6
100%	ON	ON	FAST	ON	ON	1	ON	ON
75%	ON	OFF	25%	ON	OFF	1/2	ON	OFF
50%	OFF	ON	50%	OFF	ON	1/8	OFF	ON
25%	OFF	OFF	SLOW	OFF	OFF	1/16	OFF	OFF

Ρύθμιση παραμέτρων για κάθε βηματικό κινητήρα πάνω στην πλακέτα.

PIN9	PIN14	PIN7	PIN1	PIN2	PIN3
Κινητήρας	Ενεργοποίηση X	φορά X	Βήμα X	Ενεργοποίηση Y	φορά Y

PIN8	PIN6	PIN4	PIN5	PIN16	PIN17
Βήμα Y	Ενεργοποίηση Z	φορά Z	Βήμα Z	Επέκταση εξόδου 1	Επέκταση εξόδου 2

Παράλληλη σύνδεση 25 pins

P1	P2	P3	P4	P5
Όριο X	Όριο Y	Όριο Z	STOP	GRD
Αντιστοίχιση P10	Αντιστοίχιση P11	Αντιστοίχιση P12	Αντιστοίχιση P13	

Είσοδοι τερματικών – κουμπί κινδύνου

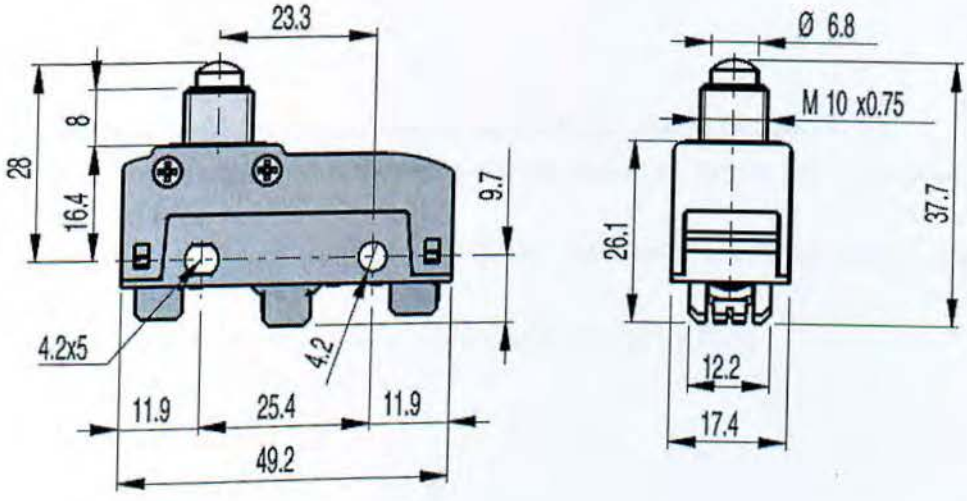
P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
VDD	GND	XA+	XA-	XB+	XB-	YA+	YA-	YB+

P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17
YB-	ZA+	ZA-	ZB+	ZB-	MO/V+	GND	MO-

Έξοδοι πλακέτας για βηματικούς κινητήρες και είσοδοι τροφοδοσίας

2.3.5.2 Τερματικοί διακόπτες

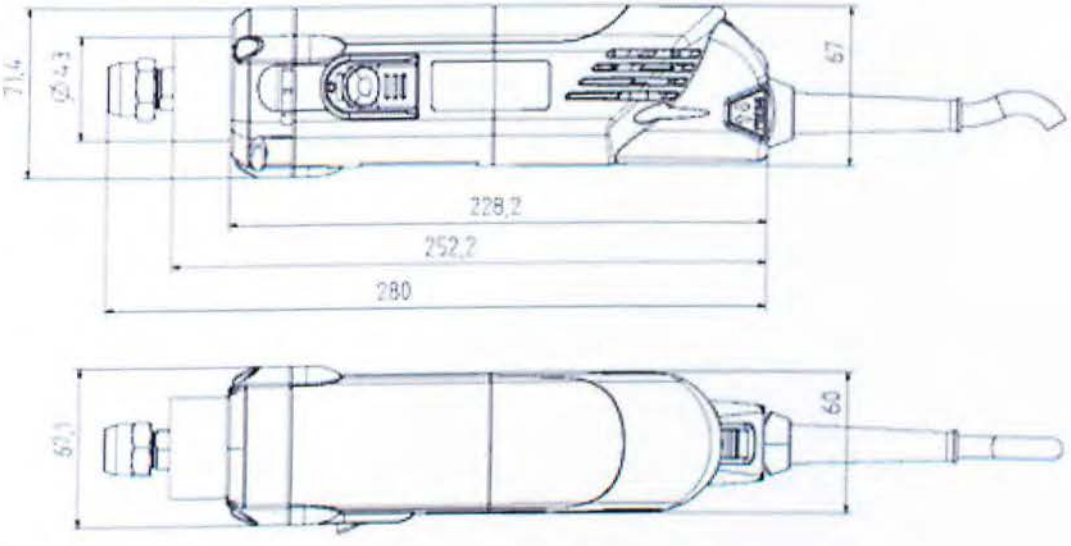
Για τον έλεγχο των ορίων κάθε άξονα αποφασίσαμε να τοποθετήσουμε τερματικούς διακόπτες επαφής - μπίλιας Pizzato MKV11D06. Έτσι σε κάθε άξονα τοποθετήσαμε από δύο τερματικούς διακόπτες στο κάθε φυσικό άκρο της διαδρομής για να δηλώνουν το τέρμα στο πρόγραμμα και να σταματά η κίνηση. Οι τερματικοί διακόπτες θα είναι συνδεδεμένοι με την πλακέτα ελέγχου και κάθε φορά που θα έρχονται σε επαφή με τα κινητά μέρη θα κλείνει η επαφή τους και θα σταματά η κίνηση. Η πλακέτα ελέγχου έχει τρεις θέσεις τερματικών για κάθε άξονα. Έτσι, θα συνδέσουμε σε σειρά τους τερματικούς διακόπτες κάθε άξονα και ουσιαστικά όταν κάποιος τερματικός από τους δύο έρθει σε επαφή με το κινητό μέρος, είδε τέρμα δεξιά, είτε τέρμα αριστερά θα δηλώνεται στην πλακέτα ελέγχου ότι τερμάτισε η κίνηση στον συγκεκριμένο άξονα. Το λειτουργικό πρόγραμμα αναγνωρίζει την προηγούμενη κατεύθυνση της μετατόπισης που είχε και κάθε φορά που τερματίζει κάποιος τερματικός, η μόνη εντολή κατεύθυνσης που δέχεται να υλοποιηθεί είναι αυτή της αντίθετης κατεύθυνσης από όποια ήταν πριν. Επειδή όμως για την αναφορά των αξόνων χρειαζόμαστε και τερματικούς διακόπτες αναφοράς, και η πλακέτα ελέγχου δέχεται μόνο τρεις τερματικούς, θα ορίσουμε στο λειτουργικό πρόγραμμα τους υπάρχον τερματικούς και ως τερματικούς αναφοράς. Έτσι με την εντολή αναφοράς από το λειτουργικό πρόγραμμα και στους τρεις άξονες τα κινητά μέρη θα κινηθούν έως ότου φτάσουν τους εκάστοτε τερματικούς διακόπτες. Μόλις τερματίσουν θα αντιστρέψουν την φορά κατεύθυνσης και θα κινηθούν αντίθετα όσο ελάχιστα χρειάζεται για να ξανά απελευθερώσουν στους τερματικούς διακόπτες. Αυτή θα είναι και η αρχική θέση του συστήματος.



2.3.6 Εργαλείο κατεργασίας

Το εργαλείο κατεργασίας που επιλέξαμε είναι ευθύς λειαντήρας Kress 1050 MFE-1. Το συγκεκριμένο εργαλείο είναι από τα δυνατότερα στην κατηγορία του, άρα μας ικανοποιεί τυχόν κατεργασία με αυξημένες απαιτήσεις, έχει ράμπα ρύθμισης των στροφών και μορφολογικά μας εξυπηρετεί στην προσαρμογή του στην κεφαλή κατεργασίας. Έχει χειροκίνητη λειτουργία και δέχεται κοπτικό εργαλείο 8mm.





Ενδεικτικές διαστάσεις

Χαρακτηριστικά:

- Ομαλή εκκίνηση και περιορισμός έντασης ρεύματος κατά την εκκίνηση.
- Θωρακισμένη προστασία κινητήρα για την αποφυγή σκόνης και ρινισμάτων στο εσωτερικό του.
- Σιδερένιο κάλυμμα κινητήρα με διπλό ρουλεμάν για βελτιωμένη επίδοση κατεργασίας.
- Ηλεκτρονική προστασία για την υπερθέρμανση λόγο φόρτου.
- Καλώδιο εύκολης τοποθέτησης.

Τεχνικά χαρακτηριστικά

Ισχύς	1050 W
Ταχύτητα χωρίς φορτίο	5.000 - 25.000 1/m
Κεφαλή πρόσδεσης	8 mm
Σημείο πρόσδεσης	Φ 43 mm
Βάρος εργαλείου	1,7 kg
Δόνηση	5.0 m/s^2
Θόρυβος	89 bB

2.3.7 Ηλεκτρολογικά

2.3.7.1 Τροφοδοτικό - Συνολική ισχύς

Για την λειτουργία των βηματικών κινητήρων και της πλακέτας ελέγχου θα χρειαστεί να τοποθετήσουμε τροφοδοτικό έντασης ρεύματος. Έτσι επιλέξαμε τροφοδοτικό Universal AC με είσοδο AC 110 – 240 V, 50/60Hz και έξοδο DC 24V 10A.



Για τον υπολογισμό της συνολικής Ισχύς προσθέτουμε το μέγιστο ρεύμα των βηματικών κινητήρων για να δούμε εάν μας καλύπτει το τροφοδοτικό. 3Α από κάθε βηματικό κινητήρα, άρα 9Α συνολική ένταση ρεύματος. Το τροφοδοτικό είναι 10Α άρα μας κάνει θεωρητικά. Συνολική Ισχύς P=V*I = 220V*10A τροφοδοτικού = 2200W + 1050W από το εργαλείο κατεργασίας άρα 3250W. $P_{συν}$=3250W.

Λοιπά χαρακτηριστικά

- Καλή ποιότητα, υψηλή επίδοση
- Πιστοποιήσεις: 3C/FC/CE
- Δοκιμή στο 100% του φορτίου του
- Προστασίες: υπερφόρτωσης, υπέρτασης, κυκλώματος
- Αερόψυκτο
- Διαστάσεις: 200mm X 109mm X 50mm

2.3.7.2 Καλώδια σύνδεσης - κουμπί κινδύνου - ηλεκτρολογικό κουτί

2.3.7.2.1 Ηλεκτρολογικό κουτί

Ως ηλεκτρολογικό κουτί θεωρούμε το κουτί που θα τοποθετήσουμε την πλακέτα ελέγχου, το τροφοδοτικό και γενικά την τροφοδοσία της κατασκευής μας, αλλά και την επικοινωνία με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή μας. Αρχικά υπολογίσαμε της διαστάσεις της πλακέτας ελέγχου και του τροφοδοτικού ως τις μικρότερες απαιτούμενες διαστάσεις για το κουτί μας. Έτσι με βάση και την διαθεσιμότητα της αγοράς επιλέξαμε πλαστικό κουτί με αποσπώμενο καπάκι, εξωτερικών διαστάσεων 39cm X 31cm X 13cm. Τέλος, στο ηλεκτρολογικό κουτί θα υπάρχει, μία είσοδο για την τροφοδοσία ρεύματος του συστήματος, ένας γενικός διακόπτης ON-OFF για 16A, ένα άνοιγμα όπου θα τοποθετηθεί ανεμιστήρας για την ψύξη των ηλεκτρολογικών στοιχείων, μία πρίζα για την τροφοδοσία του εργαλείου κατεργασίας, μία παράλληλη θύρα των 25 pins για την σύνδεση με τους βηματικούς κινητήρες και τους τερματικούς διακόπτες, μία θύρα παράλληλη των 15 pins για σύνδεση με περιφερειακά συστήματα και μία θύρα 25 pins για την επικοινωνία με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

2.3.7.2.2 Κουμπί κινδύνου

Η πλακέτα ελέγχου μας δίνει την δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε στην κατασκευή μας εξωτερικό κουμπί κινδύνου ή αλλιώς emergency button. Αυτό είναι απαραίτητο για να λειτουργήσει και το λειτουργικό πρόγραμμα. Θα τοποθετήσουμε, λοιπόν, ένα κουμπί κινδύνου στην μπροστινή μεριά της κατασκευής από όπου είναι και η θέση λειτουργίας του μηχανήματος. Το κουμπί κινδύνου θα είναι σε δικό του κουτί και όταν θα πατιέται θα διακόπτεται η κίνηση και των τριών αξόνων. Η χρήση του κουμπιού κινδύνου επιβάλλεται από τους κανόνες ασφαλείας.



2.3.7.2.3 Καλώδια σύνδεσης

Για την σύνδεση των ηλεκτρολογικών συσκευών και των τερματικών διακοπτών θα χρησιμοποιήσουμε μερικά καλώδια. Αρχικά θα ξεκινήσουμε από το ηλεκτρολογικό κουτί. Για την τροφοδοσία της εφαρμογής μας θα χρειαστούμε καλώδιο τρίκλωνο (L,N,Pe) διατομής 1.5mm^2 (3X1.5). Για το εργαλείο κατεργασίας θα χρησιμοποιήσουμε το ίδιο καλώδιο που το συνόδευε δηλαδή 3X0.75mm^2. Για το καλώδιο σύνδεσης του ηλεκτρολογικού κουτιού με το mini CNC router θα χρησιμοποιήσουμε καλώδιο 18X0.75mm^2, όπου θα συνδέσουμε τους βηματικούς κινητήρες από τέσσερα καλώδια το κάθε ένα, σύνολο 12, τους τερματικούς διακόπτες από ένα καλώδιο ο κάθε ένας, σύνολο τρία, ένα καλώδιο από το κουμπί κινδύνου και ένα καλώδιο η γείωση. Στο πίσω μέρος της κατασκευής θα βρίσκεται μικρό κουτί υποδοχής του καλωδίου σύνδεσης και του καλωδίου του εργαλείου κατεργασίας. Σημείωση, η γείωση κλείνει κύκλωμα με τους τερματικούς διακόπτες, γι'αυτό χρησιμοποιούμε για τους τερματικούς μόνο τρία καλώδια. Για το καλώδιο επικοινωνίας με τον υπολογιστή χρησιμοποιούμε το συμβατικό καλώδιο σύνδεσης της παράλληλης πόρτας 25 pins. Από το κουτί υποδοχής φεύγουν τα καλώδια προέκτασης των βηματικών κινητήρων, από δύο καλώδια για κάθε τερματικό διακόπτη, δύο καλώδια για το κουμπί κινδύνου και ένα καλώδιο για το εργαλείο κατεργασίας.

2.3.8 Λοιπά εξαρτήματα

Για την κατασκευή μας υπολογίζουμε ότι θα χρειαστούμε και κάποια άλλα λοιπά εξαρτήματα. Αυτά είναι οι βίδες που θα χρειαστούν για την συναρμολόγηση της κατασκευής, τα ρουλεμάν στήριξης των κοχλιών μετάδοσης, πλαστικά κανάλια για την προστασία των καλωδίων, και πλαστικές σπαστές γέφυρες για την συγκράτηση των καλωδίων των κινητών μερών. Επίσης θα χρειαστούμε διάφορα ηλεκτρολογικά εξαρτήματα όπως ακροδέκτες για τις άκρες των καλωδίων και στηπιοθλίπτες για την στερέωση των καλωδίων στα κουτιά.

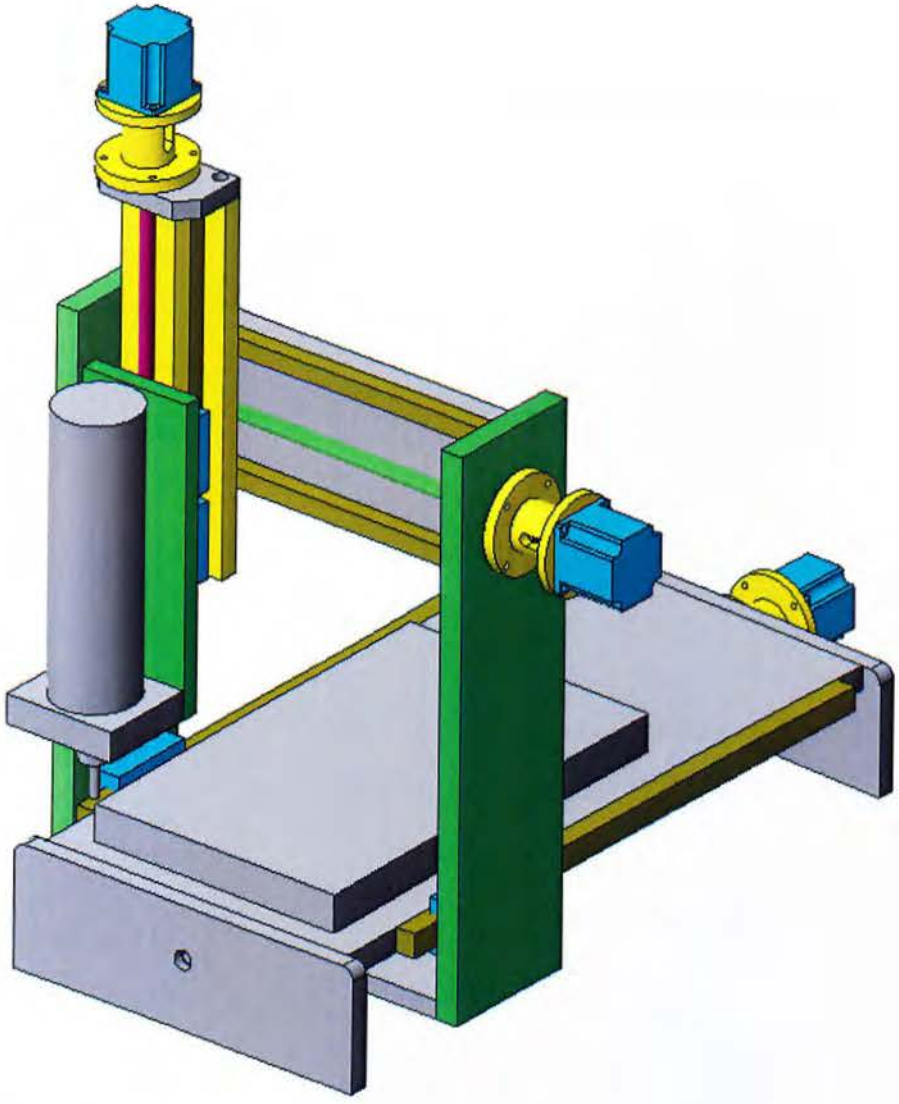
2.4 Σχεδιασμός κατασκευής

2.4.1 Εισαγωγή

Η σχεδίαση της μηχανής CNC έγινε σε σχεδιαστικό πρόγραμμα της Vero International Software με ονομασία VISI –Series και έκδοση προγράμματος 13.0 SP3. Το πρόγραμμα βρίσκεται σε λειτουργικό πρόγραμμα Windows XP Pro.

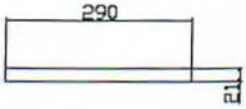
Αρχικά ξεκινήσαμε την σχεδίαση από τον πάγκο κατεργασίας και την σταθερή βάση. Αφού επιλέξαμε τα εξαρτήματα της κατασκευής αρχίσαμε σχεδιαστικά να τα προσαρμόζουμε στο σχέδιο μας. Με μετρήσεις στα υπάρχον σχέδια υπολογίσαμε τις διαδρομές κάθε άξονα και το εύρος κατεργασίας που θα είχε η κατασκευή μας. Στη συνέχεια αφού σχεδιάστηκε ο σκελετός προχωρήσαμε στην τοποθέτηση και των λοιπών εξαρτημάτων. Το τελικό στάδιο του σχεδιασμού κάλυπτε κατά 90% των συνολικών τμημάτων της κατασκευής και

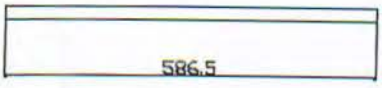
αποφύγαμε να σχεδιάσουμε την παραμικρή λεπτομέρεια του mini CNC router για λόγους πρακτικότητας, αφού με αυτά τα δεδομένα μπορούσαμε να περάσουμε στο κατασκευαστικό κομμάτι της εφαρμογής μας. Τέλος, θα παρουσιάσουμε παρακάτω σχέδια από τα τμήματα της μηχανής CNC μας.

