



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜ. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Σχεδίαση / επεξεργασία εικόνας και παραμετροποίηση
συστήματος CNC Laser για την υλοποίηση τρισδιάστατων
αντικειμένων / μακετών**

ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Επιβλέπων Καθηγητής : Βαρτζιώτης Φώτιος

Λέκτορας Εφαρμογών

Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2019



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΤΜ. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ & ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Σχεδίαση / επεξεργασία εικόνας και παραμετροποίηση
συστήματος CNC Laser για την υλοποίηση τρισδιάστατων
αντικειμένων / μακετών**

ΙΑΚΩΒΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Επιβλέπων Καθηγητής : Βαρτζιώτης Φώτιος

Λέκτορας Εφαρμογών

Θεσσαλονίκη, Ιανουάριος 2019

**Image Design / Editing and CNC Laser System
Configuration for Three-Dimensional Objects / Worksheets**

Εγκρίθηκε από τριμελή εξεταστική επιτροπή

Τόπος, Ημερομηνία

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

1. Επιβλέπων καθηγητής

Βαρτζιώτης Φώτιος

Καθηγητής Εφαρμογών

2. Μέλος επιτροπής

Όνομα Επίθετο,

τίτλος, βαθμίδα

3. Μέλος επιτροπής

Όνομα Επίθετο,

τίτλος, βαθμίδα

Ο/Η Προϊστάμενος/η του Τμήματος

Όνομα Επίθετο, τίτλος, βαθμίδα

Υπογραφή

© Ιακωβίδης Ιωάννης, 2019

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved

Δήλωση μη λογοκλοπής

Δηλώνω υπεύθυνα και γνωρίζοντας τις κυρώσεις του Ν. 2121/1993 περί Πνευματικής Ιδιοκτησίας, ότι η παρούσα πτυχιακή εργασία είναι εξ ολοκλήρου αποτέλεσμα δικής μου ερευνητικής εργασίας, δεν αποτελεί προϊόν αντιγραφής ούτε προέρχεται από ανάθεση σε τρίτους. Όλες οι πηγές που χρησιμοποιήθηκαν (κάθε είδους, μορφής και προέλευσης) για τη συγγραφή της περιλαμβάνονται στη βιβλιογραφία.

Ιακωβίδης Ιωάννης

Υπογραφή

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πρώτα από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την στήριξη που μου παρείχαν, την πίστη που μου έδειξαν και τις θυσίες που έκαναν για μένα όλα αυτά τα **8 χρόνια**. Στην συνέχεια θέλω να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Βαρτζιώτη Φώτιο για την εμπιστοσύνη που έδειξε στο πρόσωπό μου με την ανάθεση της παρούσας πτυχιακής εργασίας και την βοήθειά του μέχρι την υλοποίησή της. Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους μου και τους συναδέλφους για όλη την στήριξη και την βοήθεια που μου πρόσφεραν μέχρι την ολοκλήρωση των σπουδών μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της πτυχιακής μου εργασίας είναι η ανάλυση της εργαλειομηχανής κοπής με λέιζερ (CNC Laser Machine) καθώς και η δημιουργία ενός project με τη χρήση αυτού για το ΤΕΙ Ηπείρου.

Η εργασία περιέχει αναλυτική περιγραφή της μηχανής καθώς και όλες τις λειτουργίες που μπορεί να προσφέρει σε διάφορα υλικά.

Επιπλέον υπάρχει εκτενής περιγραφή του σχεδιαστικού προγράμματος RDWorks το οποίο μας δίνει την δυνατότητα να δημιουργήσουμε οποιοδήποτε σχέδιο θελήσουμε να πραγματοποιήσουμε στην εργαλειομηχανή μας μέσα από τα πολλά εργαλεία που μας προσφέρει.

Τέλος, όσων αφορά το project η σκέψη είναι να δημιουργήσω ένα ρολόι από ξύλο χρησιμοποιώντας όλες τις τεχνικές κοπής και χάραξης που διαθέτει η μηχανή, στο οποίο θα απεικονίζετε το λογότυπο του ΤΕΙ Ηπείρου και θα υπάρχει η δυνατότητα να κρεμαστεί στο κτήριο μας.

Λέξεις-κλειδιά: Εργαλειομηχανή Κοπής Laser, CNC Laser Machine, Κοπή, Χάραξη, Δημιουργία project

ABSTRACT

The purpose of my thesis is to analyze the CNC Laser Machine and also to create a project with the use of the machine for the Technological Educational Institute of Epirus.

The thesis also contains a detailed description of the machine and all of its uses as well as all the functions it can offer in different materials.

Moreover, there is a specific description of the RDWorks design program, which enables us to create any project we want to accomplish with the tools it offers.

Finally, for the project, the concept is to create a clock made of wood using all the cutting and engraving techniques available in the machine, in which the logo of TEI of Epirus appears and has also the ability to be hanged at the TEI.

Key words: Laser cutting machine, CNC Laser Machine, cut, engrave, project creation

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία παρουσιάζεται η σχεδίαση/ επεξεργασία εικόνας και παραμετροποίηση συστήματος CNC Laser για την υλοποίηση τρισδιάστατων αντικειμένων/ μακετών. Αρχικά, στο πρώτο κεφάλαιο αναφέρονται γενικά και ιστορικά στοιχεία των πιο κοινών εργαλειομηχανών καθώς και τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα αυτών. Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναλύεται εκτενέστατα η εργαλειομηχανή κοπής και χάραξης με laser (CNC Laser Machine). Πιο συγκεκριμένα, παρεντίθενται πληροφορίες σχετικά με τα ιστορικά στοιχεία της εργαλειομηχανής, τον τρόπο λειτουργίας της, τις εξωτερικές συσκευές που χρησιμοποιεί και όλα τα τεχνικά χαρακτηριστικά που απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία της. Στο αμέσως επόμενο κεφάλαιο, γίνεται αναφορά στο σχεδιαστικό πρόγραμμα RDWorks καθώς και στον τρόπο με τον οποίο ο χρήστης να σχεδιάσει τρισδιάστατα αντικείμενα και μακέτες. Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται ένα project κατά το οποίο γίνεται αντιληπτός ο τρόπος λειτουργίας της εργαλειομηχανής παρατηρώντας όλα τα στάδια προετοιμασίας της μακέτας. Τέλος, καταγράφονται τα συμπεράσματα και οι προσωπικές μου απόψεις όσον αφορά την κοπή και χάραξη με laser.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	vi
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	ix
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	x
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	xi
1. Εισαγωγικά.....	1
1.1 Εργαλειομηχανές.....	1
1.2 Βασικές εργαλειομηχανές γενικής χρήσεως.....	1
1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εργαλειομηχανών.....	5
2. CNC Laser Machine.....	6
2.1 Τι είναι μια μηχανή CNC Laser.....	6
2.2 Η ιστορία του CNC Lasercut.....	7
2.3 Σύστημα διαχείρισης RDC644XG.....	7
2.4 Εξωτερικές συσκευές.....	9
2.5 Βασικές αρχές κοπής με laser.....	11
2.5.1 Πηγή Laser.....	11
2.5.2 Ισχύς του laser.....	13
2.5.3 Η συχνότητα των παλμών.....	13
2.5.4 Τύπος του αερίου κοπής.....	13
2.5.5 Η πίεση του αερίου κοπής.....	14
2.5.6 Διάμετρος και τύπος του ακροφυσίου (beck).....	14
2.5.7 Απόσταση μεταξύ του ακροφυσίου κοπής και επιφάνειας υλικού...15	
2.5.8 Εστιακή απόσταση των οπτικών εστίασης.....	16
2.5.9 Η θέση της εστίας σε σχέση με το υλικό.....	18
2.5.10 Το κεντράρισμα της δέσμης σε σχέση με το ακροφύσιο.....	18
2.5.11 Η ταχύτητα κοπής.....	18
2.5.12 Το υλικό.....	19
2.5.13 Η επιφάνεια και το σχήμα που κόβουμε.....	19
2.5.14 Το πάχος του υλικού.....	20
2.6 Πλεονεκτήματα- μειονεκτήματα κοπής με laser.....	21
3. Σχεδιαστικό πρόγραμμαRDWorks.....	22
3.1 Εισαγωγή.....	22
3.1.1 Συμβατά αρχεία.....	22
3.1.2 Απαιτήσεις συστήματος.....	22
3.2 Περιβάλλον εργασίας.....	22
3.2.1 Επεξήγηση βασικών λειτουργιών.....	23
3.2.2 Άλλες βασικές ρυθμίσεις και λειτουργίες.....	24
3.2.3 Βασικές δυνατότητες προγράμματος.....	27
4. Project.....	30
4.1 Δημιουργία μακέτας.....	30
4.2 Προετοιμασία και υλοποίηση της μακέτας.....	34
4.3 Συναρμολόγηση ρολογιού.....	38
Επίλογος – Συμπεράσματα.....	39
Αναφορές – Βιβλιογραφία.....	40
Ιστότοποι.....	40

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1.1 Επιτραπέζιο Δράπανο.....	2
Εικόνα 1.2 Πλάνη.....	3
Εικόνα 1.3 Τόρνος.....	3
Εικόνα 1.4 Φρεζομηχανή.....	4
Εικόνα 1.5 Λειαντική Μηχανή.....	5
Εικόνα 2.1 CNC Laser Machine.....	6
Εικόνα 2.2 Ruida Controller RDC644XG.....	8
Εικόνα 2.3 Σύστημα υδρόψυξης.....	10
Εικόνα 2.4 Απορροφητήρας.....	11
Εικόνα 2.5 Πηγή ενέργειας CO ₂ (CO ₂ Laser Tube) της εταιρείας EFR.....	12
Εικόνα 2.6 Πηγή ενέργειας τύπου RF της εταιρείας Reci.....	12
Εικόνα 2.7 Πηγή ενέργειας οπτικών ινών της εταιρείας Reci.....	13
Εικόνα 2.8 Ακροφύσιο.....	15
Εικόνα 2.9 Απεικόνιση απόστασης ακροφυσίου με υλικό κοπής.....	16
Εικόνα 2.10 Φακός σεληνιούχου ψευδαργύρου (ZnSe).....	17
Εικόνα 2.11 Φακός αρσενιούχου γαλλίου (GaAs).....	17
Εικόνα 2.12 Απεικόνιση διαδρομής της πηγής ενέργειας (Laser).....	20
Εικόνα 3.1 RDWorks logo.....	22
Εικόνα 3.2 Επιφάνεια Εργασίας του προγράμματος Reworks.....	23
Εικόνα 3.3 Επιλογή Ρυθμίσεων Γλώσσας.....	24
Εικόνα 3.4 Παράθυρο Ρυθμίσεων Σελίδας.....	25
Εικόνα 3.5 Ρυθμίσεις κεφαλής Laser.....	25
Εικόνα 3.6 Κοπή σε ξύλο 6mm.....	27
Εικόνα 3.7 Χάραξη γραμμάτων σε ξύλο.....	28
Εικόνα 3.8 Σάρωση.....	28
Εικόνα 4.1 Λογότυπο ΤΕΙ Ηπείρου.....	30
Εικόνα 4.2 Προετοιμασία μακέτας βήμα 1 ^ο	30
Εικόνα 4.3 Προετοιμασία μακέτας βήμα 2 ^ο	31
Εικόνα 4.4 Προετοιμασία μακέτας βήμα 3 ^ο	31
Εικόνα 4.5 Προετοιμασία μακέτας βήμα 4 ^ο	32
Εικόνα 4.6 Τελική μορφή μακέτας.....	32
Εικόνα 4.7 Προεπισκόπηση μακέτας.....	33
Εικόνα 4.8 Τοποθέτηση υλικού με μαγνήτες.....	34
Εικόνα 4.9 Σωστή απόσταση ακροφυσίου από επιφάνεια υλικού.....	35
Εικόνα 4.10 Τοποθέτηση κεφαλής στο σωστό σημείο.....	36
Εικόνα 4.11 Εκκίνηση εργασίας.....	36
Εικόνα 4.12 Τέλος εργασίας.....	37
Εικόνα 4.13 Τελικό σχέδιο.....	37
Εικόνα 4.14 Συναρμολόγηση ρολογιού.....	38
Εικόνα 4.15 Τελική Μορφή Εργασίας.....	38

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγικά

1.1 Εργαλειομηχανές

Εργαλειομηχανές ή μηχανικά εργαλεία ονομάζουμε τις μηχανές με τις οποίες επεξεργαζόμαστε διάφορα κομμάτια και τους δίνουμε τη μορφή που επιθυμούμε. Οι μηχανές αυτές δηλαδή αντικαθιστούν τα εργαλεία του χεριού, κάνουν την παραγωγή μεγαλύτερη, δίνουν μεγαλύτερη ακρίβεια στις κατασκευές και ελαττώνουν την χειρωνακτική εργασία. Εργαλειομηχανές υπάρχουν για όλες τις εργασίες. Για την εργασία του μηχανουργού υπάρχει ο τόρνος, η πλάνη κλπ, ενώ για τον ξυλουργό είναι η πριονοκορδέλλα, η ξεχονδριάστρα κλπ.

