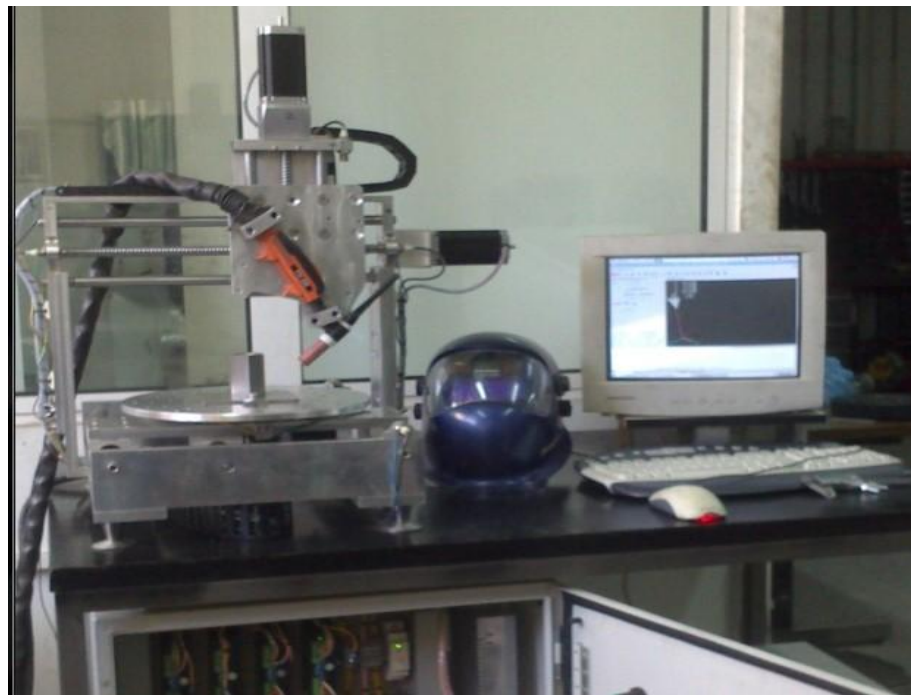


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΓΚΟΛΗΣΗΣ Τ.Ι.Γ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:
ΚΑΦΕΝΤΖΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ(Α.Μ.6208)-
ΝΤΑΜΑΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ(Α.Μ.6211)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΔΡ. ΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΠΑΤΡΑ, 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών τ.ε. της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στην κατασκευή μιας ψηφιακά καθοδηγούμενης μηχανής συγκόλλησης με δυνατότητα μετατροπής σε router.

Στόχος της εργασίας αυτής είναι αρχικά να αναλυθεί πλήρως η χρήση των εργαλειομηχανών στο χώρο της βιομηχανίας ώστε να δίνουν την δυνατότητα στα συστήματα αυτοματισμού την παραγωγή καλύτερης ποιότητας προϊόντων, μεγαλύτερης ευελιξίας στην παραγωγή καθώς και υψηλότερη ταχύτητα.

Θέλουμε να ευχαριστήσουμε θερμά τον κύριο Γιαννόπουλο Ι. Γεώργιο, που μας καθοδήγησε στην εκπόνηση της πτυχιακής αυτής εργασίας, που μας εμπιστεύτηκε και μας βοήθησε καθ' όλη την πορεία της μελέτης και της κατασκευής, με τις πολύτιμες συμβουλές του.

Επίσης θέλουμε να ευχαριστήσουμε το Πανεπιστημιακό Μηχανουργείο Υποστήριξης Ερευνητικών Δραστηριοτήτων (Μ.Υ.Ε.Δ) και συγκεκριμένα τον υπεύθυνο του χώρου και συνεργάτη του, κύριο Γιώργο Χαντζηπαναγιώτου και κύριο Γεράσιμο Διαμαντή αντίστοιχα, για την χρηματοδότηση και την τμηματική βοήθεια στην κατασκευής της εν λόγω πτυχιακής.

Καφεντζής Παναγιώτης και Νταμάτης Κων/νος
Πάτρα, 2014

Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή/-στών: Ο/Οι κάτωθι υπογεγραμμένος/-οι σπουδαστής/-στές έχω/-ουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω/-ουμε υπεύθυνα ότι είμαι/-αστε συγγραφέας/-είς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, /αναλαμβάνοντας την ευθύνη επί ολόκληρου του κειμένου εξ ίσου/, έχω/-ουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου/μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα/-ήσαμε και έλαβα/λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω/-ουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω/-ουμε ενσωματώσει στην εργασία μου/μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω/-ουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω/-ουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο/Οι σπουδαστής/-ές
(Ονοματεπώνυμο)

(Ονοματεπώνυμο)

.....
(Υπογραφή)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της πτυχιακής εργασίας, είναι η κατασκευή ενός μηχανήματος αυτόματης συγκόλλησης μέσω μηχανής T.I.G. Μέσω της διαδικασίας αυτής, θα μελετήσουμε τον τρόπο λειτουργίας των μηχανών αυτών, άλλα και την συμβολή που έχουν στην ανάπτυξη των βιομηχανικών γραμμών παράγωγης. Επίσης, θα παρατηρήσουμε τις διαφορές που παρουσιάζονται σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους συγκόλλησης.

Η ανάλυση του θέματος γίνεται σε 5 κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο, αναφέρεται η χρήση υπολογιστικών συστημάτων για την ανάπτυξη προϊόντων και αναλύονται σε κατηγορίες ανάλογα με την πρόσφορα τους στην γραμμές παράγωγης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύονται οι εργαλειομηχανές CNC , τα πλεονεκτήματα ,τα μειονεκτήματα αυτών καθώς και οι διαφορές εφαρμογές τους στην βιομηχανία.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναφέρονται οι διαφορές μέθοδοι συγκόλλησης. Αναφέρεται για κάθε μέθοδος ξεχωριστά η τεχνική συγκόλλησης και τα διάφορα υλικά που μπορούν να συγκολληθούν με την κάθε μέθοδο. Επίσης αναλύονται οι διάφοροι μέθοδοι έλεγχου (καταστροφικοί και μη) ποιότητας συγκόλλησης που μπορούν να γίνουν στις βιομηχανίες.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, στο πρώτο μέρος παρουσιάζονται αναλυτικά τα μηχανικά μέρη της εργαλειομηχανής, τα σχέδια μέσω του προγράμματος Autodesk Inventor, ο τρόπος κατασκευής τους και τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν. Στο δεύτερο μέρος αναλύεται ο πίνακας ηλεκτρονικών της εργαλειομηχανής ,τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν αλλά και τα σχέδια συνδεσμολογίας των εξαρτήματα.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζουμε τον τρόπο λειτουργίας και χειρισμού μέσω μερικών παραδειγματικών συγκολλήσεων που έγιναν αλλά και η δυνατότητα μετατροπής της εργαλειομηχανής συγκόλλησης σε Router μέσω ενός παραδείγματος χάραξης.

Τέλος τα συμπεράσματα μας μετά την κατασκευή της εργαλειομηχανής και την πειραματική λειτουργία της πάνω σε διάφορους τύπους συγκολλήσεων και την παράδοση της σε γραμμή παράγωγης στο πανεπιστημιακό Μηχανουργείο Υποστήριξης Ερευνητικών Δραστηριοτήτων παρατηρήθηκε ότι είχε πολύ καλή ποιότητα ραφής ,ακρίβεια και ταχύτητα συγκόλλησης.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	III
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	IV
Π Ε Ρ Ι Ε Χ Ο Μ Ε Ν Α	VII
ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	3
1.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ.....	4
1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ CAD (COMPUTER-AIDED DESIGN)	5
1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ CAM(COMPUTER-AIDED MANUFACTURING).....	8
1.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ CAE(COMPUTER-AIDED ENGINEERING)	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....	11
2.1 ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ CNC (COMPUTER NUMERICAL CONTROL)	11
2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ	12
2.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ.....	13
2.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....	17
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
3.1 ΣΥΓΚΟΛΗΣΕΙΣ.....	17
3.1.1 ΕΙΔΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ.....	19
3.1.2 ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΙΚΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ	20
3.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ.....	21
3.3 ΑΥΤΟΓΕΝΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ.....	22
3.3.1 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΟΞΥΓΟΝΟΑΣΕΤΥΛΙΝΗ	22
3.3.2 ΟΞΥΓΟΝΟΚΟΠΗ.....	23
3.3.3 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΟΞΟΥ	24
3.4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ	26
3.4.1 ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΕ ΑΔΡΑΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ	27
3.5 ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ΗΛΕΚΤΡΟΠΟΝΤΑ)	28
3.6 ΜΕΘΟΔΟΣ T.I.G	28

3.7 ΜΕΘΟΔΟΣ M.I.G., M.A.G.....	33
3.7.1 FCAW: ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΣΩΛΗΝΩΤΟ ΣΥΡΜΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΠΑΣΤΑ.....	35
3.8 ΆΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ.....	35
3.9 ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ.....	37
3.9.1 ΜΑΛΑΚΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ.....	38
3.9.2 ΣΚΛΗΡΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ.....	38
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4.....	41
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	41
4.1 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	41
4.1.1 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΒΑΣΗ.....	41
4.1.2 ΠΛΑΚΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΧΡΩΜΙΟΥΧΩΝ ΑΞΟΝΩΝ.....	42
4.1.3 : ΑΤΕΡΜΟΝΑΣ ΑΞΟΝΑΣ BALL SCREW.....	43
4.1.4 ΦΩΛΙΑ ΠΑΞΙΜΑΔΙΟΥ.....	44
4.1.5 ΦΩΛΙΑ ΡΟΥΛΕΜΑΝ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ.....	45
4.1.6 ΚΙΝΗΤΗ ΠΛΑΚΑ ΑΞΟΝΑ Χ.....	47
4.1.7 ΑΞΟΝΑΣ ΠΕΡΙΣΤΡΕΦΟΜΕΝΗΣ ΦΛΑΝΤΖΑΣ.....	49
4.1.8 ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΤΡΑΠΕΖΑ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗΣ.....	50
4.1.9 ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΒΑΣΗΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗΣ ΜΕ ΟΡΘΟΣΤΑΤΕΣ.....	51
4.1.10 ΟΡΘΟΣΤΑΤΗΣ ΑΞΟΝΑ Υ.....	53
4.1.11 ΠΛΑΚΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΧΡΩΜΙΟΥΧΩΝ ΑΞΟΝΩΝ.....	54
4.1.12 ΠΛΑΚΑ ΓΕΦΥΡΩΣΗΣ.....	55
4.1.13 ΚΙΝΗΤΗ ΠΛΑΚΑ ΑΞΟΝΑ.....	56
4.1.14 ΒΑΣΗ ΣΤΗΡΙΞΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΞΟΝΑ Ζ.....	57
4.1.15 ΦΛΑΝΤΖΑ ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗΣ ΟΜΑΛΗΣ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΤΟΥ ΑΞΟΝΑ Ζ.....	58
4.1.16 ΠΛΑΚΑ ΥΠΟΔΟΧΗΣ ΤΩΝ ΠΛΑΚΩΝ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΧΡΩΜΙΟΥΧΩΝ ΑΞΟΝΩΝ.....	59
4.1.17 ΠΛΑΚΑ ΣΤΗΡΙΞΗΣ ΧΡΩΜΙΟΥΧΩΝ ΑΞΟΝΩΝ ΤΟΥ ΑΞΟΝΑ Ζ.....	61
4.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	63
4.2.1 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΠΛΑΚΕΤΑΣ.....	63
4.2.2 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΒΗΜΑΤΙΚΩΝ ΟΔΗΓΩΝ.....	64
4.2.3 ΣΥΝΔΕΣΜΟΛΟΓΙΑ ΤΕΡΜΑΤΙΚΩΝ ΔΙΑΚΟΠΤΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΚΟΠΤΗ ΕΚΤΑΚΤΗΣ ΑΝΑΓΚΗΣ.....	67
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.....	73
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	73
5.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΛΗΣΕΙΣ.....	73
5.1.1 ΕΥΘΕΙΑ ΡΑΦΗ.....	73

5.1.2 ΚΥΚΛΙΚΗ ΡΑΦΗ.....	75
5.1.3 ΣΥΓΚΟΛΜΗΣΗ ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΥ ΕΞΑΦΩΝΟΥ ΤΕΜΑΧΙΟΥ	77
5.2 ΧΑΡΑΞΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΠΑΝΩ ΣΕ ΠΛΑΚΑ.....	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	83
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	83
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	97

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

CNC= Computer Numerical Control, υπολογιστής (ή ηλεκτρονικά) ψηφιακού έλεγχου.

C.A.D. = Computer Aided Design, Σχεδίαση με την βοήθεια Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.

C.A.M. = Computer Aided Manufacturing, Κατασκευή με την βοήθεια Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.

C.A.E. = Computer Aided Engineering, Μηχανική με την βοήθεια Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.

GTAW = Gas tungsten arc welding , Βολφραμίου Αερίου συγκόλλησης με τόξο

TIG = tungsten inert gas, Ηλεκτροσυγκόλληση βολφραμίου με αδρανές αέριο

MIG = metal inert gas, μέταλλο αδρανές αέριο

MAG = metal active gas, , μέταλλο ενεργό αέριο

FCAW = flux cored arc welding

MMA = manual metal arc

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο όρος CNC είναι τα αρχικά των λέξεων Computer Numerical Control, το οποίο σημαίνει Αριθμητικός Έλεγχος μιας Εργαλειομηχανής μέσω υπολογιστή. Με λίγα λόγια, ο χρήστης περιγράφει στον υπολογιστή τις κατεργασίες που θέλει να πραγματοποιήσει η Εργαλειομηχανή και ο υπολογιστής με τη σειρά του υπολογίζει σε ποιες θέσεις πρέπει να οδηγήσει διαδοχικά το εργαλείο, ώστε να κατασκευάσει το προϊόν που επιθυμεί. Γενικά ο όρος CNC μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να περιγράψει οποιαδήποτε συσκευή ή μηχανή κινείται οδηγούμενη από κάποιο υπολογιστικό σύστημα, είτε αυτό είναι κάποιο PC είτε κάποιος εξειδικευμένος ελεγκτής (controller) για αυτήν τη δουλειά. Με αυτή την έννοια, CNC είναι όλες οι μηχανές που χρησιμοποιούνται για κατεργασίες ποικίλων υλικών όπως ξύλο, μέταλλο και συνθετικά υλικά, ανεξαρτήτως πόσο αυτοματοποιημένες ή πόσο εξειδικευμένες είναι. Δηλαδή ελέγχονται από μία ακολουθία εντολών που περιλαμβάνει αριθμούς. Οι εντολές αυτές περιέχουν συντεταγμένες που ορίζουν την κίνηση του εργαλείου καθώς επίσης και πληροφορίες που ελέγχουν τα βοηθητικά συστήματα της μηχανής (δηλαδή την ταχύτητα περιστροφής, την παροχή ψυκτικού υγρού κ.λπ.).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

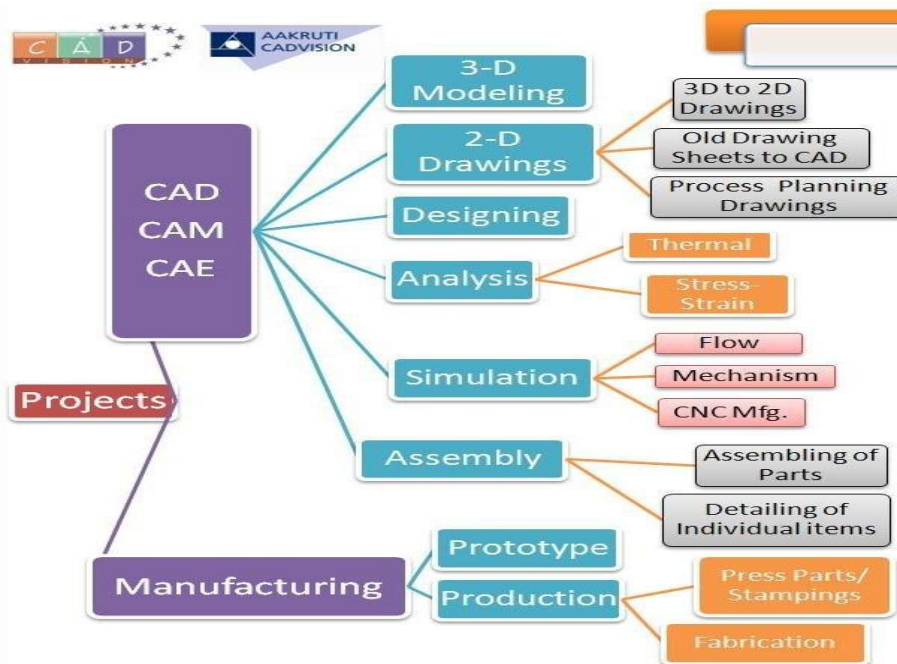
1.1 Ανάλυση Αυτοματισμού Στην Βιομηχανία

Οι σύγχρονες βιομηχανίες δεν μπορούν να επιβιώσουν μέσα στις συνθήκες του διεθνούς ανταγωνισμού, παρά μόνο εισάγοντας στην αγορά νέα προϊόντα καλύτερης ποιότητας, χαμηλότερου κόστους με μικρότερο χρόνο παράδοσης. Σύμφωνα ,λοιπόν, με τις απαιτήσεις αυτές, προσπάθησαν να χρησιμοποιήσουν την τεράστια χωρητικότητα μνήμης, την μεγαλύτερη ταχύτητα επεξεργασίας και τις φιλικές προς το χρηστή δυνατότητες γραφικών των υπολογιστών για να αυτοματοποιήσουν και να συνδυάσουν τις εργασίες μελέτης και παράγωγης των προϊόντων. Η σχεδίαση (computer-aided design-CAD), η βιομηχανική παραγωγή προϊόντος (computer-aided manufacturing-CAM) και η τεχνική μελέτη (computer-aided engineering-CAE) με την βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό κατά τον κύκλο ενός προϊόντος **Σχ. 1.1**.

Ο κύκλος του προϊόντος απαρτίζεται από δυο κύριες διαδικασίες, την διαδικασία σχεδίασης και την διαδικασία (βιομηχανικής) παράγωγης. Συγκεκριμένα η διαδικασία της σχεδίασης αρχίζει από τις απαιτήσεις του πελάτη και καταλήγει σε μορφή σχεδίου. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει δραστηριότητες που ταξινομούνται χονδρική σε δυο τύπους στην σύνθεση και την ανάλυση του σχεδίου.

Η δραστηριότητα σύλληψης ενός σχεδίου μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή δεν είναι εύκολο να την φανταστούμε επειδή ο υπολογιστής δεν είναι ακόμη ένα τόσο ισχυρό εργαλείο για διανοητικές δημιουργικές διαδικασίες. Το μηχάνημα μπορεί να συμβάλει στη φάση αυτή παράγοντας με φυσικό και αποδοτικό τρόπο διάφορες συλλήψεις του σχεδίου. Για την εργασία αυτή μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη η δυνατότητα παραμετρικής μοντελοποίησης (parametric modelling) ή μακρό-προγραμματισμού (macro programming) της παράγωγης σχεδίων με την βοήθεια υπολογιστή (computer-aided drafting) ή της γεωμετρικής μοντελοποίησης (geometric modelling). Τα πακέτα αυτά αποτελούν τυπικά παραδείγματα λογισμικού CAD.

Έπειτα η υποδιαδικασία ανάλυσης της διαδικασίας σχεδίασης είναι η περιοχή όπου ο υπολογιστής υποδεικνύει την αξία του. Για την ακρίβεια, υπάρχουν πολλά διαθέσιμα πακέτα λογισμικού για την ανάλυση τάσεων, τον έλεγχο παρεμβολών (interference control) και μεταξύ άλλων την κινηματική ανάλυση. Αυτά τα πακέτα λογισμικού ταξινομούνται στην κατηγορία CAE.



Σχήμα 1.1: Κύκλος παράγωγης προϊόντος με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή

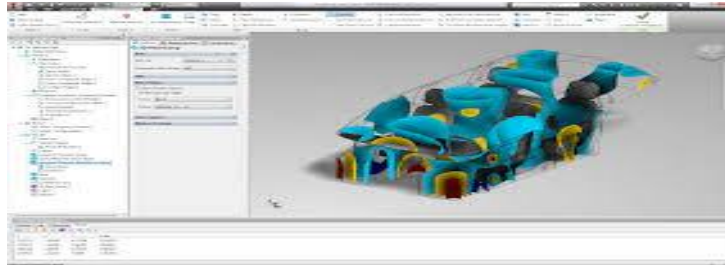
Η φάση αξιολόγησης της σχεδίασης μπορεί επίσης να διευκολυνθεί από την χρήση του υπολογιστή. Αν θέλουμε ένα πρωτότυπο του σχεδίου για την αξιολόγηση μια συγκεκριμένης σχεδίασης, μπορούμε να το κατασκευάσουμε με την βοήθεια πακέτων λογισμικού τα όποια δημιουργούν αυτόματα το πρόγραμμα που καθοδηγεί την μηχανή ταχείας κατασκευής πρωτότυπου. Τα πακέτα αυτά κατατάσσονται στο λογισμικό CAM. (KUNWOO LEE)

1.2 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ CAD (Computer-Aided Design)

Ο όρος CAD(Computer-Aided Design) υποδηλώνει την σχεδίαση με την βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Είναι η τεχνολογία που αφορά την χρήση συστημάτων υπολογιστών για την υποβοήθηση της δημιουργίας, της τροποποίησης και της βελτιστοποίησης της σχεδίασης (Grover and Simmers 1984). Επομένως, οποιοδήποτε πρόγραμμα υπολογιστή το οποίο ενσωματώνει γραφικά και ένα πρόγραμμα εφαρμογής που διευκολύνει τις τεχνικές λειτουργίες στην διαδικασία σχεδίασης ταξινομείται ως λογισμικό CAD.

Τα λογισμικά που βασίζονται σε αυτή την τεχνολογία παρέχουν εργαλεία, με σκοπό μια απλούστερη διαδικασία σχεδιασμού. Η τεχνολογία αυτή, λόγω της τεράστιας οικονομικής της σημασίας, αποτελεί πλέον μια κινητήρια δύναμη στους τομείς της υπολογιστικής γεωμετρίας και της γραφικής σχεδίασης. Η κλασική σχεδίαση σε χαρτί έχει

εκλείψει, καθώς τα σχέδια μεταφέρονται δύσκολα, φθείρονται εύκολα, και στην περίπτωση αλλαγών ή λάθους γίνονται από την αρχή. Στη διάρκεια της δεκαετίας του 70 άρχισε η χρήση των υπολογιστών για σχεδίαση με την εμφάνιση των πρώτων σχεδιαστικών



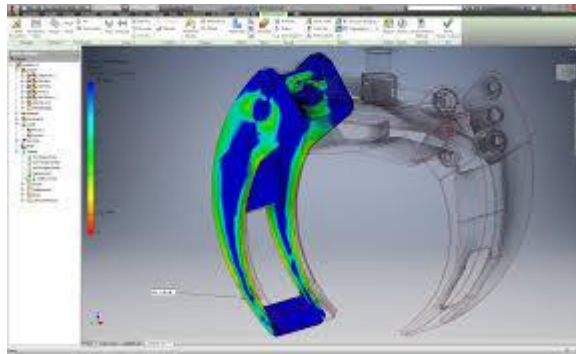
Σχήμα 1.2: Σχεδιαστικό πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή

προγραμμάτων. Τα προγράμματα αυτά δίνουν στο σχεδιαστή την ευελιξία , να κάνει πολύ εύκολα αλλαγές και τροποποιήσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια **Σχ.1.2**. Η διακίνηση των σχεδίων με ηλεκτρονικό τρόπο γίνεται εύκολα, με την αποθήκευσή τους σε αρχεία, και όσο για το θέμα φθοράς, αυτό είναι ανύπαρκτο. Η ανάπτυξη αυτών των προγραμμάτων οδήγησε στην αυτοματοποίηση ορισμένων ενεργειών όπως η τοποθέτηση διαστάσεων στα σχέδια ή η διαγράμμιση επιφανειών. Επιπλέον, υπάρχουν αρχεία τα οποία περιλαμβάνουν έτοιμα σχέδια τα οποία έχουν συχνή χρήση και μπορούν να τοποθετηθούν σε κάποιο μεγαλύτερο σχέδιο. Έτσι, ο χρήστης δεν χρειάζεται να τα σχεδιάσει από την αρχή και το μόνο που έχει να κάνει είναι να καταφύγει σε μια βιβλιοθήκη C.A.D. όπου περιλαμβάνει τυποποιημένες διαστάσεις μηχανολογικών στοιχείων (π.χ. διαμέτρους σωλήνων) και να επιλέξει αυτό που του χρειάζεται, βοηθώντας τον έτσι στη σχεδίαση του τελικού προϊόντος.

Είναι προφανές, ότι οποιοδήποτε λογισμικό Η/Υ το οποίο επιτρέπει τον χειρισμό γραφικών με ταυτόχρονο έλεγχο μηχανικών ιδιοτήτων μπορεί να χαρακτηριστεί ως λογισμικό CAD. Με άλλα λόγια τα εργαλεία CAD μπορεί να ποικίλουν από γεωμετρικά εργαλεία χειρισμού σχημάτων στο ένα άκρο , μέχρι προσαρμοσμένα προγράμματα εφαρμογών, όπως αυτά της ανάλυσης και της βελτιστοποίησης, στο άλλο άκρο (Zed, 1991). Μεταξύ αυτών των δυο ακρών , στα τυπικά εργαλεία που είναι διαθέσιμα σήμερα συμπεριλαμβάνονται , μεταξύ άλλων, εργαλεία ανάλυσης ανοχών (tolerance analysis), υπολογισμών ιδιοτήτων μάζας (mass property calculations) και μοντελοποίησης πεπερασμένων στοιχείων και οπτικής παρουσίασης αποτελεσμάτων.

Ο βασικότερος ρόλος ενός εργαλείου CAD είναι ο ορισμός της γεωμετρίας ενός σχεδίου –μηχανικού εξαρτήματος, αρχιτεκτονικής κατασκευής ηλεκτρονικού κυκλώματος διάταξης κτηρίου ,επειδή η γεωμετρία του σχεδίου είναι ουσιώδης για όλες τις μετέπειτα δραστηριότητες στον κύκλο του προϊόντος. Για τον σκοπό αυτόν, χρησιμοποιούνται τυπικά η παραγωγή σχεδίων με την βοήθεια υπολογιστή (Computer-Aided Drafting) και η γεωμετρική μοντελοποίηση. Αυτός είναι ο λόγος που τα συστήματα αυτά θεωρούνται λογισμικό CAD. Η γεωμετρία που καθορίζεται μέσω του συστήματος CAD αποτελεί

συνήθως και την βάση για την ανάλυση που ακολουθεί στο σύστημα CAE (σύστημα για τον έλεγχο αντοχής, κινηματικής και λειτουργικότητας). Αυτό είναι ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του CAD επειδή μπορεί να επιφέρει μεγάλη οικονομία χρόνου και να μειώσει τα σφάλματα που προκαλούνται από την ανάγκη επανορθώσου της γεωμετρίας από την αρχή κάθε φορά που χρειάζεται. Επομένως, μπορούμε να πούμε ότι τα συστήματα παραγωγής σχεδίων με την βοήθεια υπολογιστή και τα συστήματα γεωμετρικής μοντελοποίησης είναι τα πιο σημαντικά συστατικά του CAD.



Σχήμα 1.3: Ανάλυση σχεδίου με πεπερασμένα στοιχεία

Οι τεχνικές CAD εξελίχθηκαν το τελευταίο τέταρτο του περασμένου αιώνα, σαν μία ανεξάρτητη τεχνολογία, η οποία βρήκε άμεση εφαρμογή στη διαδικασία σχεδιασμού και παραγωγής προϊόντων στη βιομηχανία. Στη διαδικασία σχεδιασμού με μεθόδους CAD συνεργάζονται τρεις παράγοντες: το υπολογιστικό σύστημα (hardware), το λογισμικό (software) και ο χρήστης / σχεδιαστής.

Τα συστήματα CAD χρησιμοποιούνται κυρίως στη φάση της γεωμετρικής μοντελοποίησης ενός μηχανολογικού συστήματος. Πέρα από αυτό όμως, αποτελούν προϋπόθεση για ένα πλήθος άλλων σχεδιαστικών διαδικασιών. Στην επιστήμη του μηχανικού μπορούν να εξαχθούν από τα συστήματα CAD πληροφορίες χρήσιμες για την ανάλυση των αντικειμένων με πεπερασμένα στοιχεία **Σχ.1.3**, μετάδοση θερμότητας, ανάλυση τάσεων, δυναμική προσομοίωση μηχανισμών και διαδικασιών, ρευστοδυναμική ανάλυση, προσομοίωση με χρήση εικονικής πραγματικότητας, κλπ.

Τέσσερις είναι οι βασικές τεχνικές που εφαρμόζονται στον σχεδιασμό με την χρήση συστημάτων CAD:

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

Η τρισδιάστατη συρματική αναπαράσταση, δίνει την απλούστερη μορφή χωρικής αναπαράστασης, με την μοντελοποίηση μόνο των ακμών των αντίστοιχων αντικειμένων. Τα τρισδιάστατα μοντέλα δημιουργούνται με το καθορισμό σημείων και καμπυλών στο χώρο. Οι καμπύλες αυτές είναι είτε αναλυτικές καμπύλες γεωμετρικών σχημάτων όπως

ευθείες, κύκλοι, τόξα, ελλείψεις κτλ., είτε σύνθετες καμπύλες όπως Bezier, B-Splines κτλ. Τα συρματική μοντέλα απαιτούν μικρή ισχύ και μνήμη από το υπολογιστικό σύστημα για τη δημιουργία και επεξεργασία τους, για το λόγο αυτό και η συγκεκριμένη τεχνική χρησιμοποιείται πολύ συχνά στα εμπορικά προγράμματα CAD. Πολλές ασάφειες των συρματικών μοντέλων ξεπερνιούνται με τη χρήση της επιφανειακής μοντελοποίησης. Τα επιφανειακά μοντέλα δημιουργούνται συνδέοντας ακμές του μοντέλου, καθορισμένες από το σχεδιαστή, με διάφορους τύπους επιφανειών. Παραδείγματα τέτοιων τύπων είναι οι επίπεδες και οι οδηγούμενες επιφάνειες, οι επιφάνειες σάρωσης, οι επιφάνειες εκ περιστροφής κτλ. Η μορφή αυτή χωρικής αναπαράστασης παρέχει πληροφορίες και για τις επιφάνειες που συνδέουν τις ακμές του αντικειμένου, με αποτέλεσμα να είναι πληρέστερη σε σχέση με την συρματική αναπαράσταση. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται και για εφαρμογές πέρα από τη γεωμετρική αναπαράσταση αντικειμένων, όπως δημιουργία πλέγματος για εφαρμογές πεπερασμένων στοιχείων, προσδιορισμό τροχιάς κοπτικού εργαλείου προγραμματιζόμενων εργαλειομηχανών (CNC) κτλ.

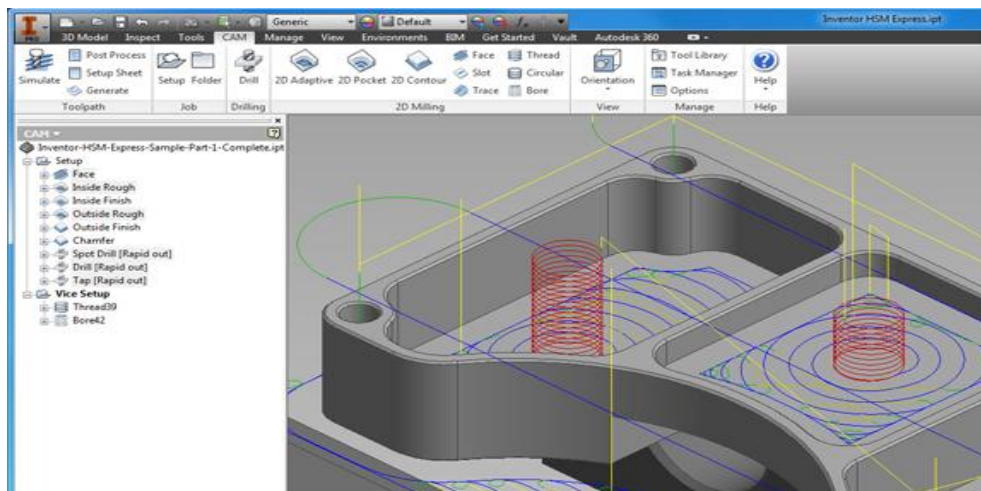
Η στερεά μοντελοποίηση αποτελεί την πληρέστερη τεχνική αναπαράστασης αντικειμένων στο χώρο. Τα στερεά μοντέλα δημιουργούνται με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος (Constructive Solid Geometry) αναφέρεται στη χρήση τρισδιάστατων αρχέτυπων (στερεών απλού σχήματος), όπως ορθογώνια παραλληλεπίπεδα, κύλινδροι, σφαίρες κτλ., τα οποία μπορούν να συνδυαστούν μεταξύ τους με χρήση της άλγεβρας Boolean (πράξεις μεταξύ στερεών), για τη μορφοποίηση της ζητούμενης γεωμετρίας. Ο δεύτερος τρόπος (Boundary Representation) αναφέρεται στη χρήση δισδιάστατων επιφανειών καθορισμένων από το σχεδιαστή, η σάρωση των οποίων στο χώρο, κατά μήκος μιας τροχιάς, καθορίζει τον όγκο του αντικειμένου. Η έννοια της στερεάς μοντελοποίησης παρέχει αρκετά πλεονεκτήματα σε σχέση με τη συρματική και την επιφανειακή μοντελοποίηση, όπως: πλήρη γεωμετρική περιγραφή, δυνατότητες ελέγχου τοπολογίας, ένα περισσότερο φυσικό τρόπο δημιουργίας τρισδιάστατων μοντέλων, υπολογισμό ιδιοτήτων όπως όγκου, βάρους, ροπών αδράνειας, αυτόματη δημιουργία πλέγματος για ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία, και χρήση στοιχείων του μοντέλου για αυτόματη δημιουργία δεδομένων αριθμητικού ελέγχου. Η παραμετρική μοντελοποίηση επιτρέπει στο χρήστη να επεμβαίνει στα μοντέλα που σχεδιάζει, αλλάζοντας τις διαστάσεις τους. Στην παραμετρική μοντελοποίηση οι διαστάσεις του σχεδιαζόμενου εξαρτήματος συνδέονται μέσω μαθηματικών εκφράσεων. Στην περίπτωση αλλαγής μιας διάστασης, οι εκφράσεις αυτές επιτρέπουν την αυτόματη ανανέωση όλων των εμπλεκόμενων διαστάσεων και την αυτόματη αναδημιουργία του μοντέλου. Έτσι γίνεται εφικτή η δημιουργία ενός "ευέλικτου μοντέλου". Πολλά συστήματα CAD προσφέρουν περιορισμένες δυνατότητες παραμετρικού σχεδιασμού σε δύο διαστάσεις. Πλήρη παραμετρική σχεδίαση σε τρεις διαστάσεις παρέχουν κάποια εξελιγμένα προγράμματα CAD, όπως το Pro/Engineer, το CATIA, το IDEAS, το Solidworks, το Mechanical Desktop, κ.α.

Ο σχεδιασμός με υπολογιστή (CAD) αποτελεί ένα σύγχρονο εργαλείο στα χέρια των μηχανικών με σκοπό την επίτευξη του βέλτιστου αποτελέσματος στο σχεδιασμό και την

παραγωγή ενός προϊόντος. Οι μεγάλες δυνατότητες δημιουργίας και επεξεργασίας γραφικών που παρέχουν οι υπολογιστές, επιτρέπουν στους σχεδιαστές να διαμορφώνουν και να αξιολογούν τις ιδέες τους πολύ γρήγορα, και με μεγάλη ευελιξία.

