



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΑΞΟΝΑ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ ΣΕ CNC ΜΟΝΑΔΑ
ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΚΑΙ ΚΟΠΗΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ**

**ADAPTATION OF A ROTATING AXIS TO A CNC UNIT FOR
METAL WELDING AND CUTTING OPERATIONS**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:

ΓΕΩΡΓΙΟΥ ΓΡΥΠΑΡΗ (Α.Μ.:44886)

ΘΕΟΧΑΡΗ ΚΩΛΕΤΣΗ (Α.Μ.:41810)

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:

ΠΑΝΔΩΡΑ Π. ΨΥΛΛΑΚΗ, Ph.D., ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Γ. ΜΟΥΡΛΑΣ, MSc, ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟΣ ΥΠΟΤΡΟΦΟΣ

Αιγάλεω, 2019

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο εργαστήριο Συγκολλήσεων του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (Πα.Δ.Α). Σε όλη την διάρκεια της πτυχιακής μας εργασίας και ενασχόληση μας με αυτή μας έδωσε την ευκαιρία να αποκτήσουμε αρκετά σημαντικές εμπειρίες πάνω στο αντικείμενο των σπουδών μας, οι οποίες θα αποτελέσουν σημαντικά εφόδια στην μετέπειτα επαγγελματική μας πορεία. Για το λόγο αυτό θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους ανθρώπους που έπαιξαν πολύ σημαντικό ρόλο στην υλοποίηση της.

Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την υπεύθυνη καθηγήτρια της πτυχιακής εργασίας, Δρ. Πανδώρα Ψυλλάκη, καθηγήτρια του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών (Σ.Τ.ΕΦ) του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (Πα.Δ.Α), για την δυνατότητα που μας έδωσε να εκπονήσουμε την παρούσα πτυχιακή εργασία.

Ένας ακόμα άνθρωπος που θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε για την πολύτιμη βοήθεια του είναι ο κ. Αθανάσιος Μουρλάς, ακαδημαϊκός υπότροφος του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (Πα.Δ.Α), η βοήθεια του οποίου έπαιξε καθοριστικό ρολό στην προσπάθειά μας και μας υποστήριξε σε όλη την πορεία με κάθε δυνατό τρόπο. Η καθοδήγηση του σε όλα τα κρίσιμα στάδια της κατασκευής ήταν μείζονος σημασίας και χωρίς αυτή θα ήταν δύσκολο να την είχαμε ολοκληρώσει.

Επίσης ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στον θείο μου Ιωάννη Γριζόπουλο για την συμπαράσταση και την πολύτιμη βοήθεια του στην εκτέλεση της πτυχιακής αυτής εργασίας.

Τέλος ευχαριστούμε τις οικογένειες μας για την πολύτιμη στήριξη τους καθ' όλη την διάρκεια των σπουδών μας και ιδιαίτερα τον πατέρα μου Ιωάννη Γρυπάρη ο οποίος με έκανε να αγαπήσω και να ακολουθήσω την επιστήμη της μηχανολογίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή είχε ως αντικείμενο την κατασκευή ενός περιστρεφόμενου άξονα και την προσαρμογή του σε κινούμενη τράπεζα τριών αξόνων, η κατασκευή της οποίας ήταν αντικείμενο προγενέστερης πτυχιακής εργασίας του Τμήματος που ολοκληρώθηκε επιτυχώς. Το σύστημα έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί στην εργασιακή αίθουσα Γ019 και πρόκειται να χρησιμοποιηθεί για διδακτικές ανάγκες και ερευνητικές εργασίες συγκόλλησης και κοπής μετάλλων με τεχνολογία πλάσματος, όπου ο ακριβής έλεγχος της ταχύτητας μετακίνησης του κατεργαζόμενου τεμαχίου είναι μεγάλης σημασίας για το λαμβανόμενο αποτέλεσμα. Περιγράφονται με λεπτομέρεια όλα τα στάδια ανάπτυξης της πρωτότυπης εργαλειομηχανής κοπής πλάσματος με δυνατότητα λειτουργίας σε 4 άξονες και αναλύονται οι φάσεις σχεδιασμού, ανάπτυξης και υλοποίηση ενός πλήρους λειτουργικού πρωτοτύπου. Για τον σχεδιασμό του πρωτοτύπου χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα τρισδιάστατου σχεδιασμού, ενώ στη συνέχεια, περιγράφεται η ανάπτυξη των ηλεκτρονικών μερών και του λογισμικού που αναπτύχθηκε για τον πλήρη έλεγχο της συσκευής. Το τελικό αποτέλεσμα κρίνεται ως πλήρως λειτουργικό και αποτελεί ένα πρωτότυπο χαμηλού κόστους και υψηλών δυνατοτήτων.

ABSTRACT

The topic of the present thesis was the manufacture of a rotating shaft and its adaption to a 3-D moving table; the construction of the latter comprised the topic of a precedent, successfully completed thesis in the same laboratory. The system under study has been indeed constructed and currently it is installed and in operation in Laboratory C019; it is going to be used for educational needs and research tasks relevant to welding and metals cutting by plasma technologies, where the accurate control of the movement speed of the processed part is of great importance for the final result. All the individual developmental stages of the original, capable of 4-axis operation, plasma cutting machine are described in detail and the design, development and materialization stages of a fully functional prototype are analyzed. For the design of the prototype, pertinent 3-D design software was employed, resulting in fully-controllable operation. Subsequently, the development of the electronic parts and the software required for full control of the device is described. The final result is assessed as fully functional, comprising a low-cost, yet with high operational capabilities, prototype device.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	<i>Σελίδα</i>
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ	4
1.1. Τεχνολογία πλάσματος για την κοπή και συγκόλληση μετάλλων	4
1.2. Οικονομικά στοιχεία για μηχανές πλάσματος	5
1.3. Ποιότητα κοπής με μηχανές τόξου πλάσματος	9
1.4. Βελτιώσεις σε μηχανές πλάσματος	12
1.5. Κοπή με τεχνικές laser	16
2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ	19
2.1. Σύλληψη ιδέας	19
2.2. Σχεδιασμός	19
2.3. Μεθοδολογία κατασκευής μηχανικού μέρους κατασκευής	19
2.4. Παρουσίαση μηχανήματος	20
3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΗΧΑΝΗ	33
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ	34
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	35

1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

1.1. Τεχνολογία πλάσματος για την κοπή και συγκόλληση μετάλλων

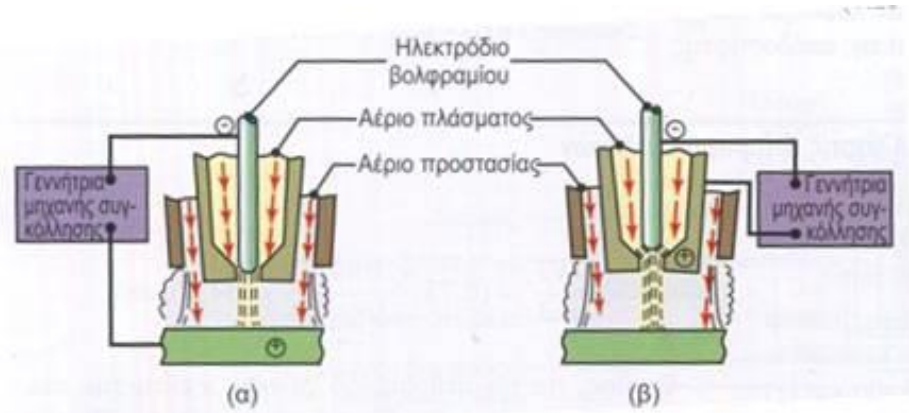
Η χρήση δεσμών πλάσματος, ως μια ιδιαίτερη πηγή θερμότητα, είναι γνωστή τεχνική περίπου μισό αιώνα και βρίσκει, πλέον, ευρεία εφαρμογή σε κατεργασίες κοπής (plasma cutting) [1] και συγκόλλησης (plasma welding) μετάλλων [2]. Με τον όρο πλάσμα περιγράφεται ένα ιονισμένο θερμό αέριο, όπου συνυπάρχει πρακτικά ίσος αριθμός ηλεκτρονίων και κατιόντων και το οποίο δημιουργείται μεταξύ ενός μη αναλίσκόμενου ηλεκτροδίου βολφραμίου και ενός ακροφυσίου, μεταξύ των οποίων δημιουργείται βολταϊκό τόξο μικρής έντασης ρεύματος (<100 A).

Συγκρινόμενη με τις συμβατικές τεχνικές κοπής με τη χρήση κοπτικών εργαλείων, η τεχνική υπερτερεί διότι δεν απαιτείται η χρήση αναλίσκόμενου εργαλείου, μπορεί να εφαρμοσθεί για κοπές μετάλλων που είναι δύσκολα κατεργάσιμα με τις συμβατικές τεχνικές. Ωστόσο η επένδυση κεφαλαίου για την προμήθεια τέτοιων μηχανών είναι σχετικά υψηλότερη, ενώ τα θερμοκρασιακά πεδία (της τάξης των ~30.000 °C) που αναπτύσσονται τοπικά ενδέχεται να οδηγήσουν σε μη αποδεκτή ποιότητα κοπής, όταν η κίνηση του τόξου πλάσματος επί του κατεργαζόμενου τεμαχίου δεν είναι πλήρως ελεγχόμενη.

Στις περιπτώσεις συγκόλλησης με χρήση τόξου πλάσματος [2] διακρίνουμε δύο ομάδες τεχνικών (Σχήμα 1.1):

- Τεχνικές μεταφερόμενου τόξου (transferred arc techniques), στις οποίες το κατεργαζόμενο τεμάχιο μετέχει του ηλεκτρικού κυκλώματος και το τόξο μεταφέρεται άμεσα προς αυτό από το ηλεκτρόδιο (Σχήμα 1.1α).
- Τεχνικές μη μεταφερόμενου τόξου (non-transferred arc techniques), στις οποίες το τόξο δημιουργείται μεταξύ του ηλεκτροδίου και του ακροφυσίου και η μεταφορά της θερμότητας προς το κατεργαζόμενο τεμάχιο γίνεται με τη χρήση αερίου (Σχήμα 1.1β).

Οι τεχνικές αυτές, συγκρινόμενες με άλλες τεχνικές συγκόλλησης τήξης, επιτρέπουν συγκολλήσεις μεγαλύτερου βάθους (υψηλότερη διείσδυση της θερμότητας) και μικρότερου πλάτους (περιορισμός του μεγέθους της ζώνης τήξης και της θερμικά επηρεασμένης ζώνης), με ταχύτητες της τάξης των 120-1000 mm/min. Εφαρμόζονται για τη συγκόλληση διαφόρων μετάλλων, αρκεί το πάχος των συγκολλούμενων να μην υπερβαίνει τα 6 mm. Στην περίπτωση κραμάτων αλουμινίου και τιτανίου, η υψηλή συγκέντρωση της θερμότητας επιτρέπει το πάχος αυτό να ανέλθει στα 20 mm.



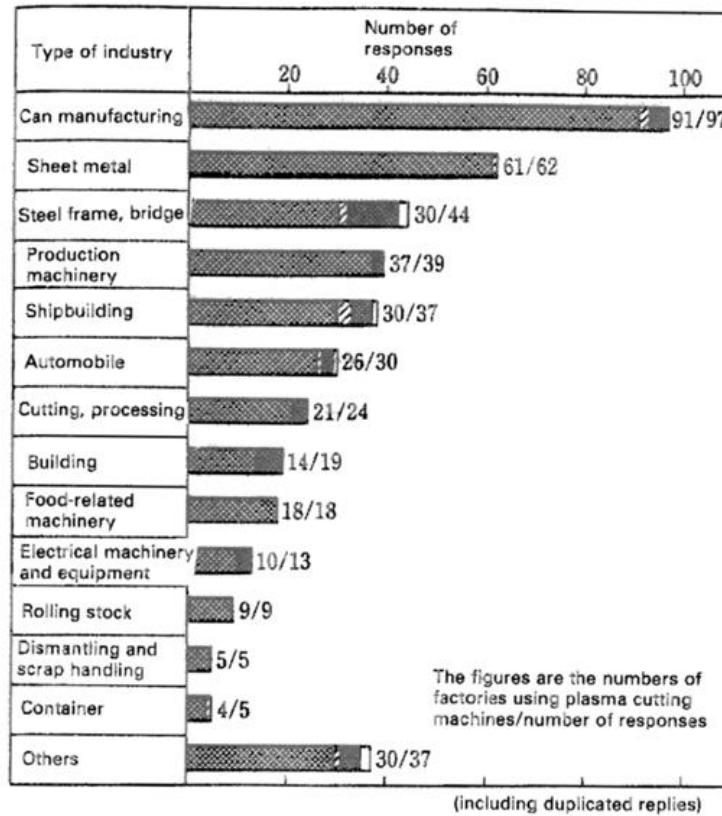
Σχήμα 1.1. Τεχνικές συγκόλλησης με χρήση τόξου πλάσματος:
(α) μεταφερόμενο τόξο και (β) μη μεταφερόμενο τόξο [2].