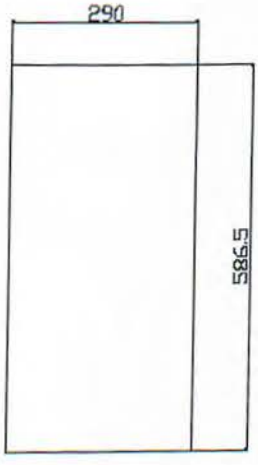


Σχέδιο mini CNC router

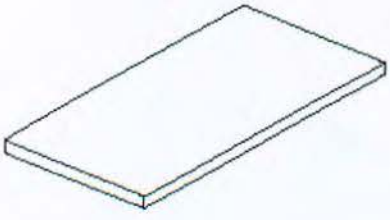
2.4.2 Σταθερή βάση

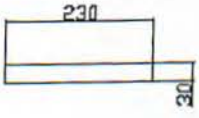


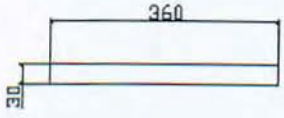


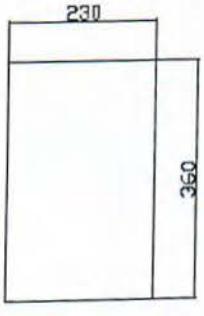


Βάση πάγκου κατεργασίας

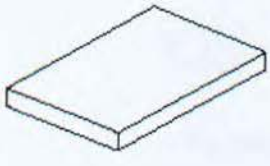


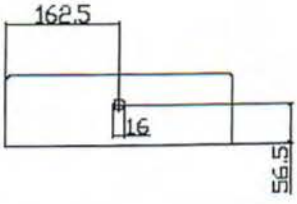






Πάγκος κατεργασίας

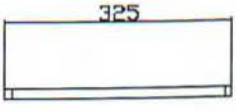


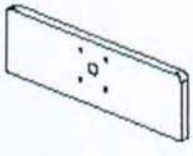






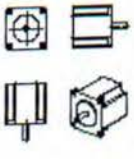
Πλαϊνά βάσης



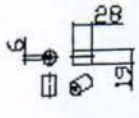




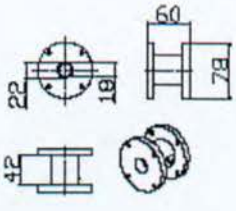




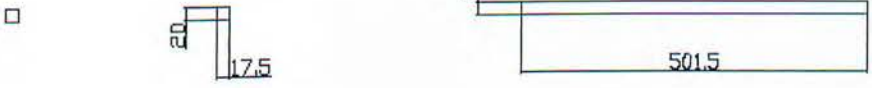
Βηματικός Κινητήρας

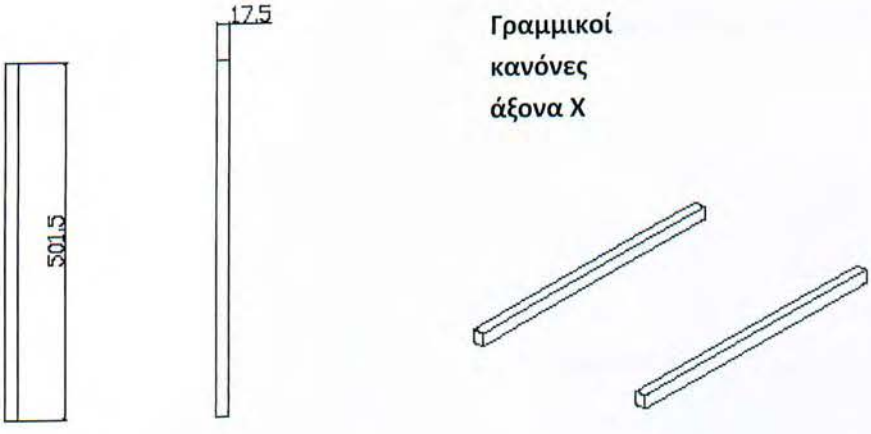


Κόμπλερ

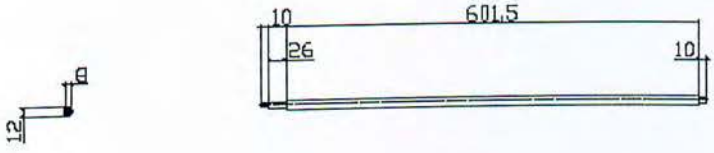


Αποστάτης



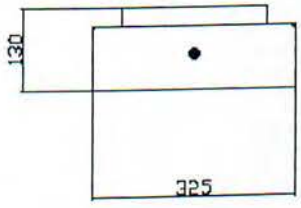


Γραμμικοί κανόνες άξονα Χ



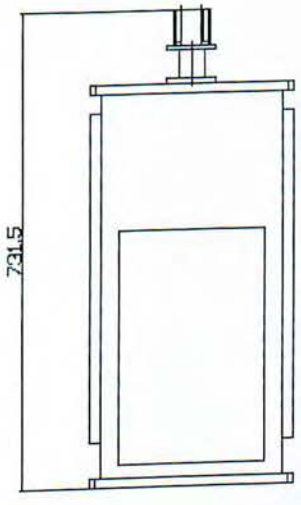


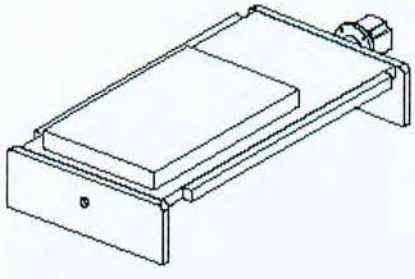
Κοχλίας μετάδοσης άξονα Χ



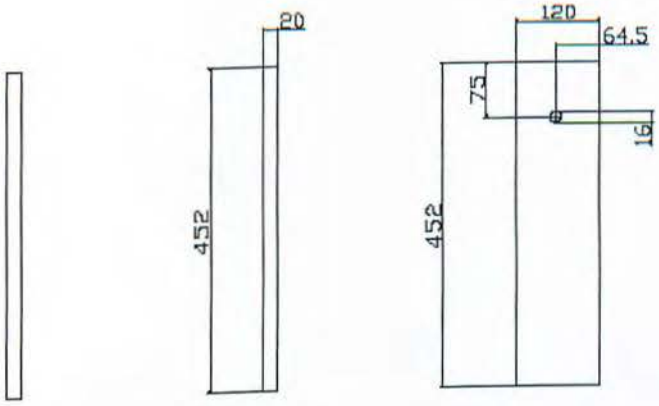


Σταθερή βάση

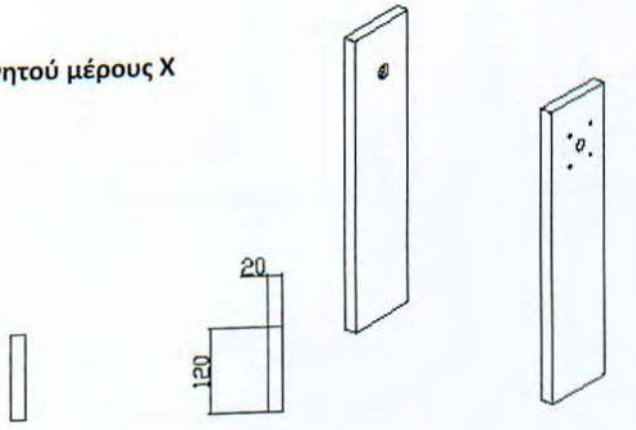


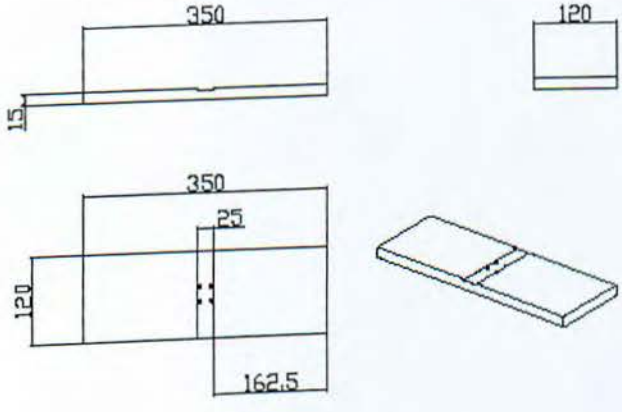


2.4.3 Κινητό μέρος X

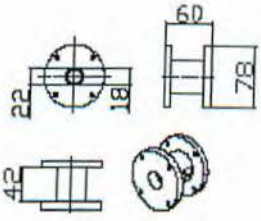


Πλαϊνά κινητού μέρους X

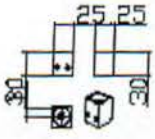




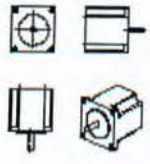
Κάτω βάση κινητού μέρους X



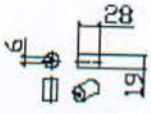
Αποστάτης



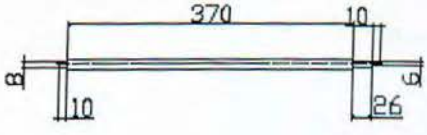
Παξιμάδι κοχλία άξονα Χ



Βηματικός Κινητήρας

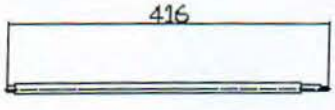


Κόμπλερ



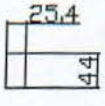
Κοχλίας μετάδοσης άξονα Υ

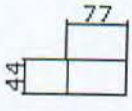




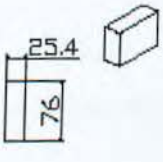






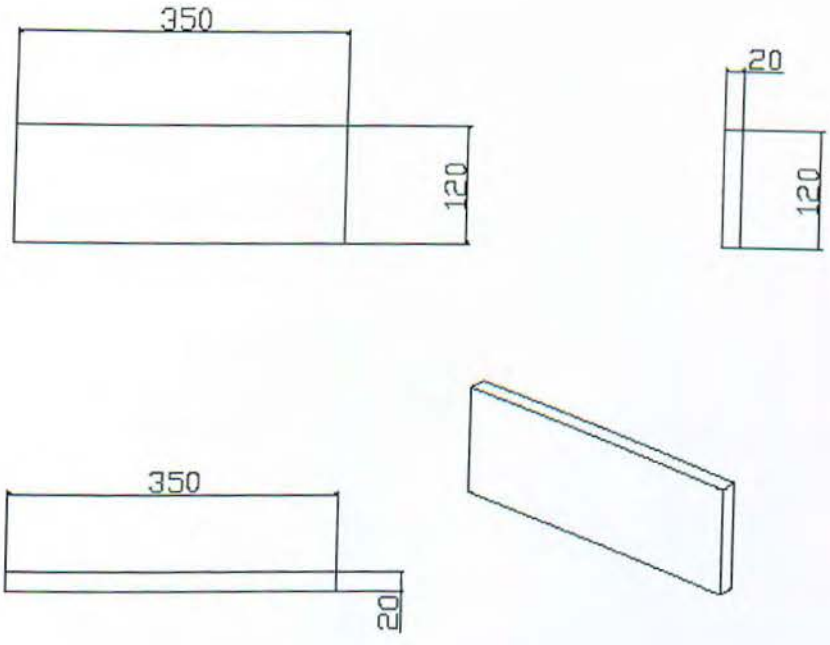




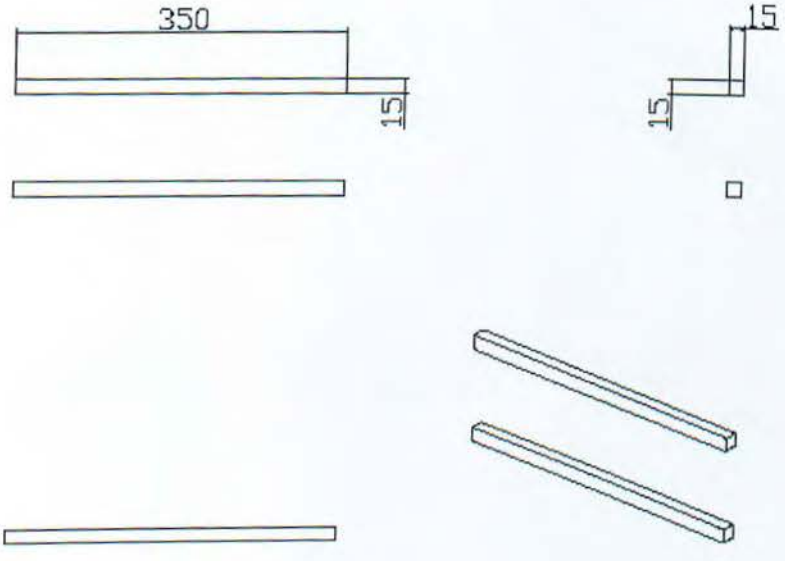




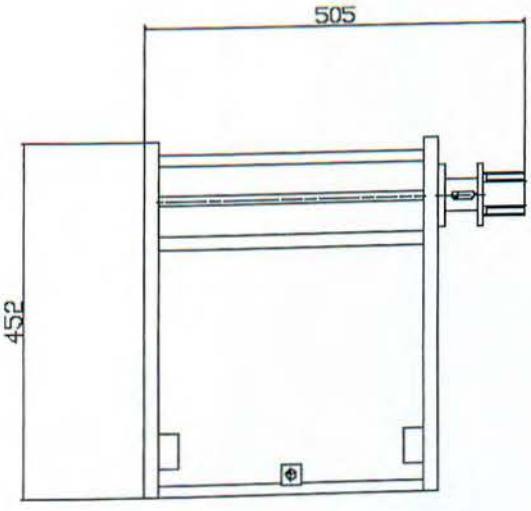
Γραμμικά φορεία άξονα Χ



Πάνω βάση κινητού μέρους Χ

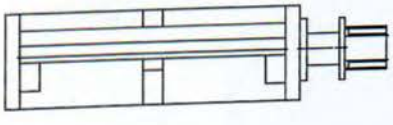


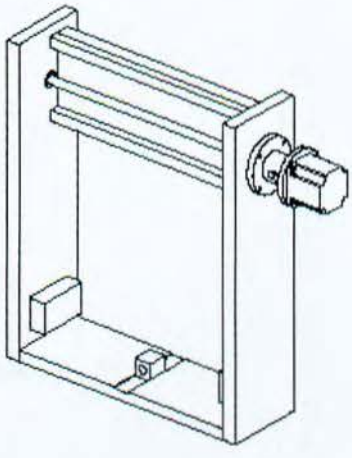
Γραμμικοί κανόνες άξονα Υ



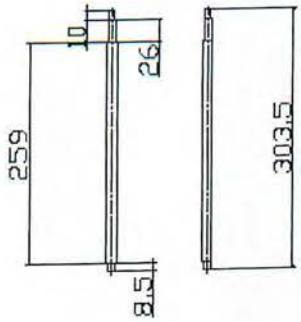


Κινητό μέρος Χ

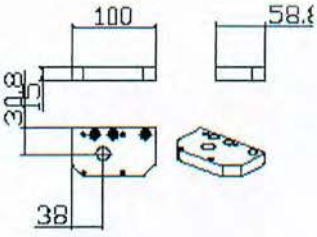




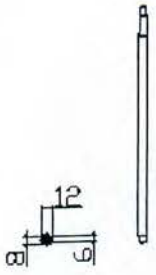
2.4.4 Κινητό μέρος Y

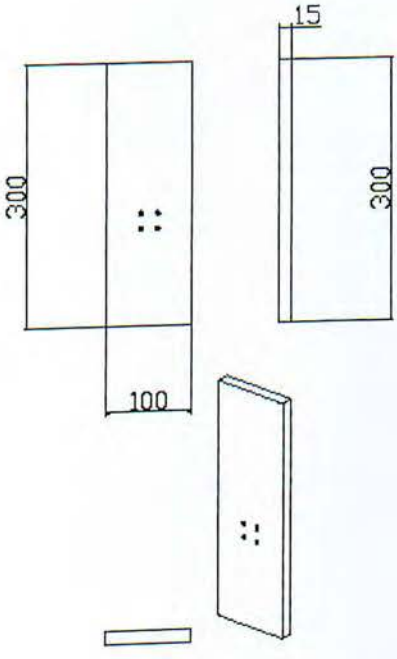


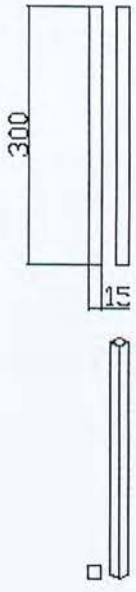
Κοχλίας μετάδοσης άξονα Z



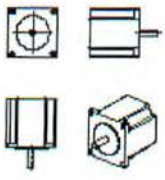
Πάνω βάση άξονα Z



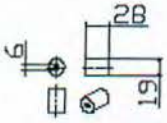




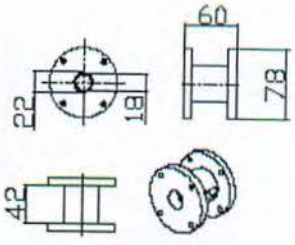
Βάση κινητού μέρους Y



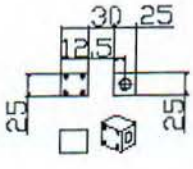
Βηματικός Κινητήρας



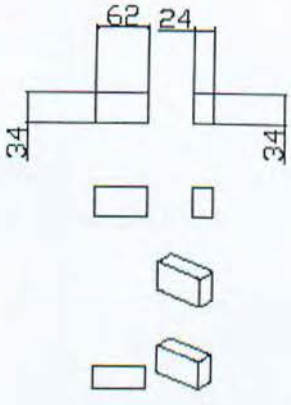
Κόμπλερ



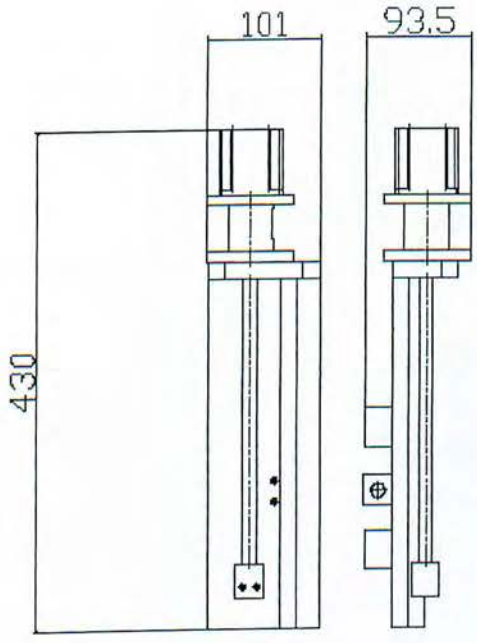
Αποστάτης



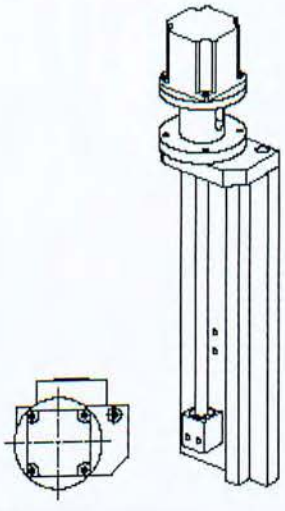
Παξιμάδι κοχλία άξονα Υ



Γραμμικά φορεία άξονα Υ

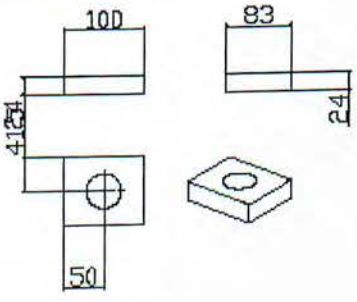


Κινητό μέρος Y

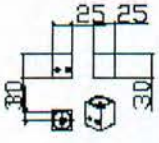


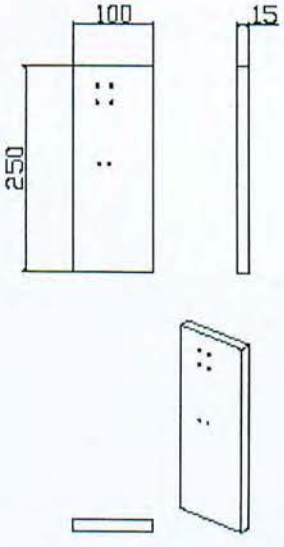
2.4.5 Κινητό μέρος Z

Βάση πρόσδεσης εργαλείου κατεργασίας

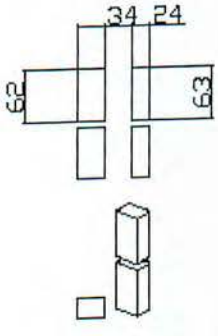


Παξιμάδι κοχλία άξονα Z

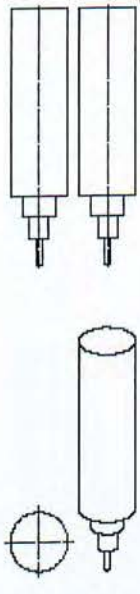




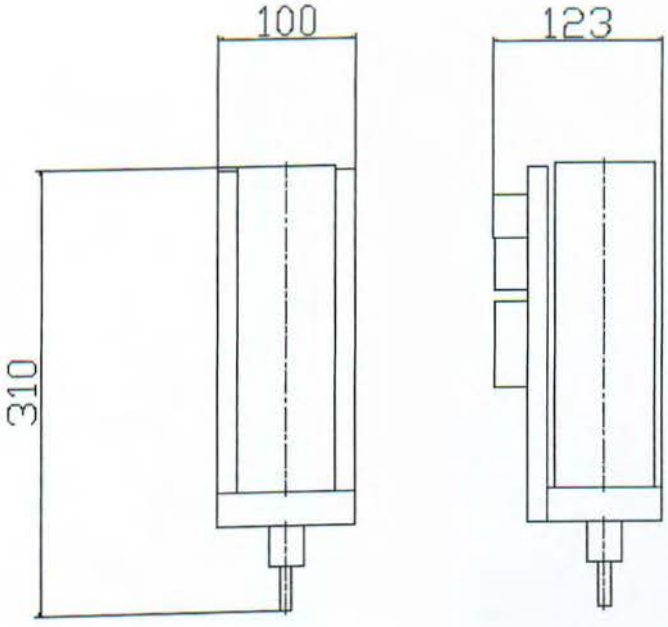
Βάση κινητού μέρους Z



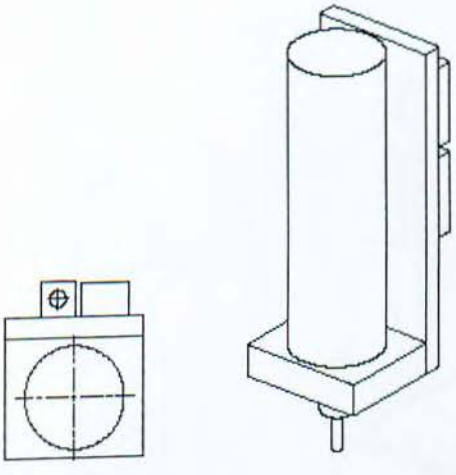
Γραμμικά φορεία άξονα Z



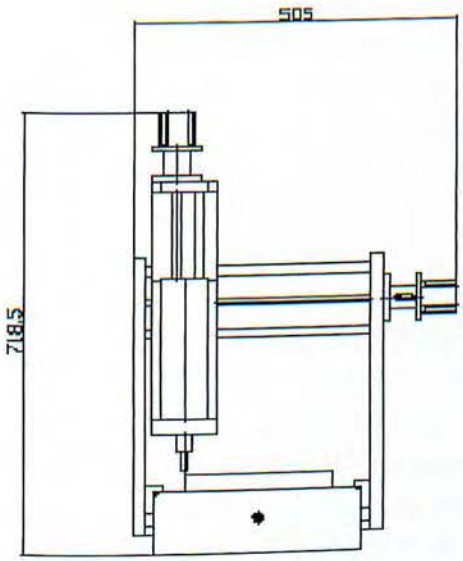
Εργαλείο κατεργασίας

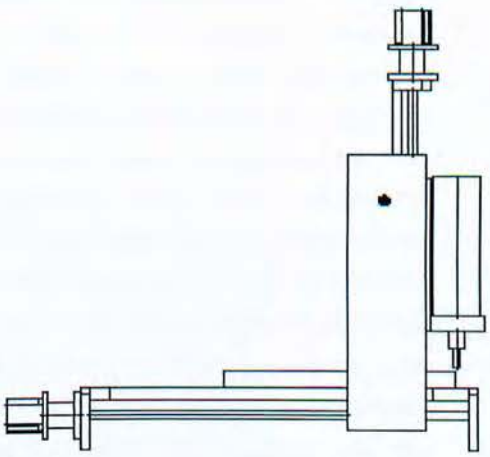


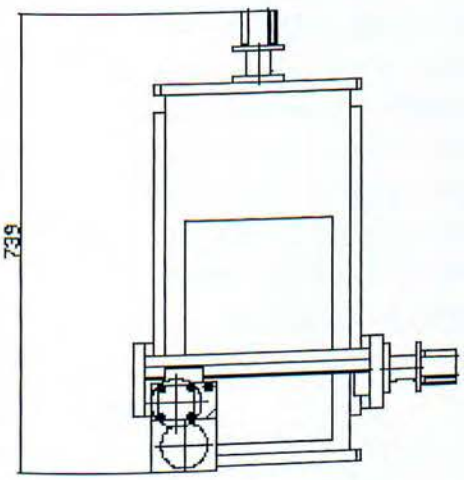
Κινητό μέρος Z

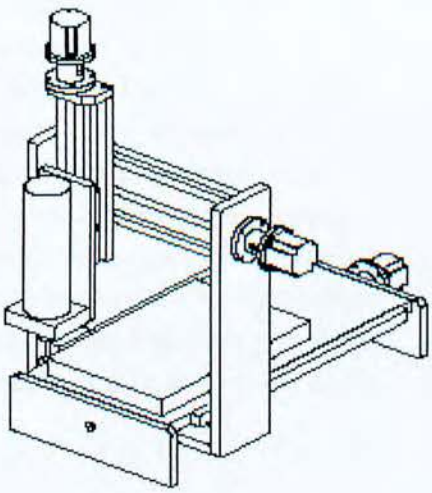


Mini CNC router









Κεφάλαιο 3: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ CNC

3.1 Εισαγωγή

Για την κατασκευή των μερών του mini CNC router εργαστήκαμε σε εγκαταστάσεις μηχανουργείου. Για την κατεργασία της κατασκευής χρησιμοποιήσαμε συμβατικές και CNC φρέζες, συμβατικούς τόρνους, ηλεκτρικό σταθερό πριόνι κοπής με κορδέλα, σταθερό τρυπάνι, όπως επίσης και διάφορα άλλα ηλεκτρικά εργαλεία χειρός, όπως τρυπάνι, τροχό, λειαντήρα, κ.λ.π. Για την συναρμολόγηση της κατασκευής χρησιμοποιήσαμε διάφορα εργαλεία χειρός, όπως εξάγωνα κλειδιά (allen), κατσαβίδια κ.λ.π. Κατά την κατασκευή χρησιμοποιήθηκαν όλα τα κατάλληλα εργαλεία μέτρησης, όπως μέτρο, ηλεκτρονικό παχύμετρο, βαθύμετρο, αλφάδι, γωνιά, ρολόι μικρομέτρων, κ.λ.π. Για την καλύτερη ακρίβεια κατά την κατασκευή, οι περισσότερες κατεργασίες έγιναν σε φρέζα CNC, είτε χειροκίνητα, είτε με την χρήση μικρών προγραμμάτων μέσω του σχεδιαστικού προγράμματος. Η κατασκευή της μηχανής ακολούθησε την σχεδιαστική σειρά. Αφού είχαμε τις διαστάσεις από τα σχέδια προχωρήσαμε στην κοπή των αλουμινένιων μερών, την κατεργασία τους και στην συνέχεια την συναρμολόγησή τους με τα υπόλοιπα εξαρτήματα της μηχανής. Η διαδικασία κατασκευής των αλουμινένιων μερών ήταν ίδια για όλα τα μέρη. Κοπή από φύλο αλουμινίου σε διαστάσεις μεγαλύτερες κατά 3mm από τις πραγματικές, φρεζάρισμα των πλευρών για να πετύχουμε τις ακριβείς διατάσεις, τρύπημα για την τοποθέτηση βιδών συναρμολόγησης και διάφορες λοιπές κατεργασίες που χρειάστηκε το κάθε τεμάχιο, ώστε να συμφωνεί με τα σχέδια. Παρακάτω, θα παραθέσουμε κάποιες φωτογραφίες που βγάλαμε κατά την κατασκευή. Θα δείξουμε κάποιες εικόνες που περιέχουν αλουμινένια τεμάχια από τα υποκεφάλαια 3.3 Κατασκευή κινητού μέρους X, 3.4 Κινητού μέρους Y και 3.5 Κινητού μέρους Z. Οι εικόνες δεν θα επαναλαμβάνονται σε κάθε υποκεφάλαιο. Αρχικά ξεκινήσαμε από την σταθερή βάση και τελειώσαμε με το ηλεκτρολογικό κουτί. Κατά την διάρκεια της κατασκευής, έγιναν μικροδιορθώσεις στα σχέδια. Αυτό γιατί η κατασκευή μας είναι πρωτότυπη και συναντήσαμε διάφορες παραμέτρους που δεν είχαμε συμπεριλάβει κατά την σχεδίαση της μηχανής. Η κατασκευή και η συναρμολόγηση άρχισε όταν ολοκληρώθηκε η παραλαβή των πρωτεύον εξαρτημάτων που είχαμε παραγγείλει, όπως γραμμικοί κανόνες, φορεία, κοχλίες και βηματικοί κινητήρες. Δευτερεύον εξαρτήματα θεωρήσαμε τα καλώδια, τους τερματικούς διακόπτες και λοιπά εξαρτήματα.

3.2 Κατασκευή σταθερής βάσης

Για την κατασκευή της σταθερής βάσης εργαστήκαμε με τα ακόλουθα βήματα.

1) **Κοπή των αλουμινένιων τεμαχίων από πλάκες αλουμινίου.**
   Έχοντας στα χέρια μας τις σχεδιαστικές διαστάσεις των τεμαχίων, προχωρήσαμε στην κοπή των τεμαχίων. Οι πλάκες αλουμινίου που χρησιμοποιήσαμε είχαν πάχος 15mm, 20mm και 30mm. Τα μέρη που κατασκευάσαμε από αλουμίνιο είναι η βάση του πάγκου κατεργασίας , τα πλαϊνά στήριξης της βάσης και ο πάγκος κατεργασίας. Ορίσαμε τις διαστάσεις των τεμαχίων πάνω στις πλάκες, αυξάνοντας κατά 1.5mm

την κάθε πλευρά για να έχουμε την δυνατότητα να πλανίσουμε και να γωνιάσουμε τα τεμάχια ώστε να αποκτήσουν τις σωστές διαστάσεις και την παραλληλότητα οι πλευρές. Για την κοπή χρησιμοποιήσαμε χειροκίνητο ηλεκτρικό πριόνι με δίσκο κοπής, το οποίο δεν μας παρέχει την ακρίβεια που επιθυμούμε κατά την κοπή, ούτε την καθετότητα των πλευρών.



Αλουμίνιο 5083 σε πλάκες

2) **Κατεργασία για σωστές διαστάσεις.**

Αφού κόψαμε τα τεμάχια τα κατεργαστήκαμε για να πετύχουμε τις σωστές διαστάσεις. Ο πάγκος κατεργασίας και η βάση του κατεργάστηκαν σε συμβατική φρέζα και μετρήθηκαν με παχύμετρο για τις σωστές διαστάσεις. Τα πλαϊνά λόγο των μικρών διαστάσεων κατεργάστηκαν στην CNC φρέζα. Για τον πάγκο κατεργασίας είχαμε και μια επιπλέων κατεργασία. Ανοίξαμε δύο εσοχές στην επιφάνειά του για να μπορούμε να τοποθετούμε εξαρτήματα πρόσδεσης του υλικού προς κατεργασία. Χρησιμοποιήσαμε τυποποιημένο εργαλείο για εξάρτημα πρόσδεσης M8.



Κατεργασία σταθερής βάσης



Κατεργασία πλαϊνών σταθερής βάσης



Κατεργασία πάγκου κατεργασίας



Κατεργασία πάγκου κατεργασίας

3) Προσαρμογή γραμμικών κανόνων

Αφού ετοιμάσαμε την βάση του πάγκου κατεργασίας, προσαρμόσαμε πάνω σε αυτή τους γραμμικούς κανόνες. Οι κανόνες κόπηκαν στις σωστές διαστάσεις και έπειτα τοποθετήθηκαν στα πλαϊνά της βάσης όπου ορίστηκαν οι οπές που έπρεπε να γίνουν για να συγκρατηθούν στην βάση με βίδες.



Κοπή γραμμικών κανόνων

4) **Διάνοιξη οπών για την συναρμολόγηση της σταθερής βάσης**

Η συναρμολόγηση των μερών αποφασίσαμε να γίνει με βίδες πρόσδεσης. Ο τύπος της βίδας που χρησιμοποιήσαμε είναι allen σε διάφορες διατομές και μήκη. Για να γίνει η σωστή συναρμολόγηση έπρεπε να κάνουμε σωστά τις τρύπες στα μέρη και να περάσουμε σπείρωμα εκεί που ήταν αναγκαίο. Έτσι τρυπήσαμε την βάση του πάγκου κατεργασίας, και περάσαμε σπείρωμα, δεξιά και αριστερά για να βιδωθούν οι γραμμικοί κανόνες, μπροστά και πίσω για να τοποθετηθούν οι βάσεις στήριξης και κάναμε και τέσσερις τρύπες στην επιφάνεια για να βιδώσουμε τον πάγκο κατεργασίας. Στον πάγκο κατεργασίας κάναμε τις τρύπες με σπείρωμα κοντά στις τέσσερις γωνίες για την καλύτερη στήριξη του πάγκου.





Ορισμός οπών για την συναρμολόγηση



Συναρμολογημένη σταθερή βάση

5) Τοποθέτηση βηματικού κινητήρα και κοχλία μετάδοσης.

Ο βηματικός κινητήρας για να συνδεθεί με τον κοχλία μετάδοσης κίνησης χρειάστηκε το κόμπλερ σύνδεσης. Η διάσταση του κοχλία προήλθε από τα σχέδια και κόπηκε στις σωστές διαστάσεις. Η μία μεριά του κοχλία τοποθετήθηκε στο ένα στήριγμα της σταθερής βάσης και η άλλη πλευρά συνδέθηκε με το κόμπλερ. Πριν την τοποθέτηση του κοχλία και των στηριγμάτων της σταθερής βάσης, βιδώσαμε το παξιμάδι μετάδοσης κίνησης Χ στον κοχλία, έτσι ώστε να είναι έτοιμο για το κινητό μέρος Χ, χωρίς να χρειάζεται να αποσυναρμολογήσουμε τον κοχλία για να το περάσουμε στο επόμενο στάδιο της κατασκευής. Έπειτα περάσαμε τα φορεία ολίσθησης του άξονα Χ στους γραμμικούς κανόνες. Για την σωστή περιστροφή του κοχλία και την αποφυγή ταλαντώσεων στον κοχλία μετάδοσης χρησιμοποιήσαμε ένα ρουλεμάν στήριξης στα αλουμίνια σε κάθε μεριά. Με την τοποθέτηση των ρουλεμάν αποτρέπονται τα κάθετα φορτία του άξονα να επιβαρύνουν τον βηματικό κινητήρα. Το κόμπλερ συνδέθηκε με τον άξονα του βηματικού κινητήρα και για να κρατηθεί στους δύο άξονες τοποθετήθηκαν βίδες σύσφιξης. Για να τοποθετήσουμε τον βηματικό κινητήρα στην σταθερή βάση, τοποθετήσαμε έναν αποστάτη μεταξύ αλουμινίου και βηματικού κινητήρα, ο οποίος κάλυπτε την απόσταση που δημιουργήθηκε με την προσθήκη του κόμπλερ στον κοχλία. Για να αποφύγουμε την οριζόντια μετατόπιση του κοχλία τοποθετήσαμε παξιμάδι ασφαλείας στην πλευρά μεταξύ αποστάτη και κόμπλερ, αφού πρώτα περάσαμε σπείρωμα στον κοχλία. Το παξιμάδι στοχεύει να συγκρατεί τον κοχλία σταθερό πάνω στον αποστάτη. Έτσι από την μία πλευρά ο κοχλίας ήταν σταθερός και τερματισμένος πάνω στο ρουλεμάν και από την άλλη πλευρά σταθερός και σφιγμένος στον αποστάτη με το παξιμάδι σύσφιξης. Ο αποστάτης κατασκευάστηκε από αλουμίνιο επίσης. Για να μπορούμε να έχουμε πρόσβαση στο κόμπλερ κατασκευάσαμε τομή στον αποστάτη. Οι τρύπες για την τοποθέτηση του κοχλία και του αποστάτη στα στηρίγματα στης σταθερής βάσης έγιναν σε φρέζα CNC μαζί με τις τρύπες για την συναρμολόγηση τους στην σταθερή βάση.



Αποστάτης με κοχλία και κόμπλερ

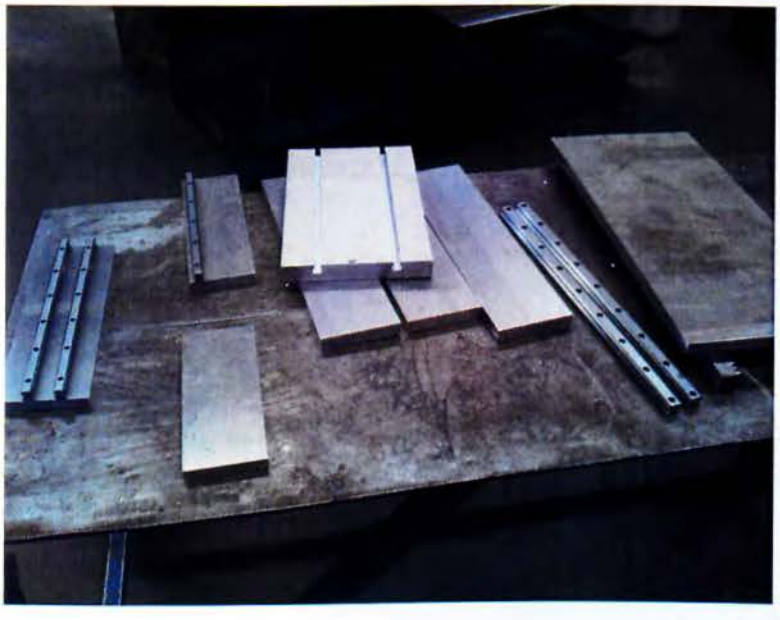
3.3 Κατασκευή κινητού μέρους Χ

Για την κατασκευή του κινητού μέρους Χ λειτουργήσαμε με τον ίδιο τρόπο όπως και στην κατασκευή της σταθερής βάσης. Κόψαμε τα τεμάχια αλουμινίου που χρειαζόμασταν, τα πλανίσαμε στις σωστές διαστάσεις, τα τρυπήσαμε και περάσαμε σπείρωμα όπου χρειαζόταν για να μπορέσουμε να κάνουμε την συναρμολόγηση. Η κατεργασία τους έγινε σε φρέζα CNC και ακολουθήθηκαν οι σωστές διαστάσεις σύμφωνα με τα σχέδια. Τα μέρη που συναρμολογήσαμε στο κινητό μέρος Χ είναι τα εξής: κάτω βάση, πλαϊνά, πάνω μέρος κινητού μέρους Χ, γραμμικά φορεία ολίσθησης άξονα Χ, γραμμικοί κανόνες άξονα Υ, γραμμικά φορεία ολίσθησης άξονα Υ, παξιμάδι μετάδοσης κίνησης άξονα Χ και το σετ βηματικού κινητήρα – κόμπλερ – κοχλία μετάδοσης κίνησης του άξονα Υ. Η σειρά συναρμολόγησης ήταν η εξής. Προσαρμόσαμε πάνω στα φορεία τα πλαϊνά του κινητού μέρους. Τοποθετήσαμε τους γραμμικούς κανόνες του άξονα Υ στο πάνω μέρος του κινητού μέρους Χ και περάσαμε σε αυτούς τα φορεία του άξονα Υ. Έπειτα, εφαρμόσαμε το πάνω μέρος του κινητού μέρους Χ με το υπόλοιπο σύστημα. Στη συνέχεια εφαρμόσαμε την κάτω βάση στο υπόλοιπο κινητό μέρος Χ και φέραμε το σύστημα της γέφυρα Χ στην θέση που μπορούσαμε να προσδέσουμε το παξιμάδι μετάδοσης κίνησης Χ. Τέλος προσαρμόσαμε το σετ βηματικού κινητήρα – κόμπλερ – κοχλία μετάδοσης κίνησης και το παξιμάδι μετάδοσης κίνησης Υ στα πλαϊνά του κινητού μέρους Χ με τον ίδιο τρόπο όπως και με την σταθερή βάση προηγουμένως.



Κατασκευή πλαϊνών κινητού μέρους Χ





Εξαρτήματα προς συναρμολόγηση

3.4 Κατασκευή κινητού μέρους Y

Με τον ίδιο τρόπο όπως παραπάνω εργαστήκαμε για την κατασκευή του κινητού μέρους Y. Κόψαμε τα τεμάχια αλουμινίου που χρειαζόμασταν, τα πλανίσαμε στις σωστές διαστάσεις, τα τρυπήσαμε και περάσαμε σπείρωμα όπου χρειαζόταν για να μπορέσουμε να κάνουμε την συναρμολόγηση. Τα μέρη που συναρμολογήσαμε στο κινητό μέρος Y είναι τα εξής: κατακόρυφη βάση κινητού μέρους Y, βάση στήριξης βηματικού κινητήρα, κουζινέτο στήριξης κοχλία Z, γραμμικά φορεία κύλισης άξονα Y, γραμμικός κανόνας άξονα Z, παξιμάδι μετάδοσης κίνησης άξονα Y και το σετ βηματικού κινητήρα – κόμπλερ – κοχλία μετάδοσης κίνησης του άξονα Y. Η σειρά συναρμολόγησης ήταν η εξής. Αρχικά, προσαρμόσαμε πάνω στα φορεία την κατακόρυφη βάση του κινητού μέρους Y. Προσαρμόσαμε το παξιμάδι μετάδοσης κίνησης Y στην κατακόρυφη βάση. Στη συνέχεια τοποθετήσαμε στην κατακόρυφη βάση, τον γραμμικό κανόνα του άξονα Y και το κουζινέτο στήριξης του κοχλία. Έπειτα, εφαρμόσαμε στο πάνω μέρος της κατακόρυφης βάσης την βάση στήριξης του βηματικού κινητήρα. Τέλος προσαρμόσαμε το σετ, βηματικού κινητήρα – κόμπλερ – κοχλία μετάδοσης κίνησης και το παξιμάδι μετάδοσης κίνησης Z στην βάση στήριξης του βηματικού κινητήρα με τον ίδιο τρόπο όπως και με το κινητό μέρος X και την σταθερή βάση.



Κατεργασία κατακόρυφης βάσης κινητού μέρους Y

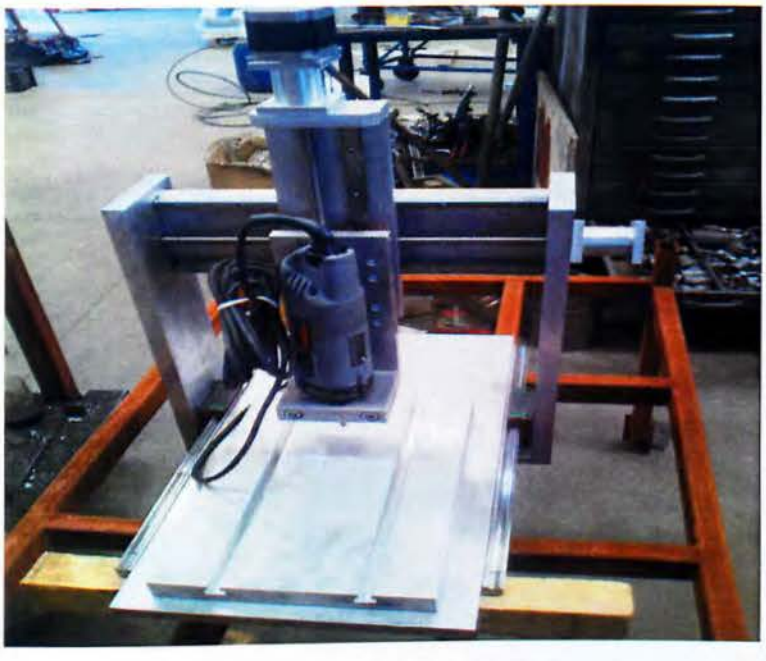
3.5 Κατασκευή κινητού μέρους Z

Και στην κατασκευή του κινητού μέρους Z ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία με τα προηγούμενα μέρη. Κόψαμε τα τεμάχια αλουμινίου που χρειαζόμασταν, τα πλανίσαμε στις σωστές διαστάσεις, τα τρυπήσαμε και περάσαμε σπείρωμα όπου χρειαζόταν για να μπορέσουμε να κάνουμε την συναρμολόγηση. Τα μέρη που συναρμολογήσαμε στο κινητό μέρος Z είναι τα εξής: κατακόρυφη βάση άξονα Z, γραμμικά φορεία άξονα Z, παξιμάδι μετάδοσης κίνησης άξονα Z, βάση συγκράτησης εργαλείου κατεργασίας και εργαλείο

κατεργασίας. Η σειρά συναρμολόγησης είναι η εξής. Προσδέσαμε την κατακόρυφη βάση του άξονα Z στα γραμμικά φορεία και αφού τα περάσαμε στους γραμμικούς κανόνες στερεώσαμε το παξιμάδι μετάδοσης κίνησης στην βάση. Έπειτα προσδέσαμε την βάση στήριξης του εργαλείου κατεργασίας και τοποθετήσαμε σε αυτή το εργαλείο. Η κατασκευή των βασικών εξαρτημάτων ολοκληρώθηκε.



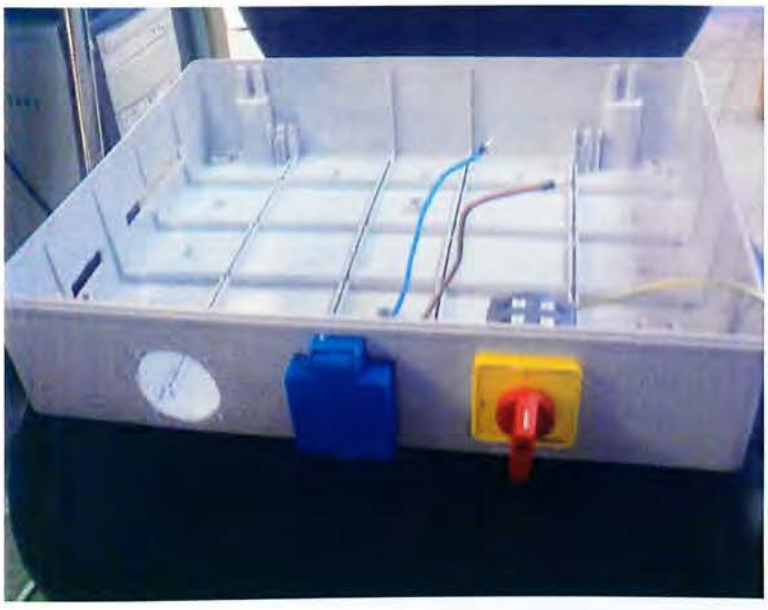
Διαδικασία συναρμολόγησης mini CNC router

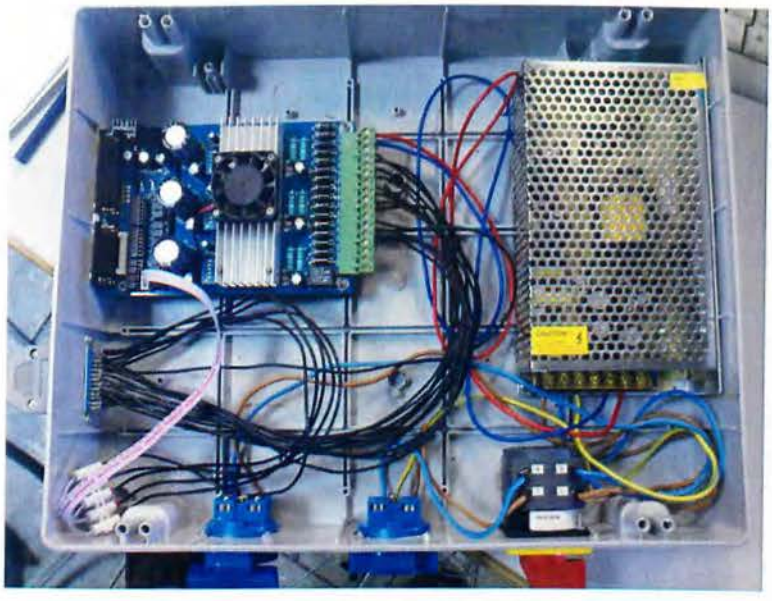


Διαδικασία συναρμολόγησης mini CNC router

3.6 Κατασκευή ηλεκτρολογικού κουτιού

Για την κατασκευή του ηλεκτρολογικού κουτιού χρησιμοποιήσαμε διάφορα ηλεκτρικά εργαλεία χειρός, όπως τρυπάνι κ.λ.π. και για την συναρμολόγηση του διάφορα εργαλεία χειρός όπως κλειδιά, κατσαβίδια κ.λ.π. Το κουτί που επιλέξαμε είναι από πλαστικό υλικό. Μέσα στο κουτί τοποθετήσαμε το τροφοδοτικό και την πλακέτα ελέγχου, όπως επίσης και έναν ανεμιστήρα για την ψύξη του κουτιού κατά την λειτουργία των ηλεκτρικών του στοιχείων. Αρχικά κάναμε τις τρύπες στα πλαϊνά του κουτιού, με τρυπάνι για να τοποθετήσουμε τα ηλεκτρολογικά εξαρτήματα. Έτσι ξεκινήσαμε από δεξιά προς τα αριστερά και κατά μήκος του κουτιού. Πρώτα κάναμε την τρύπα για να εισέλθει τα καλώδιο παροχής ρεύματος της μηχανής από εξωτερική τροφοδοσία εναλλασσόμενου ρεύματος (L - N - Pe 220V). Εκεί τοποθετήσαμε στιπιοθλήπτη για την συγκράτηση του καλωδίου. Έπειτα, ακριβώς δίπλα τοποθετήσαμε τον γενικό διακόπτη ON-OFF 16A της μηχανής. Στη συνέχεια ανοίξαμε οπή για να τοποθετήσουμε τον ανεμιστήρα ψύξης 24V DC, με φορά κατεύθυνσης από το εσωτερικό του κουτιού προς τα έξω. Δίπλα από τον ανεμιστήρα ψύξης τοποθετήσαμε την πρίζα παροχής εναλλασσόμενου ρεύματος 220V για το εργαλείο κατεργασίας. Στην άλλη πλευρά εγκαταστήσαμε παράλληλη θύρα 25 pins και δίπλα από την θύρα κάναμε οπή για να βγάλουμε τις παράλληλες εξόδους της πλακέτας ελέγχου. Στην απέναντι ακριβώς πλευρά του κουτιού από τον ανεμιστήρα ανοίξαμε μικρές οπές για την εισροή αέρα στο εσωτερικό του κουτιού. Τέλος, προσδέσαμε με βίδες το τροφοδοτικό και την πλακέτα ελέγχου στα τοιχώματα του κουτιού.





Διαδικασία κατασκευής ηλεκτρολογικού κουτιού



3.7 Καλωδιώσεις – Λοιπά

3.7.1 Καλωδιώσεις

Για να λειτουργήσουν τα ηλεκτρικά μέρη της μηχανής CNC χρειάστηκε να γίνει η καλωδίωση των επιμέρους εξαρτημάτων και η σύνδεσή τους με το ηλεκτρολογικό κουτί και τελικώς με την εξωτερική τροφοδοσία ρεύματος. Αποφασίσαμε ότι ο σκελετός της κατασκευής θα συνδέεται με το ηλεκτρολογικό κουτί με καλώδια που θα έχουν την δυνατότητα να τοποθετούνται και να αφαιρούνται. Επίσης και τα καλώδια του ηλεκτρολογικού κουτιού θα μπορούσαν να είχαν αυτή την δυνατότητα. Έτσι σε περίπτωση μεταφοράς και εγκατάστασης – απεγκατάστασης τα μέρη να συνδέονται – αποσυνδέονται και να είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Αρχικά, συγκεντρώσαμε όλα τα καλώδια του σκελετού της μηχανής σε ένα πλαστικό κουτί στο πίσω μέρος της μηχανής. Ο κάθε

βηματικός κινητήρας έχει τέσσερα καλώδια διατομής $0.5mm^2$ ($4X0.5mm^2$). Τα καλώδια τα οποία δεν επαρκούσε το καλώδιο για να συνδεθεί στο πλαστικό κουτί σύνδεσης, ενώθηκε με προέκταση καλωδίου μέχρι το επιθυμητό σημείο. Αυτό έλαβε χώρα στους βηματικούς κινητήρες του άξονα Y και του άξονα Z. Το εργαλείο κατεργασίας είχε δικό του καλώδιο ($3X1.5mm^2$)το οποίο κόψαμε στο μήκος για να το προσαρμόσουμε στο πλαστικό κουτί σύνδεσης. Για καλώδια στους τερματικούς διακόπτες χρησιμοποιήσαμε 2 καλώδια διατομής $0.25mm^2$ ($2X0.25mm^2$). Το ίδιο καλώδιο ($2X0.25mm^2$) χρησιμοποιήσαμε και για το κουμπί κινδύνου. Η λύση για να μεταφέρουμε τα καλώδια στο κουτί ήταν να περάσουμε τα καλώδια των βηματικών κινητήρων, των τερματικών και του κουμπιού κινδύνου σε ένα μόνο καλώδιο που στις άκρες του θα είχε φις παράλληλης θύρας 25 pins. Ενώσαμε, λοιπόν, όλα τα προαναφερθείσα καλώδια σε κλέμες σύνδεσης και από τις κλέμες ενώσαμε καλώδια με το αρσενικό φις της παράλληλης θύρας το οποίο το προσαρμόσαμε στο κάλυμμα του πλαστικού κουτιού σύνδεσης. Το καλώδιο από το εργαλείο κατεργασίας, προσαρμόστηκε τριπολικό αρσενικό φις τροφοδοσίας, το οποίο και αυτό προσαρμόστηκε στο κάλυμμα του πλαστικού κουτιού. Επιλέξαμε για καλώδιο σύνδεσης, καλώδιο $18X0.75mm^2$ στο οποίο ενώσαμε στις άκρες τα φις από τις παράλληλες θύρες. Ένα αρσενικό φις και ένα δεξιό φις. Για το καλώδιο σύνδεσης του εργαλείου κατεργασίας προσαρμόσαμε στο υπάρχον καλώδιο που μας έμεινε, ένα τριπολικό θηλυκό φις τροφοδοσίας το οποίο συνδέθηκε με το αντίστοιχο αρσενικό στο πλαστικό κουτί σύνδεσης. Η ένωση των καλωδίων έγινε με ηλεκτρονικό κολλητήρι και πάστα κόλλησης. Εσωτερικά, στην καλωδίωση του κουτιού, από την γενική εξωτερική τροφοδοσία συνδέσαμε την είσοδο του γενικού διακόπτη. Από την έξοδο του διακόπτη συνδέσαμε παράλληλα την πρίζα της τροφοδοσίας του εργαλείου κατεργασίας και το τροφοδοτικό παροχής έντασης ρεύματος. Το τροφοδοτικό έχει δύο ζευγάρια εξόδου 24 V DC. Από το ένα πήραμε τροφοδοσία για την πλακέτα ελέγχου και από το άλλο τροφοδοσία για τον ανεμιστήρα. Οι έξοδοι και είσοδοι από την πλακέτα ελέγχου ενώθηκαν με καλώδια τα οποία συνδέθηκαν με θηλυκό φις παράλληλης πόρτας 25 pins. Το θηλυκό φις τοποθετήθηκε στην πλαϊνή πλευρά του κουτιού. Έτσι συνδέοντας το καλώδιο σύνδεσης στις παράλληλες πόρτες και το καλώδιο τροφοδοσίας του εργαλείου κατεργασίας, καταφέραμε να συνδέσουμε όλα τα ηλεκτρικά στοιχεία της μηχανής. Το ηλεκτρολογικό κουτί συνδέθηκε με ένα καλώδιο παράλληλης πόρτας του εμπορίου με την κεντρική μονάδα του ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Χρωματισμοί καλωδίων βηματικών κινητήρων σε συνάρτηση την πολικότητά τους

XA+ = Μαύρο, XA- = Πράσινο, XB+ = Κόκκινο, XB- = Μπλε

(YZ)A+ = Κίτρινο, (YZ)A- = Πράσινο, (YZ)B+ = Άσπρο, (YZ)B- = Καφέ

Πίνακας ταυτοποίησης ακροδεκτών καλωδίου σύνδεσης $18X0.75mm^2$

1	2	3	4	5	6	7	8	9
XB-	XB+	XA-	XA+	YA-	YA+	YB-	YB+	ZA-

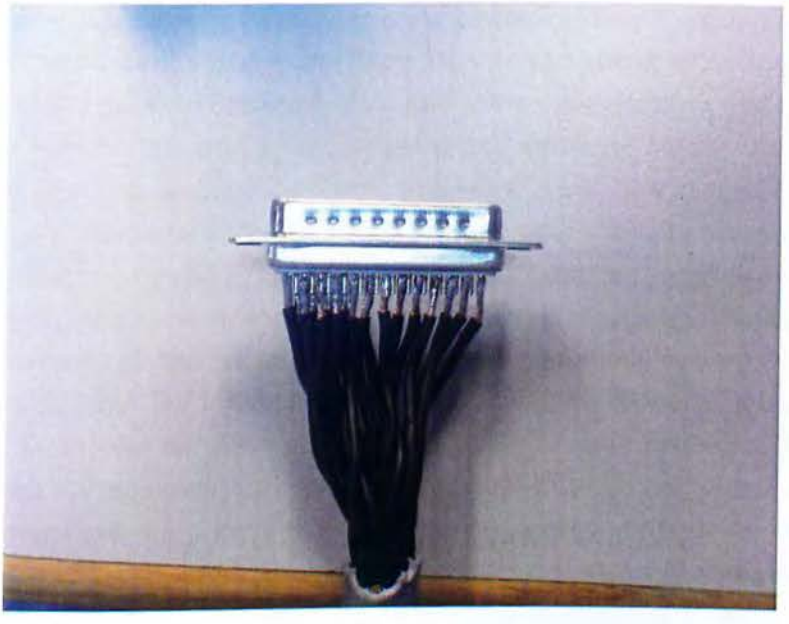
Pe	17	16	15	14	13	12	11	10
Γείωση	/	Κουμπί Κινδύνου	Z Τερματικό	Y Τερματικό	X Τερματικό	ZB+	ZB-	ZA+



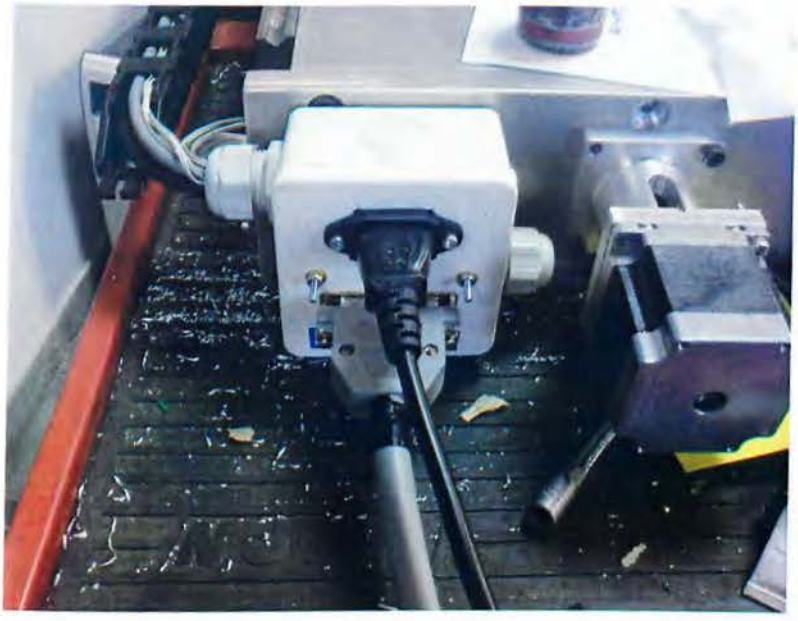
Εγκατάσταση καλωδίωσης



Κατασκευή καλωδίου σύνδεσης και πλαστικού κουτιού σύνδεσης



Καλώδιο Σύνδεσης



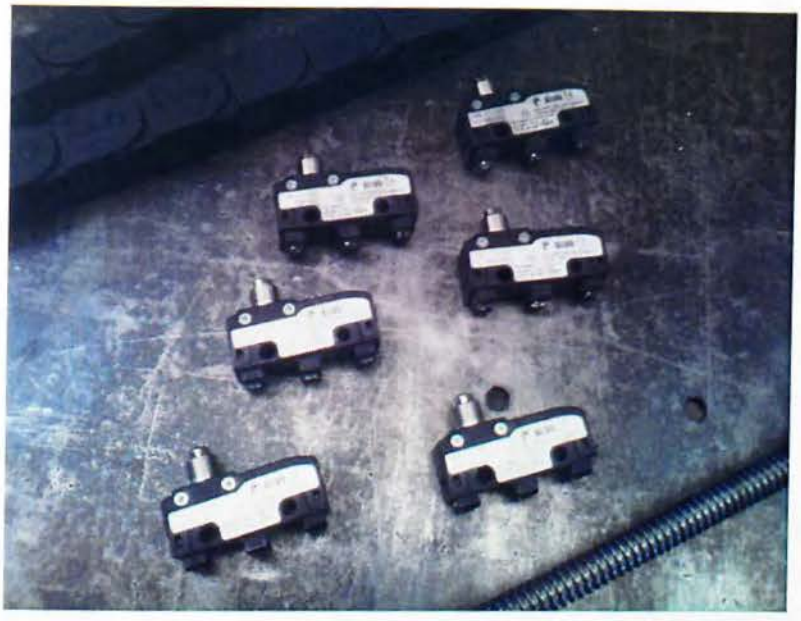
Πλαστικό κουτί σύνδεσης

3.8.2 Λοιπά

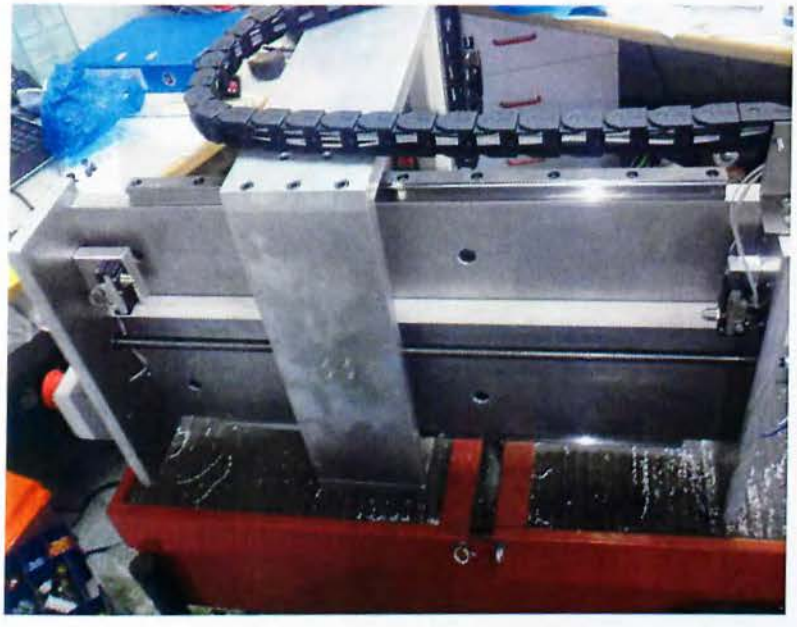
Στα λοιπά εξαρτήματα τοποθετούμε ότι άλλο χρησιμοποιήσαμε για την κατασκευή της μηχανής CNC. Σε αυτή την κατηγορία εντάσσονται οι τερματικοί διακόπτες και η τοποθέτησή τους, το κουμπί κινδύνου και η τοποθέτησή του, τα αρθρωτά πλαστικά κανάλια καλωδίων και η τοποθέτησή τους και τα πλαστικά κανάλια καλωδίων με την τοποθέτησή τους επίσης.

