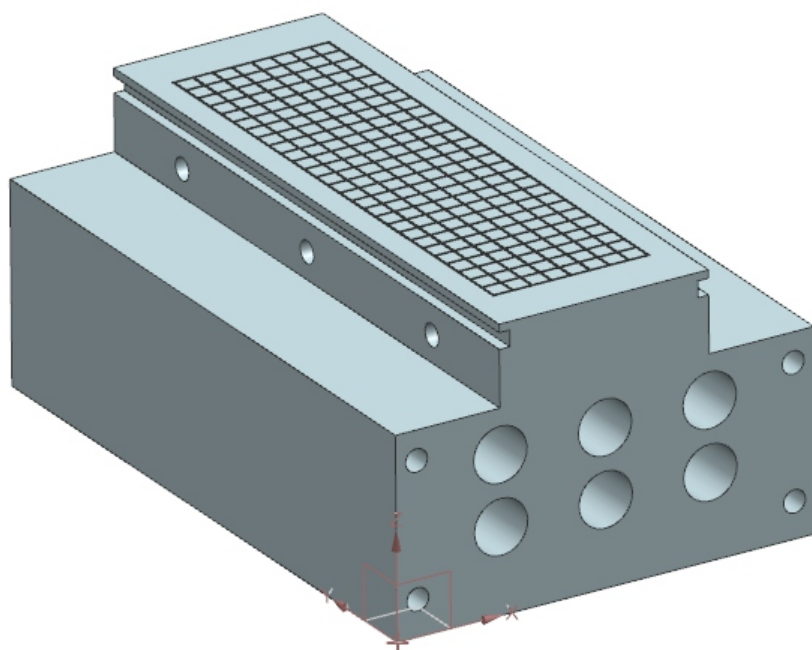




ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΟΠΗΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ ΚΑΙ ΧΑΡΑΞΗ ΜΕ LASER ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΧΑΛΚΟΥ



ΦΡΑΝΤΖΕΣΚΟΣ ΓΑΒΑΛΛΑΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ
ΣΥΝΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΝΙΚΟΛΙΔΑΚΗΣ

Στους γονείς μου και στον αδελφό μου

Ευχαριστώ τον καθηγητή μου Αριστομένη Αντωνιάδη που μου έδωσε την ευκαιρία να εκπονήσω αυτή την διπλωματική εργασία και τον Ευάγγελο Νικολιδάκη για την πολύτιμη βοήθεια του. Ευχαριστώ επίσης την οικογένεια μου και τους φίλους μου που στάθηκαν δίπλα μου στα φοιτητικά μου χρόνια.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
2. ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΟ	5
2.1 Ορισμός	5
2.2 Διαδικασία σχεδίασης φασεολόγιου	6
2.3 Παράδειγμα σχεδιασμού φασεολόγιου	9
2.3.1 Φάσεις άνω πλευράς στο τόρνο	13
2.3.2 Φάσεις άνω πλευράς στη φραιζα	15
3. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΚΑΘΑΡΟΥ ΧΑΛΚΟΥ ΣΤΗ ΦΡΑΙΖΑ	17
3.1 Περιγραφή τελικού δοκιμίου	17
3.1.1 Περιγραφή άνω πλευράς	17
3.1.2 Περιγραφή κάτω πλευράς	18
3.1.3 Περιγραφή εμπρόσθιας πλευράς	18
3.1.4 Περιγραφή οπίσθιας πλευράς	19
3.1.5 Περιγραφή δεξιάς και αριστερής πλευράς	20
3.2 Φασεολόγιο δοκιμίων καθαρού χαλκού	21
3.2.1 Φάσεις κάτω πλευράς	22
3.2.2 Φάσεις οπίσθιας πλευράς	30
3.2.3 Φάσεις εμπρόσθιας πλευράς	34
3.2.4 Φάσεις δεξιάς πλευράς	40
3.2.5 Φάσεις αριστερής πλευράς	49
3.2.6 Φάσεις άνω πλευράς	58
4. ΧΑΡΑΞΕΙΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΚΑΘΑΡΟΥ ΧΑΛΚΟΥ	60
4.1 Chessboard	60
4.1.1 Χαρακτηριστικά μοτίβου χάραξης	60
4.1.2 Εκτέλεση χάραξης στην DMU Lasertec 40	61
4.1.3 Τελικό δοκίμιο Chessboard	63
4.2 Oblique fins	64
4.2.1 Χαρακτηριστικά μοτίβου χάραξης	64
4.2.2 Εκτέλεση χάραξης στην DMU Lasertec 40	65
4.2.3 Τελικό δοκίμιο Oblique fins	67
4.3 Zigzag	68
4.3.1 Χαρακτηριστικά μοτίβου χάραξης	68
4.3.2 Εκτέλεση χάραξης στην DMU Lasertec 40	69
4.3.3 Τελικό δοκίμιο Zigzag	71
4.1 Piranha	72
4.4.1 Χαρακτηριστικά μοτίβου χάραξης	72
4.4.2 Εκτέλεση χάραξης στην DMU Lasertec 40	73
4.4.3 Τελικό δοκίμιο Piranha	75
4.1 Lego	76
4.5.1 Χαρακτηριστικά μοτίβου χάραξης	76
4.5.2 Εκτέλεση χάραξης στην DMU50eco	77
4.5.3 Τελικό δοκίμιο Lego	81
5. ΣΥΝΟΨΗ	82
6 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83
7.ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	84

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, αρχικά θα εξηγηθεί η έννοια του φασεολόγιου και θα γίνουν κατανοητά τα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν για την σχεδίαση του.

Το κύριο κομμάτι αυτής της διπλωματικής αφορά τη σχεδίαση και την παραγωγή πέντε δοκιμών χαλκού, όπου στο καθένα από αυτά θα υπάρχει χαραγμένο ένα διαφορετικό μοτίβο. Σκοπός είναι αυτά να χρησιμοποιηθούν σε μία μελέτη της μεταβολής του συντελεστή μεταφοράς θερμότητας ανάμεσα στην επιφάνεια ενός ατμολέβητα και του ρευστού διάδοσης της θερμότητας.

Ο σχεδιασμός των πέντε πανομοιότυπων δοκιμών χαλκού θα γίνει στο σύστημα CAD NX.12 της Siemens ενώ θα δοθούν ως είσοδοι στην φραιζα, προγράμματα γραμμένα σε G-κώδικα με σκοπό την κατασκευή των δοκιμών αυτών. Αφού γίνουν οι απαραίτητες δοκιμές των συνθηκών κοπής στον χαλκό για καθένα από τα απαραίτητα εργαλεία, θα ακολουθήσει η κατασκευή όλων των δοκιμών. Το κέντρο κατεργασίας που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή των δοκιμών είναι το DMU50eco. Έπειτα θα δημιουργηθεί ένα φασεολόγιο στο οποίο θα καταγράφονται όλες οι απαραίτητες πληροφορίες για την κατασκευή κάθε μίας από τις πλευρές των δοκιμών. Σε αυτό θα περιλαμβάνονται πληροφορίες όπως τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν, οι κατάλληλες συνθήκες κοπής, οι συνολικοί χρόνοι κάθε φάσης, τα είδη κατεργασιών που θα ακολουθηθούν κ.ά.

Όταν τελειώσουν οι κατεργασίες των δοκιμών στη φραιζα, θα χρησιμοποιηθεί το κέντρο κατεργασίας DMU Lasertec 40 για τις τέσσερις από τις πέντε χαράξεις με λέιζερ. Όλες οι χαράξεις αυτές θα σχεδιαστούν στο σύστημα CAD NX.12. Αφού γίνουν δοκιμές για να βρεθεί η κατάλληλη ισχύς, η συχνότητα, η ταχύτητα κοπής και το πάχος αφαίρεσης στρώματος, αρχεία STL θα λειτουργήσουν ως είσοδοι στην μηχανή για να γίνουν οι τέσσερις χαράξεις. Τέλος, η πέμπτη θα προκύψει από το σύστημα CAD/CAM του NX.12 της Siemens όπου με τις κατάλληλες συνθήκες κοπής θα πραγματοποιηθεί η χάραξη στο κέντρο κατεργασίας DMU50eco.

2. ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΟ

Για την παρούσα διπλωματική εργασία είναι απαραίτητη η κατανόηση της έννοιας του φασεολόγιου που χρησιμοποιείται από μία εταιρία παραγωγής. Για το λόγο αυτό, αυτή η έννοια θα αναλυθεί στο παρών κεφάλαιο.

2.1 Ορισμός

Η δημιουργία του φασεολόγιου ορίζεται ως ο συστηματικός καθορισμός των λεπτομερών μεθόδων, από τις οποίες τα μέρη ενός συναρμολογήματος μπορούν να κατασκευαστούν οικονομικά και ανταγωνιστικά από τα πρώτα στάδια μέχρι το τελικό προϊόν. Το φασεολόγιο καθορίζει ουσιαστικά την σειρά των εργασιών ή λειτουργιών για να παραχθεί ένα προϊόν.

Το φασεολόγιο είναι απαραίτητο για την διοίκηση των εταιριών παραγωγής. Αν σχεδιαστεί σωστά, μπορεί να βελτιστοποιήσει την παραγωγική αλληλουχία και να δώσει απαραίτητες πληροφορίες για τη διαχείριση της παραγωγής. Επίσης χρησιμοποιείται για τη διασφάλιση της ποιότητας των προϊόντων και για τον καθορισμό της σωστής τοποθέτησης των εργαλειομηχανών στους χώρους του μηχανουργείου. Πρόσφατες έρευνες θέλουν το φασεολόγιο να έχει σημαντικό ρόλο στα ευέλικτα συστήματα παραγωγής(FMS). Για τη σχεδίαση ενός φασεολόγιου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη

- τα αποτελέσματα των σχεδίων που έχουν προκύψει από προγράμματα CAD
- τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά, οι ανοχές και τα υλικά των ακατέργαστων αντικειμένων
- τα δεδομένα λειτουργίας στα οποία συμπεριλαμβάνονται τα δεδομένα των εργαλείων
- τα δεδομένα ποιοτικών προδιαγραφών
- τα δεδομένα δυνατοτήτων της εταιρίας(εργαλεία, εξοπλισμός, εγκαταστάσεις, μηχανές, μηχανήματα αναφοράς, σταθμοί, κέντρα κατεργασίας, FMS)

Ο τρόπος με τον οποίο καταγράφονται οι αναλυτικές μέθοδοι παραγωγής στο φασεολόγιο γίνεται με τη βοήθεια φύλλων φάσεων.

Το φασεολόγιο είναι το κλειδί για την κατασκευή οποιουδήποτε αντικειμένου σε μία εταιρία παραγωγής και αποτελεί ένα πολύ σημαντικό εργαλείο το οποίο πρέπει να εκτιμάται και να είναι κατανοητό από το σύνολο των εργαζομένων. Για την ανάπτυξη ενός καινούριου προϊόντος το φασεολόγιο παρέχει πληροφορίες για την τεχνική προετοιμασία και τον εξοπλισμό, όπως εργαλεία, ιδιοσυσκευές αυτοσυγκράτησης και εγκατάσταση, μηχανές συσκευές ελέγχου, αποθέματα ακατέργαστου υλικού, πρόγραμμα αποθεμάτων, πρόγραμμα αγοράς, ανάγκες προσωπικού κλπ.

2.2 Διαδικασία σχεδίασης φασεολόγιου

Το άτομο που είναι υπεύθυνο για το σχεδιασμό του φασεολόγιου συνήθως ονομάζεται αρμόδιος για το σχεδιασμό του φασεολόγιου ή απλά σχεδιαστής. Ο σχεδιαστής είναι υπεύθυνος να δημιουργήσει φασεολόγια για όλα τα αντικείμενα που παράγει η επιχείρηση και να τα διατυπώσει με τρόπο τέτοιο ώστε να είναι ευανάγνωστα από το υπόλοιπο προσωπικό της παραγωγής.

Το πρώτο βήμα για τη δημιουργία του φασεολόγιου είναι η σωστή κατανόηση και ερμηνεία των δεδομένων σχεδιασμού που συνήθως προκύπτουν είτε από παραδοσιακά σχέδια, είτε από τη διαδικασία σχεδίασης σε συστήματα CAD. Ο σχεδιαστής είναι πολύ σημαντικό να κατανοήσει στο έπακρο την πληροφορία που λαμβάνει από το σχέδιο που του έχει δοθεί. Πρέπει επίσης να επιτευχθούν τα παρακάτω δύο μεγάλα καθήκοντα:

- Να κατανοήσει τη λειτουργία, τις συνθήκες και τις προδιαγραφές του προϊόντος, καθώς και τις σχετικές θέσεις συναρμολόγησης και τις αμοιβαίες λειτουργίες. Ακόμα είναι ιδιαίτερα σημαντικό να επιτευχθεί η εκτίμηση καταλληλότητας των απαιτήσεων σχεδιασμού.
- Να κάνει εξέταση και ανάλυση των δεδομένων σχεδιασμού, με προσεκτική ανάγνωση της συναρμολόγησης και των επιμέρους σχεδίων. Οι απαιτούμενες πληροφορίες αυτού του σταδίου είναι οι τύποι παραγωγής, η γεωμετρική διαμόρφωση, οι ιδιότητες των πρώτων υλών, η επιφανειακή τραχύτητα, οι ανοχές, η σκληρότητα και η θερμική επεξεργασία.

Επιπρόσθετα πρέπει να ελεγχθεί αν τελικά ο σχεδιασμός του αντικειμένου προς παραγωγή είναι ο κατάλληλος και οι απαιτήσεις σχεδιασμού είναι λογικές. Επίσης πρέπει όλες οι διαστάσεις και οι ανοχές είναι εφικτό να επιτευχθούν με τα διαθέσιμα μέσα και η διαμόρφωση να είναι κατασκευάσιμη. Στην περίπτωση που ο σχεδιασμός δεν είναι βέλτιστος από κατασκευαστική άποψη ή ανιχνευτούν προβλήματα τα οποία επηρεάζουν την παραγωγή του αντικειμένου, ο αρμόδιος για το σχεδιασμό του φασεολόγιου πρέπει να επικοινωνήσει με τους σχεδιαστές και να συζητήσει τα τυχόν προβλήματα και να βρεθεί μία λύση. Πρέπει να υπάρχει συνεννόηση και αλληλοκατανόηση ανάμεσα στις δύο πλευρές προκειμένου να διορθωθεί ο σχεδιασμός. Στις παραδοσιακές κατασκευαστικές εταιρίες, το έργο αυτό μπορεί να προκαλέσει διαφωνία ανάμεσα στους αρμόδιους για το φασεολόγιο και στους σχεδιαστές λόγω αντικρουόμενων στρατηγικών για το σχεδιασμό και την παραγωγή.

Το δεύτερο βήμα για το σχεδιασμό του φασεολόγιου, αποτελεί ο σχεδιασμός του ακατέργαστου υλικού. Οι ιδιότητες των πρώτων υλών εξαρτώνται από το σχεδιασμό του προϊόντος. Αυτό όμως που αποτελεί έργο του σχεδιαστή, είναι να ορίσει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των πρώτων υλών, δηλαδή του ακατέργαστου υλικού. Ο σχεδιασμός του ακατέργαστου τεμαχίου βασίζεται κυρίως στο γεωμετρικό σχήμα που έχει το τελικό αντικείμενο και στα είδη παραγωγής. Οι ιδιότητες των υλικών μπορεί να επηρεάσουν το σχεδιασμό του ακατέργαστου τεμαχίου και την επιλογή των μεθόδων παραγωγής. Για παράδειγμα αν ο σχεδιαστής θέλει να σχεδιάσει το ακατέργαστο υλικό για την παραγωγή ενός τμήματος γραναζιού με πρώτη ύλη το medium carbon steel, πρέπει να επιλέξει την κατάλληλη διαδικασία χύτευσης. Στην περίπτωση που χρησιμοποιούταν κάποιο άλλο υλικό, ίσως η διαδικασία χύτευσης να ήταν διαφορετική. Βλέπουμε λοιπόν ότι σε αυτές τις περιπτώσεις θα απαιτούσαν επικοινωνία μεταξύ σχεδιαστή και υπεύθυνου χυτηρίου.

Τα κριτήρια του ακατέργαστου υλικού είναι τα εξής:

- Διασφάλιση της ποιότητας των αποθεμάτων
- Ελαχιστοποίηση των απαιτήσεων μηχανικής κατεργασίας
- Αύξηση της αξιοποίησης του υλικού
- Μείωση του κόστους και του χρόνου παραγωγής

Αφού σχεδιαστεί το ακατέργαστο υλικό, τα δεδομένα των διεργασιών της μηχανικής κατεργασίας(φρεζάρισμα, τόννευση, διάτρηση, λείανση κλπ) πρέπει να επιλέγονται με τέτοιο τρόπο ώστε από τη πρώτη ύλη να προκύπτει το επιθυμητό δοκίμιο. Επιπρόσθετα είναι πολύ σημαντικό να ορίζονται οι επιφάνειες αναφοράς για τη σωστή τοποθέτηση του δοκιμίου στα διάφορα στάδια των κατεργασιών. Όταν επιλεγούν τα δεδομένα των διεργασιών μηχανικής κατεργασίας, πρέπει να επιλεγεί ο μηχανικός εξοπλισμός που θα εξυπηρετεί τον βέλτιστο δυνατό τρόπο παραγωγής του δοκιμίου. Η επιλογή αυτή πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη διαθεσιμότητα στις εργαλειομηχανές, τις δυνατότητες διεργασίας(ακρίβεια κλπ), το φάσμα των μηχανικών λειτουργιών, και το ρυθμό παραγωγής. Για να ολοκληρωθεί η παραγωγή, πρέπει ο σχεδιαστής να βρει ποια είναι η βέλτιστος προγραμματισμός παραγωγής και η ιδανική αλληλουχία για την επιλογή των εργαλειομηχανών. Σε εταιρίες με πολύπλοκα συστήματα παραγωγής η σωστή επιλογή και η σωστή τοποθέτηση των εργαλειομηχανών είναι ιδιαίτερα σημαντικές. Αφού γίνει η επιλογή των εργαλειομηχανών, πρέπει να επιλεγούν τα κοπτικά εργαλεία, τα εργαλεία σύσφιξης, συσκευές μέτρησης και τα βοηθητικά εργαλεία. Αν υπάρχει ανάγκη σχεδίασης νέων εργαλείων, εξαρτημάτων ή βοηθητικών συσκευών, πρέπει να υπάρξει επικοινωνία μεταξύ του αρμόδιου σχεδιαστή του φασεολόγιου και των υπεύθυνων του τμήματος του σχεδιασμού. Μετά την επιλογή των εργαλείων πρέπει να προσδιοριστεί η ακολουθία διεργασίας. Ο προσδιορισμός μίας αλληλουχίας βασίζεται συνήθως σε μία στρατηγική της εταιρίας, η οποία αποτελείται από ολοκληρωμένες ενέργειες για τμήματα της ομάδας. Κάθε λειτουργία περιγράφεται με κριτήρια επιλογής που εξαρτώνται από το σχήμα και τις διαστάσεις του δοκιμίου. Το υλικό που αφαιρείται στην φάση της αλληλουχίας των λειτουργιών πρέπει να ελεγχθεί. Στο τέλος της κατεργασίας κατά τη διαδικασία του φινιρίσματος η ποσότητα υλικού που αφαιρείται είναι ελάχιστη σε σχέση με το ξεχόνδρισμα. Συνήθως είναι απαραίτητο να υπολογιστεί το υλικό το οποίο αφαιρείται από τις διεργασίες. Η πιο αποτελεσματική μέθοδος για να προσδιοριστεί η ποσότητα του υλικού για αφαίρεση είναι η διαστασιολόγηση και η ανάλυση του συστήματος ανοχών. Αυτό θα παρέχει τις ακριβείς διαστάσεις και ανοχές του αφαιρούμενου υλικού. Έπειτα από αυτό θα πρέπει να οριστούν και οι συνθήκες κοπής, τα βάθη κοπής και οι ταχύτητες πρόωσης. Πέρα από τα παραπάνω ο σχεδιαστής του φασεολόγιου πρέπει να ορίσει τους διάφορους χρόνους των κατεργασιών. Αυτοί χωρίζονται στους παραγωγικούς και στους μη παραγωγικούς χρόνους και μπορούν να διαχωριστούν ως εξής:

Παραγωγικοί χρόνοι (Productive time)

Χρόνοι προετοιμασίας (Setup time): Ο χρόνος προετοιμασίας είναι ο χρόνος που απαιτείται από τη στιγμή που τελειώσει το τεμάχιο Α μέχρι να τοποθετηθεί στην εργαλειομηχανή και να προετοιμαστεί για κοπή το ακατέργαστο υλικό του τεμαχίου Β.

Χρόνος επεξεργασίας (Run time): Ο συνολικός χρόνος που απαιτείται για την παραγωγή για την επεξεργασία και την παραγωγή του τεμαχίου σε μία συγκεκριμένη εργασία (φάση)

Χρόνος κύκλου (Cycle time): Ο χρόνος που απαιτείται για να γίνει ένας κύκλος κατεργασίας(κύκλος φρεζαρίσματος, κύκλος σπειροτόμησης, κύκλος διάτρησης κλπ.)

Μη παραγωγικοί χρόνοι (Non-productive time)

Χρόνος αναμονής μετά (Wait time): Μετά την ολοκλήρωση της κατεργασίας είναι ο χρόνος παραμονής ενός τεμαχίου σε ένα κέντρο κατεργασίας μέχρι να μπορούμε να το μετακινήσουμε στην επόμενη εργασία. Η αναμονή αυτή μπορεί να οφείλεται σε διαδικασίες ψύξης ή ξήρανσης.

Χρόνος μετακίνησης (Move time): Είναι ο χρόνος που απαιτείται για την μεταφορά ενός αντικειμένου από τη μία κατεργασία στην επόμενη.

Χρόνος αναμονής (Queue time): Είναι ο χρόνος μέχρι να αρχίσει η κατεργασία του τεμαχίου. Γενικά η αύξηση του χρόνου αναμονής συνεπάγεται και αύξηση του χρόνου επεξεργασίας.

Αφού ο σχεδιαστής κάνει όλες τις παραπάνω ενέργειες είναι έτοιμος να δημιουργήσει και να συντάξει το φασεολόγιο. Η πληροφορία που περιέχει κάθε φάση του φασεολόγιου είναι οι εικόνες από την κατεργασία, οι συνθήκες κοπής, το υλικό του ακατέργαστου τεμαχίου, το είδους, το υλικό και η γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου και οι διάφοροι χρόνοι παραγωγικοί ή μη, που θεωρεί ο αρμόδιος απαραίτητους να καταγραφούν. Επίσης υπάρχει πάντα μία συνοπτική περιγραφή που εξηγεί την διαδικασία. Αν οι εντολές έχουν δοθεί με την μορφή G κώδικα αυτές πρέπει να παρουσιαστούν στα φύλλα των φάσεων. Σε αυτό το στάδιο γίνεται επανέλεγχος των προηγούμενων βημάτων έτσι ώστε να μην υπάρξουν λάθη κατά την διάρκεια των κατεργασιών.

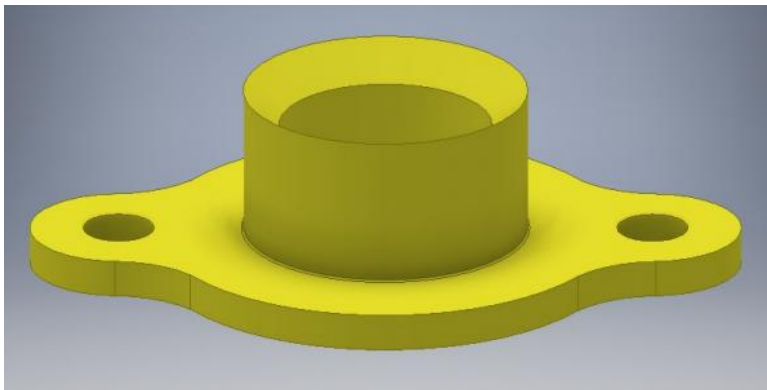
Συνοπτικά οι εργασίες του φασεολόγιου μπορούν να αριθμηθούν ως εξής:

- 1) Ερμηνεία δεδομένων σχεδιασμού προϊόντων
- 2) Σχεδιασμός του ακατέργαστου αντικειμένου
- 3) Επιλογή των κατάλληλων κατεργασιών
- 4) Επιλογή των εργαλειομηχανών
- 5) Επιλογή των εγκαταστάσεων και των εργαλείων
- 6) Αλληλουχία λειτουργιών
- 7) Προσδιορισμός λειτουργικών διαστάσεων και ανοχών
- 8) Εύρεση συνθηκών κοπής
- 9) Υπολογισμός παραγωγικών και μη παραγωγικών χρόνων
- 10) Δημιουργία φύλλων κατεργασιών

Το φασεολόγιο χρειάζεται συνεχή φροντίδα από το σχεδιαστή, γιατί κάθε νέο παραλλαγή απαιτεί μελέτη. Θα μπορούσε για παράδειγμα να χρειαστεί να χρησιμοποιηθεί άλλη εργαλειομηχανή για την επεξεργασία κάποιου τεμαχίου. Ο σχεδιαστής θα πρέπει να είναι σε θέση, σε κάθε τέτοιου είδους ενδεχόμενο, να επέμβει και να κάνει τις κατάλληλες αλλαγές στον, κατά το δυνατό, λιγότερο χρόνο.

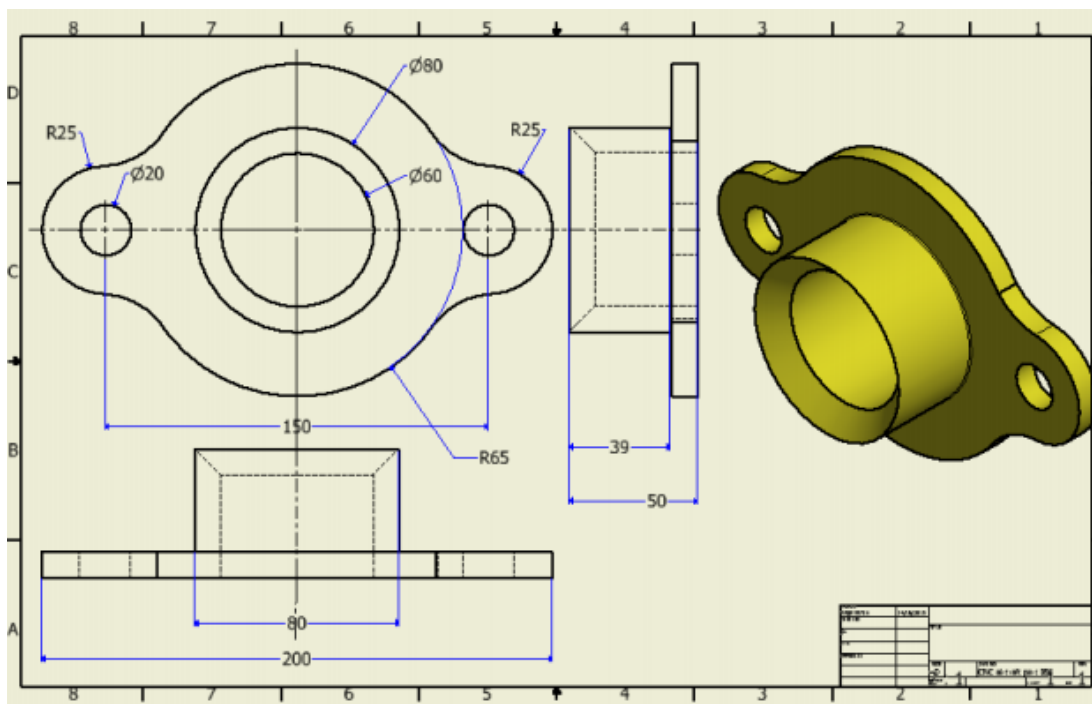
2.3 Παράδειγμα σχεδιασμού φασεολόγιου

Έστω ότι ένας αρμόδιος για την σχεδίαση φασεολόγιου επιθυμεί να σχεδιάσει ένα φασεολόγιο για το δοκίμιο του σχήματος 2.1.