1.2. Οικονομικά στοιχεία για μηχανές πλάσματος

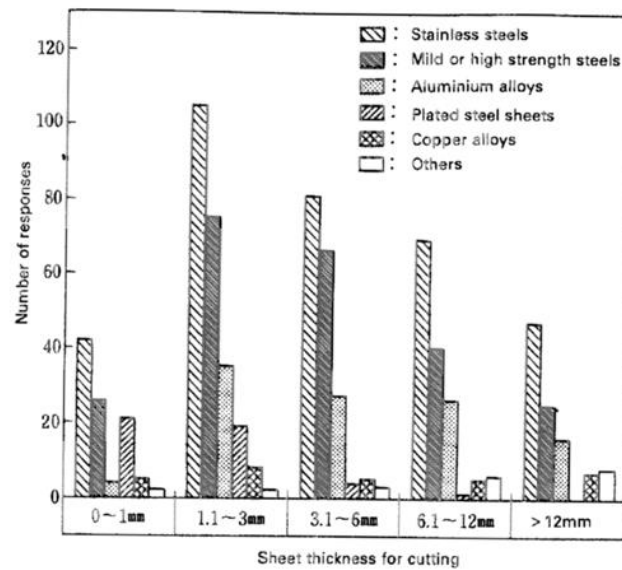
Το 1986, οι Nishiguchi και Matsuyama [3], ως μέλη της τεχνικής Επιτροπής πλάσματος, του Ιαπωνικού Επιμελητηρίου Συγκολλήσεων (Japan Welding Association), διενήργησαν έρευνα αγοράς σχετικά με τις μηχανές κοπής πλάσματος του ήταν εγκατεστημένες και λειτουργούσαν σε βιομηχανίες κατεργασίας μεταλλικών προϊόντων της χώρας. Καταγράφηκε ότι από τις 258 σχετικές επιχειρήσεις που ανταποκρίθηκαν στην έρευνα, οι 218 (ποσοστό 85%) είχαν ήδη σε λειτουργία τέτοιες μηχανές κοπής, ενώ από τις υπόλοιπες οι 26 είχαν σχεδιάσει την προμήθεια και εισαγωγή σχετικού εξοπλισμού στην διαδικασία παραγωγής.

Στο Σχήμα 1.2, παρουσιάζονται τα ποσοστά χρήσης εξοπλισμού ανά ειδική εφαρμογή. Όπως φαίνεται, η πλειοψηφία χρήσης τέτοιου εξοπλισμού αφορούσε την κατασκευή κυαθίων τροφίμων (κονσέρβες) και κατεργασίας ελασμάτων. Από τις 30 αυτοκινητοβιομηχανίες που ανταποκρίθηκαν στην έρευνα, οι 26 είχαν ήδη εισάγει μηχανές κοπής με χρήση τόξου πλάσματος.

Σο Σχήμα 1.3 απεικονίζονται τα ποσοστά των κατεργαζόμενων υλικών ανά κλάσεις πάχους ελάματος. Το κύριο υλικό που υποβαλλόταν σε κοπή με χρήση τόξου πλάσματος ήταν ο ανοξείωτος χάλυβας υπο τη μορφή ελάματος πάχους από < 1 έως >12 mm και ακολουθούσαν κατά φθίνουσα σειρά ο κοινός ανθρακούχος χάλυβας, κράματα αλουμινίου, επιμεταλλωμένα ελάσματα χάλυβα και κράματα χαλκού.



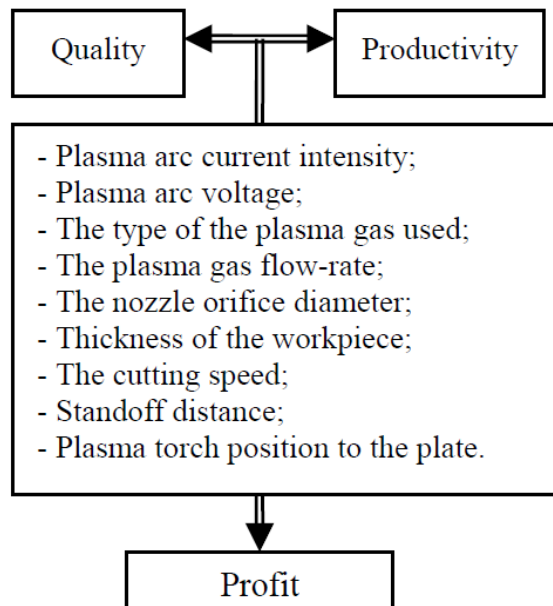
Σχήμα 1.2. Κλάδοι της Ιαπωνικής βιομηχανίας και σχετικά ποσοστά, που εισήγαγαν πριν από το 1986 την τεχνολογία κοπής με τη χρήση πλάσματος στην διαδικασία παραγωγής [3].



Σχήμα 1.3. Ποσοστά κατεργαζόμενων υλικών ανά κλάσεις πάχους ελάσματος [3].

Σύμφωνα με την ίδια έρευνα, πριν την εισαγωγή της τεχνολογίας πλάσματος, οι βιομηχανίες αυτές χρησιμοποιούσαν, κυρίως, συμβατικές τεχνικές κοπής με πριονοκορδέλλα, άλλα κοπτικά εργαλεία ή φλογοβαφή, και σε πολύ μικρό ποσοστό (1%) δέσμες laser, οι οποίες αποτελούν και στις μέρες μας τις τεχνικές αναφοράς ως προς τις οποίες συγκρίνουμε τις τεχνικές με χρήση τόξου πλάσματος.

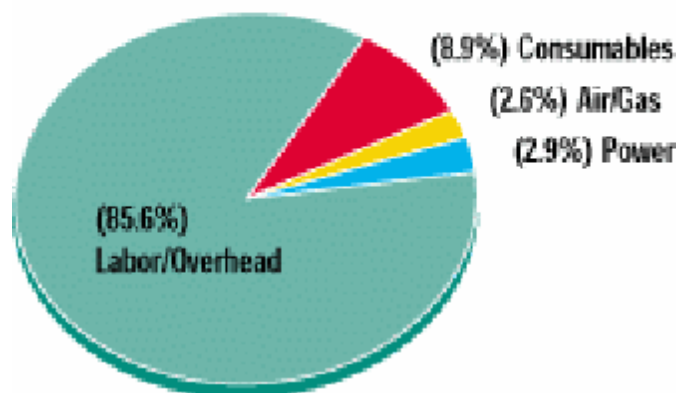
Σχεδόν μια δεκαετία αργότερα, το 2009, οι Ilii και Coteață [4] μελέτησαν τα οικονομικά της κοπής με χρήση τόξου πλάσματος, λαμβάνοντας υπόψη το κόστος της αρχικής επένδυσης και τα λειτουργικά έξοδα μιας τέτοιας εγκατάστασης, τα οποία τα συνέκριναν τόσο με το μέγεθος, όσο και με την ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων. Για το σκοπό αυτό, θεώρησαν τις κύριες παραμέτρους της κατεργασίας που επηρεάζουν την παραγωγή (Σχήμα 1.4), τις οποίες στη συνέχεια κοστολόγησαν. Οι παράμετροι κατεργασίας που θεωρήθηκε ότι μετέχουν εμέσως στο κόστος της κατεργασίας, μέσω του όγκου και της ποιότητας του παραγόμενου προϊόντος είναι: η τάση και η ένταση του τόξου πλάσματος, το είδος και ο ρυθμός τροφοδοσίας του αερίου για το σχηματισμό του πλάσματος, η διάμετρος του ακροφυσίου εξαγωγής του αερίου, το πάχος του κατεργαζόμενου τεμαχίου, η ταχύτητα κοπής, η απόσταση από το τεμάχιο και η θέση του δαυλού πλάσματος ως προς αυτό.



Σχήμα 1.4. Σχηματική απεικόνιση των παραμέτρων λειτουργίας μιας μηχανής κοπής με χρήση τόξου πλάσματος, οι οποίες επηρεάζουν το κόστος της κατεργασίας [4].

Επιπλέον του έμμεσου αυτού κόστους που επηρεάζει και το ύψος των πωλήσεων των σχετικών προϊόντων, η κατεργασία έχει και άμεσα λειτουργικά κόστη που αφορούν την κατανάλωση κύριων και βοηθητικών αερίων, ηλεκτρικής ενέργειας, αναλώσιμων υλικών, καθώς και την εκπαίδευση και, εν συνεχεία, απασχόληση προσωπικού). Ως παράδειγμα, στο Σχήμα 1.5 απεικονίζεται το ποσοστό συμμετοχής των επιμέρους στο συνολικό, άμεσο λειτουργικό κόστος για την κοπή ελάσματος χάλυβα με πάχος 12 mm.

Typical cutting costs for 1/2-inch (12 mm) steel

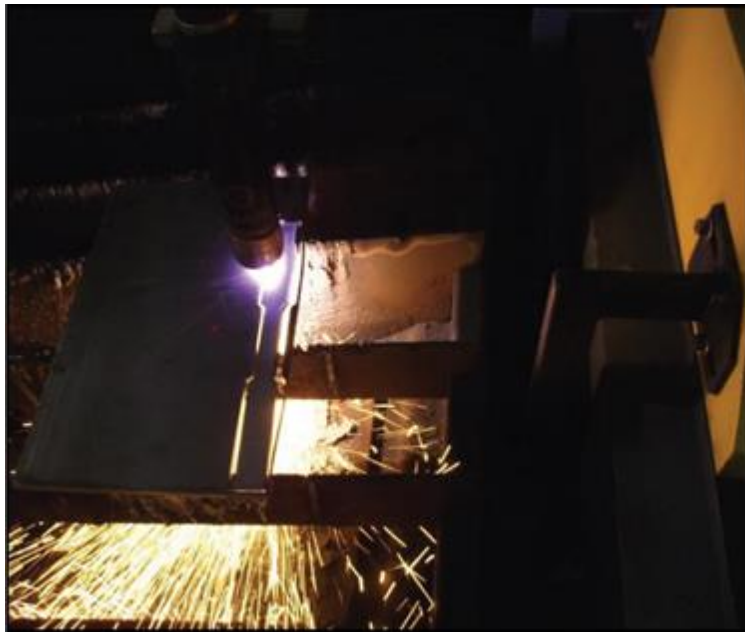


Σχήμα 1.5. Καταμερισμός του συνολικού λειτουργικού κόστους για την κοπή με χρήση τόξου πλάσματος ελάσματος χάλυβα με πάχος 12 mm [4].

Βασιζόμενοι στην προσέγγιση αυτή, οι Ilii και Coteață [4] κατέστρωσαν το μαθηματικό μοντέλο για τον υπολογισμό του συνολικού κόστους της κατεργασίας και συμπέραναν ότι η κατεργασία κοπής με τη χρήση τόξου πλάσματος συνδυάζει πολλά μοναδικά πλεονεκτήματα, τα οποία θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν με οικονομικούς όρους από τους υπέραχους της κατεργασίας. Η τεχνική παρέχει ένα βέλτιστο συνδυασμό ποιότητας κοπής, παραγωγικότητας και λειτουργικών εξόδων για την κατεργασία ελασμάτων κοινών και ανοξειδωτων χαλύβων και κραμάτων αλουμινίου, διαφόρων παχών, ενώ η απαιτούμενη επένδυση αρχικού κεφαλαίου μπορεί να αποσβεστεί γρήγορα. Επιπλέον, εάν ληφθούν υπόψη η μεγαλύτερη διάρκεια ζωής των αναλυσκόμενων υλών, η καλή παραγωγικότητα και η εξαιρετική ποιότητα κοπής, σε σχέση με τις συμβατικές κατεργασίες, το κόστος ανά κατεργαζόμενο τεμάχιο είναι χαμηλότερο.