1.3 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ CAM(Computer-Aided Manufacturing)

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



Σχήμα 1.4: Προσομοίωση κατεργασίας σε σχεδιαστέι πρόγραμμα

Τα συστήματα C.A.M. χρησιμοποιούνται για σχεδιασμό της διαδικασίας παραγωγής ενός προϊόντος. Σκοπός τους είναι η καθοδήγηση των εργαλειομηχανών, μέσω της δημιουργίας κατάλληλου προγράμματος από το σύστημα C.A.M., το οποίο μεταφέρεται στον ελεγκτή (controller) της CNC εργαλειομηχανής. Ο χρήστης μεταφέρει τη γεωμετρία του αντικειμένου από το σύστημα C.A.D. στο σύστημα C.A.M. Ορίζει τα διαθέσιμα χαρακτηριστικά της κοπής, που παρέχονται από το πρόγραμμα (στροφές, πρόωση κ.λ.π.). Έχει την δυνατότητα, προσομοίωσης της διαδικασίας κοπής, στην οθόνη του υπολογιστή, εμφανίζοντας τα αποτελέσματα **Σχ.1.4**, σύμφωνα με τις παραμέτρους που έχουν οριστεί. Έτσι γίνεται έλεγχος για λάθη σε σχέση με τις επιθυμητές διαμορφώσεις κάθε αντικειμένου και σε σχέση με τις παραμέτρους της κοπής. Η διαδικασία κοπής εξάγεται από το σύστημα C.A.M. σε μορφή προγράμματος, κατάλληλου για προγραμματισμό εργαλειομηχανών (G κώδικας, G-Code). Το

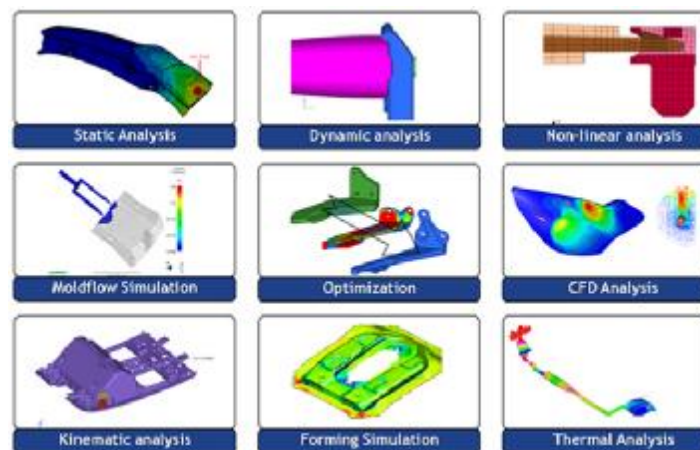
πρόγραμμα μεταφέρεται στον ελεγκτή της εργαλειομηχανής και ξεκινάει η διαδικασία κοπής.

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

1.4 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ CAE(Computer-Aided Engineering)

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

Με τον όρο αυτόν περιγράφουμε μια σειρά προγραμμάτων τα οποία εξομοιώνουν τη λειτουργία του σχεδιαζόμενου αντικειμένου **Σχ. 1.5** . Ο σχεδιαστής-μηχανικός μπορεί να διαπιστώσει αν αυτό που σχεδιάζει ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του και να εντοπίσει προβλήματα που εμφανίζονται κατά τη λειτουργία του. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο εντάσσονται τα προγράμματα ανάλυσης με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων (Finite Elements Analysis). Τα προγράμματα που χρησιμοποιούν τη μέθοδο αυτή βοηθούν το σχεδιαστή να αναλύσει τη συμπεριφορά του αντικειμένου κάτω από τα φορτία λειτουργίας του. Συγκεκριμένα υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού των τάσεων, παραμορφώσεων και δυνάμεων που αναπτύσσονται, σαν παράγωγα της φόρτισης. Ακόμα είναι δυνατός ο υπολογισμός και των τάσεων που αναπτύσσονται λόγω θερμικών φορτίων όπως και η ροή θερμότητας.



Σχήμα 1.5 : Προσομοίωση λειτουργίας αντικειμένων.

Για την ανάλυση και μελέτη του, το μοντέλο χωρίζεται σε μικρά τμήματα (κυψέλες) σχηματίζοντας ένα πλέγμα. Τα φορτία μπορούν να τοποθετηθούν στους κόμβους, ακμές ή και στην επιφάνεια κάθε κυψέλης. Το μέγεθος της κάθε κυψέλης εξαρτάται από την

ακρίβεια η οποία απαιτείται: όσο μικρότερες είναι τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια. Στα δεδομένα που εισάγονται στο πρόγραμμα περιλαμβάνονται φυσικές ιδιότητες, όπως πυκνότητα, αγωγιμότητα κ.λπ. Ανάλογα με το μέγεθος των αναπτυσσόμενων τάσεων χρωματίζονται οι αντίστοιχες επιφάνειες ενώ υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης των παραμορφώσεων υπό κλίμακα. Επίσης η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων χρησιμοποιείται για ανάλυση κίνησης ρευστών. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων για την κινηματική ανάλυση ενός μηχανισμού ή και ολόκληρου μηχανικού συστήματος. Στην περίπτωση μάλιστα όπου το σύστημα είναι περίπλοκο, δίνεται η δυνατότητα στο μηχανικό να μελετήσει την αλληλεπίδραση των τμημάτων μεταξύ τους.

Οι διαδικασίες σχεδιασμού και ανάλυσης ενός μοντέλου είναι δύσκολο να διαχωριστούν εντελώς, αφού τα αποτελέσματα της ανάλυσης τροφοδοτούν με νέα δεδομένα το σχεδιασμό και αντίστροφα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη σύνδεση των προγραμμάτων C.A.D. -C.A.E.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ CNC (Computer Numerical Control)



Σχήμα 2.1: Κατασκευή πολύπλοκου εξαρτήματος από εργαλειομηχανή CNC.

Οι CNC (ψηφιακά καθοδηγούμενες) εργαλειομηχανές είναι μηχανές επεξεργασίας υλικών, οι οποίες μπορούν να δημιουργήσουν πολύπλοκα εξαρτήματα που απαιτούνται από την σύγχρονη τεχνολογία **Σχ.2.1**, σε πολύ μικρότερο χρόνο και με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια από ότι μία αντίστοιχη συμβατική εργαλειομηχανή. Οι cnc εργαλειομηχανές καθοδηγούνται μέσω Η/Υ. Η τεχνολογία cnc μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιαδήποτε εργαλειομηχανή.

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

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

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

2.2 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

Τα βασικότερα πλεονεκτήματα των CNC εργαλειομηχανών, είναι η ταχύτητα παραγωγής (λόγω της αυτοματοποίησης), η ακρίβεια κατασκευής (υψηλή ποιότητα παραγόμενου προϊόντος) και η δυνατότητα μείωσης του κόστους.

Γενικότερα όμως τα πλεονεκτήματα είναι τα εξής:

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

Αντίστοιχα, τα μειονεκτήματα των CNC εργαλειομηχανών είναι τα εξής:

- 1) Μεγάλο κόστος αγοράς (μπορεί να είναι και 5 φορές μεγαλύτερο από της αντίστοιχης συμβατικής εργαλειομηχανής).
- 2) Απαιτείται εξειδικευμένο και εκπαιδευμένο προσωπικό (για να προγραμματίζει, να ρυθμίζει, να συντηρεί).
- 3) Οι χειριστές των CNC εργαλειομηχανών αμείβονται καλύτερα από τους χειριστές των συμβατικών εργαλειομηχανών (άρα μεγαλύτερο κόστος για την επιχείρηση).



Σχήμα 2.2: Φρέζα CNC HASS T1 τριών αξόνων

2.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

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

Η τεχνολογία CNC χρησιμοποιείται σε βιομηχανίες-βιοτεχνίες που απαιτείται μεγάλη παραγωγικότητα (20-1000 τεμάχια περίπου) και ακρίβεια κατασκευών.

Παραδείγματα βιομηχανιών που χρησιμοποιούν την τεχνολογία CNC: Αυτοκινητοβιομηχανίες, αεροναυπηγικές εταιρείες, ναυπηγεία, βιομηχανίες μεταλλικών κατασκευών, βιομηχανίες παραγωγής μεταλλικών εξαρτημάτων (διαφόρων ειδών), βιομηχανίες παραγωγής επίπλων, βιομηχανίες παραγωγής κουφωμάτων κλπ..

Πλέον, οι CNC εργαλειομηχανές είναι ευρέως διαδεδομένες στην παγκόσμια βιομηχανία. Μάλιστα, έχει υπολογιστεί ότι το 70% των εξαρτημάτων (στο σύνολο των κατασκευών)

παράγεται στις μέρες μας από CNC εργαλειομηχανές. Στην Ελλάδα, παρόλο που άργησε πολύ να έρθει η τεχνολογία αυτή (και ακόμη δεν είναι ευρέως διαδεδομένη όπως σε χώρες της Δύσης), πλέον, έχουν εφοδιαστεί πολλές βιομηχανίες με CNC, σε διάφορες περιοχές της Ελλάδας και η τάση αυτή (της χρήσης των cnc) είναι συνεχώς αυξανόμενη. Επίσης, χάρη στην τεχνολογία των CNC, τα τελευταία χρόνια, πολλές ελληνικές επιχειρήσεις έχουν ξεκινήσει εξαγωγές προϊόντων σε διάφορες χώρες της Ευρώπης, αλλά και στην Σαουδική Αραβία και την Αμερική.

Μερικές CNC εργαλειομηχανές που χρησιμοποιούνται ευρέως στην βιομηχανία είναι οι εξής: τórνοι, φρέζες, δράπανα, λειαντικές μηχανές, μηχανές κοπής με λείζερ κλπ.

2.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ CNC ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ

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

Οι μηχανικοί έχουν πάντα ως αρχή την κατασκευή εργαλειομηχανών, οι οποίες εκτελούν όσο το δυνατόν μεγαλύτερο όγκο κατεργασίας με μία μόνο διαδικασία καθοδήγησης και ρύθμισης. Δηλαδή, στόχος είναι να επεμβαίνει και να διακόπτει την παραγωγική διαδικασία ο άνθρωπος όσο λιγότερο γίνεται. Κατ' επέκταση, προσπαθούμε να έχουμε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο βαθμό αυτοματοποίησης.

Σε αυτή την προσπάθεια (αύξηση του βαθμού αυτοματοποίησης) συμβάλλουν πολλές άλλες επιμέρους επιστήμες, όπως η τεχνολογία των υλικών, η ηλεκτρονική, η ρομποτική, η επιστήμη των υπολογιστών, η τεχνολογία των κοπτικών εργαλείων και η μηχανολογία (η οποία (μηχανολογία) καθορίζει την εξέλιξη των μηχανικών τμημάτων, δηλαδή των συστημάτων κίνησης, των γραναζιών, των κοχλιών μεταφοράς κίνησης (ball screw), τις εδράσεις των ατράκτων κ.λπ.).

Τα κύρια μέρη μιας cnc εργαλειομηχανής είναι **Σχ.2.2** :

- Η μονάδα ελέγχου (M.C.U.) (εκτελεί τους μαθηματικούς υπολογισμούς και στέλνει τα ψηφιακά σήματα).
- Ο ηλεκτροκινητήρας κίνησης (που φέρει την κίνηση).
- Τα μηχανικά μέρη (κοχλίες μετάδοσης κίνησης, γρανάζια κ.λπ.).

Οι μηχανές ψηφιακής καθοδήγησης έχουν να αντιμετωπίσουν αποστολές κατεργασίας που σχετίζονται με πολύ δυσμενείς συνθήκες κοπής. Για παράδειγμα, οι ταχύτητες κοπής, άρα και οι αντίστοιχες θερμοκρασίες, είναι πολύ υψηλές. Ακόμα, οι προώσεις και οι δυνάμεις κοπής ξεπερνούν κατά πολύ τα μεγέθη των αντίστοιχων συμβατικών μηχανών. Η δυναμική και στατική συμπεριφορά των μηχανών αυτών απαιτεί ιδιαίτερη μελέτη, αφού οι απαιτήσεις σε ακρίβεια είναι κατά πολύ αυξημένες. Επίσης, στην περίπτωση των CNC εργαλειομηχανών, που εργάζονται σε δύο ή και τρεις βάρδιες μέσα σε μεγάλα μηχανουργεία ή βιομηχανίες, η απομάκρυνση των αποβλήτων είναι ένα πρόβλημα που δεν μπορεί να αντιμετωπιστεί με σκούπα και φαράσι, όπως στις συμβατικές εργαλειομηχανές.

Έτσι, λοιπόν, οι κατασκευαστικές υποομάδες των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης, παράγονται με ξεχωριστές προδιαγραφές **Σχ.2.3** σε σχέση με αυτές των συμβατικών.



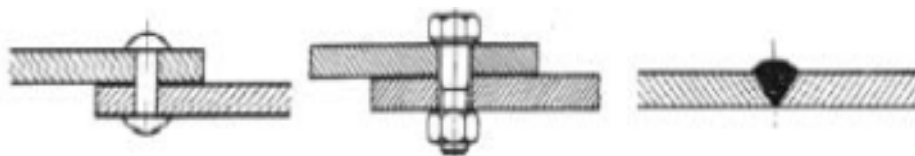
Σχήμα 2.3: Κέντρο κατεργασίας 12 αξόνων υψηλών προδιαγραφών με πολλαπλό εργαλειοφορέα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην καθημερινή πρακτική των διαφόρων τεχνολογικών εφαρμογών (αμαξώματα, δεξαμενές, μεταλλικές γέφυρες κτλ.), χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι σύνδεσης μεταλλικών κομματιών **Σχ.3.1**. Οι περισσότερο χρησιμοποιούμενες μέθοδοι είναι:

- Οι **ηλώσεις** (καρφωτές ή περτσινωτές)
- Οι **κοχλιωτές συνδέσεις** (βιδωτές)
- Οι **συγκολλήσεις** (διάφορες μέθοδοι)



Σχήμα 3.1: Μέθοδοι σύνδεσης μεταλλικών κομματιών.

Καθεμία από τις παραπάνω μεθόδους σύνδεσης μεταλλικών κομματιών έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η μέθοδος της συγκόλλησης παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα έναντι των άλλων μεθόδων, γι. αυτό προτιμάται στη σύνδεση μεταλλικών τεμαχίων, εκτός ειδικών περιπτώσεων που δεν μπορεί να εφαρμοστεί.[4]

3.1 ΣΥΓΚΟΛΗΣΕΙΣ

Οι συγκολλήσεις ανήκουν στην κατηγορία των μόνιμων συνδέσεων ανάμεσα σε τεμάχια. Η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται μέσω της θερμότητας, είναι σύνδεση κρυσταλλική και έχει στόχο το τελικό τεμάχιο να έχει την ίδια αντοχή με τα αρχικά κομμάτια. Από την εποχή της αρχαιότητας εμφανίζονταν διαδικασίες συγκόλλησης, που βασίζονταν κυρίως στη μέχρι τότε γνώση των υλικών. Έτσι, η συγκόλληση με χύτευση καθιερώθηκε από τους αρχαίους χρόνους ως η κύρια μορφή σύνδεσης και επισκευής σπασμένων κατασκευών από μπρούντζο ή χυτοσίδηρο. Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η συγκόλληση σε κάμινο (καμινοσυγκόλληση), η κασιτεροκόλληση, που χρησιμοποιείται μέχρι τις μέρες μας, ιδιαίτερα στη λευκοσιδηρουργία, η μπρουτζοκόλληση κ.λπ..**Σχ.3.2** Η πιο κλασική μέθοδος συγκόλλησης, που είναι η συγκόλληση με οξυγονοασετυλίνη, εμφανίστηκε στην αρχή του εικοστού αιώνα. Από τότε πολλές διαφορετικές μέθοδοι έχουν ανακαλυφθεί και προσφέρονται για την πραγματοποίηση πολύπλοκων προϊόντων. Η λίστα με τα αντικείμενα ή προϊόντα, που έχουν συγκολλητά μέρη είναι ατελείωτη και περιλαμβάνει από στοιχεία ηλεκτρονικών κυκλωμάτων μέχρι πλοία, μηχανές αεριοθούμενων, αυτοκίνητα, γέφυρες, μεταλλικά έπιπλα, κτίρια με μεταλλικό σκελετό κ.λπ..



Σχήμα 3.2: Είδη Συγκολλήσεων.

Σήμερα, οι μέθοδοι της συγκόλλησης και τα συγκολλητικά υλικά έχουν αναπτυχθεί τόσο, ώστε να πραγματοποιούνται κατασκευές με ποιότητα, αξιοπιστία και αντοχή, που η παλαιότερη τεχνολογία δεν το επέτρεπε.

Μερικά από τα πλεονεκτήματά της συγκόλλησης έναντι των άλλων μεθόδων:

- Δημιουργεί συνδέσεις **αντοχής**.
- Η σύνδεση είναι **μικρότερου βάρους** (ελαφρότερη).
- Δημιουργεί συνδέσεις που έχουν **καλή εμφάνιση** (καλαισθησία).
- Οι συσκευές και τα υλικά συγκολλήσεως είναι **μικρού κόστους**.
- **Το κόστος της σύνδεσης, συνήθως, είναι πολύ μικρότερο** σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους (είναι η φθηνότερη μέθοδος).
- Στις σύγχρονες βιοτεχνικές εγκαταστάσεις συγκόλλησης, οι διαδικασίες των συγκολλήσεων γίνονται αυτόματα, με ρομποτισμό. Έτσι κατεβαίνει σημαντικά το κόστος παραγωγής, ενώ προκύπτει άριστη ποιότητα. Απαιτεί όμως υψηλού επιπέδου εκπαίδευση του προσωπικού.

Υπάρχουν όμως πολλές περιπτώσεις που δεν είναι δυνατή η εφαρμογή της συγκόλλησης. Τέτοιες περιπτώσεις μπορεί να είναι:

- Η σύνδεση κομματιών τα οποία θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να αποσυνδέονται και να επανασυνδέονται (λυόμενες κατασκευές).
- Όταν η συγκόλληση δεν είναι τεχνικά δυνατή, ή όταν το αποτέλεσμα της δεν είναι ασφαλές.

- Όταν οι συνδέσεις είναι τέτοιες, ώστε η εφαρμογή της συγκόλλησης να απαιτεί ειδικές εγκαταστάσεις και την αγορά συσκευών μεγάλου κόστους, η απόσβεση των οποίων ανεβάζει πολύ το κόστος των συγκολλήσεων που πραγματοποιούνται. Σ' αυτές τις περιπτώσεις, προτιμούνται άλλες μέθοδοι σύνδεσης, εκτός και αν υπάρχουν ειδικοί λόγοι που επιβάλλουν τη συγκόλληση.

Γενικά, η συγκόλληση προϋποθέτει μεταλλικά τεμάχια από το ίδιο ή από παρεμφερές υλικό. Έτσι, σε περιπτώσεις σύνδεσης ελασμάτων από διαφορετικό υλικό (π.χ. σίδηρο με αλουμίνιο), δεν μπορεί να εφαρμοστεί η συγκόλληση.

Το μεγαλύτερο όμως πρόβλημα της συγκόλλησης ήταν πάντα ο έλεγχος της ποιότητάς της, ειδικότερα, όταν επρόκειτο για συνδέσεις με μεγάλο συντελεστή ασφαλείας.

Όμως οι σύγχρονες ηλεκτρονικές μέθοδοι ελέγχου (χρήση ακτίνων X ή Γ, υπέρηχοι κτλ.), έχουν τη δυνατότητα πλήρους, συνεχούς και, κυρίως, γρήγορου και άκρως αξιόπιστου ελέγχου της ποιότητας των συγκολλήσεων. Αποτέλεσμα αυτού του γεγονότος αλλά και των πλεονεκτημάτων που αναφέρθηκαν παραπάνω, είναι να γενικεύεται, όλο και περισσότερο, η χρήση της συγκόλλησης, ως μεθόδου σύνδεσης μεταλλικών κομματιών στις κατασκευές αλλά και στις επισκευές.

Ακόμα και το μικρότερο συνεργείο επισκευής αυτοκινήτων και, ειδικά, τα συνεργεία επισκευής αμαξιών (φανοποιεία), διαθέτουν συσκευές συγκόλλησης διαφόρων ειδών για την επισκευή ή την αντικατάσταση μεταλλικών τμημάτων του αυτοκινήτου. Γι. αυτό, ο τεχνίτης αμαξωμάτων θα πρέπει να γνωρίζει πολύ καλά τη λειτουργία των συσκευών συγκόλλησης, να αξιοποιεί τις δυνατότητές τους και να τις χειρίζεται με απόλυτη ασφάλεια. [4]

3.1.1 ΕΙΔΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

Με τον τεχνικό όρο **συγκόλληση** εννοούμε την **ένωση δύο ή περισσότερων μεταλλικών κομματιών με τη βοήθεια της θέρμανσης ή της πίεσης ή, ακόμη, και με ταυτόχρονη εφαρμογή και των δύο**. Οι συγκολλήσεις κατατάσσονται σε τρεις μαγέλες κατηγορίες **Σχ.3.2**, ανάλογα με το χρησιμοποιούμενο μέσο. Έτσι αχούνε:

- Τις **συγκολλήσεις τήξης**
- Τις **συγκολλήσεις πίεσης**
- Τις **ειδικές συγκολλήσεις**

Οι συγκολλήσεις τήξης διακρίνονται σε αυτογενείς και ετερογενείς. Αυτογενείς είναι οι συγκολλήσεις τήξης στις οποίες τα προς συγκόλληση κομμάτια είναι από το ίδιο ή παρόμοιο υλικό. Διακρίνονται σε οξυγονοκολλήσεις (οξύγόνου-ασετιλίνης) και ηλεκτροσυγκολλήσεις ενώ ετερογενείς είναι οι συγκολλήσεις στις οποίες τα προς συγκόλληση κομμάτια έχουν διαφορετική χημική σύσταση από την κόλληση. Διακρίνονται σε μαλακές και σκληρές.

Στις συγκολλήσεις πίεσης, τα κομμάτια θερμαίνονται στα σημεία συγκόλλησής τους και, ταυτόχρονα, πιέζονται.

Οι **συγκολλήσεις πίεσης** πραγματοποιούνται με ταυτόχρονη θέρμανση της θέσης συγκόλλησης των δύο κομματιών σε θερμοκρασία μικρότερη από τη θερμοκρασία τήξης τους και με εφαρμογή ισχυρής πίεσης στη θέση της συγκόλλησης.

Οι συγκολλήσεις πίεσης διακρίνονται σε

- Ø Ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης
- Ø Καμινοσυγκολλήσεις
- Ø Συγκολλήσεις τριβής
- Ø Ψυχρές συγκολλήσεις

Οι συγκολλήσεις ως μέσο σύνδεσης αντικατέστησαν όλες τις μεθόδους λυόμενων συνδέσεων (κοχλιοσυνδέσεις , ηλώσεις), εκεί βέβαια που δε χρειαζόταν η σύνδεση να είναι λυόμενη. Για την παραγωγή σύνθετων κατασκευών, οι συγκολλήσεις αντικατέστησαν την πολύ δαπανηρότερη χύτευση. Τα πλεονεκτήματα των συγκολλήσεων απέναντι στη χύτευση είναι : οικονομία στο υλικό, μικρότερο κόστος και πραγματοποίηση σύνθετων κατασκευών, που με τη χύτευση είναι αδύνατες ή πολύ δύσκολες. Μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι συγκολλήσεις σχετίζονται κυρίως με τη συγκολλητικότητα των υλικών, δηλαδή την ιδιότητα ενός υλικού να μπορεί να συγκολληθεί. [4]

3.1.2 Συγκολλητικότητα των υλικών

Η συγκολλητικότητα των υλικών εξαρτάται από τη χημική τους σύνθεση και την κρυσταλλική τους δομή. Σχετικά με τα ευρέως χρησιμοποιούμενα υλικά ισχύουν τα εξής :

Ø Κράματα σιδήρου - άνθρακα

Η συγκολλητικότητα των χαλύβων εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα (C). Όσο λιγότερο άνθρακα έχει ένας χάλυβας, τόσο πιο μεγάλη συγκολλητικότητα έχει, δηλαδή συγκολλείται πιο εύκολα. Ανώτερο όριο περιεκτικότητας σε άνθρακα για εύκολη συγκόλληση είναι το 0.25%. Αν ένας χάλυβας έχει περιεκτικότητα πάνω από το 0,25% σε άνθρακα, τότε η συγκόλληση δεν μπορεί να είναι επιτυχής παρά μόνο κάτω από ειδικές συνθήκες. Στην περίπτωση αυτή, περιοχές της ραφής της συγκόλλησης υφίστανται βαφή, χάνουν τη μηχανική αντοχή τους και ψαθυροποιούνται. Οι χάλυβες αυτοί, με όριο άνθρακα πάνω από το 0,25%, μπορούν να συγκολληθούν, αν προθερμανθούν. Η προθέρμανση αυτή εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε άνθρακα και φθάνει μέχρι τους 425°C για χάλυβες με περιεκτικότητα 0,8% σε άνθρακα. Αντίστοιχα με τους ανθρακούχους

χάλυβες, οι χάλυβες με μεγάλη περιεκτικότητα σε A, A, S και P, δεν μπορούν να συγκολληθούν εύκολα και μόνο κάτω από ειδικές συνθήκες. Αντίθετα, οι χάλυβες με

προσμείξεις A, A, A, A και V, δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα συγκόλλησης, εκτός αν όλες οι προσμείξεις ξεπερνάνε το 10%.

Ø Μη σιδηρούχα κράματα μετάλλων

Τα κράματα του χαλκού και του αλουμινίου μπορούν εύκολα να συγκολληθούν. Εξαιρούνται τα κράματα του αλουμινίου με πάνω από 5% μαγνήσιο και οι ορείχαλκοι με υψηλό ποσοστό ψευδαργύρου.

3.2 ΈΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

Ο έλεγχος των συγκολλήσεων είναι απαραίτητος προκειμένου να διαπιστωθεί αν η συγκόλληση έχει την απαιτούμενη μηχανική αντοχή. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να γίνει με μεθόδους μη καταστροφικού ελέγχου, όπου εξετάζεται το δοκίμιο ή η ραφή χωρίς όμως να καταστραφεί, και με μεθόδους, όπου υποβάλλονται έτοιμα προϊόντα σε ανάλογες φορτίσεις, με αποτέλεσμα την καταστροφή τους μετά τον έλεγχο.



Σχήμα 3.3: Μη καταστροφικός Έλενος συγκόλλησης με υπέρυθρες ακτίνες.

Ø Μη καταστροφικές μέθοδοι

Οι δοκιμές αυτές δεν καταστρέφουν το υπό εξέταση αντικείμενο και είναι ευρέως χρησιμοποιούμενες, ιδιαίτερα ο έλεγχος με ακτίνες X και Υ. Αναλυτικά παρακάτω φαίνονται οι μη καταστροφικές μέθοδοι ελέγχου των συγκολλήσεων :

- **Μηχανικός έλεγχος** : Τα δοκίμια υποβάλλονται σε καταπονήσεις μεγαλύτερες από τις συνθήκες λειτουργίας τους και ελέγχεται η αντοχή τους.
- **Οπτικός Έλεγχος** : Ελέγχονται με το μάτι ή με όργανα το πάχος της ραφής μίας συγκόλλησης, τυχόν ρωγμές κ.λπ..
- **Έλεγχος με ηλεκτρική αγωγιμότητα** : Βασίζεται στη διακύμανση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας λόγω σφαλμάτων στη συγκόλληση. Είναι σχετικά αναξιόπιστη μεθοδολογία.
- **Έλεγχος με φθορισμό** : Αλείφεται η ραφή της συγκόλλησης με θειούχο ψευδάργυρο, που είναι φθορίζον υλικό, και στη συνέχεια, αφού σκουπιστεί η επιφάνεια, φωτίζεται και έτσι μπορεί να παρατηρηθούν ρωγμές, πόροι κλπ, στα οποία ο θειούχος ψευδάργυρος παραμένει και λάμπει.
- **Μαγνητικός έλεγχος** : Τοποθετούνται χαλύβδινα κομμάτια σε μαγνητικό πεδίο και από τη συνέχεια των μαγνητικών γραμμών φαίνεται αν υπάρχει ή όχι ανωμαλία στη συγκόλληση.

- **Έλεγχος με υπερήχους** : Μία δέσμη υπερήχων προσπίπτει στην ραφή της συγκόλλησης και ανακλάται. Σε περίπτωση που υπάρχει εσωτερικά στη ραφή κάποιο ελάττωμα, αυτό εντοπίζεται, επειδή η ανάκλαση του υπερήχου διακόπτεται και δεν είναι συνεχής. Η μέθοδος αυτή είναι από τις πιο αξιόπιστες αλλά απαιτεί ειδική προετοιμασία.
- **Έλεγχος με ακτίνες X** : Τα ελαττώματα της συγκόλλησης μεταφράζονται σε σκιές πάνω σε φιλμ μετά από προσβολή από ακτίνες X **Σχ.3.3.**
- **Έλεγχος με ακτίνες Y** : Οι ακτίνες Y έχουν πολύ μεγαλύτερη διεισδυτική ικανότητα από τις αντίστοιχες ακτίνες X. Σε αυτή την περίπτωση επίσης τα ελαττώματα της συγκόλλησης μεταφράζονται σε σκιές πάνω σε φιλμ μετά από προσβολή από ακτίνες Y **Σχ.3.3.** .

Ø Καταστροφικές δοκιμές

Οι καταστροφικές δοκιμές έχουν αποτέλεσμα την καταστροφή του συγκολλητού αντικειμένου. Έτσι, για παράδειγμα, ο έλεγχος της αντοχής ενός συγκολλητού δοχείου πίεσης γίνεται με υδραυλική πίεση μέχρι την καταστροφή του δοχείου. Αν η καταστροφή προέλθει από θραύση των τοιχωμάτων του, εκτός της περιοχής της συγκόλλησης, τότε η συγκόλληση είναι ικανοποιητική. Αντίστοιχες δοκιμές γίνονται και σε τμήματα ενός συγκολλητού αντικειμένου. Οι κυριότερες δοκιμές που μπορεί να γίνουν σε δοκίμια συγκολλητού αντικειμένου είναι η δοκιμή εφελκυσμού, κρούσης, λυγισμού και σκληρότητας. Οι δοκιμές αυτές δε διαφέρουν από τις αντίστοιχες κλασικές δοκιμές μηχανικής αντοχής. [4]

3.3 ΑΥΤΟΓΕΝΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ



Σχήμα 3.4: Διάταξη συγκόλλησης με οξυγονοασετυλίνη ή οξυγονοσυγκόλληση.

3.3.1 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΟΞΥΓΟΝΟΑΣΕΤΥΛΙΝΗ

Η συγκόλληση με οξυγονοασετυλίνη **Σχ.3.4** (οξυγονοσυγκόλληση ή οξυγονοκόλληση) πρωτοεμφανίστηκε στις αρχές του 20ου αιώνα. Χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση μεταλλικών ελασμάτων ή δοκών, ράβδων, σωλήνων κ.λπ. Η οξυγονοκόλληση είναι μία αυτογενής συγκόλληση, γιατί πραγματοποιείται μέσω της τήξης των άκρων των δύο προς συγκόλληση τεμαχίων και με προσθήκη ή όχι συγκολλητικού υλικού.

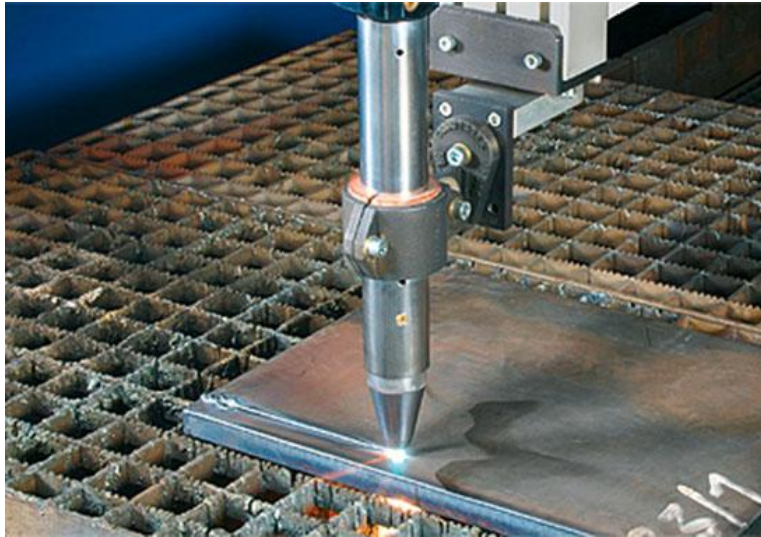
Ø Συσκευές – όργανα

Η απαραίτητη θερμότητα για το λιώσιμο των άκρων των δύο προς συγκόλληση τεμαχίων παράγεται με τη βοήθεια του οξυγόνου (O₂) και της ασετυλίνης (C₂H₂). Το οξυγόνο που είναι αέριο, άχρωμο, άγευστο, άοσμο και διατηρεί την καύση, καίει την ασετυλίνη, που είναι επίσης αέριο άχρωμο, μη τοξικό με δυσάρεστη οσμή και εύφλεκτο. Και τα δύο αυτά αέρια τοποθετούνται σε φιάλες, οι οποίες είναι σημαδεμένες με χαρακτηριστικά χρώματα για να αναγνωρίζεται το περιεχόμενό τους (μπλε για το οξυγόνο και κίτρινο για την ασετυλίνη). Άλλο στοιχείο χαρακτηριστικό αναγνώρισης του περιεχομένου είναι ο διαφορετικός ήχος που κάνουν οι δύο φιάλες, όταν χτυπηθούν ελαφρά με κάποιο μεταλλικό αντικείμενο. Η φιάλη του οξυγόνου κάνει ένα χαρακτηριστικό ήχο σαν καμπάνα (περιέχει οξυγόνο υπό πίεση), ενώ η φιάλη της ασετυλίνης κάνει υπόκωφο ήχο. Ο ήχος της φιάλης της ασετυλίνης οφείλεται στο πορώδες υλικό που χρησιμοποιείται για να συγκρατεί την ακετόνη, η οποία είναι απαραίτητη για να διαλυθεί σε αυτή η ασετυλίνη (η ασετυλίνη υπό πίεση είναι εκρηκτική και γι' αυτό διαλύεται στις φιάλες μέσα σε υγρή ακετόνη).

Προκειμένου το οξυγόνο και η ασετυλίνη να χρησιμοποιηθούν και επειδή βρίσκονται σε πίεση (15 ταμ. το οξυγόνο και 150 ταμ. η ασετυλίνη), μετά τις φιάλες χρησιμοποιούνται εκτονωτές, δηλαδή όργανα που ρίχνουν την πίεση. Η πίεση που έχει κάθε αέριο στη φιάλη, αλλά και η πίεση της παροχής του, μετά τη μείωση από τον εκτονωτή, φαίνονται σε δύο μανόμετρα που έχει πάνω κάθε φιάλη, το μανόμετρο υψηλής πίεσης (για τη φιάλη) και το μανόμετρο χαμηλής πίεσης (για την παροχή).

3.3.2 ΟΞΥΓΟΝΟΚΟΠΗ

Η φλόγα της οξυγονοασετυλίνης χρησιμοποιείται και για κοπή ελασμάτων. Ο καυστήρας που χρησιμοποιείται σε αυτή την περίπτωση είναι ειδικός και ονομάζεται οξυγονοκόφτης **Σχ.3.5**. Ο οξυγονοκόφτης περιλαμβάνει ένα ακόμα αγωγό για παροχή καθαρού οξυγόνου που χρησιμοποιείται για τη στιγμιαία οξειδωση του σιδήρου, που θα προκαλέσει την κοπή (η οξυγονοκοπή χρησιμοποιείται μόνο στα σιδηρούχα υλικά).

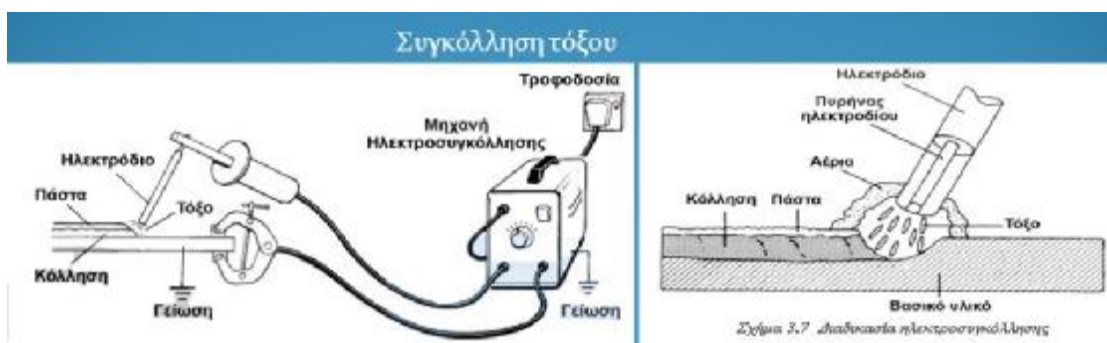


Σχήμα 3.5: Μηχανή οξυγονοκοπής.