Υπάρχει μια μεγάλη κατηγορία εργαλειομηχανών που ονομάζεται γενικής χρήσεως. Εργαλειομηχανές γενικής χρήσεως είναι μηχανές που είναι κατασκευασμένες για να εκτελούν διάφορες εργασίες της κατηγορίας τους. Για τους σκοπούς της εργασίας αυτής θα περιγράψουμε τις βασικές εργαλειομηχανές γενικής χρήσεως: Το δράπανο, την πλάνη, τον τόρνο, την φραιζομηχανή, το πριόνι.

Ανάλογα με την κίνησή τους οι εργαλειομηχανές κατατάσσονται σε περιστροφικής κινήσεως (τόρνος, δράπανο, φραιζομηχανή) και ευθύγραμμης κινήσεως (πλάνη, πριόνι). Την κίνησή τους παίρνουν από ηλεκτροκινητήρες. Η μετάδοση της κίνησης γίνεται ή με λουριά ή με οδοντωτούς τροχούς (γρανάζια)

1.2 Βασικές εργαλειομηχανές γενικής χρήσεως

- Δράπανα

Το δράπανο είναι εργαλειομηχανή που αποτελείται από τρία κύρια μέρη: α) το σώμα, πάνω στο οποίο στηρίζονται και εργάζονται όλα τα υπόλοιπα εξαρτήματα, β) τον μηχανισμό συγκρατήσεως του τρυπανιού και γ) τα μέσα συγκρατήσεως του κομματιού. Κύριο μέρος του σώματος του δράπανου είναι η άτρακτός του, η οποία περιστρέφεται και μαζί της περιστρέφει το τρυπάνι. Κάτω από την άτρακτο βρίσκεται ο μηχανισμός με τον οποίο συγκρατούμε τα κομμάτια που θέλουμε να τρυπήσουμε. Το κομμάτι που θέλουμε να τρυπήσουμε το τοποθετούμε πάνω στο τραπέζι του δράπανου, όπου και το ασφαλίζουμε για την κατεργασία. Τα εξαρτήματα με τα οποία ανοίγουμε τις τρύπες είναι τα τρυπάνια. Υπάρχουν πολλά είδη, που κάνουν διαφορετικές δουλειές. Τα πιο διαδεδομένα είναι τα ελικοειδή τρυπάνια.



Εικόνα 1.1 Επιτραπέζιο Δράπανο

- Πλάνη

Η πλάνη είναι εργαλειομηχανή κοπής, την οποία χρησιμοποιούμε κυρίως υλικό για να αφαιρούμενυλικό από επίπεδες επιφάνειες. Η κατεργασία αυτή λέγεται πλάνισμα. Ανάλογα με το κατά πόσο η κίνηση στις πλάνες είναι οριζόντια ή κατακόρυφη οι πλάνες διαιρούνται σε οριζόντιες ή κατακόρυφες. Η πλάνη αποτελείται από τρία κύρια μέρη α) το σώμα, β) την κεφαλή και γ) το τραπέζι. Το σώμα είναι κατασκευασμένο από χυτοσίδηρο, επάνω και μέσα σ' αυτό είναι τοποθετημένοι οι μηχανισμοί. Η κεφαλή βρίσκεται στο εσωτερικό και αποτελείται από ζεύγος γραναζιών. Ένα σημείο της κεφαλής, που ονομάζεται εργαλειοφορείο, φέρει το κοπτικό εργαλείο. Στο τραπέζι της πλάνης στερεώνουμε το κομμάτι που θα πλανίσουμε. Το εργαλείο κοπής στην πλάνη ονομάζεται χούφτα



Εικόνα 1.2 Πλάνη

- Τόρνος

Ο τόρνος είναι μια εργαλειομηχανή με την οποία κατεργαζόμαστε κομμάτια κυλινδρικά, κωνικά και επίπεδα. Είναι η περισσότερο διαδεδομένη εργαλειομηχανή από εκείνες που κατεργάζονται ένα κομμάτι αφαιρώντας υλικό. Η κύρια κίνησή του είναι περιστροφική. Την εργασία που κάνει την λέμε τρνάρισμα. Ο τόρνος αποτελείται από τρία μέρη: α) Το σώμα. Το κύριο μέρος του σώματος είναι το κρεβάτι, β) το κιβώτιο ταχυτήτων το οποίο αποτελείται από την άτρακτο και το σύστημα αλλαγής ταχυτήτων και γ) το εργαλειοφορείο πάνω στο οποίο στερεώνουμε τα εργαλεία κοπής.



Εικόνα 1.3 Τόρνος

- Φρεζομηχανή

Η φρεζομηχανή είναι μια εργαλειομηχανή με την οποία κατεργαζόμαστε διάφορα κομμάτια με αφαίρεση υλικού. Με διάφορους συνδυασμούς στις κινήσεις και διαλέγοντας κάθε φορά τον κατάλληλο κοπτήρα μπορούμε να επιτύχουμε διάφορες κατεργασίες όπως κατεργασία επίπεδων ή καμπύλων επιφανειών, αυλακιών κ.λπ. Μπορούμε ακόμα να ανοίξουμε ή να μεγαλώσουμε τρύπες. Η φρεζομηχανή αποτελείται από το σώμα κοπτήρων και τα συγκροτήματα συγκρατήσεως κοπτήρων και κομματιών.



Εικόνα 1.4 Φρεζομηχανή

- Λειαντικές μηχανές

Η λείανση είναι ένα είδος επεξεργασίας που χρησιμοποιούμε για να αφαιρέσουμε υλικό από ένα κομμάτι με τη βοήθεια ενός περιστρεφόμενου τροχού από σκληρό υλικό. Οι λειαντικές εργαλειομηχανές κόβουν υλικό από το κομμάτι που κατεργαζόμαστε. Το κοπτικό εργαλείο είναι ένας τροχός (σφυριδοτροχός) που γυρίζει με μεγάλη ταχύτητα.



Εικόνα 1.5 Λειαντική Μηχανή

1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα εργαλειομηχανών

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ
• Αύξηση παραγωγής αγαθών	• Ανάγκη για εξειδικευμένες γνώσεις
• Μείωση μόχθου	• Μεγάλοκόστος αγοράς μηχανημάτων
• Μείωση κόστους	• Διαρκής συντήρηση
• Μείωση χρόνου παραγωγής	• Κίνδυνος λάθος χειρισμού
• Αυτοματοποίηση λειτουργιών	

Κεφάλαιο 2

CNC Laser Machine



Εικόνα 2.1 CNC Laser Machine

2.1 Τι είναι μια μηχανή CNC Laser

Οι CNC μηχανές (Computer Numerical Control) είναι μία εξαιρετική επιλογή για κοπή και χάραξη διάφορων υλικών. Ένας υπολογιστής μετατρέπει σε αριθμούς το σχεδιασμό που παράγεται από λογισμικό σχεδίασης (CAD). Οι αριθμοί μπορούν να θεωρηθούν ότι είναι οι συντεταγμένες ενός γραφήματος και ελέγχουν την κίνηση του κόπτη. Με αυτόν τον τρόπο ο υπολογιστής ελέγχει την κοπή και τη διαμόρφωση του υλικού. Με τις CNC μηχανές δηλαδή, χρησιμοποιώντας κωδικοποιημένες οδηγίες που στέλνονται σε έναν εσωτερικό υπολογιστή δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας βιομηχανικών εξαρτημάτων, χωρίς άμεση ανθρώπινη βοήθεια με ακρίβεια και

ταχύτητα. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι των μηχανών CNC, ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια ευρεία ποικιλία υλικών.

2.2 Η ιστορία του CNC Lasercut

Το πρώτο λέιζερ που σχεδιάστηκε για το σκοπό της παραγωγής εισήχθη από την εταιρία Western Electric το 1965. Όντας ένας ηγέτης στον τομέα της κατασκευής και των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, η εταιρία αυτή υπήρξε εδώ και πολλά χρόνια ένας οδηγός στην βιομηχανία, συμβάλλοντας σε προηγμένες μορφές παραγωγής. Η Western Electric άρχισε να χρησιμοποιεί λέιζερ ως τρόπο τρυπήματος σε διαμάντια το 1965, και η τεχνολογία απογειώθηκε από εκεί.

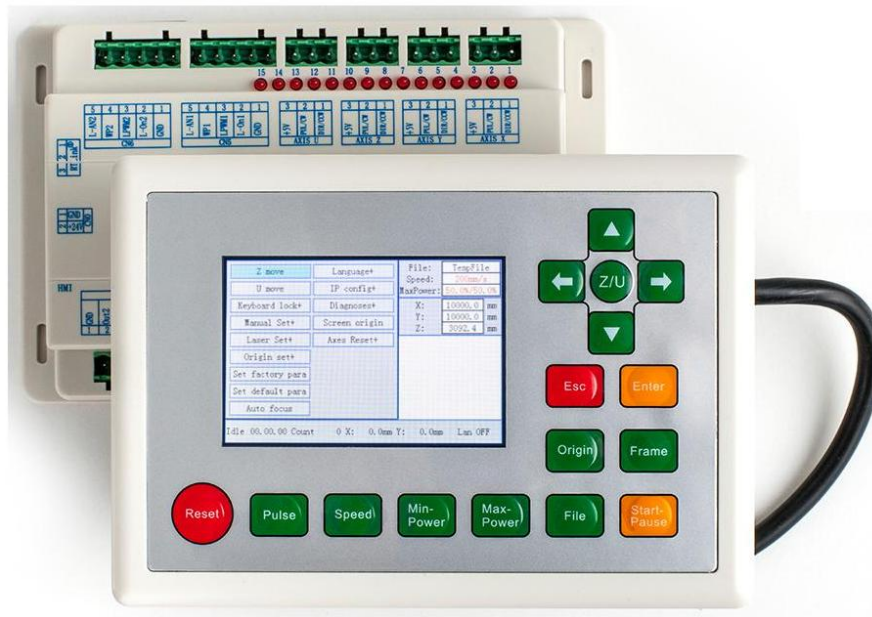
Μέχρι το Μάιο του 1967 (μόλις δύο χρόνια αργότερα), ένας γερμανός επιστήμονας ο Peter Houldcroft είχε αρχίσει να αναπτύσσει το δικό του ακροφύσιο κοπής με λέιζερ. Αυτό το ακροφύσιο χρησιμοποιούσε μία δέσμη λέιζερ CO₂ (διοξειδίου του άνθρακα) και ένα βοηθητικό αέριο οξυγόνου για να πειραματιστεί με βιομηχανική κοπή. Χάρη σε αυτά τα πειράματα, ο Houldcroft έγινε ο πρώτος που χρησιμοποίησε την κοπή με λέιζερ για να κόψει ένα φύλλο χάλυβα 1mm. Η Western Electric ακολούθησε γρήγορα αυτές τις εξελίξεις, βελτιώνοντας την τεχνολογία του Houldcroft - αρκετά σύντομα, τα λέιζερ πωλούνταν σε εταιρείες για βιομηχανικές εφαρμογές.

Το 1969, η εταιρεία Boeing κυκλοφόρησε ένα έγγραφο με το οποίο συζητούσε τις δυνατότητες χρήσης κοπής με λέιζερ σε σκληρότερα υλικά - όπως το κεραμικό και το τιτάνιο. Το έγγραφο πρότεινε ότι, με σημαντική ανάπτυξη, η κοπή με λέιζερ θα μπορούσε να αποτελέσει ένα αποτελεσματικό εργαλείο για βιομηχανική κοπή. Αυτό το πρωτοποριακό χαρτί ώθησε πολλές εταιρείες στο να αρχίσουν να αξιολογούν τις δυνατότητες κοπής με λέιζερ εις βάθος .

Καθώς προωθήθηκαν οι τεχνικές κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, εμφανίστηκαν νέες δυνατότητες στην τεχνική της σύντηξης με λέιζερ και η πρώτη συσκευή Stero Lithography, η οποία επέτρεψε στις εταιρείες να δημιουργήσουν γρήγορα πρωτότυπα για τη μελλοντική τεχνολογία. Μέχρι τη στιγμή που έφτασε η χιλιετία, υπήρχαν πολυάριθμες τεχνικές και πολλές μέθοδοι, αυξάνοντας τα πρότυπα στην κοπή με λέιζερ.

2.3 Σύστημα διαχείρισης RDC644XG

Το σύστημα RDC644XG είναι ένα σύστημα νέας γενιάς για τον έλεγχο της χάραξης και κοπής με λέιζερ. Αυτό το σύστημα παρέχει μια πολύ ισχυρή λειτουργία λογισμικού που περιλαμβάνει τέλεια λειτουργία ελέγχου κίνησης σε τέσσερις άξονες, αποθήκευση αρχείων μεγάλης χωρητικότητας δύο καναλιών ρυθμιζόμενης ισχύος του λέιζερ. Το σύστημα αυτό επικοινωνεί με τον υπολογιστή μέσω USB ή ETHERNET καλωδίου.



