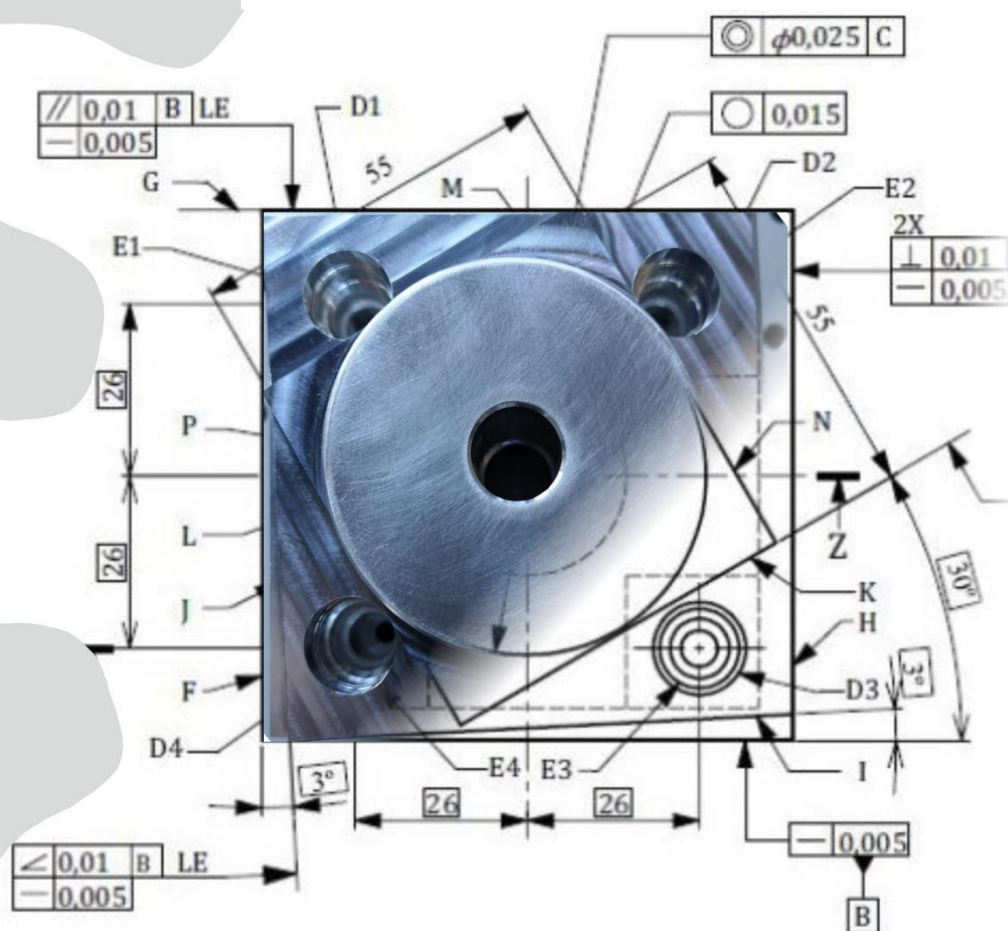


ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΚΑΤΑ ISO ΨΗΦΙΑΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΗΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗΣ



ΑΞΑΚΑΛΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΡ. ΔΙΠΛ. : 87

ΧΑΝΙΑ 2020

Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο τομέα Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης με κίνητρο τη δημιουργικότητα και στόχο τη ποιότητα.

Όπως είναι κοινώς αποδεχτό, είναι πολύ δύσκολο να φέρεις εις πέρας οποιονδήποτε στόχο έχεις θέσει, χωρίς την βοήθεια κάποιων ανθρώπων. Έτσι θα ήθελα να ευχαριστήσω για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε σε μία καινούργια μηχανή του εργαστηρίου, την ανάθεση της διπλωματικής εργασίας, τις πολύτιμες συμβουλές και τη γενική καθοδήγηση, το καθηγητή του Πολυτεχνείου Κρήτης κ. Αριστομένη Αντωνιάδη. Η βοήθειά του ήταν πολύτιμη και τον ευχαριστώ δεόντως που έδειξε κατανόηση ακόμα και σε θέματα διαπροσωπικού περιεχομένου, όπως ήταν η περίοδος της εκπλήρωσης της πρακτικής μου άσκησης στο εξωτερικό.