3.8.2.1 Τερματικοί διακόπτες

Τοποθετήσαμε συνολικά έξι τερματικούς διακόπτες στην κατασκευή μας. Από δύο σε κάθε άξονα. Η θέση του κάθε τερματικού ορίστηκε από τα φυσικά όρια των ορίων της κάθε διαδρομής. Για τον άξονα Χ τοποθετήσαμε τους τερματικούς διακόπτες στην εσωτερική μεριά των βάσεων στήριξης της σταθερής βάσης. Αυτό που καθορίζει το πότε θα σταματά η κίνηση του άξονα Χ είναι η βάση της κινητού μέρους Χ, αφού προσαρμόσαμε τους διακόπτες να τερματίζουν πάνω στη βάση. Για να επιτευχθεί αυτό κατασκευάσαμε μία βάση για τον κάθε τερματικό διακόπτη, τον οποίο προσαρμόσαμε πάνω και στην συνέχεια την βάση την προσδέσαμε στις βάσεις στήριξης της σταθερής βάσης. Για τον άξονα Υ τοποθετήσαμε τους τερματικούς διακόπτες στο πάνω μέρος των πλαϊνών βάσεων του κινητού μέρους Υ. Αυτό που καθορίζει το πότε θα σταματά η κίνηση του άξονα Υ είναι η κατακόρυφη βάση του κινητού μέρους Υ. Για τον άξονα Ζ τοποθετήσαμε τον ένα τερματικό δίπλα από τον βηματικό κινητήρα στην βάση στήριξης του βηματικού του άξονα Ζ και τον άλλο τερματικό διακόπτη στο κάτω μέρος της κατακόρυφης βάσης κινητού μέρους Υ. Αυτό που καθορίζει το πότε θα σταματά η κίνηση του άξονα Ζ είναι το πάνω μέρος της κατακόρυφης βάσης κινητού μέρους Ζ για τον τερματικό που βρίσκεται δίπλα από το βηματικό και για τον τερματικό που βρίσκεται κάτω στην κατακόρυφη βάση κινητού μέρους Υ, κατασκευάσαμε μία βάση την οποία προσαρμόσαμε στην κατακόρυφη βάση κινητού μέρους Ζ. Έτσι όταν η βάση φτάσει στο κατώτατο σημείο, πατά τον τερματικό διακόπτη.



Τερματικοί διακόπτες



Τερματικοί διακόπτες άξονα Χ



Τερματικοί διακόπτες αξόνων Υ και Ζ

3.8.2.2 Κουμπί κινδύνου

Το κουμπί κινδύνου τοποθετήθηκε στην μπροστινή μεριά των στηριγμάτων της σταθερής βάσης. Σκοπεύει στην άμεση πίεση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Με το πάτημά του σταματά κάθε κίνηση των αξόνων. Χωρίς την τοποθέτηση κουμπιού κινδύνου δεν λειτουργεί το η εφαρμογή του προγράμματος ελέγχου (Mach3). Για την τοποθέτηση κάναμε μία τρύπα στη βάση για να περάσει το καλώδιο στην πίσω μεριά και άλλε δύο τρύπες με σπείρωμα για να στερεώσουμε το πλαστικό κουτι.

3.8.2.3 Αρθρωτά πλαστικά κανάλια καλωδίων

Για να μπορέσουμε να μετακινούμε τους τρεις άξονες χωρίς να υπάρχει πρόβλημα στερέωσης με τα καλώδια σύνδεσης των ηλεκτρικών στοιχείων, αποφασίσαμε τη χρήση αρθρωτών πλαστικών καναλιών. Τα κανάλια αυτά έχουν το πλεονέκτημα να στηρίζονται στην αρχή και στο τέλος και να προσφέρουν ευλυγισία και σταθερότητα κατά την κίνηση. Τοποθετήσαμε δύο τέτοια κανάλια στην κατασκευή μας. Ένα στη δεξιά πλευρά του κινητού μέρους X, με το ένα άκρο στο πίσω μέρος της σταθερής βάσης και το άλλο άκρο στην πλάγια βάση του κινητό μέρος X στο για την κίνηση του άξονα X. Το άλλο κανάλι τοποθετήσαμε το σταθερό άκρο στην δεξιά πλάγια βάση του κινητού μέρους X και το κινητό μέρος στην βάση στήριξης του βηματικού του άξονα Z για την κίνηση του άξονα Y. για την τοποθέτηση των καναλιών κατασκευάσαμε δύο μικρές βάσης για την διευκόλυνση της τοποθέτησής τους.



Αρθρωτό κανάλι και πλαστικά κανάλια καλωδίων

3.8.2.4 Πλαστικά κανάλια καλωδίων

Πλαστικά κανάλια καλωδίων χρησιμοποιήσαμε για να μην αιωρούνται ανεξέλεγκτα τα λοιπά καλώδια που δεν μπήκαν στα αρθρωτά κανάλια. Τοποθετήσαμε σε τρία σημεία στην μηχανή μας. Ένα κάτω από την βάση πάγκου κατεργασίας για να οδηγήσουμε τα καλώδια από το κουμπί ελέγχου και τον ένα τερματικό διακόπτη του άξονα Χ. Τα υπόλοιπα στην πίσω μεριά της πάνω βάσης του κινητού μέρους Χ για την οδήγηση του καλωδίου από τον ένα τερματικό του άξονα Υ.



Πρόσοψη mini CNC router

3.9 Λίστα εξαρτημάτων μηχανής CNC

3.9.1 Λίστα σταθερής βάση

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΥΛΙΚΟ / ΤΥΠΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ(mm)	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΘΕΣΗ	ΤΕΜΑΧΙΑ
1	ΒΑΣΗ ΣΤΗΡΙΞΗΣ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	325X100X13	ΝΑΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	1
2	ΚΟΥΤΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	80X200X40	ΟΧΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	1
3	ΣΤΙΠΙΟΘΛΗΠΤΗΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	GP 13,5	ΟΧΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	1
4	ΣΤΙΠΙΟΘΛΗΠΤΗΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	GP 16	ΟΧΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	1
5	ΒΙΔΑ-ΠΑΞΙΜΑΔΙ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ ΚΟΥΤΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	10 X 3	ΟΧΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	2
6	ΝΤΙΖΑ	ΓΑΛΒΑΝΙΖΕ	M3 X 60	ΟΧΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	2
7	ΦΙΣ ΑΡΣΕΝΙΚΟ Η/Υ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ		ΟΧΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	1
8	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΦΙΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M3 X 10	ΟΧΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	2
9	ΒΙΔΑ-ΠΑΞΙΜΑΔΙ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΑΡΑΛ/ΛΟΥ ΦΙΣ ΑΡΣΕΝΙΚΟ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ	10 X 3	ΟΧΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	2
10	ΦΙΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΑΡΣΕΝΙΚΗΣ ΘΥΡΑΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ		ΝΑΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	1
11	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΒΑΣΗΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M8 X 25	ΟΧΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	3
12	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M5 X 20	ΟΧΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	2
13	ΣΤΗΡΙΓΜΑ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	60 X 15 X 20	ΝΑΙ	ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	1
14	ΣΕΤ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ				ΠΙΣΩ ΜΕΡΟΣ	1
15	ΑΡΘΡΩΤΟ ΚΑΝΑΛΙ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	780 X 20 X 20	ΟΧΙ	ΠΙΣΩ-ΔΕΞΙΑ	1
16	ΛΑΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ	ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟ	100 X 25 X 20	ΝΑΙ	ΠΙΣΩ-ΔΕΞΙΑ	1
17	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΛΑΜΑΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M4 X 15	ΟΧΙ	ΠΙΣΩ-ΔΕΞΙΑ	4
18	ΒΑΣΗ ΠΑΓΚΟΥ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	586.5 X 290 X 20	ΝΑΙ	ΚΕΝΤΡΟ	1
19	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΑΣ	HG20	20 X 20 X 500	ΟΧΙ	ΔΕΞΙΑ-ΑΡΙΣΤΕΡΑ	2
20	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΚΑΝΟΝΑ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M5 X 20	ΟΧΙ	ΔΕΞΙΑ-ΑΡΙΣΤΕΡΑ	18

21	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΑΤΣΑΛΙ	647,5 X 12 X 3	ΝΑΙ	ΚΕΝΤΡΟ-ΚΑΤΩ	1
22	ΠΑΓΚΟΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	360 X 230 X 30	ΝΑΙ	ΚΕΝΤΡΟ-ΜΠΡΟΣΤΑ	1
23	ΒΙΔΕΣ ΣΥΓΚΡΑΤΙΣΗΣ ΠΑΓΚΟΥ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M8 X 25	ΟΧΙ	ΚΕΝΤΡΟ-ΜΠΡΟΣΤΑ	4
24	ΑΡΘΡΩΤΟ ΚΑΝΑΛΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	585 X 20 X 20	ΟΧΙ	ΚΕΝΤΡΟ-ΚΑΤΩ	1
25	ΒΑΣΗ ΣΤΗΡΙΞΗΣ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	325 X 100 X 15	ΝΑΙ	ΜΠΡΟΣΤΑ	1
26	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΒΑΣΗΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M8 X 25	ΟΧΙ	ΜΠΡΟΣΤΑ	3
27	ΣΕΤ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ				ΜΠΡΟΣΤΑ	1
28	ΒΑΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	55 X 50 X 15	ΝΑΙ	ΜΠΡΟΣΤΑ	1
29	ΒΙΔΕΣ ΒΑΣΗΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M5 X 30	ΟΧΙ	ΜΠΡΟΣΤΑ	2
30	ΡΟΥΛΕΜΑΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΟΧΛΙΑ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ	Φ22 X 8 , Φ6	ΟΧΙ	ΜΠΡΟΣΤΑ	1
31	ΚΟΥΤΙ ΚΟΥΜΠΙΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	70 X 70 X 60	ΟΧΙ	ΜΠΡΟΣΤΑ	1
32	ΚΟΥΜΠΙ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	Φ22,5	ΟΧΙ	ΜΠΡΟΣΤΑ	1
33	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΟΥΤΙΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M4 X 15	ΟΧΙ	ΜΠΡΟΣΤΑ	2
34	ΣΕΤ ΒΗΜΑΤΙΚΟΥ				ΠΙΣΩ	1

3.9.2 Λίστα κινητού μέρος Χ

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΥΛΙΚΟ / ΤΥΠΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (mm)	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΘΕΣΗ	ΤΕΜΑΧΙΑ
1	ΚΑΤΩ ΒΑΣΗ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	350 Χ 120 Χ 15	ΝΑΙ	ΚΑΤΩ	1
2	ΠΑΞΙΜΑΔΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΟΡΕΙΧΑΛΚΙΝΟ	30 Χ 20 Χ 20	ΝΑΙ	ΚΑΤΩ	1
3	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΑΞΙΜΑΔΙΟΥ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	Μ4 Χ 15	ΟΧΙ	ΚΑΤΩ	4
4	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΑΤΩ ΒΑΣΗΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	Μ6 Χ 25	ΟΧΙ	ΔΕΞΙΑ - ΑΡΙΣΤΕΡΑ	6
5	ΠΛΑΓΙΑ ΒΑΣΗ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	450 Χ 120 Χ 20	ΝΑΙ	ΔΕΞΙΑ	1
6	ΠΛΑΓΙΑ ΒΑΣΗ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	450 Χ 120 Χ 20	ΝΑΙ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ	1
7	ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΦΟΡΕΙΑ	HIWIN HGH 20CA	80 Χ 40 Χ 25	ΟΧΙ	ΔΕΞΙΑ - ΑΡΙΣΤΕΡΑ	2
8	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΦΟΡΕΙΩΝ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	Μ5 Χ 20	ΟΧΙ	ΔΕΞΙΑ - ΑΡΙΣΤΕΡΑ	8
9	ΒΙΔΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ	Μ5 Χ 15	ΟΧΙ	ΔΕΞΙΑ	1
10	ΑΡΘΡΩΤΟ ΚΑΝΑΛΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	125 Χ 20 Χ 20	ΟΧΙ	ΔΕΞΙΑ	1
11	ΣΕΤ ΒΗΜΑΤΙΚΟΥ				ΔΕΞΙΑ	1
12	ΣΕΤ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ				ΔΕΞΙΑ - ΑΡΙΣΤΕΡΑ	1
13	ΒΙΔΑ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ	Μ4 Χ 15	ΟΧΙ	ΔΕΞΙΑ	1
14	ΠΑΝΩ ΒΑΣΗ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	350 Χ 120 Χ 20	ΝΑΙ	ΠΑΝΩ	1
15	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΑΣ	HG15	15 Χ 15 Χ 416	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	2
16	ΒΙΔΕΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΚΑΝΟΝΑ	ΜΕΤΑΛΙΚΕΣ	Μ4 Χ 20	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	5
17	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΑΤΣΑΛΙ	Φ12 Χ 3 Χ 416	ΝΑΙ	ΠΑΝΩ	1
18	ΡΟΥΛΕΜΑΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΟΧΛΙΑ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ	Φ22 Χ 8, Φ6	ΟΧΙ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ	1
19	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΑΝΑΛΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	350 Χ 15 Χ 15	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	1
20	ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΚΑΝΑΛΙ ΚΑΛΩΔΙΩΝ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	130 Χ 15 Χ 15	ΟΧΙ	ΑΡΙΣΤΕΡΑ	1
21	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΛΑΓΙΩΝ ΒΑΣΕΩΝ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	Μ8 Χ 25	ΟΧΙ	ΔΕΞΙΑ - ΑΡΙΣΤΕΡΑ	6

3.9.3 Λίστα κινητού μέρους Υ

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΥΛΙΚΟ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (mm)	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΘΕΣΗ	ΤΕΜΑΧΙΑ
1	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΒΑΣΗ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	300 X 100 X 15	ΝΑΙ	ΠΑΝΩ	1
2	ΒΑΣΗ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΒΗΜΑΤΙΚΟΥ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	100 X 60 X 15	ΝΑΙ	ΠΑΝΩ	1
3	ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΦΟΡΕΙΑ	HIWIN HGH 15CA	58 X 35 X 25	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	2
4	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΦΟΡΕΙΩΝ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M4 X 15	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	8
5	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΑΞΙΜΑΔΙΟΥ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M4 X 15	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	4
6	ΠΑΞΙΜΑΔΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΟΡΕΙΧΑΛΚΙΝΟ	30 X 20 X 20	ΝΑΙ	ΠΑΝΩ	1
7	ΣΕΤ ΒΗΜΑΤΙΚΟΥ				ΠΑΝΩ	1
8	ΣΕΤ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ				ΠΑΝΩ - ΚΑΤΩ	2
9	ΓΡΑΜΜΙΚΟΣ ΚΑΝΟΝΑΣ	HG15	15 X 15 X 500	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	2
10	ΒΙΔΕΣ ΓΡΑΜΜΙΚΟΥ ΚΑΝΟΝΑ	ΜΕΤΑΛΙΚΕΣ	M4 X 15	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	5
11	ΚΟΥΖΙΝΕΤΟ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΟΧΛΙΑ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	28 X X30 X25	ΝΑΙ	ΠΑΝΩ	1
12	ΡΟΥΛΕΜΑΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΟΧΛΙΑ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ	Φ22 X 8, Φ6	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	1
13	ΚΟΧΛΙΑΣ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΑΤΣΑΛΙ	Φ12 X 3 X 303,5	ΝΑΙ	ΠΑΝΩ	1
14	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΒΑΣΗΣ ΚΟΧΛΙΑ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M4 X 15	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	2
15	ΒΙΔΕΣ ΣΡΤΗΡΗΞΗΣ ΒΑΣΗΣ ΒΗΜΑΤΙΚΟΥ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M6 X 25	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	3
16	ΛΑΜΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΡΘΡΩΤΟΥ ΚΑΝΑΛΙΟΥ	ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΗ	120 X 25 X 3	ΝΑΙ	ΠΑΝΩ	1
17	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΛΑΜΑΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M4 X 15	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	2

3.9.4 Λίστα κινητού μέρους Z

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΥΛΙΚΟ/ΤΥΠΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (mm)	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΘΕΣΗ	ΤΕΜΑΧΙΑ
1	ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΒΑΣΗ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	250 X 100 X 15	ΝΑΙ	ΠΑΝΩ	1
2	ΓΡΑΜΜΙΚΑ ΦΟΡΕΙΑ	HIWIN HGH 15CA	58 X 35 X 25	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	2
3	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΓΡΑΜΜΙΚΩΝ ΦΟΡΕΙΩΝ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M4 X 15	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	8
4	ΠΑΞΙΜΑΔΙ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΟΡΕΙΧΑΛΚΙΝΟ	30 X 20 X 20	ΝΑΙ	ΠΑΝΩ	1
5	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΑΞΙΜΑΔΙΟΥ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M4 X 15	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	4
6	ΒΑΣΗ ΤΕΡΜΑΤΟΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	25 X 20 X 18	ΝΑΙ	ΠΑΝΩ	1
7	ΒΙΔΑ ΣΤΗΡΙΓΜΑΤΟΣ ΒΑΣΗ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ	M5 X 20	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	1
8	ΒΑΣΗ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	100 X 85 X 25	ΝΑΙ	ΠΑΝΩ	1
9	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΒΑΣΗΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M10 X 90	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	2
10	ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	KRESS 1050 MFE-1	280 X 71.4	ΟΧΙ	ΠΑΝΩ	1

3.9.5 Λίστα σετ βηματικού

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΥΛΙΚΟ / ΤΥΠΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ(mm)	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ
1	ΒΗΜΑΤΙΚΟΣ ΚΙΝΗΤΗΡΑΣ	57BYGH56-401A	NEMA 23	ΟΧΙ	1
2	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΒΗΜΑΤΙΚΟΥ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M4 X 15	ΟΧΙ	4
3	ΑΠΟΣΤΑΤΗΣ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	55 X 60 X 55	ΝΑΙ	1
4	ΚΟΜΠΛΕΡ ΣΥΝΔΕΣΗΣ	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ - ΑΤΣΑΛΙ	19 X 28	ΟΧΙ	1
5	ΡΟΥΛΕΜΑΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΚΟΧΛΙΑ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ	Φ22 X 8, Φ6	ΟΧΙ	1
6	ΠΑΞΙΜΑΔΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΟΧΛΙΑ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ	M8	ΟΧΙ	1
7	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΑΠΟΣΤΑΤΗ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M5 X 20	ΟΧΙ	4
8	ΒΙΔΕΣ ΚΟΜΠΛΕΡ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΑΞΟΝΩΝ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M2 X 5	ΟΧΙ	2

3.9.6 Λίστα σετ τερματικού διακόπτη

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΥΛΙΚΟ / ΤΥΠΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ(mm)	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ
1	ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΣ ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ΕΠΑΦΗΣ	PIZZATO MKV D06	70 X 50 X 20	ΟΧΙ	1
2	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΟ	M5X20	ΟΧΙ	2
3	ΚΑΛΥΜΜΑ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	70 X 30 X 20	ΟΧΙ	1
4	ΒΙΔΕΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ ΔΙΑΚΟΠΤΗ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M4 X 25	ΟΧΙ	2
5	ΡΟΔΕΛΕΣ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M4	ΟΧΙ	2

3.9.7 Λίστα ηλεκτρολογικού κουτιού

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΥΛΙΚΟ / ΤΥΠΟΣ	ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ	ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΤΕΜΑΧΙΑ
1	ΚΟΥΤΙ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	380 X 300 X 120	ΝΑΙ	1
2	ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ ON-OFF	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	16 A	ΟΧΙ	1
3	ΡΕΥΜΑΤΟΔΟΤΗΣ SCHUKO	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	50 X 50	ΟΧΙ	1
4	ΘΥΛΙΚΟ ΦΙΣ ΓΙΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΣΥΝΔΕΣΗ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	25 PINS	ΝΑΙ	1
5	ΒΙΔΕΣ-ΠΑΞΙΜΑΔΙΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	10 X 3	ΟΧΙ	2
6	ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	60 X 60 X 15	ΟΧΙ	1
7	ΣΤΗΠΙΟΘΛΗΠΤΗΣ	ΠΛΑΣΤΙΚΟ	GP16	ΟΧΙ	1
8	ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ	220-24V 10A	200 X 110 X 50	ΟΧΙ	1
9	ΠΛΑΚΕΤΑ ΕΛΕΓΧΟΥ ΒΗΜΑΤΙΚΟΥ	TB6560AHG	180 X 120 X 40	ΟΧΙ	1
10	ΒΙΔΕΣ ΣΤΗΡΙΞΗΣ	ΜΕΤΑΛΛΙΚΕΣ	M3 X 10	ΟΧΙ	2

3.9.8 Λίστα καλωδίων

Α/Α	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΥΠΟΣ	ΜΕΤΡΑ
1	ΚΑΛΩΔΙΟ ΣΥΝΔΕΣΗΣ	18 X 0.75 mm^2	2.5
2	ΚΑΛΩΔΙΟ KRESS	3 X 1.5 mm^2	1.8
3	ΚΑΛΩΔΙΟ ΤΕΡΜΑΤΙΚΟΥ - ΚΟΥΜΠΙ ΚΙΝΔΥΝΟΥ	2 X 0.25 mm^2	7
4	ΚΑΛΩΔΙΟ ΠΡΟΕΚΤΑΣΗΣ ΒΗΜΑΤΙΚΩΝ	4 X 0.5 mm^2	2
5	ΚΑΛΩΔΙΟ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ CNC	3 X 1.5 mm^2	2
6	ΚΑΛΩΔΙΟ ΠΑΡΑΛΛΗΛΗΣ ΣΥΝΔΕΣΗΣ Η/Υ	25 pins	1

Κεφάλαιο 4: ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

4.1 Εγκατάσταση μηχανής CNC

Η μηχανή μας χωρίζεται σε 3 μέρη. Το πρώτο μέρος είναι ο σκελετός της μηχανής, το δεύτερο μέρος το ηλεκτρολογικό κουτί και το τρίτο μέρος τα καλώδια σύνδεσης. Η μηχανή προορίζεται για εσωτερική χρήση, σε στεγνό περιβάλλον μακριά από εστίες ανάφλεξης. Η επιφάνεια που θα εγκαταστήσουμε την μηχανή CNC θα πρέπει να μην έχει κλίση και να μην είναι ολισθηρή. Ο σκελετός της μηχανής καλό είναι να τοποθετηθεί σε κάποια βάση ώστε να έχει το ιδανικό ύψος για να μπορούμε να την χειρίζεται εύκολα. Ιδανικό ύψος λειτουργίας 80cm από το έδαφος. Επίσης, γύρο από την μηχανή δεν πρέπει να υπάρχουν αντικείμενα που θα δυσκολεύουν την κίνηση των κινητών μερών και πιθανόν να δημιουργήσουν προβλήματα η μπλοκαρίσματα κατά την διαδικασία κατεργασίας. Η μηχανή πρέπει να βρίσκεται κοντά σε παροχή μονοφασικού ηλεκτρικού ρεύματος 220V 16A για την τροφοδοσία της. Δίπλα από την μηχανή τοποθετούμε τον ηλεκτρονικό υπολογιστή που πρέπει να φέρει οπωσδήποτε παράλληλη θύρα για να γίνει σύνδεση με το ηλεκτρολογικό κουτί της μηχανής. Ο χώρος γύρο από την μηχανή, όπως και η μηχανή πρέπει να έχουν την δυνατότητα να καθαρίζονται καλά από τα απόβλητα κοπής και τις σκόνες. Η μηχανή είναι έτοιμη προς εγκατάσταση. Η θέση χειρισμού της μηχανής είναι η μεριά που έχει το κουμπί κινδύνου (Emergency Stop). Αρχικά τοποθετούμε το σκελετό της μηχανής στην επιλεγμένη βάση. Ελέγχουμε για την σταθερότητα του συνόλου και τοποθετούμε κοντά το ηλεκτρολογικό κουτί ώστε να είναι δυνατή η σύνδεση τους. Το ηλεκτρολογικό κουτί το τοποθετούμε όπου μας βολεύει αρκεί να μην είναι κοντά οι αεραγωγοί του κουτιού στον πάγκο κατεργασίας και εισέρχονται εντός του κουτιού τα απόβλητα της κατεργασίας. Συνδέουμε την μηχανή με το κουτί χρησιμοποιώντας το καλώδιο σύνδεσης. Το καλώδιο συνδέεται στο πίσω μέρος του σκελετού της μηχανής και στην δεξιά παράλληλη θύρα του ηλεκτρολογικού κουτιού. Στην πίσω μεριά του σκελετού συνδέουμε επίσης, το καλώδιο τροφοδοσίας του εργαλείου κατεργασίας και το συνδέουμε στην πρίζα του κουτιού στο φις σύνδεσης. Στην συνέχεια συνδέουμε μέσω της παράλληλης σύνδεσης το ηλεκτρολογικό κουτί με την κεντρική μονάδα του ηλεκτρονικού υπολογιστή και βάζουμε το καλώδιο τροφοδοσίας του κουτιού στην μονοφασική πρίζα. Τέλος, εφόσον κάναμε τα παραπάνω βήματα ανοίγουμε τον ηλεκτρονικό υπολογιστή, τρέχουμε το πρόγραμμα Mach3 και έπειτα γυρίζουμε τον διακόπτη του κουτιού στο 1 και το σύστημα μας είναι έτοιμο να λειτουργήσει. Αν το κουμπί κινδύνου είναι πατημένο το απελευθερώνουμε για να μπορέσουμε να κινήσουμε τα κινητά μέρη.

4.2 Ασφάλεια κατά την χρήση

Κατά την διάρκεια της χρήσης της μηχανής CNC υπάρχουν κάποια μέτρα που θα πρέπει να τηρηθούν. Θα πρέπει να είμαστε σίγουροι ότι η μηχανή είναι σε σωστή θέση χωρίς να υπάρχει κίνδυνος μετακίνησης κατά την λειτουργία της. Επιπλέον, θα πρέπει ο χειριστής της μηχανής να λαμβάνει προστατευτικά μέτρα για την σωστή προφύλαξη του ίδιου για να εξαλείφει την πιθανότητα ατυχήματος. Τα ατυχήματα στο εργασιακό περιβάλλον είναι συνήθη και προκαλούνται από την κακή αντίληψη των εργασιακών συνθηκών ή την κακή ενημέρωση. Ενδεικτικά θα αναφέρουμε μερικά προστατευτικά μέσα που οφείλει ο χειριστής να λαμβάνει κατά την χρήση του mini CNC router. Προστατευτικά γυαλιά και γάντια εργασίας είναι τα βασικά που χρειάζεται. Για το λόγο ότι η μηχανή μας δεν έχει προστατευτικό καπάκι ασφαλείας που θα απομονώνει την κατεργασία από

εξωτερικούς παράγοντες, συνιστάται ιδιαίτερη προσοχή κατά την λειτουργία της. Θα πρέπει να μην πλησιάζουμε αρκετά κατά την κατεργασία τον πάγκο κατεργασίας. Η απόσταση που θα κρατάμε να είναι τόση όση χρειαζόμαστε για να πατήσουμε το κουμπί κινδύνου σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης. Δεν τοποθετούμε ή αφαιρούμε το αντικείμενο κατεργασίας όταν κινούνται τα κινητά μέρη και προπάντων όταν λειτουργεί το εργαλείο κατεργασίας. Το εργαλείο κατεργασίας το ενεργοποιούμε όταν είμαστε έτοιμοι για κατεργασία πριν πατήσουμε το πράσινο κουμπί Cycle Start και το απενεργοποιούμε όταν τελειώσει η κατεργασία. Μην τοποθετείτε υλικά προς κατεργασία που δεν ενδείκνυνται. Προσοχή κατά την κατεργασία. Απόβλητα κατεργασίας απομακρύνονται με μεγάλη ταχύτητα και μπορεί να επιφέρουν τραυματισμό. Προσοχή στον ορισμό του αντικειμένου. Λάθος αναφορά μπορεί να οδηγήσει σε λάθος κατεργασία και να κάνει ζημιά στην μηχανή. Προσοχή κατά την εκτέλεση των εντολών. Είναι προτιμότερο εάν δεν γνωρίζουμε την κατεργασία να δοκιμάσουμε να κάνουμε δοκιμαστική κατεργασία χωρίς να έχουμε τοποθετήσει το αντικείμενο κατεργασίας και χωρίς να έχουμε ενεργοποιήσει το εργαλείο κατεργασίας. Κάθε φορά που σταματάμε την χρήση της μηχανής κλείνουμε τον γενικό διακόπτη για να μην λειτουργεί η μηχανή άσκοπα. Η λειτουργία και ο χειρισμός της μηχανής είναι ευθύνη του χειριστή της μηχανής. Ανάλογα με τις συνθήκες εργασίας και τις απαιτήσεις κατεργασίας ο χειριστής είναι υπεύθυνος να λάβει και τα μέτρα ασφαλείας που κρίνει ο ίδιος. Τέλος, στον χώρο εργασίας της μηχανής CNC θα πρέπει να βρίσκεται μέσο πυρόσβεσης και ιατρικό κουτί πρώτων βοηθειών.

4.3 Συντήρηση

Η συντήρηση της μηχανή CNC είναι απλή. Θα πρέπει να φροντίζουμε να είναι καθαρή χωρίς υπολείμματα από τις κατεργασίες. Μετά από κάθε κατεργασία να καθαρίζεται καλά. Ειδικότερα στους γραμμικούς κανόνες και στους κοχλίες περιστροφής. Το νερό δεν ενδείκνυται παρά μόνο στις αλουμινένιες επιφάνειες. Η χρήση λιπαντικού υγρού κατά την κατεργασία δεν επηρεάζει το σύστημα αρκεί να είναι σε μικρή ποσότητα. Η χρήση αέρα για τον καθαρισμό της μηχανής είναι η ιδανική. Μετά τον καθαρισμό, τοποθετούμε λιπαντικό λάδι η γράσο στους γραμμικούς κανόνες και στους κοχλίες μετάδοσης κίνησης. Κατά διαστήματα ελέγχουμε την μηχανή στις συνδέσεις της για τυχόν χαλαρώματα. Τα υλικά που έχουμε χρησιμοποιήσει για την κατασκευή της μηχανής έχουν αντοχή και μας προσφέρουν μεγάλη διάρκεια ζωής.

Κεφάλαιο 5: ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ CNC

5.1 Χαρακτηριστικά κεντρικής μονάδας Η/Υ

Για την λειτουργία της μηχανής CNC πρέπει να χρησιμοποιήσουμε συμβατικό ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η επιλογή της κεντρικής μονάδας του Η/Υ έγινε με βάση τα υπαρκτά δικά μας διαθέσιμα μέσα. Η κεντρική μονάδα κρίθηκε ικανή για χρήση με βάση τις απαιτήσεις του λογισμικού προγράμματος Mach3. Οι απαιτήσεις του προγράμματος αναφέρονται παρακάτω. Ο ηλεκτρονικός υπολογιστής που χρησιμοποιούμε έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:
Λειτουργεί με επεξεργαστή AMD Opterom (tm)Processor 144 στα 1.79GHz, έχει μνήμη DDR στα 512MB, με κάρτα γραφικών NVIDIA Quadro FX 500/600 PCI. Το λειτουργικό σύστημα, της κεντρικής μονάδας, είναι Windows XP με service pack 2.

5.2 Λογισμικό πρόγραμμα

Το λογισμικό πρόγραμμα που χρησιμοποιούμε για την επικοινωνία του χρήστη με την CNC μηχανή, είναι το Mach3 Version R3.043.022. Η έκδοση του προγράμματος είναι δωρεάν εφαρμογή από την εταιρεία Mach με περιορισμένες δυνατότητες όπως για παράδειγμα εισαγωγή G code μέχρι 500 γραμμών και η χρήση βοηθημάτων για διάφορες κατεργασίες. Για την εμπλουτισμένη έκδοση απαιτείται αγορά της άδειας λειτουργίας.
Η σειρά λογισμικών της Mach αναπτύχθηκε αρχικά για οικιακή χρήση, αλλά γρήγορα μετατράπηκε σε ένα από τα πιο ευέλικτα πακέτα ελέγχου για βιομηχανική χρήση. Το περιβάλλον λειτουργίας του λογισμικού είναι βασισμένο σε Windows.

Μερικά από τα βασικά χαρακτηριστικά που παρέχονται από Mach3 είναι τα εξής:

- Μετατρέπει ένα τυποποιημένο Η/Υ σε ένα πλήρως λειτουργικό, 6-axis CNC ελεγκτή.
- Επιτρέπει την άμεση εισαγωγή του DXF, BMP, JPG, και HPGL αρχείων μέσω LazyCam
- Διαθέτει οπτική απεικόνιση G-code
- Δημιουργεί G-code μέσω LazyCam ή Wizards
- Έχει πλήρως προσαρμόσιμο περιβάλλον εργασίας
- Παρέχει προσαρμόσιμα M-Codes και μακροεντολές, χρησιμοποιώντας τη VBScript

Ελάχιστες λειτουργικές απαιτήσεις του προγράμματος Mach3:

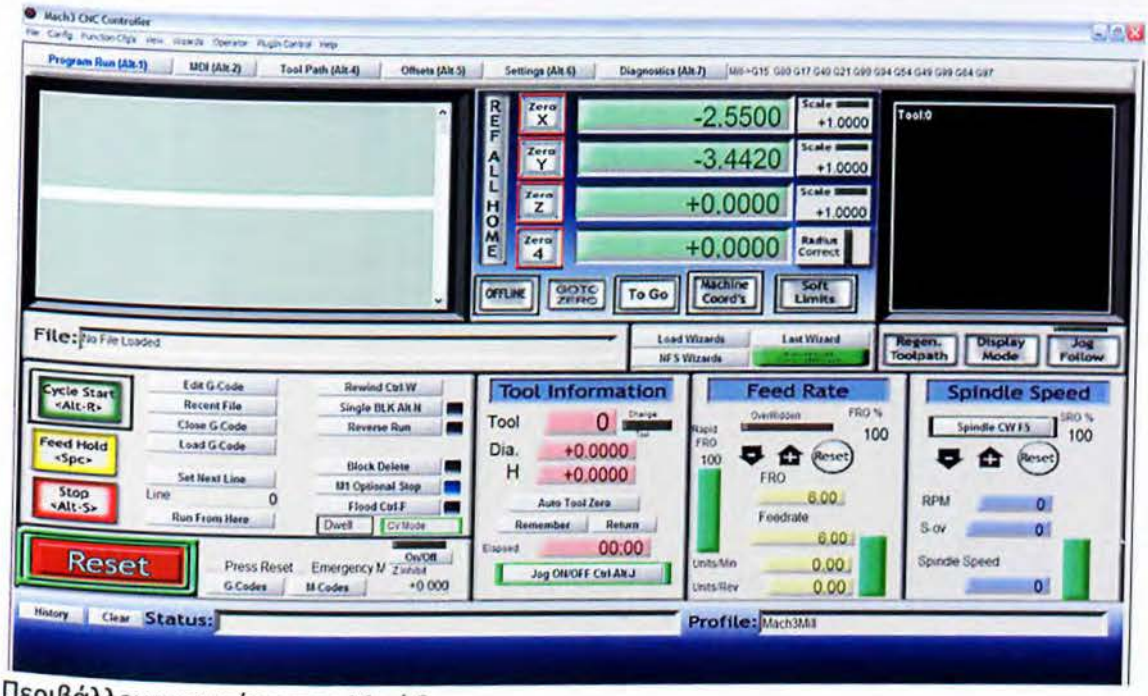
32-bit Desktop (με χρήση της παράλληλης θύρας)

- Λειτουργικό σύστημα με 32-bit έκδοση των Windows 2000, Windows XP, Windows Vista, or Windows 7 (64-bit δεν θα λειτουργήσει)
- Επεξεργαστή 1Ghz
- Μνήμη RAM 512MB
- Κάρτα γραφικών 32MB RAM
- Βασικές λειτουργίες υπολογιστή (πληκτρολόγηση, αντιγραφή, επικόλληση, κλπ)

Laptop / 64-bit Desktop (με χρήση εξωτερικής συσκευής ελέγχου κινήσεων)

- Κατάλληλη εξωτερική συσκευή ελέγχου κινήσεων
- Λειτουργικό σύστημα Windows 2000, Windows XP, Windows Vista, or Windows 7

- Επεξεργαστή 1Ghz
- Μνήμη RAM 512MB
- Κάρτα γραφικών 32MB RAM
- Βασικές λειτουργίες υπολογιστή (πληκτρολόγηση, αντιγραφή, επικόλληση, κλπ)



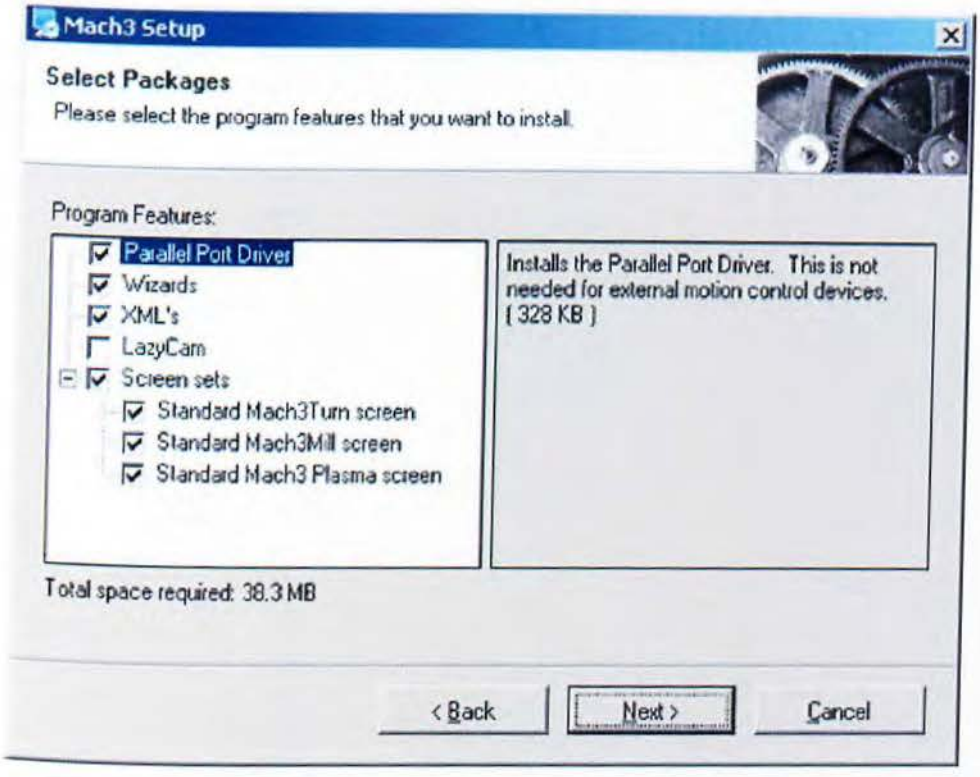
Περιβάλλον προγράμματος Mach3

5.3 Εγκατάσταση Λογισμικού

Για την εγκατάσταση του λογισμικού προγράμματος ανατρέξαμε στην ιστοσελίδα της εταιρείας Mach www.machsupport.com και στην καρτέλα Downloads επιλέξαμε να κατεβάσαμε το πακέτο εγκατάστασης. Υπάρχουν διάφορες εκδόσεις εγκατάστασης ανάλογα με την έκδοση που θέλουμε και το λειτουργικό σύστημα που διαθέτουμε. Ο κάθε χρήστης επιλέγει με δικό του κριτήριο. Με την επιλογή, ακολουθούμε την συνήθη διαδικασία εγκατάστασης όπως κάνουμε σε όλα τα προγράμματα. Με την ολοκλήρωση της λήψης περνάμε στην εγκατάσταση του λογισμικού πατώντας στο εικονίδιο που λάβαμε. Η διαδικασία εγκατάστασης περιγράφεται και στο εγχειρίδιο της Mach, το οποίο υπάρχει στην προαναφερθείσα ιστοσελίδα. Η εγκατάσταση του Mach3 πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τα παρακάτω βήματα.