Εικόνα 2.2 Ruida Controller RDC644XG



Επαναφέρει την κεφαλή του Laser στο σημείο 0,0 των αξόνων .



Ορίζει το σημείο από το οποίο θα ξεκινήσει η κοπή .



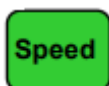
Εκπέμπει έναν παλμό ακτίνας Laser



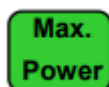
Υποδεικνύει την περιοχή που θα γίνει η ενέργεια κοπής ή χάραξης επάνω στην επιφάνεια του τραπέζιού



Γίνετε η διαχείριση των αρχείων που υπάρχουν στη μνήμη



Μεταβάλλει την ταχύτητα των πλήκτρων κατεύθυνσης



Ρυθμίζει την μέγιστη ισχύ Laser στην τρέχουσα εργασία



Ρυθμίζει την ελάχιστη ισχύ Laser στην τρέχουσα εργασία



Ξεκινάει ή διακόπτει μία εργασία



Μετακινεί τον άξονα X δεξιά και αριστερά



Μετακινεί τον άξονα Y επάνω και κάτω



Γίνετε τροποποίηση του συστήματος διαχείρισης



Διακοπή εργασίας / Έξοδος από μενού



Επιβεβαίωση ενέργειας

2.4 Εξωτερικές συσκευές

Για τη λειτουργία της μηχανής είναι απαραίτητο να συνδεθούν δύο εξωτερικές συσκευές. Ένας εξαερισμός και ένα σύστημα υδρόψυξης

- Σύστημα υδρόψυξης: Όταν λειτουργεί το η πηγή laser παράγει μεγάλη ποσότητα θερμότητας. Το σύστημα υδρόψυξης έχει την δυνατότητα να ψύξει και να ρυθμίσει την θερμοκρασία έξυπνα ,για να διατηρηθεί η θερμοκρασία εντός μίας ορισμένης περιοχής, ώστε να διασφαλιστεί η σταθερότητα της λειτουργίας του laser. Για ένα σωλήνα laser 50watt , μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την αντλία νερού (στάνταρ εξάρτημα που έρχεται μαζί με την μηχανή κοπής laser) για να ψύξουμε το σωλήνα. Ωστόσο η αντλία νερού δεν έχει την ικανότητα για ψύξη. Αν χρησιμοποιήσουμε μεγαλύτερη ισχύ (για παράδειγμα πάνω από 80w) σωλήνα για εργασία κοπής και χάραξης, η θερμοκρασία του νερού θα αυξηθεί όση ώρα λειτουργεί το laser. Με αυτό τον τρόπο, η αυξημένη θερμοκρασία θα επηρεάσει την σταθερότητα του σωλήνα laser και θα μειώσει την ποιότητα επεξεργασίας της δέσμης του laser, μπορεί επίσης να προκαλέσει διαρροή του CO2 (διοξείδιο του άνθρακα) από το γυάλινο σωλήνα και στο τέλος να χαλάσει ο σωλήνας. Ως εκ τούτου, προτείνεται η χρήση συστήματος υδρόψυξης (chiller) σαν σύστημα ψύξης

όταν έχουμε σωλήνα laser μεγαλύτερο από 80 watt. Από τη στιγμή που ο ψύκτης νερού έχει ικανότητα ψύξης τότε μπορούμε να ρυθμίσουμε την θερμοκρασία έξυπνα μέσα σε ένα συγκεκριμένο εύρος , ώστε να διασφαλιστεί η σταθερότητα εργασίας του laser , να μειωθεί η διαρροή του αέρα και να βελτιωθεί η διάρκεια ζωής του σωλήνα laser. Είναι πολύ σημαντικό να γίνετε σωστή ροή του νερού που ψύχετε μέσα στην πηγή για να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία της . Ανάλογα με τη διαφορετική ισχύ του σωλήνα laser και τις διαφορετικές εφαρμογές, παρέχονται διαφορετικά μοντέλα ψυκτών νερού (chiller).



Εικόνα 2.3 Σύστημα υδρόψυξης

- Εξαερισμός: Κατά τις καύσεις αιωρούνται άκαυστα σωματίδια, λόγω ατελούς καύσεως της καιγόμενης ύλης, καπνός, αιθάλη, άκαυστοι υδρογονάνθρακες, αλδεΐδες, υδρατμοί και διάφορα ρυπογόνα αέρια τα οποία είναι επιβλαβή για τον ανθρώπινο οργανισμό. Γι' αυτό το λόγω απαιτείται ένα καλό σύστημα εξαερισμού το οποίο αποτρέπει όλες τις παραπάνω ουσίες να εισβάλουν στον ανθρώπινο οργανισμό. Όσο πιο δυνατό είναι το σύστημα εξαερισμού τόσο καλύτερα αποτελέσματα επιφέρει. Παρόλα αυτά συνιστάται πάντα η χρήση μάσκας. Ο εξαερισμός αποτρέπει επίσης τον καπνό να λερώσει το ακροφύσιο. Αν λερωθεί το ακροφύσιο καθώς και ο φακός εστίασης δεν μπορεί να γίνει σωστή κοπή .



Εικόνα 2.4 Απορροφητήρας

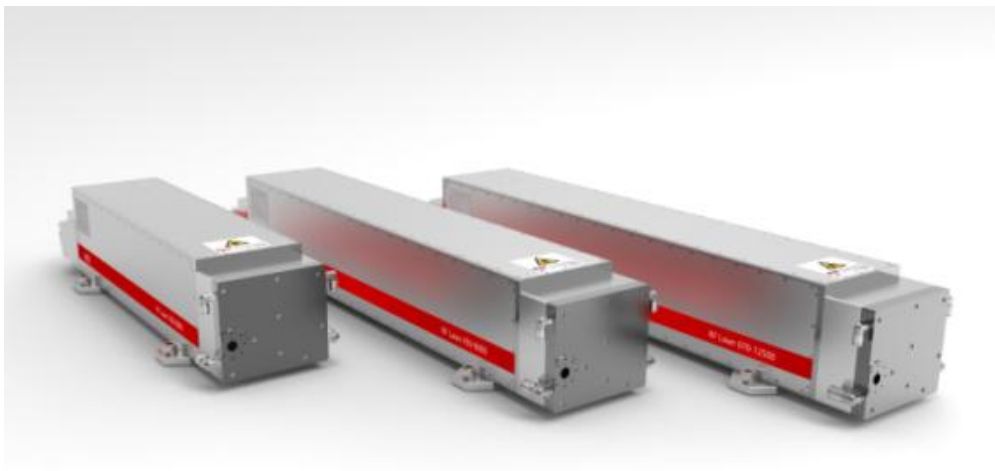
2.5 Βασικές αρχές κοπής με laser

2.5.1 Πηγή laser

Το LASER είναι μονοχρωματική ενισχυμένη ακτίνα φωτός με εξαναγκασμένη εκπομπή ακτινοβολίας. Παράγεται από μία πηγή (γεννήτρια) που εκπέμπει ακτινοβολία (φως, στο υπέρυθρο φάσμα) που είναι σύμφωνη (χωρίς διαφορά φάσης), πολωμένη, μονοχρωματική (δηλαδή φως με συγκεκριμένο μήκος κύματος/χρώμα) η οποία διαδίδεται σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, σχηματίζοντας στενές δέσμες. Γενικά είναι ακτινοβολία συγκεκριμένων, πολύ γειτονικών, συχνοτήτων. Παρ' όλα αυτά, υπάρχουν και laser που εκπέμπουν πλατύ φάσμα συχνοτήτων ή πολλές διαφορετικές μεμονωμένες συχνότητες συγχρόνως. Αυτή η εξαιρετικά ισχυρή ακτίνα, εστιασμένη από σύστημα κατόπτρων και φακών, και υποβοηθούμενη από την μεγάλη ταχύτητα ροή κάποιων αερίων, προσβάλλει και λιώνει ελεγχόμενα το υλικό που θέλουμε να κόψουμε. Υπάρχουν πολλών ειδών πηγές με τις πιο διαδεδομένες να είναι η Co₂ γυάλινη πηγή (βλ. Εικόνα 2.5), δηλαδή πηγή ενέργειας που χρησιμοποιεί διοξείδιο του άνθρακα για να παράγει ακτίνα μέσα σε ένα γυάλινο σωλήνα, και οι RF πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούν πάλι το διοξείδιο του άνθρακα σαν αέριο κοπής αλλά προορίζονται κυρίως για την κοπή μεταλλικών υλικών καθώς και για την κοπή λεπτών μεταλλικών φύλλων (βλ. Εικόνα 2.6). Τα τελευταία χρόνια λόγω της ραγδαίας εξέλιξης της βιομηχανικής ζώνης, έχουν δημιουργηθεί πηγές οπτικών ινών και υψηλής ισχύος. Αυτές οι πηγές χρησιμοποιούνται κυρίως από εταιρείες κολοσσούς της βιομηχανίας (βλ. Εικόνα 2.7)



Εικόνα 2.5 Πηγή ενέργειας Co₂ (Co₂ LaserTube) της εταιρείας EFR



Εικόνα 2.6 Πηγή ενέργειας τύπου RF της εταιρείας Reci



Εικόνα 2.7 Πηγή ενέργειας οπτικών ινών της εταιρείας Reci

2.5.2 Ισχύς του laser

Η ισχύς του laser πρέπει να προσαρμόζεται στον τύπο και το πάχος του αντικειμένου που δουλεύουμε. Η μείωση της ισχύος μπορεί να είναι αναγκαία για να πετύχουμε μεγάλη ακρίβεια όταν κόβουμε πολύπλοκα σχήματα ή πολύ μικρά κομμάτια. Αντιθέτως, ισχύς laser τουλάχιστον 1000W είναι απαραίτητη για να κόψουμε φύλλο ανθρακούχου χάλυβα παχύτερο από 8mm.

2.5.3 Η συχνότητα των παλμών

Όπως συμβαίνει και με την ισχύ, έτσι και η συχνότητα των παλμών πρέπει να ταιριάζει με την ειδική κάθε φορά εργασία κοπής. Για παράδειγμα, συνιστάται η κοπή των μικρών σχημάτων να γίνεται με μειωμένη συχνότητα παλμών. Η συχνότητα παλμών μειώνεται όταν κάνουμε διάτρηση. Η διάτρηση μπορεί να γίνει με πλήρη ισχύ ή σιγά-σιγά. Με αυτή την μέθοδο η ισχύς του laser αυξάνει σιγά-σιγά, διατηρείται σταθερή μέχρι να ολοκληρωθεί η διάτρηση, και μετά βαθμιαία ξαναπέφτει.

2.5.4 Τύπος του αερίου κοπής

Ο τύπος του αερίου και οι απαιτήσεις της ποιότητας κοπής είναι παράγοντες αποφασιστικοί για τον τύπο του αερίου που θα χρησιμοποιηθεί. Εύφλεκτα υλικά, όπως το ξύλο, δεν μπορούν π.χ., να κοπούν με οξυγόνο, αφού το κομμάτι που κόβουμε θα έπιανε φωτιά. Το Οξυγόνο θα έπρεπε να χρησιμοποιείται μόνο σε μεταλλικά κομμάτια με επιφάνεια κοπής απαλλαγμένη από οξείδια. Το Οξυγόνο

δημιουργεί μία λεπτή επιφάνεια οξείδωσης κατά την εξώθερμη καύση του υλικού. Οι περισσότερες πηγές ενέργειας χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα (CO_2). Σε περίπτωση απώλειας του αερίου είναι αδύνατο να λειτουργήσει η πηγή ενέργειας και απαιτείται αντικατάσταση της πηγής ή αν είναι εφικτό συμπλήρωση του αερίου.

2.5.5 Η πίεση του αερίου κοπής

Το πάχος του φύλλου του υλικού που δουλεύουμε πρέπει να ταιριάζει με την πίεση του αερίου. Όταν κόβουμε με πυρσό, τα λεπτά μεταλλικά κομμάτια κόβονται με υψηλότερη πίεση αερίου από ότι τα χοντρά. Η πίεση του αερίου πρέπει να ρυθμίζεται πολύ προσεκτικά, γιατί ακόμα και ελάχιστες αλλαγές στην πίεση του οξυγόνου επηρεάζουν την ποιότητα κοπής. Αν η πίεση είναι πολύ χαμηλή, τα υγρά προϊόντα της οξείδωσης παραμένουν στη βάση του υλικού που κόβουμε δημιουργώντας μόνιμο γρέζι που μερικές φορές ξανακλείνει το αυλάκι κοπής. Αν η πίεση είναι υπερβολικά υψηλή οι κάτω άκρες της κοπής καίγονται και τις περισσότερες φορές η εργασία αχρηστεύεται.