Στην πράξη θερμαίνεται το έλασμα μέσω της φλόγας της οξυγονοασετυλίνης και καθώς πυρώνεται τροφοδοτείται καθαρό οξυγόνο. Το οξυγόνο αυτό οξειδώνει το σίδηρο που περιέχεται στο έλασμα και παράγει την κοπή. Η θερμότητα από την κοπή είναι ικανή να διατηρεί την ερυθροπύρωση του ελάσματος, ώστε να μη χρειάζεται στη συνέχεια θέρμανση μέσω της οξυγονοασετυλίνης. Η φλόγα δηλαδή της οξυγονοασετυλίνης χρησιμοποιείται μόνο για να ξεκινήσει η κοπή.

Η κοπή με οξυγόνο μπορεί να γίνεται είτε με το χέρι είτε μηχανικά. Υπάρχουν ειδικές εργαλειομηχανές κοπής ελασμάτων που πραγματοποιούν κοπή με οξυγόνο και μάλιστα οι πιο σύγχρονες από αυτές καθοδηγούνται από ηλεκτρονικό υπολογιστή.

3.3.3 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΟΞΟΥ



Σχήμα 3.6: Διάταξη συγκόλλησης τόξου ή ηλεκτροσυγκόλληση

Η συγκόλληση τόξου ή ηλεκτροσυγκόλληση **Σχ.3.6** στηρίζεται στη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου ανάμεσα στο κομμάτι, που θέλουμε να κολληθεί, και σε ένα ηλεκτρόδιο, που είναι ταυτόχρονα και συγκολλητικό μέσο. Για να γίνει αυτό, το ηλεκτρόδιο και το

κομμάτι συνδέονται με τους ακροδέκτες γεννήτριας ηλεκτρικού ρεύματος. Στην πράξη χρησιμοποιούνται ειδικές μηχανές που λέγονται μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης, οι οποίες χρησιμοποιούν συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα και παράγουν το ηλεκτρικό τόξο.

Λόγω του ηλεκτρικού τόξου, αναπτύσσεται μεγάλη θερμοκρασία στη θέση κόλλησης, γύρω στους 4000 °C. Στη θερμοκρασία αυτή το μέταλλο που συγκολλείται λιώνει, ενώ από πάνω του δημιουργείται ένα στρώμα αερίων, που προέρχονται από την επένδυση του ηλεκτροδίου. Ταυτόχρονα με τη δημιουργία των αερίων, δημιουργείται πάνω από τη ραφή μία πάστα, επίσης από την επένδυση του ηλεκτροδίου. Η πάστα αυτή βοηθά στην τήξη του μετάλλου και εμποδίζει τη γρήγορη απόψυξη, που θα είχε συνέπεια να βαφεί η ραφή. Η ραφή συγκόλλησης προκύπτει από το λιωμένο μέταλλο που συγκολλείται και από λιωμένο μέταλλο του πυρήνα του ηλεκτροδίου. Ο συγκολλητής, για να ξεκινήσει τη διαδικασία συγκόλλησης, χτυπά ή τρίβει το ηλεκτρόδιο πάνω στο προς συγκόλληση τεμάχιο και στη συνέχεια το σηκώνει, διατηρώντας από κει και πέρα μία σταθερή απόσταση.

Οι μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης χρησιμοποιούν εναλλασσόμενο ή συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα και χαρακτηρίζονται από την ένταση του ρεύματος, που μπορούν να δώσουν, και την τάση του ρεύματος για το ξεκίνημα του τόξου (τάση εν κενώ). Η ένταση της συγκόλλησης ρυθμίζεται από ροοστάτες που βρίσκονται πάνω στις μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης, ενώ για κάθε ένταση ρεύματος προτείνεται και αντίστοιχο ηλεκτρόδιο. Επισημαίνεται ότι, με τη χρήση του ίδιου ηλεκτροδίου, η ένταση του ρεύματος πρέπει να αυξάνεται, όσο το πάχος των ελασμάτων που θα κολληθούν είναι μεγαλύτερο. Τα συνήθη ηλεκτρόδια έχουν επένδυση που είναι κράμα διαφόρων οργανικών και ορυκτών συστατικών, ενώ ο πυρήνας τους είναι από μαλακό χάλυβα. Υπάρχουν και άλλα ηλεκτρόδια με πυρήνες από χαλυβοκράματα, χυτοσίδηρο κ.λπ., αλλά δε χρησιμοποιούνται συχνά και μόνο για ειδικές περιπτώσεις. Τα ηλεκτρόδια κυκλοφορούν σε πολλά μεγέθη με διαφορετικό μήκος και διάμετρο, όπως και με διαφορετικό πάχος επένδυσης. Στον Πίνακα **Π.3.1** φαίνονται διάφορα μεγέθη ηλεκτροδίων και η ένταση του ρεύματος που πρέπει να χρησιμοποιείται σε κάθε περίπτωση.

Διάμετρος ηλεκτροδίου [mm]	Μήκος ηλεκτροδίου [mm]	Ένταση ρεύματος [A]
1.6	250	25
2.0	350	45
2.5	350	65
3.5	450	115
4.0	450	145
5.0	450	215
6.0	450	265
6.3	450	285
7.0	450	320
8.0	450	360

Πινάκας 3.1: Διάφορα μεγέθη ηλεκτροδίων και η ένταση ρεύματος που χρησιμοποιούνται

Τα ηλεκτρόδια έχουν τυποποιηθεί ως προς τα χαρακτηριστικά τους σύμφωνα με Ευρωπαϊκά και άλλα διεθνή πρότυπα. Στην ετικέτα του κουτιού, στα οποία είναι συσκευασμένα τα ηλεκτρόδια, γράφονται με τη σειρά σύμβολα που χαρακτηρίζουν συγκεκριμένες ιδιότητες του ηλεκτροδίου.

Για να γίνει συγκόλληση δύο μεταλλικών τεμαχίων, πρέπει να προκληθεί τήξη στα σημεία συγκόλλησης. Στη συγκόλληση ηλεκτρικού τόξου ή ηλεκτροσυγκόλληση, η θερμοκρασία για την τήξη παράγεται με τη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου.

Το τεμάχιο στο οποίο συνδέεται ο αρνητικός πόλος ονομάζεται **κάθοδος** και συμβολίζεται με το (-) ενώ το τεμάχιο στο οποίο συνδέεται ο θετικός πόλος ονομάζεται **άνοδος** και συμβολίζεται με το (+). Όταν χρησιμοποιείται εναλλασσόμενο ρεύμα, τότε ο ρόλος της καθόδου και της ανόδου αντιστρέφεται συνέχεια.

Στο μικρό διάκενο μεταξύ ηλεκτροδίου και μμετάλλου βάσης, δημιουργείται μία ισχυρά ιονισμένη ατμόσφαιρα αερίου. Το αέριο το οποίο βρίσκεται σ. αυτή την κατάσταση ονομάζεται **πλάσμα**. Μέσω της στήλης του πλάσματος διατηρείται το τόξο.

Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο σημείο επαφής του ηλεκτρικού τόξου με το μμέταλλο βάσης υπερβαίνει τους 2400°C. Εκεί δημιουργείται το **λουτρό συγκόλλησης**, δηλαδή μία περιοχή από τηγμένο μμέταλλο, η οποία, όταν στερεοποιηθεί, προκαλεί τη συγκόλληση των δύο τεμαχίων. Μετακινώντας το ηλεκτρόδιο κατά μήκος της γραμμής επαφής των τεμαχίων, επιτυγχάνεται η συγκόλλησή τους.

Το ηλεκτρικό τόξο συντηρείται από μόνο του, αρκεί να μην απομακρυνθεί πολύ το ηλεκτρόδιο από το μέταλλο βάσης. Για την έναρξή του όμως, εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές. Οι πλέον διαδεδομένες είναι οι εξής:

- Ø Με τη στιγμιαία επαφή και απομάκρυνση του ηλεκτροδίου με το μμέταλλο βάσης
- Ø Με μία στιγμιαία υψηλή τάση μεταξύ ηλεκτροδίου και μμετάλλου βάσης [4]

3.4 ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

Η ηλεκτροσυγκόλληση πραγματοποιείται χρησιμοποιώντας ορισμένα βασικά εξαρτήματα προστασίας. Αυτά είναι η μάσκα, που προστατεύει τα μάτια από τη λάμψη του ηλεκτρικού τόξου (δηλαδή από τις υπέρυθρες και υπεριώδεις ακτίνες που καταστρέφουν τον αμφιβληστροειδή του ματιού), τα γάντια, που προστατεύουν τα χέρια από πιθανά εγκαύματα και την ακτινοβολία, και η ποδιά που προστατεύει αντίστοιχα το υπόλοιπο σώμα **Σχ.3.7**.



Σχήμα 3.7: Τεχνική ηλεκτροσυγκόλλησης.

Εκτός από τον παραπάνω βασικό εξοπλισμό, στην ηλεκτροσυγκόλληση χρησιμοποιούνται περικνημίδες για τα πόδια και μανσέτες για τα χέρια. Επίσης, ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο αερισμός που πρέπει να υπάρχει στο χώρο εργασίας, ώστε να μην εισπνέονται από το συγκολλητή τα διάφορα αέρια που προκύπτουν από την συγκόλληση. Κατά τη διάρκεια της ηλεκτροσυγκόλλησης και ανάλογα με το είδος της ραφής που επιθυμούμε, πρέπει να μετακινείται το ηλεκτρόδιο πραγματοποιώντας συγκεκριμένες κινήσεις.

Οι συνηθισμένες συγκολλήσεις, που γίνονται με ηλεκτροσυγκόλληση, είναι οι μετωπικές ραφές και οι εξωραφές. Η προετοιμασία που πρέπει να γίνει στα ελάσματα πριν την ηλεκτροσυγκόλληση διαφέρει ανάμεσα στα δύο είδη, ενώ εξαρτάται και από τα πάχη των ελασμάτων. Οι εξωραφές είναι συγκολλήσεις ελασμάτων καθέτως μεταξύ τους σε αντίθεση με τις μετωπικές ραφές, που, όπως το λέει και η λέξη, είναι συγκολλήσεις κατά πρόσωπο.

3.4.1 ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΕ ΑΔΡΑΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Οι συγκολλήσεις με αδρανή ατμόσφαιρα εξασφαλίζουν τη μόνωση της θέσης συγκόλλησης από τον αέρα, δηλαδή ουσιαστικά από το Οξυγόνο και το άζωτο που επηρεάζουν τη συγκόλληση. Για τη μόνωση αυτή χρησιμοποιούνται τα αέρια Αργό (Ar) και Ήλιο (He). Από τα δύο αυτά αέρια χρησιμοποιείται περισσότερο το αργό, γιατί η παραγωγή του έχει μικρότερο κόστος.

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου ηλεκτροσυγκόλλησης σε αδρανή ατμόσφαιρα σε σχέση με την απλή ηλεκτροσυγκόλληση είναι :

- Σταθερό ηλεκτρικό τόξο και εύκολη συγκόλληση,
- Ραφές συγκόλλησης με υψηλή μηχανική αντοχή.
- Μικρές παραμορφώσεις λόγω θέρμανσης,
- Απουσία επιβλαβών αναθυμιάσεων.

Η ηλεκτροσυγκόλληση σε αδρανή ατμόσφαιρα γίνεται με τρεις μεθόδους, τη μέθοδο T.I.G. (δύστηκτο ηλεκτρόδιο και αέριο αργό), τη μέθοδο M.I.G. (καταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο και αέριο αργό) και τη μέθοδο M.A.G. (καταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο και ανθρακικά αέρια).

3.5 ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ (ΗΛΕΚΤΡΟΠΟΝΤΑ)

Η ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση είναι αυτογενής συγκόλληση, η οποία δε χρησιμοποιεί συγκολλητικό υλικό. Τα τεμάχια που πρόκειται να συγκολληθούν θερμαίνονται συμπιεζόμενα μεταξύ δύο ηλεκτροδίων και συγκολλώνται.



Σχήμα 3.7: Ηλεκτροπόντα.

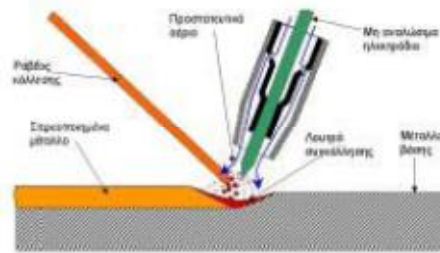
Για τη συγκόλληση με αντίσταση σημαντικό ρόλο παίζουν ο χρόνος συγκόλλησης και η πίεση που ασκείται από τα ηλεκτρόδια. Ανάλογα με τα υλικά που πρόκειται να συγκολληθούν και το πάχος τους, επιλέγονται και οι συνθήκες αυτές της συγκόλλησης.

Η πιο γνωστή και ευρέως χρησιμοποιούμενη μηχανή για ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση είναι η **ηλεκτροπόντα Σχ3.7**. Οι ηλεκτροπόντες που κυκλοφορούν είναι συνήθως σταθερές και ποδοκίνητες, ενώ υπάρχουν και φορητές. [5]

3.6 ΜΕΘΟΔΟΣ T.I.G

Πρόκειται για μια αυτογενή διαδικασία συγκόλλησης, η οποία δεν απαιτεί καλώδιο γεμίσματος, παρότι σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Η πηγή θερμότητας είναι ένα ηλεκτρικό τόξο μεταξύ ενός μη αναλισκόμενου ηλεκτροδίου από βολφράμιο και της επιφάνειας εργασίας. Το ρεύμα που χρησιμοποιείται σε αυτού του τύπου τις συγκολλήσεις είναι κατά κύριο λόγο συνεχές. Η θερμοκρασία του τόξου λιώνει το ηλεκτρόδιο και το μέταλλο της επιφάνειας εργασίας, ενώ η συγκόλληση προστατεύεται από την ατμόσφαιρα, από ένα αέριο μίγμα από αργό και ήλιο. Στην ηλεκτροσυγκόλληση T.I.G. το ηλεκτρόδιο είναι από Βολφράμιο (W) και προκειμένου να αυξηθούν οι ηλεκτρικές του ιδιότητες προστίθενται Θόριο (Th) και Ζιρκόνιο (Zr). Το ηλεκτρόδιο δεν καταναλίσκεται, δηλαδή συμμετέχει στη συγκόλληση μόνο για να διατηρεί το ηλεκτρικό

τόξο. Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ως αδρανές αέριο το Αργό ή το Ήλιο ή μείγμα των δύο αερίων. Προκειμένου η συγκόλληση με τη μέθοδο T.I.G. να είναι επιτυχής, πρέπει τα κομμάτια που θα συγκολληθούν να είναι καθαρά και απαλλαγμένα από ακαθαρσίες. Η κόλληση που φαίνεται στο σχήμα επιλέγεται από ενώσεις των υλικών που πρόκειται να συγκολληθούν. Σε πολλές περιπτώσεις όμως η συγκόλληση πραγματοποιείται χωρίς κόλληση και μόνο με την τήξη των υλικών που πρόκειται να συγκολληθούν. Η μέθοδος T.I.G. χρησιμοποιείται για συγκόλληση όλων των μετάλλων και των κραμάτων τους. Ιδιαίτερη εφαρμογή είναι η συγκόλληση λεπτών αντικειμένων λόγω της εξαιρετικής ποιότητας συγκόλλησης και της ποιότητας της τελικής επιφάνειας.

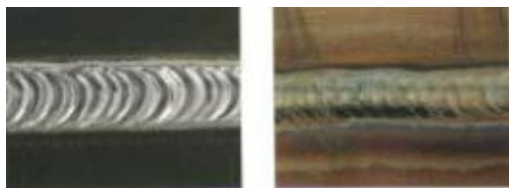


Σχήμα 5.1: Η μέθοδος εκτέλεσης της συγκόλλησης TIG

Στη συγκόλληση T.I.G. παρατηρούνται τα εξής:

1. Κολλάει περισσότερα είδη μετάλλων και κραμάτων, από οποιαδήποτε άλλη μέθοδο συγκόλλησης. Οι μηχανές συγκόλλησης TIG μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη συγκόλληση χάλυβα, ανοξείδωτου χάλυβα, χρωμιωμένου χάλυβα, αλουμινίου, κράματα νικελίου, μαγνησίου, χαλκού, μπρούντζου, ορείχαλκου, ακόμη και χρυσού. Η μέθοδος TIG χρησιμοποιείται στη συγκόλληση αμαξωμάτων, σκελετών ποδηλάτων, χορτοκοπτικών, χερουλιών πόρτας, προφυλακτήρων, και πολλών άλλων.
2. Δημιουργεί, υψηλής ποιότητας καθαρές συγκολλήσεις. Με εξαιρετικής ακρίβειας έλεγχο σταθερότητας τόξου και 'λουτρού συγκόλλησης, η μέθοδος TIG επιτρέπει τη δημιουργία καθαρών συγκολλήσεων, εκεί όπου η εμφάνιση μετράει. Επειδή υπάρχει η πιθανότητα ελέγχου της εισαγόμενης θερμοκρασίας μέσω τηλεχειριστηρίου πεντάλ, παρόμοια με την οδήγηση αυτοκινήτου, η μέθοδος TIG επιτρέπει τη θέρμανση ή τη ψύξη της συγκόλλησης και επιτυγχάνεται ένας πολύ καλός έλεγχος του γαζιού. Έτσι η μέθοδος TIG είναι ικανή να εκτελέσει ραφές υψηλής αισθητικής όπως σε γλυπτά ή σε συγκολλήσεις φανοποιίας.
3. Προσθέτοντας στο λουτρό τήξεως μόνο την ποσότητα του υλικού συγκολλητικού που χρειάζεται, δεν δημιουργούνται σπινθήρες και πιτσιλιές (εφόσον το προς κόλληση μέταλλο είναι καθαρό).
4. Επειδή χρησιμοποιείται κυρίως αργό σαν αέριο προστασίας, η χρήση βόρακα σε μορφή σκόνης είναι περιττή, και έτσι δεν σας περιορίζει τίποτα στην οπτική παρακολούθηση του λουτρού συγκόλλησης. Επίσης μετά τι τέλος της συγκόλλησης, δεν υπάρχει ίχνος βόρακα για να απομακρυνθεί από τη ραφή.

5. Η μέθοδος συγκόλλησης TIG δεν δημιουργεί καπνό ή αναθυμιάσεις, εκτός αν το προς κόλληση μέταλλο περιέχει βρωμιές ή υλικά όπως, λάδι, γράσο, χρώμα, μόλυβδο ή τσίγκο. Το μέταλλο θα πρέπει να καθαρίζεται πριν τη συγκόλληση.
6. Χρήση ενός αερίου προστασίας (Αργού) για όλες τις εφαρμογές. Επειδή με τη μέθοδο TIG μπορεί να χρησιμοποιηθεί κυρίως αργό για να κολληθούν όλα τα μέταλλα και όλα τα πάχη, χρειάζεστε μόνο ένα αέριο για τις συγκολλήσεις. Το αργό χρησιμοποιείται σε σχεδόν όλες τις εφαρμογές συγκόλλησης TIG.
7. Συγκόλληση σε όλες τις θέσεις. Η μέθοδος TIG μπορεί να διεξαχθεί σε όλες τις θέσεις - επίπεδα, οριζόντια ή κάθετα. Τέλεια εφαρμογή για συγκολλήσεις σε περιορισμένους χώρους.
8. Ταχύτητα συγκόλλησης μεγαλύτερη από την κοινή ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με ηλεκτρόδιο επενδεδυμένο (χαμένος χρόνος στο καθαρισμό του κορδονιού από τη πάστα, δυνατότητα αυτόματης συγκόλλησης, κ.λπ.).
9. Συγκόλληση χωρίς έμμεσα υλικά για την οξειδωση ή την διάβρωση των κομματιών.
10. Το υψηλό επίπεδο εκπαίδευσης του ηλεκτροσυγκολλητή.
11. Ο πολύ χαμηλός βαθμός παραγωγικότητας.
12. Η ενδεχομένη ανάγκη αλλαγής της φιάλης αερίου, όταν χρειάζεται να αλλαχθούν τα προς συγκόλληση μέταλλα [5]



Σχήμα 5.2: Η μορφή της ραφής TIG: (A) Σε αλουμίνιο (B) Σε ανοξείδωτο χάλυβα πάχους μόλις 0,5 mm

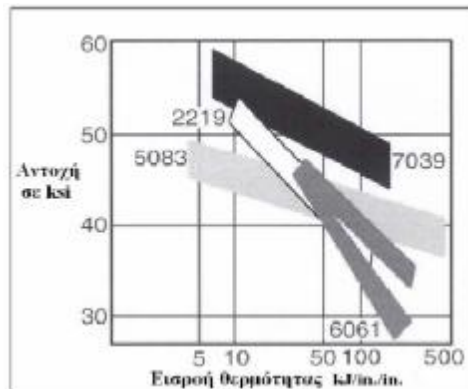
Ο ρόλος της πηγής θερμότητας στη συγκόλληση

Ο τρόπος μετάδοσης της απαραίτητης θερμότητας για την τήξη, παίζει ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο για μια συγκόλληση. Για παράδειγμα, στη μέθοδο GTAW με μια πηγή 1,5 kW, το τόξο συγκεντρώνεται σε μια μικρή περιοχή διαμέτρου 6 mm και μπορεί εύκολα να παράγει λουτρό (τηγμένο μέταλλο). Αντίθετα, ένα «πιστολάκι» μαλλιών ίδιας ισχύος (1,5 kW) μπορεί απλά να θερμάνει ένα έλασμα (π.χ. έλασμα πάχους 1,6 mm), χωρίς να προκαλέσει τήξη.

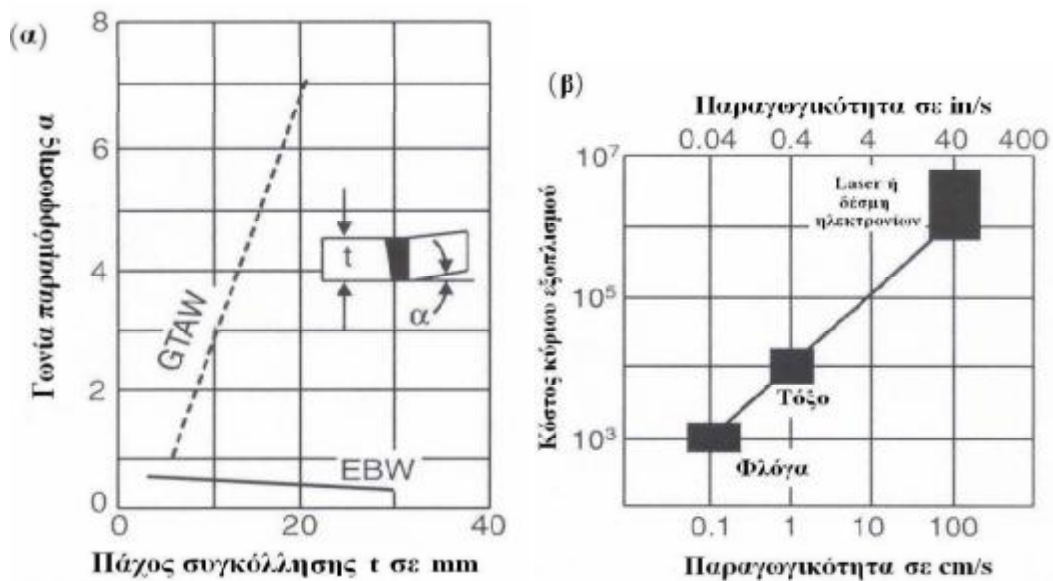
Σχήμα 5.3: Μεταβολή της θερμότητας που εισάγεται στο έλασμα σε σχέση με την απόδοση της πηγής.

Οι πηγές θερμότητας για τις συγκολλήσεις με αέριο, με τόξο και με δέσμη υψηλής ενέργειας είναι η φλόγα, το ηλεκτρικό τόξο και η δέσμη, αντίστοιχα. Η απόδοση αυτών αυξάνεται από τη φλόγα προς τη δέσμη. Όσο αυξάνεται η απόδοση της πηγής τόσο μειώνεται η απαιτούμενη θερμότητα για τη συγκόλληση ενός ελάσματος. Η περιοχή που έρχεται σε επαφή με τη φλόγα του αερίου θερμαίνεται αργά και πριν προκληθεί η τήξη, χάνεται μεγάλο ποσό της θερμότητας προς το υπόλοιπο «σώμα» του ελάσματος. Η υπερβολική θέρμανση μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στο έλασμα, όπως μείωση της

μηχανικής του αντοχής και παραμορφώσεις. Στο ίδιο υλικό όταν επενεργήσει μία εστιασμένη δέσμη ηλεκτρονίων (ή laser), τότε προκαλείται τήξη σε μια μικρή βαθιά οπή (keyhole) σχεδόν αμέσως, χωρίς να χαθεί θερμότητα προς το υπόλοιπο έλασμα.



Σχήμα 5.4: Μεταβολή της αντοχής σε σχέση με την εισροή θερμότητας ανά μονάδα μήκους της συγκόλλησης και ανά μονάδα πάχους του ελάσματος.



Σχήμα 5.5: Σύγκριση μεταξύ των μεθόδων συγκόλλησης: α) γωνιακή παραμόρφωση και β) κόστος κύριου εξοπλισμού.

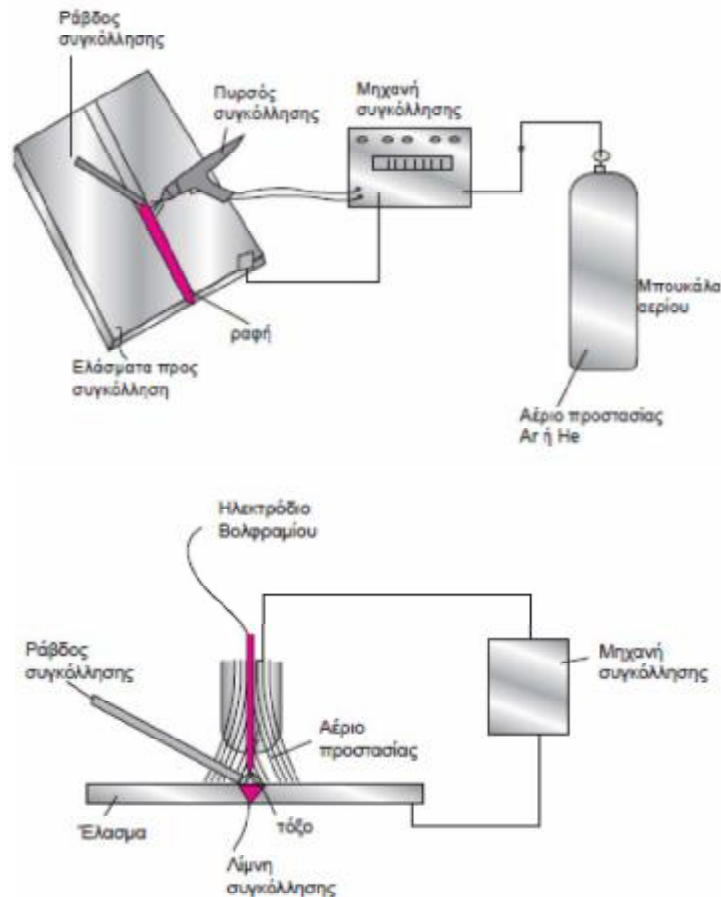
5.3. Τύποι ηλεκτροδίων

Τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται διακρίνονται σε :

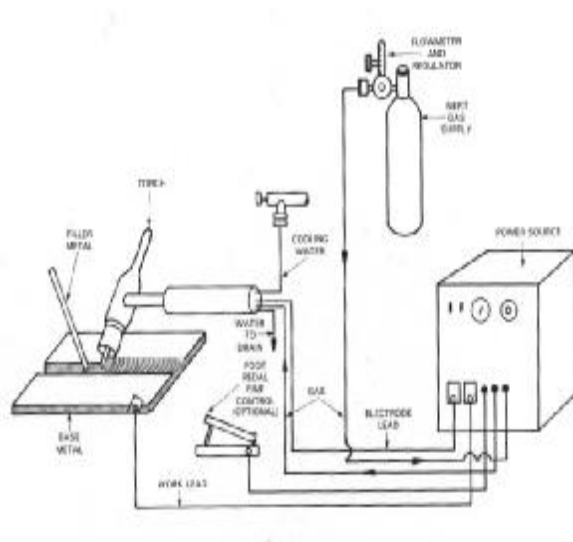
1. καθαρού βολφραμίου
2. βολφραμίου με 1 – 2 % θόριο
3. βολφραμίου με 0.15 – 0.40 % ζιρκόνιο
4. καθαρού βολφραμίου με εξωτερικό λεπτό κέλυφος από κράμα βολφραμίου με 1 – 2 % θορίου

Τα ηλεκτρόδια αυτά διατίθενται συνήθως σε διαμέτρους που κυμαίνονται από 0.25 μέχρι 6.35 mm και σε μήκη από 76 μέχρι 610 mm. Από τους παραπάνω τύπους ηλεκτροδίων, τα ηλεκτρόδια καθαρού βολφραμίου είναι τα φθηνότερα, ενώ τα ηλεκτρόδια βολφραμίου – θορίου είναι τα καλύτερα. Τα τελευταία παρουσιάζουν μεγαλύτερη εκπομπή ηλεκτρονίων, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και μεγαλύτερη αντίσταση σε απορρόφηση ακαθαρσιών από το περιβάλλον. Ακόμη με τα ηλεκτρόδια αυτά είναι πιο εύκολο το άναμμα του τόξου, ενώ και το ίδιο το τόξο είναι σταθερότερο

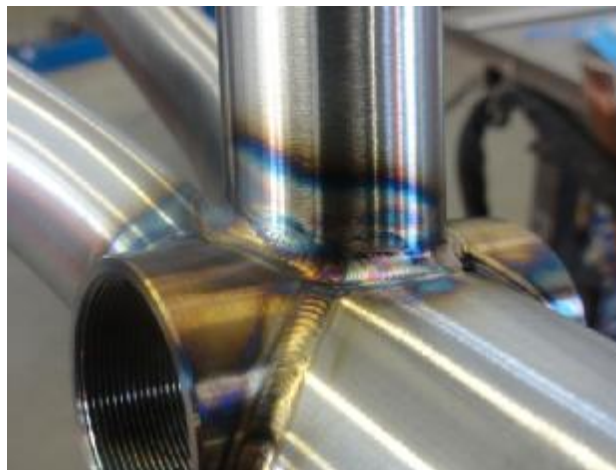
Η τεχνική GTAW δίνει άριστες συγκολλήσεις, αλλά σχετικά ακριβές. Ενδείκνυται για συγκόλληση σε μικρά και σε μεγάλα πάχη. Μηχανοποιημένη και αυτόματη χρησιμοποιείται για την κατασκευή σωλήνων από ανοξείδωτο χάλυβα με ραφή. [5]



Σχήμα 5.6: Συγκόλληση με ηλεκτρόδια βολφραμίου και προστασία αερίου (GTAW), (α) διάγραμμα της μεθόδου, (β) απεικόνιση της περιοχής συγκολλήσεως.



Σχήμα 3.4 : Διάταξη συγκόλλησης T.I.G.



Σχήμα 3.5: Συγκόλληση ανοξείδωτων τεμαχίων με T.I.G. και χειροκίνητη τροφοδοσία υλικού.

3.7 ΜΕΘΟΔΟΣ M.I.G., M.A.G

Στην ηλεκτροσυγκόλληση M.I.G. (**Blom Inert Gas**) **Σχ.3.6** το ηλεκτρόδιο αποτελεί και το συγκολλητικό υλικό. Το ηλεκτρόδιο δηλαδή καταναλίσκεται και τροφοδοτείται στη συγκόλληση από μία κουλούρα σύρματος. Αυτή γίνεται με συμπαγές σύρμα κάτω από προστατευτική ατμόσφαιρα κάποιου αερίου. Όταν το αέριο είναι αδρανές (π.χ. Ήλιο, Αργό), τότε η διαδικασία αυτή είναι γνωστή με την ονομασία **MIG**. Όταν όμως το αέριο είναι δραστικό (π.χ. CO₂, άζωτο, μείγμα αργού και οξυγόνου κτλ.), τότε η διαδικασία ονομάζεται **MAG**. Γι' αυτό εφαρμόζεται ο όρος **MIG/MAG**. Στην πράξη όμως, έχει επικρατήσει να χρησιμοποιείται σχεδόν μόνο ο όρος **MIG**.

Το αέριο που χρησιμοποιείται είναι αργό ή μείγμα αργού με άλλα αδρανή αέρια. Το ηλεκτρόδιο στη συγκόλληση M.I.G. συνδέεται στο θετικό πόλο, σε αντίθεση με το

ηλεκτρόδιο στη μέθοδο T.I.G., που συνδέεται στον αρνητικό πόλο και έτσι λιώνει ευκολότερα.

Στην ηλεκτροσυγκόλληση M.A.G. (**M**etal **A**ctif **G**as) χρησιμοποιούνται ανθρακικά αέρια (διοξείδιο του άνθρακος CO₂) ή μείγμα ανθρακικών αερίων και αργού. Το συγκολλητικό υλικό είναι σύρμα κυρίως από μαγγάνιο και πυρίτιο, ενώ περιέχει και πρόσθετα άλλων μετάλλων.

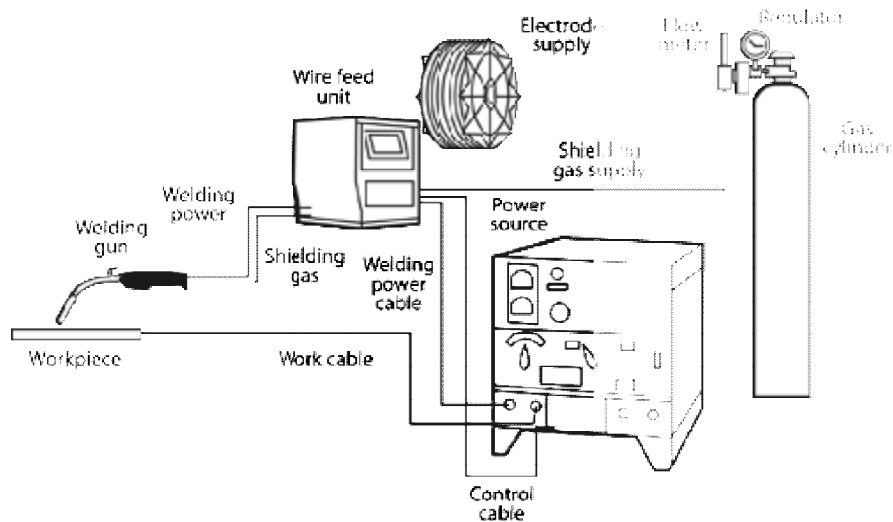
Κατά την συγκόλληση MIG/MAG, πρέπει να υπάρχει σταθερή τάση του τόξου ηλεκτροσυγκόλλησης, η οποία συμβολίζεται ως CV. Αυτή είναι η τάση που εφαρμόζεται μεταξύ της άκρης του ηλεκτροδίου και του μμετάλλου βάσης. Κατά συνέπεια, η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης πρέπει να εξασφαλίζει σταθερή τάση τόξου, σε αντίθεση με τη MMA, όπου το ζητούμενο είναι η σταθερή ένταση.

Τα πλεονεκτήματα της MIG/MAG είναι:

- Η ευκολία με την οποία εκτελείται μία καλή ηλεκτροσυγκόλληση. Ακόμα και ένας νέος τεχνίτης μπορεί να κάνει καλές συγκολλήσεις.
- Η ευκολία συγκόλλησης ελασμάτων πολύ μικρού πάχους, μόλις 0,5-0,6 mm.
- Έχει μεγάλη παραγωγικότητα, ενδεικτικά 4 φορές μεγαλύτερη από τη MMA.

Ενώ τα μειονεκτήματα που παρουσιάζονται είναι τα ακόλουθα:

- Ο εξοπλισμός είναι δαπανηρός
- Το κόστος ανά μέτρο ηλεκτροσυγκόλλησης είναι αρκετά μεγαλύτερο από τη MMA.
- Δεν εξασφαλίζει καλή συγκόλληση σε πάχη ελασμάτων μεγαλύτερα των 3,5 mm (παρ. όλον ότι χρησιμοποιείται).
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις MIG/MAG μπορούν να γίνονται μόνο σε κλειστό χώρο, επειδή τα ρεύματα αέρα παρασύρουν το προστατευτικό αέριο.
- Υπάρχει δυσκολία στην αλλαγή της ποιότητας του προς συγκόλληση μμετάλλου. Πρέπει να αλλαχτεί το καρούλι με το σύρμα και, ενδεχομένως, και η φιάλη του αερίου. Αν γίνει λάθος και ξετυλιχτεί το σύρμα, δεν τυλίγεται ξανά, το καρούλι είναι άχρηστο.[4]



Σχήμα 3.6 : Διάταξη συγκόλλησης M.I.G.