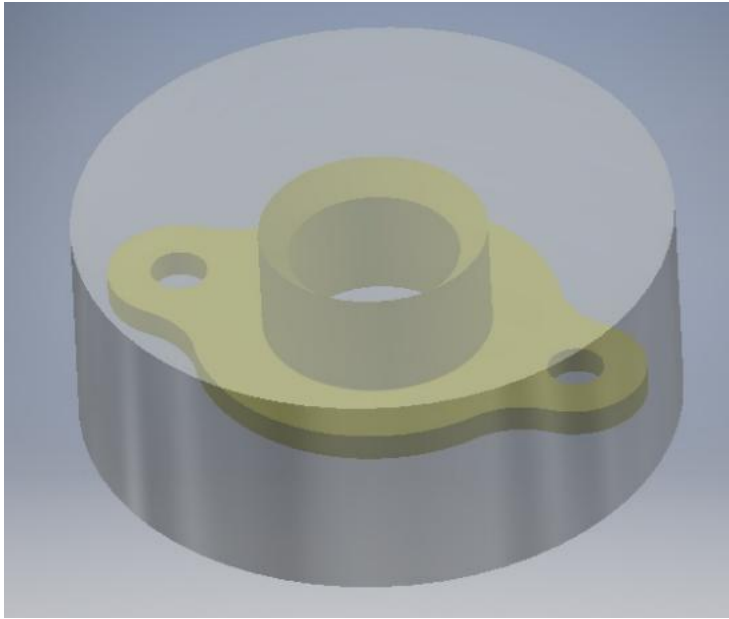
Σχήμα 2.1: Δοκίμιο προς κατασκευή

Σύμφωνα με την διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω το πρώτο πράγμα που θα πρέπει να κάνει ο σχεδιαστής είναι να λάβει υπόψη του και να εξετάσει αναλυτικά το σχέδιο που του έχει δοθεί από το τμήμα Σχεδιασμού Προϊόντων.



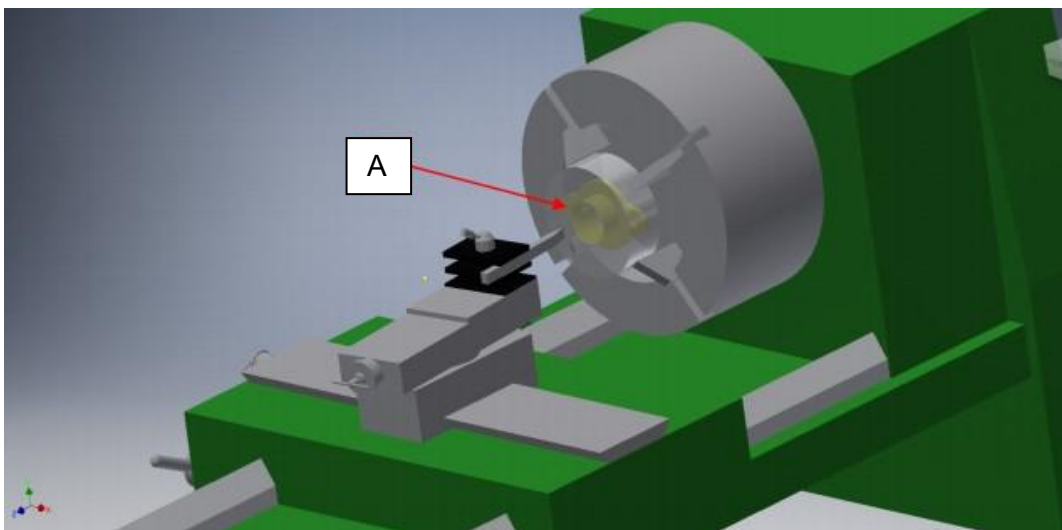
Σχήμα 2.2: Κατασκευαστικό σχέδιο δοκιμίου προς εξέταση

Αφού ο αρμόδιος για την σχεδίαση του φασεολόγιου εξετάσει και συζητήσει τα τυχόν ζητήματα με το τμήμα σχεδιασμού, πρέπει να βρει ποια θα είναι η ιδανική γεωμετρία του ακατέργαστου υλικού. Στην προκειμένη περίπτωση ιδανική γεωμετρία θεωρείται ένα κυλινδρικό τεμάχιο πλαστικού με διαστάσεις 210mm X 210mm X 80mm.



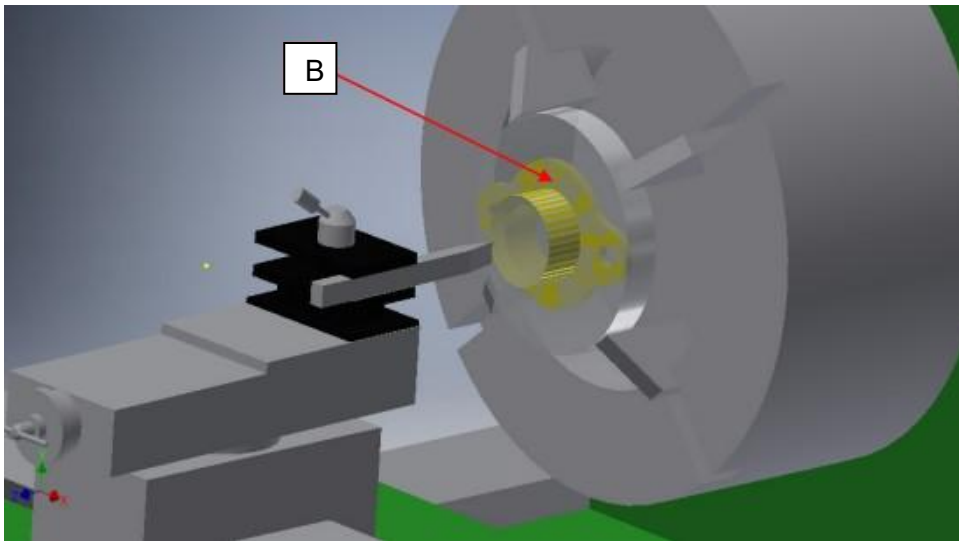
Σχέδιο 2.3: Το δοκίμιο μέσα στο ακατέργαστο τεμάχιο που απεικονίζεται ως υάλινο κουτί (GlassBox)

Ο σχεδιαστής τώρα θα πρέπει να σκεφτεί ποιες κατεργασίες και ποιες εργαλειομηχανές θα πρέπει να χρησιμοποιήσει. Λόγω του σχήματος του ακατέργαστου υλικού γίνεται αντιληπτό πως η πρώτη κατεργασία που θα πρέπει να γίνει είναι αυτή της τόννευσης με σκοπό την αφαίρεση ανεπιθύμητου υλικού από την πάνω επιφάνεια. Στο σχήμα 2.4 φαίνεται πως θα γίνει η επιθυμητή κατεργασία της τόννευσης με ξεχόνδρισμα.



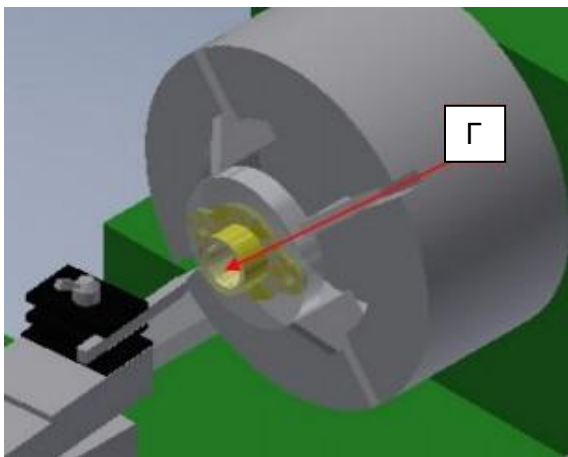
Σχήμα 2.4: Ξεχόνδρισμα πάνω επιφάνειας δοκιμίου (A)

Μετά από το ξεχόνδρισμα της πάνω επιφάνειας ο σχεδιαστής θα πρέπει να σκεφτεί πως θα πρέπει να αφαιρεθεί υλικό από τα πλάγια του ακατέργαστου τεμαχίου για να διαμορφώσει την επιθυμητή διάμετρο 80mm.

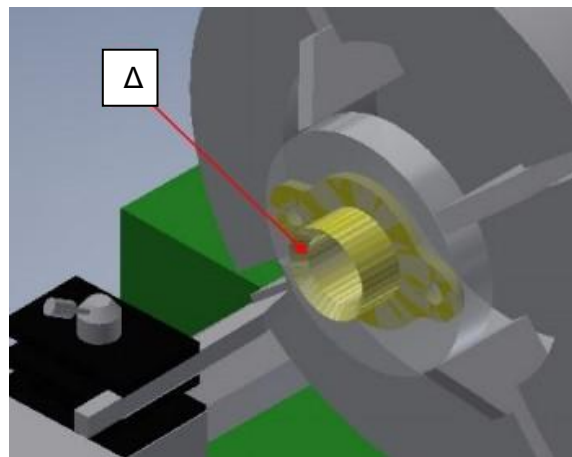


Σχήμα 2.5: Περιμετρική τόννευση δοκιμίου (B)

Τα επόμενα στάδια απαιτούν ξανά κατεργασία στον τόρνο με σκοπό τη διαμόρφωση της εσωτερικής οπής διαμέτρου 60mm και την διαμόρφωση της κωνικότητας όπως φαίνονται στο σχήμα 2.6 και στο σχήμα 2.7 αντίστοιχα.

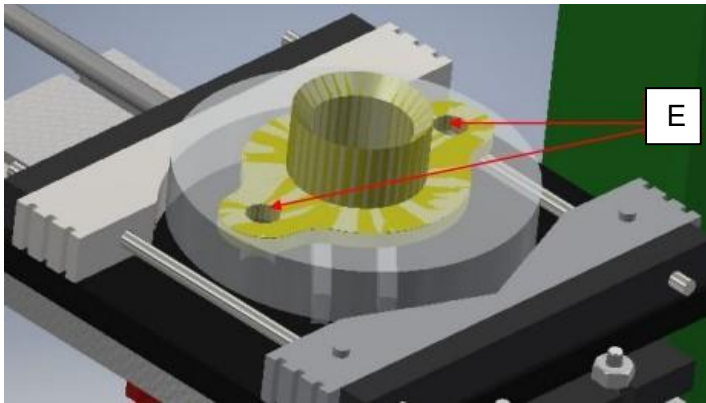


Σχήμα 2.6: Διαμόρφωση οπής (Γ)

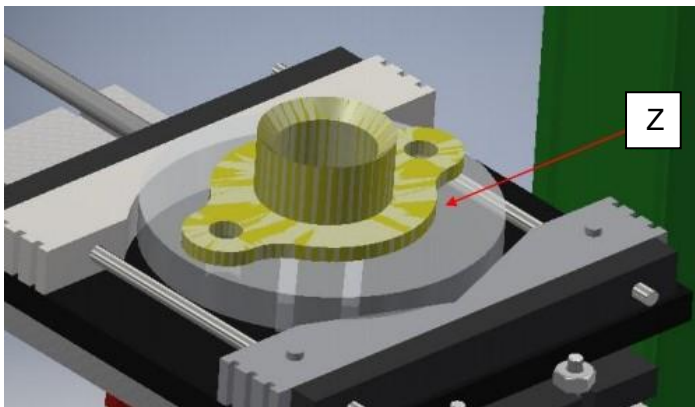


Σχήμα 2.7: Διαμόρφωση κωνικότητας (Δ)

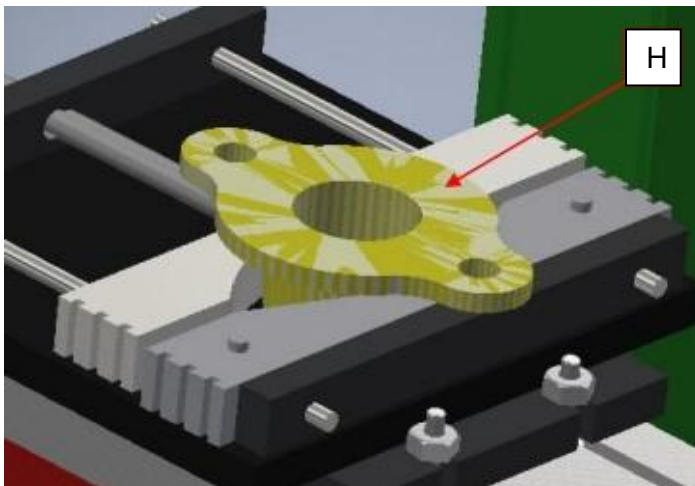
Μετά από τις κατεργασίες στον τόρνο θα ακολουθήσουν οι κατεργασίες στην φραιζα. Η πρώτη κατεργασία που γίνεται στη φραιζα είναι αυτή της διάτρησης των δύο οπών διαμέτρου 20mm η καθεμία. Έπειτα από αυτό είναι απαραίτητο να ακολουθήσει φρεζάρισμα για την διαμόρφωση της φλάντζας και φρεζάρισμα για την αφαίρεση του περιττού υλικού της κάτω επιφάνειας. Στα επόμενα σχήματα φαίνονται οι κατεργασίες που θα πρέπει να ακολουθηθούν.



Σχήμα 2.8: Διάτρηση οπών (E)



Σχήμα 2.9: Φραιζάρισμα για περιφερειακό πόκετ (Z)

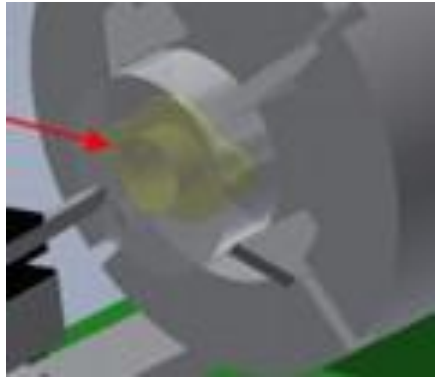


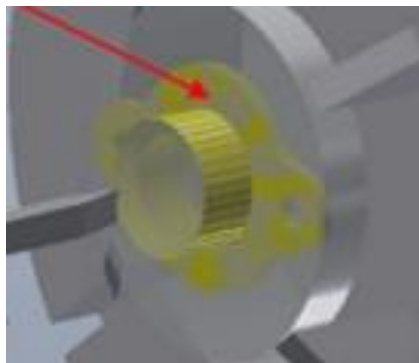
Σχήμα 2.10: Φραιζάρισμα για αφαίρεση του περιτού υλικού (H)

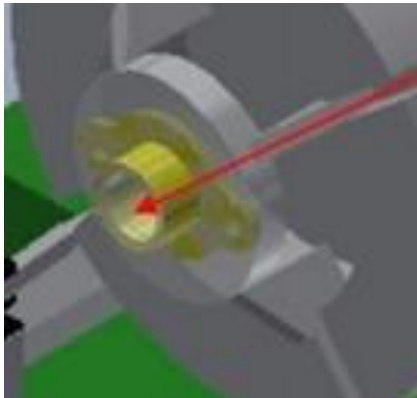
Αφού ο σχεδιαστής έχει σκεφτεί και έχει αποφασίσει ποιες κατεργασίες χρειάζονται να γίνουν και σε ποιες εργαλειομηχανές, πρέπει να γίνει η σωστή επιλογή των εργαλείων, να προσδιοριστούν οι ανοχές και να υπολογιστούν οι χρόνοι που ο σχεδιαστής θέλει να καταγράφονται στις φάσεις.

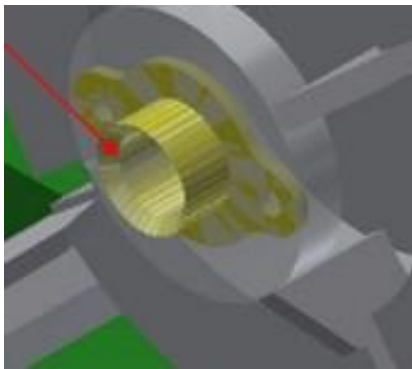
Έστω ότι όλες οι κατεργασίες γίνονται με την χρήση CAM. Ακολουθούν οι φάσεις όπως θα τις κατέγραφε ένας αρμόδιος για την σχεδίαση φασεολόγιου. Να διευκρινιστεί ότι οι τιμές είναι τυχαίες και εξυπηρετούν το παράδειγμα.

2.3.1 Φάσεις άνω πλευράς στο τόρνο

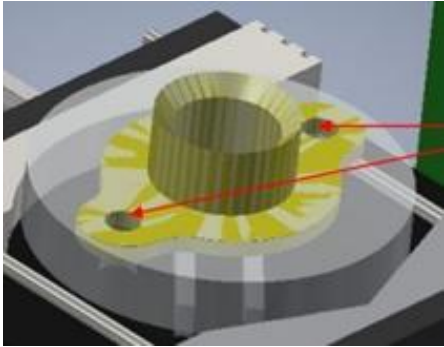
1 ^η Φάση				Υλικό τεμαχίου: ABS plastic	
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Βάθος κοπής	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Συνολικός χρόνος φάσης
TOOL1	Τόρνευση	5mm	1000	150 mm/min	00:40:00
<p>Στην 1^η φάση η κατεργασία που χρησιμοποιείται είναι η τόρνευση. Το βάθος κοπής είναι 5mm ενώ οι στροφές και η πρόωση είναι 1000 και 150mm/min αντίστοιχα. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 40 λεπτά.</p>					

2 ^η Φάση				Υλικό τεμαχίου: ABS plastic	
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Βάθος κοπής	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Συνολικός χρόνος φάσης
TOOL1	Τόρνευση	5mm	1000	150 mm/min	00:50:00
<p>Στη 2^η φάση η κατεργασία που χρησιμοποιείται είναι η τόρνευση περιμετρικά του περιμετρικά του τεμαχίου με σκοπό την δημιουργία κυκλικής επιφάνειας διαμέτρου 80mm. Το βάθος κοπής είναι 5 mm ενώ οι στροφές και η πρόωση είναι 1000 και 150 mm/min αντίστοιχα.</p>					

3 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS		Υλικό τεμαχίου: ABS plastic	
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Βάθος κοπής	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Συνολικός χρόνος φάσης
TOOL1	Τόρνευση	5mm	1000	150 mm/min	00:35:00
<p>Σε αυτή τη φάση γίνεται τόρνευση με σκοπό την διαμόρφωση της εσωτερικής οπής. Οι στροφές και η απαιτούμενη πρόωση είναι 1000 και 150mm/min αντίστοιχα ενώ ο χρόνος φάσης είναι 35 λεπτά και το βάθος κοπής 5mm</p>					

4 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS		Υλικό τεμαχίου: ABS plastic	
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Βάθος κοπής	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Συνολικός χρόνος φάσης
TOOL1	Τόρνευση	5mm	1000	150 mm/min	00:10:00
<p>Στη 4^η και τελευταία φάση στο κέντρο κατεργασίας του τόρνου, γίνεται η διαμόρφωση της κωνικότητας. Οι στροφές και η πρόωση είναι 1000 και 150mm/min αντίστοιχα ενώ το βάθος κοπής είναι 5mm</p>					

2.3.2 Φάσεις άνω πλευράς στη φραιζα

1 ^η Φάση	Υλικό εργαλείου: HSS			Υλικό τεμαχίου: ABS plastic	
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές(N)	Πρόωση(F)	Συνολικός χρόνος φάσης
TOOL2	Διάτρηση	20mm	2000	100 mm/min	00:20:00
<p>Στην 1^η φάση της άνω πλευράς στην φραιζα, η κατεργασία που χρησιμοποιείται είναι η διάτρηση. Το εργαλείο έχει διάμετρο 20mm. Το βάθος κοπής είναι 5 mm ενώ το συνολικό βάθος κοπής είναι 11mm. Η ταχύτητα πρόωσης είναι 100mm/min ενώ οι στροφές είναι 2000. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 20 λεπτά.</p>					

2 ^η Φάση	Υλικό εργαλείου: HSS			Υλικό τεμαχίου: ABS plastic	
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές(N)	Πρόωση(F)	Συνολικός χρόνος φάσης
TOOL3	Φρεζάρισμα	15mm	2000	100 mm/min	00:10:00
<p>Σε αυτή τη φάση το εργαλείο που χρησιμοποιείται είναι διαμέτρου 15mm. Το βάθος κοπής είναι 5mm ενώ οι στροφές και η ταχύτητα πρόωσης είναι 2000 και 100mm/min αντίστοιχα. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 10 λεπτά</p>					

3 ^η Φάση	Υλικό εργαλείου: HSS			Υλικό τεμαχίου: ABS plastic	
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές(N)	Πρόωση(F)	Συνολικός χρόνος φάσης
TOOL3	Φρεζάρισμα	15mm	2000	100 mm/min	00:10:00
<p>Σε αυτή τη φάση το εργαλείο που χρησιμοποιείται είναι διαμέτρου 15mm. Το βάθος κοπής είναι 5mm ενώ οι στροφές και η ταχύτητα πρόωσης είναι 2000 και 100mm/min αντίστοιχα. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 10 λεπτά</p>					

3. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΚΑΘΑΡΟΥ ΧΑΛΚΟΥ ΣΤΗ ΦΡΑΙΖΑ

Για τις απαιτήσεις αυτής της εργασίας χρειάστηκε να κατασκευασθούν 5 δοκίμια καθαρού χαλκού στο κέντρο κατεργασίας DMU50eco. Τα δοκίμια καθαρού χαλκού που κατασκευάστηκαν αποτελούν κομμάτι μίας έρευνας η οποία σχετίζεται με το αν και το κατά πόσο κάποιες χαράξεις σε επιφάνειες χαλκού μπορούν να επηρεάσουν την τιμή του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας στις επιφάνειες ενός ατμολέβητα. Τα δοκίμια αυτά θα εφαρμοστούν σε ένα σύστημα το οποίο θα τα θερμάνει σε διάφορες θερμοκρασίες μέσω θερμικών αντιστάσεων που θα είναι εφαρμοσμένες στο εσωτερικό τους. Επίσης, στην πλευρά όπου θα υπάρχουν οι χαράξεις θα ρέει νερό το οποίο θα θερμαίνεται από το χαλκό. Για το λόγο αυτά τα δοκίμια είναι σχεδιασμένα και κατασκευασμένα έτσι ώστε

- να είναι δυνατόν να εισέλθουν σε αυτά οι διάφορες θερμικές αντιστάσεις με όσο το δυνατόν καλύτερη εφαρμογή
- να είναι δυνατόν να εισέλθουν σε αυτά τα απαραίτητα θερμοστοιχεία με όσο το δυνατόν καλύτερη εφαρμογή
- να μην υπάρχουν απώλειες νερού περιφερειακά της επιφάνειας ροής
- να υπάρχει η κατά το δυνατόν βέλτιστη εφαρμογή των δοκιμίων χαλκού στο σύστημα

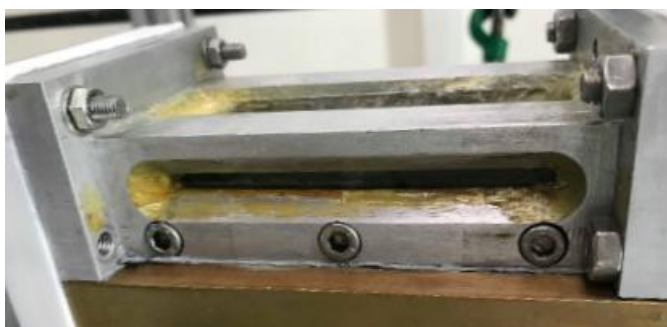
3.1 Περιγραφή τελικού δοκιμίου

3.1.1 Περιγραφή άνω πλευράς

Το κεντρικό τμήμα της άνω πλευράς το οποίο εξέρχει από το υπόλοιπο τεμάχιο 20mm είναι το τμήμα στο οποίο σε επόμενη φάση θα γίνονται οι απαραίτητες χαράξεις. Αυτό το τμήμα θα βρίσκεται εντός του θαλάμου βρασμού όπως φαίνεται στο σχήμα 3.2



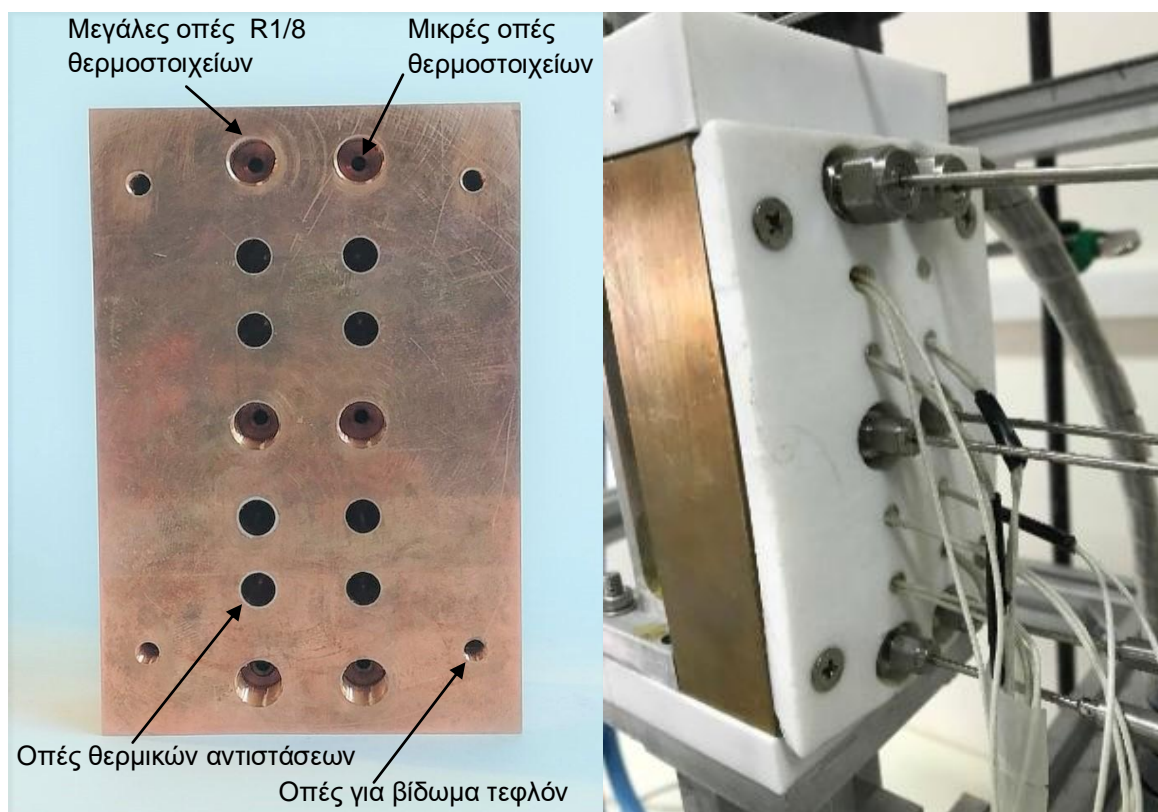
Σχήμα 3.1 Απεικόνιση άνω πλευράς



Σχήμα 3.2 Απεικόνιση εφαρμογής άνω πλευράς – Θάλαμος βρασμού

3.1.2 Περιγραφή κάτω πλευράς

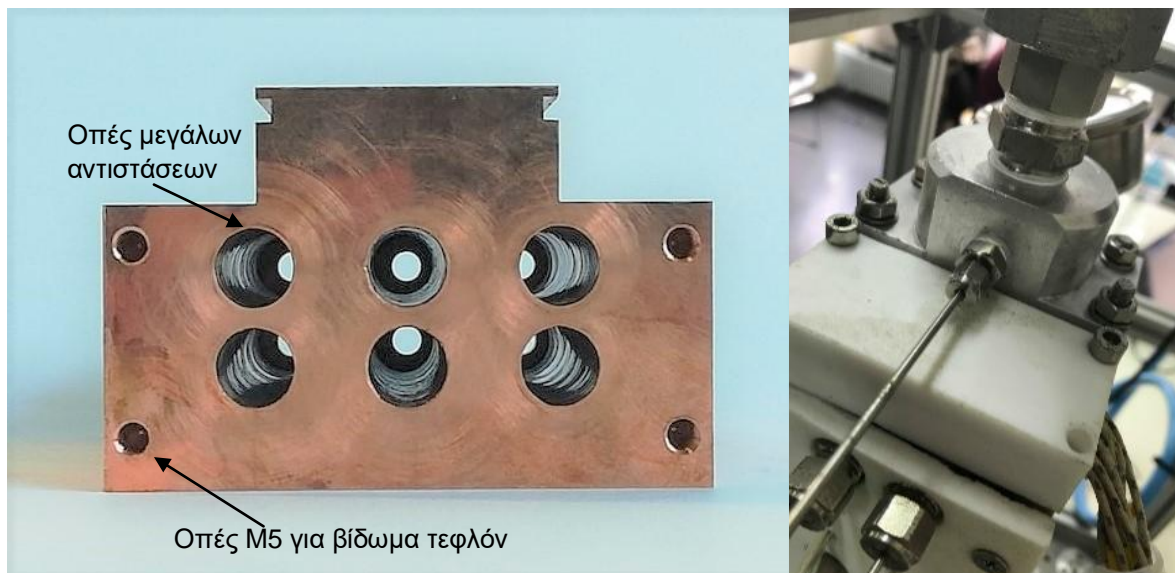
Στην κάτω πλευρά του δοκιμίου χαλκού υπάρχουν 6 μεγάλες οπές με σπείρωμα R1/8. Μέσα σε αυτές υπάρχουν μικρότερες με κέντρο ίδιο με αυτό των 6 μεγάλων και διάμετρο 2,5mm. Όπως φαίνεται στη δεύτερη εικόνα του [σχήματος 3.3](#) στις μικρές οπές εισέρχονται θερμοστοιχεία ενώ οι μεγάλες βοηθούν στην σταθεροποίηση των θερμοστοιχείων με χρήση κατάλληλων βιδών. Στις 8 οπές διαμέτρου 6,6mm εισέρχονται αντιστάσεις ισχύος 200W η καθεμία. Οι 4 οπές με σπείρωμα M5 στα άκρα του δοκιμίου χρησιμοποιούνται με σκοπό να βιδωθεί πλαίσιο από τεφλόν που χρησιμοποιείται για τον περιορισμό των θερμικών απωλειών και τη στήριξη των θερμικών αντιστάσεων.