1.3. Ποιότητα κοπής με μηχανές τόξου πλάσματος

Όπως προαναφέρθηκε, η κοπή με τόξο πλάσματος αποτελεί μια θερμική μηχανουργική κατεργασία (Σχήμα 1.6, [5]) κι έτσι η ποιότητά της, με όρους ακρίβειας κοπής και τοπογραφίας των λαμβανόμενων επιφανειών επηρεάζεται ισχυρά από τα ποσά θερμότητας που μεταδίδονται και τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στο μέταλλο, κατά την κατεργασία. Υπάρχει μεγάλος όγκος σχετικών αναφορών στη διεθνή βιβλιογραφία, κι εδώ παρουσιάζονται ενδεικτικά δύο πρόσφατες επιστημονικές εργασίες για το θέμα.

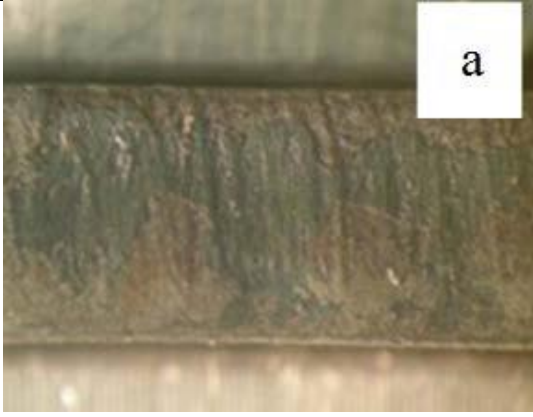

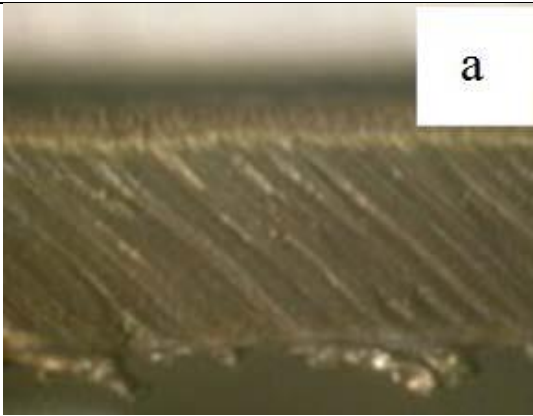
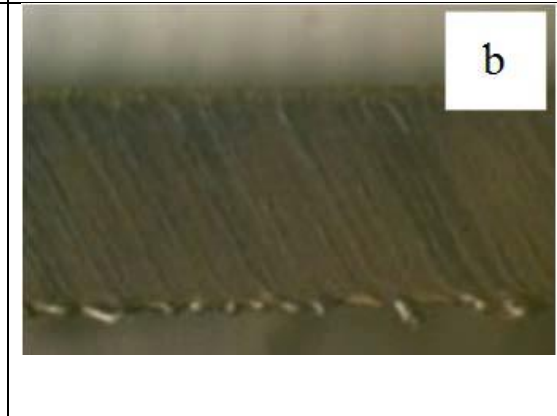
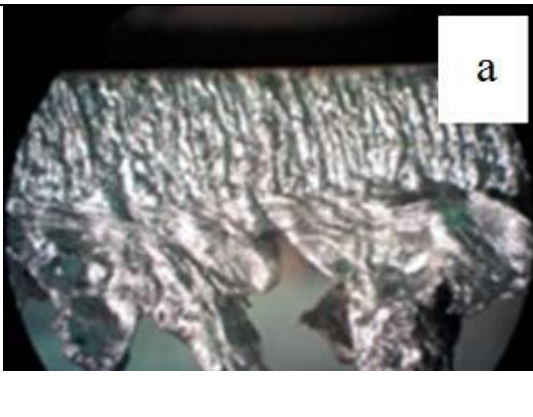



Σχήμα 1.6. Κοπή μετάλλου με τόξο πλάσματος σε μηχανή CNC [5].

Ο Y.H. Çelik [5] μελέτησε την επίδραση των παραμέτρων της κατεργασίας κοπής με μηχανή CNC ελασμάτων χάλυβα S235JR με πάχη 4, 6 και 8 mm, τα οποία προοριζόταν για την κατασκευή δοχείων υπό πίεση. Η επικινδυνότητα τέτοιων δοχείων που φέρουν αέρια υπό πίεση καθιστά επιτακτική την ανάγκη ακρίβειας αυστηρού ελέγχου των ιδιοτήτων του υλικού κατασκευής τους, εντός στενών ορίων αποδοχής. Οι παράμετροι κατεργασίας που μεταβαλόταν ήταν η ταχύτητα κοπής, η ένταση κι η τάση του τόξου πλάσματος, και οι ιδιότητες που μετρήθηκαν, προκειμένου να χαρακτηρισθεί η ποιότητα της κοπής ήταν το πλάτος της θερμικά επηρεασμένης ζώνης, η τραχύτητα των λαμβανομένων επιφανειών και η σκληρότητά τους. Τα αποτελέσματα αυτά συσχετίστηκαν με τις τιμές των παραμέτρων της κατεργασίας και το πάχος των ελασμάτων με τη μέθοδο Taguchi και τα κύρια ευρήματα της έρευνας συνοψίζονται στη συνέχεια:

- Για τα ελάσματα μικρού πάχους, η ένταση και η τάση του τόξου πλάσματος θα πρέπει να είναι χαμηλές και η ταχύτητα κοπής υψηλή, προκειμένου οι λαμβανόμενες επιφάνειες κοπής να έχουν κατά το δυνατόν χαμηλότερη τραχύτητα, να περιορισθεί η ανεπιθύμητη αύξηση της σκληρότητας και να ελαχιστοποιηθεί το πλάτος της θερμικά επηρεασμένης ζώνης.
- Με την αύξηση του πάχους του ελάσματος η ένταση ρεύματος θα πρέπει να αυξάνεται, με ταυτόχρονη μείωση της τάσης. Ωστόσο, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη ότι υπερβολική αύξηση του πάχους του υλικού οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας κοπής. Για το λόγο αυτό, η χρήση μηχανών CNC που επιτρέπουν ακριβή έλεγχο των παραμέτρων της κατεργασίας, είναι επιβεβλημένη, ειδικά όταν το παραγόμενο προϊόν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε κρίσιμες εφαρμογές.
- Υπό συνθήκες χαμηλής ταχύτητας κοπής, οι επιφάνειες κοπής εμφανίζουν χαμηλότερες τιμές τραχύτητας, αλλά ταυτοχρόνως εκτίθενται σε υψηλές θερμοκρασίες για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα, επηρεάζοντας το πλάτος της θερμικά επηρεασμένης ζώνης και τη μικροδομή του υλικού.

Οι Rakhimyanov, Loktionov και Gaar [6] μελέτησαν τη δυνατότητα κοπής ακριβείας με τόξο πλάσμα μιας σειράς κοινών χαλύβων και κραμάτων αλουμινίου με πάχη 1-30 mm, καθώς και διμεταλλικών προϊόντων χάλυβα/χάλυβα, χάλυβα/αλουμινίου και χάλυβα/χαλκού, τα οποία παρήχθησαν με εκρηκτική συμπίεση. Στη συνέχεια, η μακροσκοπική μορφολογία των επιφανειών κοπής συνδέθηκε με την ταχύτητα κοπής χρησιμοποιήθηκε ως κριτήριο για τον χαρακτηρισμό της ποιότητας κοπής. Τέτοιες σχετικές μορφολογίες παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.7.

ΚΟΙΝΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ, πάχους 3 mm		
ΑΝΟΞΕΙΩΤΟΣ ΧΑΛΥΒΑΣ, πάχους 2 mm		
ΚΡΑΜΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ, πάχους 3 mm		

Σχήμα 1.7. Μακρογραφίες επιφανειών κοπή ακριβείας με τόξο πλάσματος [6].

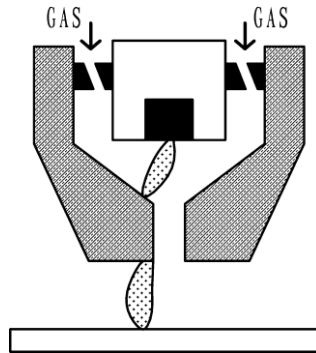
Για το έλασμα κοινού χάλυβα, ταχύτητες κοπής: (α) 2,0 και (β) 2,4 m/min

Για το έλασμα ανοξείδωτου χάλυβα, ένταση ρεύματος: (α) 28 και (β) 30 A, με ταχύτητα 1,1 m/min

Για το έλασμα κράματος αλουμινίου, ταχύτητες κοπής: (α) 1,0 και (β) 1,4 m/min

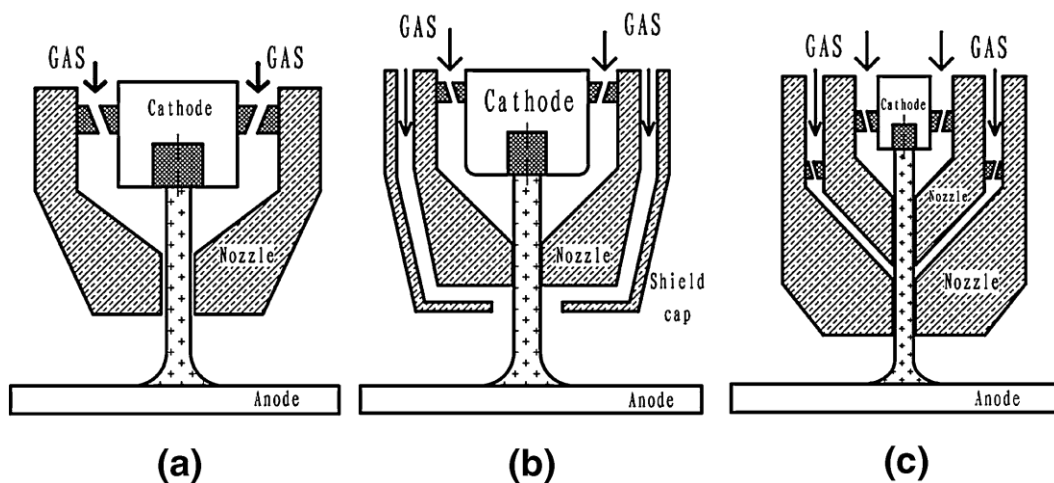
1.4. Βελτιώσεις σε μηχανές πλάσματος

Ακριβώς λόγω της ισχυρής επίδρασης των παραμέτρων λειτουργίας που καθορίζουν τα ποσά θερμότητας που μεταδίδονται κατά την κοπή στο υλικό και επηρεάζουν την ποιότητα της κοπής, γίνεται συστηματικά προσπάθειες για τη βελτίωση και τον καλύτερο έλεγχο των μηχανών κοπής με χρήση πλάσματος. Ενδεικτικά, εδώ περιγράφονται τρεις τέτοιες προσπάθειες της τελευταίας δεκαετίας.



Σχήμα 1.8. Φαινόμενο δημιουργίας διπλού τόξου σε ακροφύσιο κοπής πλάσματος [7].

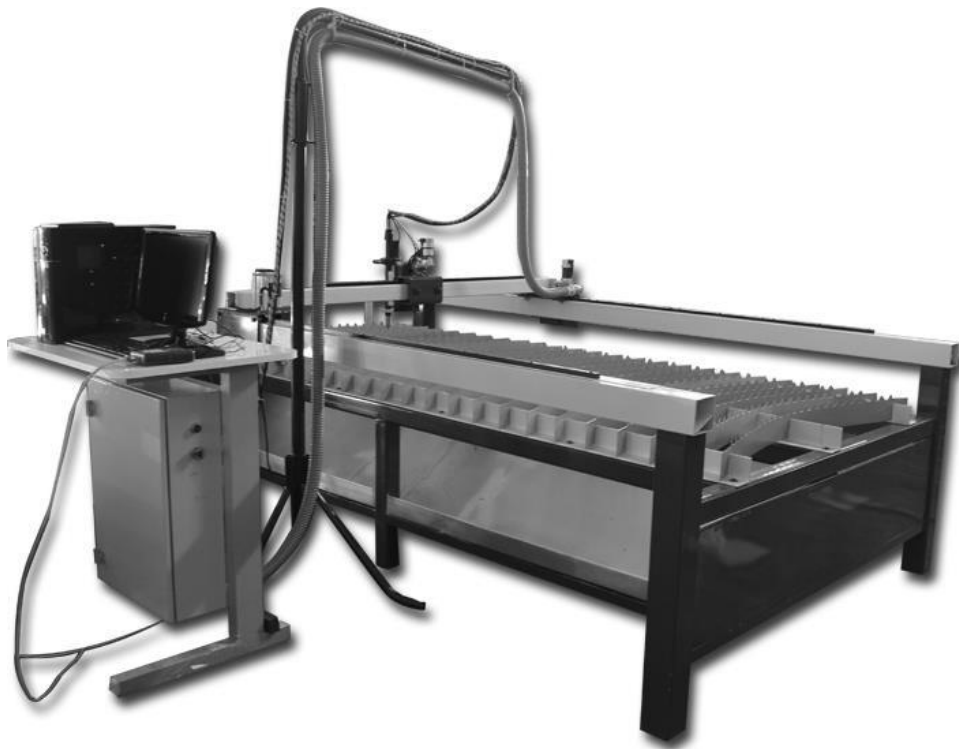
Οι Guo et al. [7] μελέτησαν το φαινόμενο της δημιουργίας διπλού τόξου (Σχήμα 1.8), το οποίο περιορίζει την δυναμικότητα κοπής ενός ακροφυσίου κοπής πλάσματος και ως αντιστάθμισμα πρότειναν τη χρήση μιας διάταξης διπλών ακροφυσίων (Σχήμα 1.9), ένα εκ των οποίων εισάγει κρουστικά κύματα στο υλικό τα οποία ενισχύουν την ικανότητα κοπής.