3.7.1 FCAW: ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΣΩΛΗΝΩΤΟ ΣΥΡΜΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΕΧΕΙ ΠΑΣΤΑ

Η διαφορά από τη MIG/MAG είναι στο ότι κατά την FCAW χρησιμοποιείται σύρμα που στο εσωτερικό του είναι κενό από μέταλλο (σωληνωτό σύρμα) και περιέχει πάστα. Αν και η σκουριά της πάστας παρέχει προστασία από την ατμόσφαιρα, συνήθως γίνεται και ταυτόχρονη χρήση αερίου. Η FCAW εφαρμόζεται κυρίως στις συγκολλήσεις χάλυβα και ανοξείδωτων χαλύβων. Εκτελείται με σταθερή τάση τόξου, όπως και η MIG/MAG.

Σε σχέση με τη MIG/MAG παρουσιάζει τα εξής μειονεκτήματα:

- Δεν προσφέρεται για συγκολλήσεις αλουμινίου.
- Το ελάχιστο πάχος στο οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι 1,2 mm.
- Η αισθητική εμφάνιση των συγκολλήσεων υστερεί έναντι της MIG/MAG.
- Η επιτυχία μιας συγκόλλησης δεν είναι εύκολη, όπως στη MIG/MAG και ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να διαθέτει αρκετά πιο μεγάλη εμπειρία.

Παρουσιάζει όμως και τα εξής σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Είναι κατάλληλη και για μεγάλα πάχη ελασμάτων.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε υπαίθριους χώρους, με σύρματα που δε χρειάζονται προστατευτικό αέριο.

3.8 ΆΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

∅ Υπέρηχοι

Η συγκόλληση με υπερήχους πρωτοεμφανίστηκε στα μέσα του 20ου αιώνα. Η συγκόλληση αυτή χρησιμοποιείται για τη σύνδεση μετάλλων, όπως είναι ο χαλκός, το νικέλιο, το αλουμίνιο κ.λπ.. Στη συγκόλληση με υπερήχους τα τεμάχια συνδέονται μεταξύ τους μέσω πίεσης με ταυτόχρονη ταλάντωση υψηλής συχνότητας. Η ταλάντωση αυτή προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας στη θέση συγκόλλησης και η πίεση ανάμεσα στα κομμάτια δημιουργεί την τελική σύνδεση. Στο σχήμα 2.15 φαίνεται η διαδικασία συγκόλλησης με υπερήχους.

Σχήμα 2.15 : Συγκόλληση με υπερήχους

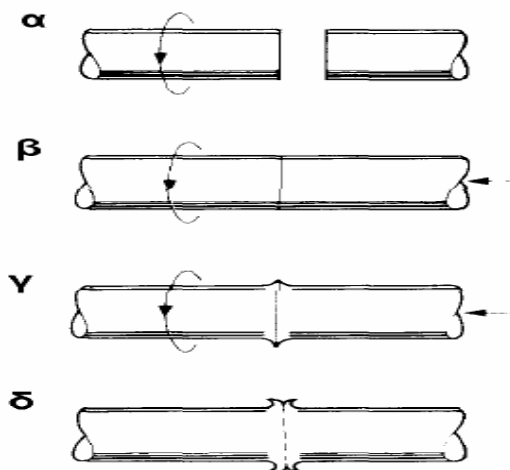
∅ Laser

Η συγκόλληση με Laser πρωτοεμφανίστηκε γύρω στο 1950. Η συγκόλληση αυτή επιτυγχάνεται μέσω της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται, όταν μία δέσμη ακτινών Laser προσπίπτει πάνω στα τεμάχια που πρόκειται να συγκολληθούν. Στο σχήμα 2.16 φαίνεται η διαδικασία παραγωγής της ακτίνας Laser και η συγκόλληση.

∅ Συγκόλληση με Laser

∅ Τριβή

Στη συγκόλληση με τριβή δύο τεμάχια συγκολλούνται με τη βοήθεια της θερμότητας, που παράγεται από την τριβή του ενός πάνω στο άλλο. Στην πράξη, το ένα από τα δύο τεμάχια περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα και συμπιέζεται πάνω στο τεμάχιο που θα συγκολληθεί. Οι μεταξύ τους επιφάνειες τρίβονται έντονα, θερμαίνονται μέχρι τη θερμοκρασία συγκόλλησης και τότε η περιστροφή σταματά. Με τη συνεχιζόμενη πίεση ανάμεσα στα δύο κομμάτια επιτυγχάνεται η συγκόλληση. Αυτή η μέθοδος έχει βρει εφαρμογές στη συγκόλληση των κοπτικών πλακιδίων σε μανέλες κοπτικών εργαλείων, συγκόλληση ράβδων κ.λπ.. Στο Σχ.3.7 φαίνεται η διαδικασία συγκόλλησης ράβδων με τριβή.



Σχήμα 3.7: Συγκόλληση με τριβή

Η διαδικασία που φαίνεται στο σχήμα περιλαμβάνει : α) περιστροφή της μίας

ράβδου, β) περιστροφή της πρώτης ράβδου και ταυτόχρονη συμπίεση της δεύτερης ράβδου πάνω στην περιστρεφόμενη, γ) επίτευξη της θερμοκρασίας συγκόλλησης και δ) προκύπτει η συγκόλληση των ράβδων.

∅ Συγκόλληση με τριβή

✚ Πλάσμα

Η συγκόλληση με πλάσμα, που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά γύρω στο 1960, μοιάζει πολύ με την συγκόλληση TIG. Σε αυτού του τύπου τη συγκόλληση σχηματίζεται τόξο πλάσματος, μεταξύ ενός ηλεκτροδίου, το οποίο δεν καταναλίσκεται, και του μετάλλου που θα συγκολληθεί. Η μέθοδος αυτή, επειδή το τόξο πλάσματος αναπτύσσει μεγάλες θερμοκρασίες, δημιουργεί βαθύτερες ραφές από τις αντίστοιχες της συγκόλλησης TIG.

∅ Συγκόλληση πλαστικών

Η συγκόλληση των πλαστικών μοιάζει αρκετά με τη συγκόλληση των μετάλλων. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται στηρίζονται στην πίεση των δύο συγκολλώμενων πλαστικών τεμαχίων με παράλληλη θέρμανση των άκρων τους. Στην περίπτωση της συγκόλλησης πλαστικών, τα υλικά δε λιώνουν, ενώ χρησιμοποιείται σε μερικές περιπτώσεις και συγκολλητικό υλικό σε μορφή ράβδου μικρής διατομής. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται είναι η συγκόλληση με τριβή, που εφαρμόζεται κυρίως σε ράβδους πλαστικών, η συγκόλληση με θέρμανση και πίεση, με ταυτόχρονη εφαρμογή συγκολλητικού υλικού, και άλλες.

3.9 ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

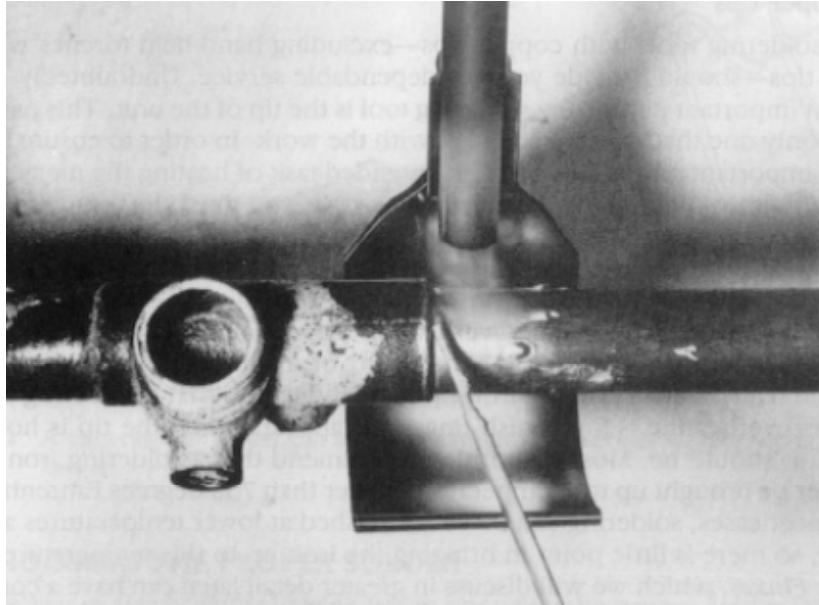
Οι ετερογενείς συγκολλήσεις διακρίνονται σε μαλακές και σκληρές. Στις μαλακές συγκολλήσεις η θερμοκρασία συγκόλλησης είναι πολύ χαμηλότερη από την αντίστοιχη θερμοκρασία που χρησιμοποιείται στις σκληρές συγκολλήσεις. Οι ετερογενείς συγκολλήσεις χρησιμοποιούνται συνήθως για τη συγκόλληση τεμαχίων από διαφορετικά υλικά.

3.9.1 ΜΑΛΑΚΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

Οι μαλακές συγκολλήσεις διακρίνονται για τη χαμηλή θερμοκρασία συγκόλλησης. Για να γίνει μία τέτοια συγκόλληση, χρησιμοποιείται ως συγκολλητικό υλικό κράμα κασσίτερου και μολυβδου. Η θερμότητα, που χρειάζεται για να λιώσει το συγκολλητικό υλικό, παρέχεται από καμινέτο ή κολλητήρι ή άλλες πηγές. Μαλακές συγκολλήσεις είναι η κασσιτεροκόλληση, η μολυβδοκόλληση και άλλες, αλλά σημαντικότερη είναι η κασσιτεροκόλληση.

Η κασσιτεροκόλληση χρησιμοποιεί ως συγκολλητικό υλικό ένα κράμα κασσιτέρου (Sn) και μολύβδου (Pb). Ανάλογα με την περιεκτικότητα καθενός από τα δύο συστατικά, κυκλοφορούν στο εμπόριο διάφορα είδη κολλήσεων. Για τα είδη της κόλλησης ισχύει ο

κανόνας ότι, όσο πιο μεγάλη είναι η περιεκτικότητα σε κασσίτερο στην κόλληση, τόσο πιο πολύ αυξάνει η ρευστότητα της κόλλησης και μειώνεται η θερμοκρασία τήξης της. Η κασσιτεροκόλληση χρησιμοποιείται ευρέως από τους λευκοσιδηρουργούς και τους υδραυλικούς για την συγκόλληση σωλήνων κ.λπ.. Στο **Σχ.3.8** φαίνεται μια κασσιτεροκόλληση μολυβδοσωλήνων.



Σχήμα 3.8: Κασσιτεροκόλληση

Στην κασσιτεροκόλληση η θέρμανση των τεμαχίων που πρόκειται να συγκολληθούν γίνεται μέσω καμινέτου, φλόγας οξυγονοασετυλίνης ή χρησιμοποιούνται ειδικά κολλητήρια, τα οποία μπορεί να είναι ηλεκτρικά ή να θερμαίνονται με τη βοήθεια φωταερίου, καμινέτου κ.λπ.. Προκειμένου να συγκολληθούν δύο τεμάχια με κασσιτεροκόλληση, πρέπει να είναι απαλλαγμένα από τυχόν σκουριές ή ακαθαρσίες. Ο καθαρισμός των επιφανειών γίνεται με μηχανικό τρόπο, χρησιμοποιώντας βούρτσα, λίμα, τρόχισμα, κ.λπ., και με χημικό τρόπο, χρησιμοποιώντας ειδικά για το σκοπό αυτό χημικά, σε μορφή αλοιφής ή σκόνης. Τέτοια χημικά είναι το υδροχλωρικό οξύ (χρησιμοποιείται σε επιψευδαργυρωμένες επιφάνειες), ο χλωριούχος ψευδάργυρος, που χρησιμοποιείται στις περισσότερες εφαρμογές, και το κολοφώνιο (κυρίως σε ηλεκτρικές εφαρμογές και εκεί που υπάρχει κίνδυνος διάβρωσης).

Η μολυβδοκόλληση γίνεται συνήθως χωρίς συγκολλητικό υλικό, επειδή χρησιμοποιείται κυρίως για συγκόλληση μολύβδινων τεμαχίων. Ως συγκολλητικό υλικό χρησιμοποιείται το ίδιο το υλικό των κομματιών που θα συγκολληθούν. Προκειμένου τα μολύβδινα κομμάτια να συγκολληθούν, θερμαίνονται με φλόγα υδρογόνου ή προπανίου σε θερμοκρασία πάνω από τη θερμοκρασία τήξης του μολύβδου (327°C).

3.9.2 ΣΚΛΗΡΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

Οι σκληρές συγκολλήσεις, σε αντίθεση με τις μαλακές, πραγματοποιούνται σε μεγάλες θερμοκρασίες (600 έως 900 °C). Χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση όλων των συνηθισμένων μετάλλων πλην του αλουμινίου. Μεγάλη εφαρμογή έχουν σε συγκολλήσεις χάλκινων εξαρτημάτων ή εξαρτημάτων από κράματα του χαλκού. Οι σημαντικότερες σκληρές συγκολλήσεις είναι η μπρουντζοκόλληση και η ασημοκόλληση.

Η μπρουντζοκόλληση **Σχ.3.9** χρησιμοποιεί ως κόλληση κράμα χαλκού (Cu) και ψευδαργύρου (Zn), παρά το γεγονός ότι ο μπρούντζος είναι κράμα χαλκού και κασσιτέρου. Το συγκολλητικό υλικό λιώνει μέσω θέρμανσης σε χαμηλότερη θερμοκρασία από τη θερμοκρασία τήξης των προς συγκόλληση τεμαχίων και απλώνει στις επιφάνειες που θα συγκολληθούν. Για να υπάρξει μεγαλύτερη πρόσφυση του συγκολλητικού υλικού χρησιμοποιείται βόρακας ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Η θέρμανση των κομματιών και του συγκολλητικού υλικού εξασφαλίζεται με καμινέτα, φλόγα οξυγονοασετυλίνης, φωταερίου κ.λπ..



Σχήμα 3.9 : Διαδικασία μπρουντζοκόλλησης

Στην ασημοκόλληση χρησιμοποιείται συγκολλητικό υλικό που περιέχει άργυρο (Ag), χαλκό (Cu), ψευδάργυρο (Zn), κασσίτερο (Sn) και κάδμιο (Cd). Όσο πιο πολύ άργυρο περιέχει η κόλληση, τόσο μικρότερη είναι η θερμοκρασία τήξης της κόλλησης. Οι κολλήσεις της ασημοκόλληση περιέχουν τουλάχιστον 8% άργυρο και κυκλοφορούν στο εμπόριο σε μορφή σύρματος, ελάσματος ή σε μορφή σκόνης. Όπως και στις άλλες ετερογενείς συγκολλήσεις, έτσι και στην ασημοκόλληση, χρησιμοποιούνται ως θερμαντικά μέσα καμινέτα ή φλόγα της οξυγονοασετυλίνης, του φωταερίου κ.λπ.. Η ασημοκόλληση έχει πολλές εφαρμογές στην κοσμηματοποιία και στα ηλεκτρονικά παρά το κόστος της που είναι μεγάλο λόγω της παρουσίας του αργύρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ανάλυση της εργαλειομηχανής αυτόματης συγκόλλησης :

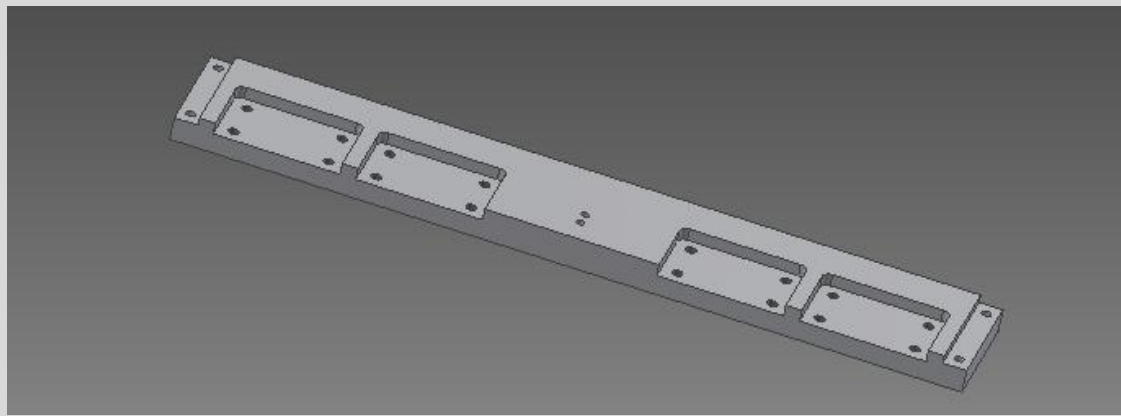
α) σε μηχανικό σχεδιασμό μέσω σχεδιαστικού προγράμματος AUTODESK INVENTOR 2014 β) σε ηλεκτρονικά σχέδια μέσω σχεδιαστικού προγράμματος AUTOCAD 2015

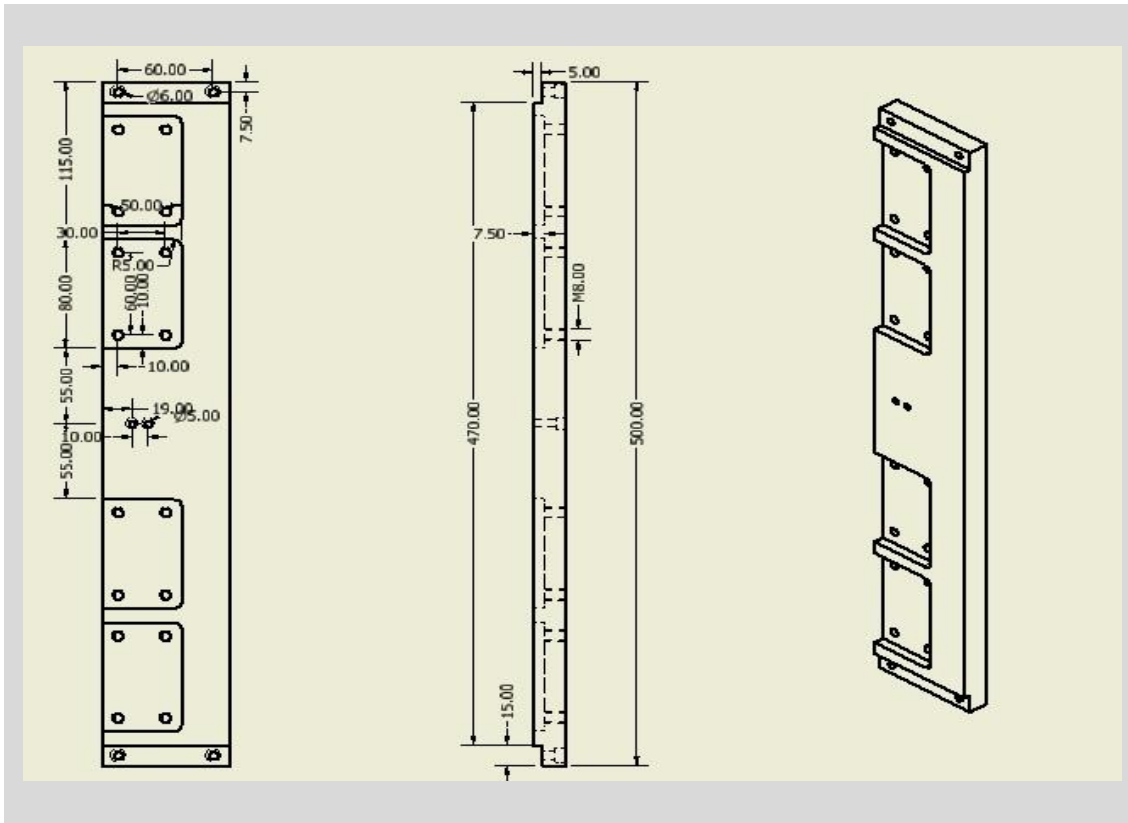
4.1 ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

4.1.1 Κεντρική Βάση

Το εξάρτημα αυτό κατεργάστηκε σε φρέζα CNC (HASS T1) τριών αξόνων .Για την κατεργασία του χρησιμοποιήθηκαν δυο κονδύλια διαμέτρου 8 και 14 χιλιοστών για τις πατούρες, ενώ οι οπές έχουν χαρακτηριστικές διαμέτρου των 5 και 6 χιλιοστών και στις θέσεις συνδέσμου ορθοστατών έγιναν σπειρώματα M8 και χρησιμοποιήθηκαν τα αντίστοιχα τρυπάνια και κολαούζο για τις οπές αυτές.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: Κεντρική βάση εργαλειομηχανής που υποστηρίζει τον άξονα X και ρυθμιστής τεσσάρων θέσεων του άξονα Y σε συνάρτηση με τον άξονα X
ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Αλουμίνιο 2007
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 2



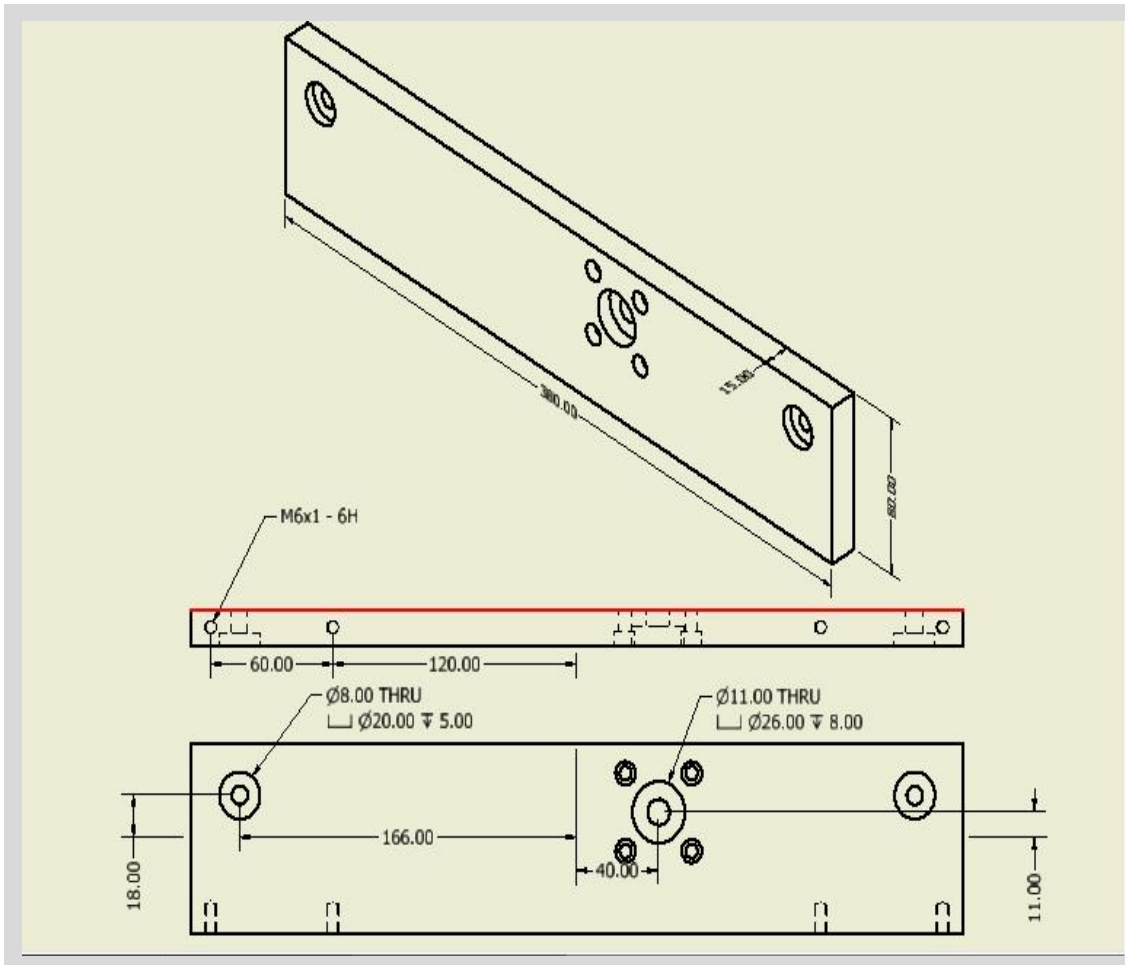


4.1.2 Πλακά στήριξης χρωμιούχων αξόνων

Κατασκευάστηκε σε φρέζα CNC τριών αξόνων και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν μια φρεζοκεφαλή για τις τελικές εξωτερικές διαστάσεις του κομματιού και δυο κονδύλια 8 και 12 χιλιοστών για τις πατούρες των οπών και για το ταίριασμα του ρουλεμάν αντίστοιχα και τέλος για τις τρύπες χρησιμοποιήθηκαν τρυπάνια 5 και 8 χιλιοστών.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: Πλακά στήριξης χρωμιούχων αξόνων και ατέρμονα ball screw του άξονα X
ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Αλουμίνιο 7075
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 2





4.1.3 : Ατέρμονης άξονας ball screw

Το κομμάτι επεξεργάστηκε σε συμβατικό τόρνο TOS με σκοπό τη συναρμογή ρουλεμάν τύπου 6000 στα άκρα.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: Ατέρμονας άξονας ball screw διαμέτρου $\Phi 20$ που μεταδίδει την κίνηση στον άξονα X

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : ανοξείδωτος χάλυβας επισκληρημμενης επιφανείας

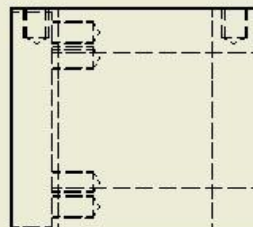
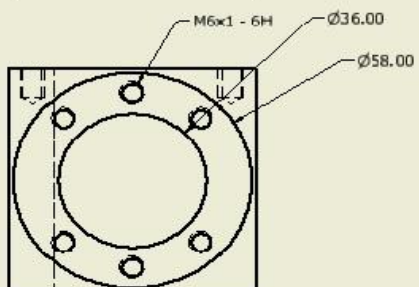
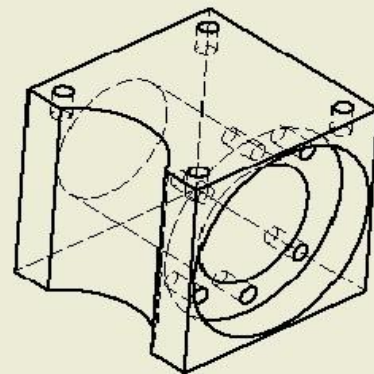
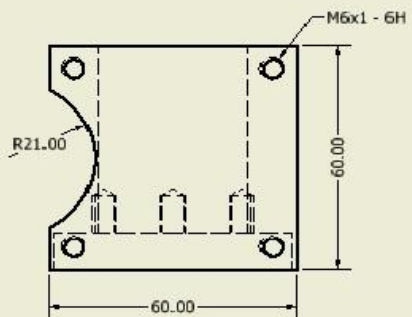
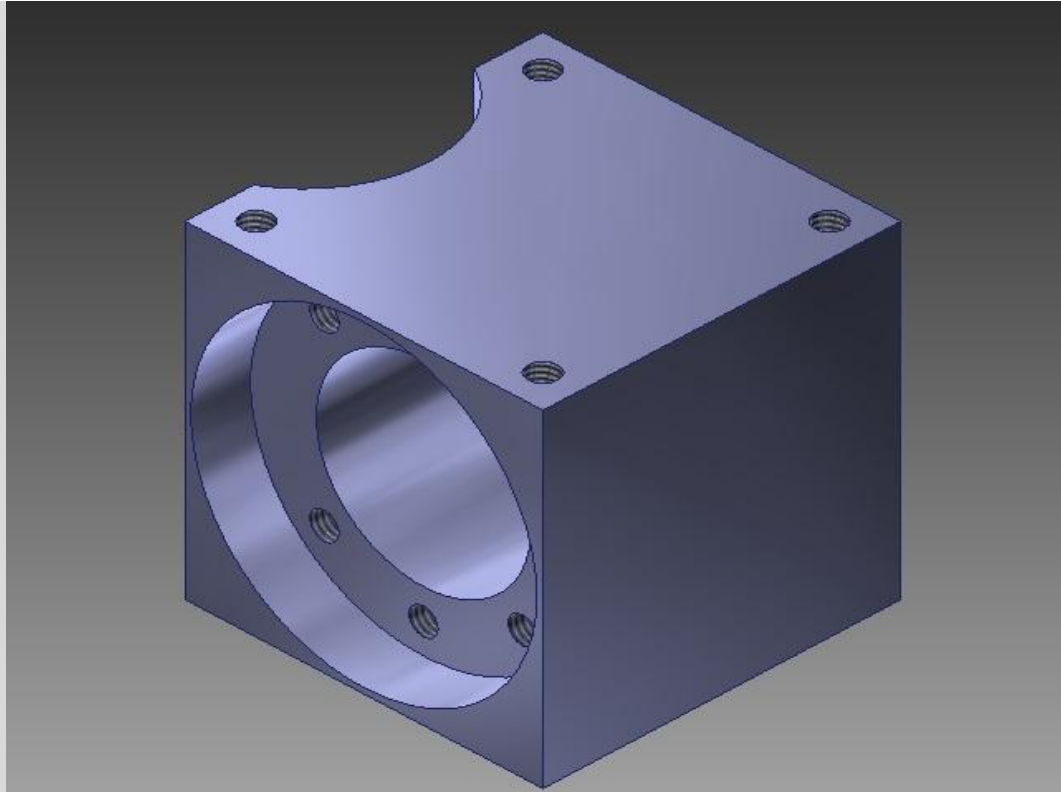
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 1



4.1.4 Φωλιά παξιμαδιού

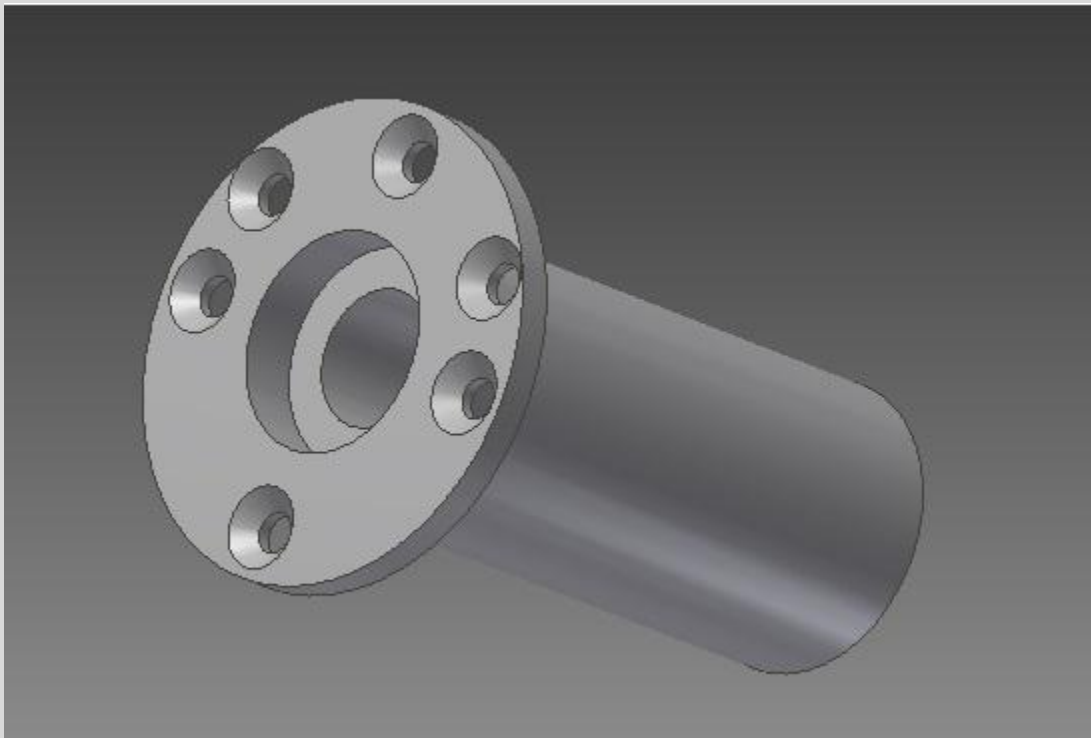
Το εξής κομμάτι είχε τρεις φάσεις κατεργασιών. Αρχικά το κομμάτι κατεργάστηκε φρέζα CNC και χρησιμοποιώντας μια φρεζοκεφαλή διαμέτρου 80 χιλιοστών πήρέ μορφή τετράγωνου 60X60 mm. Έπειτα το κομμάτι πιάστηκε σε συμβατικό τόρνο με τέσσερα μόρσα όπου με μανελα εξωτερικής μορφής πάρθηκαν τα πρόσωπα και το κομμάτι έγινε κύβος 60X60X60mm. Στη συνέχεια τρυπήθηκε με τρυπάνι 32 mm και ύστερα με μανελα εσωτερικής τρύπας τροποποιήθηκαν με ακρίβεια οι τελικές τους διαστάσεις. Το κομμάτι τοποθετήθηκε σε φρέζα CNC με σκοπό τη δημιουργία του ραδίου στην αριστερή πλευρά, όπου τοποθετείται η φωλιά ρουλεμάν τύπου 6000 όπου εδράζεται ο άξονας της κεντρικής τράπεζας και τέλος έγιναν τα σπειρώματα M6 χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα τρυπάνια και κολαούζα.

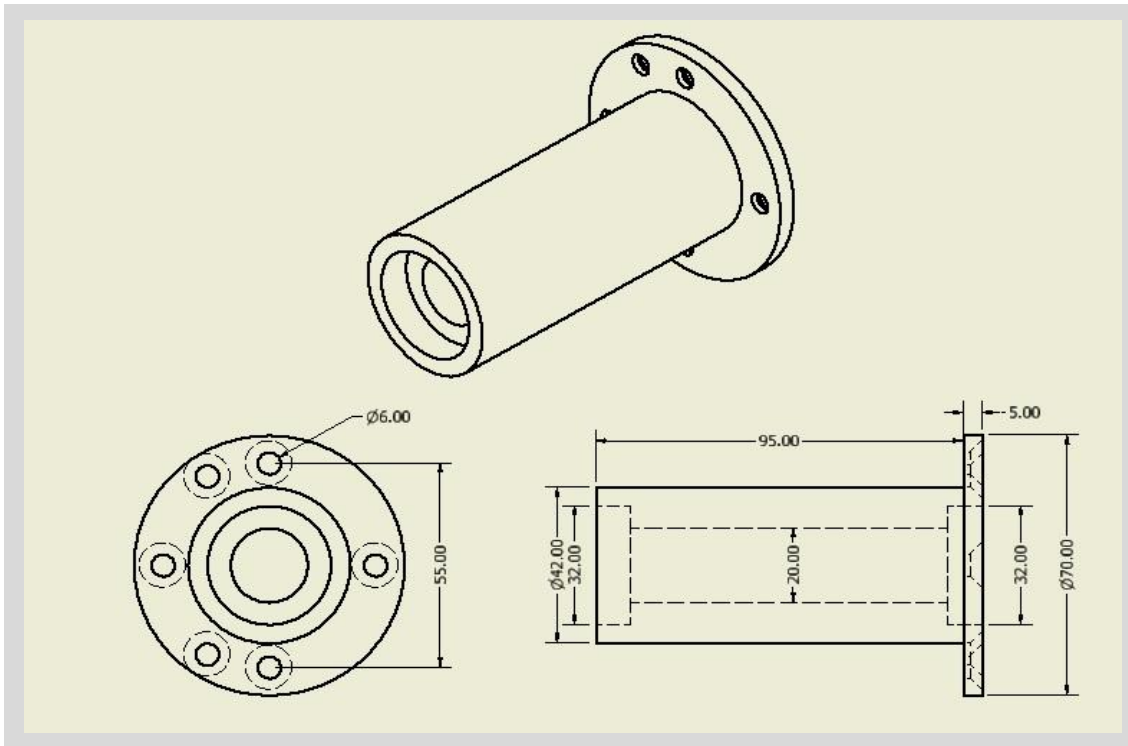
4.1.5 Φωλιά ρουλεμάν περιστροφής



Το εν λόγω κομμάτι κατασκευάστηκε σε δυο φάσεις. Αρχικά σε συμβατικό τόρνο και χρησιμοποιώντας τρυπάνι διαμέτρου 28 χιλιοστών έγινε η τρύπα και με μανελα εσωτερικής κατεργασίας τελειοποιήθηκε η τρύπα και η μια πατούρα για το ρουλεμάν τύπου 6002 και μετά χρησιμοποιώντας την πόντα της κουκουβάγιας για την στήριξη του κομματιού, κατεργάστηκε με μανελα εξωτερικής διαμέτρου η εξωτερική διάμετρος του κομματιού και η πατούρα για σφιχτή προσαρμογή στο αντίστοιχο κομμάτι κόπηκε στη συνέχεια στη πριονοκορδέλα και ξαναπιάστηκε στον τόρνο με τη βοήθεια ειδικού οργάνου (ρολόι ένδειξης έκκεντρου γυρίσματος) για να ισογυριζει και πάρθηκε το πρόσωπο για να τελειοποιηθεί το μήκος και χρησιμοποιώντας ξανά την μανελα εσωτερικής κατεργασίας έγινε άλλη μια πατούρα για το δεύτερο ρουλεμάν τύπου 6002.Τελος το κομμάτι πιάστηκε σε φρέζα CNC με ειδικά μασέλια (τύπου V) για την σωστή συγκράτηση του κομματιού όπου και έγιναν οι τρύπες με τρυπάνι 6 χιλιοστών.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: Φωλιά ρουλεμάν τύπου 6002 (32-15-9) που εδράζεται ο άξονας της περιστρεφόμενης φλάντζας (άξονας A)
ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Αλουμίνιο 7075
ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 1





4.1.6 Κινητή πλάκα άξονα X

Το συγκεκριμένο κομμάτι κατεργάστηκε σε δυο φάσεις στην φρέζα CNC.