Σχήμα 3.3 : Απεικόνιση άνω όψης και απεικόνιση εφαρμογής άνω όψης

3.1.3 Περιγραφή εμπρόσθιας πλευράς

Στη εμπρόσθια πλευρά παρατηρούνται 6 μεγάλες οπές διαμέτρου 10,2mm στις οποίες εισέρχονται οι μεγάλες θερμικές αντιστάσεις ισχύος 650W η καθεμία. Οι οπές με σπείρωμα M5 στις τέσσερις γωνίες την συγκεκριμένης πλευράς χρησιμοποιούνται με σκοπό την εφαρμογή ενός πλαισίου τεφλόν το οποίο βοηθάει στην σταθεροποίηση των θερμικών αντιστάσεων και στην μείωση των θερμικών απωλειών. Στο [σχήμα 3.2](#) φαίνονται τα καλώδια των θερμικών αντιστάσεων τα οποία έχουν σταθεροποιηθεί με τη βοήθεια του πλαισίου τεφλόν.



Σχήμα 3.4 : Απεικόνιση εμπρόσθιας πλευράς και απεικόνιση εφαρμογής εμπρόσθιας πλευράς

3.1.4 Περιγραφή οπίσθιας πλευράς

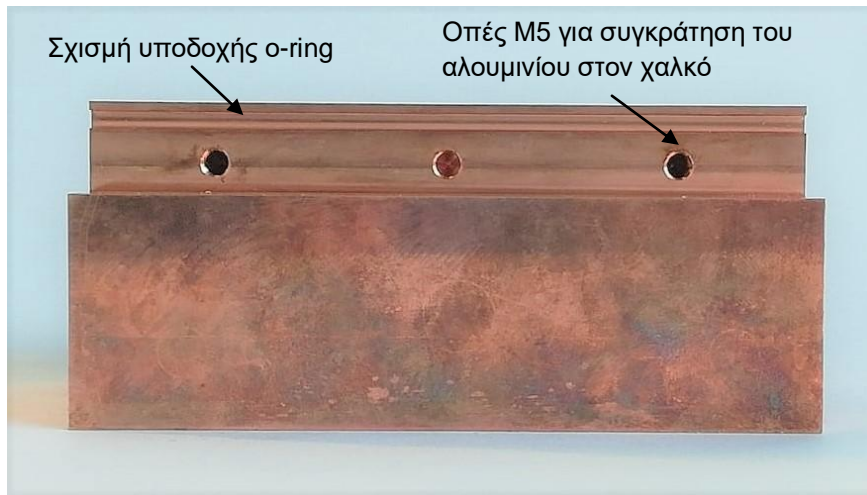
Στην οπίσθια πλευρά του δοκιμίου υπάρχουν 6 οπές με διάμετρο 5mm και κέντρο ίδιο με αυτές των μεγάλων αντιστάσεων της εμπρόσθιας πλευράς. Σε αυτές τις οπές ούτε βιδώνει ούτε εισέρχεται κάτι. Χρησιμοποιούνται ουσιαστικά για την εκτόνωση μίας λευκής πάστας η οποία βοηθάει στην εισδοχή των μεγάλων αντιστάσεων της άλλης πλευράς μέσα στο χαλκό. Οι 2 οπές με σπείρωμα M6 στο άνω μέρος της πλευράς αυτής χρησιμοποιούνται για να μπουν ειδικές βίδες που ενώνουν το δοκίμιο με το κανάλι εξομάλυνσης ροής, το κανάλι δηλαδή από το οποίο περνάει το νερό πριν εισέλθει στο κανάλι βρασμού.



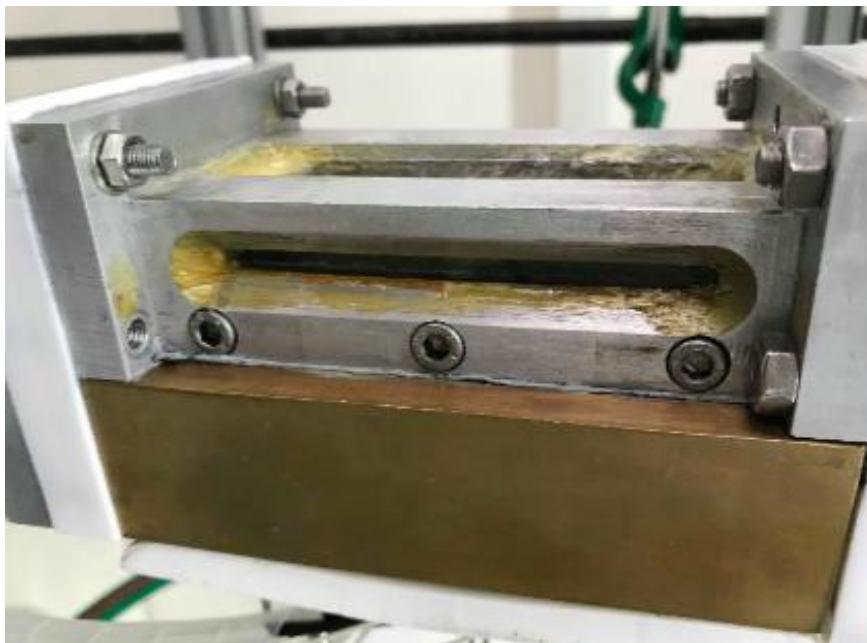
Σχήμα 3.5 : Απεικόνιση οπίσθιας πλευράς και απεικόνιση εφαρμογής οπίσθιας πλευράς

3.1.5 Περιγραφή δεξιάς και αριστερής πλευράς

Οι δεξιά και η αριστερή πλευρά είναι αυτές οι οποίες βοηθούν στη σωστή εφαρμογή του πλαισίου αλουμινίου στο εσωτερικό του οποίου ρέει το νερό. Πιο συγκεκριμένα οι 3 οπές με σπείρωμα M5 χρησιμοποιούνται για τις βίδες οι οποίες συγκρατούν κρατούν το πλαίσιο αλουμινίου σταθερό και στηρίζουν στο δοκίμιο χαλκού. Στην σχισμή πλάτους 3mm και βάθους 2mm που υπάρχει κατά μήκος της επιφάνειας, εισέρχεται ένα o-ring που χρησιμοποιείται για στεγανοποίηση.



Σχήμα 3.6 : Απεικόνιση δεξιάς – αριστερής πλευράς



Σχήμα 3.7 : Απεικόνιση εφαρμογής δεξιάς – αριστερής πλευράς


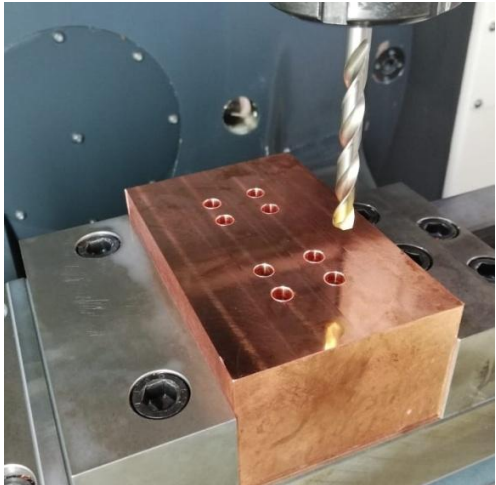

3.2 Φασεολόγιο δοκιμίων καθαρού χαλκού


Το φασεολόγιο στα δοκίμια χαλκού είναι απαραίτητο έτσι ώστε να είναι γνωστές και κατανοητές οι λεπτομέρειες κάθε κατεργασίας. Στην προκειμένη περίπτωση το τεμάχιο προς κατεργασία είναι ένα μπλοκ χαλκού διαστάσεων 80x54x120,4mm. Ακολουθούν οι φάσεις κάθε μίας από τις πλευρές του δοκιμίου. Οι πληροφορίες που εμπεριέχονται σε αυτές είναι οι εξής:


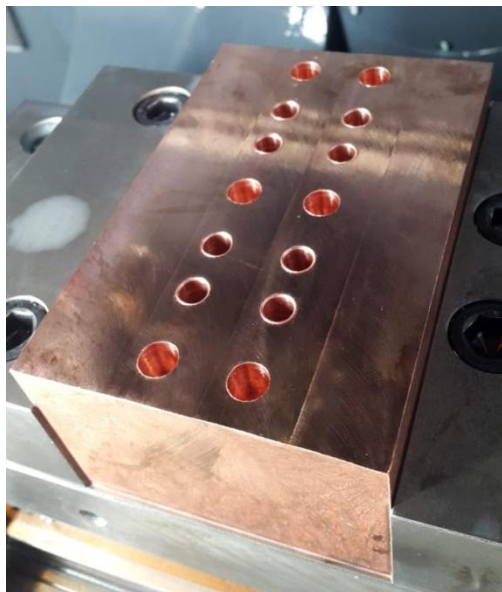
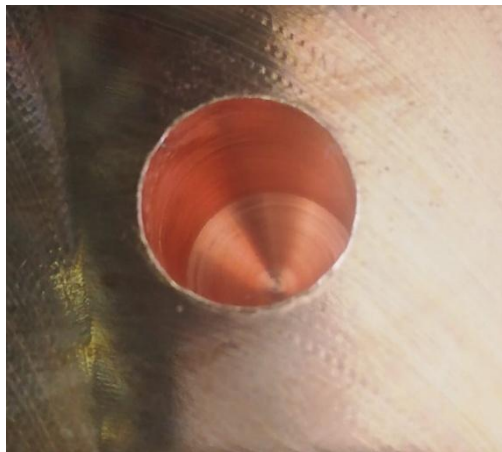
- Υλικό εργαλείου
- Υλικό τεμαχίου
- Είδος κατεργασίας
- Διάμετρος εργαλείου (για τα εργαλεία διάτρησης και φρεζαρίσματος)
- Τύπος σπειρώματος (για τα εργαλεία σπειροτόμησης)
- Στροφές
- Προώσεις
- Χρόνος κάθε κύκλου κατεργασίας
- Συνολικός χρόνος φάσης



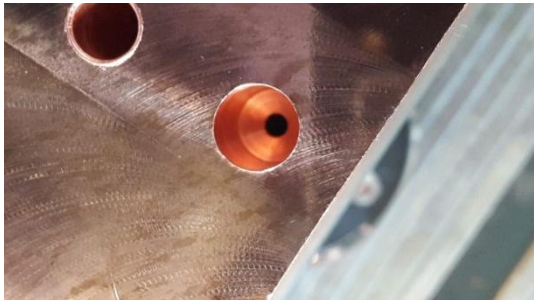
Επίσης σε κάθε φάση περιλαμβάνονται φωτογραφίες από την διαδικασία κοπής και ένα περιεκτικό κείμενο το οποίο εξηγεί τα χαρακτηριστικά κάθε φάσης. Με το πέρας των φάσεων κάθε πλευράς ακολουθούν αναλυτικές φωτογραφίες που κάνουν κατανοητή την μορφή του τεμαχίου σε κάθε στάδιο μέχρι την ολοκλήρωση όλων των κατεργασιών.

3.2.1 Φάσεις κάτω πλευράς

1 ^η Φάση	Υλικό εργαλείου: HSS TiN-Up			Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές(N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
DRILL67	Διάτρηση	6.6mm	3400	870 mm/min	00:01:20	00:12:43
<p>Στην παρούσα φάση γίνεται η κατεργασία της διάτρησης 8 οπών διαμέτρου 6.6mm. Το βάθος των οπών αυτών είναι 45 χιλιοστά ενώ το βάθος κοπής είναι 3mm. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 12 λεπτά και 43 δευτερόλεπτα ενώ ο χρόνος της διάνοιξης μιας τρύπας είναι 1 λεπτό και 20 δευτερόλεπτα. Τέλος οι στροφές του εργαλείου είναι 3400 ενώ η πρόωση είναι 870mm/min.</p>						
N0 N1 N2 N3 N4 N5 N6 N7 N8 N9 N10 N11 N12 N13 N14 N15 N16 N17 N18 N19 N20 N21 N22 N23	G90 G54 G17 G71 T="DRILL67" M06 S3400 M03 F870 G00 Z200 X30 Y28.2 M08 CYCLE83(100,0,30,-45,-3,0,0.1,,1,0,3,,60,0.1,) G01 Y42.2 CYCLE83(100,0,30,-45,-3,0,0.1,,1,0,3,,60,0.1,) G01 Y78.2 CYCLE83(100,0,30,-45,-3,0,0.1,,1,0,3,,60,0.1,) G01 92.2 CYCLE83(100,0,30,-45,-3,0,0.1,,1,0,3,,60,0.1,) G01 X50 CYCLE83(100,0,30,-45,-3,0,0.1,,1,0,3,,60,0.1,) G01 Y78.2 CYCLE83(100,0,30,-45,-3,0,0.1,,1,0,3,,60,0.1,) G01 Y42.2 CYCLE83(100,0,30,-45,-3,0,0.1,,1,0,3,,60,0.1,) G01 Y28.2 CYCLE83(100,0,30,-45,-3,0,0.1,,1,0,3,,60,0.1,) G00 Z200 M30			 		


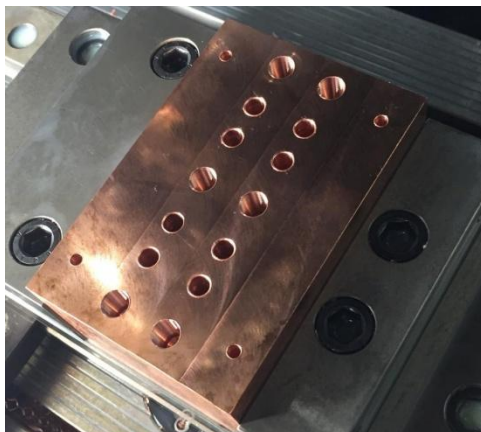

2 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS TiN-Up		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές(N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
DRILL5	Διάτρηση	5 mm	4500	890 mm/min	00:00:20	00:02:28
<p>Στην φάση αυτή γίνεται διάτρηση 6 οπών διαμέτρου 5mm με σκοπό την διευκόλυνση διάτρησης τρυπών διαμέτρου 8.4 χιλιοστών σε επόμενη φάση. Το βάθος τους είναι 17 χιλιοστά ενώ το βάθος κοπής είναι 2.5mm. Οι απαιτούμενες στροφές στην κατεργασία αυτήν είναι 4500 ενώ η πρόωση είναι 890mm/min. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 2 λεπτά και 28 ενώ ο συνολικός χρόνος του ενός κύκλου είναι 20 δευτερόλεπτα</p>						
N0	G90 G54 G17 G71	<p>N1 T="DRILL5" M06 N2 S4500 M03 F890 N3 G00 Z200 N4 X30 N5 Y10.2 N6 M08 N7 CYCLE83(100,0,30,-17,-2.5,,0.1,1,1,0,3,,30,0,0.1,) N8 G01 Y60.2 N9 CYCLE83(100,0,30,-17,-2.5,,0.1,1,1,0,3,,30,0,0.1,) N10 G01 Y110.2 N11 CYCLE83(100,0,30,-17,-2.5,,0.1,1,1,0,3,,30,0,0.1,) N12 G01 X50 N13 CYCLE83(100,0,30,-17,-2.5,,0.1,1,1,0,3,,30,0,0.1,) N14 G01 Y60.2 N15 CYCLE83(100,0,30,-17,-2.5,,0.1,1,1,0,3,,30,0,0.1,) N16 G01 Y10.2 N17 CYCLE83(100,0,30,-17,-2.5,,0.1,1,1,0,3,,30,0,0.1,) N18 G00 Z200 N19 M30</p>				
N1	T="DRILL5" M06					
N2	S4500 M03 F890					
N3	G00 Z200					
N4	X30					
N5	Y10.2					
N6	M08					
N7	CYCLE83(100,0,30,-17,-2.5,,0.1,1,1,0,3,,30,0,0.1,)					
N8	G01 Y60.2					
N9	CYCLE83(100,0,30,-17,-2.5,,0.1,1,1,0,3,,30,0,0.1,)					
N10	G01 Y110.2					
N11	CYCLE83(100,0,30,-17,-2.5,,0.1,1,1,0,3,,30,0,0.1,)					
N12	G01 X50					
N13	CYCLE83(100,0,30,-17,-2.5,,0.1,1,1,0,3,,30,0,0.1,)					
N14	G01 Y60.2					
N15	CYCLE83(100,0,30,-17,-2.5,,0.1,1,1,0,3,,30,0,0.1,)					
N16	G01 Y10.2					
N17	CYCLE83(100,0,30,-17,-2.5,,0.1,1,1,0,3,,30,0,0.1,)					
N18	G00 Z200					
N19	M30					

3 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS TiN-Up		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές(N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
DRILL84	Διάτρηση	8.4 mm	2700	900 mm/min	00:00:15	00:01:50
<p>Στην τρίτη φάση γίνεται διάτρηση 6 οπών διαμέτρου 8.4mm στο σημείο όπου είχαν ήδη διανοιχτεί 6 τρύπες διαμέτρου 5 χιλιοστών. Οι οπές αυτές έχουν βάθος 17mm και βάθος κοπής 4mm ενώ οι απαιτούμενες στροφές είναι 2700 και η πρόωση είναι 900mm/min. Τέλος κάθε κύκλος έχει διάρκεια 15 δευτερόλεπτα ενώ ο συνολικός χρόνος αυτής της φάσης είναι 1 λεπτό και 50 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71					
N1	T="DRILL84" M06					
N2	S2700 M03 F900					
N3	G00 Z200					
N4	X30					
N5	Y10.2					
N6	M08					
N7	CYCLE83(100,0,30,-17,-4,,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N8	G01 Y60.2					
N9	CYCLE83(100,0,30,-17,-4,,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N10	G01 Y110.2					
N11	CYCLE83(100,0,30,-17,-4,,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N12	G01 X50					
N13	CYCLE83(100,0,30,-17,-4,,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N14	G01 Y60.2					
N15	CYCLE83(100,0,30,-17,-4,,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N16	G01 Y10.2					
N17	CYCLE83(100,0,30,-17,-4,,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N18	G00 Z200					
N19	M30					
						

4 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές(N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
DRILL25	Διάτρηση	2.5 mm	7000	150 mm/min	00:13:44/ 00:17:25	01:54:15
<p>Σε αυτή τη φάση γίνεται διάτρηση 6 οπών διαμέτρου 2.5mm ενώ τα κέντρα των οπών αυτών ταυτίζονται με αυτά των οπών της προηγούμενης φάσης. Το βάθος των τριών οπών είναι 40mm ενώ των άλλων τριών είναι 50mm ενώ το βάθος κοπής είναι 1.25mm. Ο συνολικός χρόνος κατεργασίας είναι 1 ώρα, 54 λεπτά και 15 δευτερόλεπτα ενώ ο χρόνος κάθε κύκλου είναι 13 λεπτά και 44 δευτερόλεπτα για αυτές που έχουν βάθος 40mm και 17 λεπτά και 25 δευτερόλεπτα για αυτές που έχουν βάθος 50mm. Οι απαιτούμενες στροφές είναι 7000 ενώ η πρόωση είναι 150mm/min.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71			 		
N1	T="DRILL25" M06					
N2	S2700 M03 F900					
N3	G00 Z200					
N4	X30					
N5	Y10.2					
N6	M08					
N7	CYCLE83(100,0,30,-40,-1.25,,0.1,,1,0,3,,60,0.1,)					
N8	G01 Y60.2					
N9	CYCLE83(100,0,30,-40,-1.25,,0.1,,1,0,3,,60,0.1,)					
N10	G01 Y110.2					
N11	CYCLE83(100,0,30,-40,-1.25,,0.1,,1,0,3,,60,0.1,)					
N12	G01 X50					
N13	CYCLE83(100,0,30,-50,-1.25,,0.1,,1,0,3,,70,0.1,)					
N14	G01 Y60.2					
N15	CYCLE83(100,0,30,-50,-1.25,,0.1,,1,0,3,,70,0.1,)					
N16	G01 Y10.2					
N17	CYCLE83(100,0,30,-50,-1.25,,0.1,,1,0,3,,70,0.1,)					
N18	G00 Z200					
N19	M30					

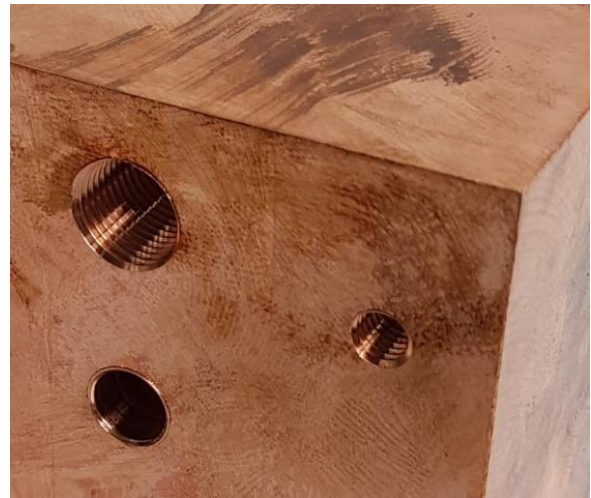
5 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS TiN-Up		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
DRILL42	Διάτρηση	4.2 mm	5300	1000 mm/min	00:00:23	00:01:55
<p>Στην 5η φάση γίνεται η διάτρηση τεσσάρων οπών διαμέτρου 4.2mm. Το βάθος των οπών αυτών είναι 16 χιλιοστά και το βάθος κοπής 2mm, ενώ οι απαιτούμενες στροφές και η απαιτούμενη πρόωση είναι 5300 και 1000mm/min αντίστοιχα. Ο χρόνος κάθε κύκλου είναι 23 δευτερόλεπτα ενώ ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 1 λεπτό και 55 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71	<p>G90 G54 G17 G71 T="DRILL42" M06 S5300 M03 F1000 G00 Z200 X9 Y16 M08 CYCLE83(100,0,30,-16,-2,,0,0.1,,1,0,3,,30,0.1,) G01 105.9 CYCLE83(100,0,30,-16,-2,,0,0.1,,1,0,3,,30,0.1,) G01 X71 CYCLE83(100,0,30,-16,-2,,0,0.1,,1,0,3,,30,0.1,) G01 Y16 CYCLE83(100,0,30,-16,-2,,0,0.1,,1,0,3,,30,0.1,) G00 Z200 M30</p>				
N1	T="DRILL42" M06					
N2	S5300 M03 F1000					
N3	G00 Z200					
N4	X9					
N5	Y16					
N6	M08					
N7	CYCLE83(100,0,30,-16,-2,,0,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N8	G01 105.9					
N9	CYCLE83(100,0,30,-16,-2,,0,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N10	G01 X71					
N11	CYCLE83(100,0,30,-16,-2,,0,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N12	G01 Y16					
N13	CYCLE83(100,0,30,-16,-2,,0,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N14	G00 Z200					
N15	M30					

6 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS-E HVA		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Τύπος εργαλείου	Στροφές(N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
TAPR18	Σπειροτόμηση	R1/8	420	-	00:00:17	00:06:20
<p>Στη συγκεκριμένη φάση γίνεται η κατεργασία της σπειροτόμησης. Το εργαλείο που χρησιμοποιείται είναι το R1/8. Η σπειροτόμηση γίνεται στις τρύπες οι οποίες είχαν διανοιχτεί σε προηγούμενη φάση και έχουν διάμετρο 8.4 χιλιοστά. Το βάθος της κατεργασίας είναι 16 χιλιοστά ενώ οι στροφές είναι 420. Ο χρόνος κάθε κύκλου είναι 17 δευτερόλεπτα ενώ ο συνολικός χρόνος συμπεριλαμβανομένου και του καθαρισμού του εργαλείου είναι 6 λεπτά και 20 δευτερόλεπτα</p>						
N0	G90 G54 G17 G71			 		
N1	T="TAPR18" M06					
N2	G00 Z200					
N3	X30					
N4	Y10.2					
N5	M08					
N6	CYCLE84(100,0,30,-16,,0,4,,28,90,420,420,3,2,0,0,,)					
N7	G01 Y60.2					
N8	CYCLE84(100,0,30,-16,,0,4,,28,90,420,420,3,2,0,0,,)					
N9	G01 Y110.2					
N10	CYCLE84(100,0,30,-16,,0,4,,28,90,420,420,3,2,0,0,,)					
N11	G01 X50					
N12	CYCLE84(100,0,30,-16,,0,4,,28,90,420,420,3,2,0,0,,)					
N13	G01 Y60.2					
N14	CYCLE84(100,0,30,-16,,0,4,,28,90,420,420,3,2,0,0,,)					
N15	G01 Y10.2					
N16	CYCLE84(100,0,30,-16,,0,4,,28,90,420,420,3,2,0,0,,)					
N17	G00 Z200					
N18	M30					

7 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS-E TIN		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Τύπος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
TAPM5	Σπειροτόμηση	M5	760	-	00:00:11	00:03:40
<p>Στην τελευταία φάση της κάτω πλευράς χρησιμοποιείται το εργαλείο σπειροτόμησης M5 με μέγιστη διάμετρο 5mm με σκοπό την σπειροτόμηση στις οπές που είχαν διανοιχτεί στην φάση 5. Το βάθος της σπειροτόμησης είναι 15 χιλιοστά ενώ οι στροφές είναι 760. Ο συνολικός χρόνος της φάσης είναι 3 λεπτά και 40 δευτερόλεπτα ενώ ο συνολικός χρόνος κάθε κύκλου είναι 11 δευτερόλεπτα</p>						
N0	G90 G54 G17 G71					
N1	T="TAPM5" M06					
N2	G00 Z200					
N3	X9					
N4	Y16					
N5	M08					
N6	CYCLE84(100,0,30,-15,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0.0,,)					
N7	G01 105.9					
N8	CYCLE84(100,0,30,-15,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0.0,,)					
N9	G01 X71					
N10	CYCLE84(100,0,30,-15,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0.0,,)					
N11	G01 Y16					
N12	CYCLE84(100,0,30,-15,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0.0,,)					
N13	G00 Z200					
N14	M30					
						


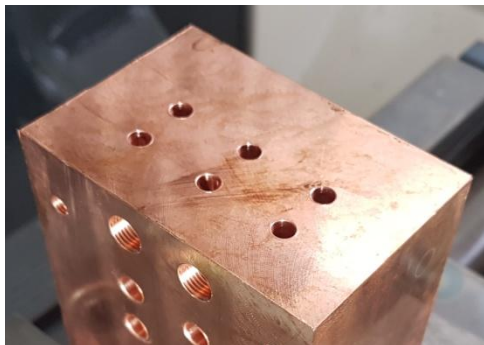
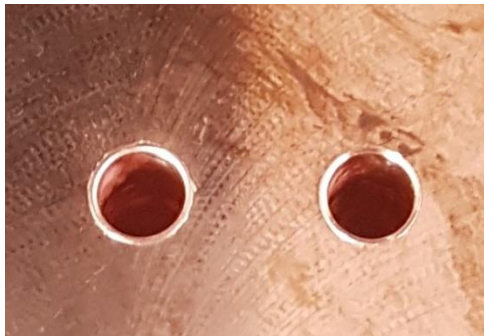




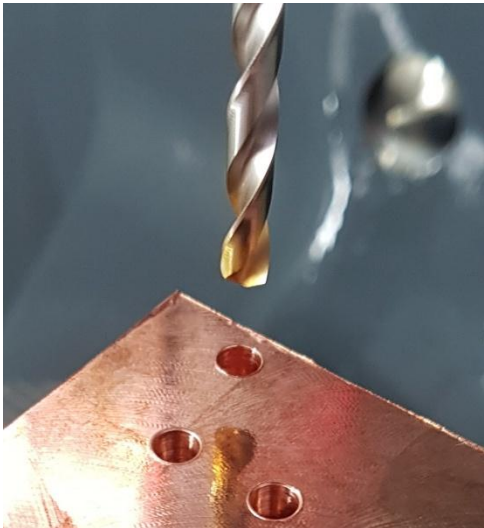
Σχήμα 3.8 : Κάτω και εμπρόσθια πλευρά δοκιμίου