Σχήμα 1.9. (α) Απλό ακροφύσιο, (β) και (γ) δομές διπλών ακροφυσίων κοπής πλάσματος [7].

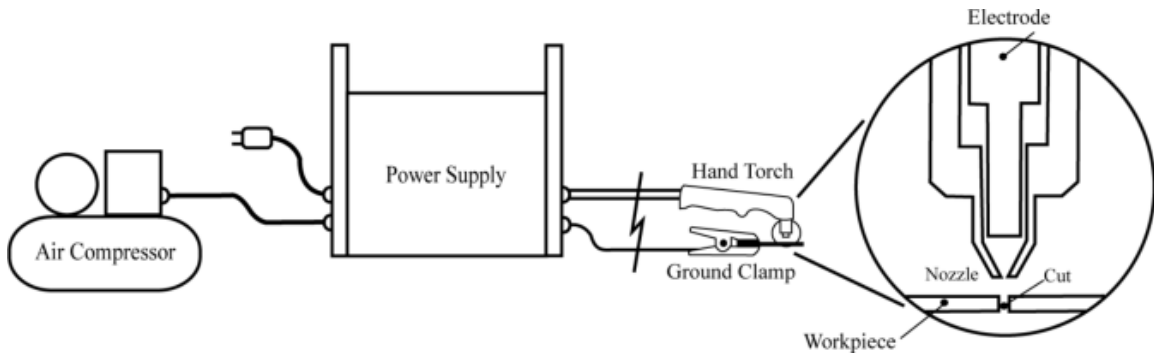
Η διάταξη διπλού ακροφυσίου (Σχήμα 1.9γ) που προτάθηκε από τους συγγραφείς μοντελοποιήθηκε, ώστε να υπολογισθούν οι ισοϋψείς καμπύλες θερμοκρασίας, πίεσης, ταχύτητας του χρησιμοποιούμενου αερίου και πυκνότητας ενέργειας εντός του ακροφυσίου, για διάφορες γεωμετρίες του. Με τον τρόπο αυτό, αποδείχθηκε ότι το πρόβλημα του διπλού τόξου εντός του ακροφυσίου μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση ακροφυσίων διπλής εξόδου.

Οι Liza et al. [8] μελέτησαν την κατασκευή ενός ελεγκτή χαμηλού κόστους για την ψηφιακή καθοδήγηση σε τρεις άξονες μιας μηχανής κοπής πλάσματος (Σχήμα 1.10). Η εργασία αυτή αποτέλεσε και την αρχική έμπνευση για την υλοποίηση της παρούσας πτυχιακής.

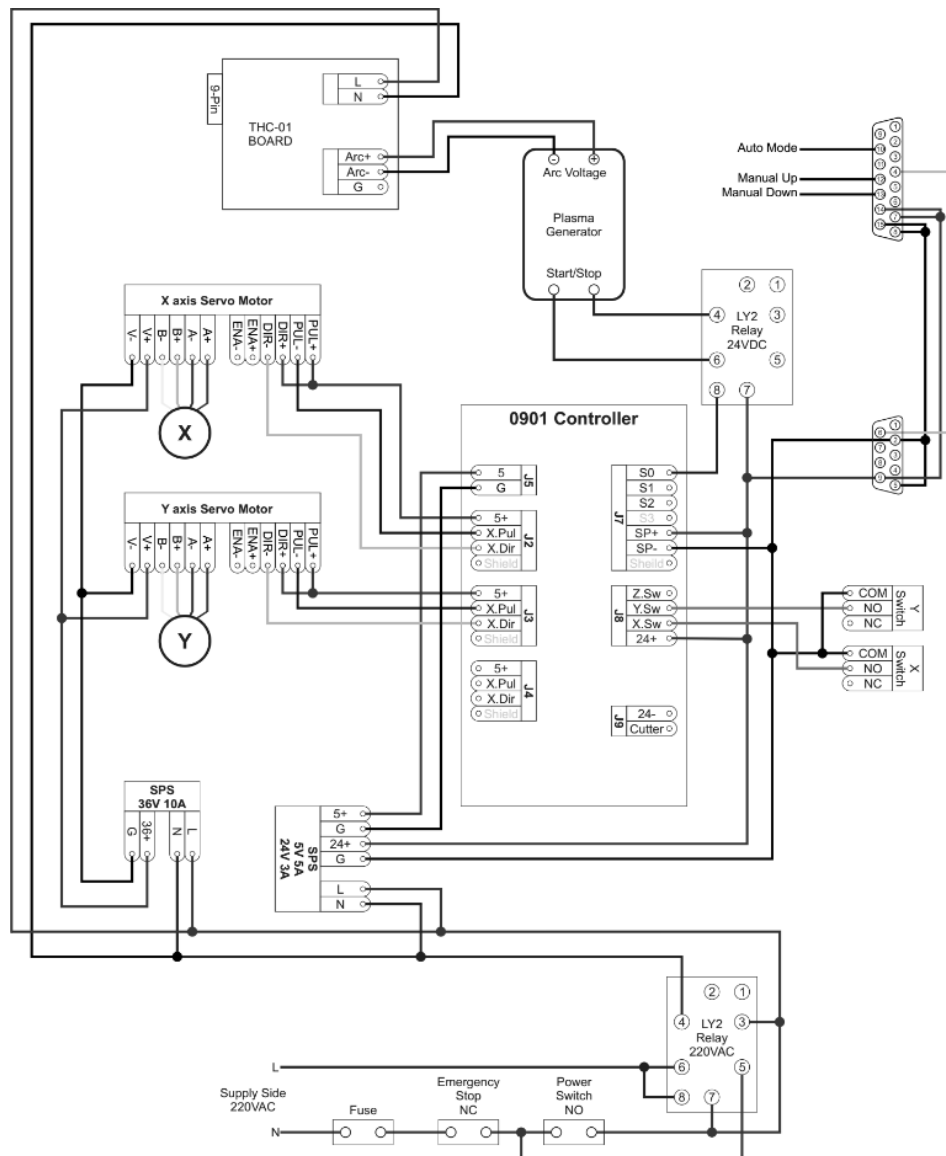


Σχήμα 1.10. Μηχανή CNC κοπής πλάσματος [8].

Το Σχήμα 1.11 συνοψίζει σχηματικά τα κύρια σημεία της κατεργασίας, τα οποία έλαβαν υπόψη οι συγγραφείς προκειμένου να κατασκευάσουν τον ελεγκτή για την ψηφιακή καθοδήγηση, το κύκλωμα του οποίου απεικονίζεται στο Σχήμα 1.12. Έτσι, κατασκευάστηκε μια ολοκληρωμένη μηχανή κοπής, η οποία επιτρέπει τον έλεγχο της κίνησης σε τρεις άξονες, κατά τη διάρκεια της κατεργασίας.

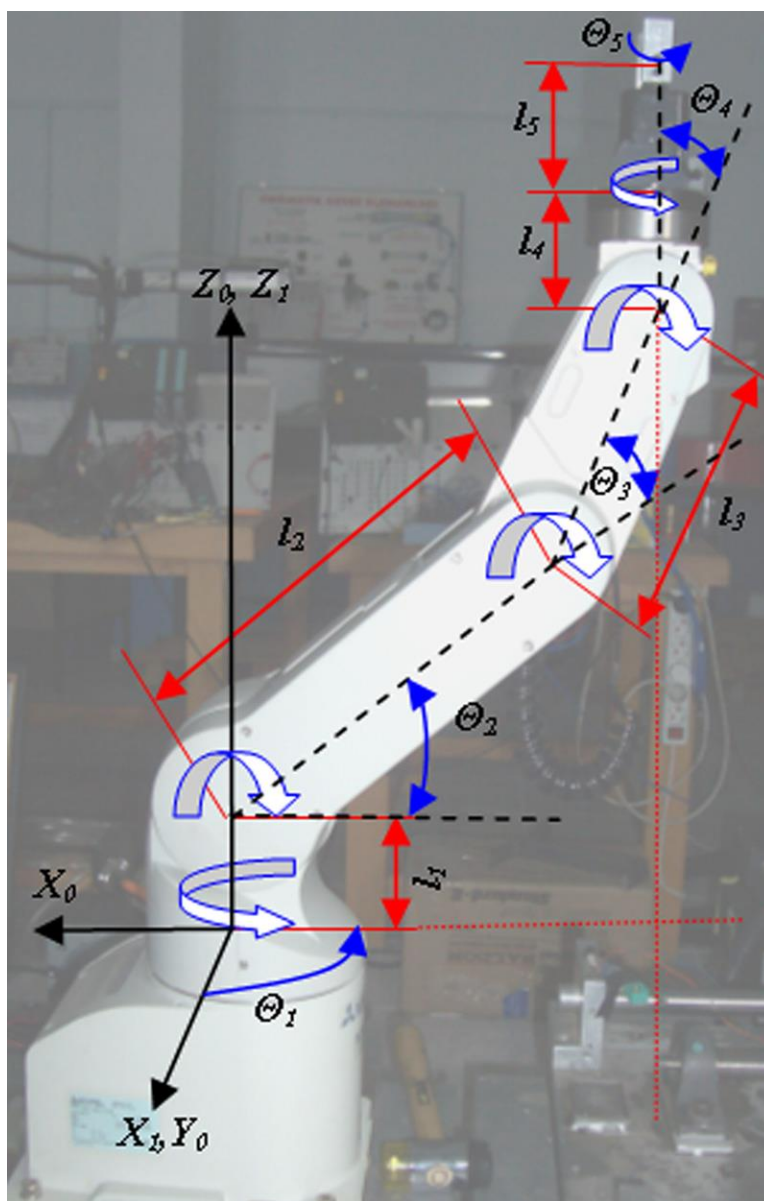


Σχήμα 1.11. Κύρια κατασκευαστικά σημεία της κατεργασίας κοπής με τόξο πλάσματος[8].



Σχήμα 1.12. Ελεγκτής μηχανής CNC για την κοπή με τόξο πλάσματος[8].

Πολύ πρόσφατα, ο Soyak [9] προσπαθώντας να αναπαράξει τις κινήσεις ενός βιομηχανικού ρομποτικού βραχίονα κατεργασιών με 5 βαθμούς ελευθερίας (Σχήμα 1.13), το 2016 συνέταξε κώδικα σε MATLAB/Simulink, ο οποίος επιτρέπει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο και τη διόρθωση της κίνησης μιας μηχανής κοπής με τόξο πλάσματος, αποδεικνύοντας ότι αυτό μπορεί να γίνει ανέξοδα σε περιβάλλον εργαστηρίου.

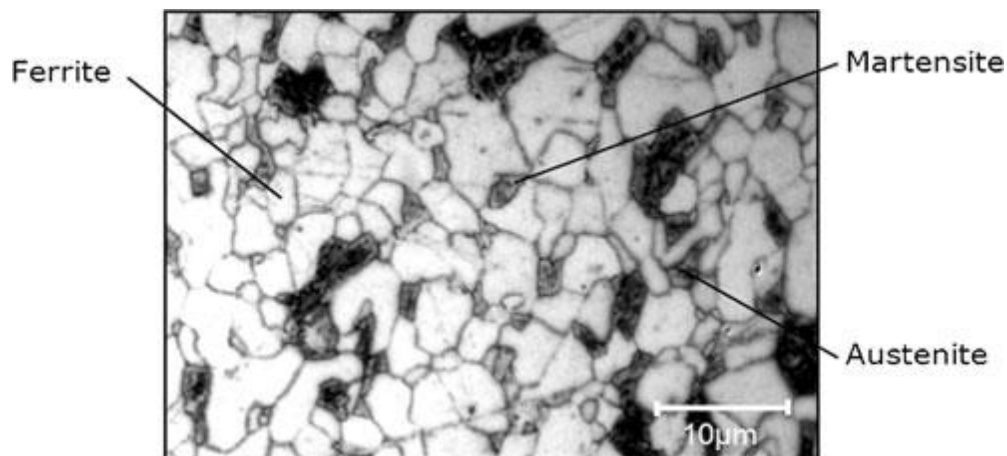


Σχήμα 1.19. Ρομποτικός βραχίονας της βιομηχανίας Mitsubishi[9].