2.5.6 Διάμετρος και τύπος του ακροφυσίου (beck)

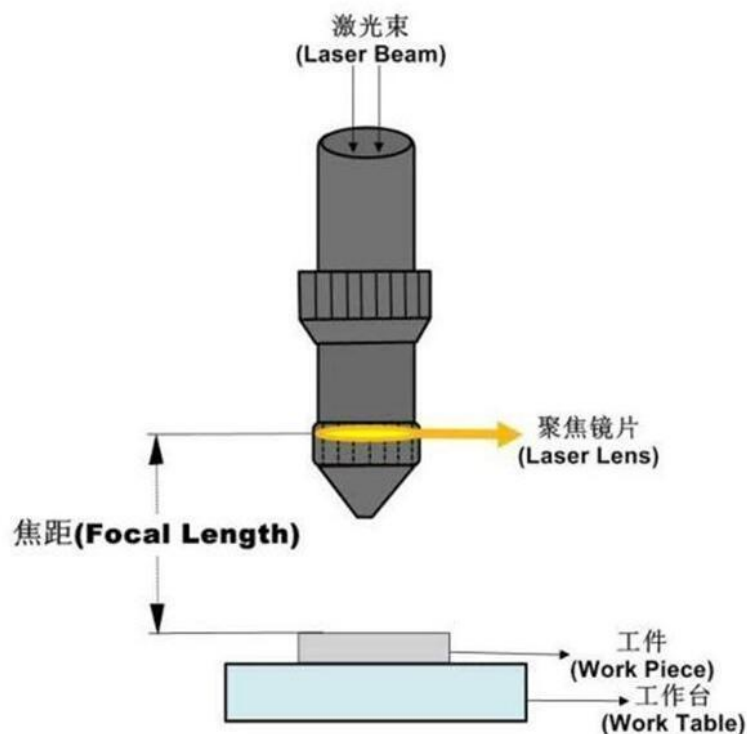
Η επιλογή του σωστού ακροφυσίου για την εκπομπή του αερίου στη κοπή είναι πολύ σημαντική παράδειγμα, στην κοπή υψηλότερης πίεσης χρησιμοποιούνται ακροφύσια με μεγαλύτερο στόμιο απ' ότι στην κανονική κοπή. Παραμορφωμένο στόμιο, π.χ. σχήματος ωοειδούς μετά από κάποια σύγκρουση, έχει το ίδιο αποτέλεσμα με μία κακά εστιασμένη έκκεντρη ακτίνα Laser, δηλαδή κοπή που έχει λάθη κατευθυντικότητας. Αν το ακροφύσιο είναι λίγο μεγαλύτερο, η κοπή καταναλώνει περισσότερο αέριο, αλλά η ποιότητά της δεν επηρεάζεται αρνητικά σε αισθητό βαθμό. Αν το ακροφύσιο είναι πολύ μικρό, η κοπή δεν είναι καθαρή και τα υγρά οξείδια κολλάνε στην κάτω άκρη της επιφάνειας κοπής. Σε ακραίες περιπτώσεις η κοπή δεν ολοκληρώνεται και τα αντικείμενα παραμένουν ενωμένα με τη λαμαρίνα.



Εικόνα 2.8 Ακροφύσιο

2.5.7 Απόσταση μεταξύ του ακροφυσίου κοπής και της επιφάνειας υλικού

Η απόσταση του ακροφυσίου από την επιφάνεια του φύλλου που κόβουμε διατηρείται στην προγραμματισμένη τιμή με κάποιο σύστημα ελέγχου του ύψους χωρίς να έρχεται σε επαφή με το κομμάτι που δουλεύουμε. Η απόσταση αυτή είναι πολύ σημαντική για την ποιότητα κοπής όταν κόβουμε με Laser. Κατ' αρχήν, όσο μικρότερη είναι, τόσο καλύτερα τα ποιοτικά αποτελέσματα κοπής. Όμως, για λόγους ασφαλείας των εργαλείων, μία ελάχιστη απόσταση, περίπου 0,65mm, είναι συνετό να τηρείται. Όταν ξετρυπάμε, η απόσταση αυτή ορίζεται να είναι ίση ή μεγαλύτερη με αυτήν και εξαρτάται από το πάχος του φύλλου και τον τρόπο που κάνουμε τη διάτρηση. Από προσωπική εμπειρία έχει παρατηρηθεί ότι η σωστή απόσταση μεταξύ ακροφυσίου και του υλικού κοπής υπάρχει όταν σχεδιάσουμε μία ευθεία γραμμή στο υλικό μας και αυτή η γραμμή είναι λεπτή. Για να το διαπιστώσουμε αυτό πρέπει να γίνουν αρκετά testsέτσι ώστε να πετύχουμε την ιδανική κοπή .



Εικόνα 2.9 Απεικόνιση απόστασης ακροφυσίου με υλικό κοπής

2.5.8 Εστιακή απόσταση των οπτικών εστίασης

Τα οπτικά εστίασης της ακτίνας laser είναι κυρίως φακοί σεληνιούχου ψευδαργύρου (ZnSe) (βλ. Εικόνα 2.9) ή φακοί αρσενιούχου γαλλίου (GaAs) (βλ. Εικόνα 2.10). Τα οπτικά εστίασης εστιάζουν την ακτίνα σε ένα μόνο σημείο περνώντας από το στόμιο του ακροφυσίου. Ο φακός εστίασης πρέπει να διατηρείται καθαρός. Οποιαδήποτε ρύπανσή του συμβάλλει στην αύξηση της θερμοκρασίας του, αφού απορροφάτε μεγαλύτερο ποσοστό της ακτινοβολίας του laser, με αποτέλεσμα την παραμόρφωσή του. Αν συμβεί αυτό η εστία ανεβαίνει ψηλότερα. Πολύ μεγάλη ρύπανση οδηγεί στην καταστροφή του φακού. Οποιαδήποτε παραμόρφωση του φακού έχει αποτέλεσμα να σχηματίζεται γρέζι και να αυξάνεται ο βαθμός ανωμαλίας στις επιφάνειες κοπής. Στον ανθρακούχο χάλυβα δημιουργείται το φαινόμενο της δημιουργίας μικροκρατήρων μέσα στη μάζα του μετάλλου δημιουργούνται σημεία τήξης και αεριοποίησης του υλικού, οπότε η ποσότητα του αεριοποιημένου υλικού “σκάει” προς τα επάνω, το υλικό που βρίσκεται δίπλα στο σημείο που δημιουργήθηκε το κενό ρέει για να το γεμίσει, και δημιουργείται μικρός κρατήρας που στερεοποιείται και παραμένει όταν η λαμαρίνα κρυώσει. Για τις εστιακές αποστάσεις συνήθως για την κοπή χρησιμοποιούνται οπτικά συστήματα με εστιακή απόσταση 12,7mm και 19mm. Τα συστήματα με εστία στα 12,7mm χρησιμοποιούνται για κοπή λεπτών υλικών. Για παχύτερα υλικά χρησιμοποιούνται οπτικά με εστιακή απόσταση στα 19mm. Η

μικρότερη εστιακή απόσταση στα λεπτά υλικά έχει αποτέλεσμα στενότερο αυλάκι κοπής και μεγαλύτερη συγκέντρωση ισχύος για την ίδια ισχύ της γεννήτριας laser. Σαν συνέπεια, οι ταχύτητες που μπορούμε να κόψουμε με τα οπτικά των 12,7mm είναι ελαφρά μεγαλύτερες για το ίδιο πάχος υλικού και ισχύ της γεννήτριας. Αν κόβουμε κυρίως λεπτά υλικά, τα οπτικά με εστιακή απόσταση 12,7mm συνιστώνται, γιατί είναι πιο οικονομικά.



Εικόνα 2.10 Φακός σεληνιούχου ψευδαργύρου (ZnSe)



Εικόνα 2.11 Φακός αρσενιούχου γάλλιου (GaAs)

2.5.9 Η θέση της εστίας σε σχέση με το υλικό

Η ακριβής τοποθέτηση της εστιακής απόστασης, είναι σημαντική προϋπόθεση για καλά αποτελέσματα κοπής. Χονδρικά ισχύουν τα παρακάτω για την κοπή οξείδωσης ανθρακούχου χάλυβα:

α) Για πάχος φύλλου μέχρι 6mm η καλύτερη εστίαση γίνεται στην επιφάνεια του υλικού που θα κόψουμε ($f=0$).

β) Για πάχος φύλλου πάνω από 8mm, η καλύτερη εστίαση γίνεται πάνω από την επιφάνεια του υλικού που θα κόψουμε ($f>0$).

γ) Κοπή υψηλής πίεσης ανοξείδωτου χάλυβα και αλουμινίου: Η εστία τοποθετείται μέσα στο φύλλο ($f<0$)

2.5.10 Το κεντράρισμα της δέσμης σε σχέση με το ακροφύσιο

Ο φακός εστίασης πρέπει να ρυθμίζεται έτσι ώστε η εστιασμένη ακτίνα laser να είναι στο κέντρο του στομίου του ακροφύσιου. Η μέγιστη επιτρεπόμενη απόκλιση από το κέντρο του ακροφύσιου είναι της τάξης του μισού εκατοστού του χιλιοστομέτρου (0,05mm). Η κατεύθυνση προς την οποία βρίσκεται η λάθος κεντραρισμένη δέσμη laser λέγεται “Κατεύθυνση Εκκεντρικότητας”. Αν όλες οι άλλες ρυθμίσεις είναι σωστές αλλά η δέσμη laser δεν είναι κεντραρισμένη, έχουμε προβλήματα κατευθυντικότητας της κοπής. Αυτό σημαίνει πως η κοπή είναι πολύ καλή προς κάποια κατεύθυνση, αλλά προς τις άλλες κατευθύνσεις είναι κακή, σε ακραίες περιπτώσεις δεν ολοκληρώνεται και το αντικείμενο δεν αποσπάται από την λαμαρίνα.

2.5.11 Η ταχύτητα κοπής

Η ταχύτητα κοπής πρέπει να αντιστοιχεί στον τύπο και το πάχος του υλικού του αντικειμένου της δουλειάς μας. Μικρότερη ή μεγαλύτερη ταχύτητα έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση της “αγριάδας” της επιφάνειας κοπής, δημιουργία γρεζιού και μεγάλες γραμμές πάνω στην επιφάνεια κοπής, τις “γραμμές υστέρησης”, καθώς ο πυρσός φεύγει από το σημείο κοπής γρηγορότερα απ' ό,τι θα χρειαζόταν για να την ολοκληρώσει.

2.5.12 Το υλικό

Λαμαρίνες σιδήρου και χάλυβα: Οι ιδανικές για κοπή με laser λαμαρίνες χάλυβα είναι ελεύθερες εσωτερικών τάσεων και με πολύ μικρές προσμίξεις πυριτίου, φωσφόρου και άνθρακα. Τέτοιο υλικό μπορεί να κοπεί με μεγάλες ταχύτητες και με ποιότητα κοπής πολύ καλή, επιφάνεια κοπής καθαρή και χωρίς γρέζι. Εάν η λαμαρίνα έχει μεγάλες προσμίξεις άνθρακα δημιουργείται στην επιφάνεια κοπής μία επιφανειακή σκλήρυνση. Χάλυβας με μεγάλες προσμίξεις είναι δυσκολότερο να κοπεί από χάλυβα με μικρές προσμίξεις. Μη σιδηρούχα μέταλλα: Εξαιτίας της μεγάλης ανακλαστικότητας και θερμικής αγωγιμότητας, τα κράματα αλουμινίου κόβονται σε πάχος μόνο περίπου το 30% του πάχους που κόβεται ο χάλυβας. Η ποιότητα κοπής εξαρτάται από τον τύπο του κράματος. Συνήθως βλέπουμε βελτίωση όταν αυξάνει το ποσοστό των προσμίξεων. Ο χαλκός και ο ορείχαλκος κόβονται σε περιορισμένο βαθμό, εξαιτίας της μεγάλης ανακλαστικότητας και θερμικής αγωγιμότητάς τους. Το μέγιστο πάχος φύλλου ορείχαλκου που κόβεται είναι περίπου 2mm και για τον χαλκό το 1mm. Προσοχή: Οι χειριστές πρέπει να φέρουν εξοπλισμό προστασίας ενάντια στην ανακλώμενη ακτινοβολία. Ο χρυσός και ο άργυρος δεν μπορούν πρακτικά να κοπούν με ακτίνα laser. Μη μεταλλικά υλικά: Η συμπεριφορά των μη μεταλλικών υλικών στην κοπή από laser πρέπει να ελέγχεται ξεχωριστά σε κάθε ειδική περίπτωση. Γενικά μπορούμε να πούμε πως: Φυσικά οργανικά υλικά όπως το δέρμα, το ξύλο, το πεπιεσμένο χαρτόνι και το χαρτί μπορούν να κοπούν με καλά αποτελέσματα, αλλά με έναν ελαφρύ αποχρωματισμό της επιφάνειας κοπής οφειλόμενο στην ενανθράκωση. Οργανικά συνθετικά όπως το ακρυλικό (πλεξιγκλάς/φάιμπεργκλάς), το PVC και η πολυουρεθάνη μπορούν να κοπούν με καλά αποτελέσματα αλλά πρέπει να παίρνουμε ειδικά προφυλακτικά μέτρα για την παγίδευση και απαγωγή των επικίνδυνων για την υγεία καπναερίων που 23 παράγονται. Προσοχή: Τα συστήματα συλλογής και απαγωγής των καπναερίων που είναι σχεδιασμένα για την κοπή μετάλλων δεν επαρκούν για την κοπή οργανικών συνθετικών υλικών. Ανόργανα υλικά όπως κρύσταλλο ή κεραμικά μπορούν να κοπούν αλλά πρέπει να πάρουμε ειδικές προφυλάξεις για να μην ραγίσουν από την τοπική επενέργεια θερμότητας.