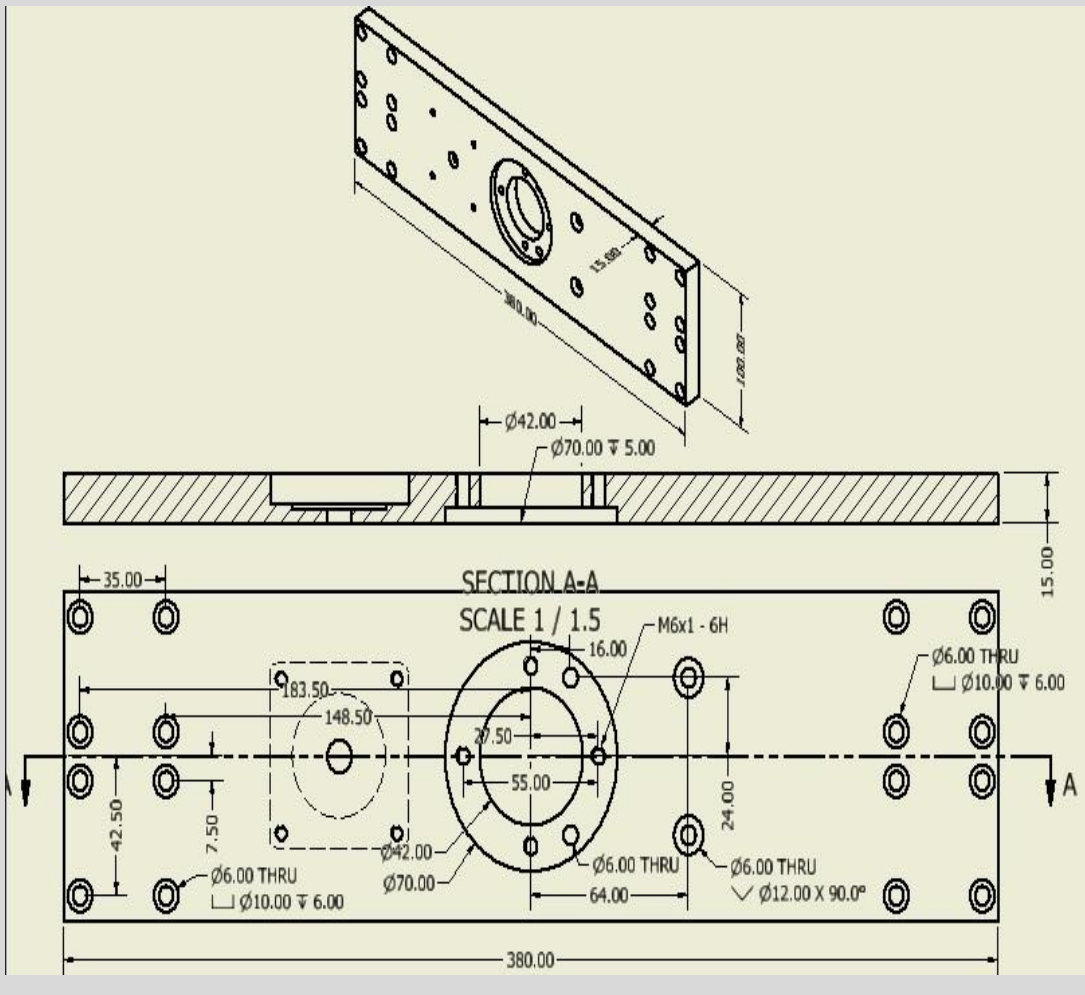
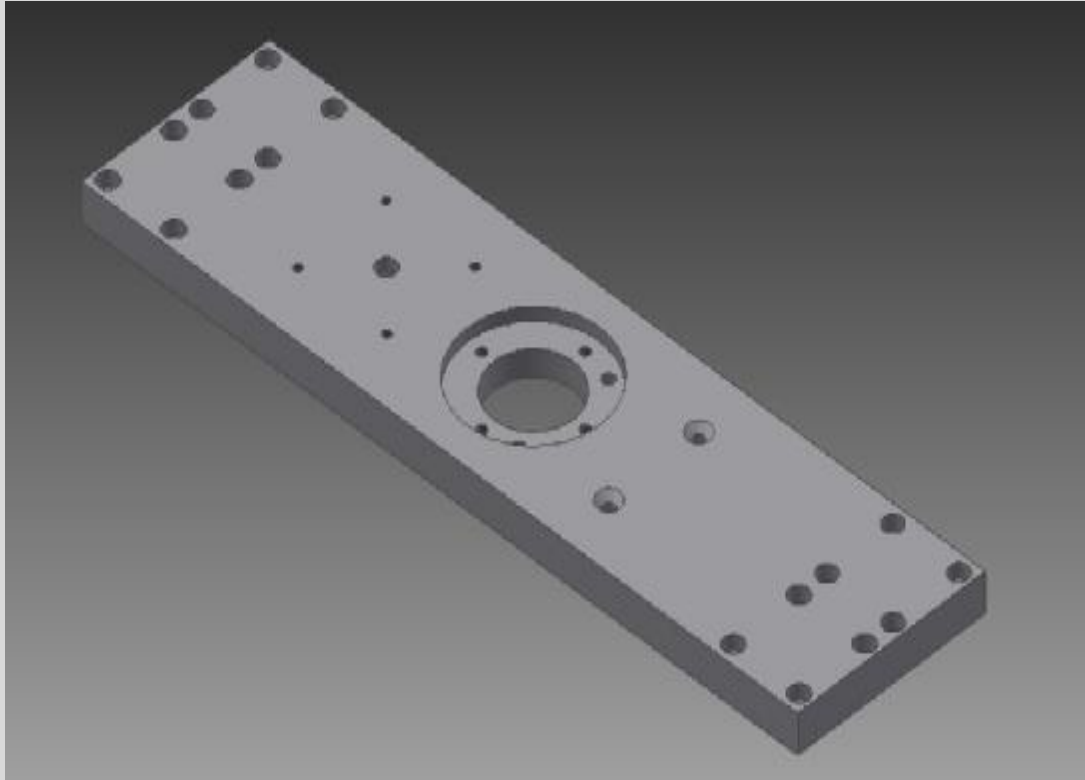
Στην πρώτη φάση έγιναν όλες οι τρύπες με κατάλληλο τρυπάνι για την κάθε περίπτωση (τα τρυπάνια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 5, 6 και 8 χιλιοστών), για τα σπειρώματα χρησιμοποιήθηκε 4.2mm τρυπάνι και M5 κολαούζο επίσης χρησιμοποιήθηκε κονδύλι 12 χιλιοστών(12mm) για την διάνοιξη των πατούρων.

Στην δεύτερη φάση γυρίσαμε ανάποδα το κομμάτι για την διάνοιξη της πατούρας που προσαρμόζεται το μοτέρ. Η κατεργασία αυτή έγινε με κονδύλι 6 χιλιοστών.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: Κινητή πλακά άξονα X η όποια φέρει την φώλια του άξονα της περιστρεφόμενης φλάντζας , το μοτέρ του άξονα A και τέλος την φώλια του παξιμαδιού ball screw του άξονα X. Η συγκεκριμένη πλακά ολισθαίνει πάνω σε τέσσερα σχιστά ρουλεμάν. (δυο σε κάθε πλευρά)

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Αλουμίνιο 7075

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 1



4.1.7 Άξονας περιστρεφόμενης φλάντζας

Το κομμάτι αυτό κατεργάστηκε σε δυο φάσεις.

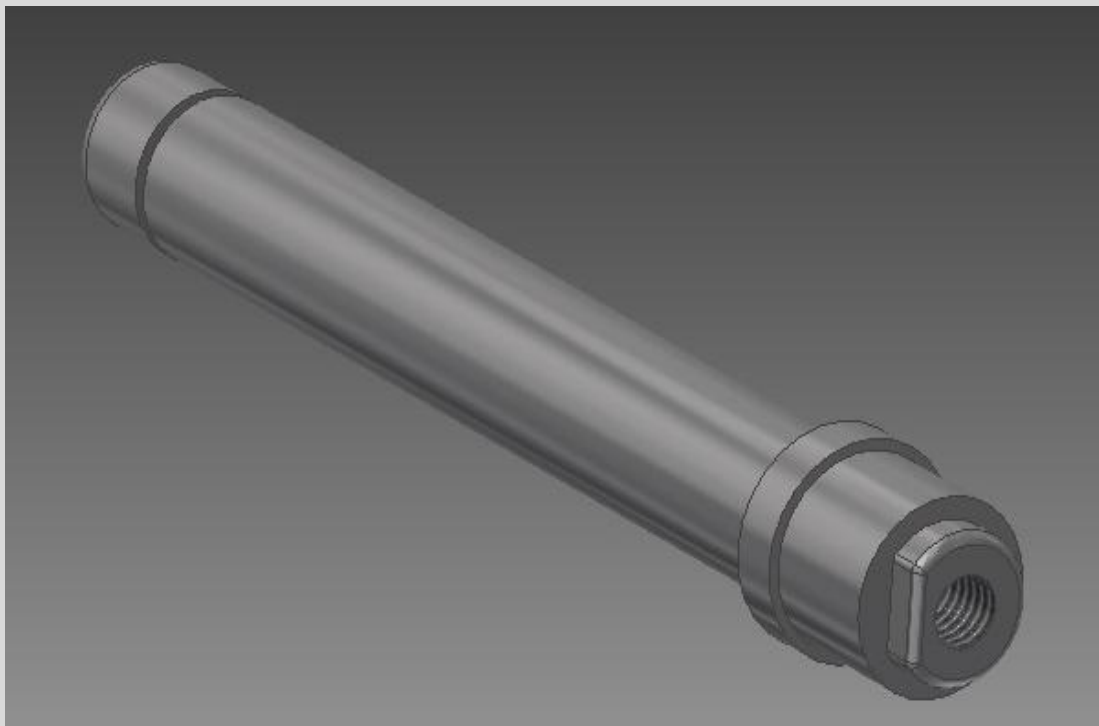
Στην πρώτη φάση το κομμάτι κατεργάστηκε σε συμβατικό τόρνο. Με την υποβοήθηση της πόντας από την κουκουβάγια επεξεργάστηκε απο τον τόρνο με μανέλα εξωτερικής κατεργασίας για να ταιριάξουμε τα ρουλεμάν τύπου 6002. Με κόφτρα έγινε η πατούρα για την τοποθέτηση της κεντρικής τράπεζας της εργαλειομηχανής. Με κατάλληλα τροχισμένο κοβάλτιο πάχους 0.8 χιλιοστά έγινε λούκι στο κάτω μέρος του άξονα και την τοποθέτηση της ασφάλειας. Στην συνέχεια κατασκευάστηκε σπείρωμα M8 στο εμπρόσθιο μέρος του άξονα για την σύνδεση και σύσφιξη της κεντρικής τράπεζας και ένα M6 στο οπίσθιο μέρος του άξονα για την προσαρμογή του σώματος (γείωσης) της μηχανής T.I.G. .

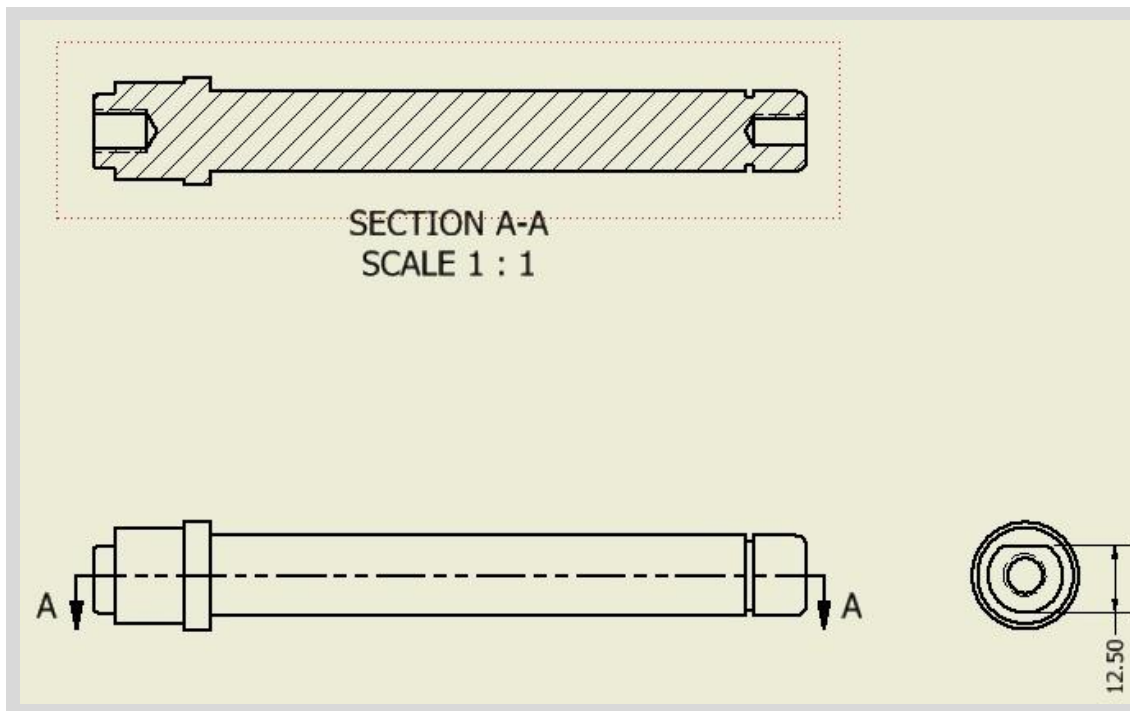
Στην δεύτερη φάση το κομμάτι με κατάλληλα μασέλια(τύπου V) τοποθετήθηκε στην φρέζα CNC για την παρασκευή της πλάκας για το κομπλάρια με την κεντρική τράπεζα της εργαλειομηχανής.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: Άξονας περιστρεφόμενης φλάντζας που εδράζεται σε δύο ρουλεμάν 6002(32-15-9) ο οποίος μεταδίδει κίνηση στον άξονα A μέσω της βηματικής τροχαλίας που έχει προσαρμοστεί επάνω του και συνεργάζεται με τη βηματική τροχαλία του μοτέρ μέσω βηματικού ιμάντα με σχέση 1:3.τελος στο κάτω μέρος του βιδώνεται καλώδιο που κλείνει το κύκλωμα (τσιμπίδας T.I.G και σώματος).

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Ανοξείδωτος χάλυβας 304

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 1





4.1.8 Κεντρική τράπεζα εργαλειομηχανής

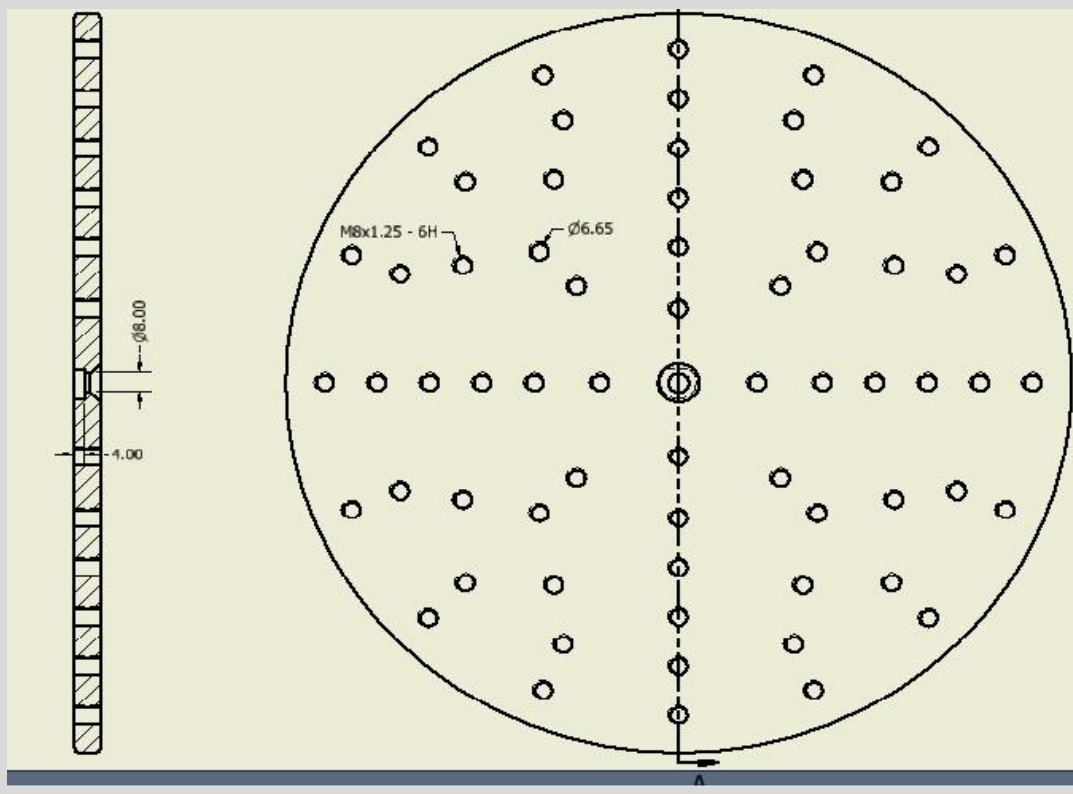
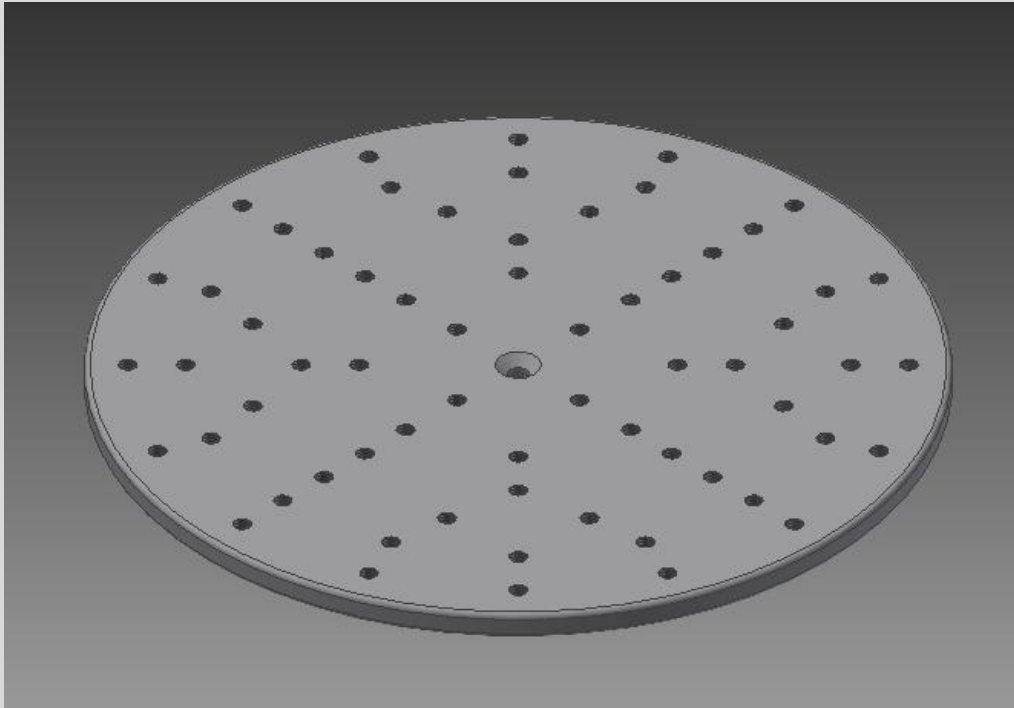
Το παρακάτω κομμάτι κόπηκε σε κάθετη κορδέλα από πλάκα 10 χιλιοστών σε σχήμα κύκλου.

Στη συνέχεια κάνοντας μια τρύπα στο κέντρο του κύκλου σε κολονάτο δράπανο πιάστηκε στον τόρνο με τη βοήθεια της πόντας που το πιάζε πάνω στα μόρσα και κατεργάστηκε ώστε να γίνει τέλειος κύκλος η εξωτερική διάμετρος του. Έπειτα πιάστηκε στα μόρσα του τόρνου και επεξεργάστηκαν τα δυο πρόσωπα ώστε να είναι παράλληλα. Μετά πιάστηκε σε φρέζα CNC όπου και έγιναν τα σπειρώματα χρησιμοποιώντας τρυπάνι διαμέτρου 6.75 χιλιοστών και κολαούζο M8. Με κονδύλι 6 χιλιοστών στο κέντρο του κύκλου της τράπεζας διαμορφώθηκε η τελική διάσταση μεγέθους 8 χιλιοστών. Τέλος στη υπάρχουσα τρύπα ανοίχτηκε πατούρα ειδικής διατομής ώστε να κομπλάρει στον παραπάνω άξονα με σφιχτή προσαρμογή.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: Κεντρική περιστρεφόμενη τράπεζα εργαλειομηχανής

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Αλουμίνιο 7075

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 1



4.1.9 Σύνδεσμος κεντρικής βάσης εργαλειομηχανής με ορθοστάτες

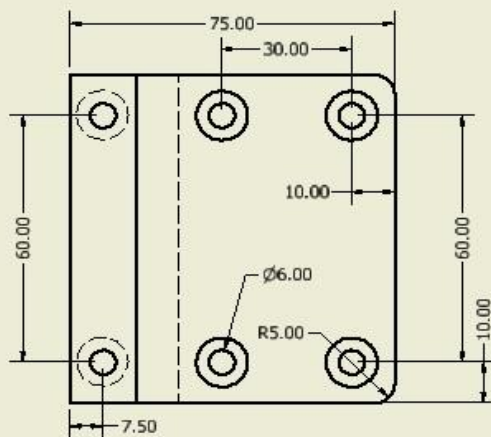
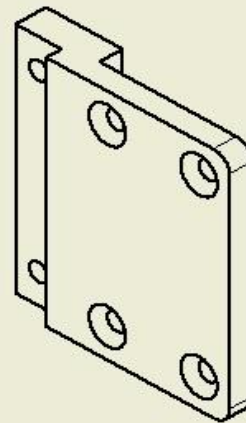
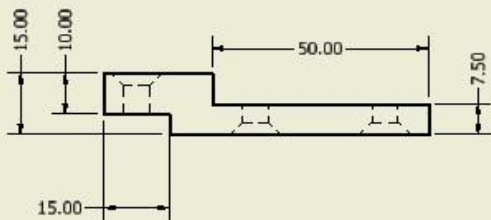
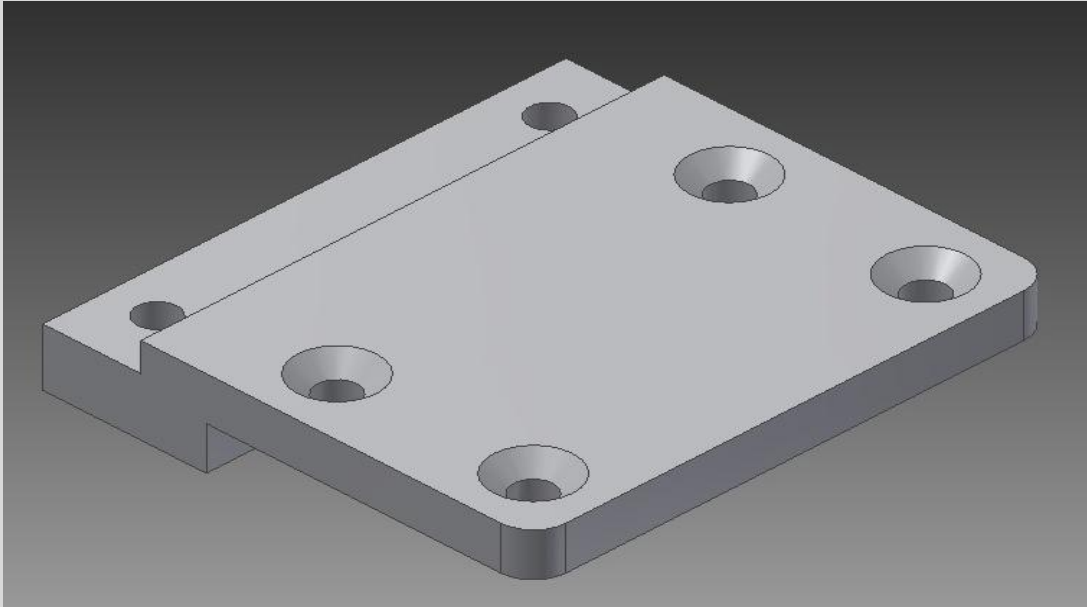
Το κομμάτι αρχικά κόπηκε σε πριονοκορδέλα από πλάκα 15 χιλιοστών. Ύστερα σε φρέζα CNC κατεργάστηκε και διαμορφώθηκαν οι τελικές εξωτερικές διαστάσεις του. Με

κονδύλι 14 χιλιοστών έγινε η διαμόρφωση που φαίνεται στο σχέδιο. Τέλος έγιναν οι τρύπες με τρυπάνι 8.05 χιλιοστών για την κατάλληλη ανοχή.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: Κομμάτι σύνδεσης κεντρικής βάσης εργαλειομηχανής με τον ορθοστάτη του άξονα Y

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Αλουμίνιο 7075

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 2



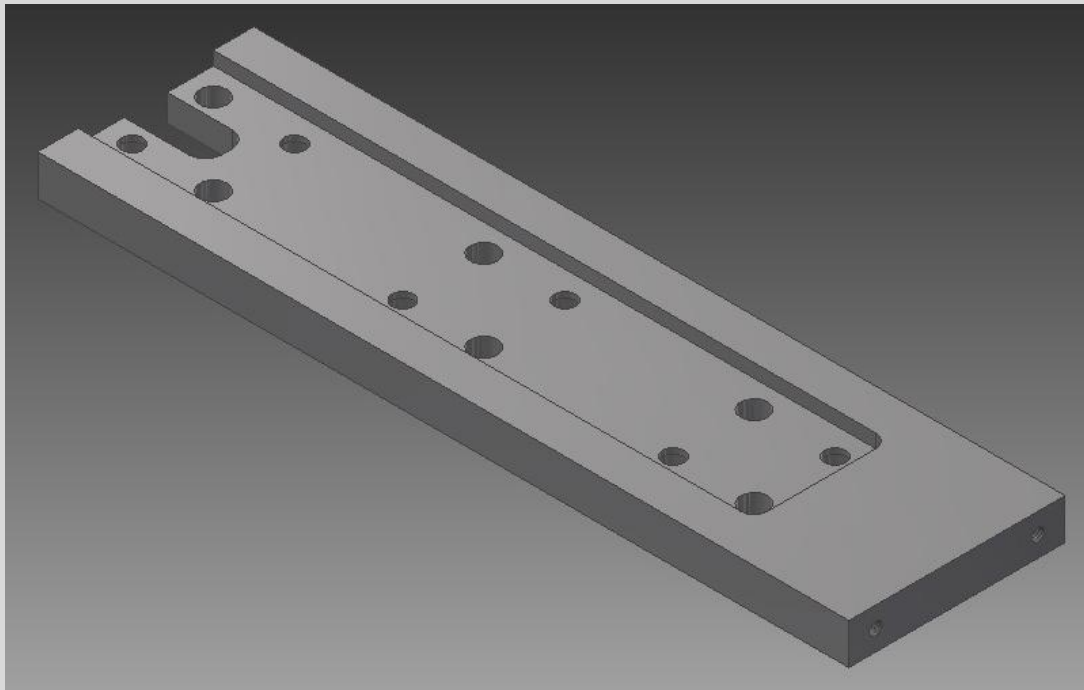
4.1.10 Ορθοστάτης άξονα Υ

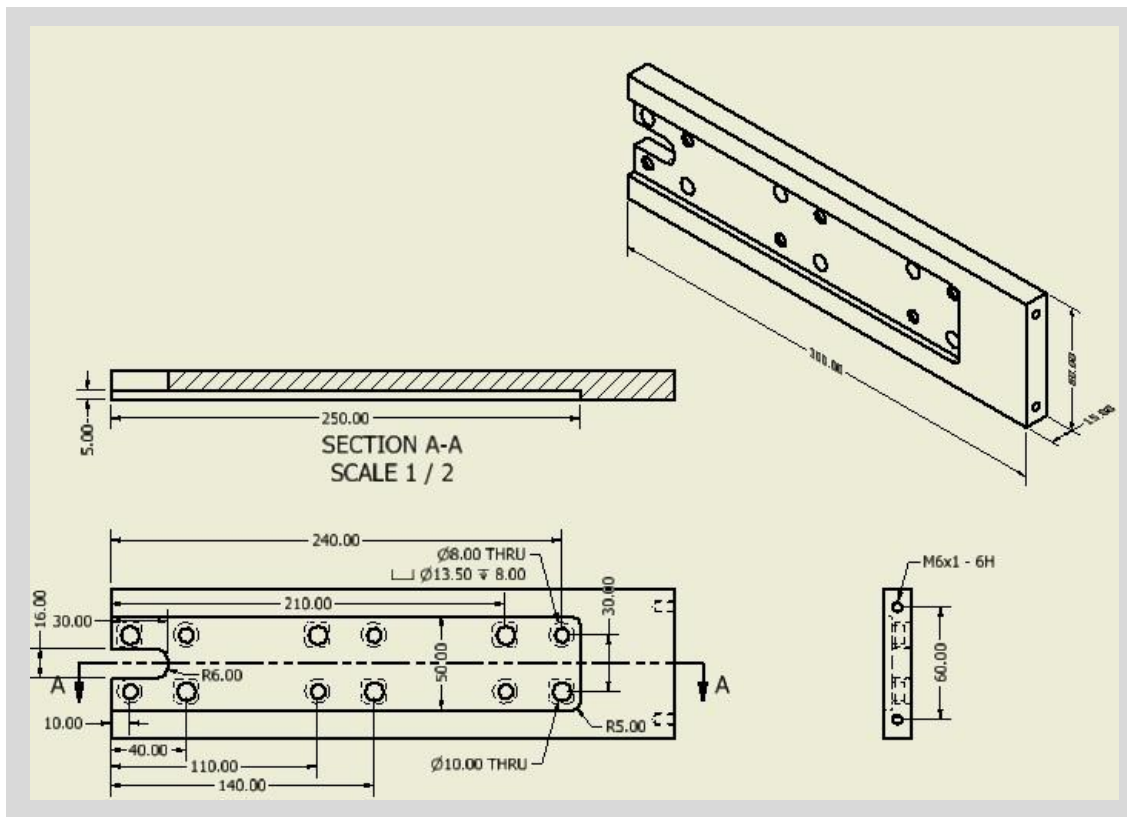
Το κομμάτι αυτό κόπηκε στην κορδέλα από πλάκα 15 χιλιοστών. Με κονδύλι 8 χιλιοστών κατασκευάσαμε τις εξωτερικές διαστάσεις του κομματιού και την εσωτερική πατούρα έτσι ώστε να έχει σωστή εφαρμογή και ολίσθηση με το κομμάτι της πλάκα στήριξης χρωμιούχων αξόνων (παράγραφος 4.1.11). Με κονδύλι διαμέτρου 14 χιλιοστών έγινε λούκι στο πάνω μέρος του ορθοστάτη με σκοπό την ελεύθερη κίνηση του χρωμιομένου άξονα. Τέλος κάναμε όλες τις οπές με τρυπάνι 8 χιλιοστών, εκ των οποίων σε κάθε τετράδα οι δυο διανοίχτηκαν με κονδύλι 8 χιλιοστών σε διάμετρο 10 χιλιοστών ώστε να περνά σωστά πείρος για την ακριβή ρύθμιση ύψους.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: ορθοστάτης άξονα Υ με επιλογή τριών διαθέσιμων υψών κεφαλής (100 -200- 300 mm) από την ακίδα της τσιμπίδας συγκόλλησης και της κεντρικής τράπεζας

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Αλουμίνιο 7075

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 2





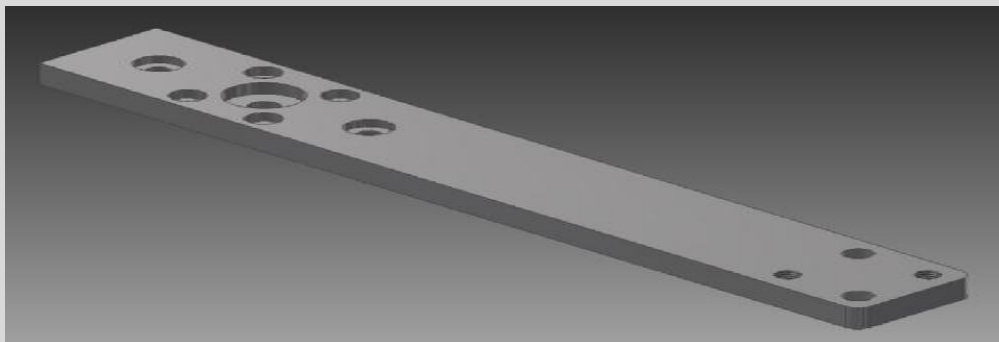
4.1.11 Πλακά στήριξης χρωμιούχων αξόνων

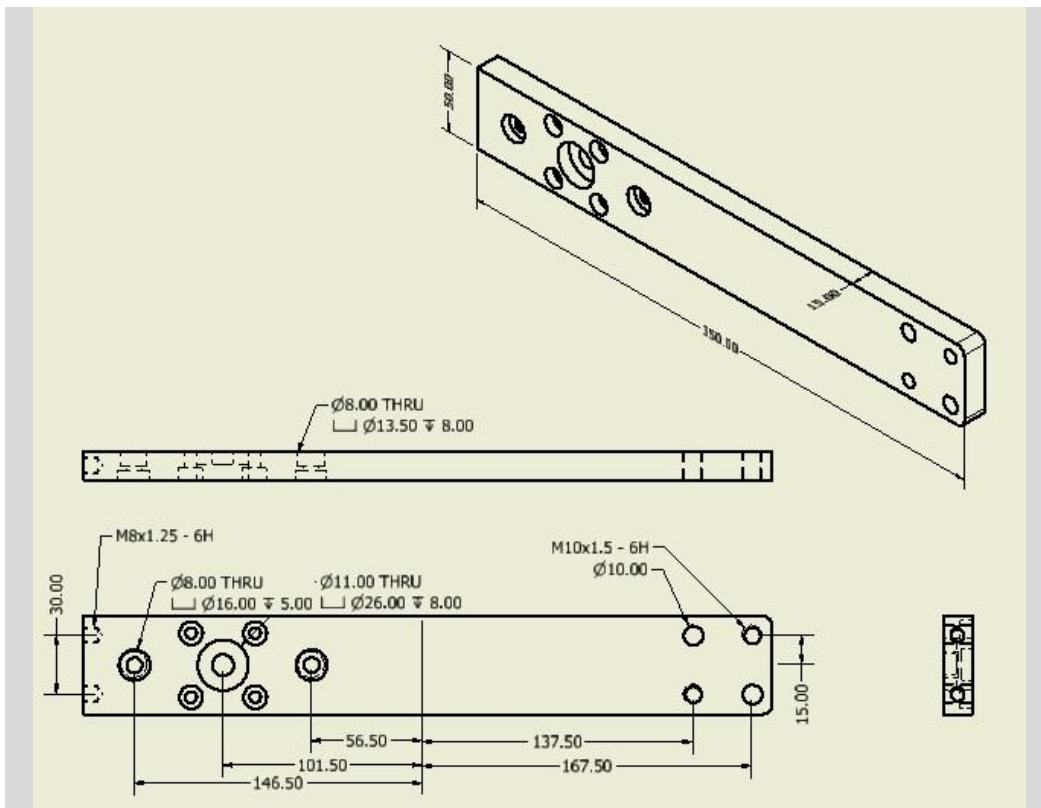
Το κομμάτι κόπηκε στην κορδέλα από πλάκα 15 χιλιοστών. Στην φρέζα CNC με κονδύλι 8 χιλιοστών διαμορφώσαμε τις εξωτερικές διαστάσεις με μεγάλη ακρίβεια το ένα άκρο της πλάκας δημιουργήθηκαν ράδια 4 χιλιοστών για την κατάλληλη προσαρμογή του κομματιού 4.1.11 στο κομμάτι 4.1.10. Οι οπές ανοίχτηκαν με τρυπάνι 6.75 χιλιοστών και μερικές από αυτές έγιναν σπειρώματα και οι υπόλοιπες διανοίχτηκαν στις τελικές τους διαστάσεις.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: : Πλακά στήριξης χρωμιούχων αξόνων και ατέρμονα ball screw του άξονα Y που συνεργάζεται με τον ορθοστάτη για την ρύθμιση του ύψους

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ: : Αλουμίνιο 7075

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ: : 2





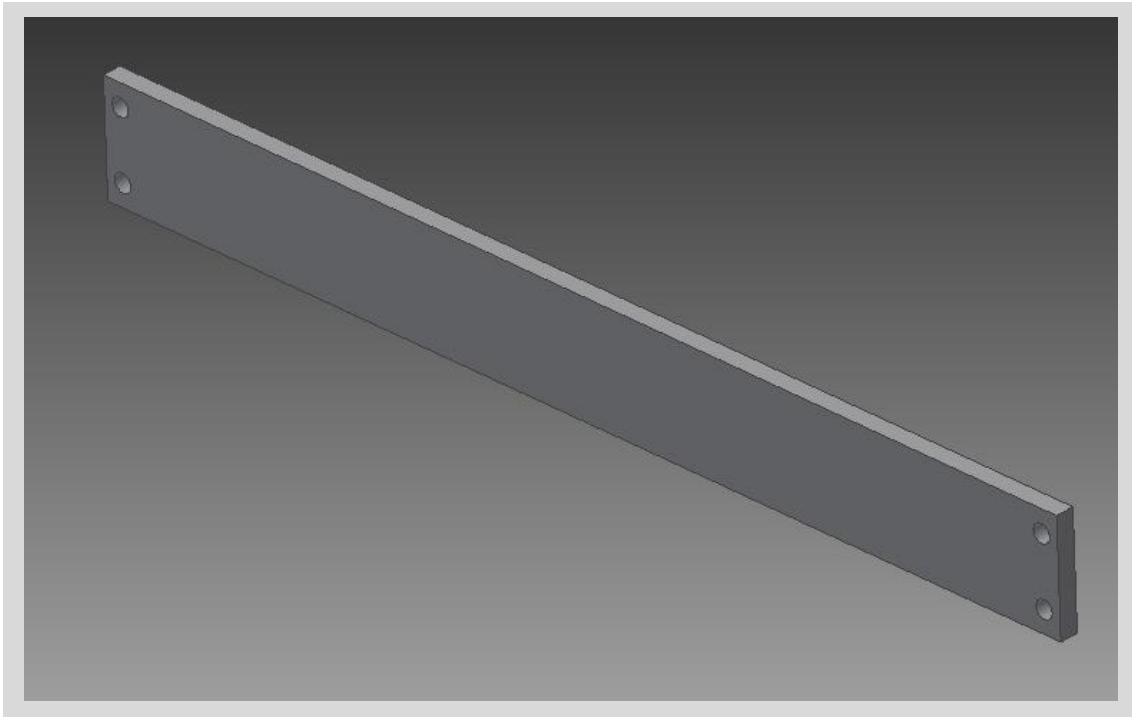
4.1.12 Πλακά γεφύρωσης

Το κομμάτι κόπηκε σε οριζόντια κορδέλα από πλάκα 10 χιλιοστών και επεξεργάστηκε σε συμβατική φρέζα στο τελικό τους μήκος όπου και έγιναν και οι 4 τρύπες για την σύνδεση με τους δυο ορθοστάτες.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: Πλακά γεφύρωσης ορθοστατών και στήριξης καναλιού καλωδίων (κροκόδειλος).