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

Βήμα 1: Επιλογή χαρακτηριστικών που θέλουμε να εγκαταστήσουμε.



Εδώ εφόσον χρησιμοποιούμε την παράλληλη θύρα του υπολογιστή για τη διασύνδεση με την μηχανή θα χρειαστούμε τους οδηγούς για την παράλληλη θύρα, εάν χρησιμοποιούσαμε για την επικοινωνία άλλη θύρα π.χ. USB ή Ethernet, θα έπρεπε να καταργήσουμε την επιλογή του οδηγού παράλληλης θύρας.

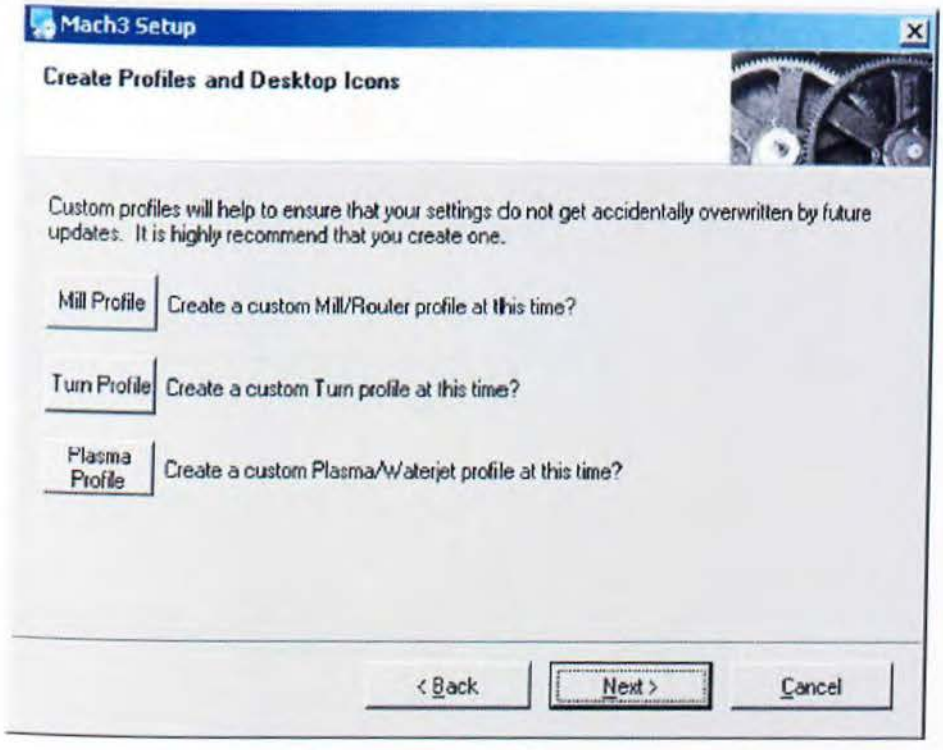
Με την επιλογή Wizards μας δίνεται η δυνατότητα να έχουμε ένα σύνολο μακροεντολών που μας επιτρέπουν να δημιουργήσουμε γρήγορα GCode.

Με την επιλογή XMLs εγκαθιστούμε όλα τα αρχεία που διαθέτουν πληροφορίες διαμόρφωσης του Mach3. Υπάρχουν τρεις προεπιλεγμένες. Το Mach3Mill.xml, Mach3Turn.xml και Mach3Plasma.xml.

Με την επιλογή LazyCam όπου είναι μια δοκιμαστική ελεύθερη έκδοση έχουμε την δυνατότητα να εισάγουμε πρότυπα DXF, CMX και άλλους τύπους αρχείων ώστε να βοηθήσει εκείνους που δεν χρησιμοποιούν CAM προγράμματα για να δημιουργήσουμε πιο εύκολα GCode.

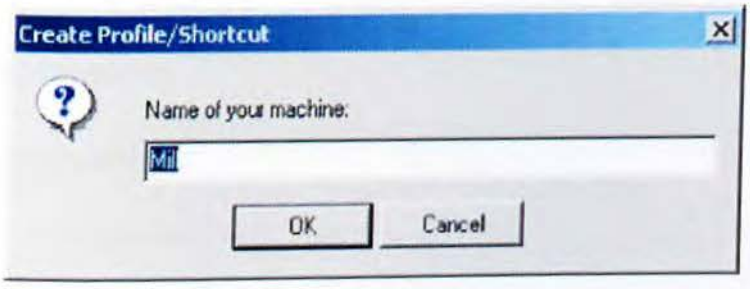
Τέλος, εφόσον καθορίσουμε την εμφάνιση της οθόνης του Mach3 με την επιλογή screen sets επιλέγουμε το κουμπί Next για συνέχεια.

Βήμα 2: Επιλογή του προφίλ που επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε.



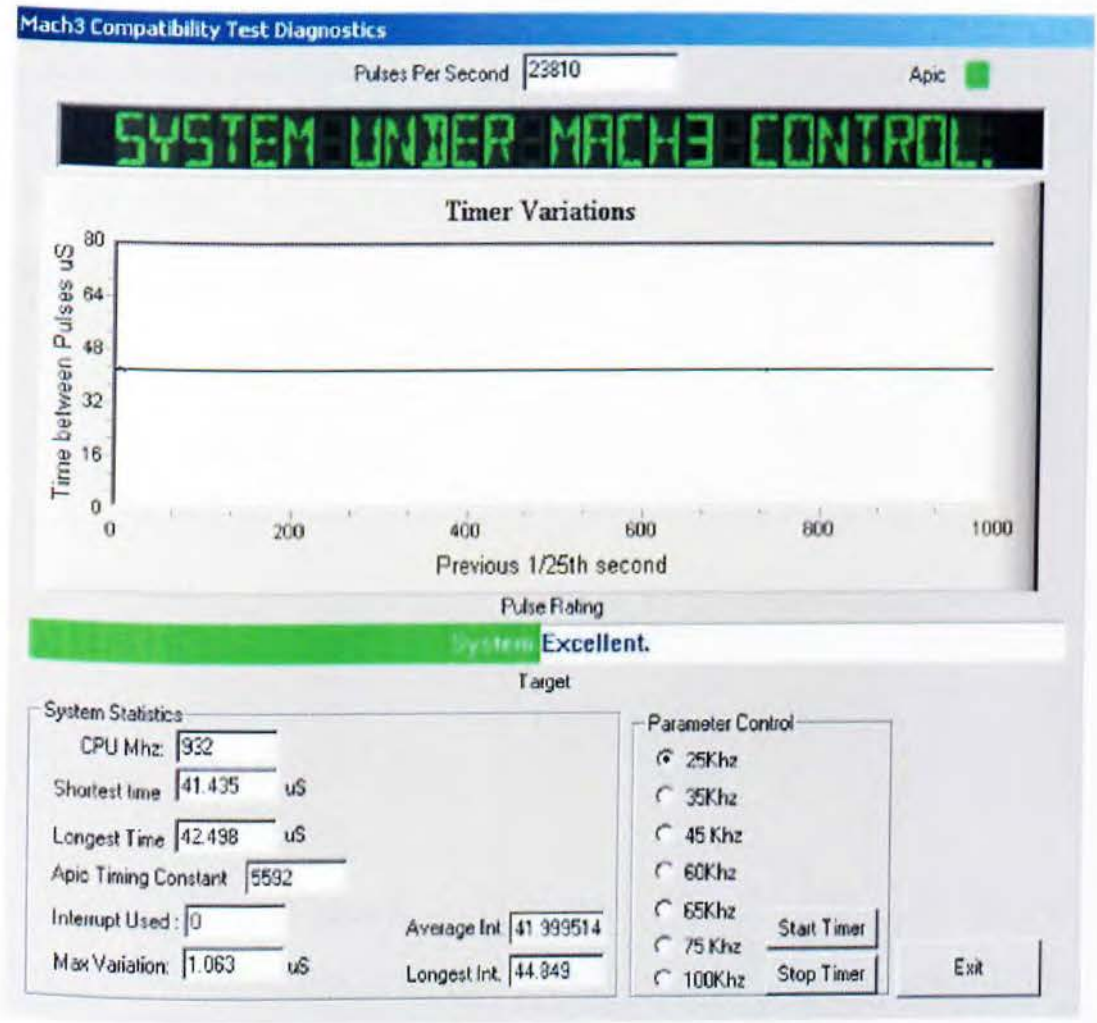
Εδώ επιλέγουμε με κλικ το κουμπί Mill Profile και στην συνέχεια δίνουμε το όνομα που επιθυμούμε στο προφίλ. Σε αυτό το σημείο μπορούμε να μην δημιουργήσουμε κάποιο προφίλ πετώντας κατευθείαν στο κουμπί Next. Δίνεται η δυνατότητα και κάθε φορά που τρέχουμε την εφαρμογή Mach3 να δημιουργήσουμε προφίλ. Το πρόγραμμα λειτουργεί και χωρίς την δημιουργία προφίλ, αποθηκεύοντας όλες τις αλλαγές που έχουμε κάνει. Σημείωση. Ενδέχεται η οθόνη του προγράμματος Mach3 να έχει καλύτερη ανάλυση στη μη δημιουργία συγκεκριμένου προφίλ.

Βήμα 3: Επιλογή του ονόματος



Εδώ πληκτρολογούμε το όνομα που θέλουμε να δώσουμε στο προφίλ και κάνουμε κλικ στο κουμπί OK. Τέλος πατάμε Finish για να τερματίσουμε την εγκατάσταση.

Βήμα 4: Πρόγραμμα DriverTest



Πηγαίνουμε στο φάκελο εγκατάστασης του προγράμματος Mach3 και τρέχουμε την εφαρμογή DriverTest. Εδώ γίνεται ένας έλεγχος για τις δυνατότητες του Η/Υ που χρησιμοποιούμε. Εφόσον ο Η/Υ πληρεί τις προϋποθέσεις εμφανίζεται η πράσινη ένδειξη με το μήνυμα System Excellent. Στην συνέχεια κάνουμε κλικ στο Exit και το πρόγραμμα πλέον είναι έτοιμο για την παραμετροποίηση του.

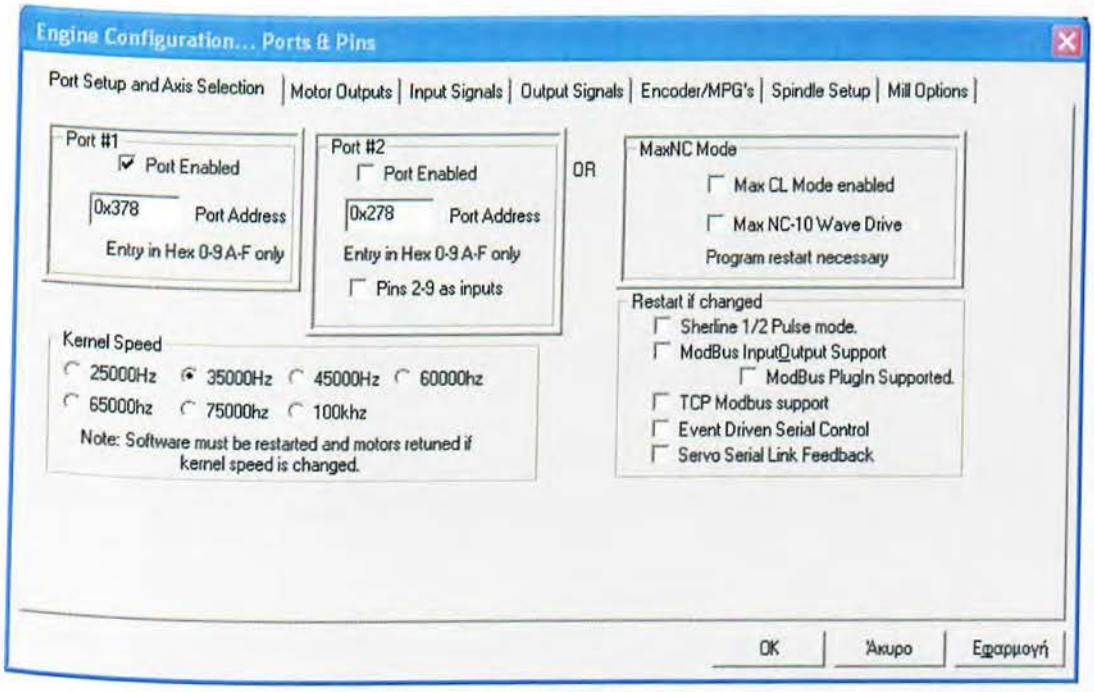
5.4 Παραμετροποίηση

5.4.1 Παραμετροποίηση πλακέτας έλεγχου

Για να πραγματοποιηθεί σωστή επικοινωνία μεταξύ της κεντρικής μονάδας και της πλακέτας ελέγχου πρέπει να ταυτίσουμε τις ρυθμίσεις της πλακέτας ελέγχου με αυτές του προγράμματος Mach3. Η πλακέτα ελέγχου συνοδεύεται από κάποιες εργοστασιακές ρυθμίσεις τις οποίες θα περάσουμε στο πρόγραμμα μας στα παρακάτω βήματα. Αρχικά, ανοίγουμε το πρόγραμμα Mach3 και ακολουθούμε τα βήματα. Για να ενεργοποιήσουμε κάποιο πεδίο που έχει Χ απλά κάνουμε κλικ στο πεδίο. Για να αλλάξουμε τις τιμές από τα πεδία, πατάμε πάνω αλλάζουμε τις τιμές και πατάμε εφαρμογή.

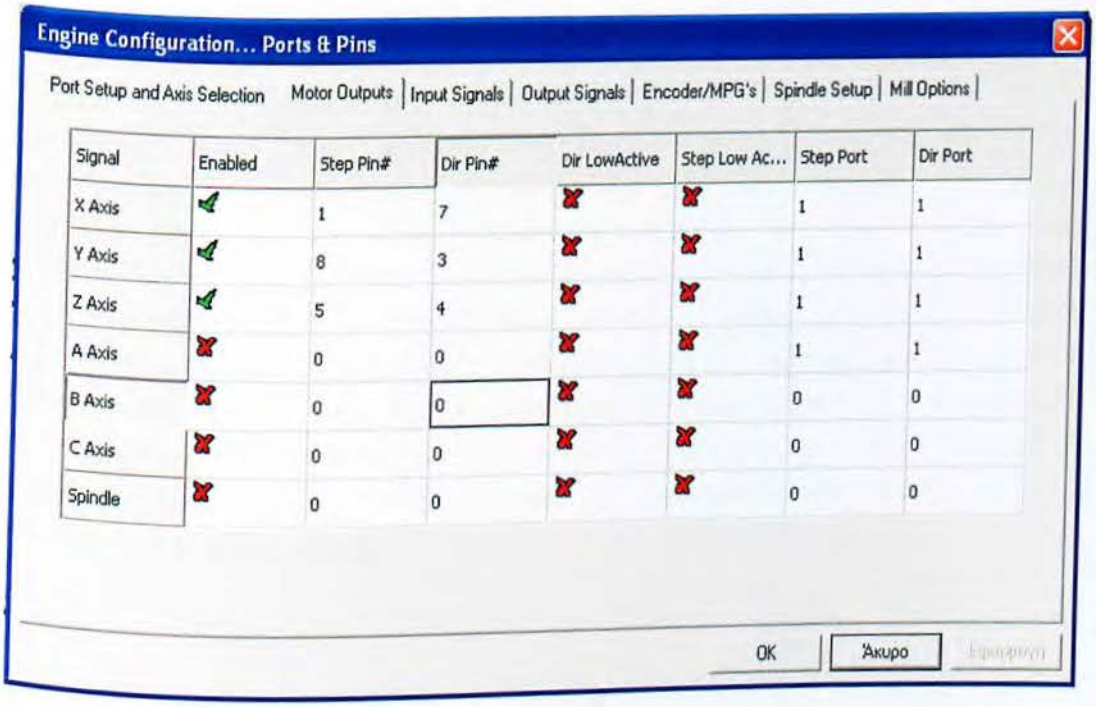
Βήμα 1: Επιλογή συχνότητας

Από το menu πάνω αριστερά στην οθόνη πάμε Config και επιλέγουμε Ports & Pins. Στο παράθυρο όπως εμφανίζεται παρακάτω επιλέγουμε την συχνότητα 35000 Hz στο Kernel Speed και πατάμε Εφαρμογή. Η επιλογή της συχνότητας εξαρτάται από τον επεξεργαστή της κεντρικής μονάδας του υπολογιστή. Για επεξεργαστές κάτω από 1 GHz επιλέγουμε 2500Hz συχνότητα.



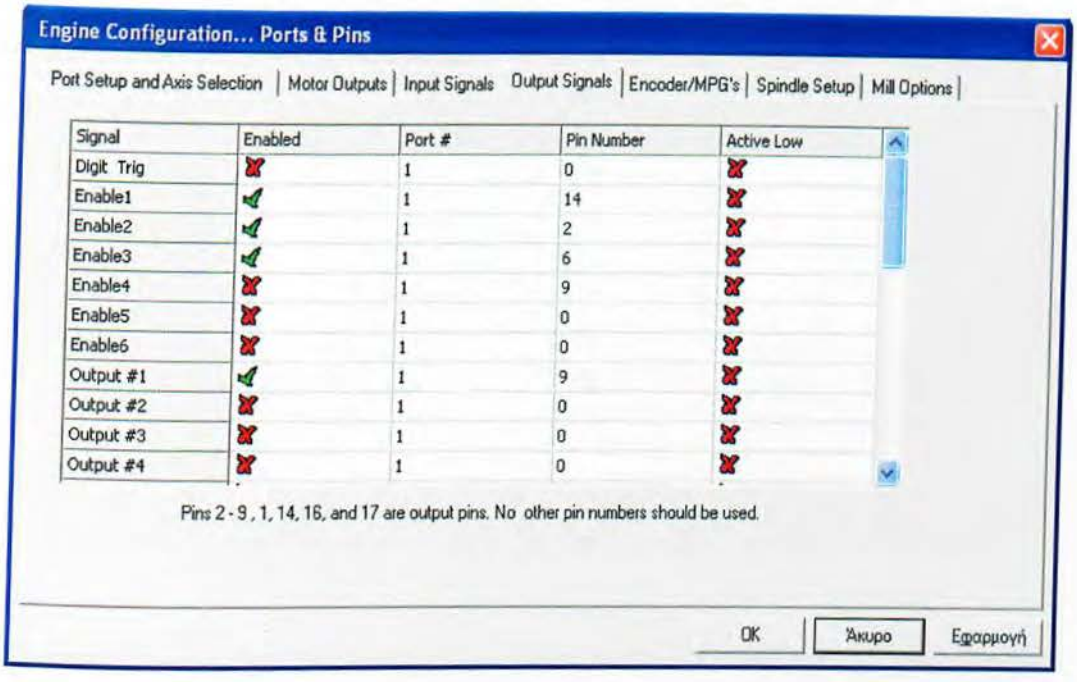
Βήμα 2: Ορισμός εξόδων για βηματικούς κινητήρες

Πάμε στην 2η καρτέλα του παραθύρου Motor Outputs και ενεργοποιούμε τους 3 άξονες βάζοντας τις τιμές που εμφανίζονται παρακάτω και πατάμε Εφαρμογή.



Βήμα 3: Σήματα εξόδου

Πάμε στην 4η καρτέλα του παραθύρου Outputs Signal και ενεργοποιούμε τα εξής:



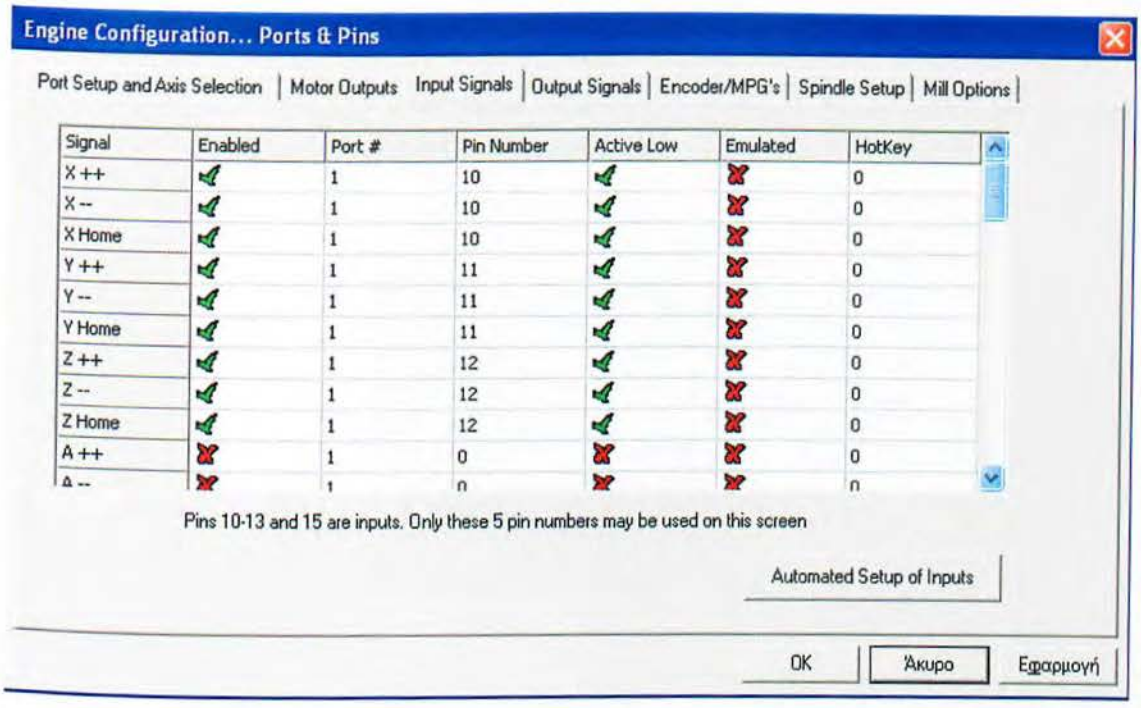
Με τα παραπάνω βήματα ολοκληρώσαμε την παραμετροποίηση πλακέτας έλεγχου.

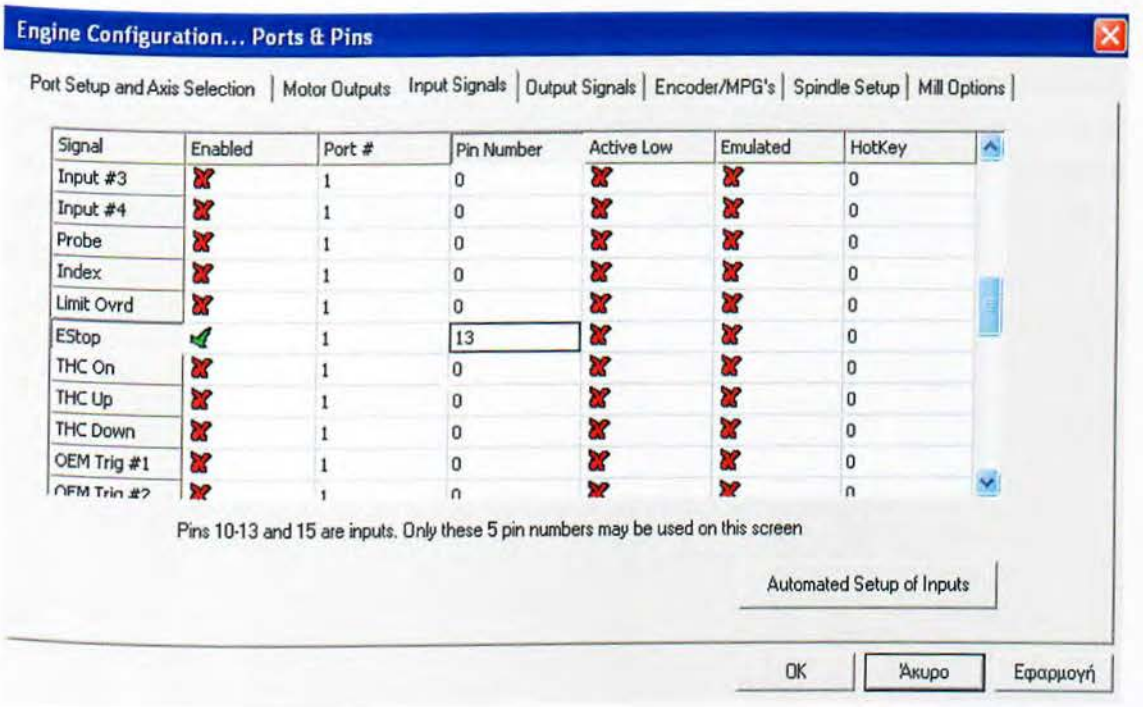
5.4.2 Παραμετροποίηση Mach3

Για την παραμετροποίηση των βηματικών κινητήρων και την λειτουργία των τερματικών διακοπτών, μέσω της πλακέτας ελέγχου, ακολουθήσαμε τα παρακάτω βήματα:

Βήμα 1: Σήματα εισόδου

Από το menu πάνω αριστερά στην οθόνη πάμε Config και επιλέγουμε Ports & Pins. Στην τρίτη καρτέλα, Input Signals, αλλάζουμε τις τιμές σύμφωνα με την παρακάτω εικόνα. Ενεργοποιούμε τους τερματικούς διακόπτες και των τριών αξόνων και στις δύο κατευθύνσεις. Επίσης, ενεργοποιούμε στους άξονες την μηδενική αναφορά με την επιλογή του Home. Για τον λόγο ότι έχουμε χρησιμοποιήσει ένα καλώδιο για κάθε άξονα, άρα για κάθε ζεύγος τερματικών διακοπτών, και ότι η μηδενική αναφορά κάθε άξονα γίνεται στον έναν από τους υπάρχοντες τερματικούς διακόπτες, ορίζουμε και τα τρία σήματα σε μία πόρτα για κάθε άξονα. Εντοπίζουμε, μετακινώντας την μπάρα κύλισης, το κουμπί κινδύνου Τέλος ενεργοποιούμε το πεδίο Active Low του κάθε άξονα για την λειτουργία των τερματικών διακοπτών με κλειστή επαφή. Στο εγχειρίδιο του Mach3 βρίσκονται αναλυτικότερα οι κάθε επιλογές.





Για να αποθηκευτούν οι αλλαγές πατάμε Εφαρμογή.

Τις υπόλοιπες καρτέλες των Ports & Pins τις αφήνουμε ως έχει.

Βήμα 2: Επιλογή μετρικών μονάδων

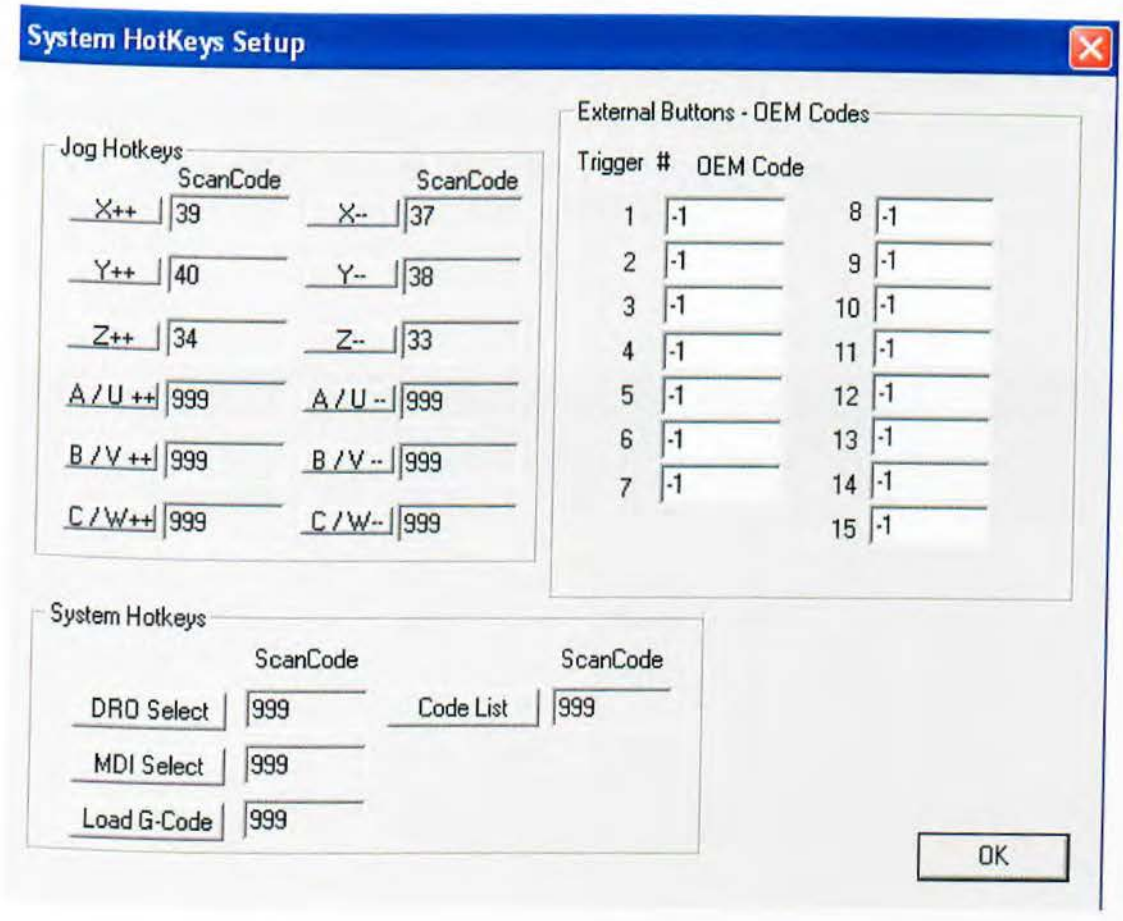
Οφείλουμε να ορίσουμε στο πρόγραμμα τις μετρικές μονάδες. Πάμε Config και πατάμε Select Native Units. Επιλέγουμε MM's και πατάμε Ok.



Βήμα 3: Επιλογή πλήκτρων κατεύθυνσης

Σε αυτό το βήμα επιλέγουμε με ποια πλήκτρα από το πληκτρολόγιό μας θα κατευθύνουμε τα κινητά μέρη. Συνήθως τα πλήκτρα που χρησιμοποιούμε είναι τα βέλη για τους άξονες X και Y και Page Up – Page Down για τον άξονα Z. Η επιλογή των πλήκτρων εξαρτάται από την θέση του πληκτρολόγιου σε σχέση με την κατεύθυνση των αξόνων. Στο menu Config επιλέγουμε System Hotkeys. Για να αλλάξουμε τις τιμές πατάμε το κουμπί με την επιθυμητή κατεύθυνση και μετά πατάμε το πλήκτρο του πληκτρολογίου. Ενδεικτικά οι τιμές που χρησιμοποιήσαμε.

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ	ΠΛΗΚΤΡΟ	ΚΩΔΙΚΟΣ
X++	ΔΕΞΙ ΒΕΛΟΣ	39
X--	ΑΡΙΣΤΕΡΟ ΒΕΛΟΣ	37
Y++	ΠΑΝΩ ΒΕΛΟΣ	38
Y--	ΚΑΤΩ ΒΕΛΟΣ	40
Z++	Page Up	33
Z--	Page Down	34



Βήμα 4: Ρύθμιση ορίων

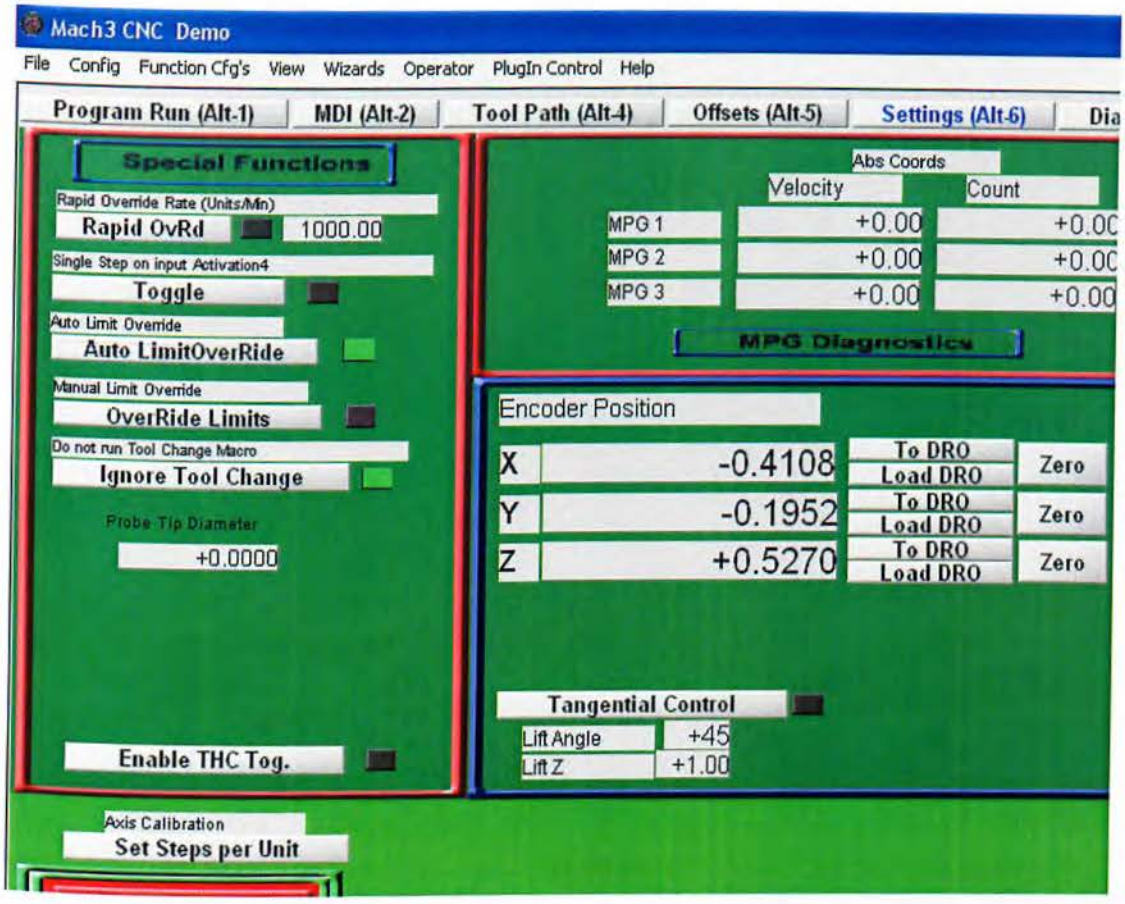
Για να ρυθμίσουμε τα όρια της CNC μηχανής μας θα πάμε στο menu Config και θα επιλέξουμε Homing/Limits. Στην καρτέλα αυτή εντοπίζουμε τους τρεις άξονες X, Y, Z και περνάμε τα δεδομένα της παρακάτω απεικόνισης. Στη στήλη Reversed αν κάνουμε επιλογή, αναστρέφεται η περιστροφή του βηματικού κινητήρα. Στην στήλη Soft Max ορίζουμε την μέγιστη τιμή που μπορεί να διανύσει το κινητό μέρος X στον άξονα X. Το ίδιο ισχύει και για τον άξονα Y. Στον άξονα Z, επειδή οι τιμές της απόστασης που παίρνει είναι αρνητικές, ορίζουμε ως μέγιστη θέση το σημείο μηδέν. Για την στήλη Soft Min ορίζουμε την μικρότερη τιμή που μπορεί να πάρει το κάθε κινητό μέρος. Οι τιμές που τοποθετήσαμε είναι οι πραγματικές διαστάσεις που μπορεί η μηχανή μας να κινηθεί από τον έναν τερματικό διακόπτη στον άλλο. Στην στήλη Slow Zone ορίζουμε την απόσταση όπου το κάθε κινητό μέρος θα διανύει πριν το σημείο Soft που ορίσαμε. Ουσιαστικά, είναι η ζώνη που θα μπαίνει το κινητό μέρος πριν φτάσει στο σημείο Soft και θα επιβραδύνει πριν σταματήσει στο Soft όριο. Στην στήλη Home Off ορίζουμε την τιμή της μηδενικής αναφοράς. Στην στήλη Home Neg επιλέγουμε το πρόσημο που θα έχει η διεύθυνση κάθε άξονα. Στην στήλη Auto Zero επιλέγουμε να μηδενίζουν αυτόματα οι τιμές στους άξονες, όταν κάνουμε αναφορά μηδενικού σημείου. Τέλος στην στήλη Speed % ρυθμίζουμε το ποσοστό επί τοις εκατό που θέλουμε να κινούνται οι άξονες κατά την διαδικασία μηδενικής αναφοράς σε σχέση με την συνολική ταχύτητα πρόωσης της μηχανής. Για να ενεργοποιηθούν τα Soft Limits και των τριών αξόνων, πατάμε στην κεντρική οθόνη του προγράμματος (Program Run) το κουμπί Soft Limits που βρίσκεται κάτω από τις τιμές των συντεταγμένων. Όταν το κουμπί είναι

πράσινο τότε τα Soft όρια είναι ενεργοποιημένα. Για περισσότερες πληροφορίες ανατρέξτε στο εγχειρίδιο του Mach3. Αν για οποιοδήποτε λόγο η κίνηση των κινητών μερών σταματά πριν τον τερματικό διακόπτη με απόσταση μεγαλύτερη του ενός εκατοστού, τότε απενεργοποιούμε το κουμπί Soft Limits και κάνουμε ξανά μηδενική αναφορά σημείου. Πατάμε το κουμπί REF ALL HOME, γίνεται μηδενική αναφορά και ξανά πατάμε το κουμπί Soft Limits.



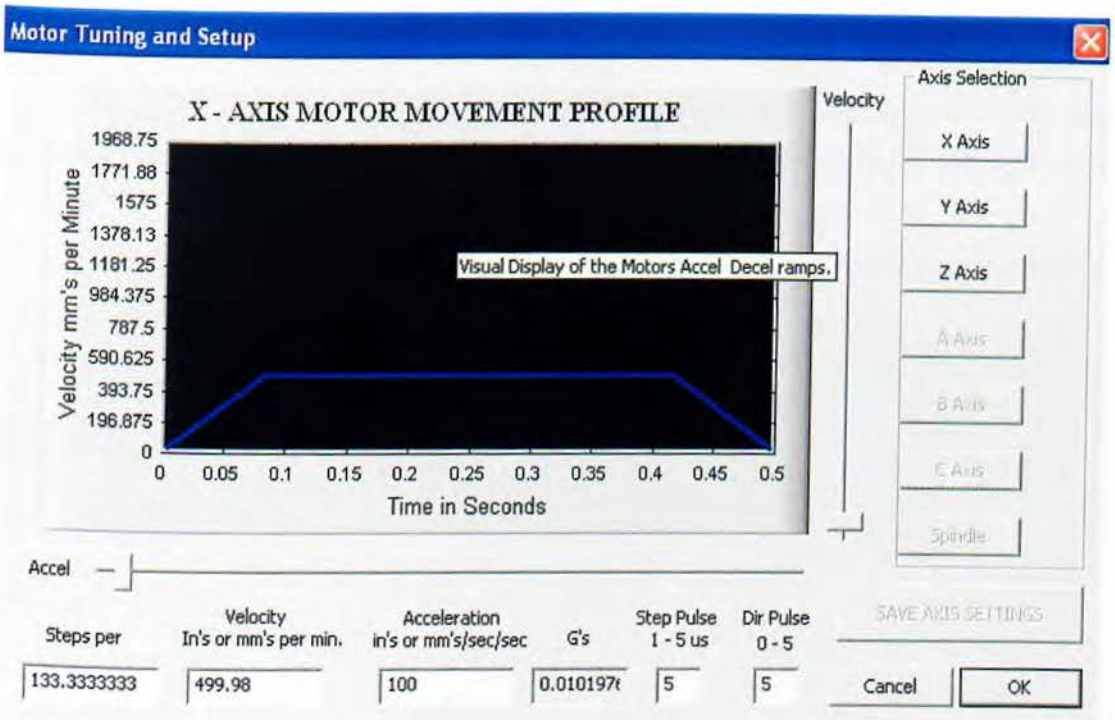


Για να μπορέσει το πρόγραμμα να αναγνωρίσει τους τερματικούς διακόπτες και ως διακόπτες τέρματος και ως διακόπτες μηδενικής αναφοράς θα λειτουργήσουμε ως εξής: Στην κεντρική οθόνη του προγράμματος πάμε στην καρτέλα Settings και πατάμε το κουμπί Auto Limit OverRide. Όταν γίνει πράσινο είναι ενεργοποιημένο και όταν πατηθεί κάποιος τερματικός διακόπτης και η κίνηση σταματήσει, τότε να μπορούμε πατώντας Reset να μετακινήσουμε το κινητό μέρος προς την αντίθετη κατεύθυνση.