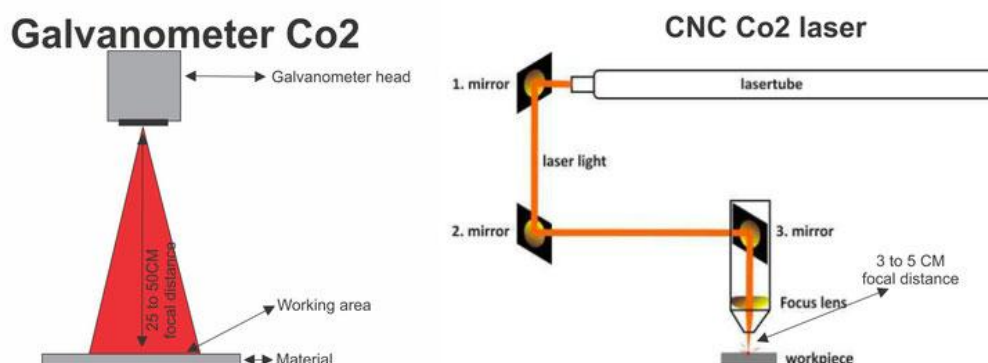
2.5.13 Η επιφάνεια και το σχήμα που κόβουμε

Γυαλιστερές επιφάνειες, όπως για παράδειγμα τα φύλλα καθαρού αλουμινίου, αντανakλούν έντονα την ακτίνα laser και παρουσιάζουν, γι' αυτό το λόγο, φτωχά αποτελέσματα. Όταν κόβουμε με laser, σημάδια και δίπλες ρολαρίσματος, ή σφραγίδες και βουλιάγματα του φύλλου αντανakλούν τις ακτίνες laser και την ροή του αερίου προς τυχαίες κατευθύνσεις. Αυτό είναι πιο έντονο όταν δουλεύουμε μεγάλου πάχους λαμαρίνα και έχει ως αποτέλεσμα επιφάνειες κοπής με υπολείμματα και ταχύτητα / απόδοση της μηχανής μειωμένη. Επικάλυψη με σπρέι και χρώμα ή πλαστικό φύλλο επηρεάζουν τα αποτελέσματα κοπής. Το ίδιο και η μη αποξειδωμένη επιφάνεια φύλλων λαμαρίνας θερμής έλασης. Αυτό γιατί τα σωματίδια των οξειδίων,

διαφόρων μεγεθών, που καλύπτουν τη λαμαρίνα δεν επιτρέπουν στην ακτίνα να προσβάλει κατ' ευθείαν την επιφάνεια. Το αέριο κοπής που περιβάλλει την ακτίνα υφίσταται και αυτό περίθλαση και απομακρύνεται προς διάφορες κατευθύνσεις. Υπολείμματα κόκκων άμμου σε επιφάνειες που έχουν καθαριστεί με αμμοβολή εμποδίζουν την ακτίνα laser και το ανώμαλο πυραμιδοειδές σχήμα τους διαχέει το αέριο κοπής προς όλες τις κατευθύνσεις. Επιπρόσθετα, η άμμος περιέχει πυρίτιο που προκαλεί, και αυτό, προβλήματα όταν κόβουμε με laser. Η ανώμαλη επιφάνεια των ελασμάτων που έχουν δουλευτεί με κάποια τεχνική λείανσης μπορεί επίσης να δυσκολέψει την ανεμπόδιστη ροή του αερίου προς αυτήν. Μικρές στερεοποιημένες σφαίρες από πιτσιλίσματα λιωμένου υλικού κατά τη διαδικασία ξετρυπήματος έχουν την τάση να κολλάνε στην αμμοβολημένη ή αλλιώς κατεργασμένη επιφάνεια του ελάσματος και να προκαλούν ανωμαλίες στη διαδικασία κοπής ή, αν είναι λίγο μεγαλύτερα, όταν το ακροφύσιο έρχεται σε επαφή μαζί τους και η διαδικασία "κρασάρει". Αντίθετα, το λεπτό προστατευτικό στρώμα λαδιού που συχνά υπάρχει στη λαμαρίνα δεν εμποδίζει τη διαδικασία κοπής. Η επίστρωση με λάδι έχει θετικά αποτελέσματα κατά τη διαδικασία της διάτρησης με το 100% της ισχύος του Laser, γιατί μειώνεται σημαντικά η συγκέντρωση πάνω στο φύλλο των πιτσιλισμάτων του υλικού.

2.5.14 Το πάχος του υλικού

Όσο μεγαλώνει το πάχος του υλικού, τόσο μεγαλώνουν οι ανωμαλίες στην επιφάνεια κοπής μεταλλικών αντικειμένων και τόσο μεγαλύτερη είναι η απαιτούμενη ισχύς του laser. Όσο μεγαλώνει το πάχος του υλικού οι ταχύτητες κοπής, με την ίδια ισχύ της γεννήτριας laser, μειώνονται σημαντικά.



Εικόνα 2.12 Απεικόνιση διαδρομής της πηγής ενέργειας (Laser)

2.6 Πλεονεκτήματα-Μειονεκτήματα κοπής με Laser

Η τεχνολογία κοπής με laser παρουσιάζει τα ακόλουθα Πλεονεκτήματα:

- Υψηλή ακρίβεια.
- Εξαιρετική ποιότητα κοπής.
- Μεγάλη ταχύτητα κοπής.
- Κοπή πολλών διαφορετικών τύπων υλικών.
- Κοπή και χάραξη με το ίδιο εργαλείο
- . • Δυνατότητα κοπής σύνθετων γεωμετρικών σχημάτων
- Καμία επαφή ανάμεσα στο υλικό και το εργαλείο διαμόρφωσής του
- Εύκολος και άμεσος έλεγχος της ισχύος του laser που κάνει δυνατή την μείωση της ισχύος όταν κόβουμε απότομες και πολύ μικρές γωνίες.

Η τεχνολογία κοπής με laser παρουσιάζει τα ακόλουθα Μειονεκτήματα :

- Αναθυμιάσεις. Η κοπή πλαστικών υλικών παράγει τοξικούς καπνούς από το λιωμένο υλικό και απαιτεί καλά αεριζόμενο περιβάλλον.
- Περιορισμοί των υλικών κοπής. Δεν κόβεται με laser ο χαλκός και το αλουμίνιο γιατί αντανακλούν πολύ φως και έχουν μεγάλο πάχος . Επίσης εύθραυστα και διαφανή υλικά όπως το γυαλί και το κρύσταλλο.
- Απαιτείται υψηλή ενέργεια για την λειτουργία του laser.
- Ρυθμός παραγωγής. Ενώ η κοπή με laser είναι μια γρήγορη διαδικασία ο ρυθμός παραγωγής εξαρτάται από τον τύπο του laser, το πάχος και το είδος του υλικού.
- Υψηλό κόστος αγοράς μηχανής.

Κεφάλαιο 3

Σχεδιαστικό πρόγραμμα RDWorks



Εικόνα 3.1 RDWorkslogo

3.1 Εισαγωγή

Μέσω του προγράμματος κοπής και χάραξης RDWorks χρήστης απολαμβάνει ένα μεγάλο εύρος εργασιών. Το πρόγραμμα αυτό παρέχει όλα τα απαραίτητα εργαλεία για την επεξεργασία ενός σχεδίου και την υλοποίηση του σε μηχανήμα κοπής laser.

3.1.1 Συμβατά αρχεία

Το σχεδιαστικό πρόγραμμα RDWorks υποστηρίζει τους ακόλουθους τύπους αρχείων:

- Διανυσματικά αρχεία: dxf, ai, plt, dst, dsb και άλλα
- Bitmap αρχεία: bmp, jpg, gif, png, mng και άλλα

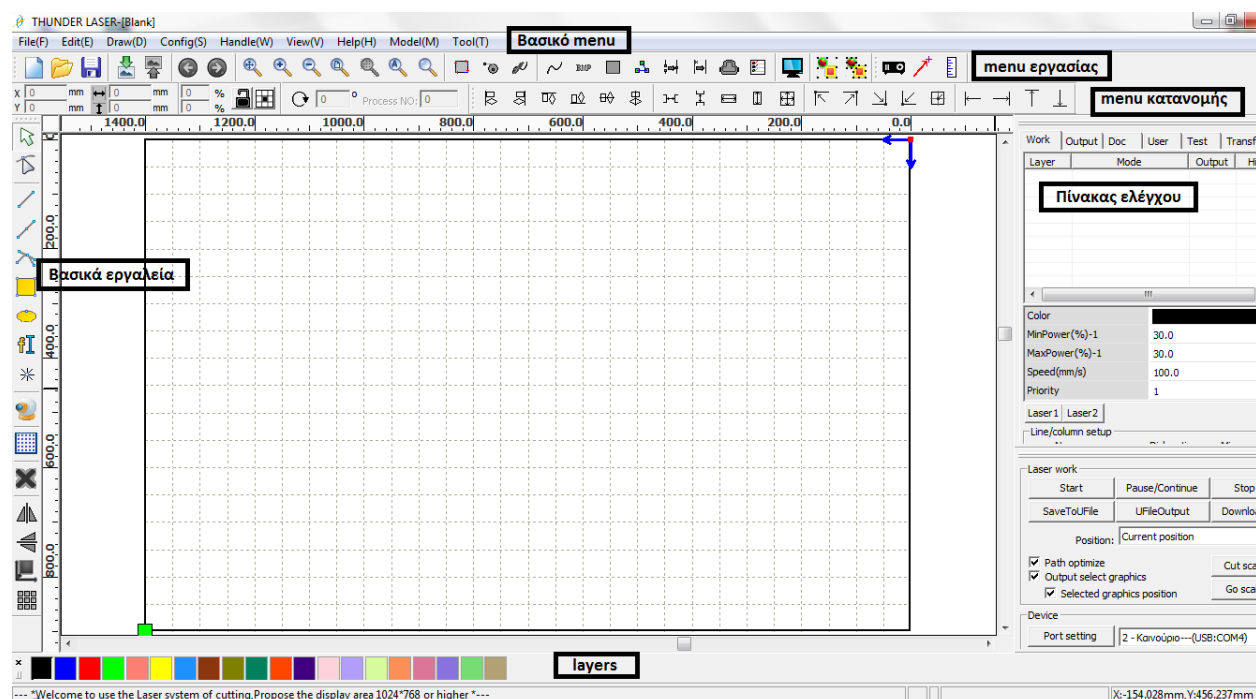
3.1.2 Απαιτήσεις συστήματος

Το σχεδιαστικό πρόγραμμα RDWorks απαιτεί σύστημα λογισμικού XP και άνω και ο υπολογιστής να είναι εξοπλισμένος με τουλάχιστον διπύρηνο επεξεργαστή και δύο Gb RAM.

3.2 Περιβάλλον εργασίας

Το περιβάλλον εργασίας του προγράμματος RDWorks είναι εξοπλισμένο με πολλά εργαλεία και σχεδιασμένο έτσι ώστε να παρέχει στον χρήστη πλήρη λειτουργία της μηχανής laser εύχρηστα και γρήγορα. Παρακάτω θα αναφερθούμε σε κάποιες βασικές λειτουργίες του προγράμματος.