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Αλουμίνιο 2007

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 1



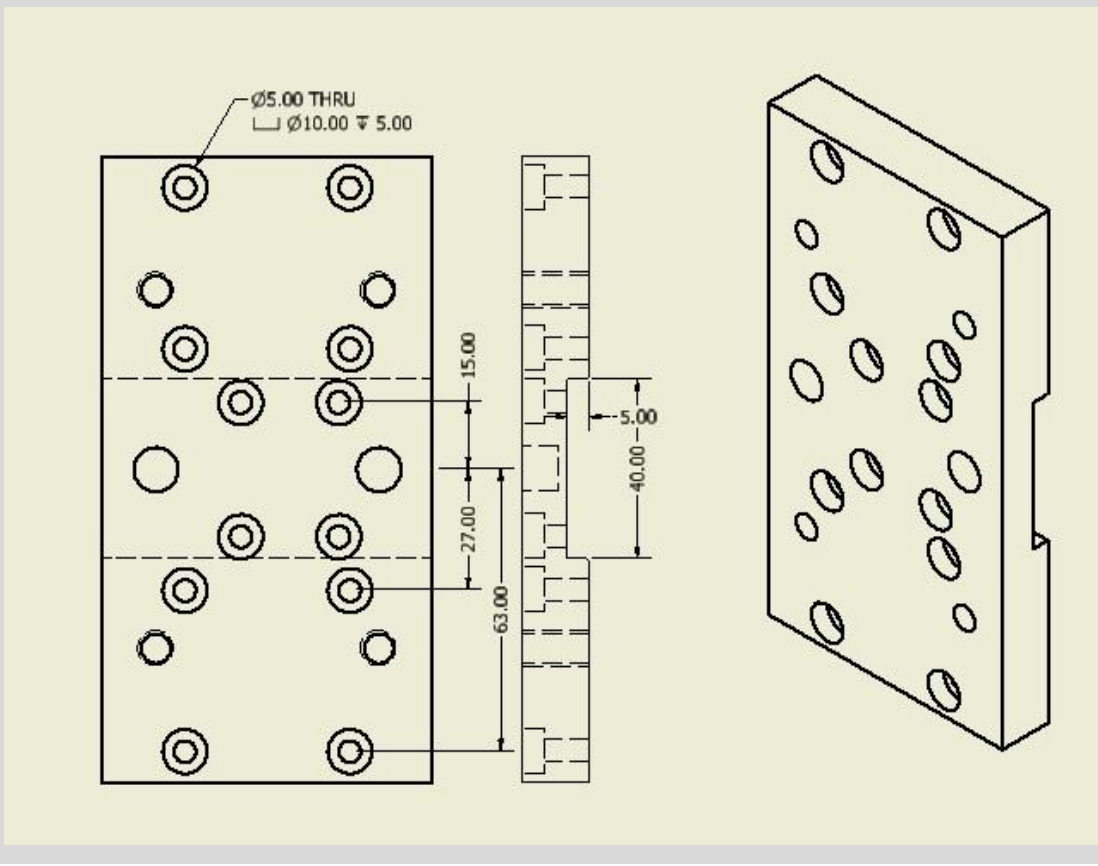
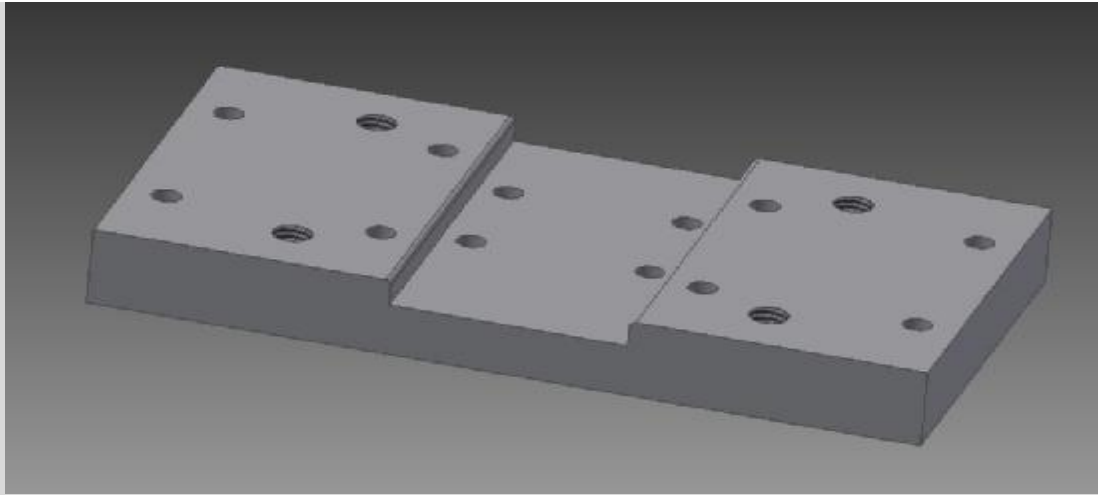
4.1.13 Κινητή πλακά άξονα

Το κομμάτι κόπηκε σε οριζόντια κορδέλα από πλάκα 15 χιλιοστών και στην συνέχεια στην φρέζα CNC επεξεργάστηκε και διαμορφώθηκε στις τελικές εξωτερικές διαστάσεις. Η πατούρα στο κέντρο του κομματιού κατασκευάστηκε με κονδύλι διαμέτρου 8 χιλιοστών. Ανοίχτηκαν 8 τρύπες διαμέτρου 5 χιλιοστών με πατούρα για να χωνεύεται το κεφάλι της βίδας στην πλάκα, άλλες 4 τρύπες ανοίχτηκαν για σπειρώματα M8 για συγκράτηση του επόμενου κομματιού(παράγραφος 4.1.14). Τέλος ανοίχτηκαν άλλες δυο τρύπες διαμέτρου 10 χιλιοστών με σκοπό να ξεθυμαίνουν οι βίδες από πρόσθετο κομμάτι.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: *Κινητή πλακά άξονα Y(και άξονα Z) η οποία φέρει την φώλια του παξιμαδιού ball screw του άξονα Y(και Z).Η συγκεκριμένη πλακά ολισθαίνει πάνω σε τέσσερα γραμμικά ρουλεμάν.(δυο σε κάθε πλευρά)*

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : *Αλουμίνιο 7075*

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : *2(ένα σε κάθε άξονα)*



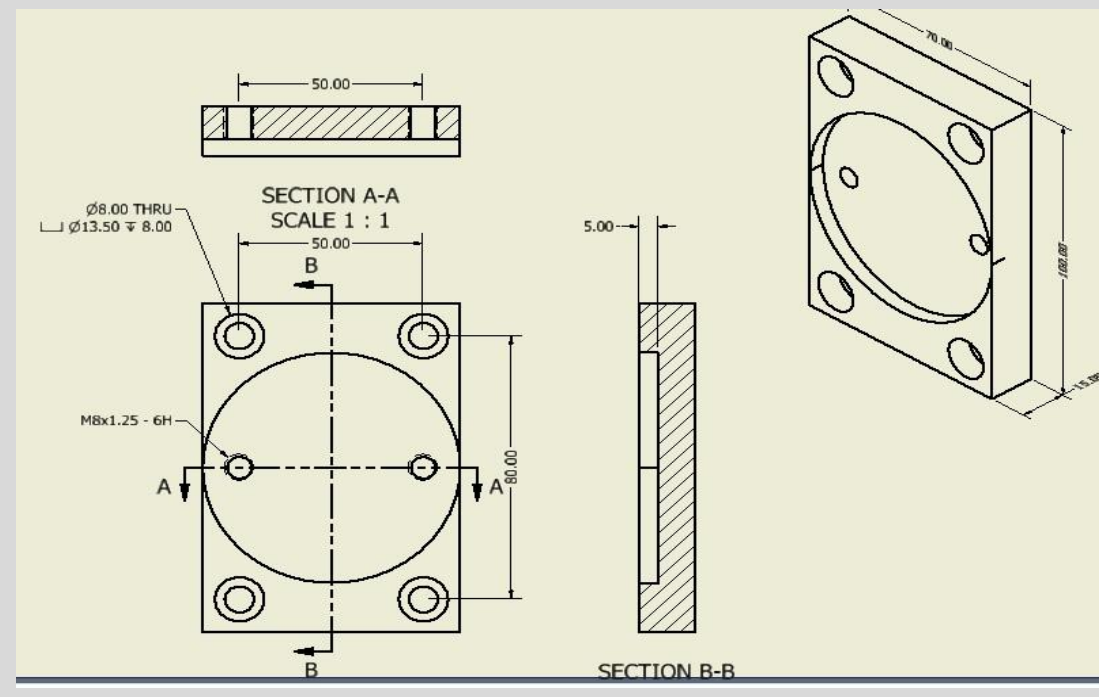
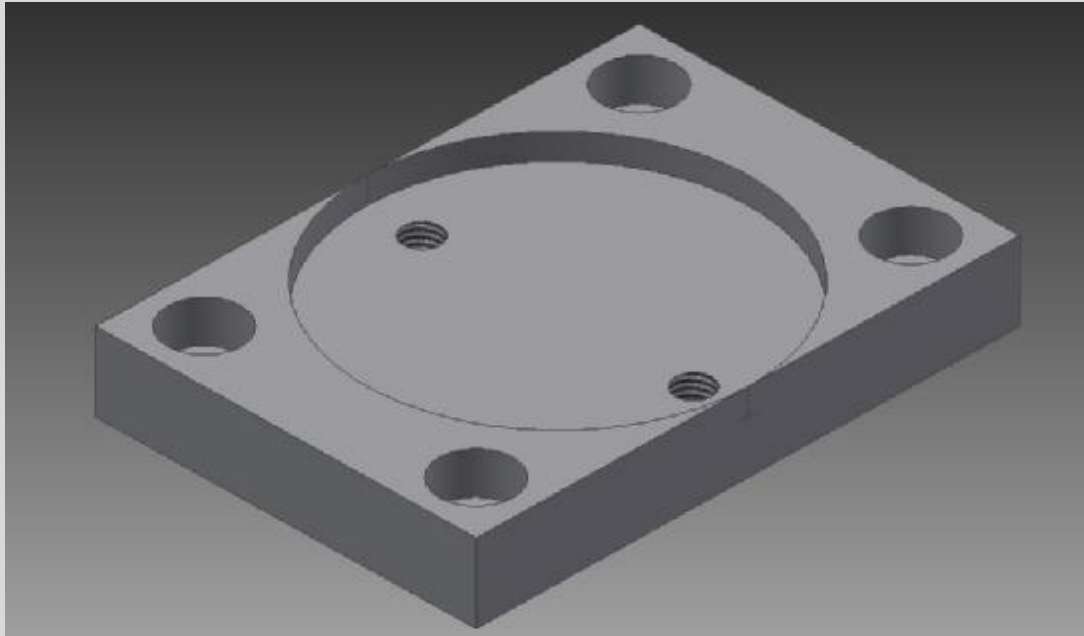
4.1.14 Βάση στηρίξεις συστήματος περιστροφής του άξονα Z

Το κομμάτι κόπηκε σε οριζόντια κορδέλα από πλάκα 15 χιλιοστών και στην συνέχεια στην φρέζα CNC επεξεργάστηκε και διαμορφώθηκε στις τελικές εξωτερικές διαστάσεις. Στο κέντρο του κομματιού διανοίχτηκε πατούρα με κονδύλι 14 χιλιοστών με σκοπό να εδράζεται και να ολισθαίνει το κομμάτι της παραγράφου 4.1.15. Οι σπές ανοίχτηκαν με τρυπάνι 8 χιλιοστών και πατούρες για να χωνευθούν τα κεφάλια τους μέσα στο κομμάτι. Τέλος δυο σπές ανοίχτηκαν με τρυπάνι 6.75 χιλιοστών για την δημιουργία σπειρώματος M8 με σκοπό να βιδώνει το κομμάτι της παραγράφου 4.1.16.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: Βάση στηρίξεις συστήματος περιστροφής του άξονα Z

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Αλουμίνιο 7075

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 1



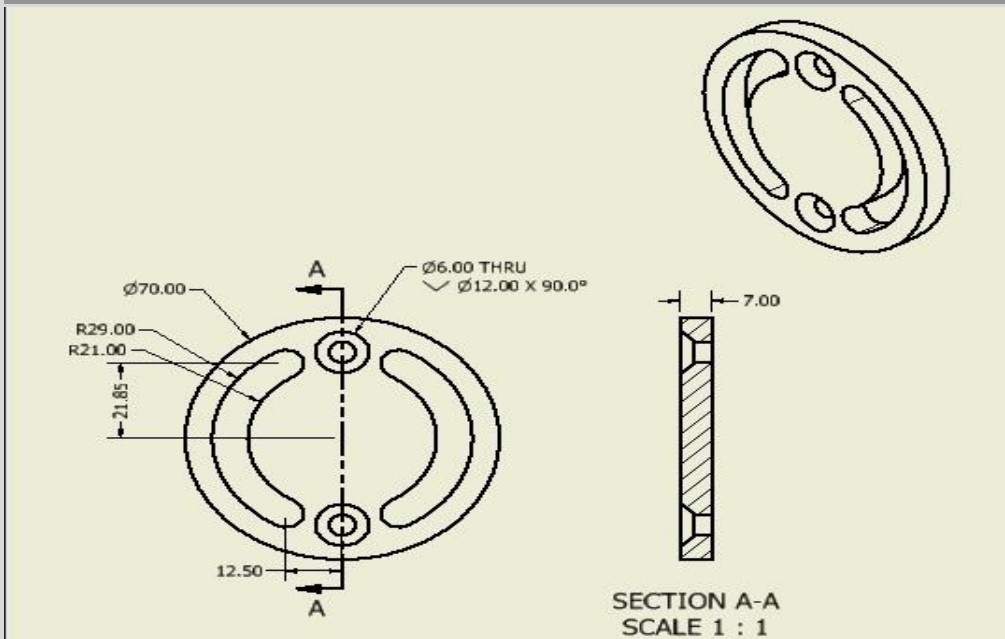
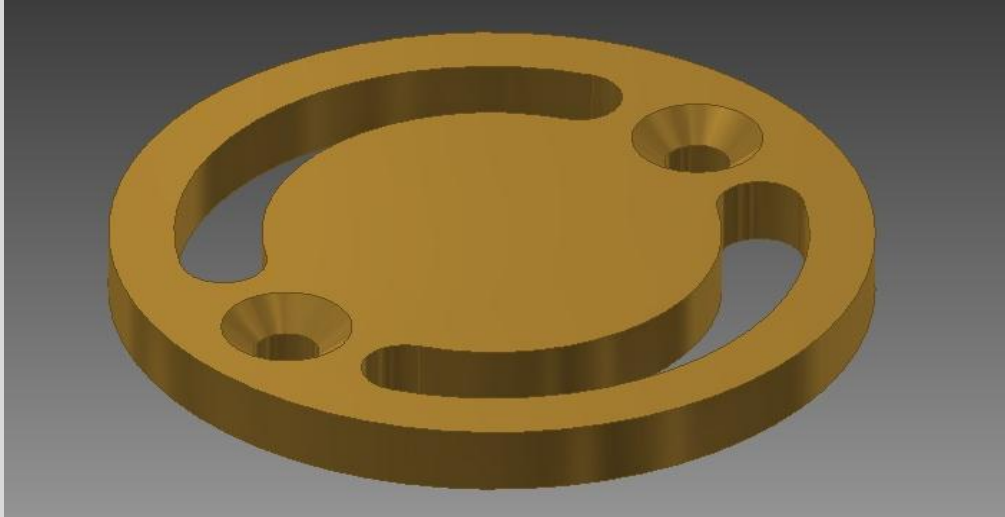
4.1.15 Φλάντζα υποβοήθησης ομαλής περιστροφής του άξονα Z

Το κομμάτι αυτό καταργάστηκε στις τελικές του διαστάσεις στον τόρνο με εξωτερική μανέλα καταργασίας και κόπηκε με κόφτρα. Στην φρέζα CNC κατασκευάστηκαν τα λούκια μορφής ραδίου και οι τρύπες με κονδύλι 6 χιλιοστών.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: Φλάντζα υποβοήθησης ομαλής περιστροφής του άξονα Z

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Ορείχαλκος

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 1



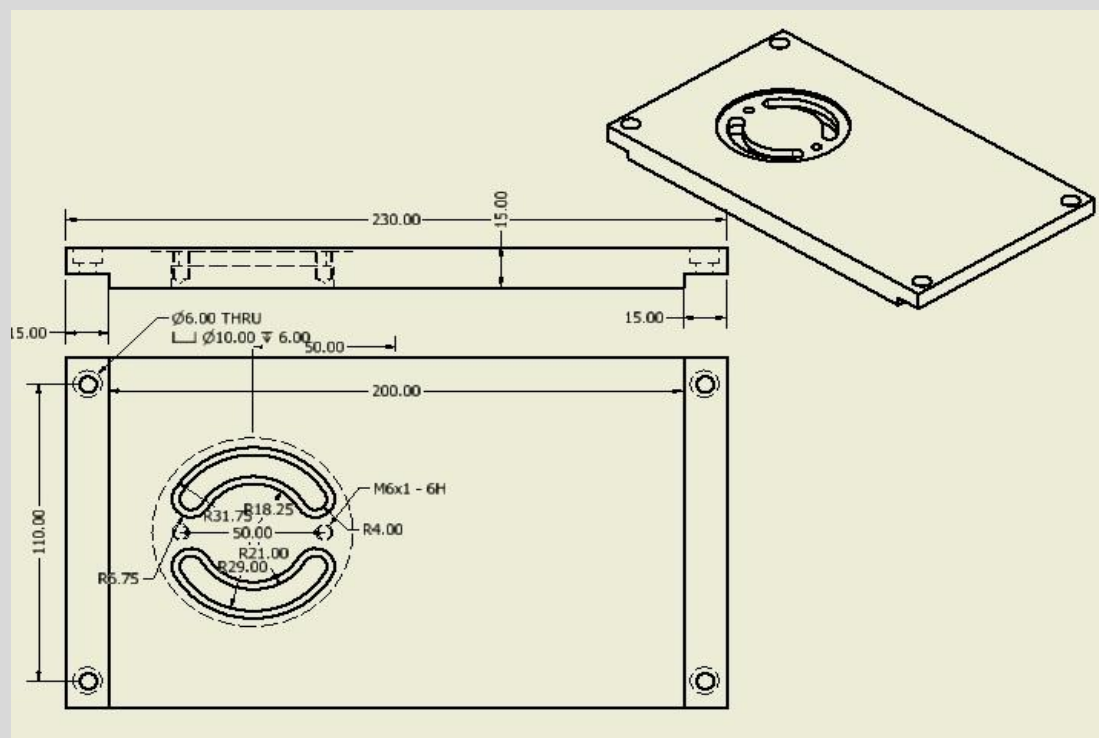
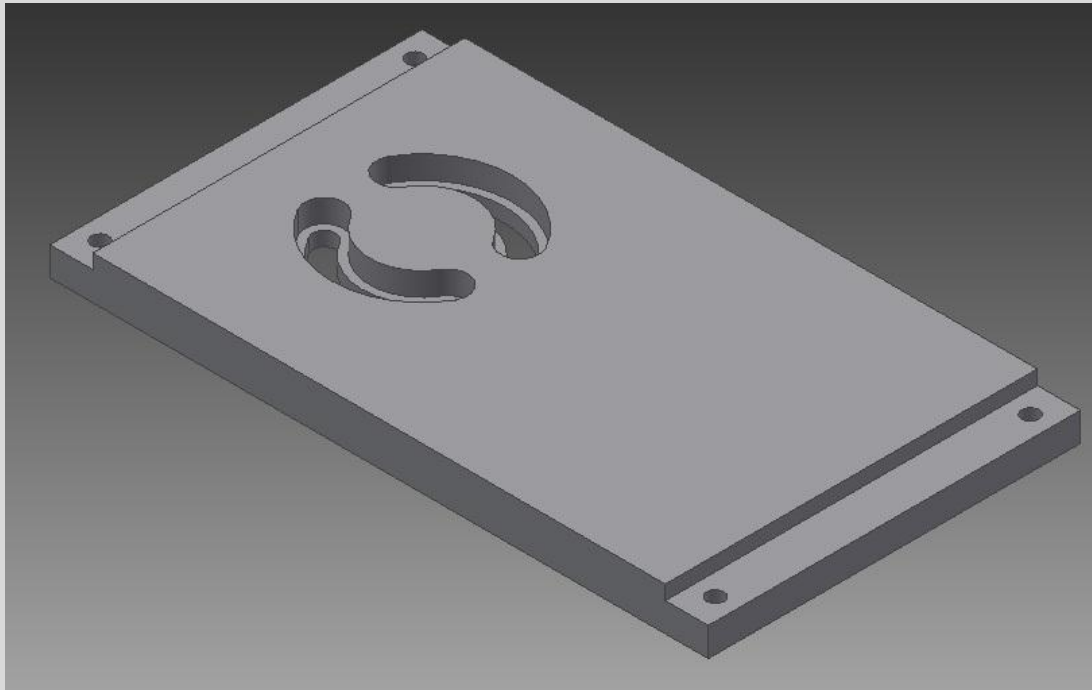
4.1.16 Πλακά υποδοχής των πλακών στήριξης χρωμιούχων αξόνων

Το κομμάτι κόπηκε σε οριζόντια κορδέλα από πλάκα 15 χιλιοστών. Στην φρέζα CNC επεξεργάστηκε και διαμορφώθηκε στις τελικές εξωτερικές διαστάσεις με κονδύλι 6 χιλιοστών. Επίσης με το ίδιο κοπτικό εργαλείο κατασκευάστηκαν οι δυο πατούρες στα άκρα του κομματιού και τα λούκια ραδίου στα οποία φωλιάζουν και ολισθαίνουν τα κεφάλια των βιδών M8 τα οποία ενώνουν τα κομμάτια των παραγράφων 4.1.14 , 4.1.15 και 4.1.16. Τέλος δημιουργήθηκαν 4 τρύπες στα άκρα του κομματιού με σκοπό την υποδοχή του κομματιού της παραγράφου 4.1.17.

ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: Πλακά υποδοχής των πλακών στήριξης χρωμιούχων αξόνων και ατέρμονα ball screw του άξονα Z

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Αλουμίνιο 7075

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 1



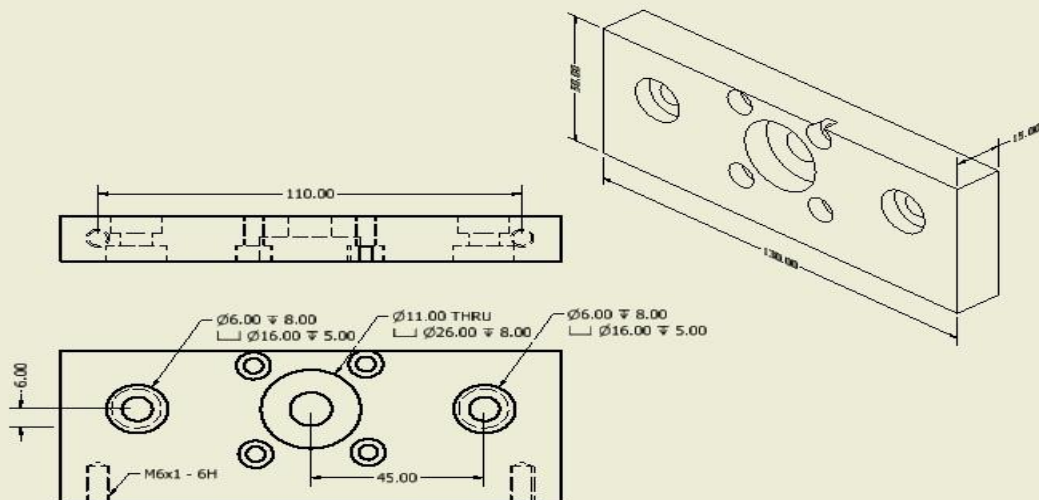
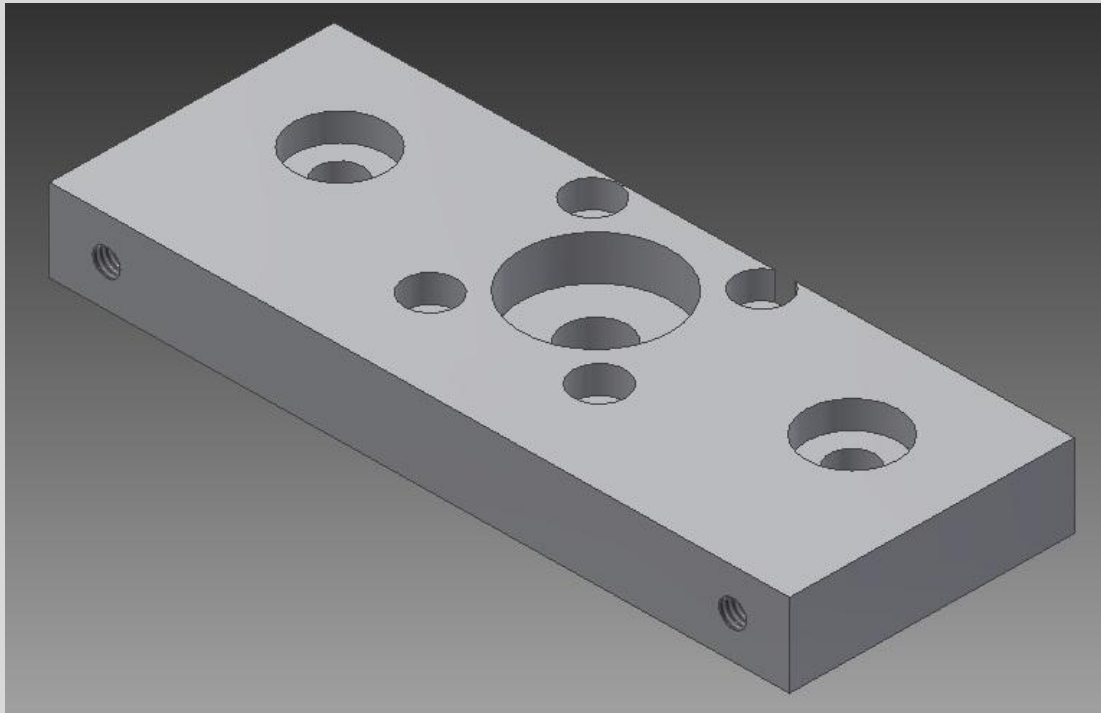
4.1.17 Πλακά στήριξης χρωμιούχων αξόνων του άξονα Z

Το κομμάτι κόπηκε σε οριζόντια κορδέλα από πλάκα 15 χιλιοστών. Στην φρέζα CNC επεξεργάστηκε και διαμορφώθηκε στις τελικές εξωτερικές διαστάσεις με κονδύλι 6 χιλιοστών. Με το ίδιο κοπτικό εργαλείο κάναμε τις πατούρες για τους ατέρμονες άξονες και το ρουλεμάν(τύπου 6000) στο κέντρο του κομματιού.

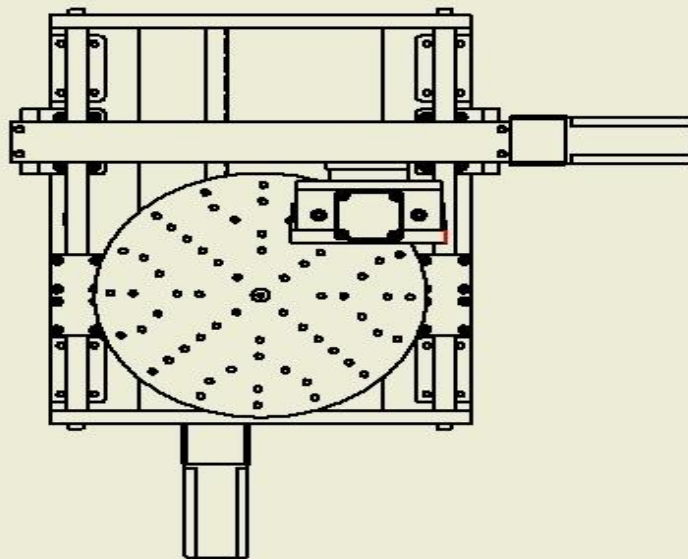
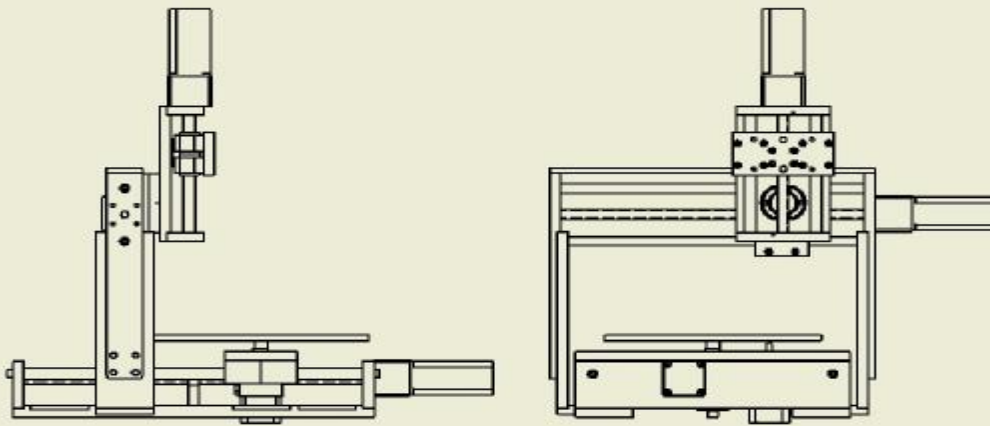
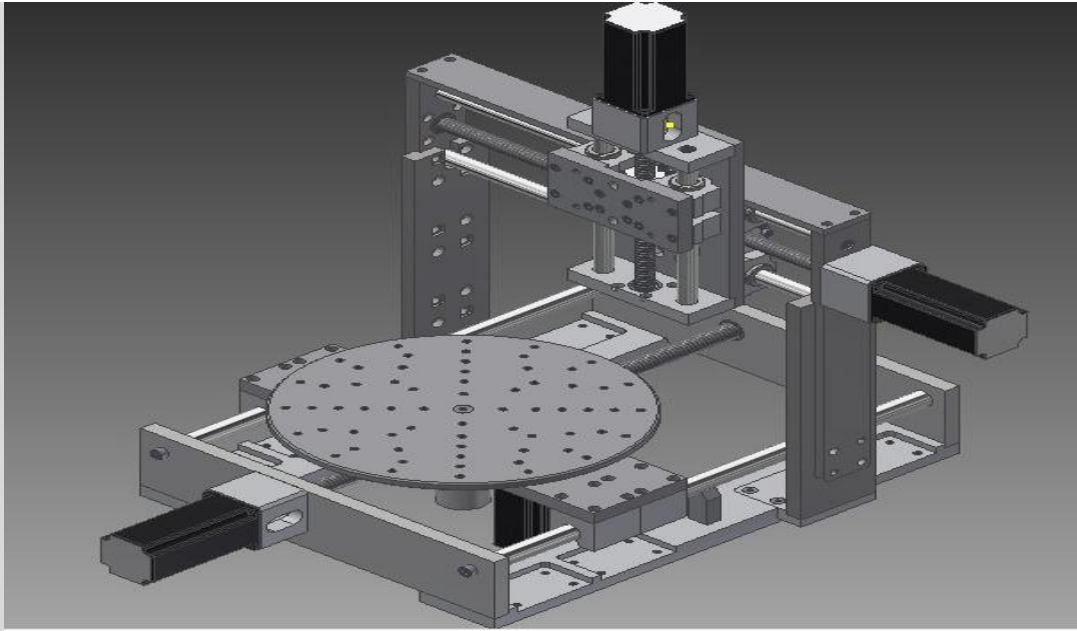
ΙΔΙΟΤΗΤΑ ΚΟΜΜΑΤΙΟΥ: : Πλακά στήριξης χρωμιούχων αξόνων και ατέρμονα ball screw του άξονα Z

ΥΛΙΚΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΙΣ : Αλουμίνιο 7075

ΑΡΙΘΜΟΣ ΚΟΜΜΑΤΙΩΝ : 2



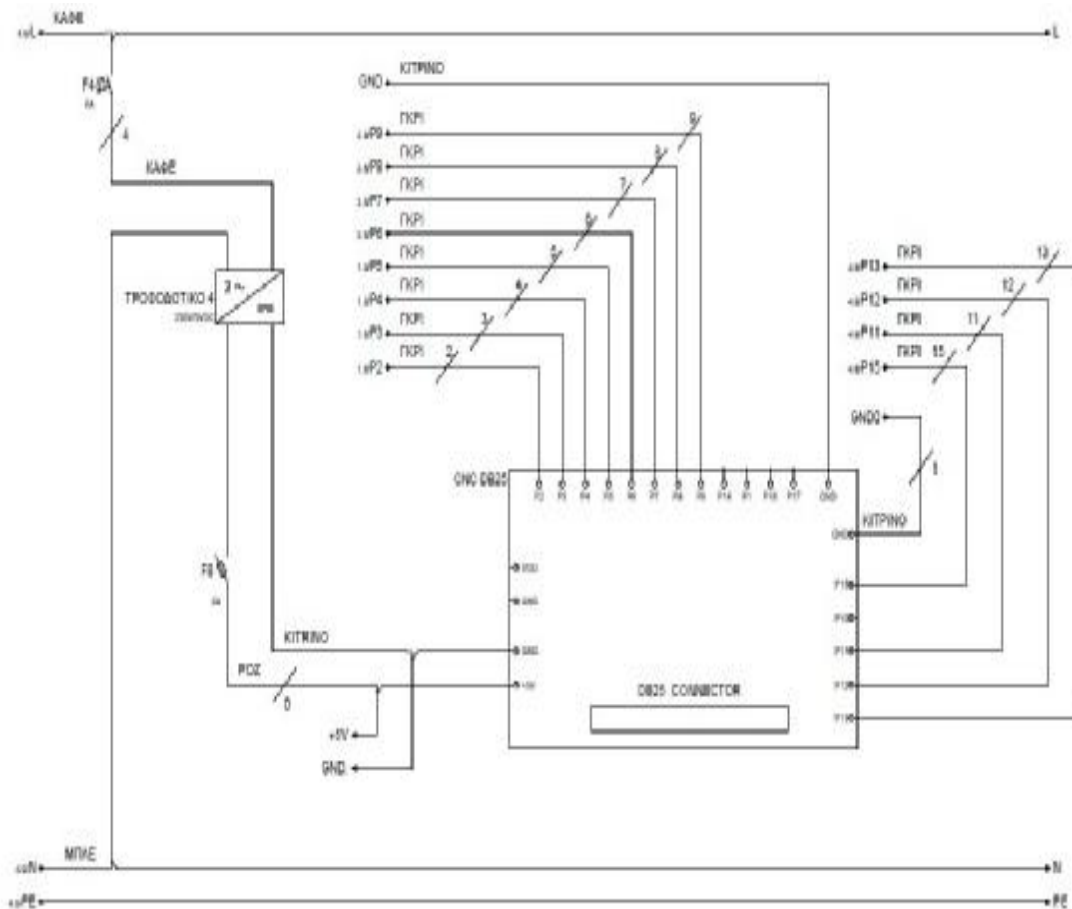
Διαφορές όψεις συναρμολογημένης (Assembly) εργαλειομηχανής CNC



4.2 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

4.2.1 Συνδεσμολογία κεντρικής πλακέτας.