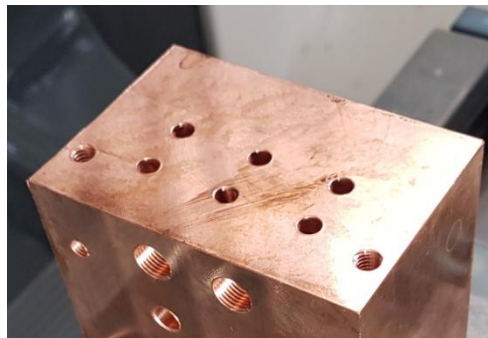



Σχήμα 3.9 : Λεπτομέρειες κάτω πλευράς

3.2.2 Φάσεις οπίσθιας πλευράς

1 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS TiN-Up		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
DRILL5	Διάτρηση	5 mm	4500	890 mm/min	00:01:26	00:08:45
<p>Στην 1^η φάση γίνεται διάτρηση με την χρήση εργαλείου διαμέτρου 5mm. Ο αριθμός των οπών που διανοίγονται είναι 6 ενώ το βάθος τους είναι 40 mm. Το βάθος κοπής είναι 2.5mm. Οι στροφές που απαιτούνται για την κατεργασία είναι 4500 ενώ η πρόωση που χρειάζεται είναι 890mm/min. Κάθε κύκλος απαιτεί 1 λεπτό και 26 δευτερόλεπτα ενώ ο συνολικός χρόνος της φάσης είναι 8 λεπτα και 45 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71			 		
N1	T="DRILL5" M06					
N2	G00 Z100					
N3	X15.8					
N4	Y20					
N5	M08					
N6	CYCLE83(100,0,30,-40,-2.5,,,0.1,,1,0,3,,60,0.1,)					
N7	G01					
N8	Y40					
N9	CYCLE83(100,0,30,-40,-2.5,,,0.1,,1,0,3,,60,0.1,)					
N10	G01					
N11	Y60					
N12	CYCLE83(100,0,30,-40,-2.5,,,0.1,,1,0,3,,60,0.1,)					
N13	G01					
N14	X28.7					
N15	CYCLE83(100,0,30,-40,-2.5,,,0.1,,1,0,3,,60,0.1,)					
N16	G01					
N17	Y40					
N18	CYCLE83(100,0,30,-40,-2.5,,,0.1,,1,0,3,,60,0.1,)					
N19	G01					
N20	Y20					
N21	CYCLE83(100,0,30,-40,-2.5,,,0.1,,1,0,3,,60,0.1,)					
N22	G00 Z100					
N23	M30					

2 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS TiN-Up		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
DRILL5	Διάτρηση	5 mm	4500	890 mm/min	00:00:13	00:00:39
<p>Σε αυτή την φάση γίνεται διάτρηση 2 επιπλέων τρυπών διαμέτρου 5mm και βάθους 13.5mm. Το βάθος κοπής είναι το μισό της διαμέτρου. Η κατεργασία απαιτεί πρόωση της τάξης του 890mm/min και στροφές της τάξης των 4500. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 39 δευτερόλεπτα ενώ ο χρόνος κάθε κύκλου είναι 13 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71	<p>N1 T="DRILL5" M06 N2 S4500 M03 F890 N3 G00 Z100 N4 X12.7 N5 Y5 N6 M08 N7 CYCLE83(100,0,30,-13.5,-2.5,,0.1,,1,0,3,,20,0.1,) N8 G01 Y75 N9 CYCLE83(100,0,30,-13.5,-2.5,,0.1,,1,0,3,,20,0.1,) N10 G00 Z100 N11 M30</p>				
N1	T="DRILL5" M06					
N2	S4500 M03 F890					
N3	G00 Z100					
N4	X12.7					
N5	Y5					
N6	M08					
N7	CYCLE83(100,0,30,-13.5,-2.5,,0.1,,1,0,3,,20,0.1,)					
N8	G01 Y75					
N9	CYCLE83(100,0,30,-13.5,-2.5,,0.1,,1,0,3,,20,0.1,)					
N10	G00 Z100					
N11	M30					

3 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS-E TIN		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Τύπος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
TAPM6	Σπειροτόμηση	M6	630	-	00:00:10	00:01:06
<p>Στην παρούσα φάση γίνεται σπειροτόμηση στις τρύπες που διανοίχτηκαν στην προηγούμενη φάση. Το εργαλείο σπειροτόμησης είναι το M5. Οι στροφές της συγκεκριμένης κατεργασίας είναι 630 ενώ το βάθος κοπής είναι 12mm. Ο χρόνος φάσης είναι 1 λεπτό και 6 δευτερόλεπτα ενώ ο χρόνος του ενός κύκλου κατεργασίας είναι 10 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71			 		
N1	T="TAPM6" M06					
N2	G00 Z100					
N3	X12.7					
N4	Y5					
N5	M08					
N6	CYCLE84(100,0,30,-12,,0,4,,1,90,630,630,3,1,0,0,,)					
N7	G01 Y75					
N8	CYCLE84(100,0,30,-12,,0,4,,1,90,630,630,3,1,0,0,,)					
N9	G00 Z100					
N10	M30					


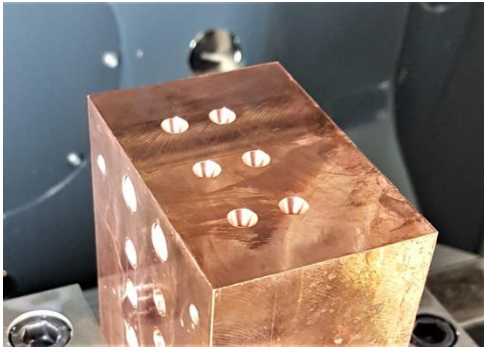
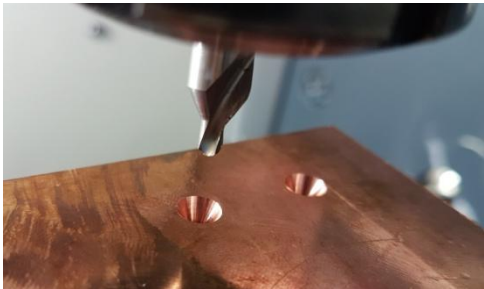


Σχήμα 3.10 : Απεικόνιση κάτω, οπίσθια και δεξιάς πλευράς








Σχήμα 3.11: Λεπτομέρειες οπίσθια πλευράς




3.2.3 Φάσεις εμπρόσθιας πλευράς

1 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
CENTERDRILL	Κεντράρισμα	8 mm	3200	135 mm/min	00:05:00	00:05:00
<p>Η κατεργασία που χρησιμοποιείται στην φάση αυτή είναι το κεντράρισμα σε 6 σημεία του αντικειμένου. Ο κεντραδόρος που χρησιμοποιείται είναι μέγιστης διαμέτρου 8mm. Το συνολικό βάθος κοπής σε κάθε κύκλο είναι 8mm ενώ οι στροφές και η πρόωση είναι 3500 και 890 αντίστοιχα. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 5 λεπτά.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71			 		
N1	T="CENTERDRILL" M06					
N2	S3700 M03 F130					
N3	G00 Z100					
N4	X15.8					
N5	Y60					
N6	Z30					
N7	G01 Z-8					
N8	Z30					
N9	G00 Z100					
N10	Y40					
N11	Z30					
N12	G01 Z-8					
N13	Z30					
N14	G00 Z100					
N15	Y20					
N16	Z30					
N17	G01 Z-8					
N18	Z30					
N19	G00 Z100					
N20	X28.7					
N21	Z30					
N22	G01 Z-8					
N23	Z30					
N24	G00 Z100					
N25	Y40					
N26	Z30					
N27	G01 Z-8					
N28	Z30					
N29	G00 Z100					
N30	Y60					
N31	Z30					
N32	G01 Z-8					
N33	Z30					
N34	G00 Z100					
N35	Z200					
N36	M30					

2 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS TiN-Up		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
DRILL6.6	Διάτρηση	6.6 mm	3400	870 mm/min	00:02:40	00:14:23
<p>Στην συγκεκριμένη κατεργασία γίνεται διάτρηση 6 οπών στα κεντραρισμένα σημεία, διαμέτρου 6.6mm και συνολικού βάθους 50mm με βάθος κοπής 3mm. Η πρόωση είναι 870mm/min ενώ οι στροφές της ατράκτου είναι 3400. Ο συνολικός χρόνος αυτής της φάσης είναι 14 λεπτά και 23 δευτερόλεπτα ενώ ο χρόνος κάθε κύκλου διάτρησης είναι 2 λεπτά και 40 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71			 		
N1	T="DRILL5" M06					
N2	S3400 M03 F870					
N3	G00 Z100					
N4	X15.8					
N5	Y20					
N6	M08					
N7	CYCLE83(100,0,30,-50,-3,,,0,,1,0,3,,60,0,)					
N8	G01					
N9	Y40					
N10	CYCLE83(100,0,30,-50,-3,,,0,,1,0,3,,60,0,)					
N11	G01					
N12	Y60					
N13	CYCLE83(100,0,30,-50,-3,,,0,,1,0,3,,60,0,)					
N14	G01					
N15	X28.7					
N16	CYCLE83(100,0,30,-50,-3,,,0,,1,0,3,,60,0,)					
N17	G01					
N18	Y40					
N19	CYCLE83(100,0,30,-50,-3,,,0,,1,0,3,,60,0,)					
N20	G01					
N21	Y20					
N22	CYCLE83(100,0,30,-50,-3,,,0,,1,0,3,,60,0,)					
N23	G00 Z100 M30					

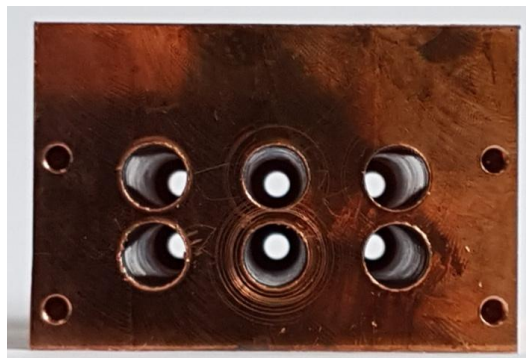
3 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
DRILL102	Διάτρηση	10.2 mm	1750	210 mm/min	00:18:50	01:58:37
<p>Σε αυτή την φάση γίνεται διάτρηση οπών διαμέτρου 10.2mm. Οι οπές αυτές έχουν ως κέντρο τις οπές που διανοίχτηκαν στις προηγούμενες 2 φάσεις. Το βάθος των οπών αυτών είναι 115mm με βάθος κοπής 5mm ενώ οι στροφές και η πρόωση της κατεργασίας είναι 1750 και 210mm/min αντίστοιχα. Η κατεργασία αυτή είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα αφού απαιτεί περίπου 2 ώρες συμπεριλαμβανομένου και του χρόνου καθαρισμού του εργαλείου σε τακτά χρονικά διαστήματα. Ο κάθε κύκλος διάτρησης απαιτεί 18 λεπτά και 50 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71					
N1	T="DRILL102" M06					
N2	S1750 M03 F210					
N3	G00 Z30					
N4	X15.8					
N5	Y20					
N6	M08					
N7	CYCLE83(30,0,30,-115,-5,0,0.1,,1,0,3,,120,0.1,)					
N8	G01					
N9	Y40					
N10	CYCLE83(30,0,30,-115,-5,0,0.1,,1,0,3,,120,0.1,)					
N11	G01					
N12	Y60					
N13	CYCLE83(30,0,30,-115,-5,0,0.1,,1,0,3,,120,0.1,)					
N14	G01					
N15	X28.7					
N16	CYCLE83(30,0,30,-115,-5,0,0.1,,1,0,3,,120,0.1,)					
N17	G01					
N18	Y40					
N19	CYCLE83(30,0,30,-115,-5,0,0.1,,1,0,3,,120,0.1,)					
N20	G01					
N21	Y20					
N22	CYCLE83(30,0,30,-115,-5,0,0.1,,1,0,3,,120,0.1,)					
N23	G00 Z100					
N24	M30					

4 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS TiN-Up		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
DRILL42	Διάτρηση	4.2 mm	5300	1000 mm/min	00:00:20	00:02:14
<p>Στην 4^η φάση γίνεται η διάνοιξη οπών διαμέτρου 4.2mm. Οι στροφές της ατράκτου είναι 5300 ενώ η ταχύτητα πρόωσης του εργαλείου είναι 1000mm/min. Το βάθος κοπής είναι 2mm και το συνολικό βάθος των οπών είναι 12mm ενώ ο συνολικός χρόνος της φάσης είναι 2 λεπτά και 14 δευτερόλεπτα. Κάθε κύκλος διάτρησης απαιτεί 20 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71					
N1	T="DRILL42" M06					
N2	S5300 M03 F1000					
N3	G00 Z100					
N4	X6.8					
N5	Y4					
N6	M08					
N7	CYCLE83(100,0,30,-12,-2,0,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N8	G01 Y76					
N9	CYCLE83(100,0,30,-12,-2,0,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N10	G01 X31.6					
N11	CYCLE83(100,0,30,-12,-2,0,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N12	G01 Y4					
N13	CYCLE83(100,0,30,-12,-2,0,0.1,,1,0,3,,30,0.1,)					
N14	G00 Z100					
N15	M30					

5 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS-E TIN		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Τύπος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
TAPM5	Σπειροτόμηση	M5	760	-	00:00:10	00:02:28
<p>Στην τελευταία φάση της συγκεκριμένης πλευράς γίνεται σπειροτόμηση στις οπές που διανοίχτηκαν στην προηγούμενη κατεργασία. Το εργαλείο σπειροτόμησης που χρησιμοποιείται είναι το M5. Η στροφές που απαιτούνται για την συγκεκριμένη σπειροτόμηση είναι 760 ενώ το συνολικό βάθος κοπής κάθε κύκλου κατεργασίας είναι 11mm. Κάθε κύκλος κατεργασίας απαιτεί 10 δευτερόλεπτα ενώ συνολικά για όλη την φάση απαιτούνται 2 λεπτά και 28 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71	 				
N1	T="TAPM5" M06					
N2	G00 Z200					
N3	X6.8					
N4	Y4					
N5	M08					
N6	CYCLE84(100,0,30,-11,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0,0,,)					
N7	G01 Y76					
N8	CYCLE84(100,0,30,-11,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0,0,,)					
N9	G01 X31.6					
N10	CYCLE84(100,0,30,-11,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0,0,,)					
N11	G01 Y4					
N12	CYCLE84(100,0,30,-11,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0,0,,)					
N13	G00 Z200					
N14	M30					
N15						




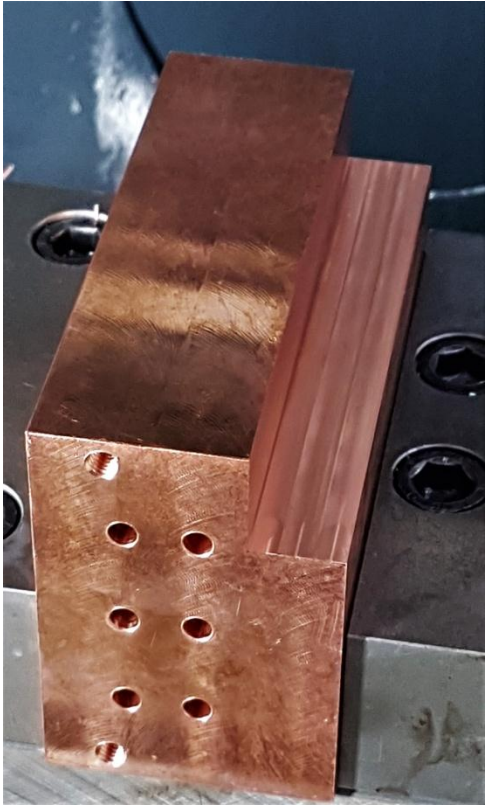

Σχήμα 3.12 : Απεικόνιση εμπρόσθια, κάτω και αριστερής πλευράς




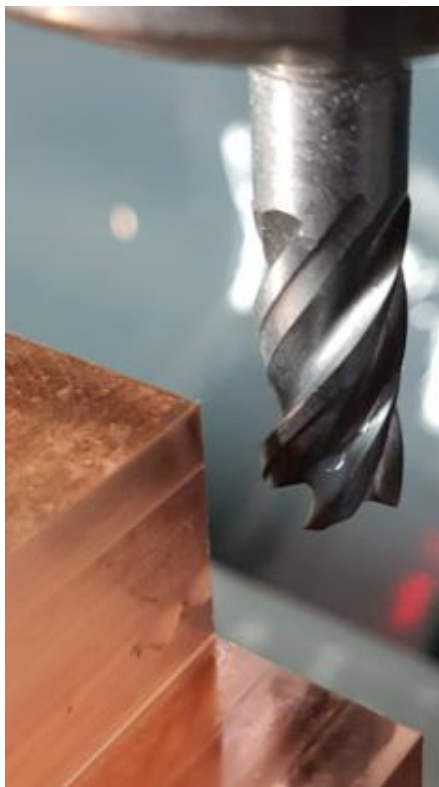
Σχήμα 3.13 : Απεικόνιση εμπρόσθια πλευράς



3.2.4 Φάσεις δεξιάς πλευράς

1 ^η Φάση	Υλικό εργαλείου: AlCrN			Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
MILL10	Φραιζάρισμα	10 mm	2200	170 mm/min	00:12:00	00:12:00
<p>Στην πρώτη φάση της δεξιάς πλευράς γίνεται κατεργασία φρεζαρίσματος με κοπτικό εργαλείο διαμέτρου 10mm. Το βάθος κοπής είναι 5mm ενώ χρησιμοποιείται το 50% της συνολικής διαμέτρου για κάθε πέρασμα κοπής. Η απαιτούμενη ταχύτητα πρόωσης είναι 170 mm/min ενώ οι στροφές τις ατράκτου είναι 2200. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 12 λεπτά.</p>						

N0	G90 G54 G17 G71	
N1	T="MILL10" M06	
N2	G00 Z2200 M03 F170	
N3	M08	
N4	G00 Z200	
N5	X53	
N6	Y140	
N7	Z-5	
N8	G01	
N9	Y-20	
N10	G00	
N11	Z50	
N12	Y140	
N13	X47	
N14	Z-5	
N15	G01	
N16	Y-20	
N17	G00	
N18	Z50	
N19	Y140	
N20	X42.1	
N21	Z-5	
N22	G01 Y-20	
N23	G00 Z50	
N24	X53	
N25	Y140	
N26	Z-10	
N27	G01	
N28	Y-20	
N29	G00	
N30	Z50	
N31	Y140	
N32	X47	
N33	Z-10	
N34	G01	
N35	Y-20	
N36	G00	
N37	Z50	
N38	Y140	
N39	X42.1	
N40	Z-10	
N41	G01 Y-20	
N42	G00 Z50	
N43	X53	
N44	Y140	
N45	Z-15	
N46	G01	
N46	Y-20	
N47	G00	
N48	Z50	
N49	Y140	

N50	X47	
N51	Z-15	
N52	G01	
N53	Y-20	
N54	G00	
N55	Z50	
N56	Y140	
N57	X42.1	
N58	Z-15	
N59	G01 Y-20	
N60	G00 Z50	
N61	X53	
N62	Y140	
N63	Z-19.7	
N64	G01	
N65	Y-20	
N66	G00	
N67	Z50	
N68	Y140	
N69	X47	
N70	Z-19.7	
N71	G01	
N72	Y-20	
N73	G00	
N74	Z50	
N75	Y140	
N76	X42.1	
N77	Z-19.7	
N78	G01 Y-20	
N79	G00 Z50	
N80	M30	

2 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: AlCrN		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
MILL10	Φραιζάρισμα	10 mm	2200	170 mm/min	00:03:05	00:03:05
<p>Η συγκεκριμένη φάση αφορά την κατεργασία φινιρίσματος με φραιζάρισμα στον κάθετο άξονα z. Για αυτό χρησιμοποιείται εργαλείο διαμέτρου 10mm. Το βάθος κοπής είναι 5mm ενώ χρησιμοποιείται μόλις το 0.1% της διαμέτρου του κοπτικού εργαλείου για το φινίρισμα. Οι στροφές παραμένουν ίδιες με την προηγούμενη φάση. Το ίδιο ισχύει και για την ταχύτητα πρόωσης. Ο συνολικός χρόνος της φάσης είναι 3 λεπτά και 5 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71					
N1	T="MILL10" M06					
N2	S2200 M03 F170					
N3	M08					
N4	G00 Z200					
N5	Y140					
N6	X42.00					
N7	Z-5					
N8	G01					
N9	Y-20					
N10	G00 Z50					
N11	Y140					
N12	X42.00					
N13	Z-10					
N14	G01					
N15	Y-20					
N16	G00 Z50					
N17	Y140					
N18	X42.00					
N19	Z-15					
N20	G01					
N21	Y-20					
N22	G00 Z50					
N23	Y140					
N24	X42.00					
N25	Z-19.7					
N26	G01					
N27	Y-20					
N28	G00 Z50					
N29	M30					

3 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: AlCrN		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
MILL10	Φραιζάρισμα	10 mm	2200	170 mm/min	00:02:25	00:02:25
<p>Στην 3^η φάση γίνεται φινίρισμα με εργαλείο φρεζαρίσματος διαμέτρου 10mm στον άξονα x. Οι απαιτούμενες στροφές της ατράκτου είναι 2200 ενώ η ταχύτητα πρόωσης είναι 170mm/min. Το βάθος κοπής είναι μόλις 0.3mm ενώ σε κάθε πέρασμα το εργαλείο κόβει με το 50% της διαμέτρου του. Ο συνολικός χρόνος της φάσης είναι 2 λεπτά και 25 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71					
N1	T="MILL10" M06					
N2	S2200 M03 F170					
N3	M08					
N4	G00 Z200					
N5	Y140					
N6	X53					
N7	Z-20					
N8	G01					
N9	Y-20					
N10	G00 Z50					
N11	Y140					
N12	X47					
N13	Z-20					
N14	G01					
N15	Y-20					
N16	G00 Z50					
N17	Y140					
N18	X42					
N19	Z-20					
N20	G01					
N21	Y-20					
N22	G00 Z100					
N23	M30					

4 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: AlCrN		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
MILL3	Φραιζάρισμα	3 mm	7000	80 mm/min	00:03:30	00:03:30
<p>Στην συγκεκριμένη φάση το είδος κατεργασίας που χρησιμοποιείται είναι το φραιζάρισμα. Το εργαλείο είναι διαμέτρου 3mm και κόβει με το σύνολο της διαμέτρου του. Οι στροφές που απαιτεί είναι 7000 ενώ η ταχύτητα πρόωσης μόλις 80mm/min. Ο συνολικός χρόνος της φάσης είναι 3 λεπτά και 30 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71	<p>N1 T="MILL10" M06 N2 S7000 M03 F80 N3 G00 Z200 N4 X49 N5 Y140 N6 M08 N7 Z10 N8 G01 Z-22 N9 Y-30 N10 Z30 N11 G00 Z200 N12 M30</p>				
N1	T="MILL10" M06					
N2	S7000 M03 F80					
N3	G00 Z200					
N4	X49					
N5	Y140					
N6	M08					
N7	Z10					
N8	G01 Z-22					
N9	Y-30					
N10	Z30					
N11	G00 Z200					
N12	M30					

5 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS TiN-Up		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
DRILL42	Διάτρηση	4.2 mm	5300	1000 mm/min	00:00:14 /00:00:10	00:02:20
<p>Στην 5^η φάση γίνεται διάτρηση με εργαλείο διαμέτρου 4.2mm. Η απαιτούμενη πρόωση είναι 1000mm/min ενώ οι στροφές είναι 5300. Το συνολικό βάθος κοπής είναι 13mm στις 2 ακραίες τρύπες ενώ στην κεντρική είναι 7mm. Το βάθος κοπής είναι 2mm. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 2 λεπτά και 20 δευτερόλεπτα ενώ ο χρόνος κύκλου των 2 ακραίων οπών είναι 14 δευτερόλεπτα. Ο χρόνος κύκλου διάτρησης της κεντρικής οπής είναι 10 δευτερόλεπτα</p>						
N0	G90 G54 G17 G71	<p>N1 T="DRILL42" M06 N2 S5300 M03 F1000 N3 G00 Z200 N4 Y21.2 N5 X42 N6 M08 N7 CYCLE83(100,0,30,-33,-2,0,0.1,1,0,3,20,0.1) N8 G01 N9 Y60.2 N10 CYCLE83(100,0,30,-27,-2,0,0.1,1,0,3,20,0.1) N11 G01 N12 Y99.2 N13 CYCLE83(100,0,30,-33,-2,0,0.1,1,0,3,20,0.1) N14 G00 Z200 N15 M30</p>				
N1	T="DRILL42" M06					
N2	S5300 M03 F1000					
N3	G00 Z200					
N4	Y21.2					
N5	X42					
N6	M08					
N7	CYCLE83(100,0,30,-33,-2,0,0.1,1,0,3,20,0.1)					
N8	G01					
N9	Y60.2					
N10	CYCLE83(100,0,30,-27,-2,0,0.1,1,0,3,20,0.1)					
N11	G01					
N12	Y99.2					
N13	CYCLE83(100,0,30,-33,-2,0,0.1,1,0,3,20,0.1)					
N14	G00 Z200					
N15	M30					

6 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS-E TIN		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Τύπος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
TAPM5	Σπειροτόμηση	M5	760	-	00:00:13	00:02:13
<p>Στην τελευταία φάση η κατεργασία που εφαρμόζεται είναι η σπειροτόμηση. Το εργαλείο που χρησιμοποιείται δημιουργεί σπείρωμα M5 στις 3 οπές που διανοίχτηκαν στην προηγούμενη κατεργασία. Οι στροφές είναι 760mm/min ενώ το βάθος κοπής είναι 12mm για τις 2 ακραίες οπές και 6mm για την μεσαία οπή. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 2 λεπτά και 38 δευτερόλεπτα. Ο κάθε κύκλος έχει συνολικό χρόνο 13 δευτερόλεπτα</p>						
N0	G90 G54 G17 G71	 				
N1	T="TAPM5" M06					
N2	G00 Z100					
N3	Y21.2					
N4	X42					
N5	M08					
N6	CYCLE84(100,0,30,-32,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0,0,,)					
N7	G00					
N8	Y60.2					
N9	CYCLE84(100,0,30,-26,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0,0,,)					
N10	G00					
N11	Y99.2					
N12	CYCLE84(100,0,30,-32,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0,0,,)					
N13	G00 Z100					
N14	M30					




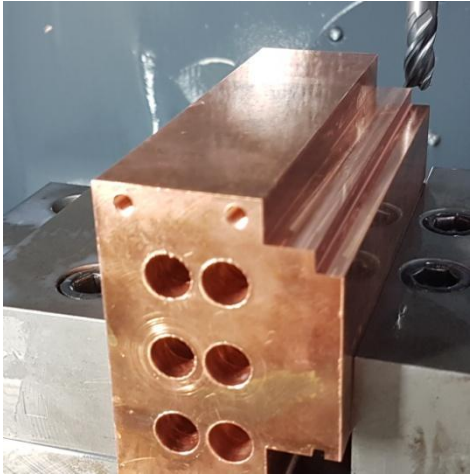
Σχήμα 3.14 : Απεικόνιση λεπτομερειών
δεξιάς πλευράς




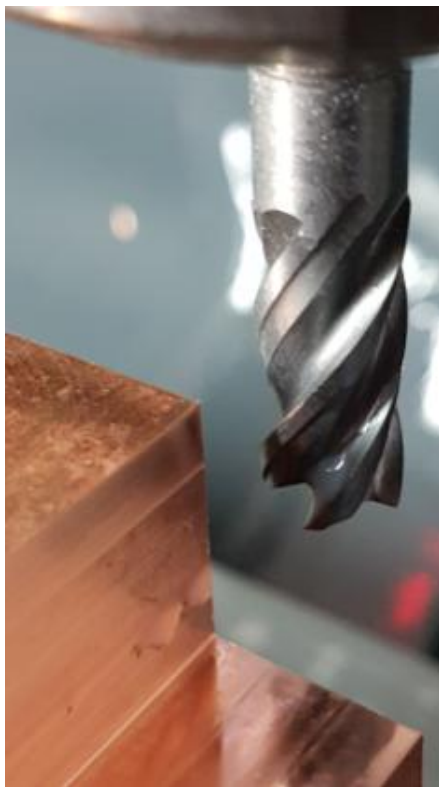
Σχήμα 3.15 : Απεικόνιση δεξιάς, οπίσθια
και άνω πλευράς