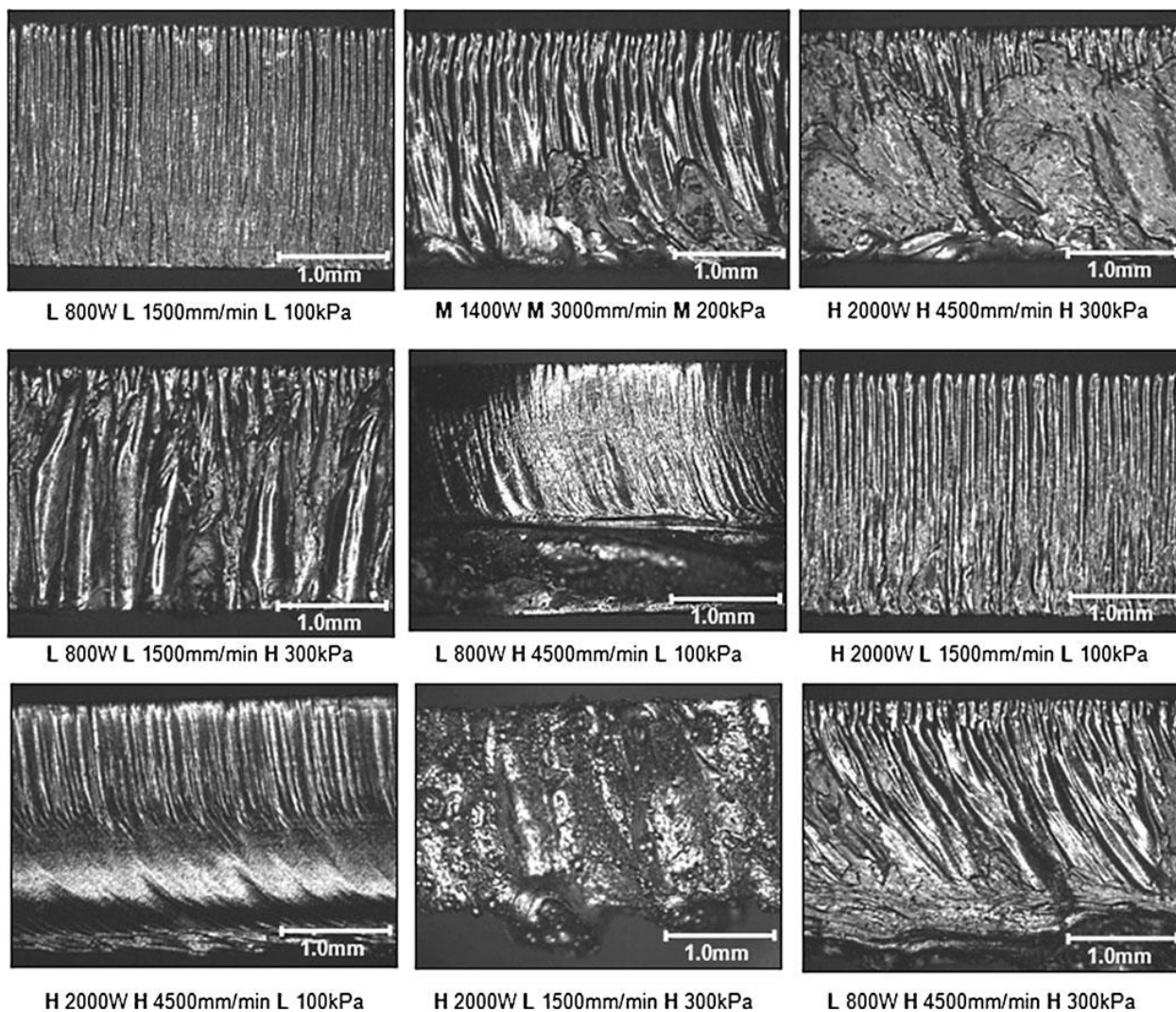
1.5. Κοπή με τεχνικές laser

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, κύριος «αντίζηλος» της κοπής με τόξο πλάσματος είναι η κοπή με δέσμες laser, που παρά τις όποιες διαφορές τους το κοινό τους σημείο παραμένει η εστιασμένη παροχή ενέργειας, κύρια με τη μορφή θερμότητας, από μια κινούμενη πηγή. Ακριβώς αυτή η κοινή αρχή των δυο τεχνικών καθιστά τον έλεγχο της κίνησης (ταχύτητα και επιτάχυνση), σε διαφορετικούς άξονες κεφαλαιώδους σημασίας για το προϊόν της κοπής. Ενδεικτικά αναφέρουμε τις ακόλουθες δύο εργασίες του D.J. Thomas, στο αντικείμενο αυτό: της επίδρασης της ταχύτητας κοπής με δέσμη laser στην ποιότητα των λαμβανομένων προϊόντων.

Το 2013, ο Thomas [10] μελέτησε την επίδραση των παραμέτρων κοπής στη διαμορφωσιμότητα χαλύβων σύνθετης μικροδομής. Ως υλικό-μοντέλο χρησιμοποίησε ένα χάλυβα, στον οποίο συνυπήρχαν τρεις φάσεις: φερρίτης, ωστενίτης και μαρτενσίτης (Σχήμα 1.20) και μελέτησε τη μορφολογία των επιφανειών κοπής για διάφορες συνθήκες κοπής με συνεχή δέσμη laser CO₂ (Σχήμα 1.21). Στη συνέχεια, ανέλυσε την επίδραση των παραμέτρων της δέσμης, στην τοπογραφία, την επιφανειακή τραχύτητα και τη σκληρότητα των επιφανειών κοπής, ενώ ταυτόχρονα με΄ετησε την επίδρασή τους στο πλάτος της θερμικά επηρεασμένης ζώνης και στη λαμβανόμενη μικροδομή του υλικού.



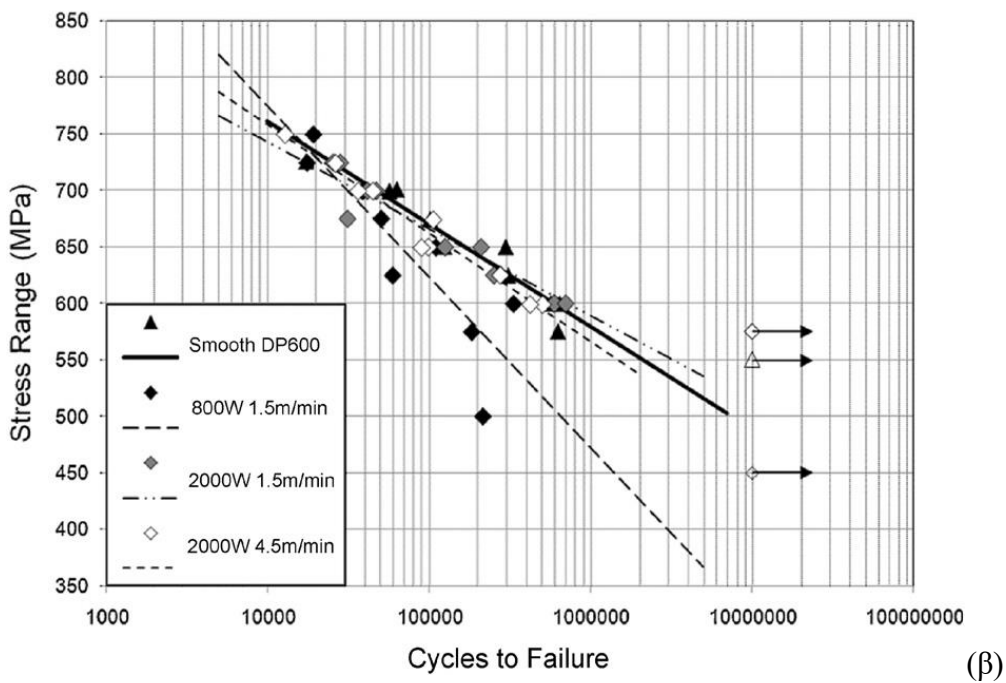
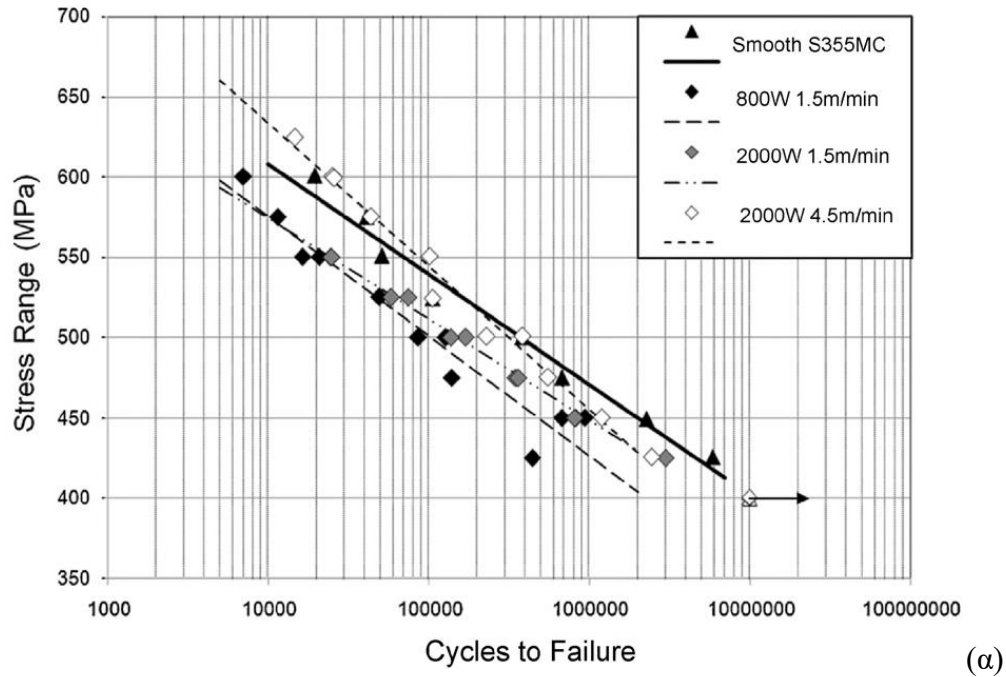
Σχήμα 1.20. Μικροδομή του χάλυβα-μοντέλου [10].



Σχήμα 1.21. Μορφολογία των επιφανειών κοπής για διάφορες τιμές των παραμέτρων κατεργασίας με δέσμη laser[10].

Συνεχίζοντας τις ερευνητικές προσπάθειες στο αντικείμενο, το 2016 ο Thomas [11] μελέτησε την επίδραση που έχει η ποιότητα των επιφανειών κοπής με laser στη δομική ακεραιότητα χαλύβδινων δοκών που λειτουργούν υπό καθεστώς κόπωσης. Χρησιμοποίησε δυο χάλυβες υψηλής αντοχής (S355MC και DP600), οι οποίοι ωστόσο εμφανίζουν αυξημένη ευαισθησία σε ρωγμάτωση λόγω κόπωσης, η οποία εκκινεί από περιοχές της επιφάνειας κοπής. Βρέθηκε ότι με την κατάλληλη επιλογή των τιμών της ισχύος της δέσμης και της ταχύτητας κοπής, μπορεί να επέλθει βελτιστοποίηση της αντοχής σε κόπωση του υλικού (Σχήμα 1.22). Αυτή η βέλτιστη διάρκεια ζωής μπορεί να επιτευχθεί με τη μείωση των ελαττωμάτων στην επιφάνεια κοπής και με τον έλεγχο των μικροδομικών παραμορφώσεων που λαμβάνουν χώρα κατά την κατεργασία.

Παρόμοιες παρατηρήσεις εξάγονται και για καταπόνηση που ανάγεται σε κάμψη τεσσάρων σημείων. Με τον τρόπο αυτό, ο Thomas κατάφερε να συνδέσει τις παραμέτρους κοπής με laser, με τη μικροδομή στη γειτονιά της επιφάνειας κοπής και, εν συνεχεία, με τη μηχανική αντοχή και την απόδοση των δύο χαλύβων.