Βήμα 5: Ρυθμίσεις βηματικών κινητήρων

Αφού έχουν γίνει όλες οι προηγούμενες ρυθμίσεις στο λειτουργικό πρόγραμμα του Mach3, τελευταίο βήμα είναι η ρύθμιση των βηματικών κινητήρων. Από το menu Config επιλέγουμε Motor Tuning. Αντιγράφουμε τα στοιχεία και πατάμε SAVE AXIS SETTINGS. Έπειτα πατάμε Y Axis και ξανά περνάμε τις αλλαγές. Πατάμε πάλι SAVE AXIS SETTINGS και κάνουμε το ίδιο και για τον άξονα Z. Ότι αλλαγές και αν κάνουμε πατάμε στο τέλος SAVE AXIS SETTINGS. Η ταχύτητα πρόωσης (velocity) και η επιτάχυνση (Acceleration), είναι ενδεικτικές. Η μεταβολή εξαρτάται από το πόσο γρήγορο ή αργό θέλουμε το σύστημα και αν επιταχύνει γρήγορα ή αργά. Σε καμία περίπτωση μην αλλάξετε την τιμή του βήματος (Steps). Η μηχανή θα χάσει τις πραγματικές αποστάσεις και θα χρειαστεί ρύθμιση ξανά. Ο τρόπος ρύθμισης αναφέρεται στο εγχειρίδιο του προγράμματος Mach3.



Οι βασικές ρυθμίσεις για την επικοινωνία του προγράμματος με την μηχανή CNC ολοκληρώθηκαν. Είμαστε έτοιμοι για τον χειρισμό της μηχανής. Οι λοιπές καρτέλες περιέχουν ρυθμίσεις που τις τροποποιούμε ανάλογα με το είδος κατεργασίας που έχουμε και λοιπές παραμέτρους που μπορεί να εντοπίσουμε κάνοντας κάποια εφαρμογή. Περισσότερες πληροφορίες για ρυθμίσεις του προγράμματος υπάρχουν στο εγχειρίδιο του προγράμματος.

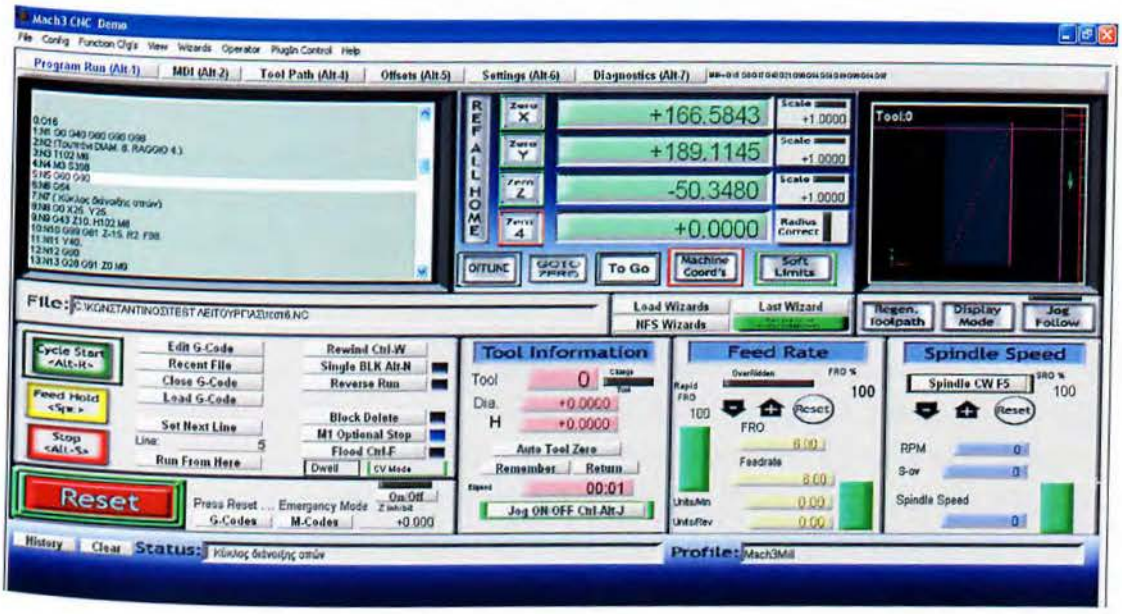
5.5 Επιλογές χειρισμού

Για τον χειρισμό του προγράμματος παραθέτουμε μερικές χρήσιμες πληροφορίες. Θα αναλύσουμε βασικά πεδία του προγράμματος και θα εξηγήσουμε τον τρόπο λειτουργίας τους. Σκοπός μας είναι να γνωρίσουμε τα βασικά του προγράμματος Mach3. Για πιο αναλυτικά στοιχεία υπάρχει το εγχειρίδιο του προγράμματος και η βοήθεια που παρέχει η Mach μέσω της ιστοσελίδας www.machsupport.com. Επίσης μέσω αναζήτησης του διαδικτύου μπορούμε να βρούμε αρκετά βοηθήματα για την λειτουργία του προγράμματος. Για την λειτουργία του προγράμματος η μηχανή CNC θα πρέπει να είναι σε συνδεδεμένη και σε λειτουργία. Να μην είναι πατημένο το κουμπί κινδύνου και τα κινητά μέρη να είναι έτοιμα για κίνηση. Αρχικά θα αναφερθούμε στις λειτουργίες των πεδίων της αρχικής καρτέλας και έπειτα σε κάποιες από τις άλλες καρτέλες.



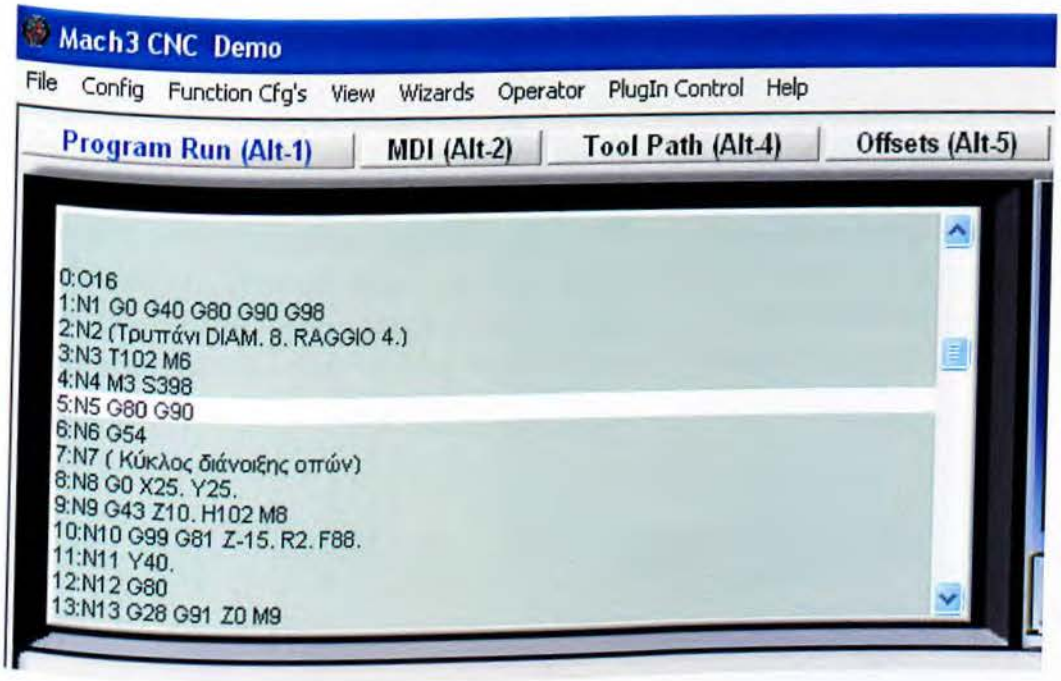
5.5.1 Καρτέλα Program Run

Η αρχική καρτέλα, Program Run καρτέλα αποτελείται από έντεκα πεδία. Θα αρχίσουμε από τα πεδία που συναντάμε από πάνω προς τα κάτω και από τα αριστερά προς τα δεξιά της οθόνης.



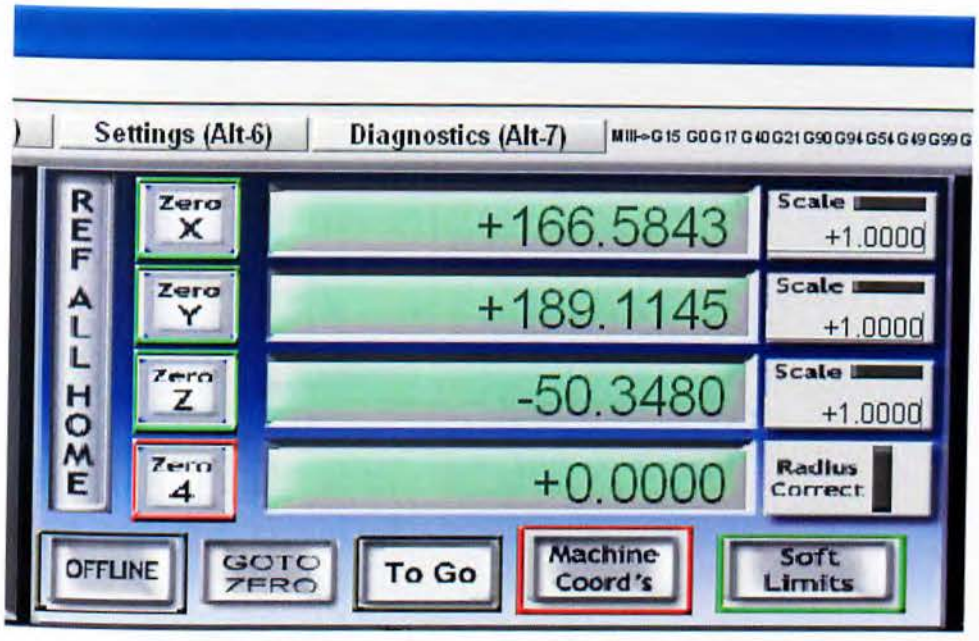
Πεδίο 1: Απεικόνιση εντολών

Στο πεδίο αυτό απεικονίζονται οι εντολές που έχουμε εισάγει στο πρόγραμμα. Η απεικόνιση αρχίζει με την πρώτη εντολή από πάνω και συνεχίζει από κάτω στην επόμενη. Αν έχουμε μεγάλο αριθμό εντολών με την κυλιόμενη μπάρα μετακινούμαστε σε όποια γραμμή επιθυμούμε. Η άσπρη μπάρα δείχνει την εντολή που είναι προς εκτέλεση.



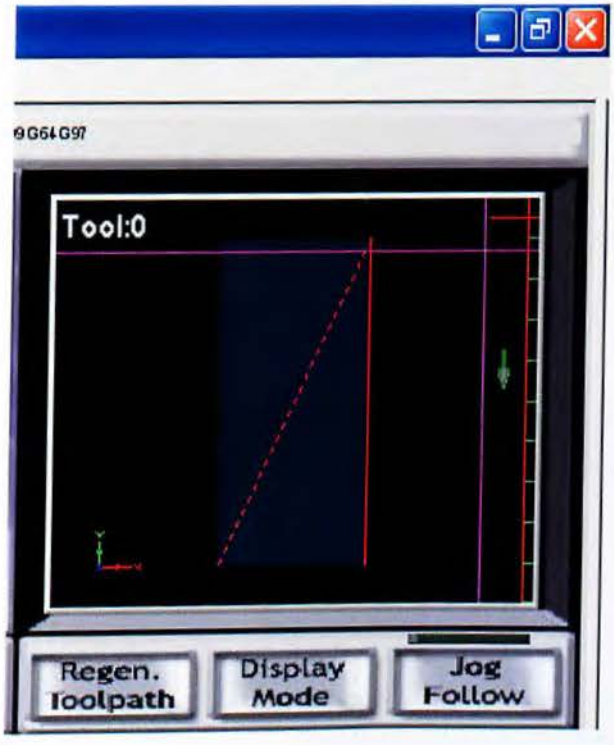
Πεδίο 2: Τιμές συντεταγμένων

Οι τιμές των συντεταγμένων των αξόνων απεικονίζονται σε αυτό το πεδίο. Κεντρικά εντοπίζουμε τα πεδία των τιμών του κάθε άξονα X,Y,Z. Υπάρχει και θέση για τέταρτο άξονα αλλά εμείς δεν τον χρησιμοποιούμε στην κατασκευή μας. Αριστερά των πεδίων τιμών βρίσκονται τα κουμπιά Zero X, Zero Y και Zero Z. Η μηχανή μας μπορεί να δουλέψει σε απόλυτες συντεταγμένες και σχετικές συντεταγμένες. Πατώντας τα κουμπιά αυτά και χωρίς να είναι πατημένο το κουμπί Machine Coord's, αυτομάτως ορίζουμε το σημείο που βρίσκεται η μηχανή ως σημείο μηδέν. Αυτές είναι σχετικές συντεταγμένες όταν μας το απαιτεί κάποια εφαρμογή μας. Αριστερά από τα κουμπιά ορισμού σχετικού μηδενικού σημείου, βρίσκεται το κουμπί REF ALL HOME. Πατώντας το κουμπί αυτό και οι τρεις άξονες κινούνται προς το αρχικό μηδενικό σημείο αναφοράς. Το σημείο αυτό είναι για κινητό μέρος X τέρμα μπροστά, για το κινητό μέρος Y τέρμα δεξιά και για το κινητό μέρος Y τέρμα πάνω. Σημείωση. Το μηδενικό σημείο αναφοράς μπορεί να αλλάξει για να μας εξυπηρετήσει πρακτικά. Η αλλαγή που μπορούμε να κάνουμε είναι να αναστρέψουμε την φορά των βηματικών κινητήρων του άξονα X και Y. Η αναστροφή γίνεται με την εξής διαδικασία: Config > Homing/Limits και επιλέγουμε Reserved τον άξονα X και Y (πράσινο τσεκ). Έτσι η μηδενική αναφορά θα μεταφερθεί. Το νέο μηδενικό σημείο αναφοράς θα είναι το κινητό μέρος X τέρμα πίσω και το κινητό μέρος Y τέρμα αριστερά. Το κινητό μέρος Z μένει πάντα σταθερά πάνω. Αν αλλάξουμε τις φορές πατάμε ξανά το κουμπί REF ALL HOME. Η διαδικασία ολοκληρώνεται όταν σταματήσει η κίνηση των αξόνων. Οι τιμές των πεδίων τιμών που θα πάρουμε εξαρτάται από το κουμπί Machine Coord's. Αν το κουμπί είναι πατημένο (κόκκινο) τότε θα μας απεικονίζουν τις απόλυτες συντεταγμένες της μηχανής δηλαδή και για τους τρεις άξονες μηδέν. Το σημείο αυτό είναι το σημείο μηδέν για την μηχανή μας από οπού θα ξεκινά να μετρά απόσταση. Αν το κουμπί δεν είναι πατημένο, θα λάβουμε τις σχετικές συντεταγμένες της μηχανής σε σχέση με το σημείο που εμείς ορίσαμε ως μηδενικό. Κάτω από το κουμπί REF ALL HOME συναντάμε το κουμπί OFFLINE. Το κουμπί αυτό μας δίνει την δυνατότητα να θέσουμε εκτός λειτουργίας το πεδία τιμών συντεταγμένων. Δεξιά από αυτό το κουμπί βρίσκεται το κουμπί GO TO ZERO. Αυτό το κουμπί μετακινεί τα κινητά μέση της μηχανής στο σχετικό μηδενικό σημείο που ορίσαμε. Πιο δεξιά εντοπίζουμε το κουμπί To Go. Μας ορίζει ταυτόχρονα την θέση που βρίσκονται τα κινητά μέρη εκείνη την στιγμή ως σχετικό σημείο μηδέν. Το επόμενο κουμπί που συναντάμε προς τα δεξιά είναι το Machine Coord's. Το κουμπί αυτό έχει την δυνατότητα εναλλαγής της απεικόνισης, στο πεδίο τιμών των συντεταγμένων, από σχετικές συντεταγμένες σε απόλυτες και το αντίστροφο. Τέλος, το τελευταίο κουμπί που συναντάμε προς τα δεξιά είναι το Soft Limits. Σκοπός του κουμπιού αυτού είναι να ενεργοποιήσουμε τα ορισμένα όρια μετακίνησης στον κάθε άξονα. Ενεργοποιημένο αυτό το κουμπί μας εξαλείφει τον κίνδυνο πρόσκρουσης των κινητών μερών στους τερματικούς διακόπτες με μεγάλη ταχύτητα πρόωσης. Πάνω από αυτό το κουμπί έχουμε τα κουμπιά επιλογής της κλίμακας απεικόνισης τιμών συντεταγμένων.



Πεδίο 3: Εικονική εξομοίωση

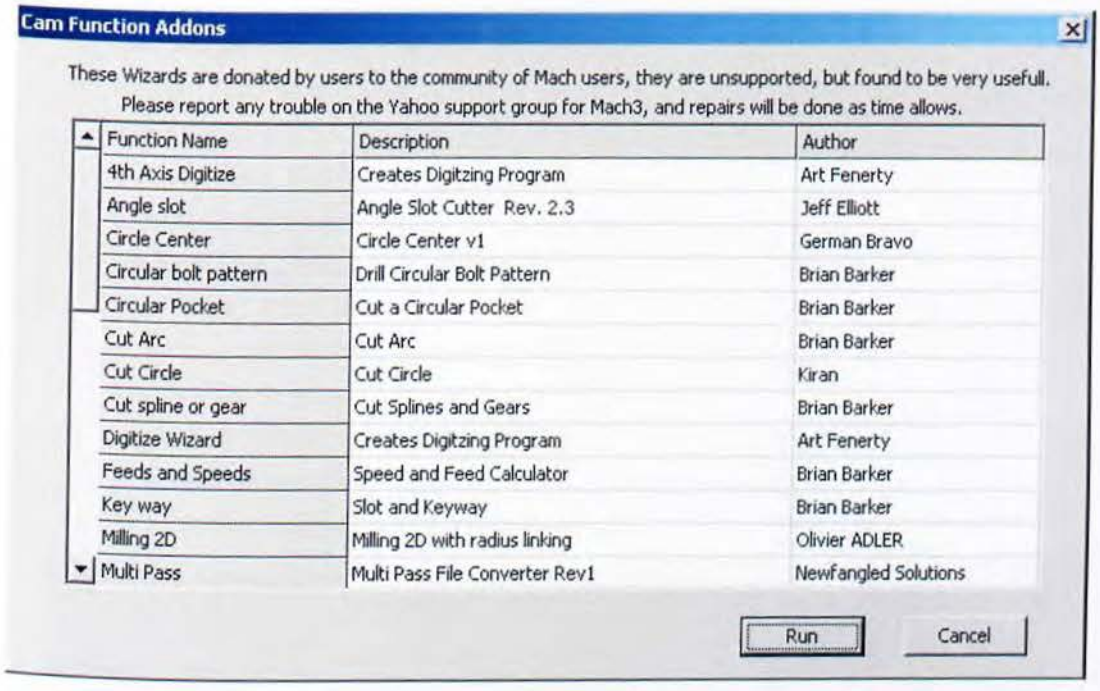
Στο πεδίο αυτό μεταφέρεται γραφικά τρισδιάστατο το αντικείμενο κατεργασίας και εξομοιώνεται η διαδικασία κατεργασίας ταυτόχρονα με την πραγματική κατεργασία. Πατώντας πάνω στην εικόνα μπορούμε να κάνουμε μεγέθυνση, να περιστρέψουμε το αντικείμενο και να μετακινηθούμε οπτικά στο σημείο κατεργασίας. Επίσης υπάρχουν και κάποιες δυνατότητες ρύθμισης από τα κουμπιά που βρίσκονται κάτω από την γραφική απεικόνιση.



Πεδίο 4: Εισαγωγή βοηθημάτων (Wizards)

Στο πεδίο αυτό μπορούμε να εισάγουμε κάποιο βοήθημα για κάποια κατεργασία μέσω του προγράμματος Mach3. Τα βοηθήματα αυτά εξυπηρετούν μια συγκεκριμένη κατεργασία δηλώνοντας τις παραμέτρους που έχουμε μας επιστρέφουν έτοιμο κώδικα G. Σημείωση. Επειδή χρησιμοποιούμε την δωρεάν έκδοση του προγράμματος Mach3 ενδεχομένως κάποια βοηθήματα να μην είναι ενεργοποιημένα.





Πεδίο 5: Διεύθυνση αρχείου προγράμματος

Εδώ φαίνεται η διαδρομή του αρχείου που έχουμε φορτώσει στο πρόγραμμα για να επιτελέσει κάποια κατεργασία.

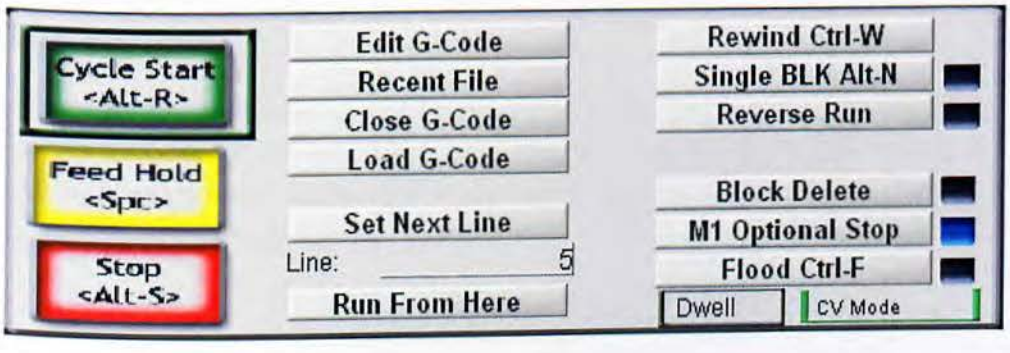


Πεδίο 6: Πεδίο εντολών – ελέγχου

Σε αυτό το πεδίο ελέγχουμε το πρόγραμμα που θέλουμε να επιτελέσει την επιθυμητή κατεργασία μας. Αριστερά του πεδίου συναντάμε το πράσινο κουμπί Cycle Start. Πατώντας αυτό το κουμπί ξεκινά να τρέχει το πρόγραμμα άρα ξεκινά και η διαδικασία κατεργασίας

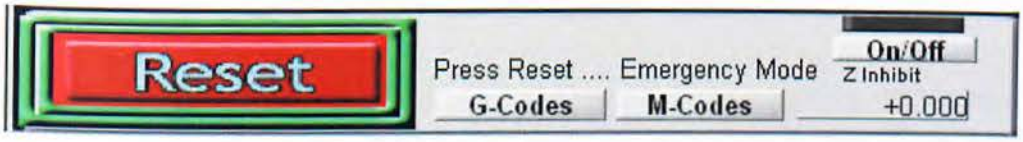
του αντικειμένου. Είναι το κουμπί εκκίνησης της κατεργασίας. Προσοχή! Το κουμπί αυτό το πατάμε όταν είμαστε σίγουροι για την υλοποίηση της κατεργασίας. Για το λόγο ότι ξεκινά αυτόματα το μηχάνημα τις κινήσεις θα πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί. Επίσης, θα πρέπει να έχουμε θέσει σε λειτουργία το εργαλείο κατεργασίας πριν πατήσουμε την έναρξη κατεργασίας. Κάτω ακριβώς από το κουμπί Cycle Start συναντάμε το κίτρινο κουμπί Feed Hold. Πατώντας το κουμπί, σταματά την πρόωση άρα σταματά το πρόγραμμα να εκτελείται και κάνει παύση στην εντολή που το πατήσαμε. Αν το ξανά πατήσουμε συνεχίζει από εκεί που είχε μείνει. Κάτω συναντάμε το κόκκινο κουμπί Stop. Με το Stop σταματά η εκτέλεση του προγράμματος. Δεξιά των κουμπιών αυτών συναντάμε τα κουμπιά εντολών. Συνοπτικά:

- **Edit G-Code**: Εισαγωγή κώδικα G με το χέρι. Ανοίγει η εφαρμογή Notepad, γράφουμε εκεί των κώδικα και πατώντας αποθήκευση τον εισάγει στο πρόγραμμά μας. Οι εντολές αναγράφονται στο πεδίο απεικόνισης εντολών και η γραφική απεικόνιση στο πεδίο εικονικής εξομοίωσης.
- **Recent File**: Ανοίγει το ιστορικό με τα πρόσφατα αρχεία που εισάγαμε στο πρόγραμμα Mach3.
- **Close G-Code**: Κλείνει το ενεργό αρχείο κώδικα G.
- **Load G-Code**: Εισάγει έτοιμο αρχείο κώδικα από συγκεκριμένο φάκελο.
- **Set Next Line**: Ξεκινά το πρόγραμμα από την γραμμή που βρίσκεται.
- **Run From Here**: Επιλέγουμε την γραμμή που θέλουμε να ξεκινήσουμε το πρόγραμμα και πατάμε αυτό το κουμπί.
- **Rewind**: Επαναφέρει το πρόγραμμα στην πρώτη εντολή.
- **Single BLK**: Πατώντας αυτό το κουμπί εκτελείται μία γραμμή μόνο από τον κώδικα G, και για να περάσουμε στην επόμενη πατάμε το κουμπί Cycle Start.
- **Reverse Run**: Τρέχει τον κώδικα G ανάποδα.



Πεδίο 7: Reset

Στο πεδίο αυτό έχουμε το κουμπί ελέγχου Reset. Το κουμπί αυτό είναι το ίδιο με το χειροκίνητο κουμπί κινδύνου που διαθέτει και η μηχανή CNC. Κάνοντας Reset ενεργοποιούμε η απενεργοποιούμε την λειτουργία των βηματικών άρα και της μηχανής. Δίπλα από το κουμπί υπάρχουν τα κουμπιά της λίστας των κωδικών G και M. Πατώντας τα εμφανίζονται οι πίνακες με την επεξήγηση των κωδικών του προγράμματος Mach3.



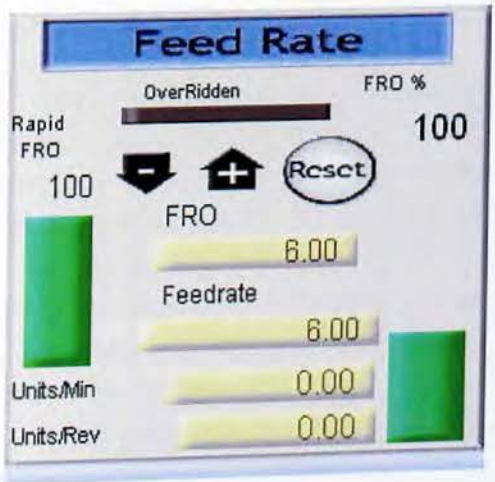
Πεδίο 8: Πληροφορίες εργαλείου

Το πεδίο αυτό έχει ως σκοπό την πληροφόρηση μας για το εργαλείο που χρησιμοποιούμε. Επίσης μας δίνει την δυνατότητα να απενεργοποιήσουμε την ελεύθερη κίνηση των κινητών μερών ή την ενεργοποίηση τους. Το κουμπί που έχει αυτή την λειτουργία είναι το Jog ON/OFF. Επειδή εμείς στην κατασκευή μας έχουμε ένα εργαλείο για την κατεργασία και το αλλάζουμε χειροκίνητα, το πεδίο αυτό έχει μόνο ενημερωτικό σκοπό.



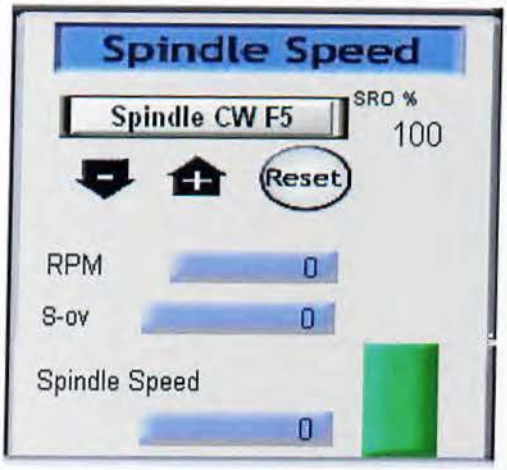
Πεδίο 9: Πρόωση

Στο πεδίο αυτό ρυθμίζουμε την πρόωση της κατεργασίας και την αυξάνουμε ή την μειώνουμε ανάλογα με την διαδικασία εκτέλεσης της κατεργασίας. Η αυξομείωση γίνεται από τις πράσινες μπάρες. Το Reset επαναφέρει τις αρχικές τιμές. Επίσης απεικονίζεται η στιγμιαία πρόωση του συστήματος.



Πεδίο 10: Ρύθμιση στροφών

Από αυτό το πεδίο ελέγχουμε τις στροφές του εργαλείου κατεργασίας. Μπορούμε να κάνουμε αυξομείωση όπως και στο πεδίο της πρόωσης. Το πεδίο αυτό δεν χρησιμοποιείται γιατί δεν μπορούμε να κάνουμε έλεγχο στροφών στο εργαλείο κατεργασίας μας γιατί είναι ανεξάρτητο από το σύστημά μας.



Πεδίο 11: Πεδίο κατάστασης

Στο πεδίο αυτό εμφανίζονται από το πρόγραμμα διάφορα μηνύματα ειδοποίησης. Π.χ. σφάλματα, αναφορές, εντολές αναγνώρισης κ.λ.π. Επίσης δείχνει το ενεργό προφίλ λειτουργίας και περιέχει τα κουμπιά του ιστορικού ειδοποιήσεων και την επιλογή διαγραφής τους.



5.5.2 Εξομοιωτής τηλεχειριστηρίου

Για την ελεύθερη κίνηση των κινητών μερών της μηχανής CNC εκτός από τα βέλη του πληκτρολογίου μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και τον εξομοιωτή εξωτερικού τηλεχειριστηρίου. Πατώντας το πλήκτρο Tab από το πληκτρολόγιο εμφανίζεται ο εξομοιωτής. Ο εξομοιωτής μπορεί να κινήσει τα κινητά μέρη ελεύθερα ή με κάποιο συγκεκριμένο βήμα. Με την επιλογή Jog Mode αλλάζουμε από συνεχόμενη κίνηση σε συγκεκριμένο βήμα. Η ένδειξη του κίτρινου Led δίπλα από το κουμπί αυτό μας δείχνει σε ποιά επιλογή βρίσκεται. Cont είναι η συνεχόμενη λειτουργία και Step η βηματική. Στην ετικέτα Slow Jog Rate έχουμε ένα πεδίο τιμών. Αυτό είναι το ποσοστό της συνολικής πρόωσης που έχουμε επιλέξει για να μετακινούμε τα κινητά μέρη. Αν πατήσουμε τα βέλη δεξιά αριστερά αυξομειώνεται η τιμή κατά 5%. Μπορούμε να τοποθετήσουμε χειροκίνητα όποια τιμή θέλουμε. Κάτω από την ετικέτα Button Jog έχουμε τα βέλη κατεύθυνσης, τα

οποία λειτουργούν όπως ακριβώς και τα βέλη του πληκτρολογίου. Τα υπόλοιπα κουμπιά λειτουργούν με την σύνδεση εξωτερικού τηλεχειριστηρίου. Σημείωση. Αν αλλάξουμε την ταχύτητα πρόωσης και πατήσουμε Shift από το πληκτρολόγιο και κάποιο βέλος κατεύθυνσης, τότε η τιμή της πρόωσης για όσο κρατάμε το shift, αυξάνει στο 100%.

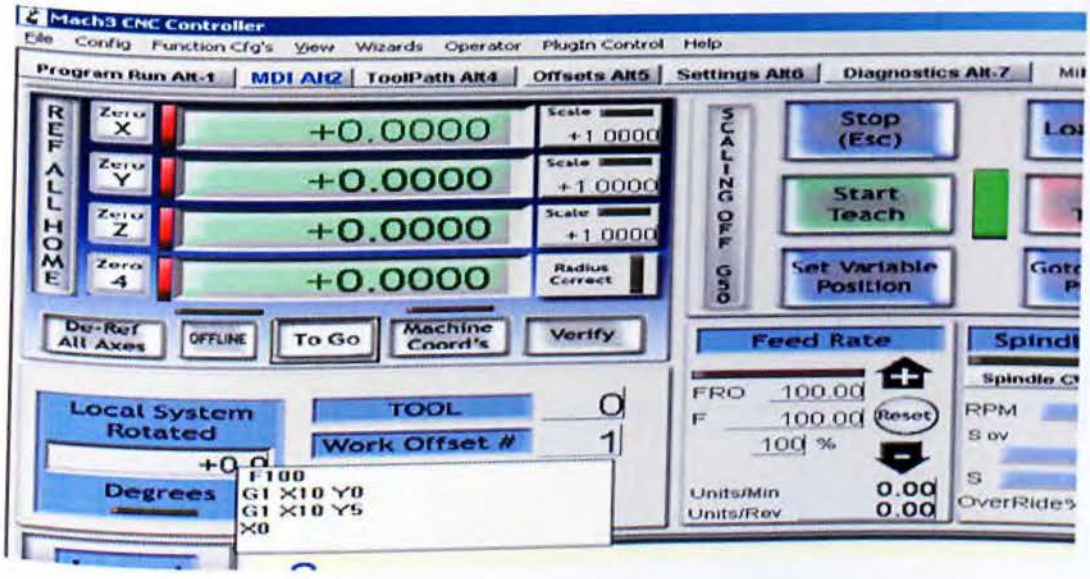


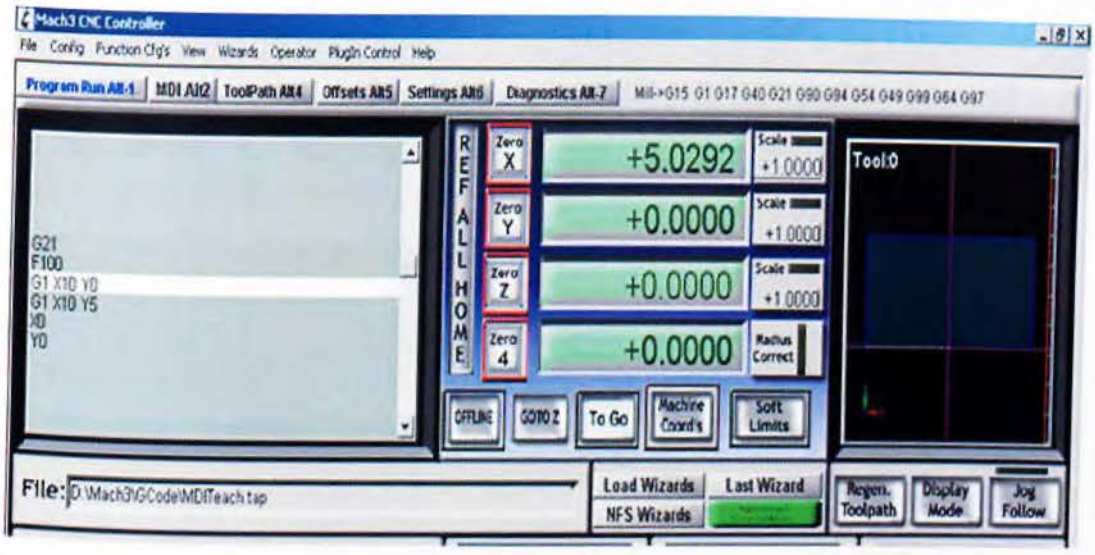
5.5.3 Καρτέλα MDI

Στην δεύτερη καρτέλα του προγράμματος συναντάμε την καρτέλα χειροκίνητης εισαγωγής δεδομένων (MDI Manual Data Input). Στη καρτέλα αυτή μπορούμε να εισάγουμε χειροκίνητα μία εντολή, ή ακόμα νε εισάγουμε μια ομάδα από εντολές και να φτιάξουμε δικό μας πρόγραμμα. Στην ετικέτα Input εισάγουμε στο πεδίο ακριβώς δίπλα από αυτήν, την εντολή που επιθυμούμε να πραγματοποιηθεί. Πατώντας το Enter από το πληκτρολόγιο η εντολή εκτελείται αμέσως.



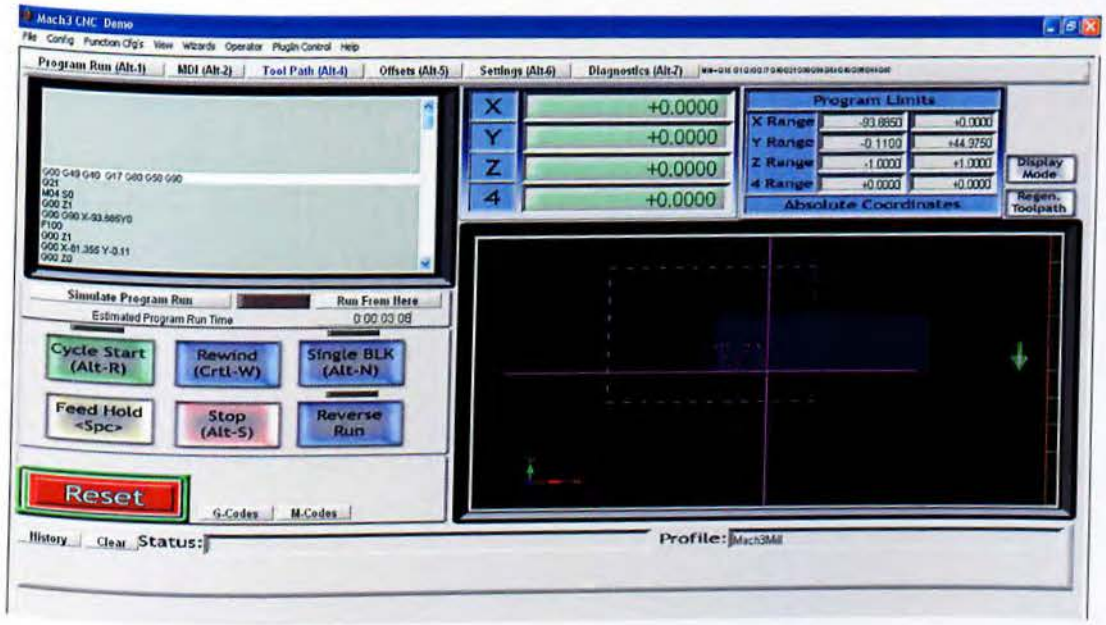
Αν θέλουμε να περάσουμε μία ομάδα από εντολές, πατάμε το πράσινο κουμπί Start Teach και αρχίζει να αναβοσβήνει η πράσινη ένδειξη δεξιά από το κουμπί. Ύστερα, πληκτρολογούμε στο πεδίο Input και το πρόγραμμα συγκρατεί τις εντολές που πληκτρολογήσαμε. Όταν τελειώσουμε την εισαγωγή εντολών, πατάμε Stop Teach και το πρόγραμμα αποθηκεύει την ομάδα εντολών σε φάκελο Tech. Αν μεταβούμε στην καρτέλα Program Run θα διαπιστώσουμε ότι η ομάδα εντολών βρίσκεται στο πεδίο 1 της απεικόνισης εντολών και το μόνο που μένει είναι να πατήσουμε το πράσινο κουμπί Cycle Start για να ξεκινήσει η εκτέλεση των εντολών. Τα υπόλοιπα κουμπιά είναι γνωστά από την προηγούμενη καρτέλα. Επίσης με το πεδίο Local System Rotated μας δίνεται η επιλογή για περιστροφή του συστήματος και επιλογή φοράς κατεύθυνσης που θα εκτελεστούν οι εντολές.