3.2.1 Επεξήγηση βασικών λειτουργιών



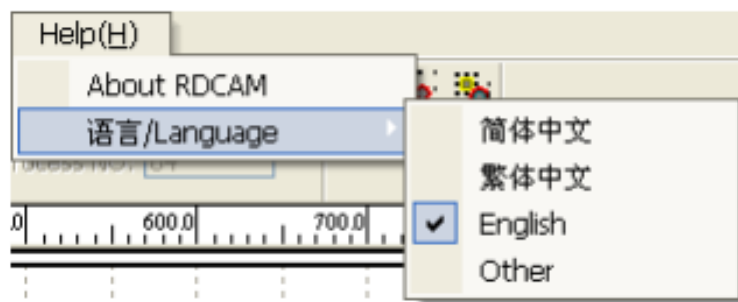
Εικόνα 3.2 Επιφάνεια Εργασίας του προγράμματος RDWorks

- Βασικό menu: Οι κύριες λειτουργίες του λογισμικού υλοποιούνται μέσω του βασικού menu. Οι εντολές που εκτελούνται μέσω του βασικού menu περιλαμβάνουν μερικές από τις πιο βασικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένων: Έγγραφα, επεξεργασία, σχεδίαση, ρυθμίσεις, κατεργασία, προβολή και βοήθεια.
- Menuεργασίας: Περιέχει πολλές σημαντικές εντολές όπως το άνοιγμα, την αποθήκευση και την εξαγωγή ενός αρχείου στη μορφή που θέλουμε. Πολύ σημαντική είναι η εντολή της προεπισκόπησης η οποία μας αναλύει πλήρως τον χρόνο και τον τρόπο με τον οποίο θα δημιουργηθεί μια εργασία (project)
- Menuκατανομής: Προσαρμόζει τα αντικείμενα που έχουμε στην επιφάνεια, στη θέση που εμείς θέλουμε.
- Πίνακας ελέγχου: Χρησιμοποιείται για την ολοκλήρωση της επεξεργασίας ενός ή πολλαπλών εργασιών με κυριότερα την ταχύτητα και τη δύναμη του laser.
- Βασικά εργαλεία: Η προεπιλεγμένη θέση της γραμμής αυτής βρίσκεται στα αριστερά της επιφάνειας εργασίας. Τα εργαλεία που εμπεριέχονται διευκολύνουν τον χρήστη στην επεξεργασία της εργασίας του.
- Layers: Χρησιμοποιείται για να αλλάξει η στρωματοποίηση επιλεγμένων αντικειμένων.

3.2.2 Άλλες βασικές ρυθμίσεις και λειτουργίες

- Ρυθμίσεις γλώσσας:

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εγκατάστασης, ο χρήστης μπορεί εύκολα να αλλάξει τη γλώσσα την οποία επιθυμεί.



Εικόνα 3.3 Επιλογή Ρυθμίσεων Γλώσσας

- Ρυθμίσεις επιφάνειας εργασίας:

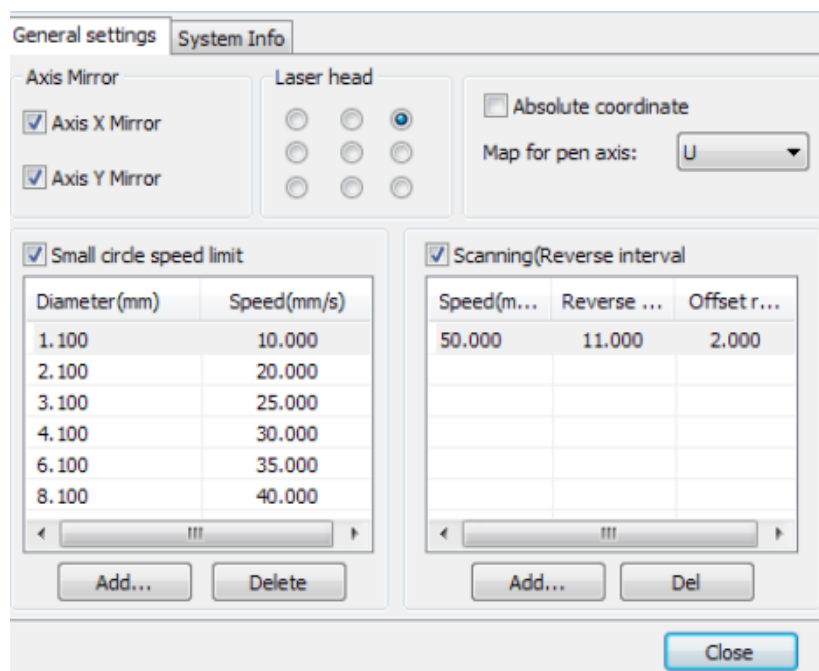
Πολύ σημαντική είναι η ρύθμιση της σελίδας βάση της επιφάνειας κοπής της μηχανής. Οι διαστάσεις της σελίδας πρέπει να είναι ίδιες με αυτής της μηχανής έτσι ώστε να μπορεί το πρόγραμμα να συγχρονιστεί με τη μηχανή. Μόλις συνδεθεί στη μητρική πλακέτα, το λογισμικό θα διαμορφώσει αυτόματα το μέγεθος της σελίδας για το τρέχουσα λειτουργία. Ωστόσο, εάν η μητρική πλακέτα δεν είναι συνδεδεμένη ή εάν απαιτείται προσαρμοσμένο μέγεθος σελίδας (όπως για την προσαρμογή του μεγέθους της σελίδας στο υλικό), ο χρήστης μπορεί να χρησιμοποιήσει τη ρύθμιση σελίδας για να αναδιαμορφώσει τη σελίδα.



Εικόνα 3.4 Παράθυρο Ρυθμίσεων Σελίδας

- Γενικές ρυθμίσεις:

Προτού ξεκινήσουμε μια εργασία είναι σημαντικό να διασφαλίσουμε ότι οι ρυθμίσεις του συστήματος είναι σωστές. Συνήθως, η αρχή των αξόνων (0,0) στις μηχανές CNC laser βρίσκεται στην επάνω δεξιά πλευρά της μηχανής. Εάν το σημείο μηδέν της μηχανής βρίσκεται στην επάνω δεξιά γωνία της τότε η ρύθμιση αυτή πρέπει να εισαχθεί στο πρόγραμμα μας.



Εικόνα 3.5 Ρυθμίσεις κεφαλής Laser

- Αρχείο Άνοιγμα και Αποθήκευση:

Το λογισμικό χρησιμοποιεί τη μορφή αρχείου "rld" για να αποθηκεύει πληροφορίες γραφικών.

- Εισαγωγή και εξαγωγή αρχείων:

Τα αρχεία που δεν είναι σε μορφή rld πρέπει να εισαχθούν με την εντολή importέτσι ώστε να μπορούν να εισαχθούν αρχεία που έχουν επεξεργαστεί με όλα σχεδιαστικά προγράμματα. (Coreldraw, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator) . Οι τύποι αρχείων που μπορούν να εισαχθούν περιλαμβάνουν dxf, ai, plt, dst και dsb. Τα εξαγόμενα αρχεία μορφοποιούνται ως αρχεία plt.

- Ρύθμιση παραμέτρων αρχείου:

-Καμπύλη εξομάλυνσης: Κατά την εισαγωγή διανυσμάτων αρχείων, οι αρχικές καμπύλες εξομαλύνονται αυτόματα. Εάν είναι επιθυμητό, αυτή η λειτουργία μπορεί να απενεργοποιηθεί αφαιρώντας το πλήκτρο εξομάλυνσης. Η διαδικασία εξομάλυνσης μπορεί να μειώσει το χρόνο επεξεργασίας εισαγωγής.

-Αυτόματες καμπύλες: Αυτή η λειτουργία κλείνει αυτόματα τις καμπύλες

-Συνδυασμός γραμμών: Η λειτουργία αυτή συγχωνεύει τις γραμμές και τις καμπύλες αυτόματης σύνδεσης.

-Χρωματικός χάρτης σε κλίμακα γκρι: Υπό κανονικές συνθήκες, τα γραφικά αποτελούνται από τόνους γκρι κλίμακας. Εάν οι εισαγόμενες εικόνες bitmap είναι έγχρωμες εικόνες, μπορούν να μετατραπούν σε γκρι κλίμακα.

-Ακρίβεια εξαγωγής: Η ακρίβεια εξαγωγής καθορίζεται από την ακρίβεια του αρχείου plt ή του αρχείου εξόδου.

-Μονάδα ταχύτητας: Το λογισμικό υποστηρίζει δύο τύπους μονάδων ταχύτητας: χιλιοστά ανά δευτερόλεπτο και μέτρα ανά λεπτό. Η ταχύτητα των παραμέτρων στη διεπαφή καθορίζεται από την επιλεγμένη μονάδα ταχύτητας.

- Δημιουργία βασικών γραφικών:

Το λογισμικό μας επιτρέπει να σχεδιάσουμε κάποια βασικά σχήματα όπως η απλή γραμμή, το πολύγωνο, το τετράγωνο, την έλλειψη, την τελεία αλλά και να εισάγουμε κείμενο. Όσον αφορά την διάταξη του κειμένου το πρόγραμμα υποστηρίζει όλες τις γραμματοσειρές που υπάρχουν και στα προγράμματα της Microsoft.

3.2.3 Βασικές δυνατότητες προγράμματος

- Κόψιμο (Cutting mode):

Η βασική λειτουργία της μηχανής. Ανάλογα το υλικό και το πάχος του προσαρμόζεται η δύναμη και η ταχύτητα του laser. Σε σκληρά και χοντρά υλικά απαιτείται μεγάλη δύναμη και χαμηλή ταχύτητα έτσι ώστε η ακτίνα να διαπεράσει το υλικό. Μια μηχανή της τάξης των 1.030 Wατ είναι ικανή υπό κατάλληλες ρυθμίσεις να κόψει έως και 1,5 εκ. πάχος. Αυτό απαιτεί μέγιστη ισχύ και πολύ χαμηλή ταχύτητα. Από προσωπική εμπειρία και χρήση παρατηρείται ότι μια μέση τιμή σε δύναμη και ταχύτητα για σκληρά υλικά τριών και τεσσάρων χιλιοστών (πιο σύνηθες πάχος υλικού) είναι 85% -95% δύναμη ισχύος και ταχύτητα 30-45 mm/s.



Εικόνα 3.6 Κοπή σε ξύλο 6mm

- Χάραξη (Engraving mode):

Για να πετύχουμε αυτή τη λειτουργία το μόνο που έχουμε να κάνουμε είναι να αυξήσουμε την ταχύτητα σε σχέση με την δύναμη. Με αυτό τον τρόπο το υλικό καίγεται ελάχιστα με αποτέλεσμα η ακτίνα να μην το διαπερνάει όλο και να μην το κόβει.



Εικόνα 3.7 Χάραξη γραμμάτων σε ξύλο

- Σάρωση (Scan mode):

Με τη λειτουργία αυτή μπορούμε να επιτύχουμε καλαίσθητα αποτελέσματα. Πρόκειται για μια αργή λειτουργία της μηχανής καθώς η κεφαλή του laserδιανύει οριζόντια πορεία αφήνοντας ακτίνα. Αυτή η μέθοδος είναι η μόνη κατάλληλη για απεικόνιση φωτογραφίας.



Εικόνα 3.8 Σάρωση

- Βελτιστοποίηση διαδρομής

Η βελτιστοποίηση διαδρομής σχετίζεται κυρίως με την αναδιάταξη των διανυσματικών γραφικών. Είναι πολύ σημαντικό να επιλέγουμε την πιο σύντομη και αποτελεσματική διαδρομή βάσει του τι θέλουμε να επιτύχουμε. Το πρόγραμμα μας δίνει την δυνατότητα αυτόματης βέλτιστης διαδρομής η οποία όμως δεν έχει πάντα το επιθυμητό αποτέλεσμα. Γι' αυτό καλό είναι ο χρήστης να επιλέγει ο ίδιος την διαδρομή που εξυπηρετεί το σκοπό του. Αυτό γίνεται με τη αλλαγή στη σειρά που δίνει ο χρήστης σε κάθε layer το οποίο επιλέγει. Με την εντολή της προεπισκόπησης ο χρήστης μπορεί να δει ακριβώς την κίνηση που θα έχει η κεφαλή του laser.