3.2.5 Φάσεις αριστερής πλευράς


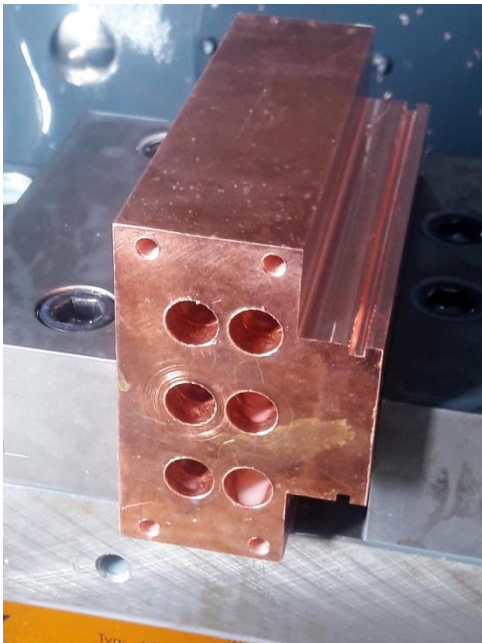

1 ^η Φάση	Υλικό εργαλείου: AlCrN			Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
MILL10	Φραιζάρισμα	10 mm	2200	170 mm/min	00:12:00	00:12:00
<p>Στην πρώτη φάση της αριστερής πλευράς γίνεται κατεργασία φρεζαρίσματος με κοπτικό εργαλείο διαμέτρου 10mm. Το βάθος κοπής είναι 5mm ενώ χρησιμοποιείται το 50% της συνολικής διαμέτρου για κάθε πέρασμα κοπής. Η απαιτούμενη ταχύτητα πρόωσης είναι 170 mm/min ενώ οι στροφές τις ατράκτου είναι 2200. Ο συνολικός χρόνος κοπής είναι 12 λεπτά.</p>						

N0	G90 G54 G17 G71	
N1	T="MILL10" M06	
N2	G00 Z2200 M03 F170	
N3	M08	
N4	G00 Z200	
N5	X53	
N6	Y140	
N7	Z-5	
N8	G01	
N9	Y-20	
N10	G00	
N11	Z50	
N12	Y140	
N13	X47	
N14	Z-5	
N15	G01	
N16	Y-20	
N17	G00	
N18	Z50	
N19	Y140	
N20	X42.1	
N21	Z-5	
N22	G01 Y-20	
N23	G00 Z50	
N24	X53	
N25	Y140	
N26	Z-10	
N27	G01	
N28	Y-20	
N29	G00	
N30	Z50	
N31	Y140	
N32	X47	
N33	Z-10	
N34	G01	
N35	Y-20	
N36	G00	
N37	Z50	
N38	Y140	
N39	X42.1	
N40	Z-10	
N41	G01 Y-20	
N42	G00 Z50	
N43	X53	
N44	Y140	
N45	Z-15	
N46	G01	
N46	Y-20	
N47	G00	
N48	Z50	
N49	Y140	

N50	X47	
N51	Z-15	
N52	G01	
N53	Y-20	
N54	G00	
N55	Z50	
N56	Y140	
N57	X42.1	
N58	Z-15	
N59	G01 Y-20	
N60	G00 Z50	
N61	X53	
N62	Y140	
N63	Z-19.7	
N64	G01	
N65	Y-20	
N66	G00	
N67	Z50	
N68	Y140	
N69	X47	
N70	Z-19.7	
N71	G01	
N72	Y-20	
N73	G00	
N74	Z50	
N75	Y140	
N76	X42.1	
N77	Z-19.7	
N78	G01 Y-20	
N79	G00 Z50	
N80	M30	

2 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: AlCrN		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
MILL10	Φραιζάρισμα	10 mm	2200	170 mm/min	00:03:05	00:03:05
<p>Η συγκεκριμένη φάση αφορά την κατεργασία φινιρίσματος με φραιζάρισμα στον κάθετο άξονα z. Για αυτό χρησιμοποιείται εργαλείο διαμέτρου 10mm. Το βάθος κοπής είναι 5mm ενώ χρησιμοποιείται μόλις το 0.1% της διαμέτρου του κοπτικού εργαλείου για το φινίρισμα. Οι στροφές παραμένουν ίδιες με την προηγούμενη φάση. Το ίδιο ισχύει και για την ταχύτητα πρόωσης. Ο συνολικός χρόνος της φάσης είναι 3 λεπτά και 5 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71					
N1	T="MILL10" M06					
N2	S2200 M03 F170					
N3	M08					
N4	G00 Z200					
N5	Y140					
N6	X42.00					
N7	Z-5					
N8	G01					
N9	Y-20					
N10	G00 Z50					
N11	Y140					
N12	X42.00					
N13	Z-10					
N14	G01					
N15	Y-20					
N16	G00 Z50					
N17	Y140					
N18	X42.00					
N19	Z-15					
N20	G01					
N21	Y-20					
N22	G00 Z50					
N23	Y140					
N24	X42.00					
N25	Z-19.7					
N26	G01					
N27	Y-20					
N28	G00 Z50					
N29	M30					

3 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: AlCrN		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
MILL10	Φραιζάρισμα	10 mm	2200	170 mm/min	00:02:25	00:02:25
<p>Στην 3^η φάση της αριστερής πλευράς γίνεται φινίρισμα με εργαλείο φρεζαρίσματος διαμέτρου 10mm στον άξονα x. Οι απαιτούμενες στροφές της ατράκτου είναι 2200 ενώ η ταχύτητα πρόωσης είναι 170mm/min. Το βάθος κοπής είναι μόλις 0.3mm ενώ σε κάθε πέρασμα το εργαλείο κόβει με το 50% της διαμέτρου του. Ο συνολικός χρόνος της φάσης είναι 2 λεπτά και 25 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71					
N1	T="MILL10" M06					
N2	S2200 M03 F170					
N3	M08					
N4	G00 Z200					
N5	Y140					
N6	X53					
N7	Z-20					
N8	G01					
N9	Y-20					
N10	G00 Z50					
N11	Y140					
N12	X47					
N13	Z-20					
N14	G01					
N15	Y-20					
N16	G00 Z50					
N17	Y140					
N18	X42					
N19	Z-20					
N20	G01					
N21	Y-20					
N22	G00 Z100					
N23	M30					

4 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: AlCrN		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
MILL3	Φραιζάρισμα	3 mm	7000	80 mm/min	00:03:30	00:03:30
<p>Στην συγκεκριμένη φάση το είδος κατεργασίας που χρησιμοποιείται είναι το φραιζάρισμα. Το εργαλείο είναι διαμέτρου 3mm και κόβει με το σύνολο της διαμέτρου του. Οι στροφές που απαιτεί είναι 7000 ενώ η ταχύτητα πρόωσης μόλις 80mm/min. Ο συνολικός χρόνος της φάσης είναι 3 λεπτά και 30 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71	 				
N1	T="MILL10" M06					
N2	S7000 M03 F80					
N3	G00 Z200					
N4	X49					
N5	Y140					
N6	M08					
N7	Z10					
N8	G01 Z-22					
N9	Y-30					
N10	Z30					
N11	G00 Z200					
N12	M30					

5 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS TiN-Up		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
DRILL42	Διάτρηση	4.2 mm	5300	1000 mm/min	00:00:14 /00:00:10	00:02:20
<p>Στην 5^η φάση γίνεται διάτρηση με εργαλείο διαμέτρου 4.2mm. Η απαιτούμενη πρόωση είναι 1000mm/min ενώ οι στροφές είναι 5300. Το συνολικό βάθος κοπής είναι 13mm στις 2 ακραίες τρύπες ενώ στην κεντρική είναι 7mm. Το βάθος κοπής είναι 2mm. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 2 λεπτά και 20 δευτερόλεπτα ενώ ο χρόνος κύκλου των 2 ακραίων οπών είναι 14 δευτερόλεπτα. Ο χρόνος κύκλου διάτρησης της κεντρικής οπής είναι 10 δευτερόλεπτα</p>						
N0	G90 G54 G17 G71					
N1	T="DRILL42" M06					
N2	S5300 M03 F1000					
N3	G00 Z200					
N4	Y21.2					
N5	X42					
N6	M08					
N7	CYCLE83(100,0,30,-33,-2,,0,0.1,,1,0,3,,20,0.1,)					
N8	G01					
N9	Y60.2					
N10	CYCLE83(100,0,30,-27,-2,,0,0.1,,1,0,3,,20,0.1,)					
N11	G01					
N12	Y99.2					
N13	CYCLE83(100,0,30,-33,-2,,0,0.1,,1,0,3,,20,0.1,)					
N14	G00 Z200					
N15	M30					

6 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS-E TIN		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Τύπος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
TAPM5	Σπειροτόμηση	M5	760	-	00:00:13	00:02:38
<p>Στην τελευταία φάση η κατεργασία που εφαρμόζεται είναι η σπειροτόμηση. Το εργαλείο που χρησιμοποιείται δημιουργεί σπείρωμα M5 στις 3 οπές που διανοίχτηκαν στην προηγούμενη κατεργασία. Οι στροφές είναι 760 ενώ το βάθος κοπής είναι 12mm για τις 2 ακραίες οπές και 6mm για την μεσαία οπή. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 2 λεπτά και 38 δευτερόλεπτα. Ο κάθε κύκλος έχει συνολικό χρόνο 13 δευτερόλεπτα</p>						
N0	G90 G54 G17 G71			 		
N1	T="TAPM5" M06					
N2	G00 Z100					
N3	Y21.2					
N4	X42					
N5	M08					
N6	CYCLE84(100,0,30,-32,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0,0,,)					
N7	G00					
N8	Y60.2					
N9	CYCLE84(100,0,30,-26,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0,0,,)					
N10	G00					
N11	Y99.2					
N12	CYCLE84(100,0,30,-32,,0,4,,0.8,90,760,760,3,1,0,0,,)					
N13	G00 Z100					
N14	M30					



Σχήμα 3.16: Απεικόνιση λεπτομερειών αριστερής πλευράς



Σχήμα 3.17: Απεικόνιση αριστερής, οπίσθια και άνω πλευράς



Σχήμα 3.18 : Απεικόνιση εμπρόσθια πλευράς

3.2.6 Φάσεις άνω πλευράς

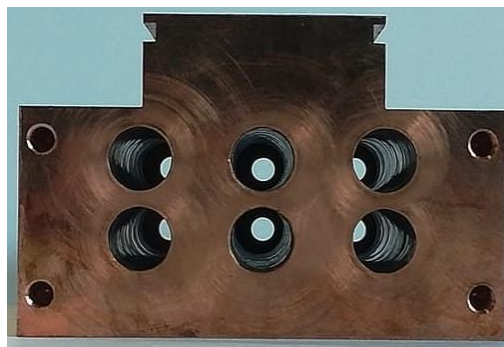
6 ^η Φάση		Υλικό εργαλείου: HSS		Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές (N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
MILL63	Φραιζάρισμα	63mm	3000	600 mm/min	00:01:06/ 00:00:33	00:01:55
<p>Η κατεργασία της τελευταίας φάσης για την ολοκλήρωση του δοκιμίου είναι το φραιζάρισμα. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιείται φρεζοκεφαλή διαμέτρου 63mm. Αρχικά γίνεται η διαδικασία ξεχονδρίσματος με βάθος κοπής 0.95mm και ολικό βάθος 1.90mm. Έπειτα σε έναν δεύτερο κύκλο γίνεται η διαδικασία φινιρίσματος με βάθος κοπής 0.1mm. Οι στροφές που απαιτεί η φρεζοκεφαλή είναι 3000 και η πρόωση είναι 600mm/min. Ο χρόνος του 1^{ου} κύκλου είναι 1 λεπτό και 6 δευτερόλεπτα ενώ του 2^{ου} κύκλου είναι 33 δευτερόλεπτα. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 1 λεπτό και 55 δευτερόλεπτα.</p>						
N0	G90 G54 G17 G71					
N1	T="MILL63" M06					
N2	S3000 M03 F600					
N3	G00 Z200					
N4	X0					
N5	Y-65					
N6	M08					
N7	CYCLE71(100,0,30,-1.9,0,0,80,120.4,0,1,40,60,,600,21,)					
N8	CYCLE71(100,0,30,-2,0,0,80,120.4,0,2,40,60,600,21,)					
N9	G00 Z100					
N10	M30					

		
--------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Η τελική μορφή του δοκιμίου φαίνεται στις παραπάνω φωτογραφίες.



Σχήμα 3.19 : Οπίσθια πλευρά



Σχήμα 3.20 : Εμπρόσθια πλευρά



Σχήμα 3.21 : Άνω πλευρά



Σχήμα 3.22 : Κάτω πλευρά



Σχήμα 3.23: Δεξιά – Αριστερή πλευρά

4. ΧΑΡΑΞΕΙΣ ΔΟΚΙΜΙΩΝ ΚΑΘΑΡΟΥ ΧΑΛΚΟΥ

Για την εργασία αυτή είναι απαραίτητο να γίνουν χαράξεις με laser στην μηχανή DMU Lasertec 40 και στο κέντρο κατεργασίας DMU50eco. Καθένα από τα 5 δοκίμια καθαρού χαλκού θα έχει στην πάνω πλευρά του χαραγμένο ένα συγκεκριμένο μοτίβο. Καθώς το νερό θα ρέει στην επιφάνεια των χαραγμένων μοτίβων, θα δημιουργούνται φυσαλίδες. Όσο περισσότερες φυσαλίδες δημιουργούνται στη χάραξη ενός δοκιμίου, τόσο μεγαλύτερη θα είναι η αύξηση στην τιμή του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας. Για τη σωστή σύγκριση των αποτελεσμάτων, το πάχος των χαράξεων θα πρέπει να είναι ίδιο ή πολύ κοντινό από χάραξη σε χάραξη. Τα μοτίβα των χαράξεων που θα πραγματοποιηθούν είναι τα εξής:

- Chessboard
- Oblique fins
- Zig zag
- Piranha
- Lego

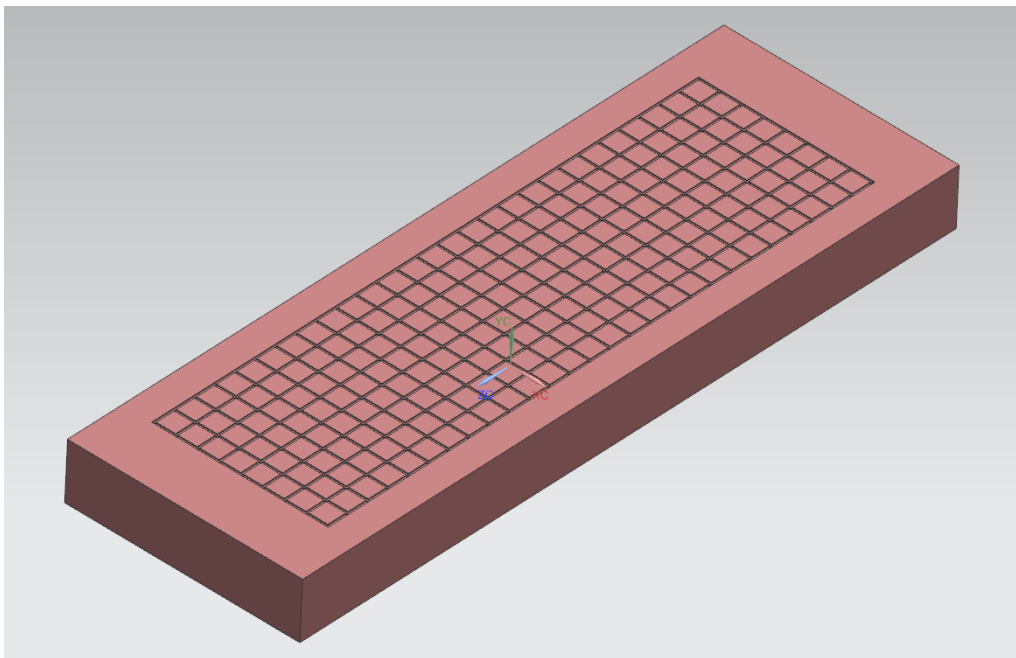
4.1 Chessboard

4.1.1 Χαρακτηριστικά μοτίβου χάραξης

Η χάραξη Chessboard είναι μία χάραξη της οποίας το μοτίβο είναι τα περιγράμματα των κελιών μίας σκακιέρας. Η σκακιέρα αυτή αποτελείται από

- 9 κάθετα κανάλια πλάτους 0.4mm, μήκος 100.3mm, βάθος 0.29mm, ράδιο στις ακμές της κάτω πλευράς R0.14 και απόσταση μεταξύ τους 3.3mm.
- 28 οριζόντια κανάλια με άνοιγμα 0.4mm, μήκος 30mm βάθος 0.29mm, στρογγύλευμα γωνιών βάθους με ακτίνα 0.14mm και απόσταση μεταξύ τους 3.3mm.

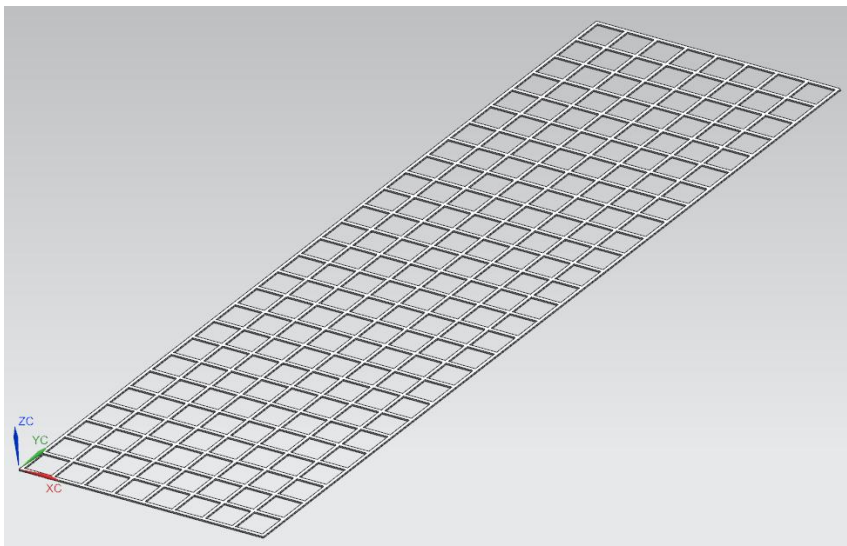
Η απόσταση των καναλιών από την αρχή και το τέλος του χαλκού είναι 10.05mm και η απόσταση των καναλιών από τα πλάγια του χαλκού είναι 5mm



Σχήμα 4.1: Γεωμετρία χάραξης Chessboard

4.1.2 Εκτέλεση χάραξης στην DMU Lasertec 40

Για την χάραξη του δοκιμίου στη μηχανή DMU Lasertec 40 είναι απαραίτητη η σχεδίαση του μοτίβου χάραξης σε πρόγραμμα CAD, ώστε να δημιουργηθεί ένα αρχείο STL που θα λειτουργεί ως είσοδος στην μηχανή. Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι το σχεδιαζόμενο αντικείμενο δεν πρέπει να είναι ολόκληρη η πάνω πλευρά του δοκιμίου με την χάραξη σκαμμένη στην επιφάνεια του, αλλά το υλικό του χαλκού που αφαιρείται από το δοκίμιο για να γίνει η χάραξη του μοτίβου πάνω στο δοκίμιο αυτό.



Σχήμα 4.2 : Τρισδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμένου αντικειμένου για τη χάραξη Chessboard

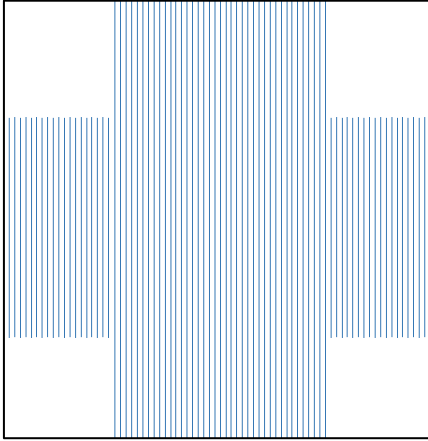
Μετά από διάφορες δοκιμές στην μηχανή DMU Lasertec 40 παρατηρήθηκε ότι οι κατάλληλες συνθήκες κοπής για την συγκεκριμένη χάραξη είναι οι εξής:

- Ισχύς: $P=17.4W$
- Συχνότητα: $F=20Khz$
- Ταχύτητα κοπής: $V=500mm/sec$
- Πάχος αφαίρεσης στόματος: $4\ \mu m$

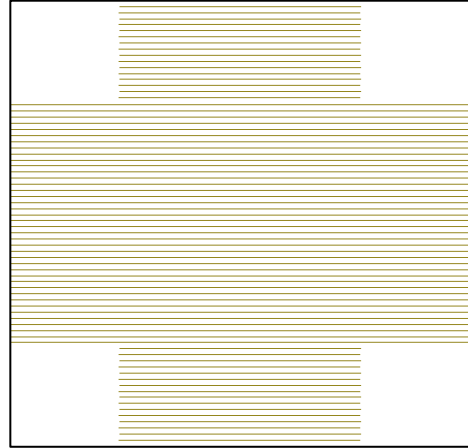


Σχήμα 4.3 : Το δοκίμιο κατάλληλα δεμένο στο τραπέζι της μηχανής προς χάραξη

Για την δημιουργία του χάρτη των χαράξεων(laser map) το αφαιρούμενο υλικό σκαναρίστηκε από δέσμη laser με ισαπέχοντα ευθύγραμμα τμήματα σε διεύθυνση παράλληλη και κάθετη εναλλάξ κατά τη διεύθυνση των αυλακιών των χαράξεων που απέχουν μεταξύ τους απόσταση(track distance) $td=25\mu m$. Κατά την προσομοίωση της κατεργασίας οι γραμμές των χαράξεων έχουν την μορφή που φαίνονται στα ακόλουθα σχήματα.



Σχήμα 4.4 : Αναπαράσταση προσομοίωσης 2^{ου} περάσματος χαράξεων



Σχήμα 4.5 : Αναπαράσταση προσομοίωσης 1^{ου} περάσματος χαράξεων



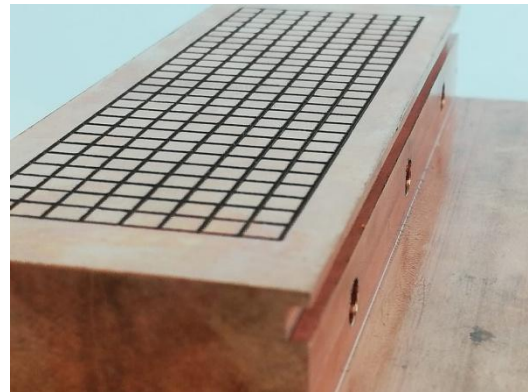
Σχήμα 4.6: Εικόνα από την διαδικασία χάραξης του δοκιμίου

4.1.3 Τελικό δοκίμιο Chessboard

Με το πέρας της διαδικασίας χάραξης Chessboard η τελική μορφή του δοκιμίου φαίνεται στα παρακάτω σχήματα

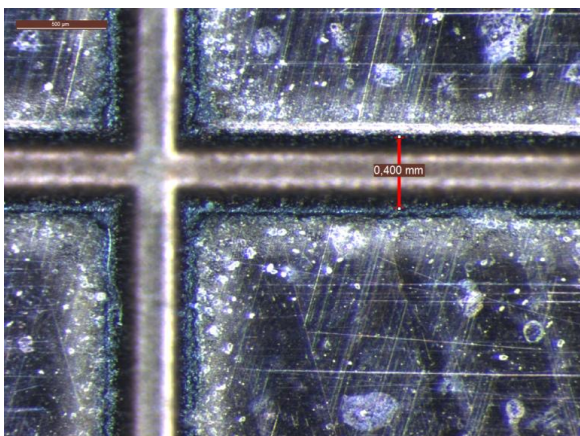


Σχήμα 4.7 : Τελικό δοκίμιο με χάραξη Chessboard



Σχήμα 4.8 : Κοντινή απεικόνιση χάραξης Chessboard

Για την αξιολόγηση της χάραξης ως προς την ποιότητα επιφάνειας και τη διαστατική ακρίβεια, το δοκίμιο μετρήθηκε με τη χρήση στερεοσκοπίου Leica M125. Παρουσιάζεται ενδεικτικά ένα στο ακόλουθο σχήμα μία λήψη από το στερεοσκόπιο χρησιμοποιώντας μεγέθυνση x8 στην οποία διακρίνονται τα εξής: ομοιομορφία στη χαραγμένη επιφάνεια, καθετότητα μεταξύ των καναλιών, ύπαρξη του επιθυμητού ραδίου στις ακμές και πλάτος καναλιών 0.4mm όπως ακριβώς είχε προδιαγραφεί



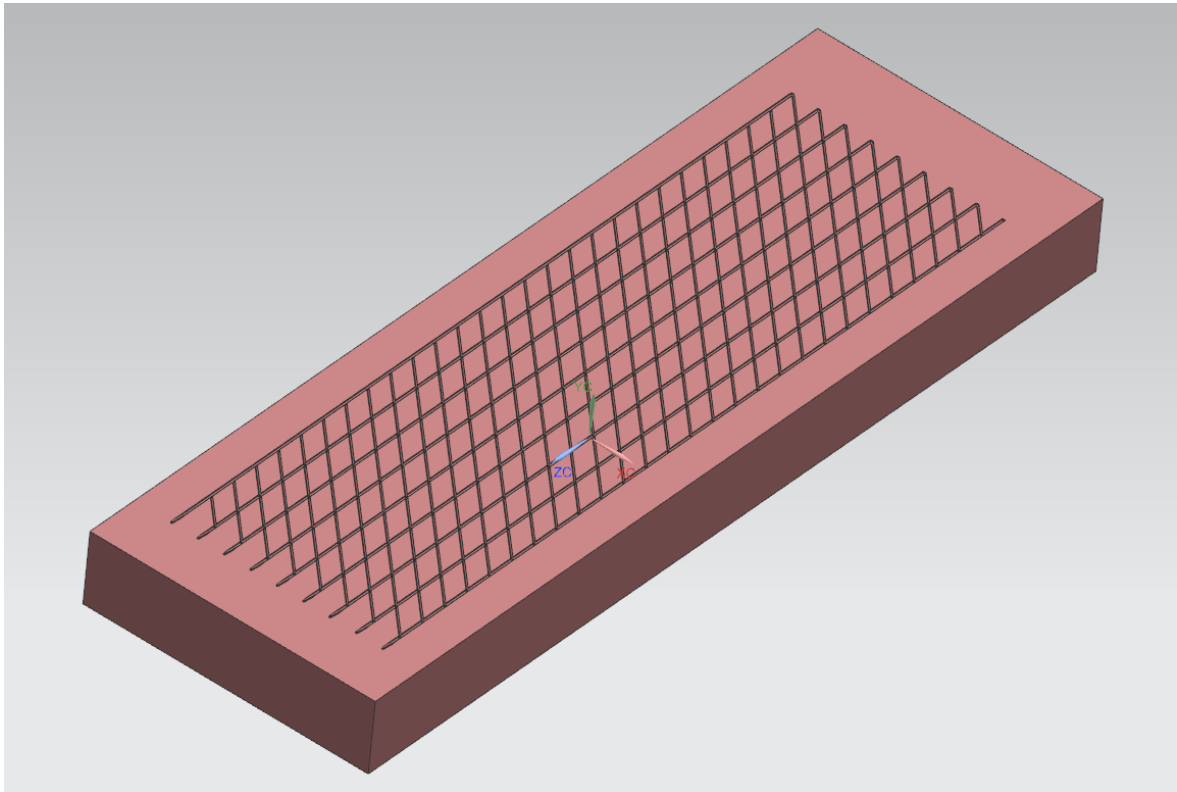
Σχήμα 4.9 : Απεικόνιση χαραξεων στο στερεοσκόπιο

4.2 Oblique fins

4.2.1 Χαρακτηριστικά μοτίβου χάραξης

Η συγκεκριμένη χάραξη μοιάζει με αυτή της Chessboard αλλά διαφέρουν μεταξύ τους λόγω των γραμμών υπό γωνία που υπάρχουν στην Oblique fins και αντικαθιστούν ουσιαστικά τις οριζόντιες γραμμές του Chessboard. Τα χαρακτηριστικά αυτής της χάραξης είναι τα εξής:

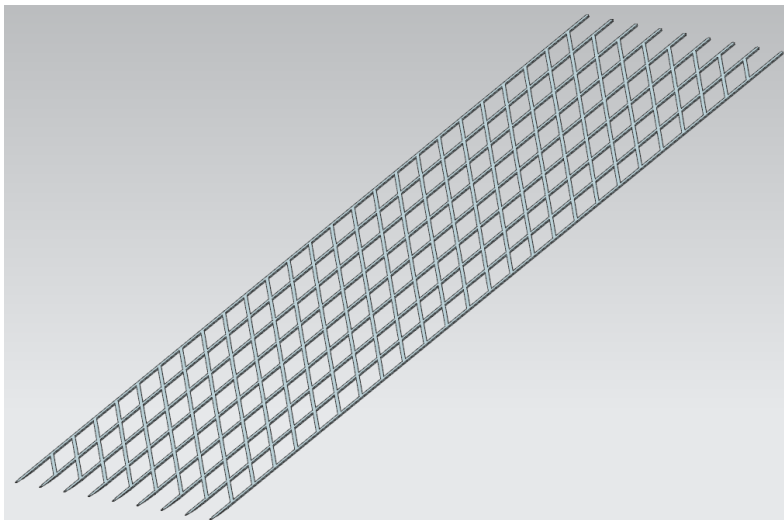
- 9 κάθετα κανάλια πλάτους 0.4mm, μήκους 102.9mm(τα 99.9mm από αυτά είναι το μήκος καναλιού ενώ τα 3mm είναι η είσοδος της ροής του νερού) και βάθους 0.29mm. Η απόσταση μεταξύ τους είναι 3.3mm. Το ράδιο των ακμών της κάτω πλευράς στο μήκος 99.9mm είναι R0.14 ενώ στην είσοδο ροής είναι R15.65.
- 32 πλάγια κανάλια με μήκη που διαφέρουν μεταξύ τους. Το πλάτος τους είναι 0.4mm, το βάθος 0.29mm, η απόσταση μεταξύ τους 3.3mm και η γωνία με τα κάθετα κανάλια 45°.
- Η απόσταση των κάθετων καναλιών υποδοχής ροής από την αρχή του δοκιμίου είναι 7.25mm ενώ η απόσταση από το τέλος του δοκιμίου είναι 10.25mm. Η απόσταση των καναλιών από τα πλάγια του χαλκού είναι 5mm.