Στο παρακάτω σχέδιο απεικονίζεται η κεντρική πλακέτα που συνδέει τον ηλεκτρονικό υπολογιστή με τους νηματικούς οδηγούς της εργαλειομηχανής.



Η κεντρική πλακέτα αποτελείται από τέσσερα βασικά μέρη:

Ø ΠΑΡΟΧΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ

Όπως φαίνεται στο σχέδιο βρίσκεται στο αριστερό μέρος της πλακέτας και στο ένα pin συνδέουμε την παροχή ρεύματος τάσης 5 volt και στο άλλο pin βρίσκεται η γείωση της παροχής.

Ø ΕΞΟΔΟΙ ΠΛΑΚΕΤΑΣ

Στο πάνω μέρος της πλακέτας βρίσκονται τέσσερα ζεύγη καλωδίων συν ένα της γείωσης. Το κάθε ζεύγος συνδέεται με τους επιμέρους οδηγούς

όπου το ένα δίνει τους παλμούς για την κίνηση των μοτέρ(ταχύτητα και μέγεθος κίνησης) και το άλλο δίνει τους παλμούς για την φορά περιστροφής του μοτέρ(δεξιόστροφα η αριστερόστροφα)

Ø ΕΙΣΟΔΟΙ ΠΛΑΚΕΤΑΣ

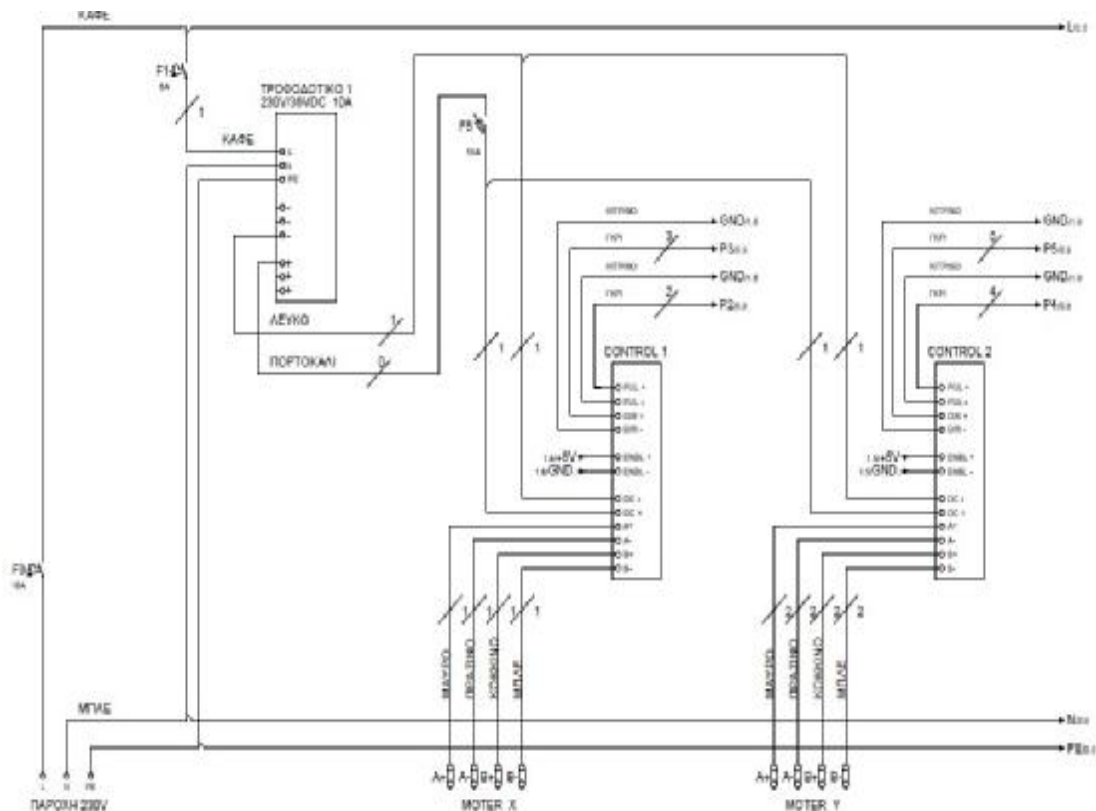
Στο δεξιό μέρος της πλακέτας έχουμε τρεις εισόδους οι όποιοι συνδέονται με τα τρία ζεύγη των τερμάτων διακόπτων (proximity switches).Επίσης υπάρχει άλλο ένα καλώδιο που συνδέεται με το κουμπί έκτακτης ανάγκης (emergency stop) και τέλος το ένα καλώδιο της γείωσης αυτών.

Ø ΠΑΡΑΛΛΗΛΗ ΘΥΡΑ

Στο κάτω μέρος της πλακέτας βρίσκεται η θύρα που συνδέει τον υπολογιστή με την πλακέτα της εργαλειομηχανής.

4.2.2 Συνδεσμολογία των βηματικών οδηγών

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε την συνδεσμολογία της πλακέτας με τους βηματικούς οδηγούς και την τροφοδοσία αυτών.



Ø ΠΑΡΟΧΗ

Στο κάτω αριστερό μέρος της παραπάνω εικόνας έχουμε την παροχή από το δίκτυο της ΔΕΗ παίρνουμε ρεύμα τάσης 230V.

Ø ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ1

Δέχεται ως είσοδο το ρεύμα από το δίκτυο τάσης 230V και βγάζει στην έξοδο 36V για την τροφοδοσία των δυο εκ των τεσσάρων ελεγκτών (control1, control2)

Ø CONTROL 1

Παίρνει τέσσερις εισόδους (δυο GND και δυο σήματα παλμών το ένα για κατεύθυνση και το άλλο για την διαδρομή) από την πλακέτα DB25 CONNECTOR. Βγάζει τέσσερις εξόδους για την οδήγηση του μοτέρ του άξονα X.

Ø CONTROL2

Παίρνει τέσσερις εισόδους (δυο GND και δυο σήματα παλμών το ένα για κατεύθυνση και το άλλο για την διαδρομή) από την πλακέτα DB25 CONNECTOR. Βγάζει τέσσερις εξόδους για την οδήγηση του μοτέρ του άξονα Y.

Ø MOTER X

Παίρνει τέσσερις εισόδους από τον CONTROL1 οι οποίες θα καθορίσουν την την κίνηση της τράπεζας ως προς τον άξονα X.

Ø MOTER Y

Παίρνει τέσσερις εισόδους από τον CONTROL2 οι οποίες θα καθορίσουν την κίνηση της τράπεζας ως προς τον άξονα Y.

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρούμε μια όμοια συνδεσμολογία της πλακέτας με τους βηματικούς οδηγούς των αξόνων Z και A και την τροφοδοσία αυτών.

Ø ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ 2

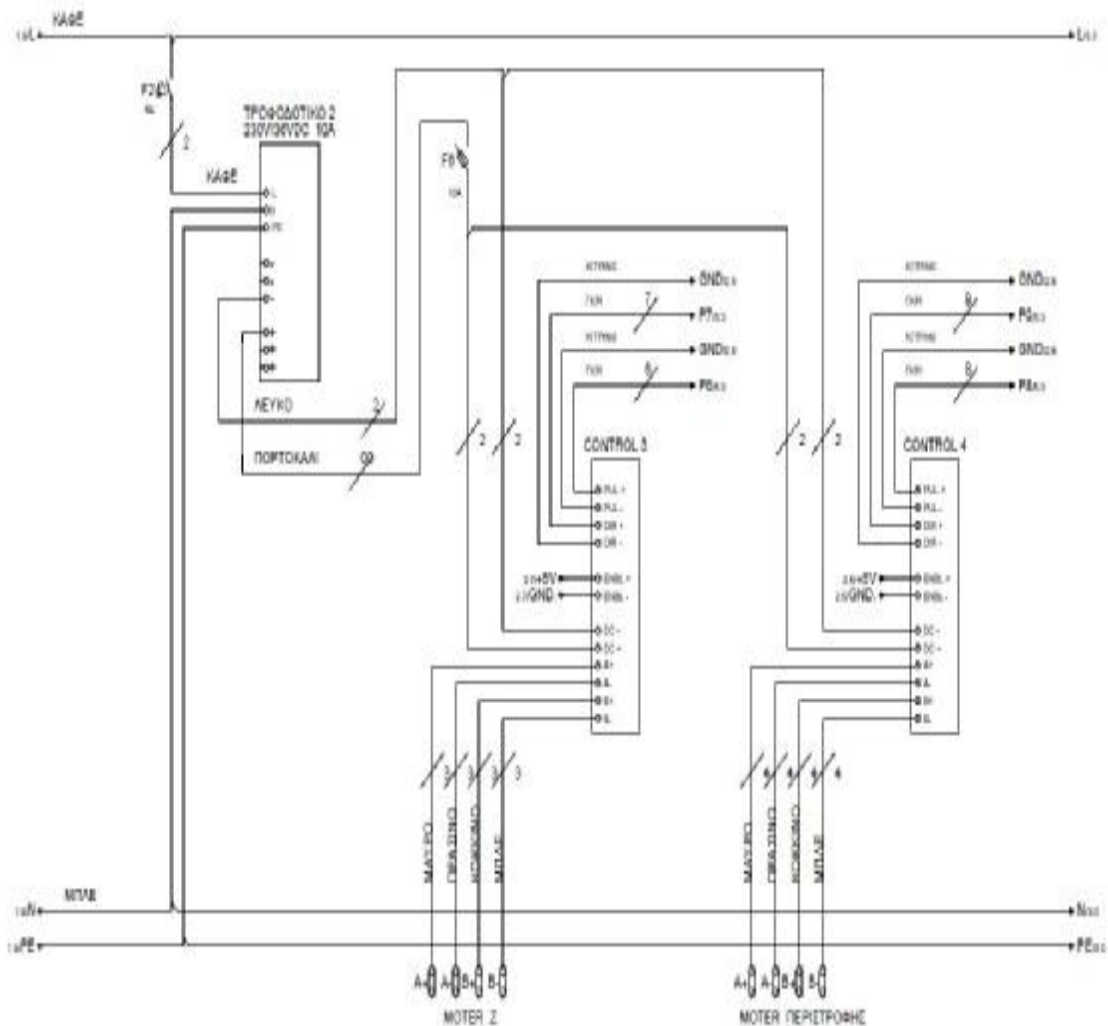
Δέχεται ως είσοδο το ρεύμα από το δίκτυο τάσης 230V και βγάζει στην έξοδο 36V για την τροφοδοσία των δυο εκ των τεσσάρων ελεγκτών (control3, control4)

Ø CONTROL 3

Παίρνει τέσσερις εισόδους (δυο GND και δυο σήματα παλμών το ένα για κατεύθυνση και το άλλο για την διαδρομή) από την πλακέτα DB25 CONNECTOR. Βγάζει τέσσερις εξόδους για την οδήγηση του μοτέρ του άξονα X.

Ø CONTROL 4

Παίρνει τέσσερις εισόδους (δύο GND και δύο σήματα παλμών το ένα για κατεύθυνση και το άλλο για την διαδρομή) από την πλακέτα DB25 CONNECTOR. Βγάζει τέσσερις εξόδους για την οδήγηση του μοτέρ του άξονα Y.

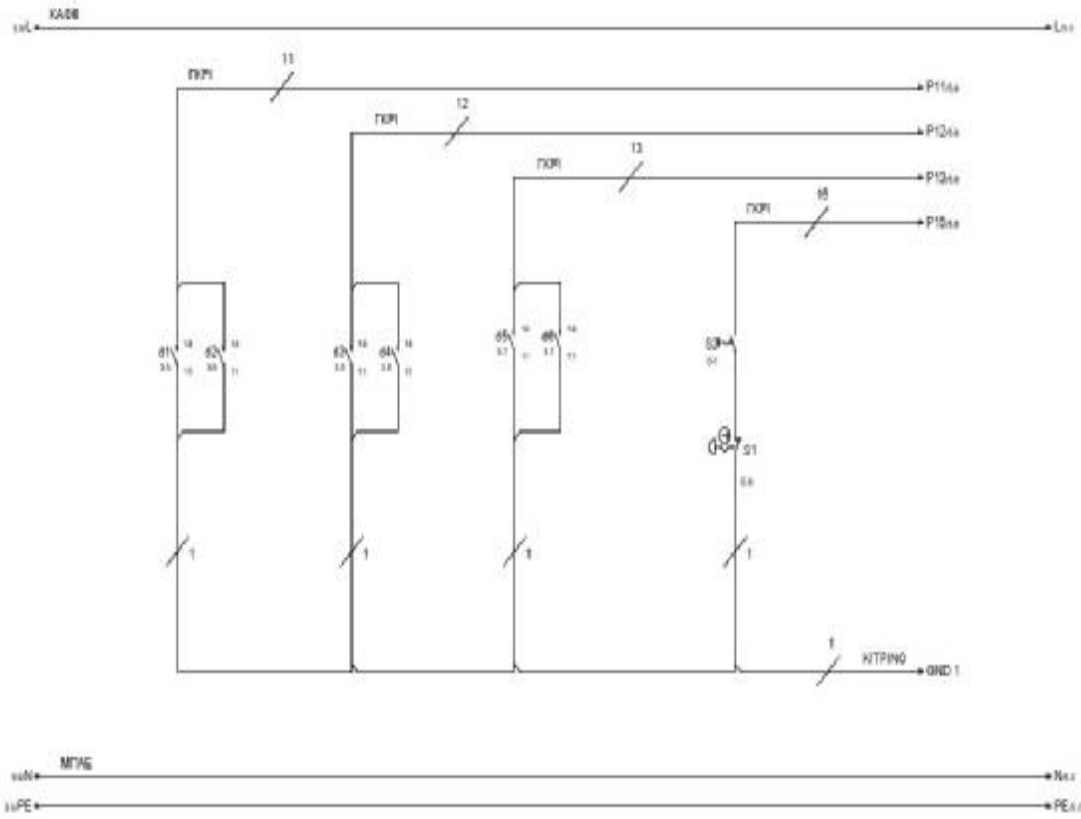


Ø MOTER Z

Παίρνει τέσσερις εισόδους από τον CONTROL3 οι οποίες θα καθορίσουν την κίνηση της τράπεζας ως προς τον άξονα Z.

Ø MOTER ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ

Παίρνει τέσσερις εισόδους από τον CONTROL4 οι οποίες θα καθορίσουν την κίνηση της τράπεζας ως προς τον άξονα A.



4.2.3 Συνδεσμολογία τερματικών διακόπτων και διακόπτη έκτακτης ανάγκης.

Στους άξονες της εργαλειομηχανής **X** ,**Y** και **Z** έχουν τοποθετηθεί τερματικοί διακόπτες ασφάλειας για δυο λόγους :

- Ø Για να καλιμπραριζεται η μηχανή στο ξεκίνημα της (να παίρνει στα μηδέν του κάθε άξονα)
- Ø Για την αποφυγή χτυπήματος των κινούμενων ατράκτων με τις σταθερές βάσεις της εργαλειομηχανής (τυχόντων λάθη του προγραμματισμού).

Οι δυο τερματικοί διακόπτοντες που βρίσκονται εκατέρωθεν του κάθε άξονα είναι ενωμένοι μεταξύ τους μέσα στον πίνακα και από το σημείο ενώσεις τους οδηγούνται στις αντίστοιχες εισόδους της πλακέτας.

Τέλος υπάρχει ο διακόπτης έκτακτης ανάγκης που συνδέεται με την πλακέτα και σε περίπτωση κάποιων απροσδόκητων προβλημάτων κατά την λειτουργία της εργαλειομηχανής υπάρχει η δυνατότητα μέσω αυτού του διακόπτη η ολική διακοπή της λειτουργίας της εργαλειομηχανής.

ΤΥΠΟΣ ΒΗΜΑΤΙΚΟΥ ΚΙΝΗΤΗΡΑ:

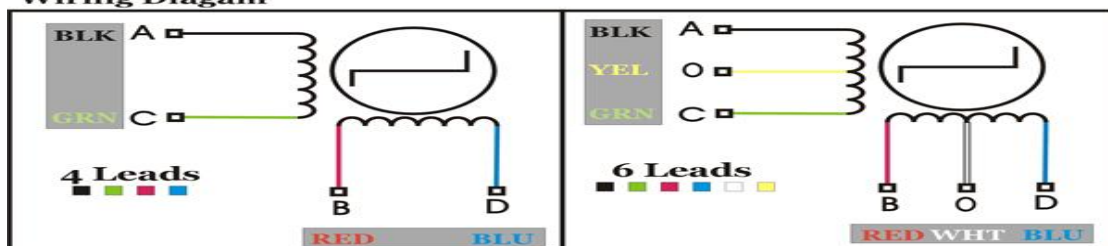


Σχήμα 4.2.1: NEMA 23 Stepper Motor / 3A / 425oz-in or 3Nm Bipolar

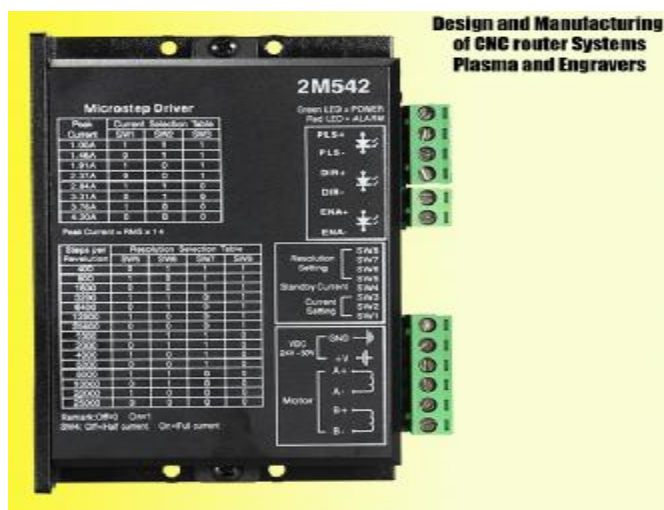
Περιγραφή:

Model	Step Angel (°)	Motor Length L(mm)	Rate Voltage (V)	Rate Current (A)	Phase Resistance (Ω)	Phase Inductance (mH)	Holding Torque (oz-in)	Lead Wire (NO.)	Rotor Inertia (g.cm2)	Detent Torque (g.cm)	Motor Weight (kg)
NEMA 23 115mm	1.8	115	6.3	3	2.1	9	425	4	810	890	1.55

Wiring Diagram



ΤΥΠΟΣ ΒΗΜΑΤΙΚΟΥ ΟΔΗΓΟΥ:



Σχήμα 4.2.2: Stepper Motor Driver 50V 4.2A

Περιγραφή:

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ :

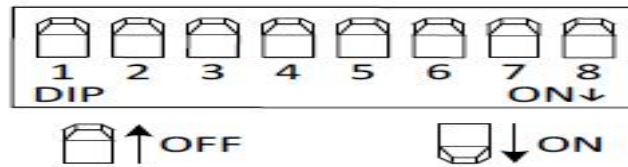
	Min	Typical	Max
Supply Voltage (VDC)	24	36	50
Output Current (A_{rms})	1.0	-	4.2
Logical Input Current (mA)	7	10	16
Input Frequency (KHz)	0	-	200
Low-Active Required Time	2.5	-	-

Operation Environment	Ambient temperature	0 to +65°C (+32 to +149°F) (non-freezing)
	Humidity	80% or less (non-condensing)
	Surrounding atmosphere	No corrosive gas, dust, water or oil
Storage Environment	Ambient temperature	-10 to +80°C (+14 to +176°F) (non-freezing)
	Humidity	80% or less (non-condensing)
	Surrounding atmosphere	No corrosive gas, dust, water or oil
Vibration	5.9 m/s ² or less	
Mass	0.26 Kg	

ΡΥΘΜΙΣΗ ΤΩΝ ΒΗΜΑΤΙΚΩΝ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ:



Σχήμα 4.2.3: Βηματικός οδηγός τύπου 2M542.



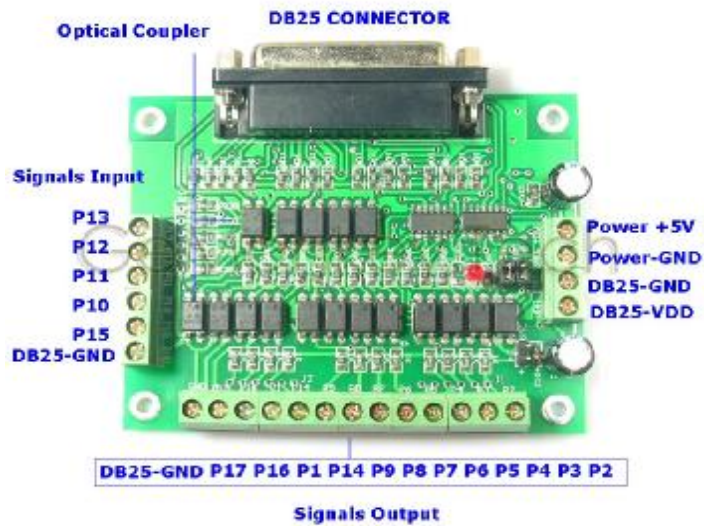
Σχήμα 4.2.4: Διακόπτες (DIP Switch) για την ρύθμιση της έντασης και των αριθμό βημάτων των κινητήρων(Σχ. 4.2.3) .

1. Ρύθμιση της έντασης των αμπερ για τους βηματικούς κινητήρες(Σχ.4.2.4)

SW 1	SW 2	SW 3	Current (A_{rms})
ON	ON	ON	1.00 A
OFF	ON	ON	1.46 A
ON	OFF	ON	1.91 A
OFF	OFF	ON	2.37 A
ON	ON	OFF	2.84 A
OFF	ON	OFF	3.31 A
ON	OFF	OFF	3.76 A
OFF	OFF	OFF	4.20 A

2. Ρύθμιση του αριθμού των βημάτων ανά μια πλήρης περιστροφή του κινητήρα(Σχ.4.2.4)

SW 5	SW 6	SW 7	SW 8	Steps/Rev
ON	OFF	ON	ON	800
OFF	OFF	ON	ON	1600
ON	ON	OFF	ON	3200
OFF	ON	ON	ON	6400
ON	OFF	OFF	ON	12800
OFF	OFF	OFF	ON	25600
ON	ON	ON	OFF	1000
OFF	ON	ON	OFF	2000
ON	OFF	ON	OFF	4000
OFF	OFF	ON	OFF	5000
ON	ON	OFF	OFF	8000
OFF	ON	OFF	OFF	10000
ON	OFF	OFF	OFF	20000
OFF	OFF	OFF	OFF	25000



Σχήμα 4.2.5: Πλακέτα καθοδήγησης των βηματικών οδηγών μέσω του προγράμματος του ηλεκτρονικού υπολογιστή.



Σχήμα 4.2.6: Τερματικοί επαγωγικοί διακόπτες (proximity switches)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο εξής κεφάλαιο θα διατυπωθούν μερικές παραδειγματικές συγκολλήσεις και ένα παράδειγμα της δυνατότητας μετατροπής της εργαλειομηχανής cnc αυτόματης συγκόλλησης σε cnc router με επίσης ένα παράδειγμα κατεργασίας χαράγματος σε πλακά αλουμινίου. Αναλυτικά θα σας αναφέρουμε τα εξής παραδείγματα:

- ∅ Συγκόλληση ανοξείδωτων τεμαχίων με ευθεία ραφή με διαφορές παραμέτρους του περιβάλλοντος συγκόλλησης.
- ∅ Κυκλική συγκόλληση ανοξείδωτων τεμαχίων δυο διαφορετικών διαμετρών .
- ∅ Συγκόλληση ανοξείδωτου εξαγώνου τεμαχίου.
- ∅ Χάραξη δυσδιάστατου σχεδίου σε πλακά αλουμινίου.

5.1 ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΛΗΣΕΙΣ

5.1.1 ΕΥΘΕΙΑ ΡΑΦΗ

Το παράδειγμα της συγκόλλησης με ευθεία ραφή έγινε με τρεις διαφορετικούς παραμέτρους της ρύθμισης της μηχανής συγκόλλησης. Παρακάτω αναλύονται οι τρόποι συγκόλλησης:

∅ Απλή ευθεία συγκόλληση

Χρησιμοποιήσαμε δυο τεμάχια ορθογώνιου μορφής των πέντε χιλιοστών, ανοξείδωτο τύπου 316L .Αφού τα τοποθετήσαμε πάνω στην κεντρική τράπεζα με την κατάλληλη συγκράτηση στη συνέχεια φέραμε την κεφαλή στο προαπαιτούμενο ύψος από τα τεμάχια των 0,3 mm και στο σημείο έναρξης της ραφής μηδενίσαμε τους άξονες της μηχανής.



Εικόνα 5.1.1: Ραφή απλής ευθείας συγκόλλησης.

Έπειτα δημιουργήσαμε το πρόγραμμα συγκόλλησης σε μορφή κώδικα G όπως φαίνεται παρακάτω:

```
%  
G21 (All units in mm)  
G00 x0 y0 z30  
G01 z0 f 200  
G01 x120 y0  
G01 z30 f 1200  
G00 x60 y-60  
M2 (end)  
%
```

Αφού τρέξαμε τον παραπάνω κώδικα και με ρύθμιση της μηχανής συγκόλλησης στα 80 αμπέρ, είχαμε το εξής αποτέλεσμα που απεικονίζει η εικόνα **εικ. 5.1.1** και αναλυτικά φαίνεται σε μορφή βίντεο στην διεύθυνση : <https://www.youtube.com/channel/UCF8gNCvBMoMSHZc4nO7lwLA>

Ø Ευθεία συγκόλληση με 0.7 παλμούς ανά δευτερόλεπτο

Χρησιμοποιήσαμε επίσης δύο τεμάχια ορθογώνιου μορφής των πέντε χιλιοστών, ανοξείδωτο τύπου 316L και με παρόμοιο τρόπο όπως και στην απλή ευθεία ραφή μηδενίσαμε τους άξονες της μηχανής συγκόλλησης. Ο κώδικας του προγράμματος συγκόλλησης είναι παρόμοιος με τον προηγούμενο της ευθείας ραφής ,και έχουμε ρυθμίσει την μηχανή στα 80 αμπέρ με την διαφορά ότι η μηχανή είχε ρυθμιστή με παλμούς και συγκεκριμένα 0.7 παλμούς ανά δευτερόλεπτα, οπού στο 30% του χρόνου έμμενε στα 80 αμπέρ και των υπόλοιπο χρόνο έπεφτε στο 60% της ονομαστικής τιμής αυτών.

```
%  
G21 (All units in mm)  
G00 x0 y0 z30  
G01 z0 f 200  
G01 x80 y0  
G01 z30 f 1200  
G00 x60 y-60  
M2 (end)  
%
```

Τα αποτελέσμα που απεικονίζονται στην εικόνα **εικ. 5.1.2** και αναλυτικά φαίνεται σε μορφή βίντεο στην διεύθυνση : <https://www.youtube.com/channel/UCF8gNCvBMoMSHZc4nO7lwLA>

Ø Ευθεία συγκόλληση με 2.5 παλμούς ανά δευτερόλεπτο

Με τον ίδιο τρόπο έγινε και η συγκεκριμένη ραφή με την μονή αλλαγή την ρύθμιση των παλμών και παραμένοντας σταθερά η ταχύτητα και τα αμπέρ (200mm ανά λεπτό και 80 αμπέρ) είχαμε το παρακάτω αποτέλεσμα που απεικονίζεται στην εικόνα **εικ. 5.1.3** και αναλυτικά φαίνεται σε μορφή βίντεο στην διεύθυνση : <https://www.youtube.com/channel/UCF8gNCvBMoMSHZc4nO7lwLA>

5.1.2 ΚΥΚΛΙΚΗ ΡΑΦΗ

Αρχικά συγκολλήσαμε δύο στρόγγυλα ανοξείδωτα τεμάχια ,τύπου 304,διαφορετικής διαμέτρου, όπου στο κομμάτι της μεγάλης διαμέτρου είχαμε δημιουργήσει μια εσωτερική πατούρα ώστε να κεντράρουμε το κομμάτι με την μικρή διάμετρο .Το πρόγραμμα συγκόλλησης είναι το εξής .

```
%
```

```
G21 (All units in mm)
G00 x0 y0 z30
G01 z0 f 200
G01 α360 f180
G01 z30 f 1200
G00 x60 y-60
M2 (end)
%
```

Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στην εικόνα **εικ. 5.1.4** και αναλυτικά φαίνεται σε μορφή βίντεο στην διεύθυνση : <https://www.youtube.com/channel/UCF8gNCvBMoMSHZc4nO7lwLA>



Εικόνα 5.1.4: Ραφή κυκλικής συγκόλλησης.

Στη συνέχεια συγκολλήσαμε το τεμάχιο της παραπάνω εικόνας (**εικ. 5.1.4**) πάνω σε μια ανοξείδωτη πλακά με το ίδιο πρόγραμμα συγκόλλησης, αλλά η διαφορετικότητα του εξής προγράμματος ήταν ότι είχαμε μηδενίσει του άξονες x,y σε διαφορετικό σημείο διότι είχαμε μεγαλύτερη διάμετρο σε αυτό το κομμάτι.



Εικόνα 5.1.: Ραφή κυκλικής συγκόλλησης πάνω σε πλακά ανοξείδωτη.

Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στην εικόνα **εικ. 5.1.5** και αναλυτικά φαίνεται σε μορφή βίντεο στην διεύθυνση : <https://www.youtube.com/channel/UCF8gNCvBMoMSHZc4nO7lwLA>

5.1.3. ΣΥΓΚΟΛΗΣΗ ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΥ ΕΞΑΓΩΝΟΥ ΤΕΜΑΧΙΟΥ.

Η συγκόλληση αυτή έγινε με τα εξής τεμαχία: ένα ανοξείδωτο εξάγωνο και μια πλακά ανοξείδωτη τυπού 304.

Αρχικά έξω από την μηχανή συγκόλλησης πονταράμε τα τεμαχία με σκοπό να μην μετατοπισθούν κατά την συγκόλληση πάνω στην μηχανή, και έπειτα τοποθετήθηκε στην μηχανή συγκόλλησης για να γίνει η συγκόλληση μέσω προγράμματος.

Ο κωδικας συγκόλλησης ήταν ο εξής:

```

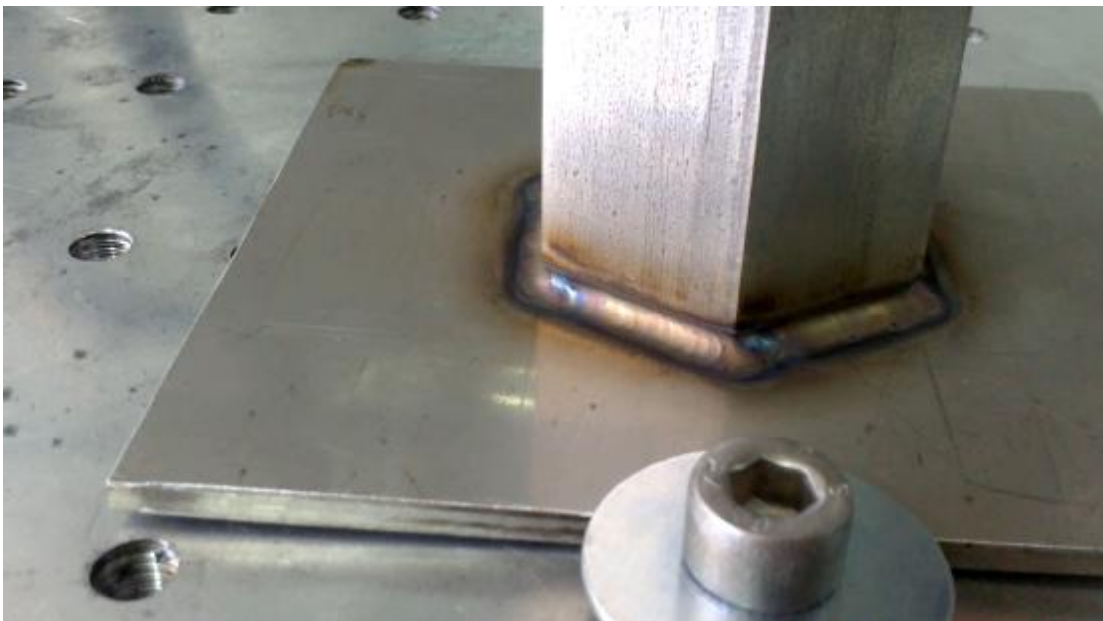
%
G21 (All units in mm)
G01 X0 Y0 Z20 a0 f4000
G01 z0 f500
m0
G01 x23.5 f150
g03 x0 y0 r23.5 a60 f6000
G01 x23.5 f150

G03 x0 y0 r23.5 a120f4000
G01 x23.5 f150
G03 x0 y0 r23.5 a180f4000
G01 x23.5 f150

```

```
G03 x0 y0 r23.5 a240f4000
G01 x23.5 f150
G03 x0 y0 r23.5 a300 f4000
G01 x23.5 f150
G03 x0 y0 r23.5 a360 f4000
m0
G01 z30x-50.000 y50.0000 f2000
M2 (end)
%
```

Τα αποτελέσματα απεικονίζονται στην εικόνα **εικ. 5.1.6** και αναλυτικά φαίνεται σε μορφή βίντεο στην διεύθυνση : <https://www.youtube.com/channel/UCF8gNCvBMoMSHZc4nO7lwLA>



Εικόνα 5.1.6: Ραφή συγκόλλησης εξαγώνου τεμαχίου πάνω σε πλακά ανοξείδωτη.