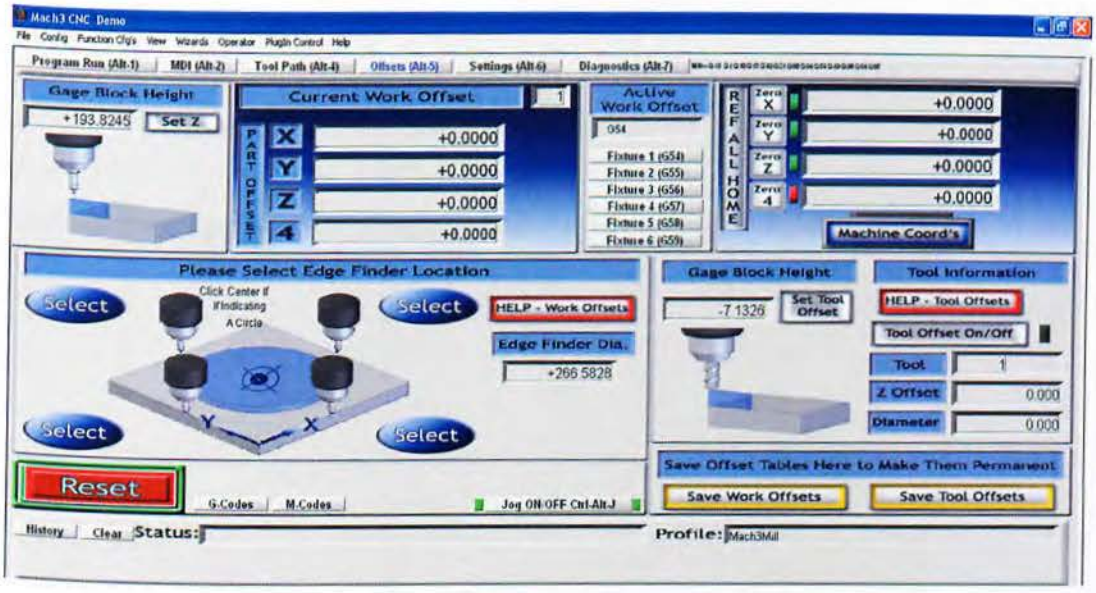
5.5.4 Καρτέλα Tool Path

Στην τρίτη καρτέλα συναντάμε την καρτέλα απεικόνισης του αντικειμένου. Δεξιά υπάρχει η γραφική απεικόνιση της κατεργασίας μας και αριστερά το πεδίο απεικόνισης των εντολών. Επιπλέον, υπάρχει το κουμπί Simulate Program Run Time το οποίο, όταν πατηθεί, τρέχει το πρόγραμμα εικονικά χωρίς να γίνει η κατεργασία και μας βγάζει την εκτίμηση για τον συνολικό χρόνο που θα διαρκέσει η εκτέλεση των εντολών. Πατώντας πάνω στην γραφική απεικόνιση μπορούμε με τις λειτουργίες του ποντικιού μας να κάνουμε μεγέθυνση, μετακίνηση εικόνας και περιστροφή. Τα υπόλοιπα κουμπιά και πεδία είναι γνωστά.



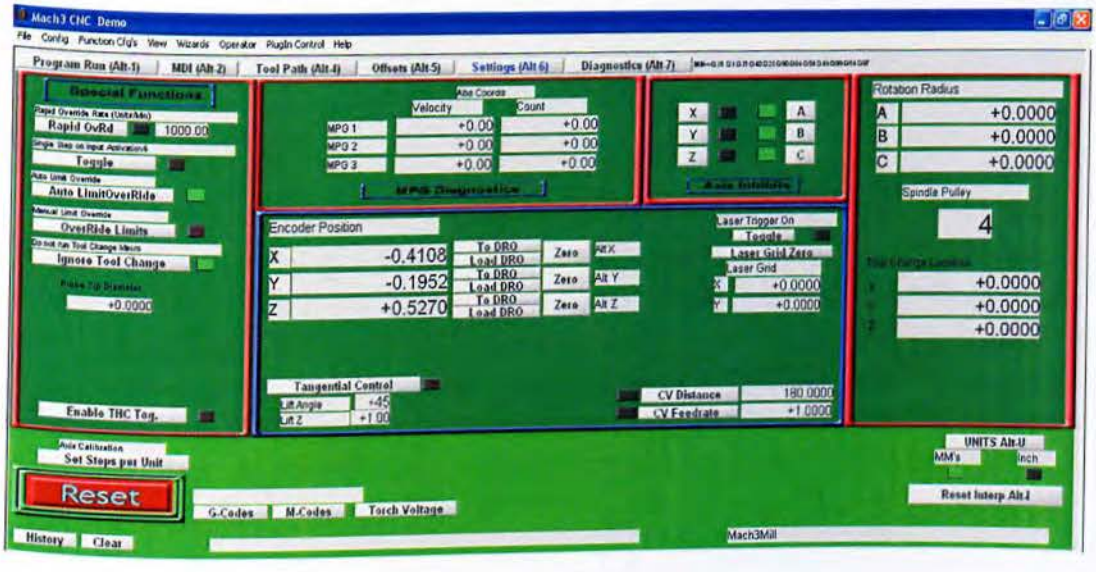
5.5.5 Καρτέλα Offsets

Η τέταρτη καρτέλα περιλαμβάνει τον ορισμό των αντικειμένων στο πρόγραμμα και τις πληροφορίες του κοπτικού εργαλείου. Στο κεφάλαιο 5.6 υπάρχει αναλυτικά η διαδικασία του ορισμού εργαλείου και αντικειμένου.



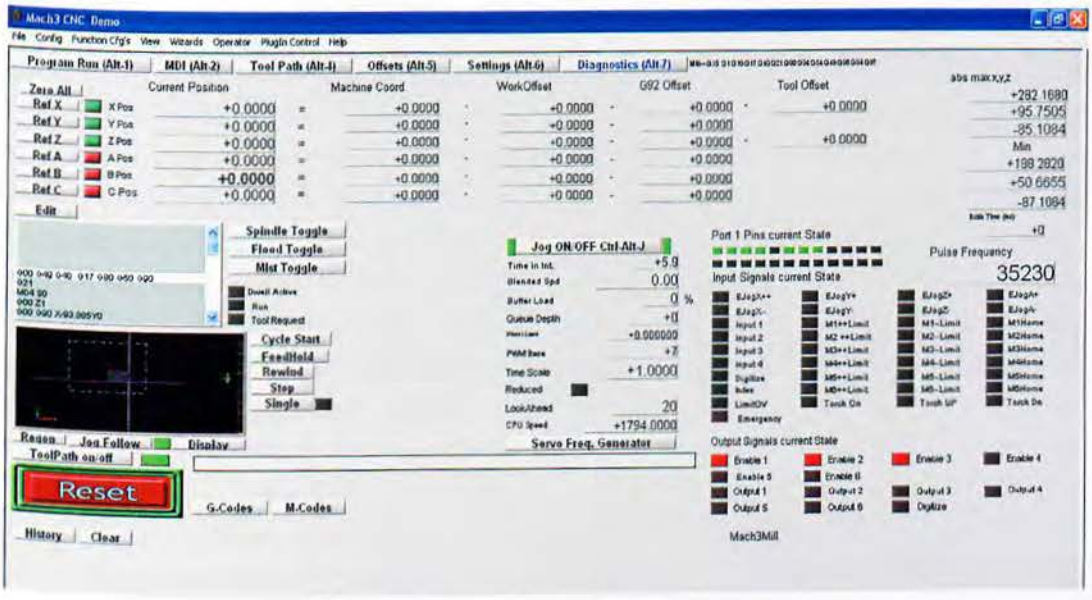
5.5.6 Καρτέλα Settings

Στην πέμπτη καρτέλα υπάρχουν μερικά πεδία ρυθμίσεων που αφορούν διαφορετικά αντικείμενα εφαρμογών σε σχέση από το δικό μας mini CNC router. Κρατάμε μόνο το κουμπί Auto Limit Over Ride, το οποίο ενεργοποιούμε για να μπορεί το πρόγραμμα να διαχειριστεί τους τερματικούς διακόπτες. (Κεφάλαιο 5.4.2, Βήμα 4: Ρύθμιση ορίων)



5.5.7 Καρτέλα Diagnostics

Στην τελευταία και έβδομη καρτέλα έχουμε μία γενική εικόνα του συστήματος λειτουργίας. Μπορούμε να διαπιστώσουμε τις ενεργές πόρτες εισόδου εξόδου στα δεξιά της οθόνης, να δούμε τα χαρακτηριστικά λειτουργίας της πλακέτας και της σύνδεσης με το πρόγραμμα Mach3, τις εντολές του κώδικα G όπως επίσης και την γραφική απεικόνιση του αντικειμένου προς κατεργασία και στο πάνω μέρος τις απόλυτες και σχετικές τιμές της μηχανής. Τέλος, κρατάμε το κουμπί Zero All, το οποίο μπορούμε να το πατήσουμε όταν θέλουμε να κάνουμε όλες τις αναφορές μηδέν. Ένα καλό σημείο μηδενισμού είναι το σημείο μηδενικής αναφοράς όταν πατάμε το κουμπί REF ALL HOME.



5.6 Τοποθέτηση και ορισμός αντικειμένου

5.6.1 Εισαγωγή

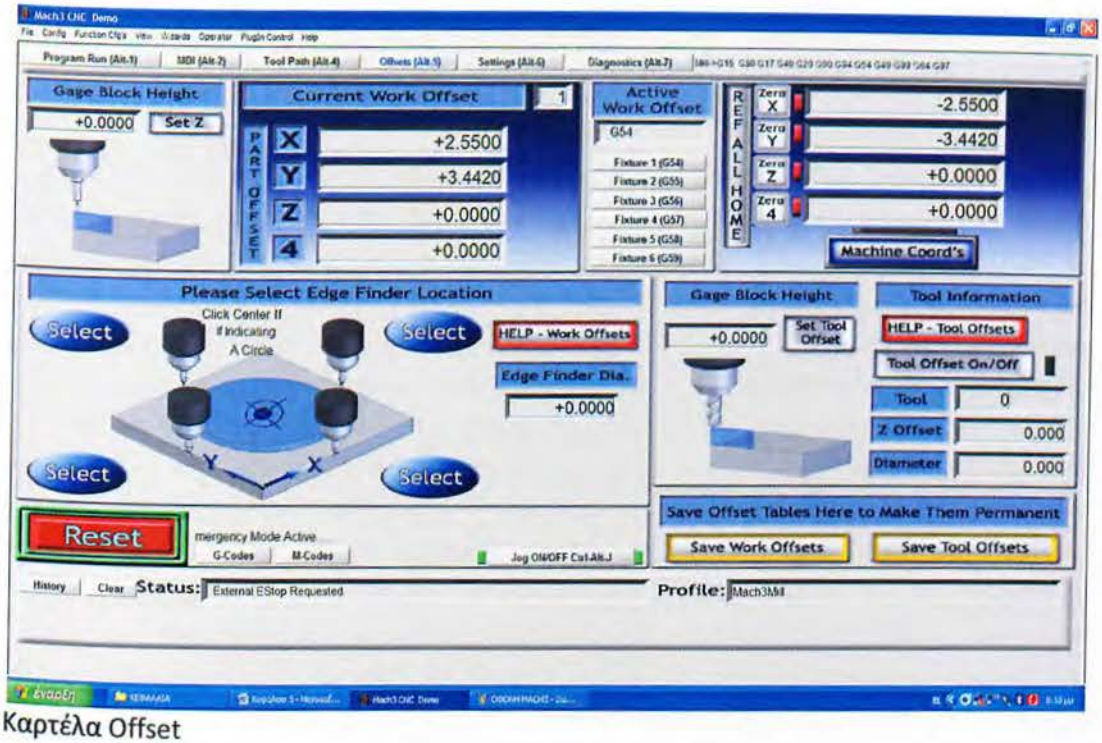
Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα αναφερθούμε στην τοποθέτηση του αντικειμένου κατεργασίας στον πάγκο κατεργασίας και τον ορισμό των συντεταγμένων στο λειτουργικό πρόγραμμα. Έτσι θα ορίσουμε τις διαστάσεις του υλικού στο πρόγραμμα και θα ορίσουμε σημείο αναφοράς της κατεργασίας. Το σύστημά μας δουλεύει με απόλυτες συντεταγμένες αλλά και σχετικές. Ορίζοντας το σημείο αναφοράς της κατεργασίας, ορίζουμε το σημείο εκείνο το οποίο οι συντεταγμένες του θα μηδενίσουν και το πρόγραμμα θα θεωρεί σημείο μηδέν. Κάθε φορά που τοποθετούμε κομμάτι προς κατεργασία θα πρέπει να ορίζουμε το σημείο αναφοράς του.

5.6.2 Τοποθέτηση αντικειμένου

Αρχικά, πριν την τοποθέτηση του υλικού κατεργασίας και χωρίς να υπάρχει κάποιο αντικείμενο τοποθετημένο στον πάγκο κατεργασίας κάνουμε, από το λειτουργικό πρόγραμμα, αναφορά του σημείου μηδέν των συντεταγμένων. Δηλαδή πατάμε το κουμπί REF ALL HOME και τα κινητά μέρη της μηχανής μετακινούνται στο αρχικό σημείο αναφοράς της CNC. Όταν τελειώσει η διαδικασία μηδενικής αναφοράς και των τριών αξόνων το σύστημα θα παραμείνει στην θέση αυτή. Τώρα μπορούμε να τοποθετήσουμε το αντικείμενο μας στον πάγκο κατεργασίας. Οι διαστάσεις του αντικειμένου που επιθυμούμε να κατεργαστούμε έχουν περιορισμούς. Το αντικείμενο θα πρέπει να είναι μικρότερο από τον από την εσωτερική διάσταση την πλαϊνών του κινητού μέρους X, για να μπορεί να μετακινείται η γέφυρα του κινητού μέρους X. Επίσης, για την διάσταση Z, ιδιαίτερη προσοχή στο ύψος του αντικειμένου προς κατεργασία, να μην ξεπερνά στο ύψος το κοπτικό εργαλείο, που είναι προσαρμοσμένο στο εργαλείο κατεργασίας. Τα κοπτικά εργαλεία ποικίλουν ανάλογα με το είδος κατεργασίας που θέλουμε να τα εφαρμόσουμε. Για τον υπολογισμό, μετακινούμε το κινητό μέρος Z στο πάνω μέρος, τοποθετούμε το κοπτικό εργαλείο και μετράμε την απόσταση της άκρης του κοπτικού εργαλείου από την επιφάνεια του πάγκου κατεργασίας. Το αντικείμενο προς κατεργασία πρέπει να είναι μικρότερο από την απόσταση αυτή. Το κοπτικό εργαλείο προσαρμόζεται στον κώνο υποδοχής του εργαλείου κατεργασίας. Με ένα κλειδί 17mm και πατώντας το κουμπί του εργαλείου κατεργασίας που βρίσκεται πάνω από την βάση πρόσδεσης προσδένουμε η απελευθερώνουμε το παξιμάδι που συγκρατεί τον κώνο. Η επιφάνεια κατεργασίας των αντικειμένων που θέλουμε να κατεργαστούμε πρέπει να είναι μικρότερη από τις διαστάσεις του πάγκου κατεργασίας και να είναι εφικτή η πρόσδεση του αντικειμένου στον πάγκο από τα εξαρτήματα πρόσδεσης. Αφού σιγουρευτούμε, λοιπόν, ότι το αντικείμενο μας μπορεί να κατεργαστεί στην μηχανή, τοποθετούμε το αντικείμενο και το προσδένουμε γερά στον πάγκο κατεργασίας. Εάν η κατεργασία του αντικειμένου απαιτεί γώνιασμα, χρησιμοποιούμε τον πάγκο κατεργασίας ως βοήθημα. Το αντικείμενο μας είναι έτοιμο για κατεργασία.

5.6.3. Ορισμός αντικειμένου

Για τον ορισμό του κοπτικού εργαλείου στο λειτουργικό πρόγραμμα θα πρέπει η μηχανή να βρίσκεται σε λειτουργία και να είναι ικανή να κινηθεί προς όλες τις διευθύνσεις και όλους τους άξονες. Αρχικά, βρισκόμαστε στην κύρια οθόνη λειτουργίας του προγράμματος. Από εκεί πατάμε την καρτέλα Offsets, όπου και θα καθορίσουμε το σημείο αναφοράς του αντικειμένου.



Καρτέλα Offset

Στα δεξιά πεδία απεικόνισης την συντεταγμένων X, Y, Z εμφανίζονται οι πραγματικές συντεταγμένες του μηχανήματος. Στα αριστερά πεδία απεικόνισης συναντάμε τις διαστάσεις που ορίζουμε εμείς από το σημείο αναφοράς του αντικειμένου. Για να βρούμε το σημείο αναφοράς εργαζόμαστε ως εξής. Πατάμε το Tab του πληκτρολογίου μας και στην οθόνη εμφανίζεται ο εξομοιωτής του χειροκίνητου χειριστηρίου. Με τα βελάκια από το πληκτρολόγιο ή του εξομοιωτή μετακινούμε τα κινητά μέρη προς το αντικείμενο. Προσοχή στην πρόωση να μην είναι μεγάλη. Το σημείο αναφοράς εξαρτάται και από τα σχεδιαστικά προγράμματα εάν πρόκειται να γίνει κατεργασία με πρόγραμμα από ηλεκτρονικά σχεδιασμένο αντικείμενο. Εάν το πρόγραμμα κατεργασίας το περάσουμε χειροκίνητα στο λειτουργικό πρόγραμμα τότε το σημείο αναφοράς ορίζεται εξολοκλήρου από εμάς. Συνήθως επιλέγουμε εάν πρόκειται για αντικείμενο κύβου την μπροστά πλευρά, από την θέση χειρισμού, για αναφορά στον άξονα X και την δεξιά πλευρά για αναφορά στον άξονα Y. Ουσιαστικά ορίζουμε την μπροστά δεξιά γωνία ως σημείο αναφοράς. Σε περίπτωση διαφορετικού σχήματος, καθορίζουμε το σημείο αναφοράς όπου μας εξυπηρετεί καλύτερα. Για να πάρουμε αναφορά μετακινούμε τα κινητά μέρη X και Y μέχρι να ακουμπήσουμε το αντικείμενο σε κάθε πλευρά με το κοπτικό εργαλείο. Με την χρήση ενός μικρού χαρτιού μπορούμε να πλησιάσουμε στις πλευρές μέχρι το κοπτικό εργαλείο να πατήσει το χαρτί. Όταν το χαρτί δεν θα μπορεί να κινηθεί ελεύθερα τότε το σημείο αναφοράς είναι έτοιμο. Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται στον χειρισμό των κατευθύνσεων όταν βρισκόμαστε κοντά στο αντικείμενο κατεργασίας. Ο ορισμός του αντικειμένου πρέπει να γίνεται με προσοχή και κατά την προσέγγιση του αντικειμένου και κατά την απομάκρυνση. Για τον άξονα Z κατεβάζουμε το κινητό μέρος Z στο αντικείμενο μέχρι να ακουμπήσει την επιφάνειά του. Κάθε αναφορά που λαμβάνουμε από τους τρεις άξονες την καταχωρούμε χειροκίνητα στα αριστερά πεδία Current Work Offset, X, Y και Z αντίστοιχα ή πατάμε τα κουμπιά Zero X, Zero Y και Zero Z. Προσοχή στα πρόσημα στις τιμές. Τα πρόσημα καθορίζουν την φορά της κίνησης.

Κεφάλαιο 6: ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

6.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλύσουμε ένα παράδειγμα κατεργασίας που πραγματοποιήσαμε με το mini CNC router μας, χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα Mach3. Σκοπός του παραδείγματος είναι να κατανοηθεί καλύτερα η λειτουργία της μηχανής και να διαπιστώσουμε την δυνατότητα κατεργασίας της. Για αντικείμενο κατεργασίας επιλέξαμε να χαράξουμε σε ξύλινη πλάκα MDF, με διαστάσεις 300 X 200 X 20mm, ένα κείμενο. Το κείμενο αποφασίσαμε να είναι « ATEI PEIRAIA TMHMA AUTOMATISMOY ». Η κατεργασία θα γίνει με μονόφτερο κονδύλι διαμέτρου 6mm και με ρύθμιση στροφών στο εργαλείο κατεργασίας στο νούμερο 5. Επειδή το κείμενο είναι μεγάλο θα το χωρίσουμε σε τρία τμήματα και θα χαραχτεί κατά μήκος της μεγάλης επιφάνειας της ξύλινης πλάκας. Για την δημιουργία του κώδικα G, θα χρησιμοποιήσουμε έτοιμο βοήθημα δημιουργίας κώδικα (Wizard) από το πρόγραμμα Mach3. Για την εκτέλεση του παραδείγματος θα χρειαστούμε επίσης, δύο σετ σφικτήρων πρόσδεσης για την πρόσδεση της ξύλινης πλάκας στον πάγκο κατεργασίας, ένα κλειδί 13mm για την σύσφιξη των παξιμαδιών των σφικτήρων πρόσδεσης και ένα κλειδί 17 για την σύσφιξη του κοπτικού εργαλείου στο εργαλείο κατεργασίας. Επίσης θα χρησιμοποιήσουμε εργαλεία μέτρησης για την τοποθέτηση του αντικειμένου και την εύρεση των διαστάσεων κατεργασίας. Τέλος θα χρησιμοποιήσουμε ηλεκτρική σκούπα για την απορρόφηση των αποβλήτων κατεργασίας. Θεωρούμε ότι γνωρίζουμε να χειριστούμε την μηχανή CNC όπως επίσης και το πρόγραμμα. Για την περάτωση του παραδείγματος έχουμε εγκαταστήσει και ρυθμίσει την μηχανή όπως και το πρόγραμμα λειτουργίας και είναι έτοιμα για λειτουργία. Επίσης έχουμε ανοίξει το πρόγραμμα Mach3 και η μηχανή είναι σε κατάσταση αναμονής.

6.2 Τοποθέτηση αντικειμένου

Αρχικά εξετάζουμε αν το αντικείμενο που έχουμε προς επεξεργασία μπορεί να κατεργαστεί στις πραγματικές διαστάσεις της μηχανής μας. Η ξύλινη πλάκα έχει διαστάσεις 300 X 200 X 20mm και οι δυνατότητες κατεργασίας της μηχανής μας είναι 365 X 228 X 120. Ύστερα εξετάζουμε τις διαστάσεις του πάγκου κατεργασίας ώστε να σιγουρευτούμε ότι μπορούμε να προσδέσουμε το αντικείμενο στον πάγκο. Οι διαστάσεις του πάγκου κατεργασίας είναι 360 X 230. Άρα από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι μπορούμε να κατεργαστούμε την ξύλινη πλάκα. Πριν την τοποθέτηση της ξύλινης πλάκας πάμε στην καρτέλα Program Run και στο πεδίο των τιμών συντεταγμένων και πατάμε το κουμπί REF ALL HOME. Έτσι η μηχανή μας θα κάνει μηδενική αναφορά και στους τρεις άξονες. Με αυτή την κίνηση έχουμε ορίσει τις απόλυτες συντεταγμένες της μηχανής μας. Ενεργοποιούμε για να γίνει πράσινο, το κουμπί Soft Limits που βρίσκεται στο ίδιο πεδίο και απομακρύνουμε με τα βέλη του πληκτρολογίου τα κινητά μέρη από τον πάγκο κατεργασίας προς την πίσω πλευρά της μηχανής για να είναι ο πάγκος κατεργασίας ελεύθερος για την τοποθέτηση του υλικού προς κατεργασία. Στη συνέχεια, τοποθετούμε την ξύλινη πλάκα πάνω στον πάγκο κατεργασίας και την κεντράρουμε στο κέντρο του πάγκου, έτσι ώστε να οι απέναντι αποστάσεις να είναι ίδιες. Για το σωστό μέτρημα χρησιμοποιούμε παχύμετρο και

βαθύμετρο. Αν χρειαζόμαστε μεγαλύτερη ακρίβεια μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το εργαλείο κατεργασίας εφαρμόζοντάς το στις πλευρές της πλάκας και παίρνοντας τις σχετικές τιμές. Με τους σφικτήρες πρόσδεσης προσδένουμε αντικριστά την ξύλινη πλάκα στον πάγκο κατεργασίας. Σφίγγουμε τα παξιμάδια πρόσδεσης και το υλικό κατεργασίας είναι έτοιμο για να ορίσουμε το σημείο αναφοράς.



6.3 Ορισμός σημείου αναφοράς

Για τον ορισμό του σημείου αναφοράς θα κινηθούμε όπως και στο κεφάλαιο 5.6.3 ορισμός αντικειμένου. Αρχικά προσδένουμε το κοπτικό εργαλείο στο εργαλείο κατεργασίας. Ελέγχουμε το ύψος του εργαλείου να μπορεί να κατεργαστεί στην ξύλινη πλάκα. Αφού σιγουρευτούμε ότι αυτό είναι εφικτό, μετακινούμε τα κινητά μέρη προς το μηδενικό σημείο αναφοράς. Θα πάρουμε αναφορά από την γωνία της ξύλινης πλάκας που βρίσκεται κοντά στο μηδενικό σημείο αναφοράς. Για το παράδειγμα μας η γωνία που θα πάρουμε αναφορά είναι η μπροστά δεξιά από την θέση χειρισμού. Για να ορίσουμε την γωνία αυτή ως σημείο αναφοράς αρκεί να ορίσουμε τις δύο πλευρές που σχηματίζουν την γωνία. Μετακινούμε το κινητό μέρος X και φέρνουμε το κοπτικό εργαλείο να ακουμπήσει την επιφάνεια της πλευράς. Προσοχή στην ταχύτητα πρόωσης! Με το πλήκτρο Tab εμφανίζουμε τον εξομοιωτή τηλεχειριστηρίου και ορίζουμε ταχύτητα στο πεδίο Slow Jog Rate τόση όση μας επιτρέπει να κάνουμε την μέτρηση με ασφάλεια. Μετακινώντας σιγά σιγά το κινητό μέρος X πλησιάζουμε την επιφάνεια. Με ένα μικρό χαρτί διαπιστώνουμε αν

ακούμπησε το κοπτικό εργαλείο στην επιφάνεια. Όταν ακουμπήσει μεταβαίνουμε στην καρτέλα Offsets και στο πεδίο πάνω δεξιά εντοπίζουμε το κουμπί Zero X. Αν αναβοσβήνει το κόκκινο Led κάτω από τις τιμές είναι ενεργοποιημένο το κουμπί Machine Coord's και βλέπουμε τις απόλυτες συντεταγμένες της μηχανής μας. Για να ορίσουμε την X διάσταση ως σημείο αναφοράς πατάμε το Zero X κουμπί και διαπιστώνουμε ότι στο πεδίο Current Work Offset η τιμή του X παίρνει την ίδια τιμή με το πεδίο του Zero X. Για να γίνει αυτό δεκτό από το σύστημα δεν πρέπει να είναι πατημένο το κουμπί Reset.Προσοχή! Επειδή έχουμε κοπτικό εργαλείο 6mm η πραγματική τιμή του σημείου αναφοράς πρέπει να αλλάξει.



Το βοήθημα της χάραξης που επιλέξαμε ξεκινά την χάραξη χωρίς να υπολογίζει την διάμετρο του κοπτικού εργαλείου. Αν εμείς για παράδειγμα θέλουμε το πρώτο γράμμα να απέχει από την γωνία της ξύλινης πλάκας 20 X 20 mm, τότε θα πρέπει να υπολογίσουμε την ακριβή θέση του κοπτικού εργαλείου. Η αναφορά που έχουμε πάρει από τις διαστάσεις X και Y υπολείπεται από την γωνία της ξύλινης πλάκας, όσο η ακτίνα του εργαλείου κατεργασίας δηλαδή 3mm και στους δύο άξονες. Αν εμείς μεταθέσουμε το σημείο αναφοράς κατά 3mm σε κάθε άξονα, τότε το κέντρο του κοπτικού εργαλείου θα συμπέσει στην γωνία της ξύλινης πλάκας. Αν δοκιμάσουμε να χαράξουμε στην επιθυμητή απόσταση 20 X 20 θα διαπιστώσουμε ότι στον κώδικα της χάραξης δίνεται εντολή για μετάβαση στο σημείο 20 X 20. Έτσι όμως το κέντρο του κοπτικού εργαλείου θα μεταβεί στο σημείο 20 X 20 και θα κάνει χάραξη 6mm. Αν μετρήσουμε την πραγματική απόσταση που έγινε η χάραξη,

θα εντοπίσουμε ότι το πρώτο γράμμα απέχει 17 X 17 mm και όχι 20 X 20 mm από την γωνία της ξύλινης πλάκας. Για να διορθώσουμε αυτή την διαφορά και τα γράμματα να απέχουν σωστά στις επιθυμητές διαστάσεις πρέπει μετά την αναφορά που πήραμε να διορθώσουμε τις διαστάσεις εισόδου X και Y στο βοήθημα του προγράμματος. Για να ορίσουμε σωστά το σημείο αναφοράς μας να ταυτίζεται με την γωνία της ξύλινης πλάκας λειτουργούμε με την εξής διαδικασία. Στο πεδίο Offsets, συγκρατούμε την τιμή στο πεδίο Current Work Offset του άξονα X και προσθέτουμε +3.0000 χιλιοστά στην απεικονιζόμενη διάσταση. Πατάμε Enter για να γίνει η καταχώρηση. Για να γίνει αυτό δεκτό από το σύστημα δεν πρέπει να είναι πατημένο το κουμπί Reset. Αν πατήσουμε το κουμπί Machine Coord's, απενεργοποιείται το κόκκινο Led και πλέον βλέπουμε τις σχετικές συντεταγμένες του συστήματος. Συγκεκριμένα στο πεδίο Zero X πρέπει να βλέπουμε την τιμή -3.0000. Ύστερα μετακινούμε πάλι σιγά σιγά το κινητό μέρος X για να μην εφάπτεται πάνω στην ξύλινη επιφάνεια και μετακινούμε το κινητό μέρος Y για να κάνουμε την ίδια διαδικασία και για αυτή την διάσταση. Όταν ολοκληρώσουμε την αναφορά και στους άλλους δύο άξονες Y και Z έχουμε ορίσει το σημείο αναφοράς της γωνίας της ξύλινης πλάκας. Το κέντρο του κοπτικού εργαλείου ταυτίζεται με την γωνία της ξύλινης πλάκας. Για τον άξονα Z δεν χρειάζεται πρόσθεση της ακτίνας του κοπτικού εργαλείου στην τελική τιμή αναφοράς. Μεταφέρουμε στο πεδίο Current Work Offset την τιμή που μετρήσαμε στην πάνω επιφάνεια της ξύλινης πλάκας.

6.4 Διάταξη του κειμένου στην ξύλινη πλάκα

Η διάταξη του κειμένου στην πλάκα έχει να κάνει με τον προσδιορισμό της θέσης των γραμμάτων και την συνολική εικόνα της κατεργασίας μας. Αρχικά θα πρέπει να προσδιορίσουμε το είδος γραφής και το μέγεθος της γραμματοσειράς. Για την χάραξη των γραμμάτων θα χρησιμοποιήσουμε, όπως αναφέραμε και στην εισαγωγή, βοηθητικό πρόγραμμα (wizard) το οποίο μας παρέχεται από το Mach3. Με την επιλογή του κουμπιού Load Wizards από το τέταρτο πεδίο της καρτέλας Program Run μας εμφανίζεται λίστα με τα διαθέσιμα βοηθήματα. Τελευταίο στην λίστα είναι το βοήθημα για την χάραξη γραμμάτων. Το επιλέγουμε και μας εμφανίζει την οθόνη του βοηθήματος. Για την επιλογή του είδους της χάραξης των γραμμάτων πατάμε Sample που βρίσκεται στην κάτω μεριά της οθόνης. Μας εμφανίζονται διάφοροι τύποι γραμματοσειράς που σημαίνουν και διαφορετική διαδικασία χάραξης. Σε άλλες γραμματοσειρές χαράζεται περίγραμμα του γράμματος και σε άλλες χαράζεται το γράμμα. Εμείς για το παράδειγμά μας θα χρησιμοποιήσουμε Isocp, που είναι χάραξη γράμματος. Πατάμε Return και δίπλα από το κουμπί Sample υπάρχει το κουμπί Font. Το πατάμε και επιλέγουμε Isocp. Πατάμε OK και η γραμματοσειρά μας έχει επιλεγεί. Μορφολογικά το γράμμα «I» για παράδειγμα θα αποτελείται στην ξύλινη πλάκα από ένα λούκι με έξι χιλιοστά πλάτος. Υπολογίζουμε ότι στην πλάκα μας θα χαράξουμε τρεις γραμμές με γράμματα. Χωρίσαμε το κείμενο σε τρία τμήματα. Έτσι το «ΑΤΕΙ ΡΕΙΡΑΙΑ» θα χαραχθεί σε μία γραμμή, το «ΤΜΗΜΑ» σε άλλη γραμμή και το «AUTOMATISMOY» στην τρίτη γραμμή. Το ύψος της γραμματοσειράς επιλέγουμε να είναι 30mm για τα τμήματα «ΤΕΙ ΡΕΙΡΑΙΑ» και «ΤΜΗΜΑ» και 28mm για το τμήμα «AUTOMATISMOY» για χωροταξικούς λόγους.

6.4.1 Χ διαστάσεις

Για τον προσδιορισμό του μήκους των γραμμών, το βοήθημα δεν μας δίνει κάποια πληροφορία παρά μόνο το κενό μεταξύ των γραμμάτων το οποίο δεν είναι σε μετρίσιμη τιμή χιλιοστών. Για βρούμε το συνολικό μήκος του κειμένου περάσαμε στο βοήθημα το ύψος των γραμμάτων, το κείμενο που θέλαμε να χαράξουμε και του ορίσαμε σημείο εκκίνησης (Χο,Υο) = (0,0) και πατήσαμε να μας εξάγει κώδικα. Το πρόγραμμα Mach3 μας δίνει την δυνατότητα να κινηθούμε στις γραμμές του κώδικα προς εκτέλεση και ταυτόχρονα στο πεδίο γραφικής απεικόνισης απεικονίζεται με διαφορετικό χρώμα η κάθε εντολή που επιλέγουμε. Έτσι, μετακινηθήκαμε στις εντολές του κώδικα και εντοπίσαμε τη μέγιστη διάσταση Χ που παίρνει η μηχανή μας για να χαράξει το τελευταίο γράμμα. Αυτό είναι εύκολο να εντοπιστεί αφού κάθε εντολή εξομοιώνεται στην γραφική απεικόνιση. Το μήκος του τμήματος «ATEI PEIRAIA» είναι 248.6mm, του τμήματος «ΤΜΗΜΑ» 123.1mm και του τμήματος «AUTOMATISMOU» είναι 268.5mm. Τα τμήματα του κειμένου θα έχουν στοίχιση κέντρου, άρα πρέπει να υπολογίσουμε την απόσταση Χ από το σημείο αναφοράς σε κάθε γραμμή ξεχωριστά. Για τον υπολογισμό της διάστασης θα λειτουργήσουμε ως εξής: Η ξύλινη πλάκα μας έχει 300mm μήκος. Το μέσο της πλάκας βρίσκεται στα 150mm. Παίρνουμε το μήκος της κάθε γραμμής το διαιρούμε δια δύο και το αποτέλεσμα το αφαιρούμε από το 150 που είναι το μέσο της ξύλινης πλάκας. Αναλυτικά οι τιμές της απόστασης εκκίνησης χάραξης του άξονα Χ είναι οι εξής: Για το τμήμα «ATEI PEIRAIA» έχουμε: 248.6/2=124.3, 150-124.3=25,7mm, για το τμήμα «ΤΜΗΜΑ» έχουμε: 123.1/2=61.55, 150-61.55=88.45mm, και για το τμήμα «AUTOMATISMOU» έχουμε: 268.5/2=134.25, 150-134.25=15.75mm. Για κάθε γραμμή θα δημιουργήσουμε ξεχωριστό κώδικα. Το βοήθημα δεν μας δίνει την δυνατότητα να αλλάξουμε γραμμή, έτσι θα φτιάξουμε τρεις διαφορετικές κατεργασίες αλλάζοντας τις συντεταγμένες εκκίνησης της χάραξης από το βοήθημα.

6.4.2 Υ διαστάσεις

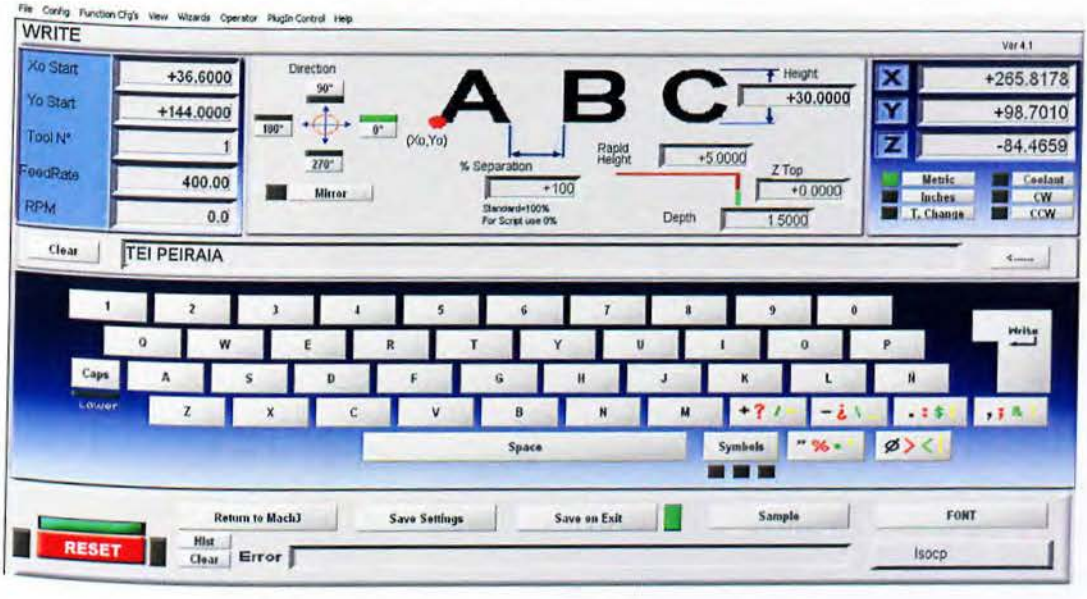
Για την διάταξη του ύψους της γραμματοσειράς και την διάταξη του κειμένου στην ξύλινη πλάκα λειτουργήσαμε ως εξής. Η διάσταση Υ της ξύλινης πλάκας είναι 200mm. Επιλέγουμε να τοποθετήσουμε τις τρις γραμμές ισοκατανεμημένες στην διάσταση Υ. Αρχικά βρίσκουμε τα τρία σημεία που θα τοποθετήσουμε τα κείμενα. Χωρίζουμε την διάσταση 200mm σε τρία μέρη. Δηλαδή, στις διαστάσεις 50mm, 100mm και 150mm βρίσκονται τα κέντρα των τμημάτων. Αν οι δύο γραμμές έχουν 30mm και η τρίτη γραμμή έχει 28, τότε για την πρώτη και δεύτερη γραμμή το κέντρο του τμήματος είναι στα 15mm της γραμμής και για την τρίτη γραμμή το κέντρο της είναι στα 14mm. Αν ταυτίσουμε τα κέντρα των γραμμών με τα κέντρα των σημείων, που βρήκαμε, της ξύλινης πλάκας τότε τα σημεία εκκίνησης από το σημείο αναφοράς στον άξονα Υ, δηλαδή την γωνία της ξύλινης πλάκας, θα είναι τα εξής: Για το τμήμα «ATEI PEIRAIA» έχουμε: 150-15=135mm, για το «ΤΜΗΜΑ» έχουμε: 100-15=85mm και για το τμήμα «AUTOMATISMOU» έχουμε: 50-14=36mm. Οι τιμές αυτές είναι τιμές εκκίνησης του κοπτικού εργαλείου για τον άξονα Υ αλλά και για τον άξονα Χ, που αναφέραμε παραπάνω. Αν επιθυμούμε πραγματικές διαστάσεις απόστασης των γραμμάτων από τις εξωτερικές πλευρές, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την ακτίνα του κοπτικού εργαλείου 3mm την οποία θα προσθέσουμε ή θα αφαιρέσουμε αναλογως.

ΚΙΕΜΕΝΟ	Xo(mm)	Yo(mm)
ΑΤΕΙ ΡΕΙΡΑΙΑ	25,7	135
ΤΜΗΜΑ	88,45	85
ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ	15,75	36

Πίνακας τιμών εκκίνησης χάραξης

6.5 Βοήθημα (Wizard) γραφής

Το πρόγραμμα Mach3 μας παρέχει βοηθήματα για διάφορα μοντέλα κατεργασίας δημιουργώντας κώδικα G σχετικά εύκολα. Για το παράδειγμα μας κάνουμε χρήση του βοηθήματος Write που βρίσκεται στο τέταρτο πεδίο της καρτέλας Program Run όταν πατήσουμε το κουμπί Load Wizards. Η οθόνη του βοηθήματος αποτελείται από έξι πεδία. Θα αρχίσουμε την περιγραφή από πάνω αριστερά.