Σχήμα 1.22. Καμπύλες αντοχής σε κόπωση, για διάφορες παραμέτρους κοπής με laser των χαλύβων: (α) S355MC και (β) DP600 [110].

2. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Στο παρόν κεφάλαιο αναλύεται το τμήμα της σχεδίασης της εν λόγω κατασκευής παρουσιάζεται εκτενώς το μηχανικό μέρος της κατασκευής. Συγκεκριμένα, αναφέρονται τα υλικά που αξιοποιήθηκαν, τα προβλήματα που προέκυψαν και οι διάφορες εκτιμήσεις και εναλλακτικές προτάσεις που αξιοποιήθηκαν στην κατασκευή και συνεπώς διαμόρφωσαν το τελικό σχέδιο.

2.1. Σύλληψη ιδέας

Η ιδέα και το όλο ενδιαφέρον της κατασκευής ήταν ότι μας ζητήθηκε να βρούμε λύση σε ένα συγκεκριμένο πρόβλημα, να κατασκευάσουμε μια μηχανή με σκοπό την προσαρμογή άξονα περιστροφής σε μονάδα CNC συγκόλλησης και κοπής μετάλλων. Κατά την κατασκευή αντιμετωπίστηκαν δύο κύρια προβλήματα:

- Η κατασκευή ενός τόνου που πάνω σε αυτόν θα προσαρμόζουμε το προς επεξεργασία δοκίμιο κυλινδρικής διατομής.
- Ο τρόπος διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από το κυλινδρικό δοκίμιο, κατά τη διάρκεια της περιστροφής, ώστε η συγκόλληση ή η κοπή να γίνεται χωρίς διακοπή του τόξου πλάσματος.

2.2. Σχεδιασμός

Προκειμένου να σχεδιαστεί και να κατασκευαστεί η μηχανή εξετάστηκαν πολλές ιδέες καθώς και η λειτουργικότητά τους για την ολοκλήρωση της. Οι ιδέες αυτές εξετάστηκαν λαμβάνοντας υπόψη όλα τα επιμέρους τμήματα της συγκεκριμένης κατασκευής.

2.3. Μεθοδολογία κατασκευής μηχανικού μέρους κατασκευής

Αρχικά, λαμβάνοντας υπόψη τη μηχανή που πρέπει να κατασκευαστεί, έγινε έρευνα αντίστοιχων μηχανημάτων στο διαδίκτυο και εκτιμήθηκαν οι διάφοροι μηχανισμοί που αξιοποιούνται σε αυτά. Στη συνέχεια, επιλέχθηκαν οι μηχανισμοί που μπορούσαν να φανούν χρήσιμοι στη κατασκευή και ακολουθήθηκαν τα εξής βήματα:

- Πραγματοποίηση σχεδιαστικού μέρους σε πλατφόρματριδιάστατης σχεδίασης.
- Έρευνα αγοράς των πρώτων υλών και του μηχανολογικού εξοπλισμού της κατασκευής.

- Αγορά των πρώτων υλών και του μηχανολογικού εξοπλισμού.
- Επεξεργασία των πρώτων υλών στα κατάλληλα μηχανολογικά εργαστήρια.
- Τοποθέτηση του μηχανολογικού εξοπλισμού και συναρμολόγηση όλων των επιμέρους κομματιών του μηχανήματος.

2.4. Παρουσίαση μηχανήματος

Μετά την ολοκλήρωση των κατασκευαστικών σχεδίων, ακολούθησε η ερευνά μας για τα υλικά που θα χρειαζόμασταν έχοντας ως γνώμονα την ποιότητα και την ανάγκη για χαμηλό κόστος της κατασκευής χωρίς εκπτώσεις στις απαιτήσεις της αρχικής ιδέας. Στη συνέχεια, ακολούθησε η συναρμολόγηση της κατασκευής, τα βασικά μέρη της οποίας είναι:.

1. Μεταλλική βάση
2. Σφικτήρας
3. Βάση στήριξης του σφικτήρα
4. Άτρακτος
5. Κέλυφος ατράκτου
6. Έδρανο κύλισης
7. Κεντροφορέας με μηχανισμό ρύθμισης
8. Ηλεκτροκινητήρας
9. Τροχαλίες μάντας βηματικής κίνησης
10. Μηχανισμός αποστασιοποίησης μάντα
11. Προφυλακτήρας

Στη συνέχεια, αναλύονται τα παραπάνω διακριτά μέρη της διάταξης που κατασκευάστηκε.

2.4.1. Μεταλλική βάση

Ύστερα από τη σύλληψη της κεντρικής ιδέας καταλήξαμε σε ένα βασικό σχέδιο , έχοντας ένα πλάνο προς την ολοκλήρωση του ,παρουσιάζονταν διαφορά προβλήματα σε κάθε ένα από τα κομμάτια που προαναφέρθηκαν ,χρησιμοποιώντας μελέτης και επιλύσεως κάθε φορά.

Το πρόβλημα που προέκυψε πρώτο ήταν τι δοκίμια θα μπορούσε να κατεργάζεται η συγκεκριμένη κατασκευή ως αναφορά τις διαστάσεις του μήκους. Η πρώτη μας σκέψη ήταν να υπάρχουν κάποια σταθερά σημεία πάνω στη βάση, με συγκεκριμένη απόσταση από το ακροφύσιο έτσι ώστε ο κεντροφορέας να μπορεί να μετακινείται και να παχτώνεται σε αυτά. Η

προαναφερθείσα ιδέα είχε αρκετά πλεονεκτήματα με το βασικότερο εξ αυτών να είναι η μέθοδος κατασκευής των σημείων(χρειαζόμασταν μόνο ένα δράπανο για τη διάνοιξη οπών πάνω στην πλακά). Ωστόσο, το μειονέκτημα της ήταν πως μας περιόριζε σε δοκίμια προς επεξεργασία συγκεκριμένου μήκους κάθε φορά. Για τον λόγο αυτό καταλήξαμε στη διαμόρφωση αύλακας στην οποία μπορεί να ολισθαίνει μέσα η κεντροφορέας δίνοντας μας την ευελιξία να μπορούμε να κατεργαστούμε δοκίμια διάφορων μηκών χωρίς περιορισμούς.



Σχήμα 2.1. Μεταλλική βάση.

Η αύλακα η οποία φαίνεται στο παραπάνω σχήμα διαμορφώθηκε σε φρέζα δίνοντας μας την δυνατότητα να αποκτήσουμε μια σημαντική εμπειρία πάνω σε ένα κομμάτι των σπουδών μας αλλά και στην μετέπειτα επαγγελματική μας πορεία.

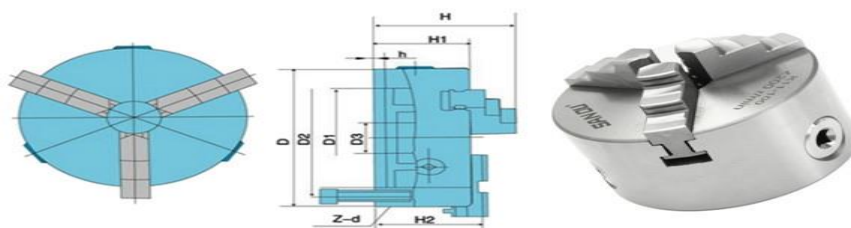
Ένα ακόμα προσόν της συγκεκριμένης βάσης είναι η δυνατότητα της να είναι φορητή, με αποτέλεσμα να μην περιορίζει τον χειριστή σε συγκεκριμένο σημείο εργασίας. Για τον λόγο αυτό διαμορφώθηκε θέση με ρυθμιζόμενους κοχλίες στα τέσσερα άκρα του ορθογωνίου πλαισίου έτσι ώστε να δίνετε η δυνατότητα με την χρήση αεροστάθμης (αλφάδι) να ελέγχεται και να ρυθμίζεται η οριζοντίωση της πλάκας σε οποιοδήποτε σημείο χρειαστεί να τοποθετηθεί.



Σχήμα 1.2. Ρυθμιζόμενοι κοχλίες οριζοντίωσης.

2.4.2. Σφικτήρας

Το ακροφύσιο επιλέχθηκε με γνώμονα την ομοκεντρικότητα του η οποία αγγίζει τα $\pm 0,01$ mm/round ιδιότητα μείζονος σημασίας για τις κατεργασίες τις οποίες εκτελεί η συγκεκριμένη μηχανή. Είναι κατασκευασμένο από χάλυβα υψηλής αντοχής έχοντας μεγάλη ακρίβεια ακόμα και σε συνεχή χρήση. Επίσης σε σύγκριση με ένα μαντεμένιο ακροφύσιο έχει μέγιστη διάρκεια ζωής και δεν παρουσιάζει οξειδώσεις στην επιφάνεια του.

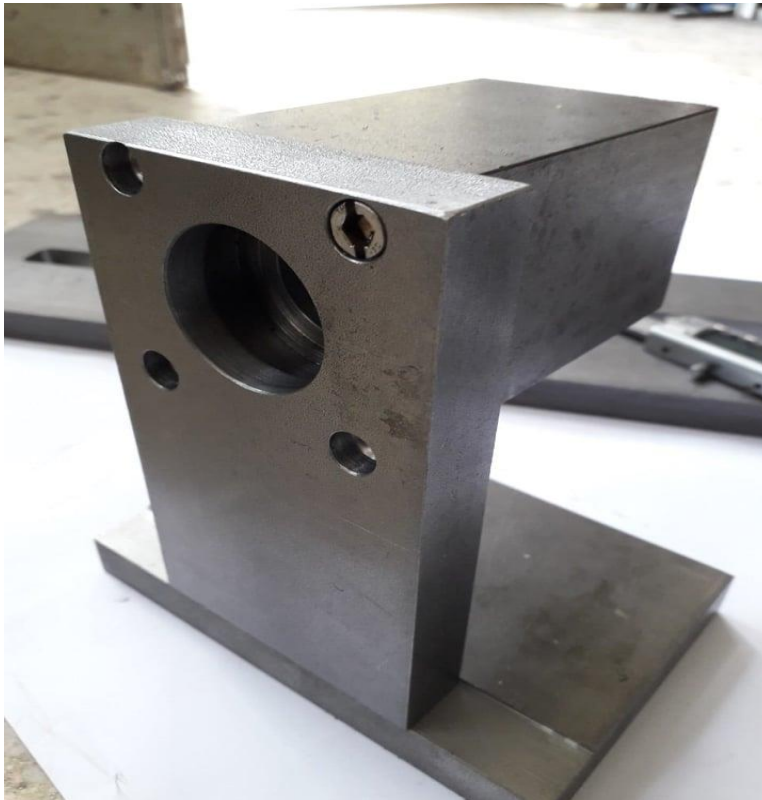


Size (inch)	D (inch)	D1 (inch)	D2 bolt hole circle dia. (inch)	
4	3.937	2.835	3.307	
D3 (inch)	H (inch)	H1 (inch)	h (inch)	z-d (metric)
0.867	2.933	2.165	0.138	3-M8

Σχήμα 2.3. Χαρακτηριστικά του σφικτήρα.

2.4.3. Βάση στήριξης του σφικτήρα

Η βάση στήριξης του σφικτήρα αποτελείται από τρία επιμέρους τμήματα τα οποία θα αναλύσουμε ξεχωριστά. Η κατεργασία τους ήταν ιδιαίτερα ακανθώδης διότι απαιτούνταν μεγάλη ακρίβεια στις επιφάνειες τις οποίες διαμορφώσαμε, καθώς αποτελούν την φώλια του ρουλεμάν αλλά και το κέλυφος της ατράκτου.



Σχήμα 2.4. Βάση στήριξης.

2.4.4. Κέλυφος ατράκτου

Το κέλυφος του εκκεντροφόρου κατασκευαστικό από χάλυβα κατασκευών CK-45 υλικό το οποίο ενδείκνυται για μηχανολογικές κατασκευές λόγω των μηχανικών του ιδιοτήτων.

Η επεξεργασία του από το αρχικό κομμάτι έγινε σε τόρνο. Όπως φαίνεται (Σχήμα 2.5) διαμορφώσαμε με κατάλληλο κοπτικό εργαλείο τρεις ομόκεντρος κύκλους οι οποίοι κατά σειρά είναι :

- Διαμόρφωση προεξοχής για καλύτερη προσαρμογή του κελύφους στη βάση έδρασης.
- Διαμόρφωση φωλιάς για το έδρανο κύλισης .

- Διάνοιξη διαμπερής οπής για την υποδοχή της ατράκτου.