5.2 ΧΑΡΑΞΗ ΣΧΕΔΙΟΥ ΠΑΝΩ ΣΕ ΠΛΑΚΑ

Η συγκεκριμένη μηχανή cnc έχει την δυνατότητα με την αλλαγή της κεφαλής να μετατρέπεται από μηχανή συγκόλληση σε cnc router . Ο τρόπος κατασκευής της ,της επιτρέπει να αντέχει να κάνει χαράξεις σε όλα τα είδη των υλικών (αλουμίνιο, τιτάνιο ,ανοξείδωτο χάλυβα ,ορείχαλκο ,κ.τ.λ.) και διαφορές κατεργασίες σε μαλακά υλικά (πλαστικό , αλουμίνιο ,κτλ).

Στο εξής παράδειγμα χρησιμοποιήσαμε πλάκα αλουμινίου τύπου 2007 την οποία αρχικά την κατεργαστήκαμε στην συμβατική φρέζα ώστε να έχουμε σωστή επιφάνια χάραξης και έπειτα τοποθετήθηκε πάνω στο cnc. όπου και με τον καταλληλο κώδικα χάραξε το σχέδιο που απεικονίζετε στην **εικ. 5.2.1** .

Παρακάτω φαίνετε κομμάτι από τον κώδικα κοπής διότι είναι αρκετά μεγάλος για να αναφερθεί σε αυτό το κείμενο . Ο κώδικας είναι 4273 προτάσεις και έχει εξαχτεί μέσω ειδικού προγράμματος (inscape).

%

```
G21 (All units in mm)
(Start cutting path id: path3609)
(Change tool to Default tool)
```

```
G00 Z7.500000
```

```
G00 X12.385850 Y2.411135
```

```
G01 Z-0.250000 F100.0(Penetrates)
```

```
G02 X12.573187 Y4.060425 Z-0.250000 I7.353732 J0.000000 F400.000000
```

```
G02 X14.354997 Y10.967356 Z-0.250000 I132.340880 J-30.457224
```

```
G02 X14.685720 Y11.367395 Z-0.250000 I0.622943 J-0.178275
```

```
G02 X17.067189 Y12.337819 Z-0.250000 I7.173170 J-14.195986
```

```
G03 X19.605016 Y13.175851 Z-0.250000 I-31.151125 J98.597172
```

```
G03 X20.146961 Y13.399149 Z-0.250000 I-1.620211 J4.701555
```

```
G03 X20.875426 Y14.594042 Z-0.250000 I-0.560706 J1.161334
```

```
G03 X20.079417 Y15.993909 Z-0.250000 I-1.707060 J-0.044437
```

```
G03 X18.885244 Y15.933054 Z-0.250000 I-0.553889 J-0.878102
```

```
G03 X17.961808 Y14.334832 Z-0.250000 I1.525764 J-1.947457
```

```
G02 X17.614051 Y13.771427 Z-0.250000 I-0.819610 J0.116870
```

```
G02 X15.737239 Y12.791824 Z-0.250000 I-4.824495 J6.955524
```

```
G02 X13.603456 Y12.183015 Z-0.250000 I-4.974809 J13.392255
```

```
G02 X12.650434 Y12.165460 Z-0.250000 I-0.524265 J2.583668
```

```
G03 X11.820143 Y12.160592 Z-0.250000 I-0.400901 J-2.432068
```

```
G03 X11.680295 Y11.993832 Z-0.250000 I0.029501 J-0.166760
```

```
G03 X12.147935 Y11.248990 Z-0.250000 I0.827001 J0.000000
```

```
G03 X13.355989 Y11.185364 Z-0.250000 I0.679926 J1.409273
```

```
G02 X13.606090 Y11.059234 Z-0.250000 I0.065180 J-0.181781
```

```
G02 X13.582829 Y10.431594 Z-0.250000 I-0.929732 J-0.279794
```

```
G02 X12.691857 Y9.940692 Z-0.250000 I-0.736423 J0.282592
```

G02 X11.657165 Y10.816353 Z-0.250000 I0.274410 J1.373380
G02 X11.417158 Y11.758950 Z-0.250000 I3.996457 J1.519442
G02 X11.468538 Y12.201675 Z-0.250000 I0.889493 J0.121115
G03 X11.467195 Y12.599439 Z-0.250000 I-0.513759 J0.197149
G03 X11.130159 Y13.065975 Z-0.250000 I-1.072809 J-0.420013
G02 X10.793927 Y13.568497 Z-0.250000 I0.678844 J0.817952
G02 X10.621961 Y14.701393 Z-0.250000 I3.645741 J1.132896
G02 X11.019930 Y15.658526 Z-0.250000 I1.349957 J0.000000
G02 X12.864466 Y16.931846 Z-0.250000 I4.450957 J-4.475008
G02 X15.127460 Y17.889944 Z-0.250000 I20.136424 J-44.409920
G02 X16.039466 Y18.182686 Z-0.250000 I2.715308 J-6.892251
G03 X16.793047 Y18.556286 Z-0.250000 I-0.481306 J1.917649
G03 X16.971961 Y18.928473 Z-0.250000 I-0.297664 J0.372187
G03 X16.841661 Y19.206506 Z-0.250000 I-0.361782 J-0.000000
G03 X16.619184 Y19.222184 Z-0.250000 I-0.122129 J-0.146689
G02 X16.416191 Y19.336837 Z-0.250000 I-0.069950 J0.113180
G02 X16.637734 Y20.897879 Z-0.250000 I6.085146 J-0.067364
G02 X17.163111 Y22.012958 Z-0.250000 I3.522006 J-0.978108
G02 X17.561808 Y22.220795 Z-0.250000 I0.398698 J-0.278496
G02 X17.850863 Y21.921705 Z-0.250000 I0.000000 J-0.289223
G02 X17.468477 Y19.486768 Z-0.250000 I-10.150119 J0.346496
G03 X17.446943 Y18.847410 Z-0.250000 I1.274663 J-0.362972
G03 X17.637727 Y18.693018 Z-0.250000 I0.190784 J0.040681
G03 X17.906518 Y18.857779 Z-0.250000 I0.000000 J0.301633
G03 X18.470315 Y20.328072 Z-0.250000 I-6.705623 J3.414572
G02 X19.114684 Y21.823069 Z-0.250000 I5.419266 J-1.449432
G02 X19.968266 Y22.757258 Z-0.250000 I2.885066 J-1.779069
G02 X24.131177 Y25.244796 Z-0.250000 I13.989473 J-18.684368
G02 X26.413224 Y25.748573 Z-0.250000 I2.282047 J-4.916805
G02 X27.489692 Y25.169392 Z-0.250000 I0.000000 J-1.289954
G02 X27.848228 Y23.575253 Z-0.250000 I-1.923380 J-1.269974
G02 X27.454969 Y22.976258 Z-0.250000 I-0.833064 J0.118341
G02 X24.531702 Y21.541862 Z-0.250000 I-9.082262 J14.813472
G03 X21.689231 Y19.962174 Z-0.250000 I3.990989 J-10.528536
G03 X20.601621 Y18.540801 Z-0.250000 I2.069870 J-2.710626
G03 X20.122762 Y16.832756 Z-0.250000 I7.198593 J-2.939310
G03 X20.273827 Y16.496877 Z-0.250000 I0.330928 J-0.053072
G03 X20.593169 Y16.535694 Z-0.250000 I0.136031 J0.213887
G03 X21.357001 Y17.631035 Z-0.250000 I-3.158705 J3.016708
G02 X22.201885 Y18.836068 Z-0.250000 I4.253193 J-2.083336
G02 X23.032696 Y19.367850 Z-0.250000 I1.531177 J-1.477294
G02 X23.743304 Y19.314579 Z-0.250000 I0.294064 J-0.843549
G02 X24.027521 Y18.843493 Z-0.250000 I-0.248303 J-0.471086
G03 X24.252294 Y18.116929 Z-0.250000 I1.286668 J0.000000
G03 X24.893567 Y17.577737 Z-0.250000 I1.288705 J0.881751
G03 X27.543918 Y17.905405 Z-0.250000 I1.058274 J2.322667
G03 X28.168866 Y20.191533 Z-0.250000 I-1.253919 J1.571262
G02 X28.530860 Y21.313750 Z-0.250000 I0.881154 J0.335259

G02 X34.367669 Y24.280916 Z-0.250000 I16.008005 J-24.265398
 G02 X40.206405 Y26.342767 Z-0.250000 I60.232303 J-161.267463
 G02 X40.893239 Y26.454129 Z-0.250000 I0.686834 J-2.062378
 G02 X41.358309 Y26.176694 Z-0.250000 I0.000000 J-0.528520
 G02 X41.841853 Y24.697075 Z-0.250000 I-3.842713 J-2.074632
 G02 X41.796459 Y21.029835 Z-0.250000 I-12.233071 J-1.682478
 G02 X41.023343 Y19.670909 Z-0.250000 I-2.214862 J0.360690
 G02 X40.381013 Y19.256447 Z-0.250000 I-1.974319 J2.354817
 G02 X35.374042 Y16.953659 Z-0.250000 I-69.235320 J143.944190
 G02 X30.370484 Y15.020206 Z-0.250000 I-23.934265 J54.498111
 G02 X29.923625 Y15.125243 Z-0.250000 I-0.138634 J0.413262
 G02 X29.842228 Y15.389041 Z-0.250000 I0.208922 J0.208922
 G02 X29.997867 Y15.518017 Z-0.250000 I0.155639 J-0.029419
 G03 X30.843178 Y16.459173 Z-0.250000 I0.000000 J0.850192
 G03 X29.489686 Y20.240496 Z-0.250000 I-8.520271 J-0.916861
 G03 X29.100387 Y20.251735 Z-0.250000 I-0.198570 J-0.130172
 G03 X29.077582 Y19.684670 Z-0.250000 I0.405001 J-0.300278
 G02 X29.951358 Y17.472687 Z-0.250000 I-5.593220 J-3.488000
 G02 X29.737020 Y16.342544 Z-0.250000 I-1.512778 J-0.298490
 G02 X29.055994 Y15.735547 Z-0.250000 I-1.423868 J0.911983
 G02 X23.498351 Y13.291583 Z-0.250000 I-32.900950 J67.276588
 G03 X20.325276 Y12.041544 Z-0.250000 I407.009120 J-1037.796171
 G03 X18.100843 Y11.155675 Z-0.250000 I201.966670 J-510.377505
 G02 X16.291964 Y10.710308 Z-0.250000 I-2.487317 J6.206258
 G02 X16.096143 Y10.951202 Z-0.250000 I-0.018841 J0.184722
 G03 X16.131633 Y11.504046 Z-0.250000 I-1.096248 J0.347934
 G03 X15.971891 Y11.637462 Z-0.250000 I-0.159742 J-0.028923
 G03 X15.438142 Y11.224865 Z-0.250000 I0.000000 J-0.551536
 G03 X13.723102 Y2.998456 Z-0.250000 I82.813967 J-21.557022
 G02 X12.974234 Y2.026923 Z-0.250000 I-1.263051 J0.199189
 G02 X12.385852 Y2.411135 Z-0.250000 I-0.168746 J0.384212
 G01 X12.385850 Y2.411135 Z-0.250000
 G00 Z7.500000

(End cutting path id: path3609)

.
.
.

(Start cutting path id: path3613)

(Change tool to Default tool)

G00 Z7.500000
 G00 X98.468443 Y51.589546
 G01 Z-0.250000 F100.0(Penetrate)

```
G02 X98.505508 Y52.026642 Z-0.250000 I3.008657 J-0.035010
F400.000000
G02 X98.678930 Y52.912463 Z-0.250000 I12.462239 J-1.979913
G03 X98.554595 Y53.022853 Z-0.250000 I-0.092102 J0.021479
G03 X98.192376 Y52.736074 Z-0.250000 I0.248865 J-0.686473
G03 X97.796984 Y51.496303 Z-0.250000 I2.037718 J-1.332812
G03 X98.131670 Y51.148574 Z-0.250000 I0.334686 J-0.012798
G03 X98.354581 Y51.258818 Z-0.250000 I-0.000000 J0.280481
G03 X98.468443 Y51.589546 Z-0.250000 I-0.440999 J0.336791
G01 X98.468443 Y51.589546 Z-0.250000
G00 Z7.500000
```

(End cutting path id: path3613)

```
G00 X0.0000 Y0.0000
M2
%
```

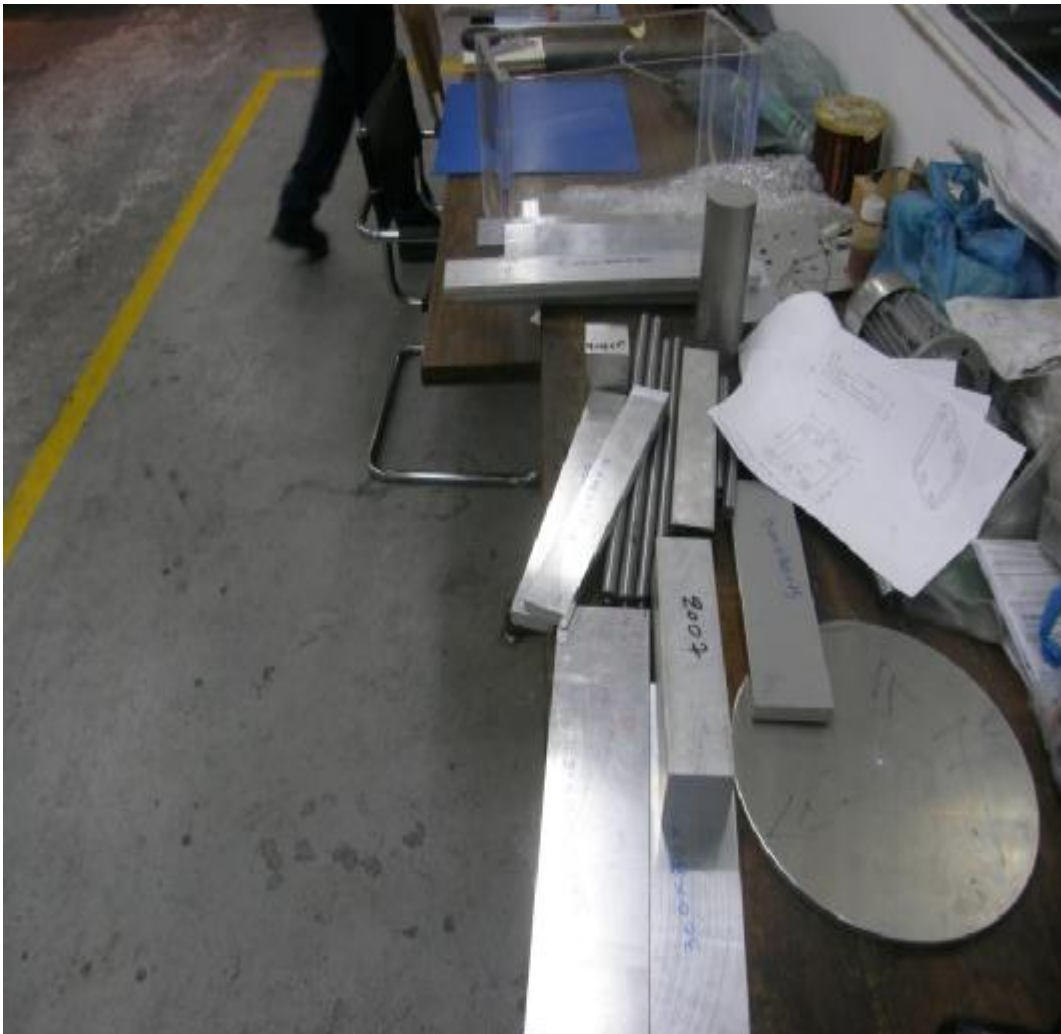


Εικόνα 5.2.1: Χάραξη σχεδίου σε πλακά αλουμινίου.

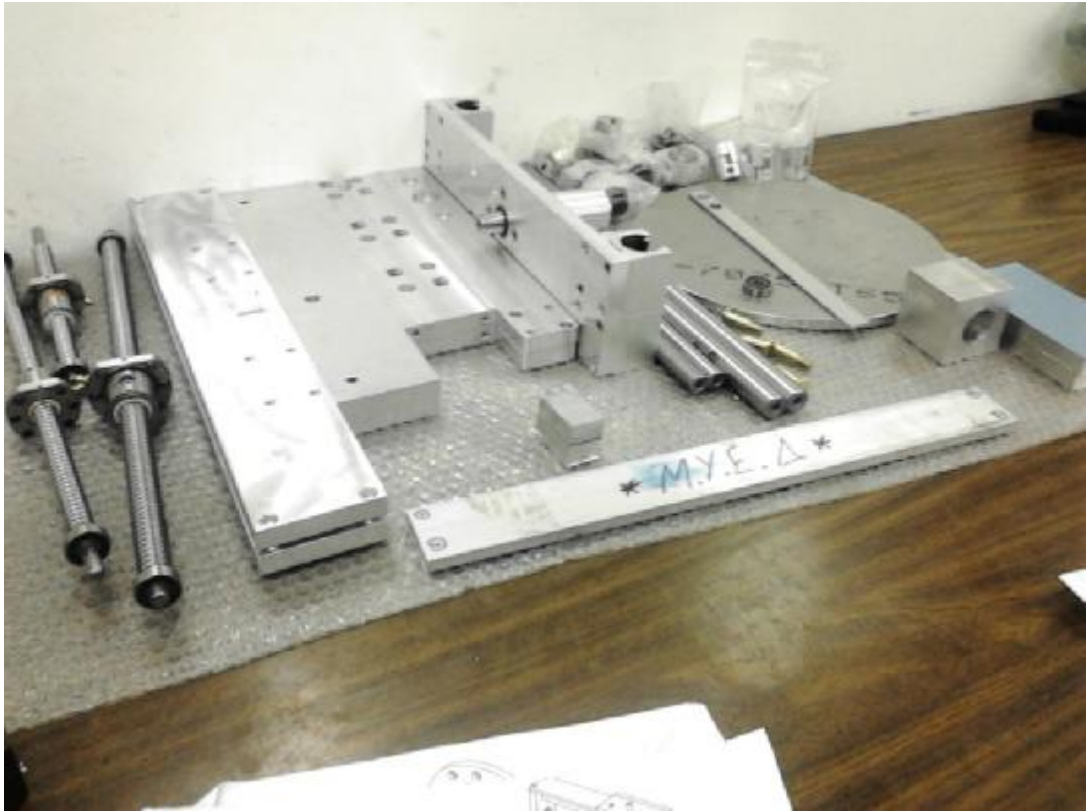
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

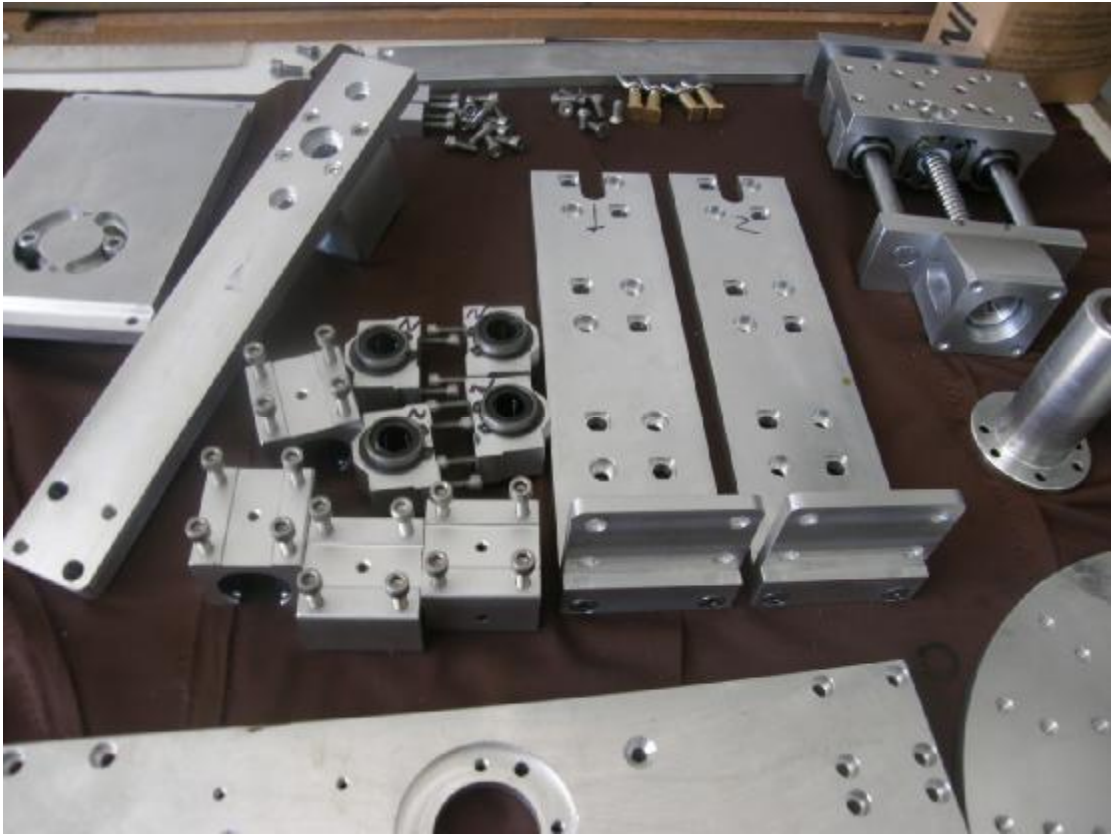
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

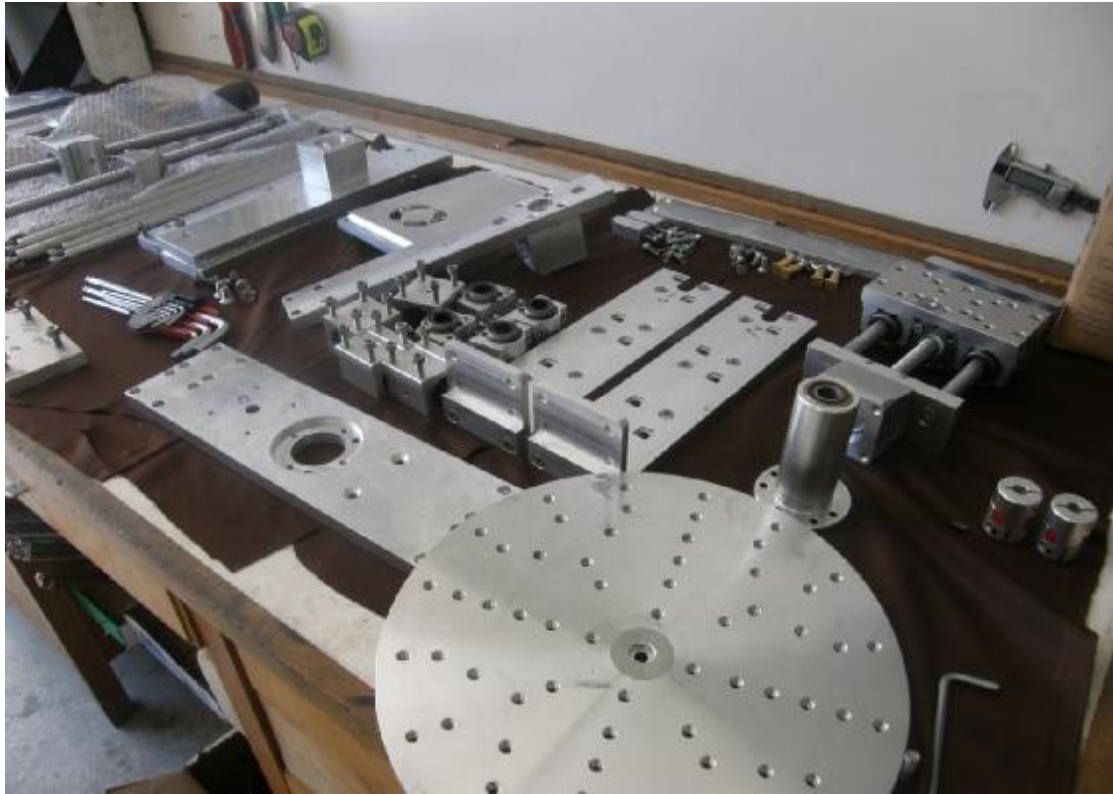
Στο εξής παράρτημα θα αναφερθούμε στην κατασκευή της εργαλειομηχανής και σε διάφορα κομμάτια της κατασκευής με φωτογραφικό υλικό .



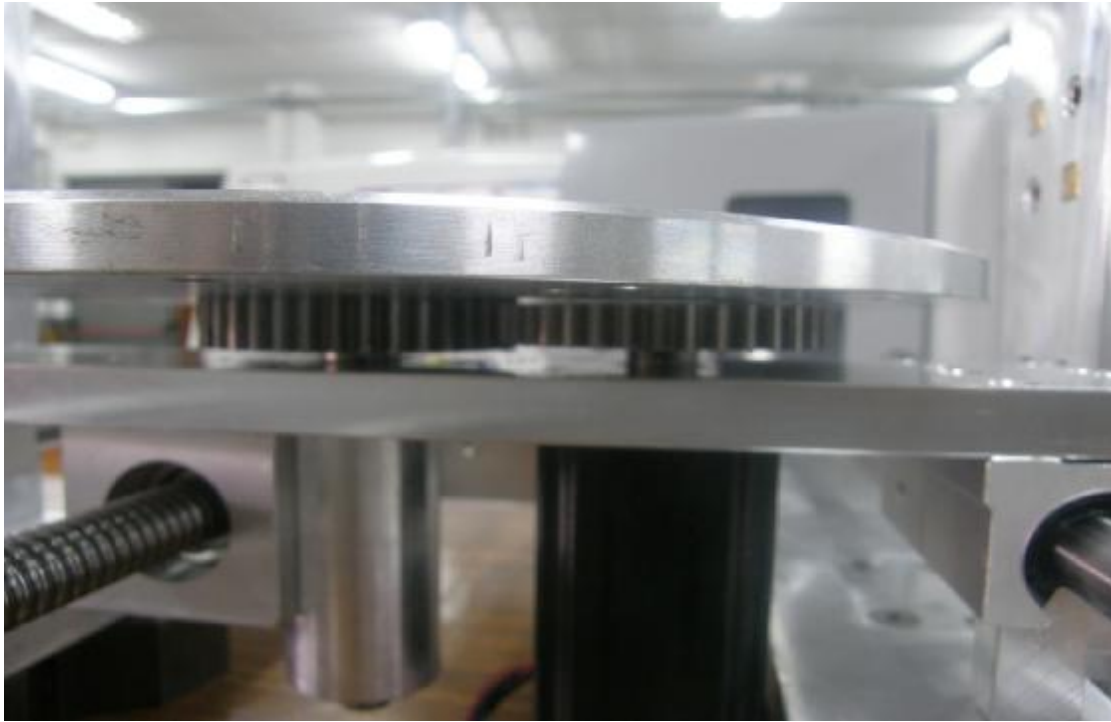






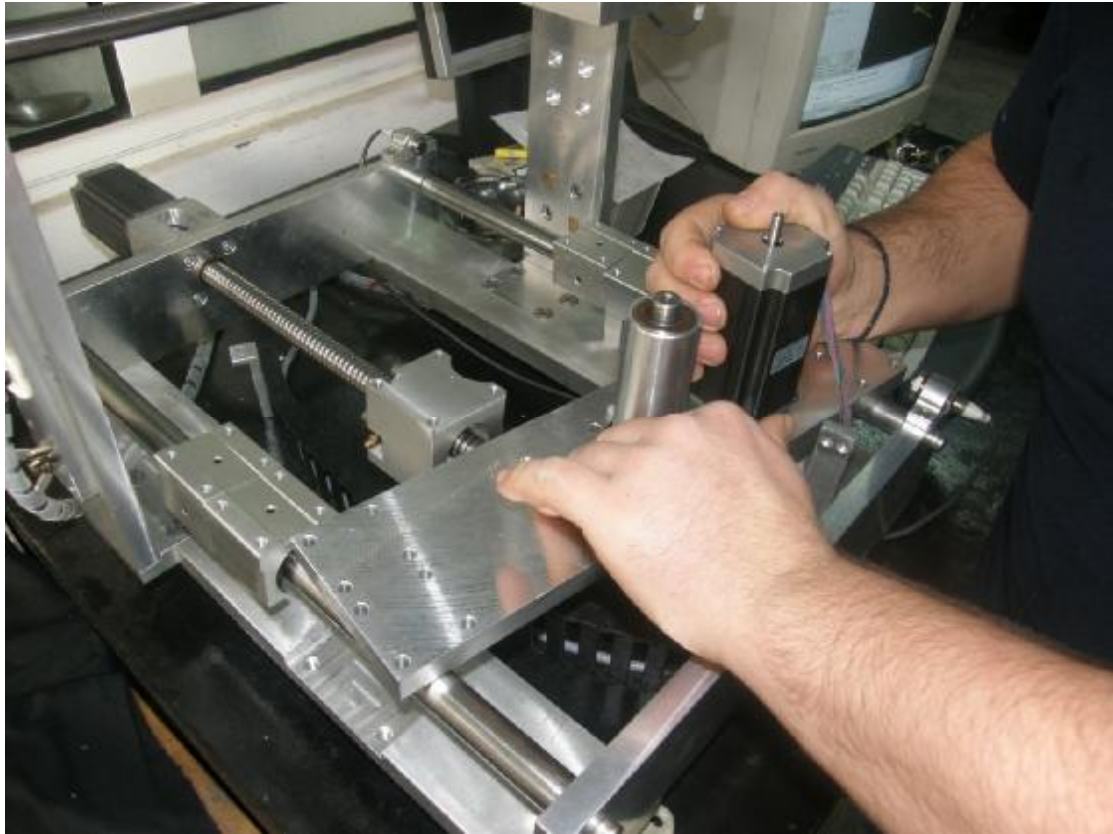






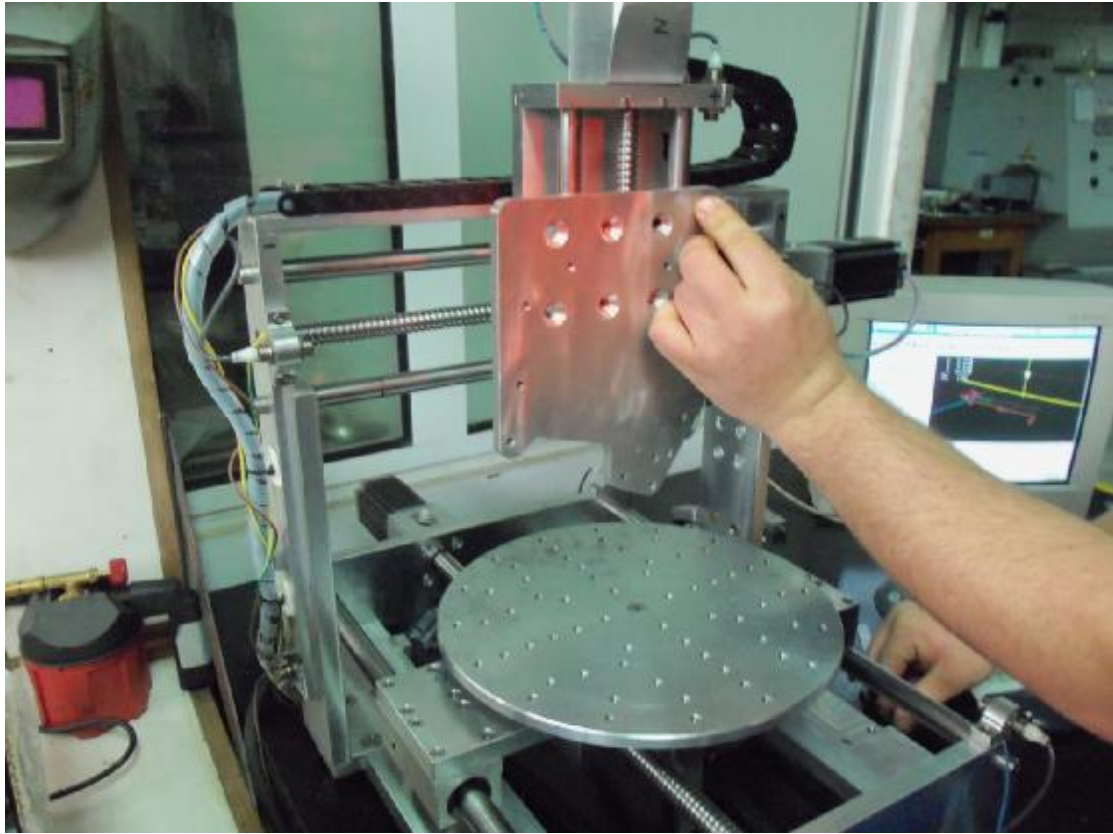


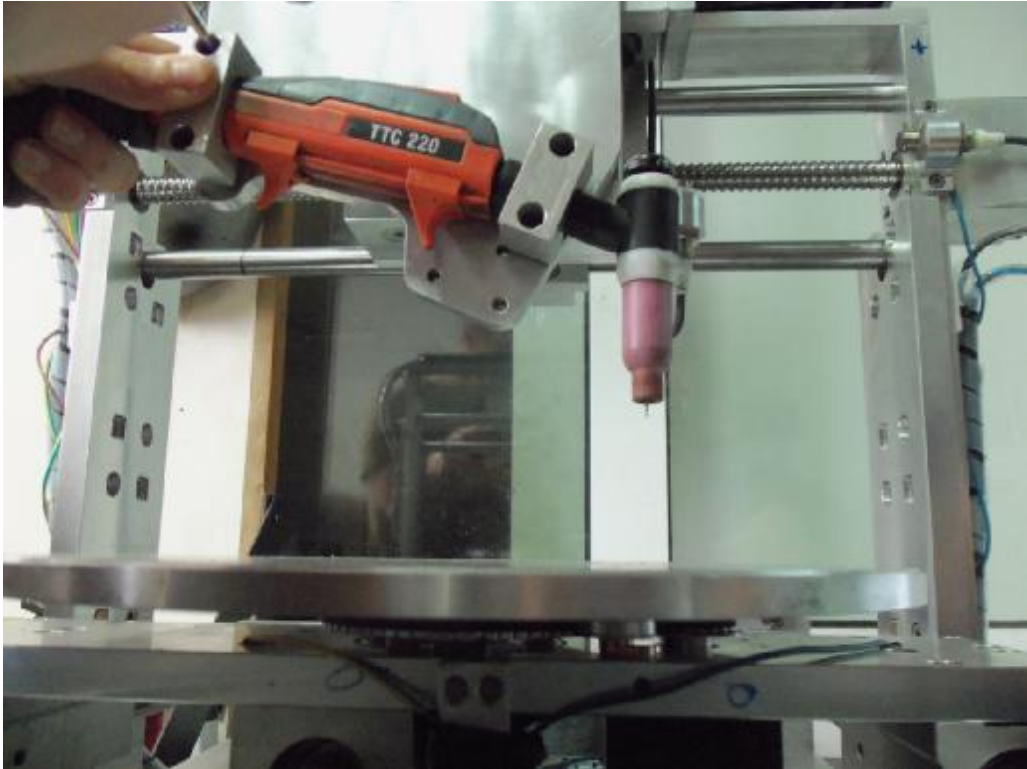












ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1]] <http://el.wikipedia.org/wiki/>

[2] Βασικές Αρχές Συστημάτων CAD/CAM/CAE ,ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΛΕΙΔΑΡΙΘΜΟΣ.

[3] Βασικές Αρχές Αριθμητικού Έλεγχου και Προγραμματισμός Εργαλειομηχανών CNC ,Φιλήμονος Χρ. Σκιπτίδη Τόμος Α΄.

[4] <http://www.m3.tuc.gr/anagnwsthrio/cnc/shmeiwseis/5-weld.pdf>

[5] http://oximatou.drwx.eu/files/tekn_sygk_mathima_6_matzinos.pdf