Σχήμα 4.10: Γεωμετρία χάραξης Oblique fins

4.2.2 Εκτέλεση χάραξης στην DMU Lasertec 40

Για την χάραξη του δοκιμίου στην μηχανή DMU Lasertec 40 είναι απαραίτητη η σχεδίαση του μοτίβου χάραξης σε πρόγραμμα CAD, ώστε να δημιουργηθεί ένα αρχείο STL που θα λειτουργεί ως είσοδος στην μηχανή. Όπως στην προηγούμενη χάραξη, είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι το σχεδιαζόμενο αντικείμενο δεν πρέπει να είναι ολόκληρη η πάνω πλευρά του δοκιμίου με την χάραξη σκαμμένη στην επιφάνεια του, αλλά το υλικό του χαλκού που αφαιρείται από το δοκίμιο για να γίνει η χάραξη του μοτίβου πάνω στο δοκίμιο χαλκού.



Σχήμα 4.11 : Τρισδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμένου αντικειμένου για την χάραξη Oblique fins

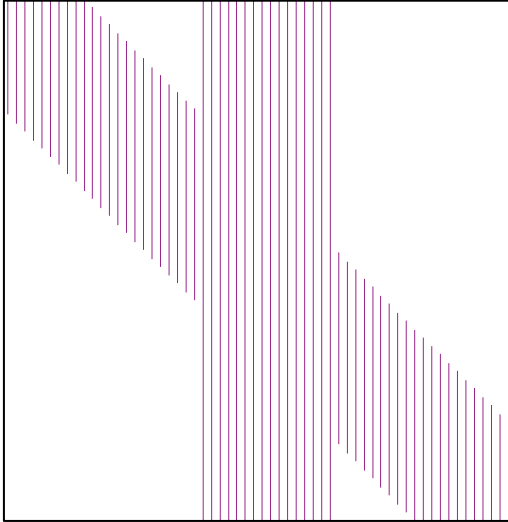
Μετά από διάφορες δοκιμές στην μηχανή DMU Lasertec 40 παρατηρήθηκε ότι οι κατάλληλες συνθήκες κοπής για την χάραξη Oblique fins είναι οι εξής:

- Ισχύς: $P=17.4W$
- Συχνότητα: $F=20Khz$
- Ταχύτητα κοπής: $V=500mm/sec$
- Πάχος αφαίρεσης στόματος: $4\ \mu m$

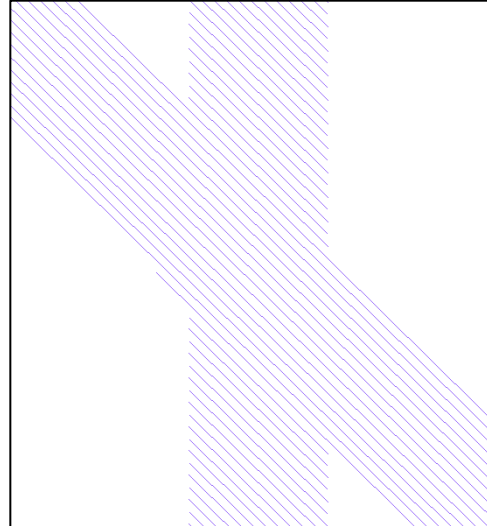


Σχήμα 4.12 : Το δοκίμιο κατάλληλα δεμένο στο τραπέζι της μηχανής προς χάραξη

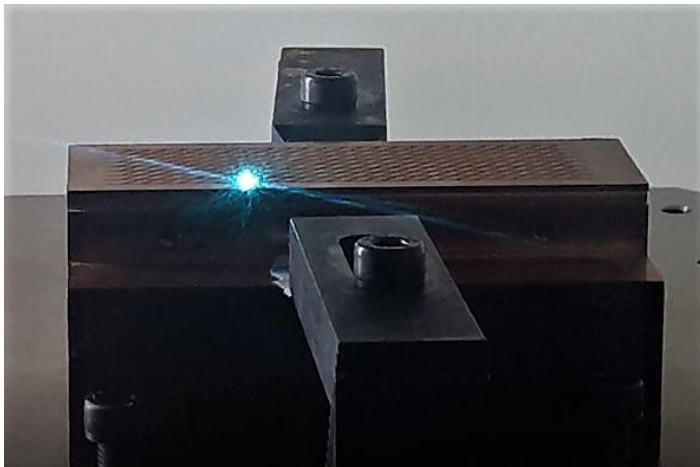
Για την δημιουργία του χάρτη των χαράξεων(laser map) το αφαιρούμενο υλικό σκαναρίστηκε από δέσμη laser με ισαπέχοντα ευθύγραμμα τμήματα σε διεύθυνση παράλληλη και κάθετη εναλλάξ κατά τη διεύθυνση των αυλακιών των χαράξεων που απέχουν μεταξύ τους απόσταση(track distance) $td=25\mu m$. Κατά την προσομοίωση της κατεργασίας οι γραμμές των χαράξεων έχουν την μορφή που φαίνονται στα ακόλουθα σχήματα.



Σχήμα 4.13 : Προσομοίωση 1^{ου} περάσματος χαράξεων



Σχήμα 4.14 : Προσομοίωση 2^{ου} περάσματος χαράξεων



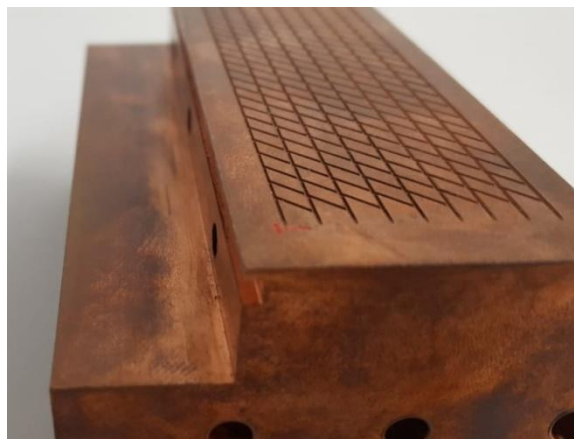
Σχήμα 4.15: Εικόνα από την διαδικασία χάραξης του δοκιμίου

4.2.3 Τελικό δοκίμιο Oblique fins

Με το πέρας της διαδικασίας χάραξης της Oblique fins η τελική μορφή του δοκιμίου φαίνεται στα παρακάτω σχήματα



Σχήμα 4.16 : Τελικό δοκίμιο με χάραξη Oblique fins



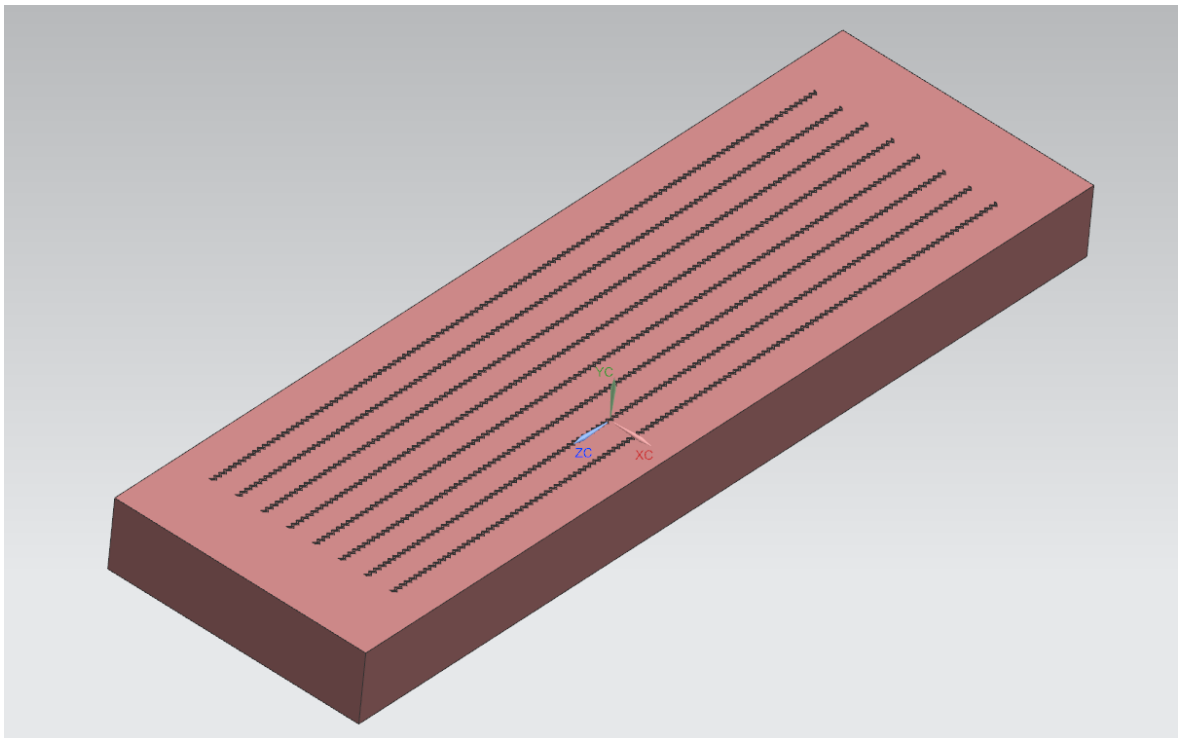
Σχήμα 4.17 : Κοντινή απεικόνιση χάραξης Oblique fins

4.3 Zigzag

4.3.1 Χαρακτηριστικά μοτίβου χάραξης

Αυτό το μοτίβο, όπως φαίνεται και από το όνομα του, είναι μία χάραξη στην οποία οι κάθετες γραμμές του σχηματίζουν zigzag. Η χάραξη Zigzag αποτελείται από:

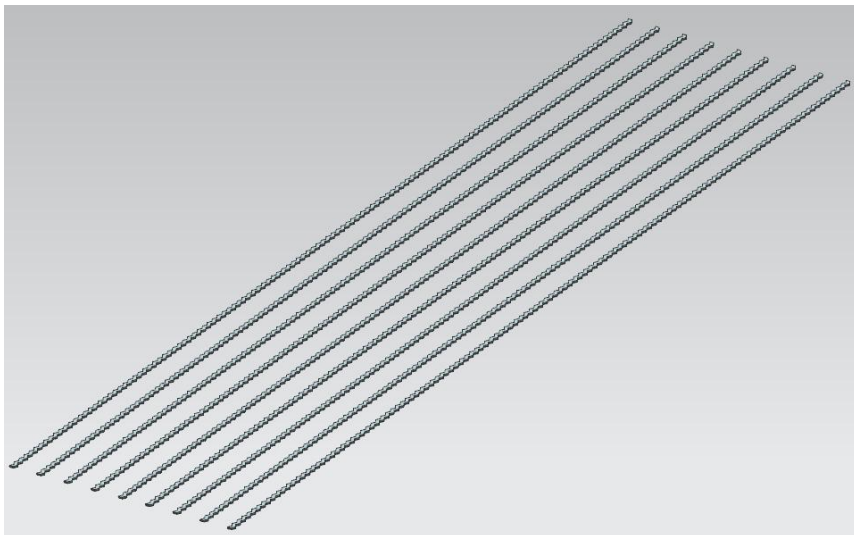
- 9 κάθετα κανάλια μήκους 100mm. Το κάθε κανάλι σχηματίζει πολλά διαδοχικά zigzag. Κάθε διαδοχικό zigzag έχει μήκος 0.8mm ενώ στα 0.4mm αυτού είναι το σημείο στο οποίο αλλάζει φορά το zigzag. Το πλάτος του κάθε zigzag είναι 0.4mm, το βάθος 0.29mm και το ράδιο των ακμών της κάτω πλευράς είναι R0.14.
- Η απόσταση μεταξύ των καναλιών είναι 3mm. Η απόσταση των καναλιών από την αρχή και το τέλος της επιφάνειας του χαλκού είναι 10.2mm και η απόσταση των καναλιών από τα πλάγια του χαλκού είναι 4.4mm



Σχήμα 4.18 : Γεωμετρία χάραξης Zigzag

4.3.2 Εκτέλεση χάραξης στην DMU Lasertec 40

Για την χάραξη του δοκιμίου στην μηχανή DMU Lasertec 40 είναι απαραίτητη η σχεδίαση του μοτίβου χάραξης σε πρόγραμμα CAD, ώστε να δημιουργηθεί ένα αρχείο STL που θα λειτουργεί ως είσοδος στην μηχανή. Είναι σημαντικό να διευκρινιστεί ότι, όπως και στις προηγούμενες χαράξεις, το σχεδιαζόμενο αντικείμενο δεν πρέπει να είναι ολόκληρη η πάνω πλευρά του δοκιμίου με την χάραξη σκαμμένη στην επιφάνεια του, αλλά το υλικό του χαλκού που αφαιρείται από το δοκίμιο για να γίνει η χάραξη του μοτίβου πάνω στο δοκίμιο χαλκού.



Σχήμα 4.19 : Τρισδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμένου αντικειμένου για την χάραξη Zigzag

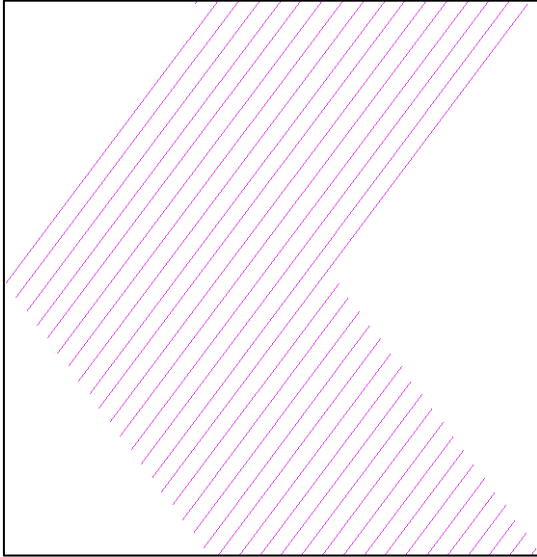
Όπως και στις προηγούμενες χαράξεις οι συνθήκες κοπής του Zigzag είναι οι εξής:

- Ισχύς: $P=17.4W$
- Συχνότητα: $F=20Khz$
- Ταχύτητα κοπής: $V=500mm/sec$
- Πάχος αφαίρεσης στόματος: $4\ \mu m$

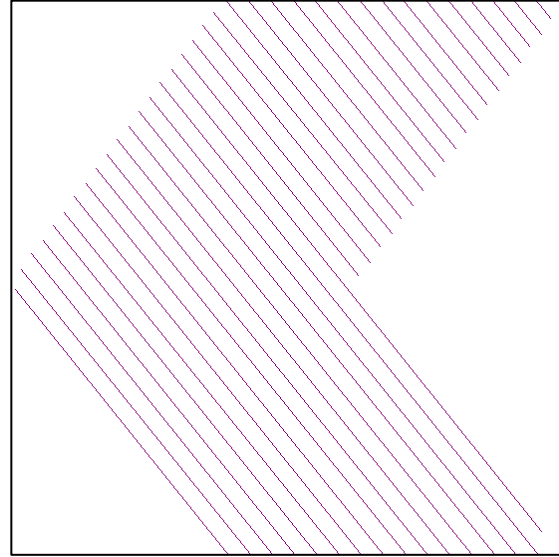


Σχήμα 4.20 : Το δοκίμιο κατάλληλα δεμένο στο τραπέζι της μηχανής προς χάραξη

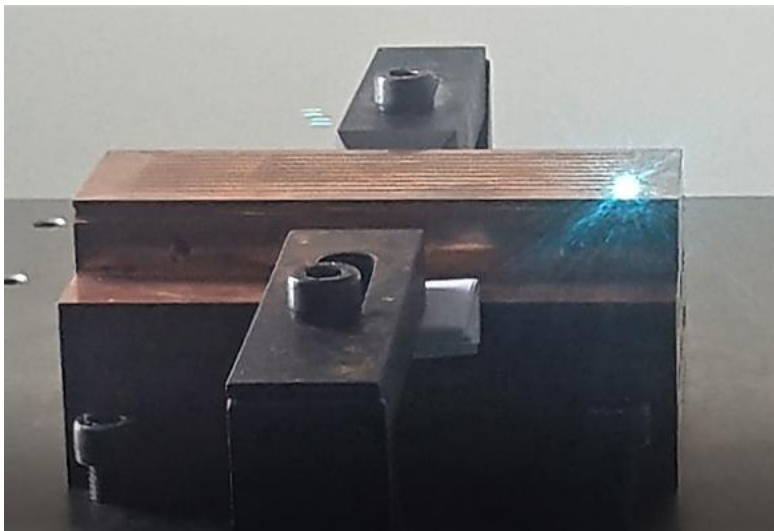
Για την δημιουργία του χάρτη των χαράξεων(laser map) το αφαιρούμενο υλικό σκαναρίστηκε από δέσμη laser με ισαπέχοντα ευθύγραμμα τμήματα σε διεύθυνση παράλληλη και κάθετη εναλλάξ κατά τη διεύθυνση των αυλακιών των χαράξεων που απέχουν μεταξύ τους απόσταση(track distance) $td=25\mu m$. Κατά την προσομοίωση της κατεργασίας οι γραμμές των χαράξεων έχουν την μορφή που φαίνονται στα ακόλουθα σχήματα.



Σχήμα 4.21 : Προσομοίωση 1^{ου} περάσματος χαράξεων



Σχήμα 4.22 : Προσομοίωση 2^{ου} περάσματος χαράξεων



Σχήμα 4.23: Εικόνα από την διαδικασία χάραξης του δοκιμίου

4.3.3 Τελικό δοκίμιο Zigzag

Με το πέρας της διαδικασίας χάραξης της Zigzag η τελική μορφή του δοκιμίου φαίνεται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 4.24 : Τελικό δοκίμιο με χάραξη Zigzag



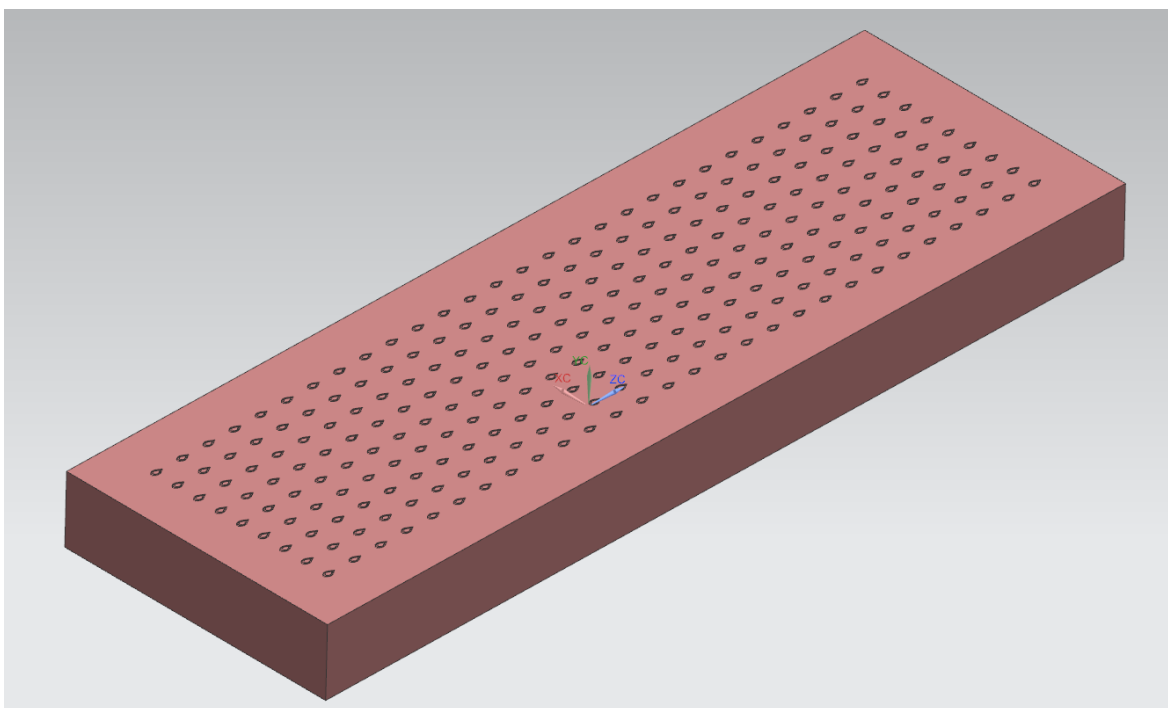
Σχήμα 4.25 : Λεπτομέρεια χάραξης Zigzag

4.4 Piranha

4.4.1 Χαρακτηριστικά μοτίβου χάραξης

Το συγκεκριμένο μοτίβο αποτελείται από όμοια μικρά σχήματα τα οποία θα μπορούσαν να παρομοιαστούν με τα πιράνχας. Για αυτό τον λόγο η συγκεκριμένη χάραξη ονομάστηκε Piranha. Η χάραξη αυτή έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

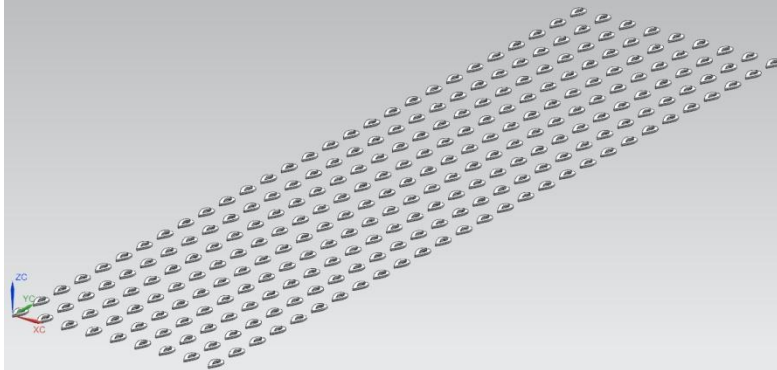
- Αποτελείται από 9 συστοιχίες πιράνχα οι οποίες έχουν μεταξύ τους απόσταση 1.8mm και μήκος 110.5mm η καθεμία. Κάθε συστοιχία αποτελείται από 28 πιράνχας και η απόσταση μεταξύ τους είναι 1.8mm. Η απόσταση της πρώτης και της τελευταίας συστοιχίας από τα πλάγια του χαλκού είναι 6.05mm και η απόσταση των πιράνχας από την αρχή και το τέλος του χαλκού είναι 4,95mm.
- Το κάθε πιράνχα έχει μήκος 2.5mm και πλάτος από δεξί σε αριστερό άκρο 1.5mm. Το άνοιγμα του κάθε πιράνχα είναι 0.4mm, το βάθος τους είναι 0.29mm και το ράδιο των ακμών της κάτω πλευράς είναι R0.14. Το άνοιγμα του στομίου του έχει απόσταση 0.2mm ενώ το ύψος του στομίου έχει μήκος 0.4mm. Στο κάτω μέρος του πιράνχα σχηματίζονται 2 γωνίες 60°, μία εσωτερική και μία εξωτερική. Αυτές οι γωνίες έχουν απόσταση μεταξύ τους 0.8mm.
- Η ροή/είσοδος του νερού στην συγκεκριμένη επιφάνεια είναι από τις καμπύλες των πιράνχα προς την μύτη τους.



Σχήμα 4.26 : Γεωμετρία χάραξης Piranha

4.4.2 Εκτέλεση χάραξης στην DMU Lasertec 40

Για την χάραξη του δοκιμίου στην μηχανή DMU Lasertec 40 είναι απαραίτητη η σχεδίαση του μοτίβου χάραξης σε πρόγραμμα CAD, ώστε να δημιουργηθεί ένα αρχείο STL που θα λειτουργεί ως είσοδος στην μηχανή. Το σχεδιασμένο αντικείμενο είναι το υλικό του χαλκού που αφαιρείται από το δοκίμιο για να γίνει η χάραξη του μοτίβου πάνω στο δοκίμιο.



Σχήμα 4.27 : Τρισδιάστατη απεικόνιση του σχεδιασμένου αντικειμένου για την χάραξη Piranha

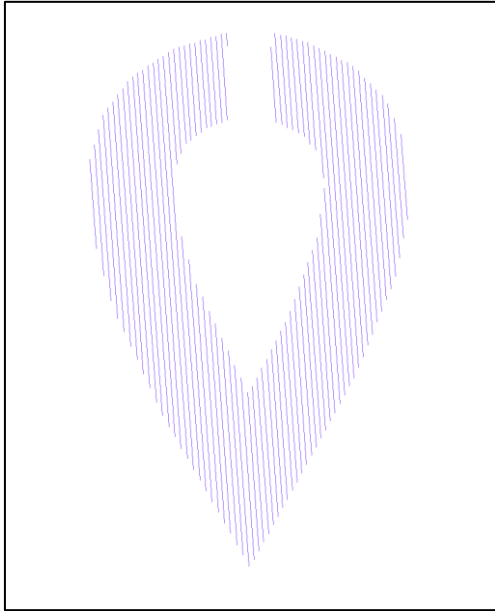
Όπως και στις προηγούμενες χαράξεις οι συνθήκες κοπής του Piranha είναι οι εξής:

- Ισχύς: $P=17.4W$
- Ταχύτητα κοπής: $V=500mm/sec$
- Πάχος αφαίρεσης στόματος: $4\ \mu m$

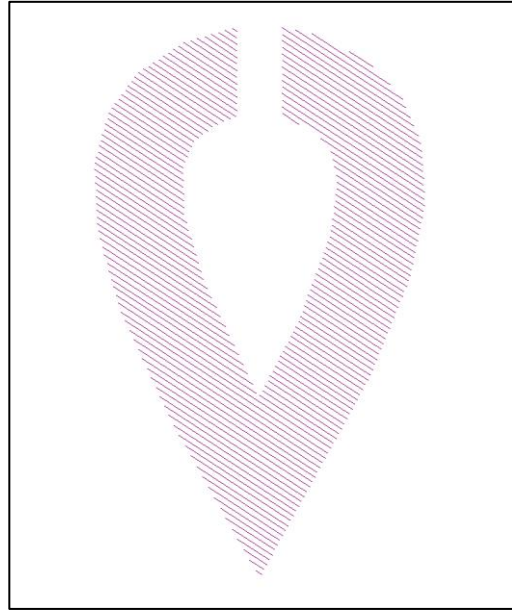


Σχήμα 4.28 : Το δοκίμιο κατάλληλα δεμένο στο τραπέζι της μηχανής προς χάραξη

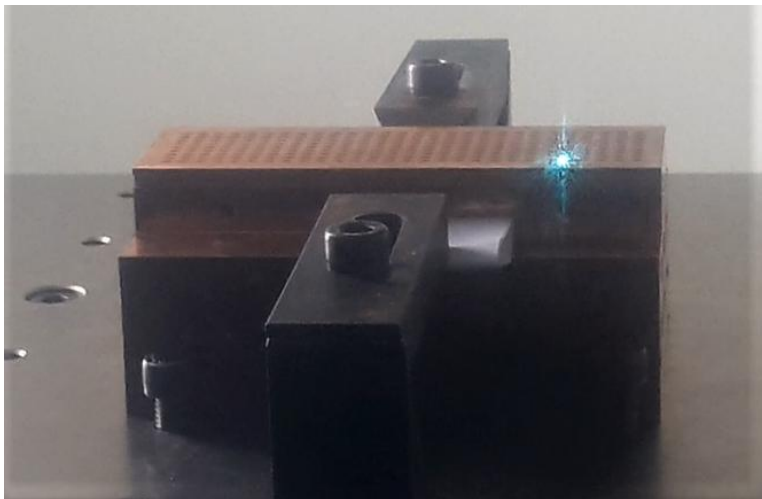
Λόγο της πολυπλοκότητας του σχήματος της χάραξης Piranha, σε αντίθεση με τις προηγούμενες χαράξεις, το αφαιρούμενο υλικό που σκαναρίστηκε από τη δέσμη laser με ισαπέχοντα ευθύγραμμα τμήματα δεν ακολουθεί κάθετη ή παράλληλη διεύθυνση κατά την διεύθυνση των αυλακιών. Η διεύθυνση αυτή είναι εντελώς τυχαία. Οι χαράξεις απέχουν μεταξύ τους απόσταση (track distance) $td=20\mu m$. Κατά την προσομοίωση της κατεργασίας οι γραμμές των χαράξεων έχουν την μορφή που φαίνονται στα ακόλουθα σχήματα.