Έπειτα για την αποφυγή ταλαντώσεων και την ελαχιστοποίηση των κραδασμών κατά την περιστροφή, οι εσωτερικές επιφάνειες υποβλήθηκαν στην διαδικασία ρεκτιφιέ για τη μέγιστη δυνατή ποιότητα επιφάνειας. Με αυτόν τον τρόπο θέλαμε να προστατέψουμε στον μέγιστο βαθμό την άτρακτο από τη φθορά στο χρόνο και κατ' επέκταση τα δοκίμια προς επεξεργασία.



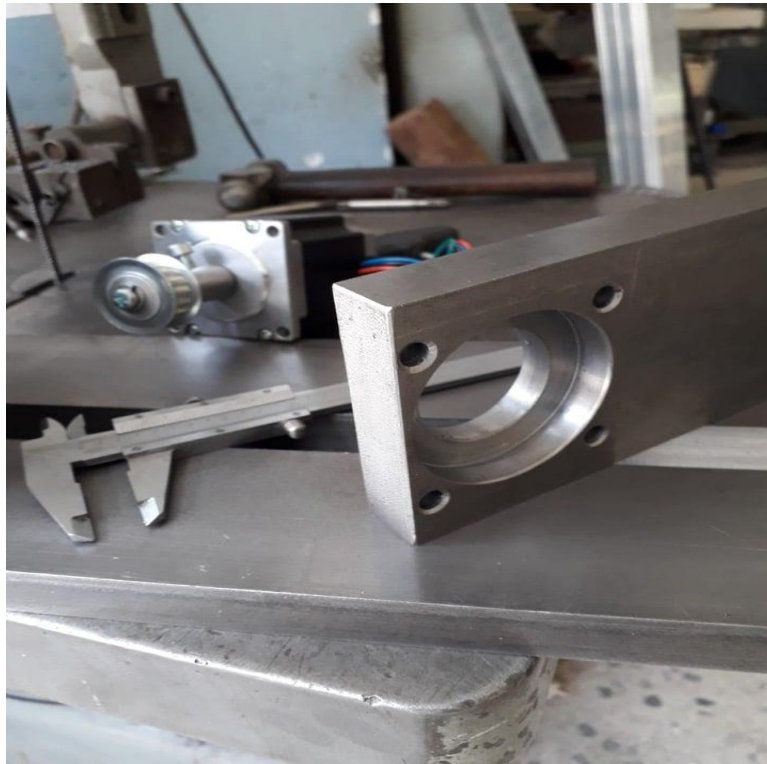
Σχήμα 2.5. Κέλυφος ατράκτου.

2.4.5. Βάση κελύφους ατράκτου

Ένα σημαντικό στοιχείο το οποίο μας προβλημάτισε στο εν λόγω τμήμα της κατασκευής ήταν το μήκος το οποίο θα έπρεπε να έχει. Από την μια πλευρά δεν θέλαμε η θέση του σφικτήρα να απέχει αρκετά από την πλακά στήριξης διότι σε περιπτώσεις δοκιμών μεγάλου μήκος και υλικών με υψηλό ειδικό βάρος η ροπή στο σημείο θα δημιουργούσε σοβαρές καταπονήσεις ενώ από την άλλη το μέγιστο δυνατό άνοιγμα των σιαγόνων του σφικτήρα που είχαμε επιλέξει μας έδινε το ελάχιστο ύψος που θα μπορούσε να έχει. Έτσι αποφασίσαμε το μήκος της βάσης τους κελύφους να είναι λίγο μεγαλύτερο από τη μέγιστη διάσταση που μας έδινε το σφικτήρα αυξημένο κατά ένα συντελεστή ασφάλειας.

Επίσης ανοίχτηκαν σε τόρνο δυο οπές η μια για την υποδοχή του κελύφους και η δεύτερη διαμπερές για την άτρακτο. Καθώς επίσης και τέσσερεις οπές με δράπανο για

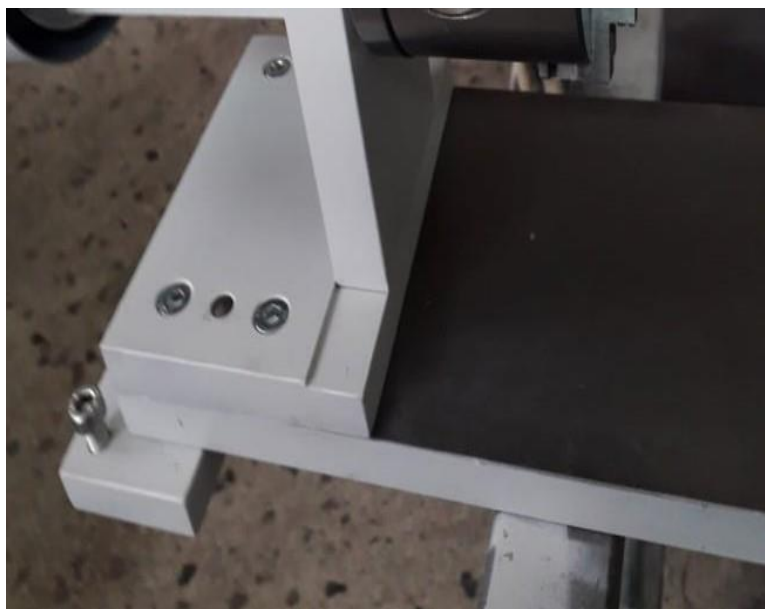
την υποδοχή κοχλιωτών συνδέσεων για τη συναρμογή των δυο επιμέρους κομματιών μεταξύ τους.



Σχήμα 2.6. Βάση κελύφους ατράκτου.

2.4.6. Πλάκα στήριξης

Η πλακά στήριξης έχει κύριο ρολό διότι εκτός ότι δένει τη βάση με την κεντρική πλακά της κατασκευής έχει υπολογιστεί έτσι ώστε να τη συγκρατεί σε σχεδόν απολυτή ευθεία με τη νοητή γραμμή του κεντροφορέα έτσι ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα κατά τη περιστροφή. Επίσης εκτός από τους τέσσερεις κοχλίες σύσφιξης έχουμε προνοήσει για την δημιουργία οπών στις οποίες τοποθετηθήκαν πείροι ασφάλειας έτσι ώστε να μη δίνετε να μετακινηθεί η βάση ούτε στο ελάχιστο αλλά και σε περίπτωση που η συσκευή ξεμονταριστεί για οπουδήποτε λόγο μπορεί οποιασδήποτε χωρίς περαιτέρω ενέργειες να την επαναφέρει στην πρότερή της κατάσταση.



Σχήμα 2.7. Πλακά στήριξης –πείροι ασφάλειας

2.4.7. Ατρακτος

Η άτρακτος κατασκευάστηκε, επίσης, από χάλυβα κατασκευών CK45, ο οποίος επιδέχεται σκλήρυνση με βαφή. Για τη συγκεκριμένη εφαρμογή, οι καταπονήσεις που εκτιμάται να δεχθεί η άτρακτος δεν απαιτούν σκλήρυνση του υλικού.

Η μηχανουργική κατεργασία της έγινε σε τόρνο για τη διαμόρφωση τεσσάρων βαθμίδων διαφορετικών διατομών και υποβλήθηκε κατεργασία «ρεκτιφιέ» για τη λείανση της επιφάνειας, ώστε να συνεργάζεται απρόσκοπτα με το ρουλεμάν.

Μετά τη τελική διαμόρφωση της ατράκτου σε τόρνο έγινε διάνοιξη τεσσάρων οπών εκ των οποίων τρεις για τη στήριξη του στοκ καθώς και μια κεντρική για κοχλία σύσφιξης.

2.4.8. Εδρανα κύλισης (ρουλεμάν)

Τα ρουλεμάν που επιλέχτηκαν ήταν τα κατάλληλα για την κατασκευή της εταιρίας FAG με κωδικό 6005 και διαστάσεις 25x47x12 κλειστά με γράσο διάρκειας για μέγιστη διάρκειας ζωής (FAG 6005 2Z 25X47X12)



Σχήμα 2.8. Άτρακτος.



Σχήμα 2.9. Διάνοιξη οπών με δρέπανο.

2.4.9. Κεντροφορέας

Ο κεντροφορέας φτιάχτηκε στο κυρίως σώμα από χάλυβα κατασκευών CK-45 η δε ακμή της από χρωμιομένο άξονα $\varnothing 20$. Παρολο που η πρώτη σκέψη ήταν να αγοραστεί έτοιμη από το εμπόριο καταλήξαμε ότι δε υπήρχε κάτι που να καλύπτει απολυτά τις ανάγκες μας. Για τον παραπάνω λόγο την κατασκευάσαμε κομμάτι κομμάτι και την προσαρμόσαμε στις απαιτήσεις της κατασκευής.

Επίσης στη βάση της διαμορφώθηκε ειδικός μηχανισμός έτσι ώστε ο κεντροφορέας να μπορεί να ολισθαίνει στην αύλακα της κεντρικής πλάκας και να μπορεί να πακτώνεται σε οποιοδήποτε σημείο αυτής επιθυμεί ο χειριστής.



Σχήμα 2.10. Κεντροφορέας.

2.4.10. Άξονας βηματικού κινητήρα

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούμε στο βηματικό κινητήρα μόνο στο σημείο που αφορά στη διαμόρφωση του άξονα του , καθώς στο βηματικό κινητήρα και το χειρισμό του θα αναφερθούμε εκτενέστερα σε επόμενα κεφάλαιο.

Κατά την αναζήτηση του βηματικού κινητήρα στο εμπόριο καθώς και των τροχαλιών που θα

συνεργαζόταν μαζί του πρόκυπτε το εξής πρόβλημα. Ήταν ιδιαίτερα δύσκολο να βρούμε κινητήρα που να καλύπτει τις ανάγκες ο οποίος να έχει πάχος άξονα στην έξοδο του ικανό να τοποθετηθεί απευθείας σε κοινές τροχαλίες του εμπορίου .Η μονή λύση ήταν η κατασκευή προσαρμογέα ο οποίος θα συνέδεε τα δυο εξαρτήματα. Διαμορφώθηκε σε τόρνο και σε φρέζα με σύνδρομο για τη μέγιστη ασφάλεια κατά την περιστροφή.

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούμε στο βηματικό κινητήρα μόνο στο σημείο που αφορά στη διαμόρφωση του άξονα του , καθώς στο βηματικό κινητήρα και το χειρισμό του θα αναφερθούμε εκτενέστερα σε επόμενα κεφάλαιο.

Κατά την αναζήτηση του βηματικού κινητήρα στο εμπόριο καθώς και των τροχαλιών που θα συνεργαζόταν μαζί του πρόκυπτε το εξής πρόβλημα. Ήταν ιδιαίτερα δύσκολο να βρούμε κινητήρα που να καλύπτει τις ανάγκες ο οποίος να έχει πάχος άξονα στην έξοδο του ικανό να τοποθετηθεί απευθείας σε κοινές τροχαλίες του εμπορίου .Η μονή λύση ήταν η κατασκευή προσαρμογέα ο οποίος θα ένωνε τα δυο εξαρτήματα. Διαμορφώθηκε σε τόρνο και σε φρέζα με σύνδρομο για τη μέγιστη ασφάλεια κατά την περιστροφή.

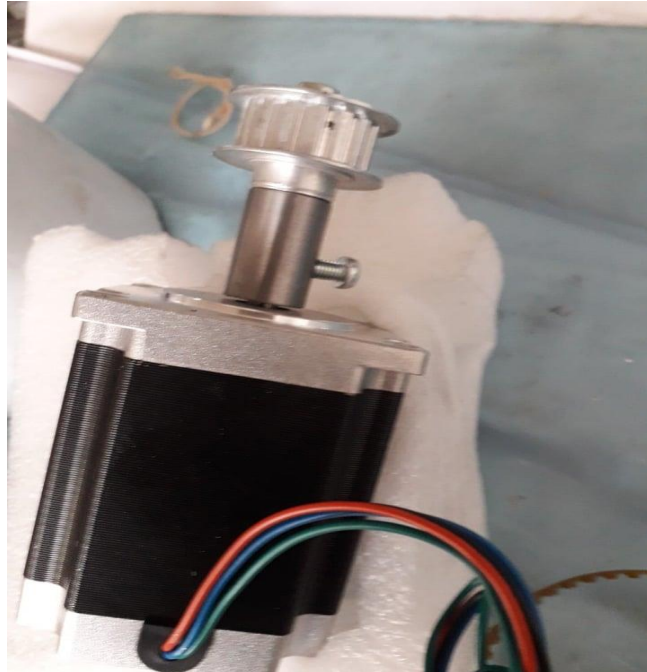


Σχήμα 2.11. Προσαρμογέας.