Κεφάλαιο 4

Project

4.1 Δημιουργία Μακέτας

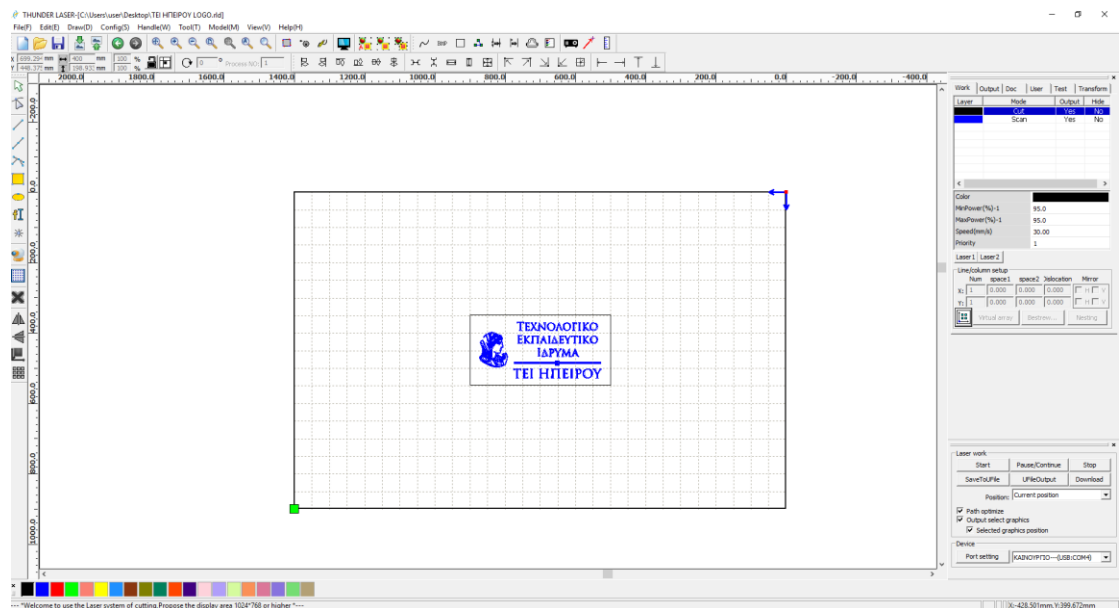
Για τους σκοπούς της εργασίας στο κεφάλαιο αυτό θα παρακολουθήσουμε βήμα βήμα τα αναλυτικά στάδια μιας εργασίας. Η ιδέα είναι να δημιουργήσουμε ένα ρολόι διαστάσεων 30x30 για το ΤΕΙ Ηπείρου. Σκοπός μας είναι να δούμε και τις τρεις βασικές λειτουργίες που μπορεί να πετύχει η μηχανή Laser. Για την εργασία αυτή θα χρησιμοποιήσουμε ξύλο τύπου mdf 3mm. Παρακάτω αναγράφονται τα βήματα με σειρά:

- 1) Επιλέγουμε ένα αρχείο εικόνας με το λογότυπο της σχολής.



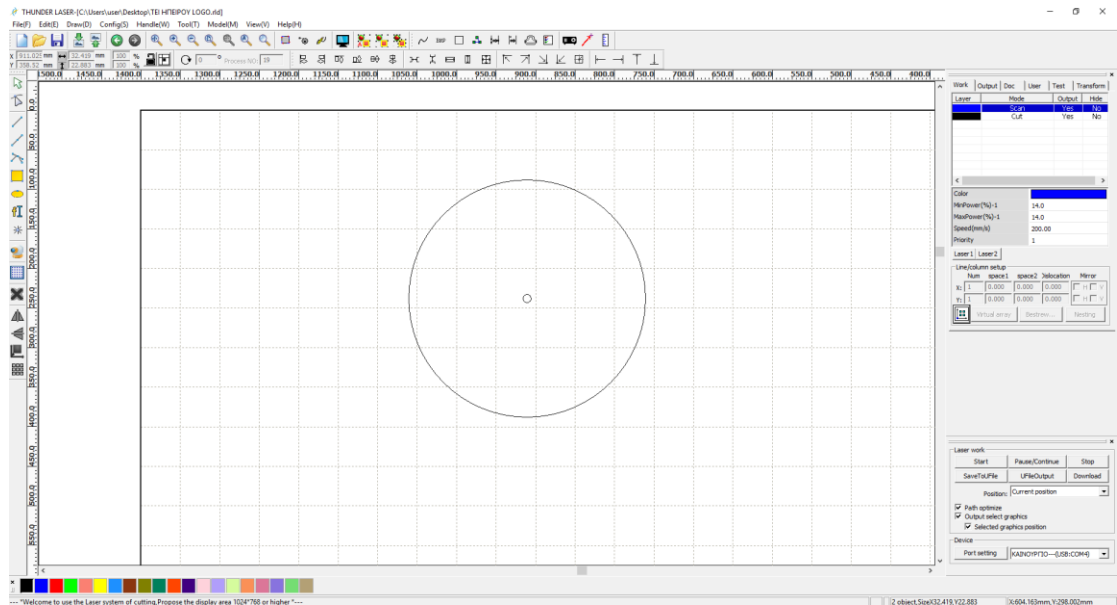
Εικόνα 4.1 Λογότυπο ΤΕΙ Ηπείρου

- 2) Εισάγουμε την εικόνα στο πρόγραμμα RDWorks αφού πρώτα την έχουμε κάνει διανυσματική.



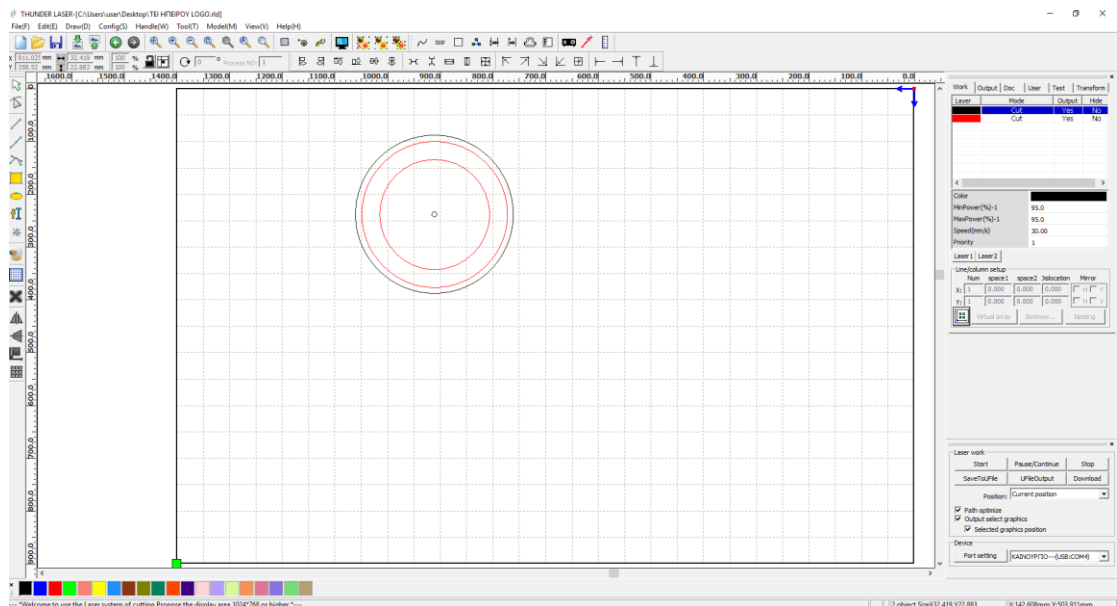
Εικόνα 4.2 Προετοιμασία μακέτας βήμα 1ο

- 3) Με τη βοήθεια των εργαλείων του προγράμματος δημιουργούμε ένα κύκλο 30x30 όπου θα είναι και η διάσταση του ρολογιού μας. Αυτός ο κύκλος θα κοπεί. Μέσα στον κύκλο αυτό δημιουργούμε έναν μικρότερο για την τοποθέτηση του μηχανισμού του ρολογιού (8mm)ο οποίος επίσης θα κοπεί .



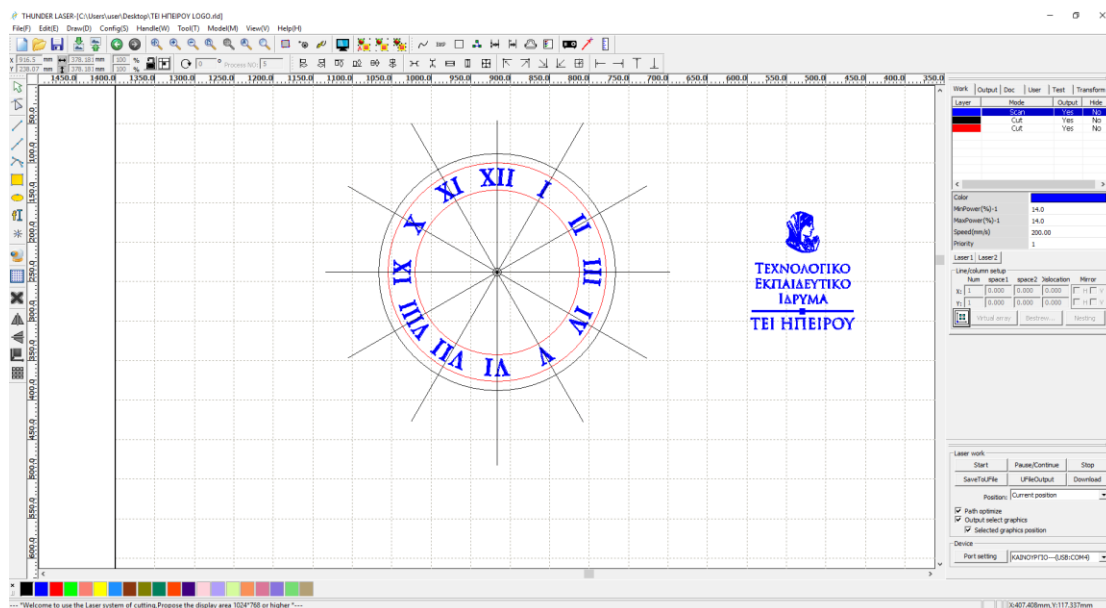
Εικόνα 4.3 Προετοιμασία μακέτας βήμα 2ο

- 4) Δημιουργούμε άλλους δύο κύκλους οι οποίοι θα χαραχτούν.



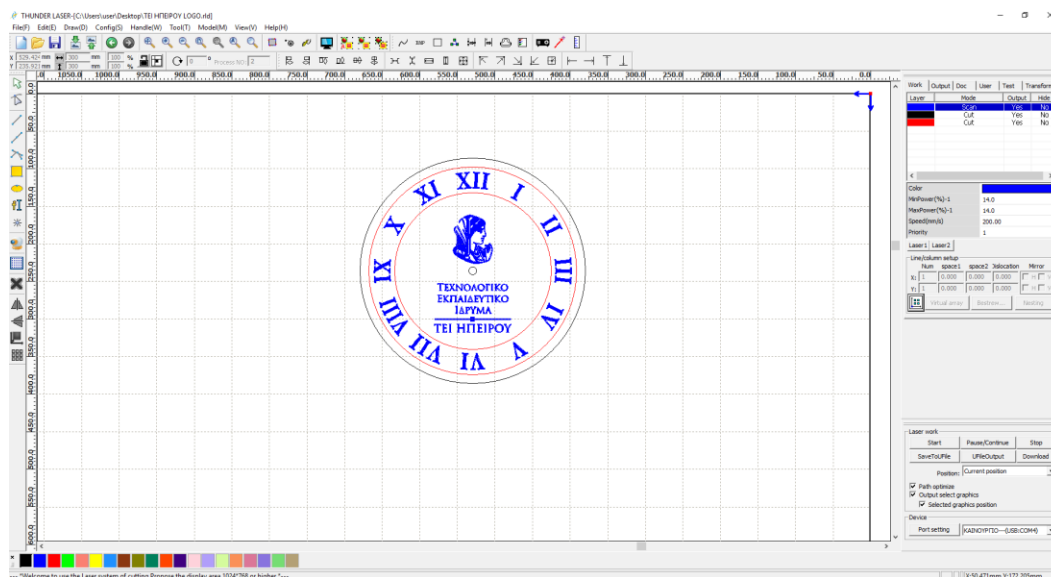
Εικόνα 4.4 Προετοιμασία μακέτας βήμα 3ο

- 5) Δημιουργούμε τα νούμερα τα οποία θα είναι με λατινική μορφή.
Προσαρμόζουμε τις διαστάσεις από τα νούμερα στις διαστάσεις του ρολογιού
μας και τα τοποθετούμε ανά 30 μοίρες επάνω στο ρολόι.



Εικόνα 4.5 Προετοιμασία μακέτας βήμα 4ο

- 6) Επεξεργαζόμαστε και προσαρμόζουμε τις διαστάσεις του λογότυπου του ΤΕΙ Ηπείρου έτσι ώστε να απεικονίζεται σωστά μέσα στο ρολόι



Εικόνα 4.6 Τελική μορφή μακέτας

- 7) Ελέγχουμε με την επιλογή προεπισκόπηση (preview) την πορεία που θα διαγράψει η κεφαλή του laser. Βάση προεπισκόπησης, ο χρόνος που θα χρειαστεί η μηχανή για το τελικό αποτέλεσμα είναι 19 λεπτά και 34 δευτερόλεπτα.