Σχήμα 4.29 : Προσομοίωση 1^{ου} περάσματος χαράξεων



Σχήμα 4.30 : Προσομοίωση 2^{ου} περάσματος χαράξεων



Σχήμα 4.31: Εικόνα από την διαδικασία χάραξης του δοκιμίου

4.3.3 Τελικό δοκίμιο Piranha

Με το πέρας της διαδικασίας χάραξης της Piranha η τελική μορφή του δοκιμίου φαίνεται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 4.32 : Τελικό δοκίμιο με χάραξη Piranha



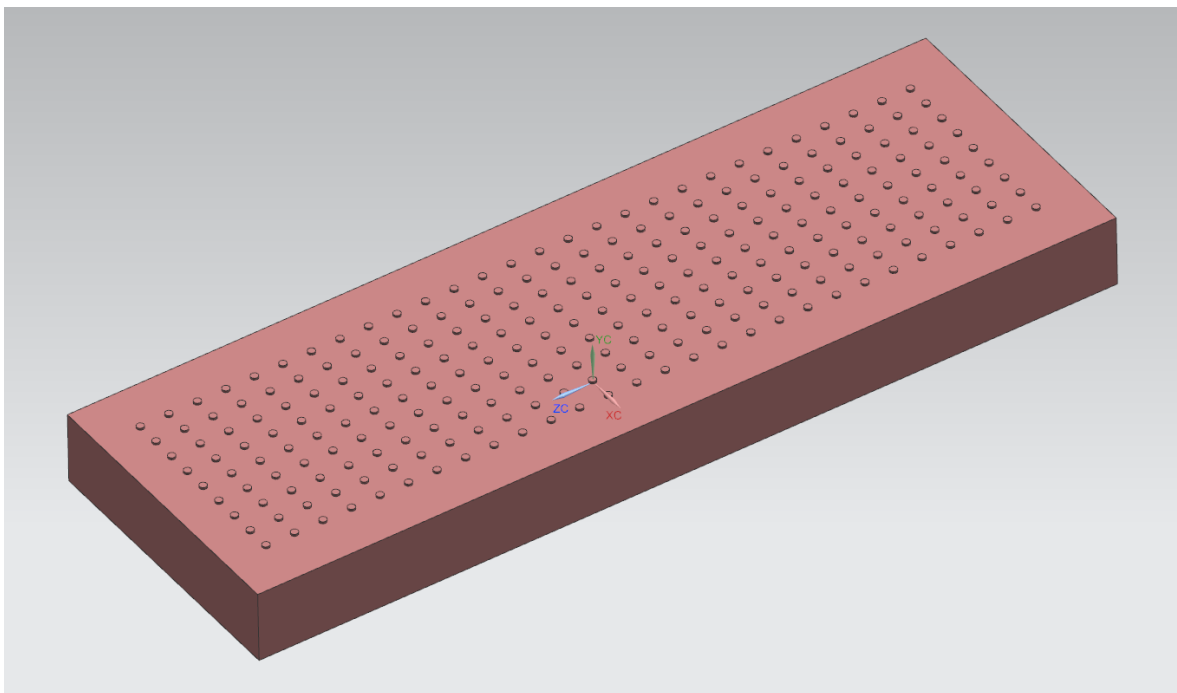
Σχήμα 4.33 : Λεπτομέρεια χάραξης Piranha

4.5 Lego

4.5.1 Χαρακτηριστικά μοτίβου χάραξης

Αυτό το μοτίβο μιμείται τα γνωστά τουβλάκια Lego από τα οποία πήρε και το όνομα του. Σε αντίθεση με όλες τις προηγούμενες χάραξεις το Lego πραγματοποιήθηκε στο κέντρο κατεργασίας DMU50eco. Τα χαρακτηριστικά του είναι τα εξής:

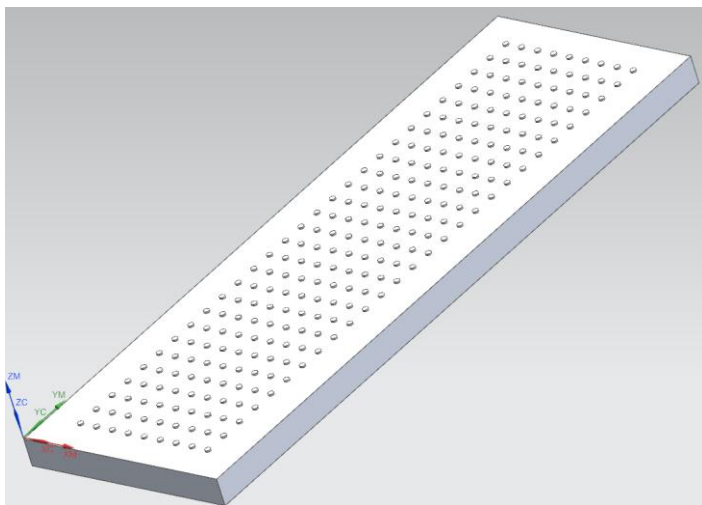
- 9 συστοιχίες-προεξεχόντων από την άνω πλευρά του δοκιμίου-κύκλων, οι οποίες απέχουν μεταξύ τους 3.3mm και έχουν μήκος 108mm. Κάθε συστοιχία αποτελείται από 28 κύκλους και οι αποστάσεις μεταξύ τους είναι 4mm. Η απόσταση των κάθετων γραμμών από τα πλάγια του χαλκού είναι 6.8mm και η απόσταση των οριζόντιων γραμμών από την αρχή και το τέλος του χαλκού είναι 6.2mm.
- Οι κύκλοι έχουν διάμετρο 1mm
- Πρέπει να σημειωθεί ότι οι κύκλοι προεξέχουν από το δοκίμιο 0.29mm και δεν είναι χαραγμένοι εσωτερικά αυτού.



Σχήμα 4.34 : Γεωμετρία χάραξης Lego

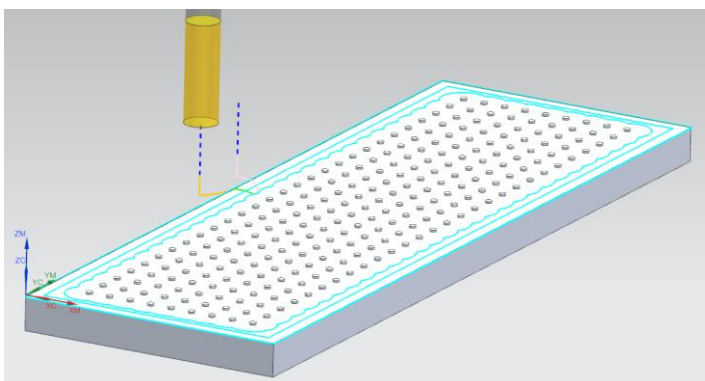
4.5.2 Εκτέλεση χάραξης στην DMU50eco

Σε αυτή την χάραξη θα σχεδιαστεί ολόκληρη η άνω πλευρά του δοκιμίου μαζί με τους προεξέχοντες κύκλους της χάραξης Lego έτσι ώστε να δημιουργηθεί το κατάλληλο CAM το οποίο θα δοθεί ως είσοδος στην εργαλειομηχανή DMU50eco.

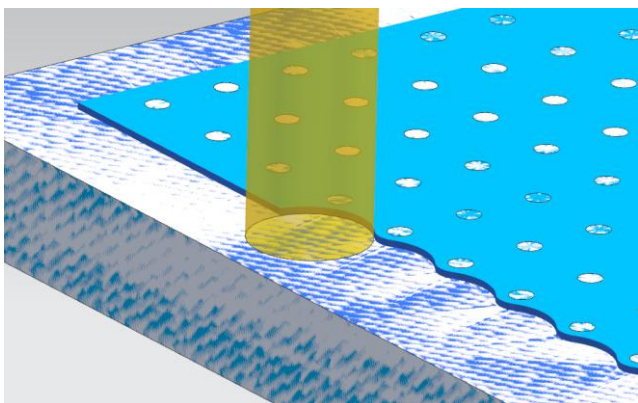


Σχήμα 4.35 : Τρισδιάστατο αντικείμενο με την άνω πλευρά του δοκιμίου και τους προεξέχοντες κύκλους.

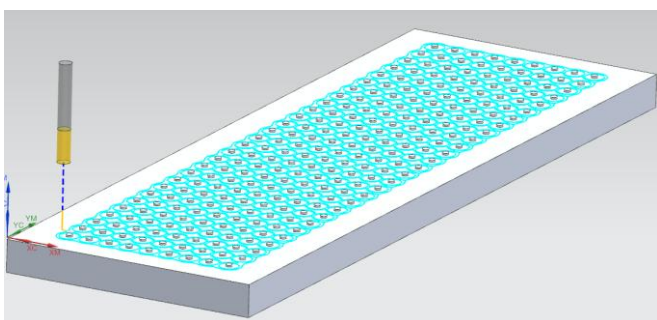
Η διαδικασία του CAM αποτελείται από δύο φάσεις στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικά κοπτικά εργαλεία. Το εργαλείο της πρώτης φάσης είναι διαμέτρου 5mm ενώ της δεύτερης είναι διαμέτρου 2mm. Κατά την πρώτη φάση του CAM γίνεται περιμετρικό φραιζάρισμα στην άνω πλευρά του δοκιμίου μέχρι το σημείο όπου αρχίζουν να σχηματίζονται οι κύκλοι. Έπειτα κατά την δεύτερη φάση γίνεται φραιζάρισμα με το 100% της διαμέτρου του εργαλείου με τέτοιον τρόπο ώστε να σχηματίζονται οι κύκλοι στην επιφάνεια του χαλκού. Στα παρακάτω σχήματα φαίνονται εικόνες από την διαδικασία του CAM.



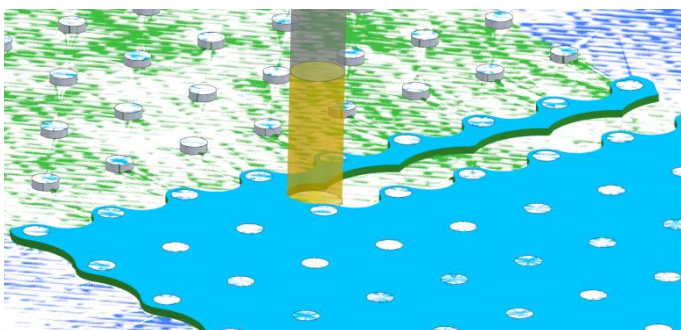
Σχήμα 4.36 : Απεικόνιση της τροχιάς που ακολουθεί το εργαλείο στην 1^η φάση του CAM



Σχήμα 4.37 : Απεικόνιση του περιμετρικού φρεζαρίσματος της 1^{ης} φάσης



Σχήμα 4.38 : Απεικόνιση της τροχιάς που ακολουθεί το εργαλείο στην 1^η φάση του CAM

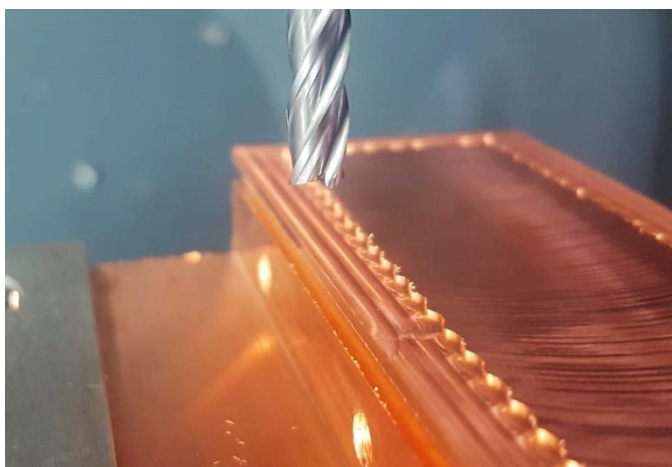
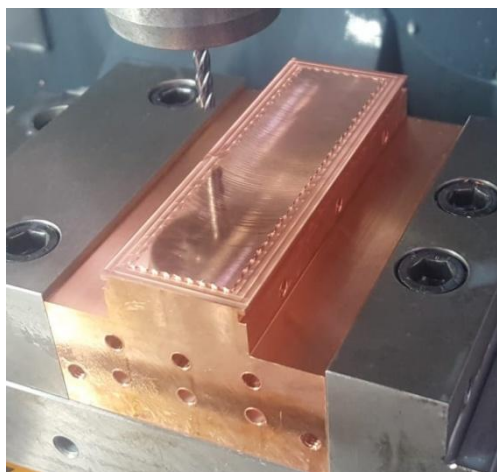



Σχήμα 4.39 : Απεικόνιση του φρεζαρίσματος με 100% της διαμέτρου του κοπτικού της 2^{ης} φάσης

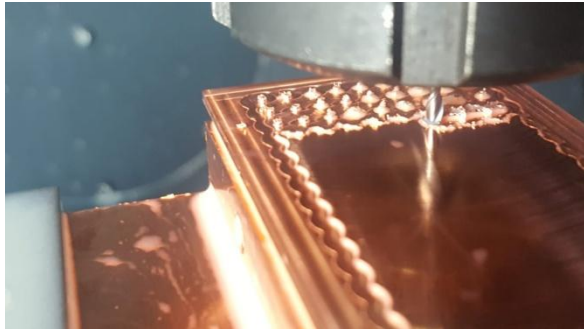
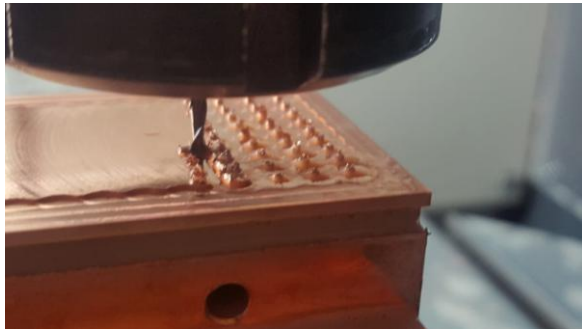
Οι φάσεις των κατεργασιών φαίνονται στους ακόλουθους πίνακες

1 ^η Φάση	Υλικό εργαλείου: AlCrN			Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές(N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
MILL5	Φραιζάρισμα	5mm	6000	480 mm/min	00:02:00	00:02:00

Στην παρούσα φάση γίνεται κατεργασία φρεζαρίσματος περιμετρικά της επιφάνειας της άνω πλευράς. Το εργαλείο που χρησιμοποιείται είναι διαμέτρου 5mm ενώ το βάθος κοπής είναι 0.29mm. Οι απαιτούμενες στροφές είναι 6000 ενώ η ταχύτητα πρόωσης είναι 480mm/min. Ο συνολικός χρόνος φάσης είναι 2 λεπτά.



2 ^η Φάση	Υλικό εργαλείου: KC625M			Υλικό τεμαχίου: Χαλκός		
Κωδικός εργαλείου	Είδος κατεργασίας	Διάμετρος εργαλείου	Στροφές(N)	Πρόωση(F)	Χρόνος κάθε κύκλου	Συνολικός χρόνος φάσης
MILL2	Φραιζάρισμα	2mm	7000	126 mm/min	00:38:00	00:38:00
<p>Στην δεύτερη φάση γίνεται φραιζάρισμα με χρήση του 100% της διαμέτρου του κοπτικού. Η διάμετρος του εργαλείου φρεζαρίσματος είναι διαμέτρου 2mm ενώ το βάθος κοπής είναι 0.29mm. Η απαιτούμενη πρόωση είναι 126mm/min ενώ οι στροφές είναι 7000. Τέλος ο συνολικός χρόνος κατεργασίας είναι 38 λεπτά</p>						

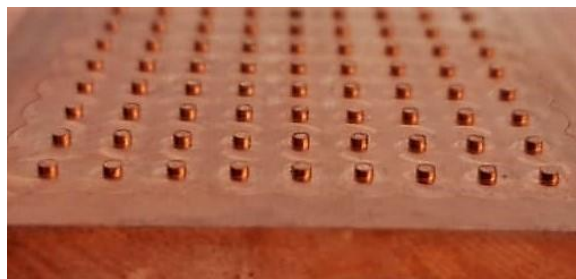


4.5.3 Τελικό δοκίμιο Lego

Με το πέρας της διαδικασίας χάραξης της Lego η τελική μορφή του δοκιμίου φαίνεται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 4.40 : Τελικό δοκίμιο με χάραξη Piranha



Σχήμα 4.41 : Λεπτομέρεια χάραξης Piranha

5. ΣΥΝΟΨΗ

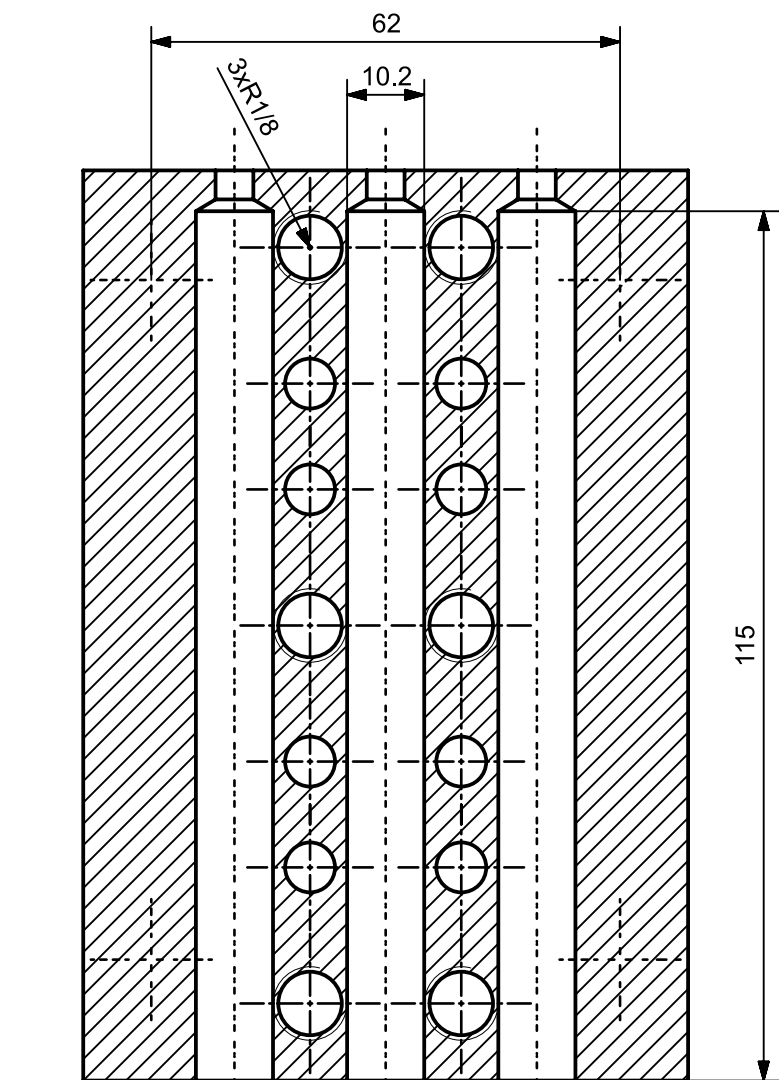
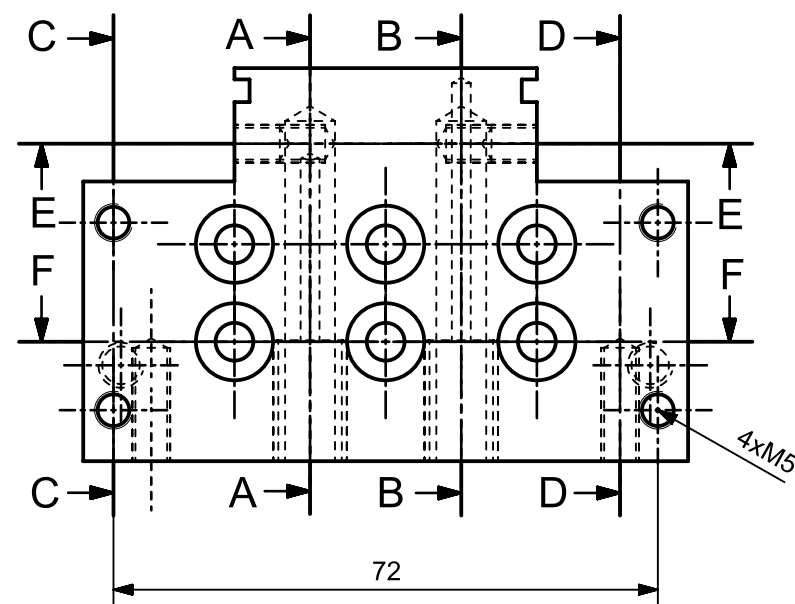
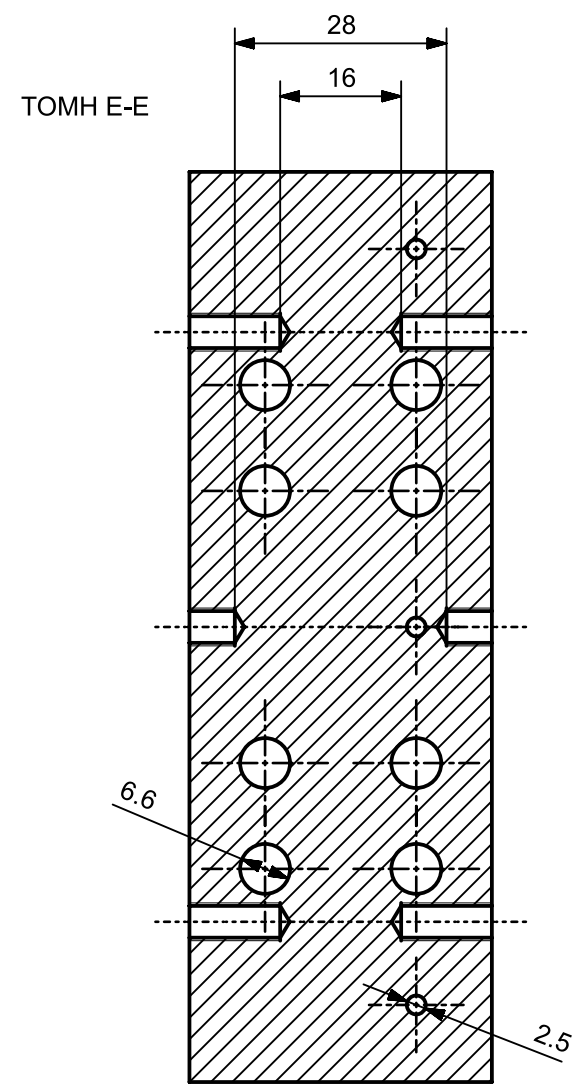
Η παρούσα διπλωματική διεξήχθη με σκοπό την κατασκευή πέντε πανομοιότυπων δοκιμίων χαλκού στα οποία υπάρχουν χαραγμένα συγκεκριμένα μοτίβα. Πιο συγκεκριμένα για την κατασκευή των δοκιμίων χαλκού χρησιμοποιήθηκε η εργαλειομηχανή DMU50eco και σχεδιάστηκε ένα φασεολόγιο για καθεμία από τις πλευρές των δοκιμίων. Επιπρόσθετα έγιναν τέσσερις χαράξεις με την χρήση της μηχανής laser DMU lasertec 40 και μία χάραξη με την χρήση προγράμματος CAM στην εργαλειομηχανή DMU50eco. Παρατηρήθηκε πως, για έναν έμπειρο χειριστή, απαιτούνται περίπου δύο εργάσιμες μέρες για την παραγωγή ενός δοκιμίου (συμπεριλαμβανομένων όλων των παραγωγικών και μη-παραγωγικών χρόνων) ενώ ο χρόνος που απαιτείται για κάθε χάραξη στην DMU lasertec 40 ποικίλει από πέντε μέχρι εννέα ώρες ανάλογα με το μοτίβο που χαράσσεται. Ο χρόνος που απαιτεί η χάραξη Lego με την χρήση CAM είναι σαράντα λεπτά.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

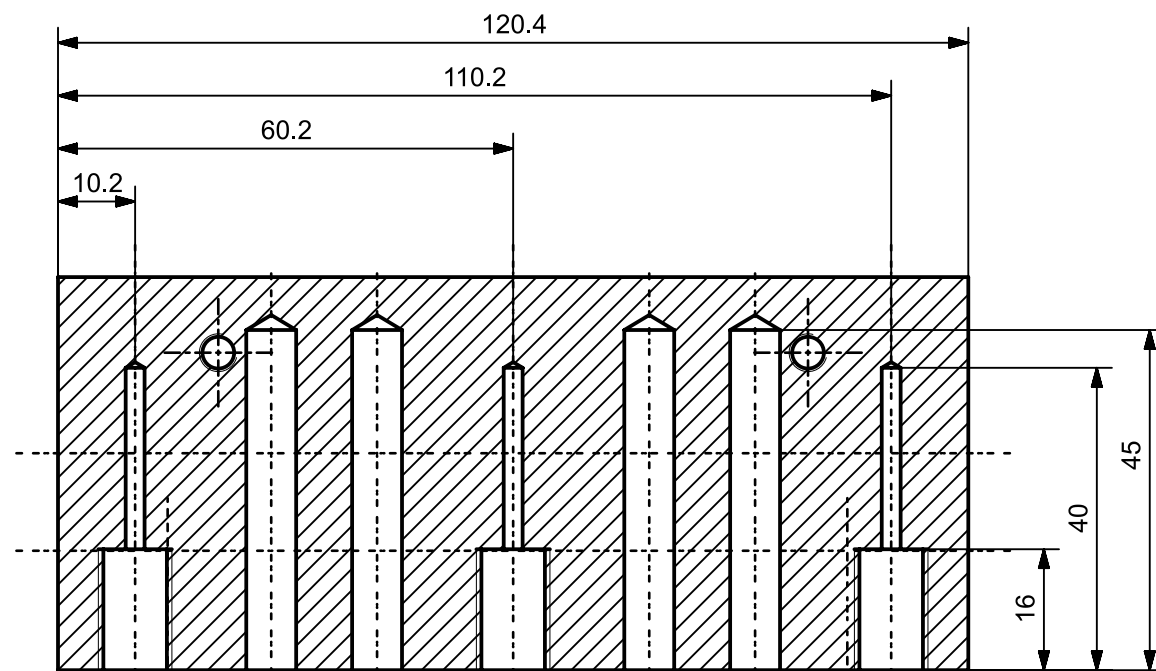
- [1] Αριστομένης Θ. Αντωνιάδης, “Μηχανολογικό Σχέδιο”, 2^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα
- [2] Άγγελος Αλεξανδρίδης, Δημήτρης Μάσσαλης, “Δημιουργία 6 ασκήσεων κατασκευής ιδιοσυσκευών μηχανουργείου CNC με την βοήθεια του λογισμικού ΑΥΤΟCAD”, Διπλωματική Εργασία, 2016
- [3] Αλέξανδρος Ιωαννίδης, “Λυμένες ασκήσεις εργαλειομηχανών CNC (φραίζας,τόρνου) με χρήση προγραμματισμού G,M Για εκπαιδευτικούς σκοπούς”, Πτυχιακή εργασία
- [4] Γεράσιμος Μπουλτάδάκης, “Σχεδιασμός βιομηχανικής παραγωγής εξαρτήματος”, Πτυχιακή εργασία
- [5] Τριαντή Αναστασία, Κομιανού Παρασκευή, “Σχεδίαση ενός μεγάλου μεγέθους εξαρτήματος αεροσκάφους και δημιουργία με το INVENTOR του αντίστοιχου φασεολόγιου (process planning), Διπλωματική εργασία

7. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

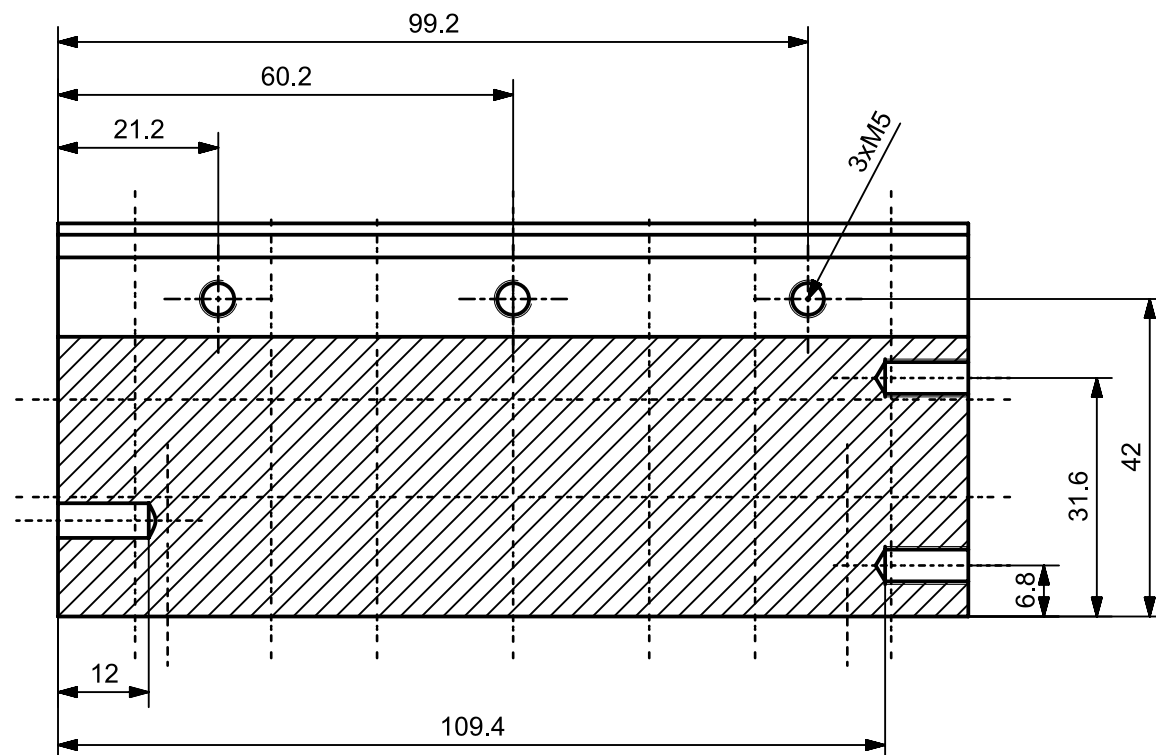
Στις επόμενες σελίδες παρατίθενται το μηχανολογικό σχέδιο του δοκιμίου χαλκού και τα συνοπτικά σχέδια των χαράξεων.