Στο Σχήμα 2.12, παρουσιάζεται η ολοκληρωμένη κατασκευή, η οποία δοκιμάστηκε πολλές φορές και κρίθηκε απολύτως λειτουργική και, κατά συνέπεια, επιτυχής.

2.4.11. Τροχαλίες

Οι τροχαλίες επιλέχτηκαν έπειτα από μελέτη για την κατάλληλη σχέση μετάδοσης η οποία είναι 3:1.



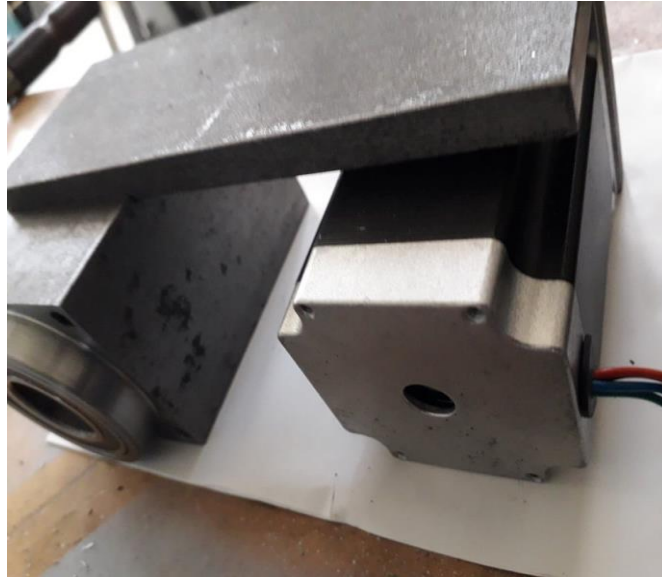
Σχήμα 2.12. Βηματικός κινητήρας και τροχαλία.



Σχήμα 2.13. Τροχαλίες και βηματικός ιμάντας.

2.4.12. Μηχανισμός απομάκρυνσης τροχαλιών

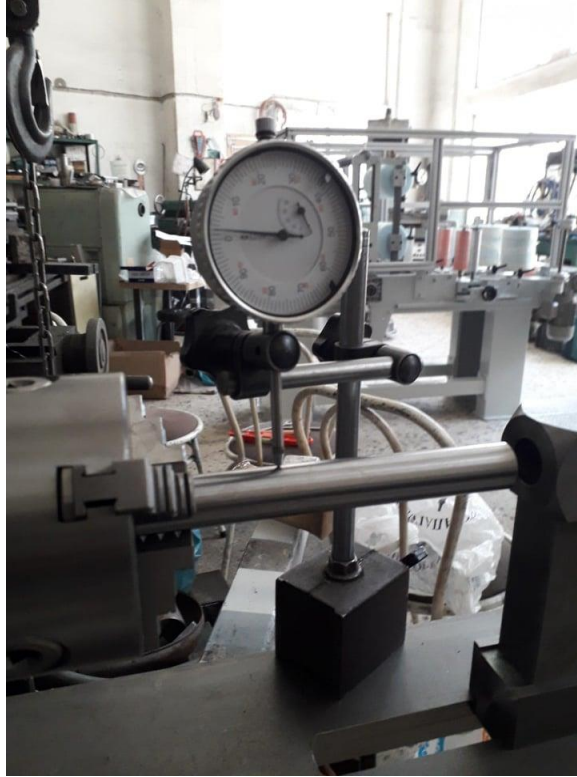
Κατασκευάστηκε από χάλυβα CK 45 επί του οποίου προσαρμόσαμε τον κινητήρα ο μηχανισμός απομάκρυνσης τροχαλιών έχει την δυνατότητα να μετακινείται παράλληλα με μια βίδα M-8 για την αντικατάσταση του ιμάντα



Σχήμα 2.14. Μηχανισμός απομάκρυνσης τροχαλιών.

2.5. Έλεγχος ομοκεντρότητας

Ο έλεγχος της ομοκεντρότητας της ατράκτου κατά την περιστροφή έγινε με ειδικό μετρητικό όργανο (dial indicator), το οποίο χρησιμοποιείται κατά κανόνα για τη την ευθυγράμμιση αξόνων. Το ίδιο όργανο, με ακρίβεια της τάξης του 0,01 mm, χρησιμοποιήθηκε επίσης για την ευθυγράμμιση των εδράνων κύλισης. Οι μετρήσεις αυτές έγιναν για τον έλεγχο της καλής λειτουργίας της περιστρεφόμενης μηχανής, που ιδανικά γίνεται με όργανο laser.



Σχήμα 2.15. Έλεγχος ομοκεντρότητας.

3. ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΙΝΗΤΗΡΩΝ ΓΙΑ ΤΗ ΜΗΧΑΝΗ

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην επιλογή του κατάλληλου κινητήρα σύμφωνα με τις ανάγκες κατεργασίας της μηχανής. Αρχικά, έγινε διερεύνηση των πιθανών επιλογών όσον αφορά τους κινητήρες που θα χρησιμοποιούνταν στην κατασκευή. Οι εναλλακτικές λύσεις ήταν οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος (dc motors), οι βηματικοί κινητήρες (stepper motors) και οι σερβοκινητήρες (servo motors) [2].

3.1. Τύποι κινητήρων

Κινητήρες συνεχούς ρεύματος. Πρόκειται για μια ελκυστική επιλογή, καθώς παρέχουν ευκολία ελέγχου ταχύτητας και ροπής και έχουν σχετικά χαμηλό κόστος. Ωστόσο, δεν διατίθενται με ενσωματωμένους οδοντωτούς τροχούς μείωσης των στροφών, ενώ απαιτείται εξωτερικό κύκλωμα οδήγησης.

Βηματικοί κινητήρες. Οι ηλεκτρικοί παλμοί μετατρέπονται σε βηματική μηχανική κίνηση, η οποία μπορεί να είναι περιστροφική ή γραμμική. Όπως και οι κινητήρες συνεχούς ρεύματος είναι χαμηλού κόστους, ενώ παρουσιάζουν παρόμοια μειονεκτήματα με τους προηγούμενους.

Σερβοκινητήρες. Οι σερβοκινητήρες χρησιμοποιούνται σε συστήματα αυτόματου ελέγχου κλειστού βρόγχου, σε εφαρμογές όπου απαιτείται έλεγχος της ταχύτητας, της θέσης και της ροπής του άξονα του κινητήρα. Αποτελούν την κύρια επιλογή για ρομποτικούς βραχίονες, εργαλειομηχανές, συστήματα πλοήγησης πλοίων και αεροπλάνων, αφού πλέον η τεχνολογία τους επιτρέπει όχι μόνο τον απλό έλεγχο της ταχύτητας (speed control), αλλά τον συνολικό έλεγχο της κίνησης (motion control). Διατίθενται με ενσωματωμένους οδοντωτούς τροχούς μείωσης των στροφών και εσωτερικό κύκλωμα οδήγησης, αλλά το κόστος τους είναι σημαντικά υψηλότερο των δύο άλλων τύπων κινητήρα.

3.2. Επιλογή κινητήρα για τη συγκεκριμένη εφαρμογή

Καθώς ο βασικός στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η κατασκευή ενός παντογράφου CNC σχετικά μικρού κόστους, ως ελκυστικότερη επιλογή κρίθηκε ο βηματικός κινητήρας, ο οποίος άλλωστε είναι κι ο ευρύτερα χρησιμοποιούμενος για τέτοις εφαρμογές, καθώς είναι συμβατός με τις περισσότερες ηλεκτρονικές κάρτες για μηχανές CNC.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας ήταν η κατασκευή ενός περιστρεφόμενου άξονα, ο οποίος θα προσαρμοσθεί σε κινούμενη τράπεζα, προκειμένου να πραγματοποιούνται κατεργασίες κοπής και συγκόλλησης μεταλλικών υλικών με τεχνολογία πλάσματος. Για την επιτυχή εφαρμογή τέτοιων κατεργασιών απαιτείται ο ακριβής έλεγχος της ταχύτητας κίνησης της σημειακής πηγής θερμότητας ή/ και του κατεργαζόμενου τεμαχίου.

Μετά την κατασκευή των μηχανολογικών, ηλεκτρολογικών και ηλεκτρονικών μετών της μηχανής, αυτή ελέγχθηκε και δοκιμάστηκε και διαπιστώθηκε η αξιόπιστη λειτουργία της:

- Ορθή και ομαλή κίνηση, μέσω του ακριβούς ελέγχου ταχύτητας και επιτάχυνσης.
- Ακρίβεια άξονα X: 1/100 mm
- Ακρίβεια άξονα Y: 5/100 mm

Οι μετρήσεις της ακρίβειας έγιναν με τη χρήση μετρικού ρολογιού. Ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις ήταν ο εξής: αρχικά, στερεώθηκε το μετρητικό ρολόι σε κάθε άξονα. Έπειτα, αφού η γέφυρα ή το βαγόνι ήρθαν σε επαφή με την ακίδα, το ρολόι ρυθμίστηκε στην ένδειξη μηδέν, όπως και ο κάθε άξονας μέσω του υπολογιστή. Ύστερα, δόθηκε εντολή μέσω του υπολογιστή να εκτελεστεί κίνηση 200-800 mm σε κάθε άξονα ξεχωριστά και στη συνέχεια να γίνει επαναφορά στο μηδέν. Μετά από πολλές επαναλήψεις προέκυψαν τα παραπάνω αποτελέσματα.

Αφού αποδείχθηκε ότι η κατασκευή μιας τέτοιας αξιόπιστης μηχανής είναι εφικτή, εργασίες περαιτέρω βελτίωσης, -ωστόσο πολύ υψηλότερου κόστους,- μπορούν να εστιάζονται σε:

- Δημιουργία κατάλληλων εξαρτημάτων προσαρμογής ακροφυσίων/ εργαλείων, όπως πυρσός πλάσματος, laser ή κοπτικών άκρων.
- Προσθήκη περισσότερων κινήσεων, καθώς η κάρτα ελέγχου οδήγησης του μηχανήματος παρέχει 5 υποδοχές για χρήση ηλεκτρικών κινητήρων.
- Μελέτη πιθανών τροποποιήσεων που θα απαιτηθούν για την κατεργασία σωλήνων, δηλαδή μεταλλικών κελυφών και όχι συμπαγών κυλινδρικών μετάλλων.
- Δημιουργία δευτερευόντων μερών της κατασκευής που θα επιτρέπουν την παροχή ψυκτικού ή λιπαντικού, ανάλογα με την εφαρμογή ή μερών προφύλαξης από εκτινάξεις τηγμένου μετάλλου.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. A. Αντωνιάδης, «Μηχανουργική Τεχνολογία» (3^η έκδοση), εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2017.
2. S. Kalpakjian, S. Schmid (μετάφραση στην ελληνική), «Μηχανουργική Επιστήμη και Τεχνολογία», εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2019.
3. K Nishiguchi, K Matsuyama, “The introduction of low current plasma cutting machines- A review”, *Welding International*, **34**(11) (1986) 36-46.
4. S.M. Ilii, M. Coteață, “Plasma arc cutting cost”, *International Journal of Materials Forum*, **2**(Suppl 1) (2009) 689–692.
5. Y.H. Çelik, “Investigating the effects of cutting parameters on materials cut in CNC plasma”, *Materials and Manufacturing Processes*, **28** (2013) 1053–1060.
6. A. Rakhimyanov, A. Loktionov, N. Gaar, “Technological possibilities of high-precision plasma cutting in processing materials of different class”, *MATEC Web of Conferences*, **224** (2018) 01011.
7. S. Guo, Q. Zhou, W. Guo, P. Xu, “Computational analysis of a double nozzle structure plasma cutting torch”, *Plasma Chem Plasma Process*, **30** (2010) 121–140.
8. F.P. Liza, C.B. Yao, J.L. Luces, V. Boy, E. Manabat, R.G. Baldovino, “Development of a low-cost controller for the 3-axis computer numerically-controlled (CNC) plasma cutting machine”, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2015*, Vol I WCECS 2015, October 21-23, 2015, San Francisco, USA.
9. M. Soylak, “A novel real-time control system for plasma cutting robot with xPC target”, *Advances in Mechanical Engineering*, **8**(4) (2016) 1–12.
10. D.J. Thomas, “The effect of laser cutting parameters on the formability of complex phase steel”, *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, **64** (2013) 1297–1311.
11. D.J. Thomas, “Optimising laser cut-edge durability for steel structures in high stress applications”, *Journal of Constructional Steel Research*, **121** (2016) 40–49.