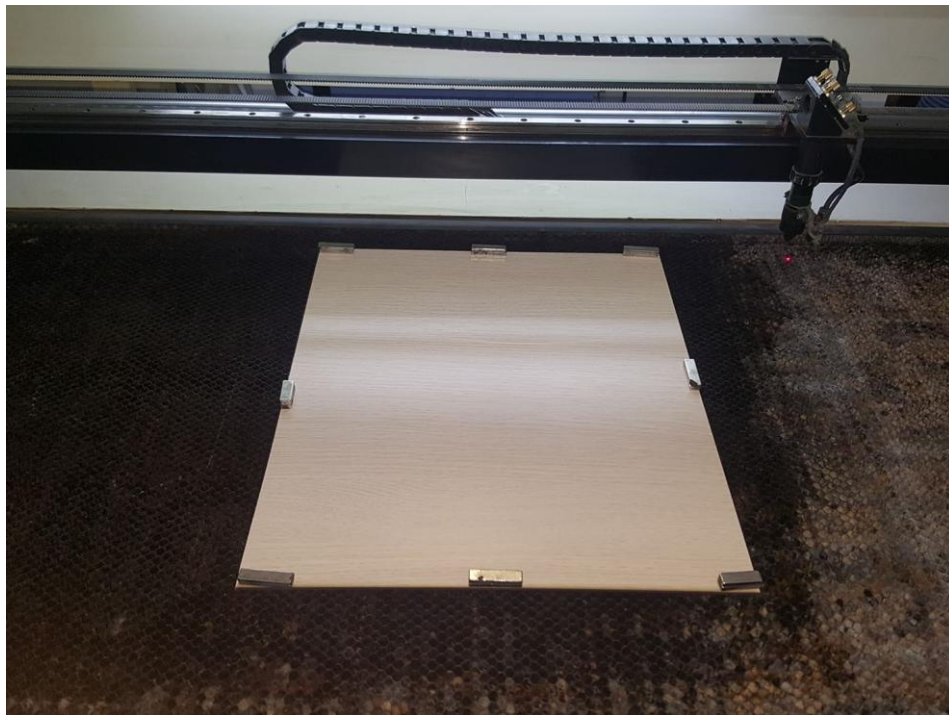
Εικόνα 4.7 Προεπισκόπηση μακέτας

Το σχέδιό μας είναι πλέον έτοιμο. Είναι χωρισμένο σε τρία layers, μαύρο , κόκκινο και μπλε. Στο μαύρο layer προσαρμόζουμε ρυθμίσεις για κοπή ανάλογος του υλικού μας . Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιούμε ξύλο τύπου mdf 3mm. Επιλέγουμε μέγιστη δύναμη 95% και ταχύτητα 30mm/s. Στο κόκκινο layer προσαρμόζουμε ρυθμίσεις για χάραξη, μέγιστη δύναμη 13% και ταχύτητα 140mm/s . Στο μπλε layer επιλέγουμε διαδικασία σάρωσης και προσαρμόζουμε ρυθμίσεις 14% μέγιστη δύναμη και ταχύτητα 200 mm/s .

4.2 Προετοιμασία και υλοποίηση της μακέτας

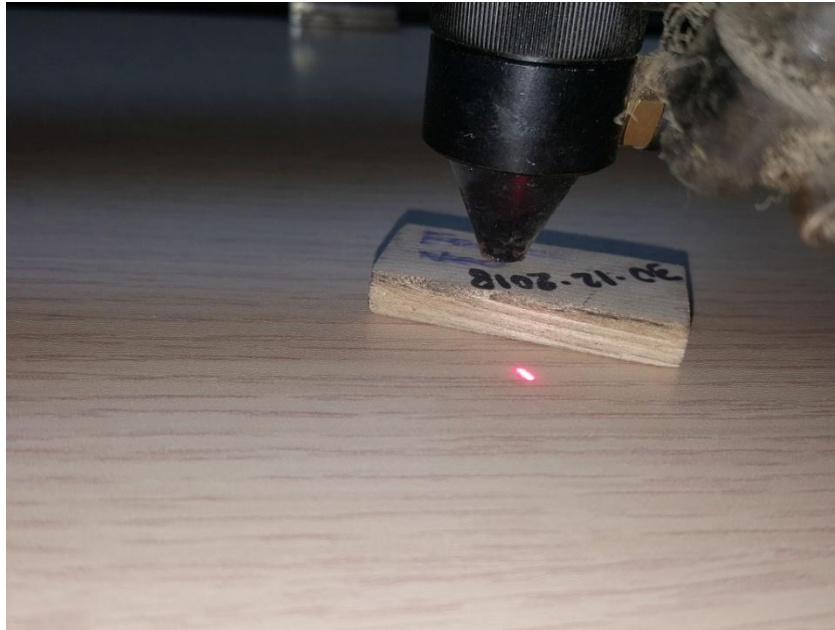
1) Τοποθέτηση υλικού στην επιφάνεια εργασίας της μηχανής:

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω το υλικό πρόκειται για ξύλο τύπου mdf 3mm διαστάσεων 40x45cm. Για της ανάγκες κοπής χρησιμοποιούμε δυνατούς μαγνήτες για την σταθερότητα και την τελεία εφαρμογή του υλικού επάνω στη επιφάνεια εργασίας της μηχανής.



Εικόνα 4.8 Τοποθέτηση υλικού με μαγνήτες

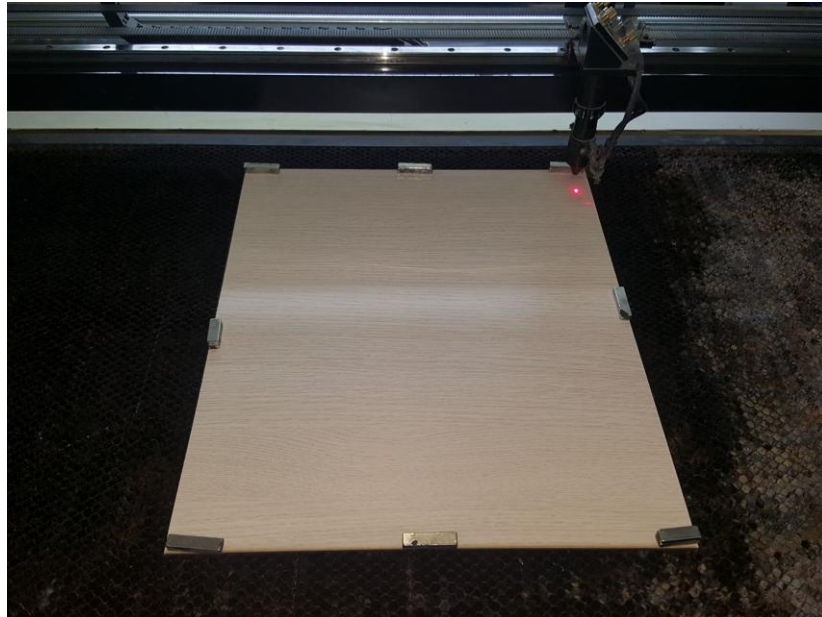
- 2) Βρίσκουμε το σωστό σημείο απόστασης ακροφυσίου με υλικό για την σωστή κοπή του υλικού.



Εικόνα 4.9 Σωστή απόσταση ακροφυσίου από επιφάνεια υλικού

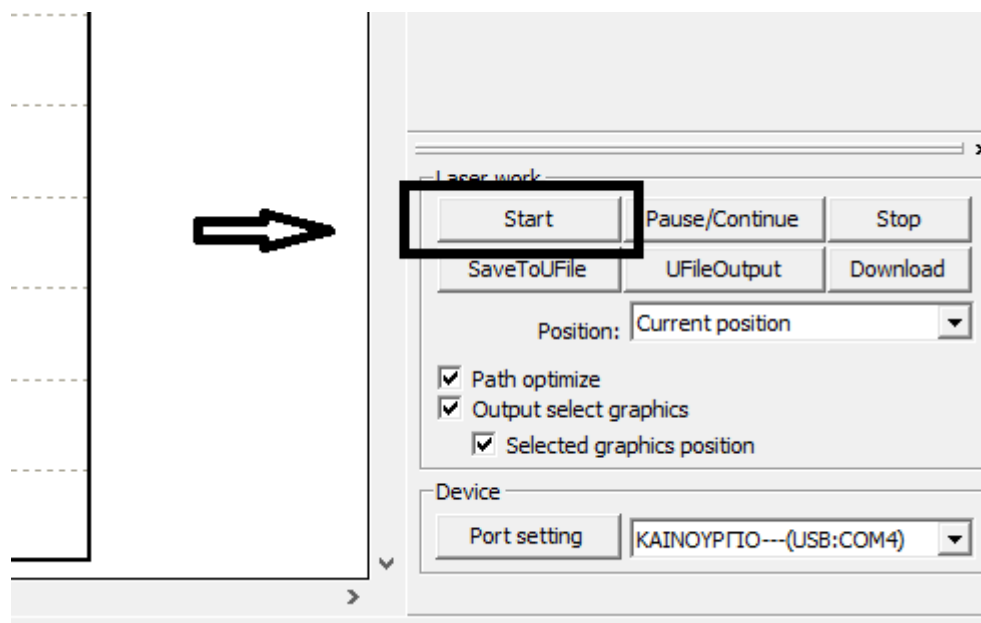
- 3) Τοποθέτηση κεφαλής:

Τοποθετούμε την κεφαλή του laser στην επάνω δεξιά περιοχή του υλικού όπου βρίσκεται το σημείο από το οποίο γίνεται η εκκίνηση της ακτίνας.



Εικόνα 4.10 Τοποθέτηση κεφαλής στο σωστό σημείο

4) Δίνουμε εντολή από το πρόγραμμα για εκκίνηση της εργασίας μας .



Εικόνα 4.11 Εκκίνηση εργασίας

5) Έπειτα από 20 περίπου λεπτά η εργασία μας έχει ολοκληρωθεί



Εικόνα 4.12 Τέλος εργασίας

6) Καθαρίζουμε το υλικό για να αφαιρέσουμε τα υπολείμματα σκόνης και καψίματος από το υλικό .



Εικόνα 4.13 Τελικό σχέδιο

4.3 Συναρμολόγηση ρολογιού



Εικόνα 4.14 Συναρμολόγηση ρολογιού



Εικόνα 4.15 Τελική Μορφή Εργασίας

Επίλογος – Συμπεράσματα

Η ραγδαία εξέλιξη της τεχνολογίας έχει ως αποτέλεσμα την αντικατάσταση του ανθρώπινου δυναμικού από τις μηχανές. Πολλά είναι αυτά που άλλαξαν στον βιομηχανικό τομέα κάνοντας πιο εύκολη την παραγωγή αγαθών.

Η εργαλειομηχανή κοπής με laser(CNC Laser Machine) έχει αντικαταστήσει πολλά από τα εργαλεία κοπής και επεξεργασίας υλικών. Μέσω ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή μπορούμε πλέον εύκολα να υλοποιήσουμε πολύπλοκα σχέδια σε διάφορα υλικά πολύ πιο γρήγορα και με μεγαλύτερη ακρίβεια. Πρόκειται για ένα καινοτόμο εργαλείο, τελευταίας τεχνολογίας το οποίο δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργήσει πολύ πιο ευρηματικές και εξειδικευμένες εργασίες.

Σκοπός της εργασίας μου είναι να αναδείξω τα πλεονεκτήματα της χρήσης της εργαλειομηχανής αυτής και να περιγράψω αναλυτικά τον τρόπο λειτουργίας της εργαλειομηχανής, τα τεχνικά χαρακτηριστικά καθώς και τα αποτελέσματα που μπορεί να μας προσφέρει.

Οι τρεις κύριες λειτουργίες της εργαλειομηχανής αναδεικνύονται μέσω του project που καλύπτεται στο κεφάλαιο 4. Εκεί γίνονται ξεκάθαρα όλα τα στάδια της δημιουργίας μιας κατασκευής από την αρχή μέχρι και την ολοκλήρωση του.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ – ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1]Κτιστάκη Μ. (2006), ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ- ΕΞΕΛΙΞΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ. Ανακτήθηκε από:

http://www1.aegean.gr/gympeir/mixan_texn.htm

[2] (2015), Τι είναι CNCκαι σε ποιο αγοραστικό κοινό απευθύνεται?. Ανακτήθηκε από:

<http://www.cnccut.gr/blog/13-ti-einai-cnc-kai-se-poio-agorastiko-koino-apeythynetai>

[3] (2016), The History of Laser Cutting Technology. Ανακτήθηκε από:
<http://www.h2ojet.com/news/the-history-of-laser-cutting-technology>

[4] Shenzhen Rui Da Technology Co., User's Manual of Laser Engraving Cutting Software RDWork8.0

[5] Shenzhen Rui Da Technology Co., Laser engraving machine & cutting machine installation

[6] Ιτσόπουλος, Σ. (2014) Σύγχρονες μη συμβατικές εργαλειομηχανές κοπής. Τεχνολογία λειτουργίας και ελέγχου. (Πτυχιακή Εργασία). Καβάλα: ΤΕΙΚαβάλας

<http://digilib.teiemt.gr/jspui/bitstream/123456789/1834/1/012014031.pdf>

Ιστότοποι:

<http://www.recilaser.com>

<http://www.cnccat.com>

<http://directedlight.com/laser-components/catalog/laser-co2-lenses/>