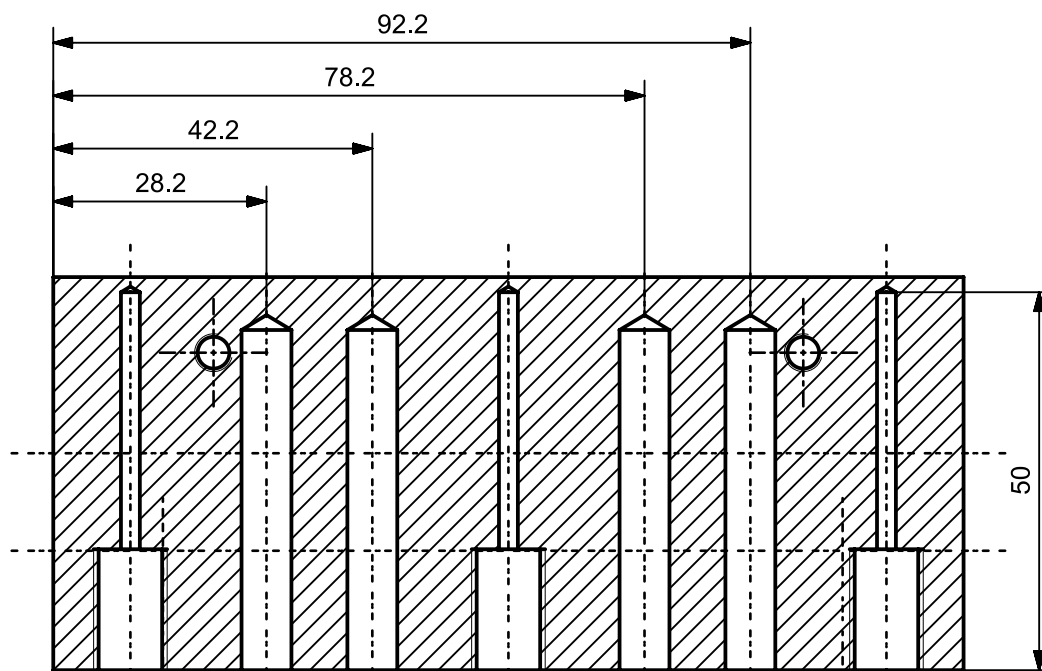
TOMH F-F



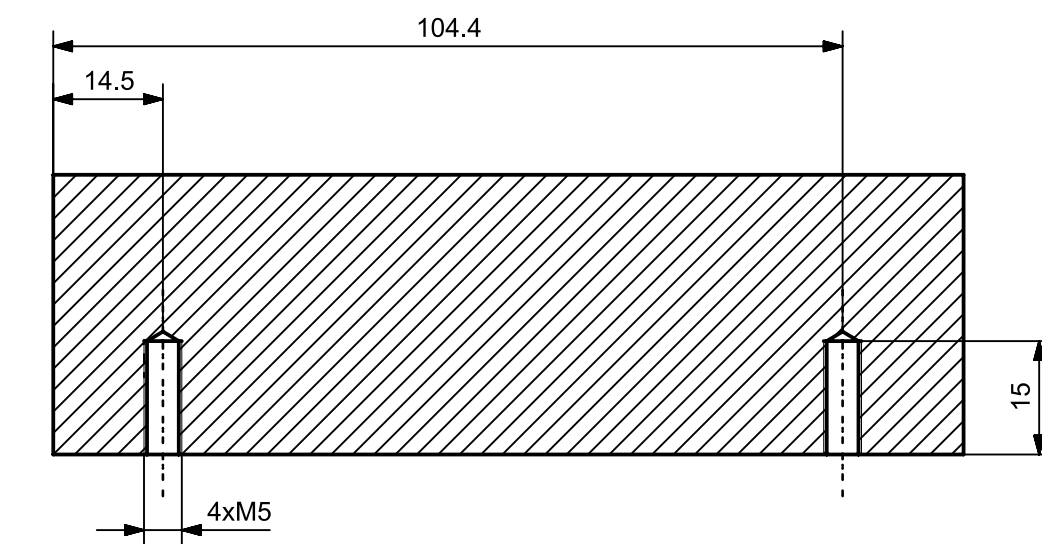
TOMH A-A



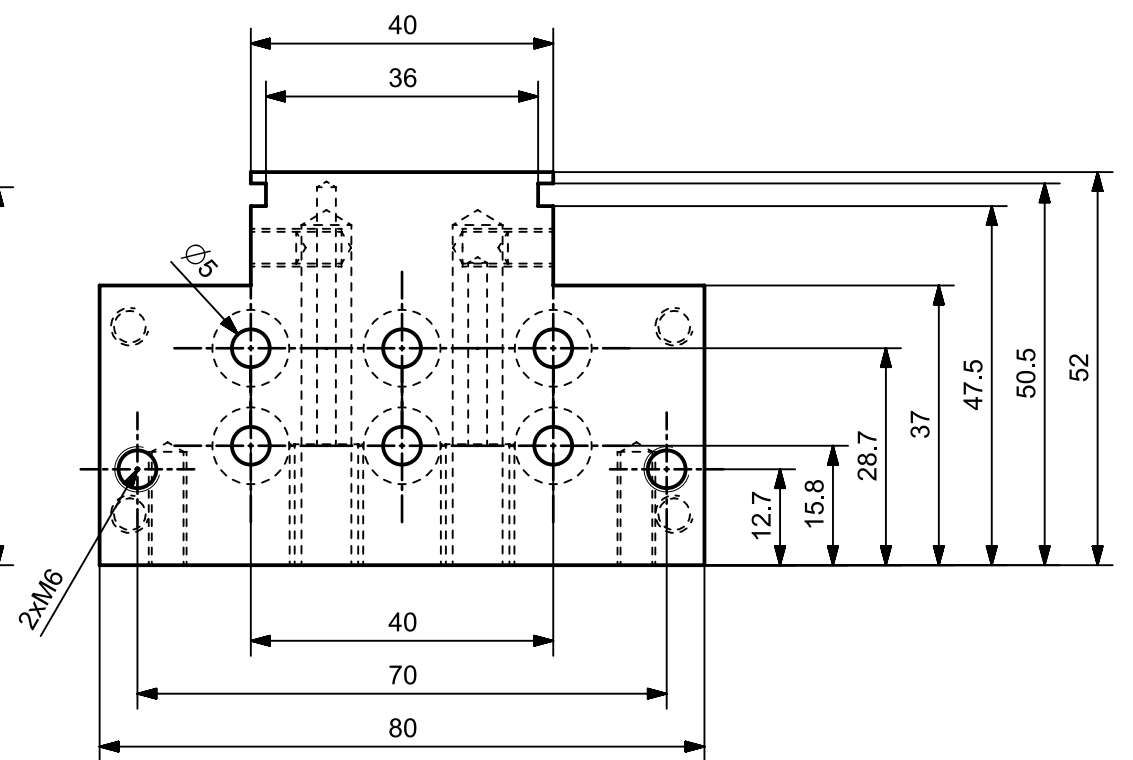
TOMH C-C

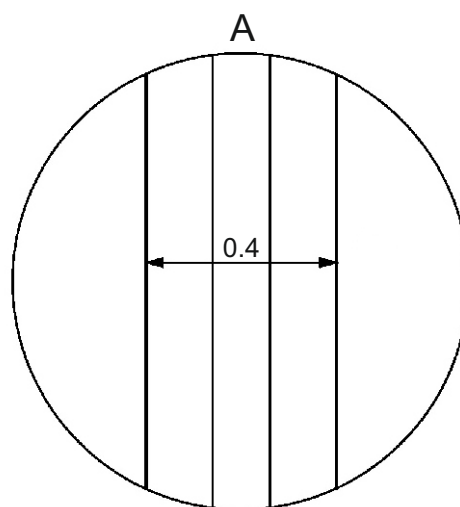
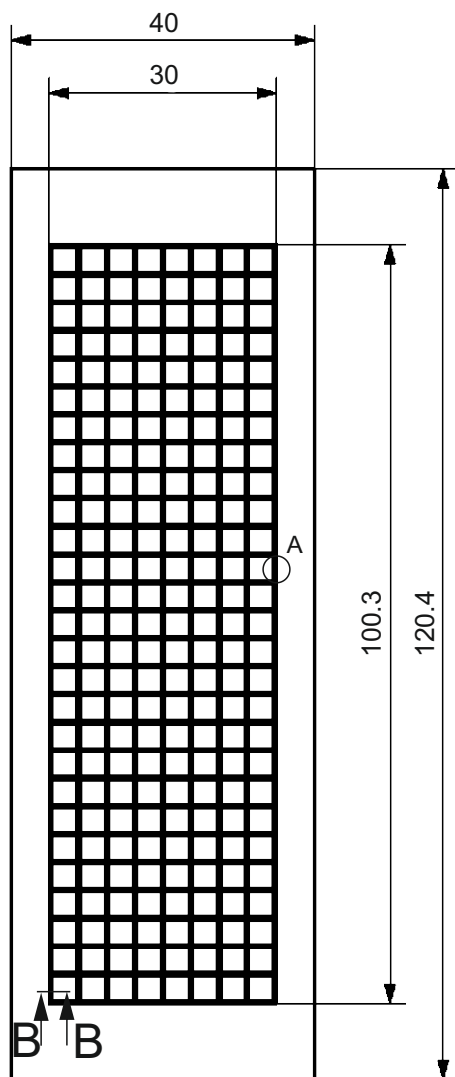


TOMH B-B

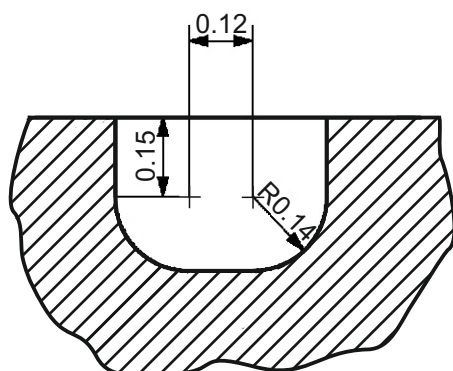



TOMH D-D

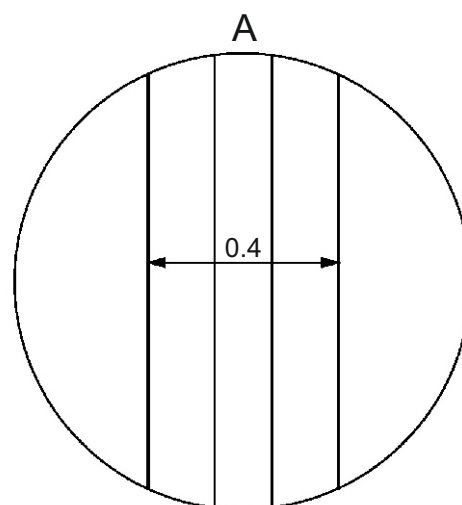
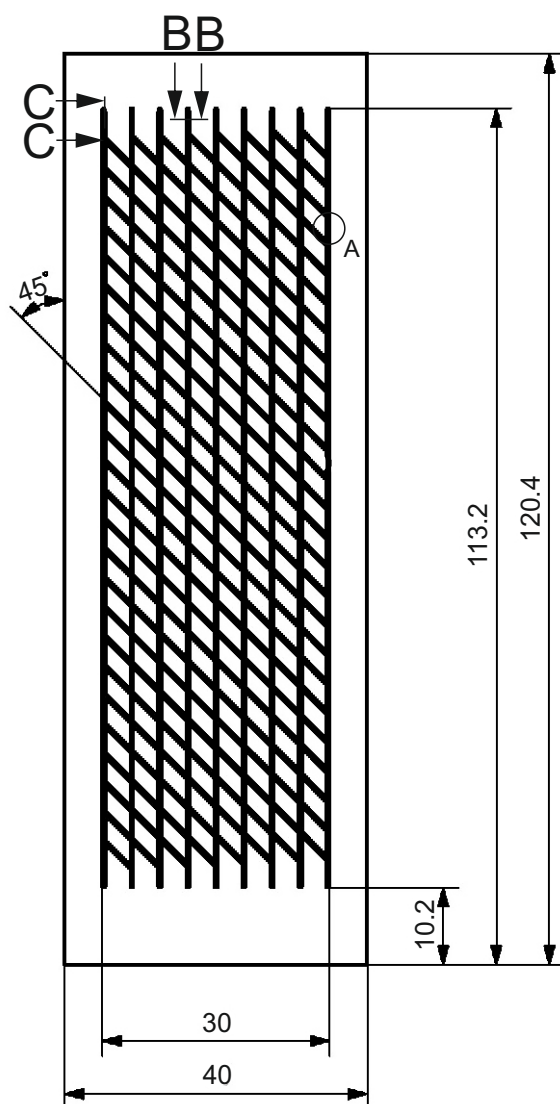




TOMH B-B

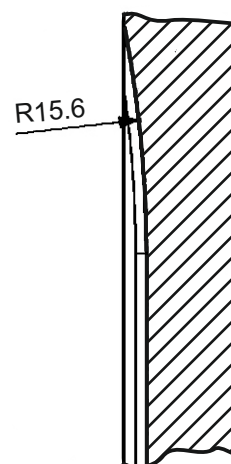
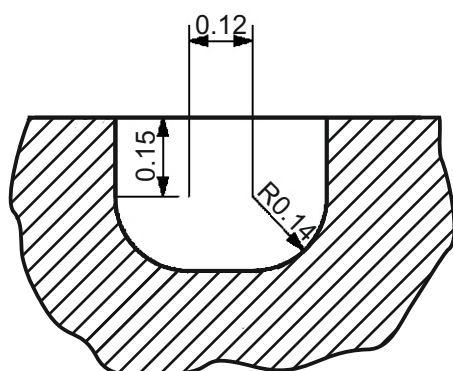



Responsible dept.	Technical reference	Document type σΥΝΟΠΤΙΚΌ ΣΧΈΔΙΟ	Document status			
	Created by Φραντζέσκος Γαβαλλάς	Title, Supplementary title Χάραξη Chessboard	m31000 88-1			
	Approved by Αριστομένης Αντωνιάδης		Rev. A	Date of issue 2019-06-21	Lang. el	Sheet 1/5

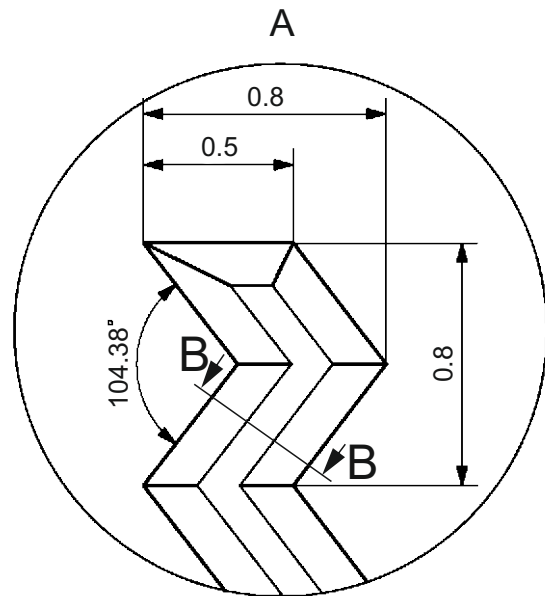
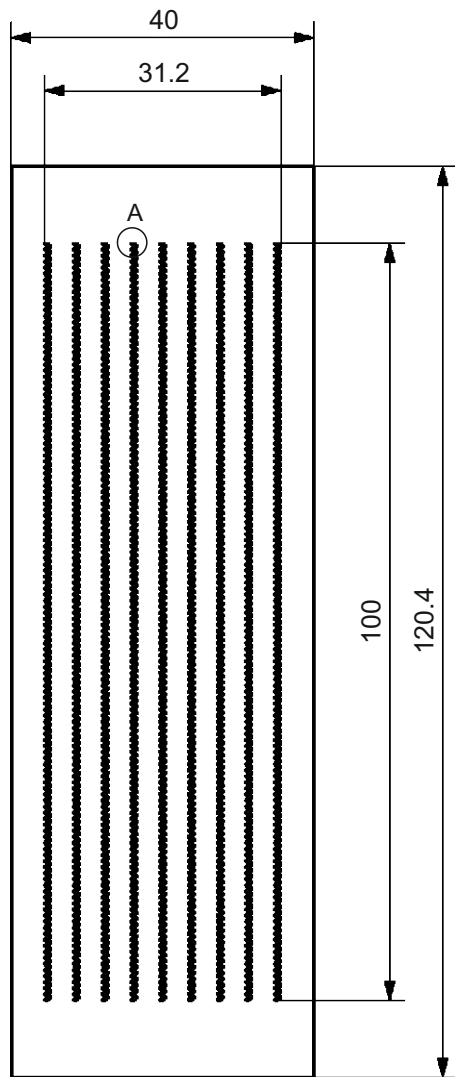


TOMH C-C

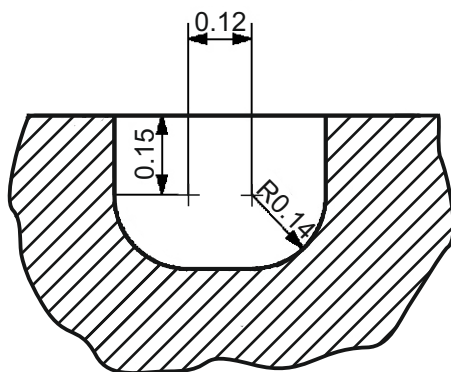
TOMH B-B




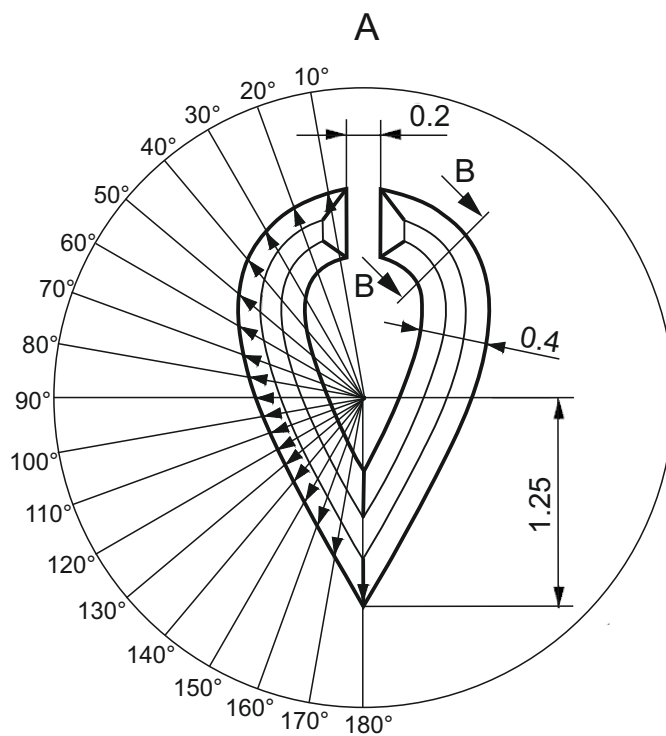
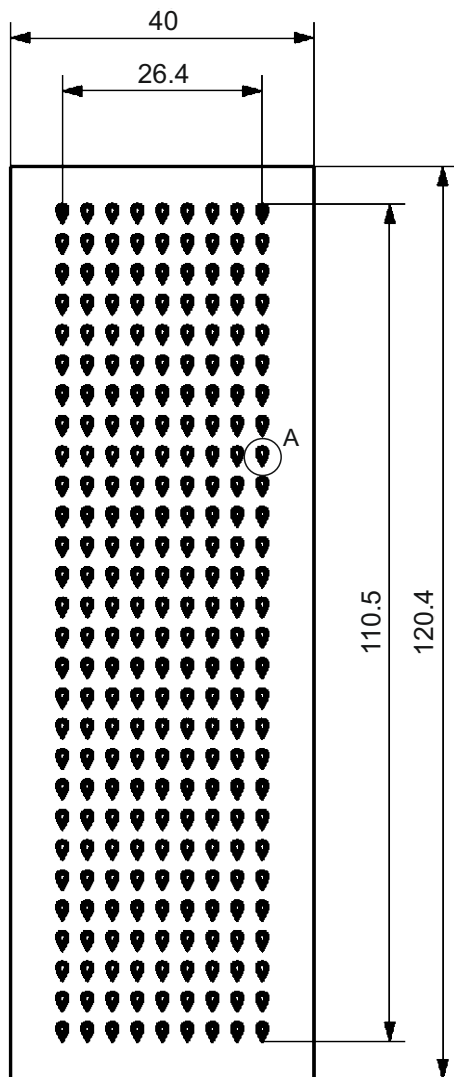
Responsible dept.	Technical reference	Document type συνολπτικό σχέδιο	Document status			
	Created by Φραντζέσκος Γαβαλλάς	Title, Supplementary title Χάραξη Oblique fins	m31000 88-1			
	Approved by Αριστομένης Αντωνιάδης		Rev. A	Date of issue 2019-06-21	Lang. el	Sheet 2/5



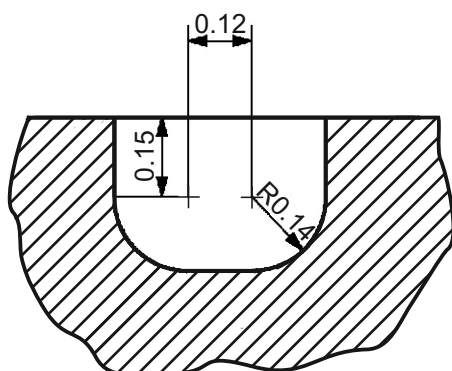
TOMH B-B




Responsible dept.	Technical reference	Document type συνολτικό σχέδιο	Document status		
	Created by Φραντζέσκος Γαβαλλάς	Title, Supplementary title Χάραξη Zig zag	m3 1000 88-1		
	Approved by Αριστομένης Αντωνιάδης		<table> <tr> <td>Rev. A</td><td>Date of issue 2019-06-21</td><td>Lang. el</td><td>Sheet 3/5</td></tr> </table>	Rev. A	Date of issue 2019-06-21
Rev. A	Date of issue 2019-06-21	Lang. el	Sheet 3/5		

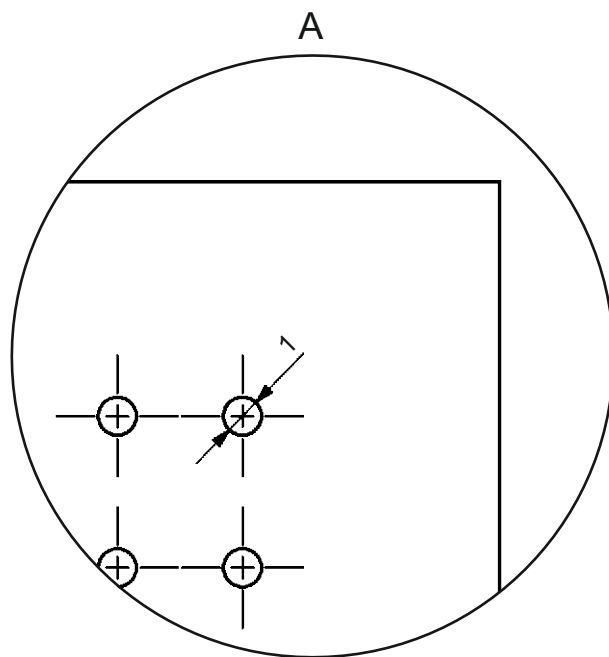
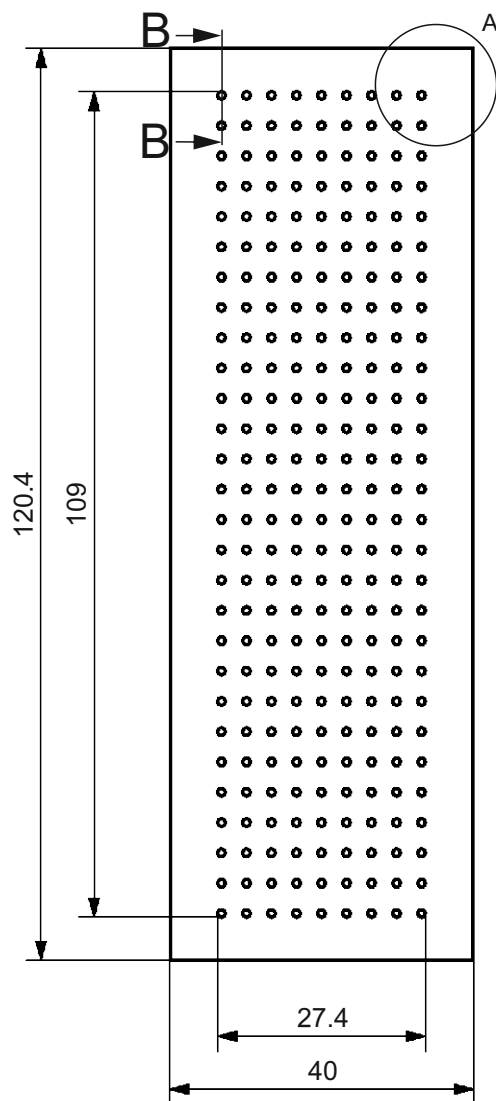


TOMH B-B

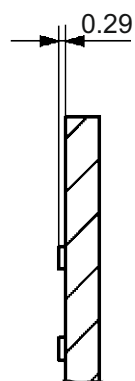



γωνία	απόσταση(mm)
10°	1.238
20°	1.199
30°	1.092
40°	0.929
50°	0.794
60°	0.712
70°	0.662
80°	0.630
90°	0.612
100°	0.599
110°	0.593
120°	0.593
130°	0.599
140°	0.613
150°	0.636
160°	0.673
170°	0.732
180°	0.837

Responsible dept.	Technical reference	Document type συνολικό σχέδιο	Document status
	Created by Φραντζέσκος Γαβαλλάς	Title, Supplementary title Χάραξη Piranha	m31000 88-1
	Approved by Αριστομένης Αντωνιάδης		
		Rev. A	Date of issue 2019-06-21
		Lang. el	Sheet 4/5



TOMH B-B



Responsible dept.	Technical reference	Document type σΥΝΟΠΤΙΚΌ ΣΧΈΔΙΟ	Document status		
	Created by Φραντζέσκος Γαβαλλάς	Title, Supplementary title Χάραξη Lego	m31000 88-1		
	Approved by Αριστομένης Αντωνιάδης		<table> <tr> <td>Rev. A</td><td>Date of issue 2019-06-21</td><td>Lang. el</td><td>Sheet 5/5</td></tr> </table>	Rev. A	Date of issue 2019-06-21
Rev. A	Date of issue 2019-06-21	Lang. el	Sheet 5/5		