Πεδίο 1: Παράμετροι κατεργασίας

Στο πεδίο αυτό εντοπίζουμε τις παραμέτρους κατεργασίας που απαιτούνται για να εκτελεστεί η κατεργασία. Το πεδίο αυτό αποτελείται από:

Xo Start: Ορίζουμε το σημείο εκκίνησης της κατεργασίας στον άξονα X. Το σημείο εκκίνησης για την γραφή του εκάστοτε γράμματος απεικονίζεται στο πεδίο 2 πάνω στο γράμμα A με κόκκινη βούλα. Η τιμή που παίρνει το πεδίο Xo Start έχει ως αναφορά το σημείο αναφοράς που ορίζουμε εμείς δηλαδή τις σχετικές συντεταγμένες της μηχανής. Αν η τιμή του πεδίου είναι μηδέν, τότε το σημείο εκκίνησης της χάραξης ως προς τον άξονα X, ταυτίζεται με το σημείο αναφοράς που έχουμε ορίσει στο σύστημα. Αν η τιμή του πεδίου είναι διαφορετική από το μηδέν τότε το σημείο εκκίνησης είναι μετατοπισμένο κατά όσο είναι η τιμή στο πεδίο σε σχέση με το σημείο αναφοράς που έχουμε ορίσει. Σημείωση. Το βοήθημα μετά την κατεργασία ενός γράμματος η μιας ομάδας γραμμάτων, τοποθετεί αυτόματα στο

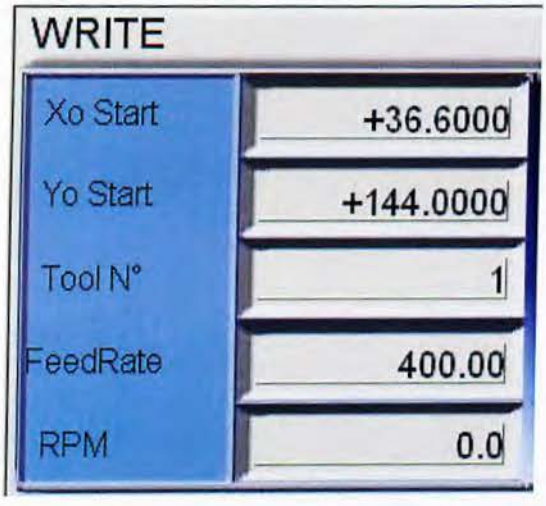
πεδίο Xo Start την θέση που θα εκκινήσει τη επόμενη κατεργασία αν χρειαστεί να συμπληρώσουμε κάποιο άλλο γράμμα.

Yo Start: Ορίζουμε το σημείο εκκίνησης της κατεργασίας στον άξονα Y. Έχει ακριβώς τα ίδια λειτουργία και χαρακτηριστικά όπως και το πεδίο Xo Start αλλά για τον άξονα Y.

Tool N°: Ορίζουμε τον αριθμό του εργαλείου από την βιβλιοθήκη των εργαλείων μας. Για την μηχανή μας δεν ισχύει γιατί έχουμε ένα ανεξάρτητο εργαλείο κατεργασίας.

Feed Rate: Ορίζουμε ταχύτητα πρόωσης της κατεργασίας.

RPM: Ορίζουμε τις στροφές του εργαλείου κατεργασίας. Δεν ισχύει για την κατασκευή μας.



Πεδίο 2: Παράμετροι γραμματοσειράς

Σε αυτό το πεδίο ορίζουμε τις παραμέτρους της γραμματοσειράς.

Οι επιλογές **Direction** (κατεύθυνση) ορίζουν την κατεύθυνση της χάραξης των γραμμάτων σε σχέση με το σύστημα συντεταγμένων της μηχανής και του σημείου αναφοράς. Για την προεπιλεγμένη διεύθυνση 0°, η χάραξη θα γίνει κατά μήκος του άξονα X με αρχικό σημείο χάραξης το σημείο που απεικονίζεται με την κόκκινη βούλα.

Η επιλογή **Mirror** (καθρέφτισμα) μας επιτρέπει να αλλάξουμε την φορά του άξονα Y και τα γράμματα να γραφούν με αρνητική μετατόπιση των διαστάσεων στον άξονα Y, με αρχή κατεργασίας το σημείο που απεικονίζεται με την κόκκινη βούλα.

Στο πεδίο **% Separation** δηλώνουμε την μεταξύ τους απόσταση, δύο γραμμάτων. Η απόσταση αυτή δεν μετριέται σε χιλιοστά.

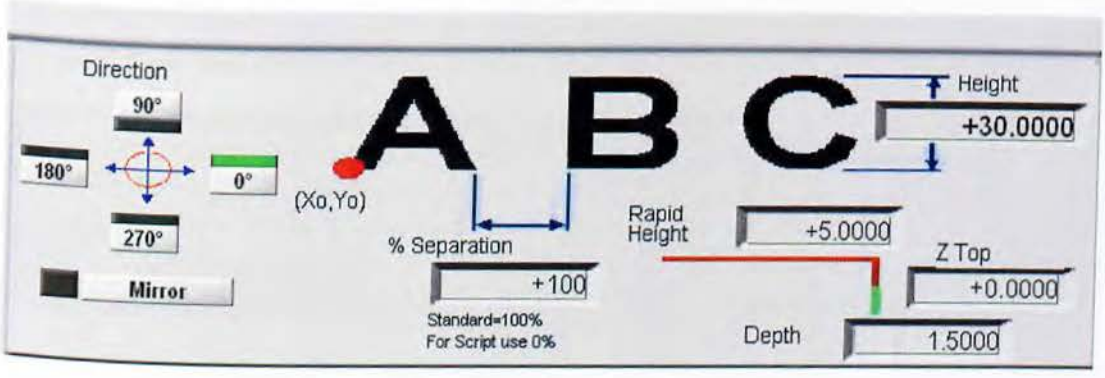
Στο πεδίο **Height** ορίζουμε το ύψος του γράμματος σε χιλιοστά.

Στο πεδίο **Rapid Height** τοποθετούμε το ύψος που θα κινείται το κοπτικό εργαλείο κατά την μετάβαση από το ένα γράμμα στο άλλο, σε σχέση με το σχετικό σημείο αναφοράς που έχουμε δηλώσει στον άξονα Z.

Στο πεδίο **Z Top** ορίζουμε το ύψος κατεργασίας σε σχέση με το σχετικό σημείο αναφοράς που έχουμε δηλώσει στον άξονα Z.

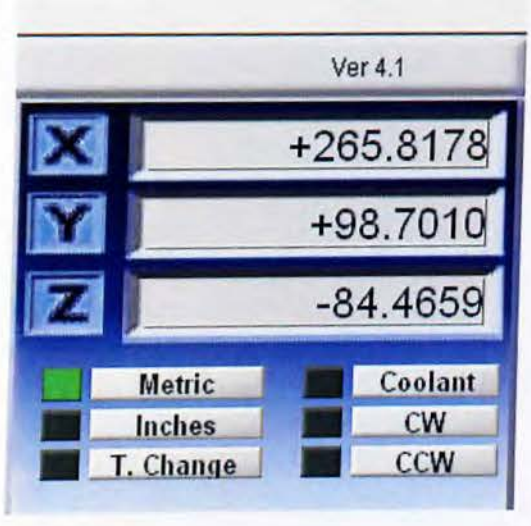
Τέλος, στο πεδίο **Depth** ορίζουμε το βάθος χάραξης σε σχέση με το σχετικό σημείο αναφοράς που έχουμε δηλώσει στον άξονα Z. Η τιμή που ορίζουμε είναι θετική.

Όλες οι τιμές που τοποθετούμε είναι σε σχετικές συντεταγμένες.



Πεδίο 3: Απεικόνιση συντεταγμένων

Στο πεδίο αυτό απεικονίζονται οι συντεταγμένες του συστήματός μας. Αν έχουμε επιλέξει τις απόλυτες συντεταγμένες τότε απεικονίζει τις απόλυτες. Το ίδιο ισχύει και για τις σχετικές. Τα κουμπιά από κάτω μας ενημερώνουν για το μετρικό σύστημα που χρησιμοποιούμε. Τα υπόλοιπα κουμπιά δεν τα χρησιμοποιούμε και είναι για αλλαγή εργαλείου, ψυκτικού υγρού και φορά περιστροφής του εργαλείου κατεργασίας.



Πεδίο 4: Απεικόνιση κειμένου

Στο πεδίο αυτό εμφανίζεται το κείμενο που επιθυμούμε να χαράξουμε. Με το κουμπί <_____ διαγράφουμε το τελευταίο γράμμα που εισάγαμε και με το κουμπί Clear διαγράφουμε όλο το κείμενο.



Πεδίο 5: Πληκτρολόγηση κειμένου

Στην οθόνη μας βλέπουμε κουμπιά με τα περισσότερα σύμβολα που συνήθως συναντάμε στα συμβατικά πληκτρολόγια. Πατώντας τα κουμπιά εμφανίζεται στο πεδίο 4 τα γράμματα.



Πεδίο 6: Επιλογές

Οι επιλογές που έχουμε είναι:

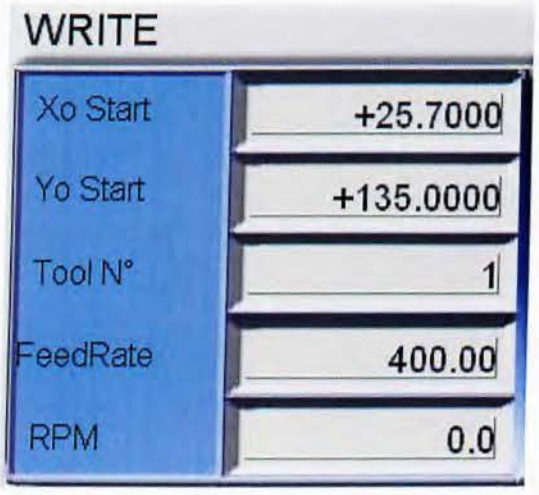
- Reset: Ενεργοποιεί ή απενεργοποιεί την λειτουργία της μηχανής.
- Return to Mach3: Επιστροφή στο κυρίως πρόγραμμα.
- Save Settings: Αποθήκευση των ρυθμίσεων.
- Save on Exit: Αποθήκευση των αλλαγών στην έξοδο.
- Sample: Δείγματα γραμματοσειρών
- Font: Επιλογή γραμματοσειράς
- Στο πεδίο Error εμφανίζονται τα λάθη και οι αναφορές. Με το κουμπί Hist βλέπουμε το ιστορικό των βλαβών και με το κουμπί Clear το διαγράφουμε.

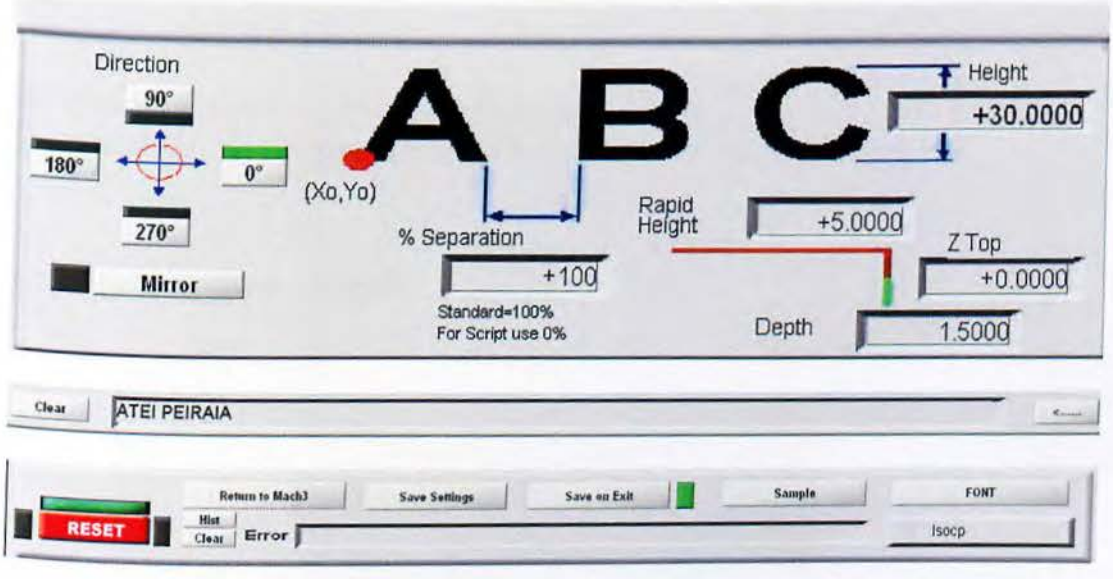
Για να δημιουργήσουμε κώδικα από κάποια επιθυμητά γράμματα λειτουργούμε ως εξής: Επιλέγουμε γραμματοσειρά. Πληκτρολογούμε το κείμενο που επιθυμούμε. Ορίζουμε τις παραμέτρους κατεργασίας. Αν είναι το κουμπί Reset ενεργοποιημένο το απενεργοποιούμε. Ενεργοποιούμε Save on Exit. Πατάμε Write και αυτόματα μεταβαίνουμε στο κυρίως πρόγραμμα του Mach3. Αν είναι ενεργοποιημένο το κουμπί Reset, δεν λειτουργεί το κουμπί Write. Όπως επίσης, αν δεν επιλέξουμε γραμματοσειρά, πάλι δεν λειτουργεί το κουμπί Write για την εξαγωγή του κώδικα G.



6.6 Εισαγωγή κειμένου – Εξαγωγή κώδικα G

Ανοίγουμε το βοήθημα γραφής. Αφού έχουμε ορίσει το σημείο αναφοράς, θα προχωρήσουμε στην εισαγωγή των παραμέτρων κατεργασίας. Το πρώτο τμήμα κειμένου «ATEI PEIRAIA» θα χαραχτεί στο πάνω μέρος της πλάκας, δηλαδή θα απέχει από το σημείο αναφοράς την μεγαλύτερη απόσταση, στον άξονα Y. Υπολογίσαμε παραπάνω τις διαστάσεις που πρέπει να εφαρμόσουμε άρα τώρα είμαστε έτοιμοι να περάσουμε τις συντεταγμένες εκκίνησης της χάραξης. Αποτυπώνουμε τις τιμές και ρυθμίσεις σύμφωνα με τις παρακάτω εικόνες.



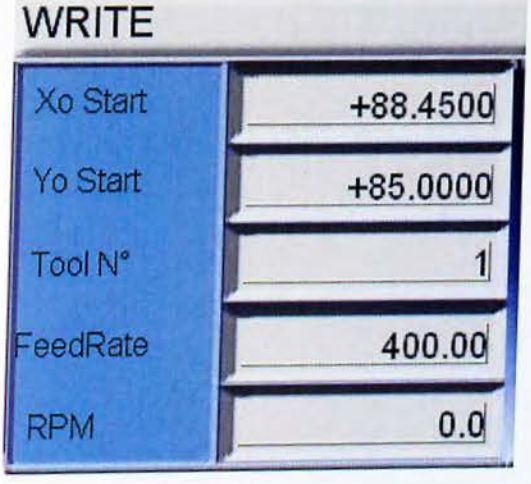


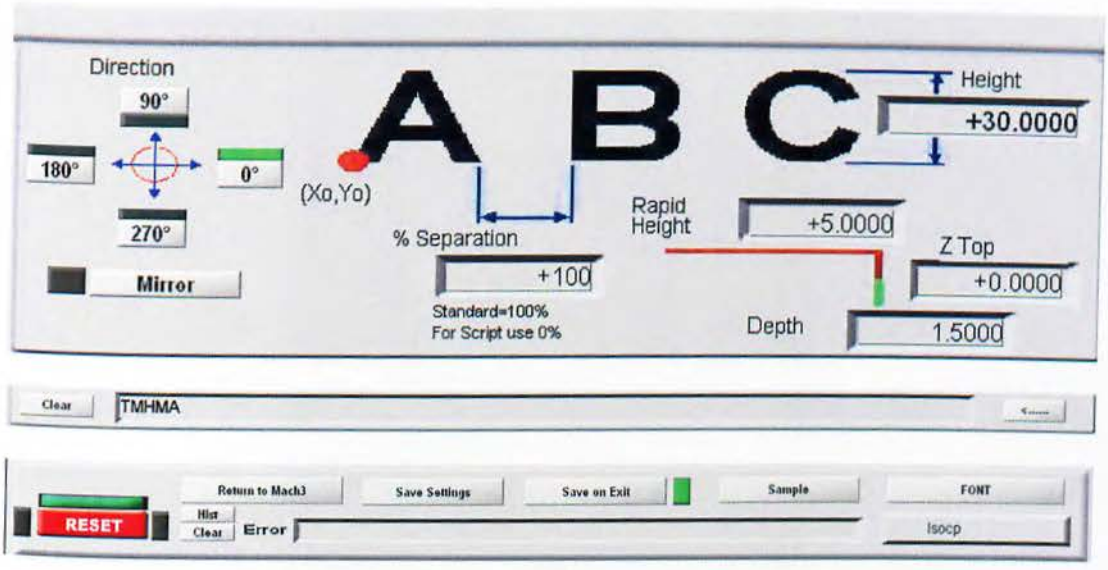
Όταν είμαστε έτοιμοι πατάμε το κουμπί Write και μεταφερόμαστε στο κύριο πρόγραμμα. Ο κώδικας G είναι περασμένος στο πεδίο απεικόνισης των εντολών και είναι έτοιμος για να τον εκτελέσουμε. Μπορούμε να μεταβούμε και στις άλλες καρτέλες όπως την καρτέλα Tool Path και να δούμε την γραφική απεικόνιση ή να βρούμε τον συνολικό χρόνο κατεργασίας. Στη συνέχεια ενεργοποιούμε το εργαλείο κατεργασίας από τον διακόπτη του και πατάμε το πράσινο κουμπί Cycle Start. Η κατεργασία εκτελείται αμέσως.



Για το δεύτερο τμήμα κειμένου «ΤΜΗΜΑ», όπως επίσης και για το τρίτο τμήμα κειμένου «AUTOMATISMOY» θα εργαστούμε όπως και στο πρώτο τμήμα κειμένου.

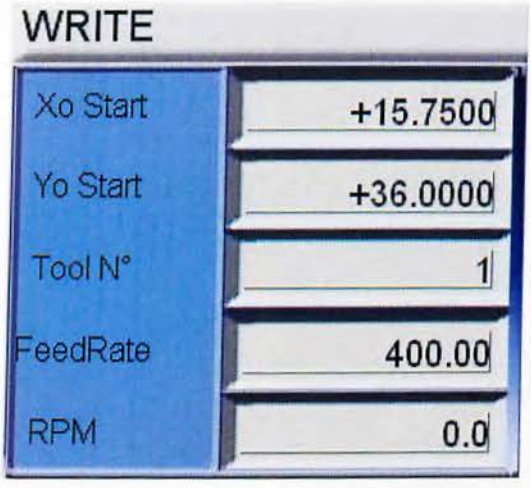
Πεδία τιμών τμήματος «ΤΜΗΜΑ»

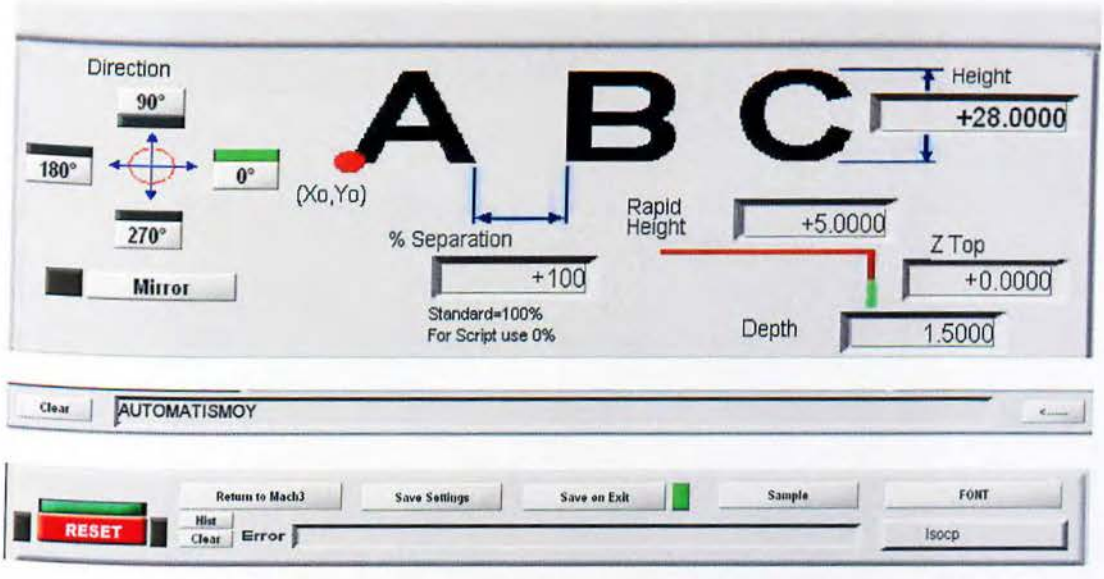


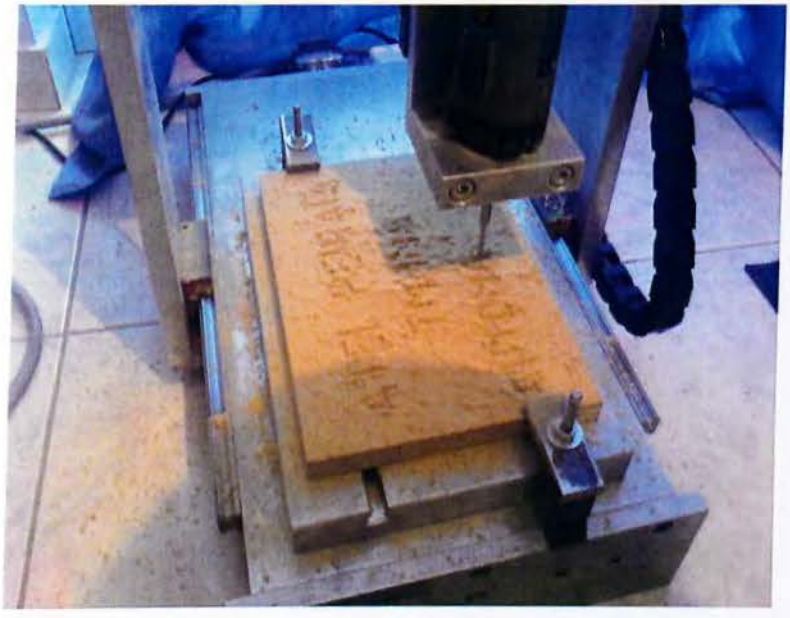

Direction
90°
180°
0°
270°
Mirror
A B C
(Xo,Yo)
% Separation
+100
Standard=100%
For Script use 0%
Rapid Height
+5.0000
Height
+30.0000
Z Top
+0.0000
Depth
1.5000
Clear
TMHMA
Return to Mach3
Save Settings
Save on Exit
Sample
FONT
RESET
Hist
Clear
Error
Isocp



Πεδία τιμών τμήματος «AUTOMATISMOY»

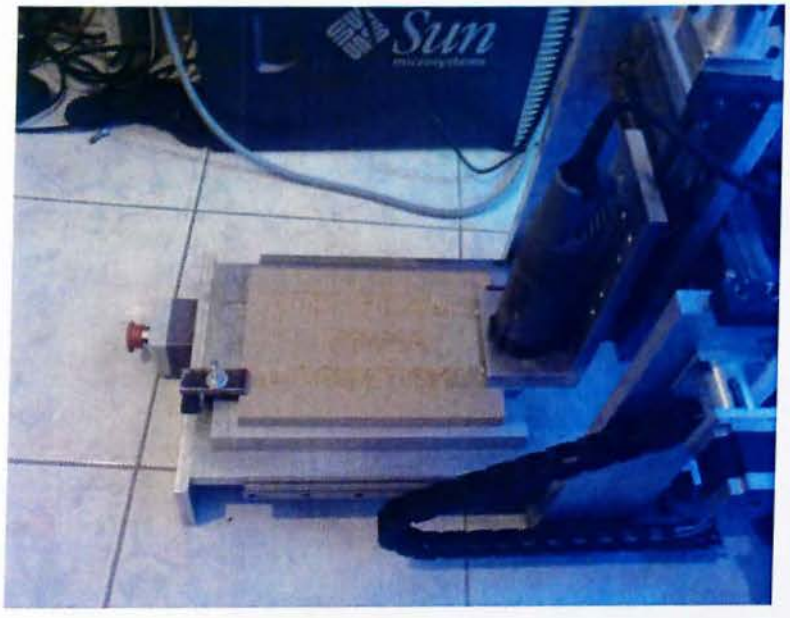






Παρακάτω ακολουθούν εικόνες από την χάραξη των γραμμάτων.









ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ

6.7 Εντολές κώδικα G για την χάραξη των γραμμάτων

6.7.1 Τμήμα κειμένου «ATEI PEIRAIA»

```
G00 G49 G40  G17 G80 G50 G90
G21
M04 S0
G00 Z5
G00 G90 X25.7Y135
F400
G00 Z5
G00 X25.7 Y135
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X34.694 Y161.985
G01 X43.691 Y135
G00 Z5
G00 X41.072 Y142.518
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X28.319 Y142.518
G00 Z5
G00 Z5
G00 X61.013 Y134.934
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X61.013 Y161.919
G00 Z5
G00 X68.465 Y161.919
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X53.495 Y161.919
G00 Z5
G00 Z5
G00 X78.269 Y135
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X78.269 Y161.985
G01 X90.218 Y161.985
G00 Z5
G00 X87.263 Y149.97
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X78.269 Y149.97
G00 Z5
G00 X78.269 Y135
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X90.218 Y135
G00 Z5
G00 Z5
```

```
G00 X100.022 Y135
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X100.022 Y161.985
G00 Z5
G00 Z5
G00 Z5
G00 X137.63 Y135
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X137.63 Y161.985
G01 X145.082 Y161.985
G01 X150.383 Y159.771
G01 X152.6 Y154.467
G01 X150.383 Y149.163
G01 X145.082 Y147.015
G01 X137.63 Y147.015
G00 Z5
G00 Z5
G00 X162.404 Y135
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X162.404 Y161.985
G01 X174.353 Y161.985
G00 Z5
G00 X171.398 Y149.97
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X162.404 Y149.97
G00 Z5
G00 X162.404 Y135
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X174.353 Y135
G00 Z5
G00 Z5
G00 X184.157 Y135
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X184.157 Y161.985
G00 Z5
G00 Z5
G00 X193.961 Y135
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X193.961 Y161.985
G01 X201.413 Y161.985
G01 X206.714 Y159.771
G01 X208.931 Y154.467
G01 X206.714 Y149.163
G01 X201.413 Y147.015
```

G01 X193.961 Y147.015
G00 Z5
G00 X202.955 Y147.015
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X208.931 Y135
G00 Z5
G00 Z5
G00 X218.735 Y135
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X227.729 Y161.985
G01 X236.726 Y135
G00 Z5
G00 X234.107 Y142.518
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X221.354 Y142.518
G00 Z5
G00 Z5
G00 X246.53 Y135
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X246.53 Y161.985
G00 Z5
G00 Z5
G00 X256.334 Y135
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X265.328 Y161.985
G01 X274.325 Y135
G00 Z5
G00 X271.706 Y142.518
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X258.953 Y142.518
G00 Z5
G00 X284.129 Y135
M30

6.7.2 Τμήμα κειμένου «ΤΜΗΜΑ»

G00 G49 G40 G17 G80 G50 G90
G21
M04 S0
G00 Z5
G00 G90 X88.45Y85
F400
G00 Z5

```
G00 X95.968 Y84.934
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X95.968 Y111.919
G00 Z5
G00 X103.42 Y111.919
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X88.45 Y111.919
G00 Z5
G00 Z5
G00 X113.224 Y85
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X113.224 Y111.985
G01 X122.218 Y97.015
G01 X131.215 Y111.985
G01 X131.215 Y85
G00 Z5
G00 Z5
G00 X141.019 Y85
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X141.019 Y111.985
G00 Z5
G00 X141.019 Y99.97
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X155.989 Y99.97
G00 Z5
G00 X155.989 Y111.985
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X155.989 Y85
G00 Z5
G00 Z5
G00 X165.793 Y85
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X165.793 Y111.985
G01 X174.787 Y97.015
G01 X183.784 Y111.985
G01 X183.784 Y85
G00 Z5
G00 Z5
G00 X193.588 Y85
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X202.582 Y111.985
G01 X211.579 Y85
G00 Z5
```

G00 X208.96 Y92.518
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X196.207 Y92.518
G00 Z5
G00 X221.383 Y85
M30

6.7.3 Τμήμα κειμένου «AUTOMATISMOY»

G00 G49 G40 G17 G80 G50 G90
G21
M04 S0
G00 Z5
G00 G90 X15.75Y36
F400
G00 Z5
G00 X15.75 Y36
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X24.1444 Y61.186
G01 X32.5416 Y36
G00 Z5
G00 X30.0972 Y43.0168
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X18.1944 Y43.0168
G00 Z5
G00 Z5
G00 X43.7584 Y38.0048
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X48.7088 Y35.9384
G01 X53.6592 Y38.0048
G01 X55.7256 Y42.9552
G01 X55.7256 Y61.1244
G00 Z5
G00 X41.692 Y61.1244
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X41.692 Y42.9552
G01 X43.7584 Y38.0048
G00 Z5
G00 Z5
G00 X71.8928 Y35.9384
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X71.8928 Y61.1244
G00 Z5

G00 X78.848 Y61.1244
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X64.876 Y61.1244
G00 Z5
G00 Z5
G00 X90.0648 Y38.0048
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X95.0152 Y35.9384
G01 X99.9656 Y38.0048
G01 X102.032 Y42.9552
G01 X102.032 Y54.1076
G01 X99.9656 Y59.0552
G01 X95.0152 Y61.1244
G01 X90.0648 Y59.0552
G01 X87.9984 Y54.1076
G01 X87.9984 Y42.9552
G01 X90.0648 Y38.0048
G00 Z5
G00 Z5
G00 X111.1824 Y36
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X111.1824 Y61.186
G01 X119.5768 Y47.214
G01 X127.974 Y61.186
G01 X127.974 Y36
G00 Z5
G00 Z5
G00 X137.1244 Y36
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X145.5188 Y61.186
G01 X153.916 Y36
G00 Z5
G00 X151.4716 Y43.0168
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X139.5688 Y43.0168
G00 Z5
G00 Z5
G00 X170.0832 Y35.9384
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X170.0832 Y61.1244
G00 Z5
G00 X177.0384 Y61.1244
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X163.0664 Y61.1244

G00 Z5
G00 Z5
G00 X186.1888 Y36
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X186.1888 Y61.186
G00 Z5
G00 Z5
G00 X195.3392 Y38.758
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X203.7336 Y35.9384
G01 X208.0568 Y38.0664
G01 X209.1852 Y42.7676
G01 X206.2396 Y46.5896
G01 X198.408 Y50.4732
G01 X195.4652 Y54.3568
G01 X196.5936 Y59.0552
G01 X200.914 Y61.1244
G01 X207.9336 Y59.744
G00 Z5
G00 Z5
G00 X218.3356 Y36
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X218.3356 Y61.186
G01 X226.73 Y47.214
G01 X235.1272 Y61.186
G01 X235.1272 Y36
G00 Z5
G00 Z5
G00 X246.344 Y38.0048
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X251.2944 Y35.9384
G01 X256.2448 Y38.0048
G01 X258.3112 Y42.9552
G01 X258.3112 Y54.1076
G01 X256.2448 Y59.0552
G01 X251.2944 Y61.1244
G01 X246.344 Y59.0552
G01 X244.2776 Y54.1076
G01 X244.2776 Y42.9552
G01 X246.344 Y38.0048
G00 Z5
G00 Z5
G00 X275.856 Y35.9384
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X275.856 Y48.53
G01 X284.2532 Y61.1244

```
G00 Z5
G00 X275.856 Y48.53
G00 Z0
G01 Z-1.5
G01 X267.4616 Y61.1244
G00 Z5
G00 X293.4036 Y36
M30
```

Σημείωση. Τα προγράμματα μπορούν να λειτουργήσουν και ως ένα πρόγραμμα μαζί. Η χάραξη και των τριών γραμμών μπορεί να γίνει ταυτόχρονα αρκεί από τα παραπάνω προγράμματα να αφαιρέσουμε την εντολή M30 από το τέλος των προγραμμάτων των τμημάτων «ATEI PEIRAIA» και «ΤΜΗΜΑ» και ενώσουμε τα προγράμματα ώστε να σχηματίσουμε ένα πρόγραμμα.

Κεφάλαιο 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7.1 Γενικά συμπεράσματα

Συμπεράσματα βγάλαμε μετά από δοκιμές και μετρήσεις που κάναμε στην μηχανή μας. Συγκεκριμένα εστιάσαμε στην ακρίβεια, την λειτουργικότητα και στην εκτέλεση των εντολών που ορίσαμε. Δοκιμές έγιναν σε μαλακά υλικά όπως ξύλο, αλουμίνιο και ρητινούχα υλικά. Στις δοκιμές έγινε κατεργασία επιφάνειας με χάραξη και διάτρηση. Για την σωστή εκτίμηση των συμπερασμάτων χρησιμοποιήσαμε ακριβή μέσα μέτρησης. Η μηχανή δοκιμάστηκε με διάφορες ρυθμίσεις σε διαφορετικές τιμές. Αλλαγές κάναμε στην ταχύτητα πρόωσης, στην επιτάχυνση, στο μικροσυντονισμό του βήματος, στην ένταση ρεύματος στους βηματικούς κινητήρες, Στα γενικά συμπεράσματα θα αναφερθούμε σε δύο τομείς. Ο πρώτος αφορά την κατασκευή και ο δεύτερος την λειτουργία.

7.1.1 Κατασκευαστικά συμπεράσματα

Η κατασκευή μας αποδείχτηκε στιβαρή και με μεγάλη ακαμψία ώστε να ανταποκρίνεται άριστα σε όλες τις κατεργασίες. Η επιλογή του αλουμινίου για υλικό κατασκευής και οι επιλογές των διαστάσεων των αλουμινένιων τεμαχίων έδωσαν στην κατασκευή βάρος χωρίς να δημιουργούν προβλήματα αστάθειας κατά την κίνηση των κινητών μερών αλλά και κατά την κατεργασία. Η σωστή συναρμολόγηση του σκελετού βοήθησε στην σταθερότητα της κατασκευής και στην γραμμικότητα των κινήσεων. Κρίνουμε ότι τα αλουμινένια τμήματα κατασκευής της μηχανής μας είναι ιδανικά για την κατασκευή μας.

Στους γραμμικούς κανόνες δεν παρατηρήσαμε κάποιο κόλλημα η δυσκολία κύλισης. Η γραμμική κίνηση εκτελούνταν σε όλα τα κινητά μέρη, άνετα, με την απλή ώθηση των χεριών μας. Η επιλογή των φορείων, η τοποθέτηση των κανόνων και η διάταξη των φορείων στους άξονες κρίνεται επιτυχημένη.

Στο σύστημα μετάδοσης, όμως, παρατηρήσαμε κάποια δυσκολία. Η διάμετρος του κοχλία μετάδοσης κίνησης, καθώς και το βήμα του κοχλία ήταν ικανοποιητικά για την κατασκευή μας. Η επιλογή όμως, για την μετάδοση της κίνησης, τραπεζοειδούς κοχλία με μπρούτζινο παξιμάδι επέφερε ανοχή στην ακρίβεια της τάξεως των 0.15mm. Αυτή η ανοχή διαπιστώθηκε στις εναλλαγές κατεύθυνσης και στους τρεις άξονες. Προτείνουμε την αντικατάσταση των κοχλιών μετάδοσης και του παξιμαδιού με μπιλιοφόρους άξονες με τα ανάλογα παξιμάδια.

Στους βηματικούς κινητήρες δοκιμάσαμε την λειτουργία τους και κατασκευαστικά η μετάδοση γίνεται σωστά από το κόμπλερ σύνδεσης και η κίνηση στον άξονα μεταφέρεται χωρίς ταλάντωση. Με την χρήση των ρουλεμάν στήριξης, στις δύο άκρες των κοχλιών μετάδοσης, πετύχαμε την πλήρη απορρόφηση των κάθετων αξονικών φορτίων στον βηματικό κινητήρα. Έτσι η ροπή του βηματικού κινητήρα μεταφερόταν όλη στο παξιμάδι μετάδοσης κίνησης. Δοκιμάσαμε να κινήσουμε ένα κινητό μέρος χωρίς την χρήση του απέναντι, από την θέση του βηματικού κινητήρα, ρουλεμάν με αποτρεπτικά αποτελέσματα.

Συνιστούμε την χρήση ρουλεμάν στήριξης στον κοχλία μετάδοσης κίνησης και κόμπλερ σύνδεσης για την κίνηση των κοχλιών. Επίσης, οι βηματικοί κινητήρες να συνδεθούν απευθείας πάνω στον άξονα και όχι να χρησιμοποιηθούν τροχαλίες μετάδοσης και ιμάντες σύνδεσης κοχλία βηματικού.

Οι τερματικοί διακόπτες κρίνονται ικανοποιητικοί στην κατασκευή μας. Δεν προσφέρουν όμως καλή ακρίβεια και το ίδιο σημείο τερματισμού κατά την διάρκεια των αναφορών, αλλά αυτό δεν επηρεάζει την συνολική ακρίβεια θέσης, γιατί το λειτουργικό πρόγραμμα Mach3 κάνει διόρθωση και μηδενισμό θέσης αυτόματα κατά την αναφορά. Επίσης, οι τερματικοί διακόπτες, δοκιμάστηκαν και αντέχουν την σύγκρουση με τα κινητά μέρη σε περίπτωση που δεν λειτουργούν τα καθορισμένα όρια που έχουμε δηλώσει στο πρόγραμμα.

Το εργαλείο κατεργασίας είναι ιδανικό στην κατεργασία χάραξης σε μαλακά υλικά. Χρησιμοποιήσαμε στις δοκιμές μονόφτερα κοπτικά εργαλεία διαμέτρου 6mm και 8mm. Η θέση κατεργασίας του εργαλείου είναι κάθετη με την επιφάνεια κατεργασίας χάρη στην κατασκευή του εργαλείου. Τα φορτία που δέχεται το εργαλείο κατά την κατεργασία απορροφούνται από την βάση στήριξης και δεν παρατηρήθηκε ταλάντωση στο εργαλείο. Η εύκολη τοποθέτηση και απομάκρυνση του εργαλείου από την βάση στήριξης καθιστά το εργαλείο ευέλικτο στην μηχανή μας. Κατασκευαστικά, το εργαλείο είναι ιδανικό για κάθετες κατεργασίες.

Το ηλεκτρολογικό κουτί κρίναμε ότι είναι αποδεκτό για την μηχανή μας. Μετά από ώρες λειτουργίας δεν παρατηρήθηκε αύξηση θερμοκρασίας στο εσωτερικό του κουτιού από τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα. Το σύστημα εξαερισμού του κουτιού λειτουργεί άψογα.

Τα γενικά κατασκευαστικά συμπεράσματα είναι ότι η μηχανή μας είναι λειτουργική και ανταποκρίνεται σωστά στις απαιτήσεις κατεργασίας μαλακών υλικών. Η δυνατότητα παρατήρησης όλων των εξαρτημάτων μας δίνει το πλεονέκτημα του καθολικού ελέγχου της μηχανής κατά την λειτουργία της μηχανής αλλά και κατά την περίοδο της συντήρησή της.

7.1.2 Λειτουργικά συμπεράσματα

Τα λειτουργικά συμπεράσματα αφορούν τα συμπεράσματα κατά την λειτουργία της CNC μηχανής. Οι δοκιμές εστίασαν στην ανταπόκριση των εντολών του λειτουργικού προγράμματος Mach3 στην κίνηση των κινητών μερών. Ουσιαστικά, εξετάσαμε την σωστή λειτουργία της πλακέτας ελέγχου και των βηματικών κινητήρων. Αφού ήμασταν σίγουροι ότι η επικοινωνία της κεντρικής μονάδας του ηλεκτρονικού υπολογιστή με την πλακέτα ελέγχου και αυτής με τα ελεγχόμενα στοιχεία της μηχανής, ήταν σωστή, προχωρήσαμε σε δοκιμαστικές εντολές για να διαπιστώσουμε την απόκριση των στοιχείων.

Το λειτουργικό πρόγραμμα ανταποκρίθηκε και λειτούργησε σωστά στον υπολογιστή μας χωρίς να δημιουργήσει επιπλοκές στο λειτουργικό μας πρόγραμμα. Η χρήση του προγράμματος κρίθηκε εύκολη μετά από την μελέτη των εγχειρίδιων χρήσης. Η επικοινωνία και η απόκριση του προγράμματος είναι άμεση και σωστή. Κρίνουμε πολλή καλή την

επιλογή του συγκεκριμένου προγράμματος λειτουργίας Mach3 και καλυπτόμαστε αρκετά για το φάσμα κατεργασιών που επιθυμούμε να κάνουμε. Επίσης διαπιστώσαμε ότι το πρόγραμμα έχει την δυνατότητα να εκτελέσει κώδικα G, πάνω από 500 γραμμές κάτι που η εταιρεία Mach είχε αποκλείσει. Αυτό το πετύχαμε με την εισαγωγή προγράμματος κώδικα G, από την επιλογή Load G-Code στην καρτέλα Program Run.

Εκτελώντας μία ομάδα εντολών με διαφορετικές ρυθμίσεις στην πλακέτα ελέγχου διαπιστώσαμε ότι οι βηματικοί κινητήρες λειτουργούσαν ομαλότερα με μικροσυντονισμό βήματος στο 1/2 του αρχικού βήματος. Στους βηματικούς κινητήρες παρατηρήσαμε ότι αυξάνοντας την ταχύτητα πρόωσης πάνω από το 1 m/min από το λειτουργικό πρόγραμμα (Motor Tuning), χανόταν η ροπή αδράνειας του κινητήρα με αποτέλεσμα ο κινητήρας να μην μπορεί να αντεπεξέλθει στις απότομες εναλλαγές φοράς. Ρυθμίζοντας την επιτάχυνση από την ίδια καρτέλα παρατηρήσαμε ότι εξασφαλίζοντας μεγάλη επιτάχυνση το σύστημα μετάδοσης κίνησης φράκαρε και δεν ανταποκρινόταν. Με μικρή επιτάχυνση και μεγάλη ταχύτητα, οι βηματικοί κινητήρες έχαναν την γραμμική τους λειτουργία. Σε όλες τις περιπτώσεις οι βηματικοί κινητήρες έχαναν βήματα και αυτό το συμπεράναμε και κατά την λειτουργία των κινητήρων και κατά την διαδικασία μετρήσεων. Αυτό το πρόβλημα επηρέαζε την λειτουργία του λειτουργικού προγράμματος, αφού τα βήματα που χάνονταν ήταν αδύνατον να εντοπιστούν από το πρόγραμμα αφού δεν διαθέτουμε βηματικούς κινητήρες με ανάδραση. Κάθε φορά που έχανε βήμα ο κινητήρας χάναμε και την σωστή απόσταση του συστήματος σε σχέση με το πρόγραμμα. Επίσης, διαπιστώσαμε έντονο ήχο θορύβου στους βηματικούς κινητήρες κατά την περίοδο δοκιμών που άλλαζε κάθε φορά που αλλάζαμε κάποια ρύθμιση της πλακέτας ελέγχου. Το αποτέλεσμα των παραπάνω πειραμάτων ήταν να αυξήσουμε την ένταση ρεύματος των βηματικών κινητήρων στο 100% και να ρυθμίσουμε μικροσυντονισμό στο 1/2 του αρχικού βήματος από την πλακέτα ελέγχου. Επίσης, από το λειτουργικό πρόγραμμα επιλέξαμε μικρή ταχύτητα πρόωσης και μικρή επιτάχυνση. Τελικώς, αποφασίσαμε ότι ο συνδυασμός της πλακέτας ελέγχου με τους συγκεκριμένους βηματικούς κινητήρες, εάν προσδοκούμε μεγαλύτερη ταχύτητα πρόωσης, κρίνεται αναποτελεσματικός και επιβάλλεται η τοποθέτηση τουλάχιστον μεγαλύτερης ροπής βηματικοί κινητήρες.

Το εργαλείο κατεργασίας κατά την λειτουργία του διαπιστώσαμε ότι καλύπτει τις απαιτήσεις της μηχανής μας. Το εύρος στροφών που έχει, μας έδωσε την δυνατότητα να δοκιμάσουμε κατεργασία με μεγάλη ταχύτητα πρόωσης καθώς επίσης και δοκιμές κατεργασίας με μεγάλο βάθος κοπής σε μαλακά υλικά. Η ανταπόκριση του εργαλείου ήταν ικανοποιητική και το πέρας της κατεργασίας δεν καταπόνησε τη λειτουργία του. Προτείνουμε την χρήση του συγκεκριμένου εργαλείου κατεργασίας για κατεργασίες μαλακών υλικών όπου απαιτούνται πολλές στροφές στο κοπτικό εργαλείο και μέγιστος βάθος κατεργασίας να μην ξεπερνά τα 3mm. Σε περίπτωση που η κατεργασία μας απαιτεί έλεγχο στροφών και λίγες στροφές λειτουργίας θα πρέπει να αντικαταστήσουμε το εργαλείο κατεργασίας. Η επιλογή του εργαλείου κρίνεται ικανοποιητική.

7.2 Συμπεράσματα παραδείγματος

Στα συμπεράσματα του παραδείγματος θα αναφερθούμε στις παρατηρήσεις κατά την διάρκεια του παραδείγματος αλλά και με την ολοκλήρωσή του. Αρχικά να υπενθυμίσουμε ότι λάβαμε όλα τα μέτρα προστασίας και ασφάλειας για την υλοποίηση του παραδείγματος.

Για την προετοιμασία την κατεργασίας προσέξαμε ότι καλή θέση για την τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου είναι το κινητό μέρος Z τέρμα πάνω και το κινητό μέρος X μπροστά. Για την πιο εύκολη τοποθέτηση του αντικειμένου μετακινήσαμε το κινητό μέρος X πίσω και το κινητό μέρος Z πάνω. Η τοποθέτηση της ξύλινης πλάκας ήταν εύκολη και δεν δημιούργησε κάποιο πρόβλημα. Προσέξαμε στην σωστή και καλή πρόσδεση της πλάκας. Οι σφικτήρες θα πρέπει να έχουν καλή εφαρμογή και στο αντικείμενο πρόσδεσης και στον πάγκο κατεργασίας. Η πρόσδεση της ξύλινης πλάκας έγινε σε δύο αντικριστά διαγώνια σημεία και κρίθηκε ικανοποιητική για το παράδειγμα χωρίς να υπάρχουν συμπτώματα αστάθειας.

Ο κώδικας G που εκτελέσαμε, δημιουργήθηκε από το βοήθημα (Wizard) του προγράμματος Mach3. Με τον κώδικα επεξεργασμένο από το ίδιο πρόγραμμα ήμασταν σίγουροι ότι δεν θα αντιμετωπίσουμε πρόβλημα στην υλοποίησή του. Κατά την διαδικασία της κατεργασίας, εντοπίσαμε ότι η εκτέλεση του κώδικα αρχίζει πρώτα την κίνηση του άξονα Z. Αυτό μας ανάγκασε να μετακινήσουμε τα κινητά μέρη X και Y μακριά από τους σφικτήρες πρόσδεσης γιατί υπήρχε άμεσος κίνδυνος σύγκρουσης του κοπτικού εργαλείου με αυτούς κατά την μετάβαση από το σημείο αναφοράς στο σημείο εκκίνησης χάραξης. Θα μπορούσαμε να αλλάξουμε το ύψος του Z από το πεδίο Z Top στο βοήθημα γραφής αλλά επειδή έχουμε επίπεδη επιφάνεια δεν χρειάζεται. Δεν χρειάζεται γιατί κάθε φορά που άλλαζε γράμμα, στην κατεργασία χάραξης, γινόταν από το πρόγραμμα μετατόπιση στον άξονα Z όσο το πεδίο Rapid Height που έπρεπε σίγουρα να είναι μεγαλύτερο από το Z Top. Τελικά ο κώδικας G από το βοήθημα λειτούργησε εξαιρετικά και ως τρία ανεξάρτητα προγράμματα αλλά και ως μία ένωση των τριών.

Για τον ορισμό του σημείου αναφοράς προσέξαμε να μην πέσουμε με το κοπτικό εργαλείο πάνω στις επιφάνειες της ξύλινης πλάκας. Χρειάστηκε λίγο προσοχή και η διαδικασία ολοκληρώθηκε σχετικά γρήγορα.

Το εργαλείο κατεργασίας με το συγκεκριμένο βάθος κοπής δεν συνάντησε δυσκολία στην χάραξη στο ξύλο. Μπορούσαμε να μεταβάλουμε τις στροφές επιλέγοντας όποια κρίναμε κατάλληλη. Η κατεργασία εξελίχτηκε ομαλά με μία λογική μικρή αύξηση θερμοκρασίας του εργαλείου.

Οι μετατοπίσεις των κινητών μερών μετά τις τελικές ρυθμίσεις ήταν ικανοποιητικές και τελικώς η απόκλιση της χάραξης ήταν 0.2mm όταν επαναλάβαμε την διαδικασία εκτελώντας τον κώδικα και των τριών γραμμών ταυτόχρονα. Δεχόμαστε την απόκλιση ως αναμενόμενη λόγω του ότι η μηχανή κινήθηκε σε όλο το μήκος και πλάτος της δυνατότητας κατεργασίας και με βάση τις προηγούμενες παρατηρήσεις στα γενικά συμπεράσματα.

Γενικά το παράδειγμα κρίνεται επιτυχές με πολύ καλό βαθμό απόδοσης της επιθυμητής κατεργασίας.

7.3 Αξιολόγηση

Στην αξιολόγηση της σχεδίασης και κατασκευής του mini CNC router θα αναφερθούμε στην γενική εικόνα που μας άφησε η ενασχόληση με την συγκεκριμένη εφαρμογή. Η περάτωση της ιδέας που είχαμε για την δημιουργία μιας μηχανής CNC ήταν αρκετά πολύπλοκή. Αφιερώσαμε πολύ χρόνο στην αναζήτηση των εξαρτημάτων για την κατασκευή της μηχανής. Έχοντας στο μυαλό μας την εικόνα της μηχανής, κινηθήκαμε στο να κατασκευάσουμε μια μηχανή που θα εξυπηρετεί εμάς στον τρόπο λειτουργίας της και θα ανταποκρίνεται στη σύγχρονη πραγματικότητα.

Τελικώς, αξιολογούμε την μηχανή CNC ως ένα μηχάνημα πολλαπλών δυνατοτήτων, λειτουργικό και άμεσης εφαρμογής. Οι δυνατότητες που μας παρέχει είναι αρκετές. Κρίνουμε ότι η κατασκευή μας καλύπτει υψηλά κριτήρια ακρίβειας και λειτουργικότητας. Η απόδοση του γραμμικού συστήματος είναι ικανοποιητική και η χρήση και αλληλεπίδραση με τον χρήστη της άμεση και εύκολη. Αν στην κατασκευή εφαρμόσουμε τις προτάσεις βελτίωσης τότε το αποτέλεσμα θα είναι εξαιρετικό. Πιστεύουμε ότι τελικά καλύψαμε τις αρχικές μας προσδοκίες και είμαστε αρκετά ικανοποιημένοι με το αποτέλεσμα.

Κεφάλαιο 8: ΒΕΛΤΙΣΤΟΠΟΙΗΣΗ

8.1 Βελτιώσεις

Η μηχανή CNC που κατασκευάσαμε αποτελεί πρότυπη κατασκευή. Στο κεφάλαιο αυτό θα παραθέσουμε πιθανές βελτιώσεις που θα μπορούσαν να γίνουν στην ίδια την μηχανή ή σε κάποια μεταγενέστερη αυτής. Οι βελτιώσεις αφορούν όλη την κατασκευή και εξαρτώνται από τα διαθέσιμα υλικά και το ανάλογο κόστος εφαρμογής τους αλλά και από την τεχνολογία της εποχής τους. Προτεινόμενες βελτιώσεις είναι οι εξής:

1. Βελτίωση στην ποιότητα του υλικού της κατασκευής του σκελετού. Χρήση προφίλ αλουμινίου βιομηχανικής χρήσης αντί των πλακών αλουμινίου που χρησιμοποιήσαμε.
2. Αντικατάσταση του τραπεζοειδούς σπειροειδές κοχλία, με κοχλία με μπιλιοφόρο παξιμάδι για μεγαλύτερη ακρίβεια.
3. Αντικατάσταση των υπάρχον βηματικών κινητήρων με βηματικούς κινητήρες μεγαλύτερης ροπής.
4. Χρησιμοποίηση σέρβο κινητήρων αντί για βηματικούς κινητήρες για μεγαλύτερη ακρίβεια με δυνατότητα ανάδρασης και μεγαλύτερες ταχύτητες.
5. Αντικατάσταση του χειροκίνητου εργαλείου κατεργασίας με εργαλείο μεταβλητών στροφών ελεγχόμενο από την πλακέτα ελέγχου.
6. Πρόσθεση εξωτερικού προστατευτικού περιβλήματος για ασφάλεια.
7. Αντικατάσταση πλακέτας έλεγχου με σύγχρονη πλακέτα έλεγχου με περισσότερες ρυθμίσεις και επικοινωνία με θύρα USB ώστε να γίνεται σύνδεση από φορητό υπολογιστή.
8. Αντικατάσταση πλακέτας έλεγχου με σύγχρονη πλακέτα που ενσωματώνεται στον Η/Υ και διαθέτει ασύρματη επικοινωνία.
9. Πρόσθεση φωτισμού.
10. Πρόσθεση υγρού υλικού για καλύτερη κοπή των αντικειμένων.
11. Πρόσθεση εξωτερικού τηλεχειριστηρίου για την κίνηση των κινητών μερών και την καλύτερη προσέγγιση του σημείου αναφοράς του αντικειμένου προ κατεργασία.
12. Πρόσθεση φάρου βλαβών και λειτουργίας
13. Πρόσθεση οθόνη απεικόνισης των συντεταγμένων του συστήματος.
14. Τοποθέτηση επιπλέων τερματικών διακοπτών για τον έλεγχο των ορίων σε κάθε άξονα.
15. Κατασκευή ηλεκτρολογικού κουτιού που θα συμπεριλαμβάνει ηλεκτρονικό υπολογιστή μαζί με πλακέτα ελέγχου και θα προορίζεται μόνο για χρήση στην CNC μηχανή.

8.2 Αναβαθμίσεις

Αναβάθμιση μπορούμε να κάνουμε στον ηλεκτρονικό υπολογιστή που συνδέεται με την μηχανή μας και να αναβαθμίσουμε το λειτουργικό πρόγραμμά μας με νεότερα Windows. Επίσης μπορούμε να αναβαθμίσουμε και το πρόγραμμα Mach3 νε νεότερες εκδόσεις όταν αυτές βγουν ή όταν αλλάξουμε το λογισμικό του ηλεκτρονικού υπολογιστή μας. Το πρόγραμμα Mach3 που είναι εγκατεστημένο στον υπολογιστή μας είναι τελευταία έκδοση που αφορά τα Window Xp.

Κεφάλαιο 9: ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

9.1 Βασικά Στοιχεία Μηχανικής

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 μιας περιστροφής της κυρίας ατράκτου της εργαλειομηχανής (Spindle) μαζί με εργαλειομηχανή, μετρούμενη σε ίντσες ανά περιστροφή (IPR) ή mm ανά περιστροφή (mm/rev). Σε μερικές περιπτώσεις η εργαλειομηχανή διεισδύει (Feeds) 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) [fz], μετρούμενη σε ίντσες ανά δόντι (IPT) ή mm/δόντι , πολλαπλασιασμένη με τον αριθμό των οδόντων του κοπτικού εργαλείου.

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. Μετριέται σε πρόωση επιφανείας ανά λεπτό (Surface Feed Per Minute - SFM) ή σε m/min.

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).

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 μετριέται σε ίντσες ανά λεπτό (IPM) ή mm/min και είναι «προϊόν» της πρόωσης κοπής (IPR) και της ταχύτητας περιστροφής της ατράκτου (RPM).

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 την περίπτωση το κοπτικό εργαλείο μετατοπίζεται σε διακριτά και καθορισμένα βάθη κοπής ανά πάσο.

Tool Rotation

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 τη 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.

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 διεξαχθούν διαδοχικές κοπές, οι

οποίες εκτελούνται βαθμιδωτά και διαδοχικά η μια 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.

9.2 Γενικές πληροφορίες

9.2.1 Κατηγορίες φρεζαρίσματος

Το φρεζάρισμα ως κατεργασία διαχωρίζεται στις εξής κατηγορίες:

Γενικό φρεζάρισμα (General Machining): Είναι μια στρατηγική φρεζαρίσματος για γενική χρήση. Το πλάτος κοπής (ae) και το βάθος κοπής (ap) μπορούν να διαφέρουν σε κάθε περίπτωση. Τα 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(cm3 / min). Το εύρος εφαρμογής της εν λόγω κατηγορίας περιλαμβάνει μικρές παραγωγές (Small Batch Sizes) σε ευρύ πεδίο υλικών.

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 Ra. 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 εργαλεία είναι πολύ ευσταθή, έχουν μεγάλου πάχους 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.

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 (ae) αντιστοιχεί μια φορά στη διάμετρο κοπής (Dc) και το βάθος κοπής από 1 μέχρι 1,5 φορές στη Dc 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 έχουν ειδικές διαμορφώσεις στους αύλακες

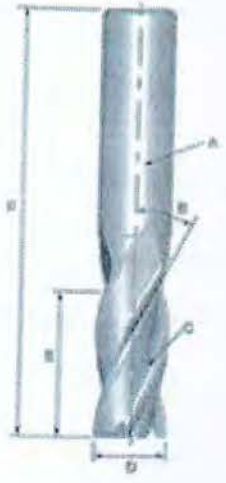
τους για την απομάκρυνση του αποβλήτου. Στις αιχμές τους έχουν προστατευτικές επιφάνειες 45ο ή προστατευτικά γωνιακά ράδια (Corner Radius), δηλαδή έχουν έναν ειδικά λείο διαμορφωμένο χώρο για το απόβλητο και την επικάλυψη που επιδέχονται. Πεδίο εφαρμογής της εν λόγω κατηγορίας είναι οι κατεργασίες σε 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).

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 (ae) σε συνδυασμό με μικρά βάθη κοπής (ap). 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 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. Επίσης μπορεί να εφαρμοστεί για φρεζάρισμα θυλακίων μεγάλου βάθους.

9.2.2 Κονδύλια

Στο επιτραπέζιο φρεζάρισμα σχεδόν κατά αποκλειστικότητα χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα κονδύλια (End Mills). Υπάρχουν σε αρκετές μορφές και τα χαρακτηριστικά τους αναφέρονται παρακάτω.

Βασικά Γεωμετρικά χαρακτηριστικά :



A Τμήμα ατράκτου κοπτικού (Shank)

B Γωνία Ελίκωσης (Helix Angle)

C Ενεργός επιφάνεια-κανάλι κοπής (Φτερό – Flute)

D Εξωτερική Διάμετρος (Outside Diameter)

E Μήκος Κοπής (Cutting Length)

F Συνολικό Μήκος (Overall Length)

Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κονδυλιού

Επιλέγοντας των αριθμό των φτερών (flutes)

Διακρίνονται σε δίφτερα, τρίφτερα, τετράφτερα ή και με περισσότερα φτερά (σπανιότερα). Ο αριθμός των φτερών (flutes) στα κονδύλια φρεζαρίσματος (end mill) εξαρτάται από:

- Το κατεργαζόμενο υλικό.
- Τις διαστάσεις του υπό κατεργασία τεμαχίου.
- Τις συνθήκες κατεργασίας.

Τα γενικά χαρακτηριστικά και κριτήρια επιλογής τους φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 1.

Ο ρόλος της γωνίας ελίκωσης (Helix angle)

Αυξάνοντας των αριθμό των φτερών (Flutes), το φορτίο κοπής σε κάθε οδόντωση είναι περισσότερο ομοιογενές, με αποτέλεσμα να προκύπτει καλύτερη ποιότητα επιφανείας στο τεμάχιο που κατεργαζόμαστε.

Μια μεγάλη όμως γωνία ελίκωσης αυξάνει και το φορτίο (FV) κατά μήκος του άξονα του κοπτικού. Ένα μεγάλο φορτίο FV συνεπάγεται τα ακόλουθα:

- Αυξημένα φορτία στις εδράσεις (Bearings) της εργαλειομηχανής.
- Μετατόπιση του κοπτικού κατά μήκος της ατράκτου περιστροφής. Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν κοχλιωτοί ή τύπου Weldon σφικτήρες (Shanks).



Κονδύλι φρεζαρίσματος (End Mill)

2 flutes	3 flutes	4 flutes (or multiflutes)
		
Αντοχή σε λυγισμό/κάμψη (flexural strength)	Υψηλή ⟵	⟶ Χαμηλή
Ρυθμός Απομάκρυνσης αποβλήτου (chip space)	Μεγάλος ⟵	⟶ Μικρός
• Μεγάλος χώρος αποβλήτου. • Ευκολία αποβολής υλικού. • Ενδείκνυται για slot milling. • Ιδανικό για μεγάλο φόρτο εργασίας. • Μικρότερη ακαμψία εξαιτίας της μικρής διατομής του. • Μικρότερη ποιότητα επιφανείας στο τεμάχιο κατά την αποπεράτωση.	• Χώρος αποβλήτου περίπου ίσου μεγέθους με αυτόν των 2 flutes. • Μεγαλύτερη διατομή – μεγαλύτερη ακαμψία από αυτήν των 2 flutes. • Βελτιωμένη ποιότητα επιφανείας στο τεμάχιο.	• Μεγαλύτερη ακαμψία. • Μεγαλύτερη διατομή – μικρός χώρος αποβλήτου. • Καλύτερη ποιότητα επιφανείας στο τεμάχιο. • Ιδανικό για φρεζάρισμα profile , πλευρικό (side milling) και shallow slotting.

Πίνακας 1: Γενικά χαρακτηριστικά και κριτήρια επιλογής κονδυλίων

Βασικές Κατηγορίες

Τα κονδύλια φρεζαρίσματος κατατάσσονται ανάλογα με τη μορφή τους κατά τον ακόλουθο πίνακα:

Επίπεδα - Ξεχονδρίσματος (Flat end mills)	Σφαιρικά- Σφαιροειδή (Ball-nose End Mills)	Γωνιακά (Corner Radius End Mills)	Χαρακτικά - Λεπτοκατεργασίας (Miniature Cutters)
			
Τελειώνει σε τετραγωνική διατομή	Τελειώνει σε ημισφαιρική διατομή	Τελειώνει σε τετραγωνική διατομή με ράδιο.	Διάμετρος έως 1mm

Πίνακας 2: Κατάταξη κονδυλιών φρεζαρίσματος ανάλογα με την μορφή τους

Το πρότυπο DIN 1836 καθορίζει τους διαφορετικούς τύπους κοπτικής ικανότητας για τα κονδύλια, όπως στον παρακάτω πίνακα:

N	-Για κοπτικά εργαλεία πο κατεργάζονται χάλυβα. -Ανεπαρκή σε συνθήκες υψηλής αντίστασης.
W	-Για κοπτικά που κατεργάζονται ελατά (Malleable) υλικά

Πίνακας 3: Μερικοί τύποι κοπτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 1836

Χαρακτηριστικά των κονδυλίων ως προς τις κοπτικές αιχμές ως προς τις κοπτικές αιχμές τους (απολήξεις των Flutes) τα κονδύλια υποδιαιρούνται σε :

Κεντροφόρα κονδύλια	Μη-κεντροφόρα κονδύλια
	
Ιδανικό για διάτρηση (drilling) και βυθίσεις (plunging). Στην περίπτωση άρτιου αριθμού ελικώσεων (π.χ. 2-4-6 κτλ), τότε κεντρικά εισχωρούν μόνο δύο αιχμές. Στην περίπτωση περιττού αριθμού ελικώσεων (π.χ. 3-5 κτλ), κεντρικά εισχωρεί μόνο μια αιχμή.	Χρησιμοποιείται μόνο για γεωμετρίες περιγράμματος (profile) και ανοικτών αυλακών (slots) Επιτρέπει την λείανση μεταξύ των κέντρων. (Allows the regrinding between centers)

Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά κεντροφόρων και μη κεντροφόρων κονδυλίων.

Περεταίρω Κατηγοριοποίηση για την επιλογή κονδυλίων (End Mills)

Υπάρχουν πολλές κατεργασίες οι οποίες ορίζονται υπό τον όρο "End Milling". Για κάθε κατεργασία, υπάρχει ένας βέλτιστος τύπος κοπτικού εργαλείου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί . Τρεις κυρίως παράμετροι επηρεάζουν τον τύπο του κοπτικού που τελικά θα επιλεγεί και την περεταίρω κατηγοριοποίηση των κοπτικών εργαλείων αυτού του τύπου:

- Η κατεύθυνση χρήσης (κοπής) του κοπτικού.
- Ο ρυθμός αποβολής του υλικού (Material Removal Rate).
- Ο τύπος της εφαρμογής.

Όσον αφορά την κατεύθυνση χρήσης του κοπτικού (Direction of the use of the Cutter), μπορούμε να διαχωρίσουμε το σύνολο των κοπτικών σχετικά με τις πιθανές διευθύνσεις εργασίας πάνω στην επιφάνεια του υπό κατεργασία τεμαχίου (Workpiece) με τρεις τρόπους:

3 Διευθύνσεις	2 Διευθύνσεις	1 Διεύθυνση
		

Πίνακας 5: Κατεύθυνση χρήσης του ΚΕ

Όσον αφορά το ρυθμό αποβολής υλικού [Material Removal Rate - MRR (Q)] μπορούμε να τον υπολογίσουμε ως τον όγκο του υλικού που αποβάλλεται κατά τη διάρκεια της κοπής. Ο όγκος που αποβάλλεται είναι ο αρχικός όγκος του τεμαχίου πλην αυτόν που

μένει μετά το πέρας της κατεργασίας. Ο χρόνος κοπής είναι ο χρόνος που χρειάζεται το κοπτικό για να μετακινηθεί κατά το μήκος του τεμαχίου. Ο ρυθμός αποβολής υλικού είναι η παράμετρος, η οποία επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το βαθμό τελικής ποιότητας αποπεράτωσης (Finishing Grade) του τεμαχίου.

Ορίζεται:

$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot a_f}{1000}$$

όπου:

Q = MRR (cm^3 / min)

α_p = αξονικό πάχος (mm)

α_e = ακτινικό μήκος (mm)

α_f = ρυθμός αποβολής (mm / min)

Όσον αφορά τις εφαρμογές των κονδυλίων αυτές συνδέονται στενά με το ρυθμό αποβολής υλικού. Για κάθε εφαρμογή υπάρχει ένας διαφορετικός ρυθμός αποβολής υλικού, ο οποίος αυξάνεται με τον τρόπο εμπλοκής του κοπτικού εργαλείου με το υπό κατεργασία τεμάχιο.

Πλευρικό φρεζάρισμα (Side Milling)	*Μετωπικό φρεζάρισμα (Face Milling)*	*Slot Milling*	*Plunge Milling*	*Ramping*
				
Το ακτινικό βάθος κοπής πρέπει να είναι μικρότερο από το 0,25 της διαμέτρου του κοπτικού End Mill.	*Το ακτινικό βάθος κοπής δεν πρέπει να είναι παραπάνω από το 0,9 της διαμέτρου του κοπτικού.* *Το αξονικό βάθος κοπής δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το 0,1 της διαμέτρου του κοπτικού.*	*Φρεζάρισμα θηλακίου για σφηνάυλακα. Το ακτινικό βάθος κοπής είναι ίσο με την διάμετρο του κοπτικού End Mill.*	*Σε περίπτωση διάτρησης με κοπτικό End Mill η πρόωση θα πρέπει να μειωθεί στο μισό.*	*Ταυτόχρονη αξονική και ακτινική εισχώρηση του κοπτικού στο κατεργαστο τεμάχιο.*

Πίνακας 6: Συνιστώμενες παράμετροι χρήσης κονδυλίων ανά εφαρμογή

9.2.3 Κανόνες διάτρησης

Απαντώνται στις κατεργασίες φρεζαρίσματος οι παρακάτω τρόποι εισχώρησης κοπτικού εργαλείου στο τεμάχιο:

Εισχώρηση κε γωνία (ramping)

Προτεινόμενες γωνίες εισχώρησης α στο κατεργαζόμενο τεμάχιο (ramping angle) για εφαρμογή σε κονδύλια φρεζαρίσματος υψηλών ταχυτήτων.



Αριθμός οδόντων	2	3	≥4
Για χάλυβα και χυτοσίδηρο	≤15	≤10	≤5
Για αλουμίνιο, χαλκό και πλαστικά	≤30	≤20	≤10
Για σκληρυμένο χάλυβα	≤4	≤3	≤2

Πίνακας 7: Προτεινόμενες γωνίες εισχώρησης α στο κατεργαζόμενο τεμάχιο

Σπειροειδής εισχώρηση



Υλικό	Προτεινόμενο a_p
Χάλυβας	$\leq 0.10 \times D$
Αλουμίνιο	$\leq 0.20 \times D$
Σκληρυμένος χάλυβας	$\leq 0.05 \times D$

Πίνακας 8: Προτεινόμενες τιμές ταχύτητας σπειροειδούς εισχώρησης για διαφορετικού τύπου υλικά

$$D_b \text{ max} = 2 * (D - R)$$

όπου ,

D_b max = η μέγιστη δυνατή διάμετρος διάνοιξης

D = Η διάμετρος φρεζαρίσματος

R= Η ακτίνα φρεζαρίσματος

Αξονική εισχώρηση



Εικόνα 23: Αξονική εισχώρηση

Σε αυτήν την περίπτωση, η πρόωση πρέπει να διαιρεθεί με τον αριθμό των οδόντων του κοπτικού εργαλείου. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι δεν πρέπει να διεξαχθεί αξονική εισχώρηση με κονδύλια που φέρουν παραπάνω από τέσσερεις οδόντες.

9.2.4 Κανόνες επιλογής και χρήσεις κοπτικών εργαλείων

Η επιλογή συνθηκών κατεργασίας για επιτραπέζιες εργαλειομηχανές CNC με δεδομένο το εργαλείο που θα χρησιμοποιηθεί έχει δύο σκέλη, το τεχνολογικό και το οικονομικό. Το πρώτο συνδέεται με όλους εκείνους τους περιορισμούς που αναφέρονται στις τεχνολογικές δυνατότητες της μηχανής, του κοπτικού εργαλείου και του περιβάλλοντος της κατεργασίας (υγρό κοπής , σύστημα συγκράτησης κλπ) καθώς και με τις προδιαγραφές ποιότητας του κατεργαζόμενου τεμαχίου(τραχύτητα επιφάνειας, ανοχές κλπ.). Το δεύτερο σκέλος αναφέρεται στη βελτιστοποίηση των συνθηκών κατεργασίας έτσι ώστε -τυπικά - να μεγιστοποιείται κάποια συνάρτηση κέρδους. Θεωρητικά, δηλαδή, πρόκειται για ένα πρόβλημα πολύ-παραμετρικής βελτιστοποίησης με περιορισμούς.

Στην πράξη πολύ σπάνια ακολουθείται μια τέτοια διαδικασία λόγω των δυσκολιών που προκύπτουν από τη συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων, αλλά και από την πολυπλοκότητα της μαθηματικής ή αριθμητικής λύσης. Έτσι, αρκείται κανείς σε επιλογή συνθηκών μέσα από τεχνικούς καταλόγους των εταιρειών παραγωγής εργαλείων, με τη βοήθεια από Handbooks υλικών με επιμέρους διορθώσεις προς τα άνω ή προς τα κάτω.

Πολύ σημαντική κρίνεται και η κτηθείσα κάθε φορά εμπειρία και τεχνογνωσία του χρήστη από την πολυετή ενασχόληση με τα αντικείμενα αυτά.

Πριν διεξαχθεί φρεζάρισμα πρέπει να λαμβάνει κανείς υπόψη τα εξής:

- Επιλέγεται από τους καταλόγους της κατασκευάστριας εταιρείας το καταλληλότερο για την εφαρμογή κονδύλι. Λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχουν κεντροφόρα (Center Cutting Type) και μη κεντροφόρα (Non-Center Cutting Type) κονδύλια.
- Επιλέγεται η κατάλληλη ταχύτητα κοπής και ο κατάλληλος ρυθμός πρόωσης ώστε να υπάρχει ισορροπία μεταξύ του ρυθμού αποβολής υλικού και της διάρκειας ζωής του κοπτικού εργαλείου.
- Ελέγχεται η κατάσταση και η ηλικία του κοπτικού εργαλείου.
- Επιλέγονται τα καταλληλότερα, από άποψη διαστάσεων, κονδύλια με όσο το δυνατόν γίνεται μεγαλύτερη διάμετρο, με σκοπό να μειωθεί η απόκλιση και οι καμπτικές τάσεις που αναπτύσσονται σε αυτά.
- Διαλέγονται κονδύλια με υψηλή στιβαρότητα και αποφεύγεται η υπέρμετρη προβολή του κοπτικό εργαλείου από τον εργαλειοδέτη του.
- Τα κονδύλια με πολλές αυλακώσεις (Flutes), έχουν υψηλή στιβαρότητα, μειωμένο χώρο αποβλήτου και ενδείκνυνται για υψηλές ταχύτητες πρόωσης τραπέζης.
- Τα κονδύλια με λιγότερες αυλακώσεις (Flutes), έχουν μειωμένη στιβαρότητα έναντι αυτών με πολλές αυλακώσεις, παρέχουν περισσότερο χώρο για το απόβλητο και ως συνέπεια αυτού, το απόβλητο αποβάλλεται ευκολότερα από το κοπτικό εργαλείο χωρίς να μπλοκάρει την κοπή ή να συγκολλιέται πάνω του εξαιτίας της ανάπτυξης θερμότητας.

Η επιλογή της καταλληλότερης ταχύτητας κοπής και του ρυθμού πρόωσης πρέπει να γίνεται με γνώμονα τον τύπο του υλικού για το οποίο γίνεται η κατεργασία, το υλικό του κονδυλίου, την ισχύ του άξονα μετάδοσης ισχύος (Spindle) και την ποιότητα επιφανείας που επιδιώκεται.

Επιλογή από καταλόγους

Για κάθε τύπο εργαλείου ανάλογα με το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου και με το υλικό του κοπτικού εργαλείου ο κατασκευαστής δίνει ένα πίνακα με συνιστώμενες τιμές πρόωσης και ταχυτήτων κοπής. Παράδειγμα - φρεζάρισμα με χρήση κονδυλίων (end mills).

Για πλευρικό φρεζάρισμα με 3flute κονδύλι (Standard Solid Carbide K30), υλικό κατεργασίας αλουμίνιο (Aluminum alloys) ,πλευρικό φινίρισμα και D=2mm από τον παρακάτω πίνακα του κατασκευαστή υπολογίζουμε τις κατάλληλες παραμέτρους κοπής.

3 FLUTE, FINISH SIDE CUTTING

304303, 104103, 128103



MATERIAL	CARBON STEELS ALLOY STEELS TOOL STEELS		CARBON STEELS ALLOY STEELS TOOL STEELS		CARBON STEELS ALLOY STEELS TOOL STEELS		STAINLESS STEELS TITANIUM ALLOYS		CAST IRON		ALUMINIUM ALLOYS		COPPER, BRASS NON-FERROUS METALS	
HARDNESS	~HRc20		HRc20 - HRc30		HRc30 - HRc40									
STRENGTH	500 - 800N/mm2		800 - 1000N/mm2		1000 - 1300N/mm2									
DIAMETER	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED
2	5500	160	4800	160	4000	120	6000	140	6500	330	16000	720	12000	540
3	3700	200	3200	170	2600	130	5300	140	4200	330	11000	690	8000	530
4	2800	200	2400	180	2000	130	4000	140	3200	340	8000	720	6000	540
5	2200	200	1900	180	1600	130	3200	140	2500	340	6400	710	4800	530
6	1800	200	1600	180	1300	130	2600	150	2100	400	5300	760	4000	560
8	1400	200	1200	180	1000	130	2000	150	1600	430	4000	760	3000	560
10	1100	200	950	180	800	130	1600	150	1300	450	3200	760	2400	560
12	900	200	800	180	660	130	1300	150	1000	470	2600	760	2000	560
14	800	200	700	180	570	130	1100	150	900	490	2300	760	1700	560
16	700	220	600	190	500	160	1000	170	800	510	2000	760	1500	560
20	550	220	480	190	400	160	800	180	640	540	1600	760	1200	560



The FEED, in long & extra long types, should be reduced by around 50%

RPM =rev/min
FEED =mm/min

Πίνακας 9: Επιλογή κονδυλίων

Για D=2mm→ α_e =0.1 · D = 0.1 · 2 = 0.2mm → α_e =0.2mm (ακτινικό μήκος)

$\alpha_{p\,max}$ =1.5 · D = 3 mm → $\alpha_{p\,max}$ = 3mm , επιλέγω α_p = 0.1 mm (αξονικό πάχος)

Άρα D=D_c = 2 , n=16000 RPM και V_f =720mm/min (Ταχύτητα πρόωσης)

$$V_c = \frac{\pi \cdot n \cdot D_c}{1000} = \frac{16000 \cdot \pi \cdot 2mm}{1000} = 100.5\ m/min \rightarrow V_c = 100.5\ m/min$$

(Ταχύτητα κοπής)

$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot a_f}{1000} = \frac{0.2mm \cdot 0.1mm \cdot 720mm/min}{1000} = 0.0144\ \frac{cm^2}{min} \rightarrow Q = 0.0144\ \frac{cm^3}{min}$$

(Ρυθμός αποβολής υλικού)

$$f_z = \frac{V_f}{n \cdot Z_n} = \frac{720mm/min}{16000 \cdot 3} = 0.015\ mm/δόντι \rightarrow f_z = 0.015\ mm/δόντι$$

(Πρόωση ανά δόντι)

$$f_n = \frac{V_f}{n} = \frac{720mm/min}{16000} = 0.045\ mm/rev$$ (Πρόωση ανά περιστροφή)

$$h_m = \frac{f_z \cdot a_e \cdot 360}{D \cdot \pi \cdot \arccos\left[1 - \frac{2 \cdot a_e}{D}\right]} = \frac{0.015 \cdot 0.2 \cdot 360}{2 \cdot \pi \cdot \arccos\left[1 - \frac{2 \cdot 0.2}{D}\right]} = 0.0047\text{mm} \rightarrow h_m = 0.0047\text{mm}$$

(Μέσο θεωρητικό πάχος αποβλήτου)

Για σκληρυμένο αλουμίνιο , Si<0.5% (π.χ. Al 7075) παίρνουμε k_{cl}=450 N/mm^2 και z=0.18

Επομένως: $k_c = k_{cl} \cdot h_h^{-z} = 450 \cdot 0.0047^{-0.18} = 1182.68$ N/mm^2 → k_c =1182.68 N/mm^2

$$P_c = \frac{a_p \cdot a_e \cdot V_f \cdot k_c}{60 \cdot 102 \cdot 9.81} = \frac{0.1 \cdot 0.2 \cdot 720 \cdot 1182.68}{60 \cdot 102 \cdot 9.81} = 0.283\ kW\ (Ισχύς)$$

Για παράδειγμα, αν σε μια επιτραπέζια CNC εργαλειομηχανή ο άξονα κυρίας ατράκτου δίδει ισχύ 330Watt και μέγιστη ταχύτητα πρόωσης τραπέζης 3000mm/min, θεωρώντας βαθμό απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα η = 0.97 προκύπτει:
P = Pc / n= 283.66/0.97= 293 W < Pmax = 330 W . Επομένως δεν τίθεται θέμα αστοχίας κινητήρα ούτε του κοπτικού εργαλείου.

9.2.5 Τρόποι συγκράτησης ακατέργαστων τεμαχίων

Οι τρόποι συγκράτησης ακατέργαστων τεμαχίων είναι οι εξής:

1. Στη μέγγενη
   - Με σιαγόνες που κινούνται και οι δύο ταυτόχρονα
   - Με βάση στρέψεως
   - Με σιαγόνες τύπου V για κυλινδρικά τεμάχια
2. Με κοχλίες (Clamping sets)
3. Σε επιτραπέζιο τσοκ (που προσδένεται πάνω στην τράπεζα- Chuck)
4. Ηλεκτρομαγνητικό Chuck



Grizzly και craftsman angle vise

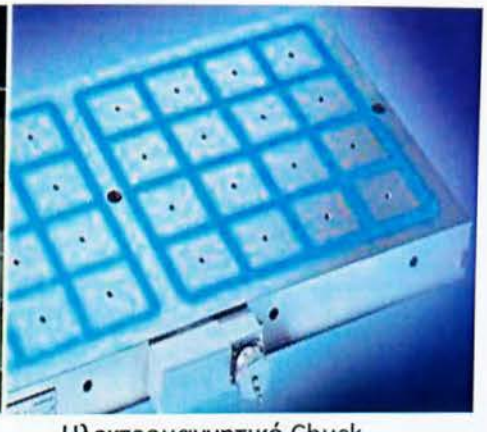




Clamping sets



Chuck τράπεζας



Ηλεκτρομαγνητικό Chuck

Κεφάλαιο 10: ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. CAD-CAM – Δ.Τσελές
2. Βασικές αρχές αριθμητικού έλεγχου και προγραμματισμός εργαλειομηχανών CNC – Φ. Σκιττίδη
3. Μηχανές Αριθμητικού Ελέγχου CNC – Steve Krar, Arthour Gill
4. CNC Robotics – Geoff Williams
5. http://www.scribd.com/doc/48041951/freza
6. http://www.machsupport.com/
7. http://www.cnccookbook.com/
8. http://www.cnccncmachines.com/
9. http://www.cnczone.com/
10. http://www.cnchobby.gr/
11. http://cncinformation.com/
12. http://courseware.mech.ntua.gr/
13. http://www.cncroutersource.com/
14. http://www.hiwin.com/
15. http://www.azom.com/
16. http://kress-elektrik.com/
17. http://www.marchantdise.com
18. http://www.worldofcnc.com
19. http://www.instructables.com
20. http://www.majosoft.com/
21. http://www.ebay.com/
22. http://www.probotix.com/
23. http://el.wikipedia.org/
24. http://www.wikipedia.org/

ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ
ΤΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