Όσον αφορά στην ουσιαστική επίβλεψη και στην άρτια δημιουργική συνεργασία για την επίτευξη της εργασίας αυτής, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους υποψήφιους διδάκτορες του εργαστηρίου Νικολιδάκη Βαγγέλη, Μαρινάκη Άγγελο και Πατεράκη Ιωάννα. Επιπρόσθετα, θα ήταν αμέλειά μου αν δεν ευχαριστούσα το κ. Γεώργιο Καΐσαρλή και το κ. Αλέξανδρο Βασιλαντωνάκη για τις πολύτιμες γνώσεις που μου παρείχαν απλόχερα καθόλη την διάρκεια των σπουδών μου. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς για την βοήθεια και τη συμπαράστασή της οικογένειάς μου, καθόλη την διάρκεια των σπουδών μου, Ιορδάνη Αξακάλη, Κωνσταντίνα Σκαρούλη και Θεανώ Αξακάλη.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1	Περίληψη.....	5
1.2	Δομή εργασίας.....	6
2.	ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ CMM	7
2.1	Ιστορική αναδρομή των μηχανών μέτρησης συντεταγμένων	7
2.2	Τύποι CMM και η εξέλιξή τους.....	8
2.3	Η λειτουργία των CMM	12
2.4	Εφαρμογές με τη χρήση των CMM.....	14
2.5	Απαρτιζόμενα μέρη των CMM	15
2.5.1	Τράπεζα (Τύποι γρανίτη)	15
2.5.2	Σύστημα ανίχνευσης (Probing system)	16
2.5.3	Τύποι ακίδων και χρήσεις τους	16
2.6	Κορυφαίες εταιρείες μετρητικού ελέγχου.....	18
2.7	Γενικές πληροφορίες για GD&T	18
2.7.1	Ανοχές θέσης.....	19
3.	ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ CMM M574	23
3.1	Περιγραφή τοποθέτησης και διακρίβωσης της CMM M574 του εργαστηρίου m3 ..	23
3.2	Απαρτιζόμενα μέρη	25
3.2.1	Διακόπτες ελεύθερης και σημειακής μετατόπισης	25
3.2.2	Σύστημα ανίχνευσης και ακίδα που φέρει η CMM.....	26
3.2.3	Έδρανα κύλισης αέρος (Air bearing).....	26
3.3	Διαστάσεις της κύριας μονάδας	27
3.4	Χαρακτηριστικά της M574.....	27
3.5	Εγχειρίδιο Λογισμικού MCOSMOS-1 v4.2.R3.....	28
4.	ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΑΚΑΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ISO10791-7	38
4.1	Κατασκευή πλάκας συγκράτησης τεμαχίων για την CMM.....	38
4.1.1	Τα οφέλη της συγκεκριμένης πλάκας και του εξοπλισμού συγκράτησης.	38
4.1.2	Μηχανολογικό και 3D σχέδιο πλάκας συγκράτησης.....	39
4.1.3	Διαδικασία κατασκευής της πλάκας	41
4.2	Κατεργασία του δοκιμαστικού τεμαχίου ISO 10791.....	41
4.2.1	Πληροφορίες για το ISO 10791-7:2014.....	44
4.2.2	Περιγραφή διαδικασιών κατασκευής του δοκιμίου ISO 10791	44
4.2.3	Παρουσίαση των φάσεων κατεργασίας.....	46

4.2.4 Ψηφιακή προσομοίωση (simulation) στην DMU50 eco line.....	50
5. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΟΥ ΤΕΜΑΧΙΟΥ	51
5.1 Ακρίβεια και Ορθότητα μετρήσεων	51
5.2 Αβεβαιότητα μετρήσεων και υπολογισμός της	52
5.3 Παράδειγμα μετρήσεων με την CMM M574	52
5.3.1 Παράδειγμα μέτρησης του τεμαχίου SPSACTMC0223	52
5.3.2 Παράδειγμα μέτρησης των φιαλιδίων Sample Bottles	61
5.3.3 Αντίστροφη μηχανική σε μηχανικά μέρη στροβιλοκινητήρα με την χρήση περιγραμμάτων (contour)	65
5.4 Μετρήσεις δοκιμαστικού τεμαχίου-ISO 10791-7.....	71
5.4.1 Συμπεράσματα για την ακρίβεια της DMU50 eco line	77
5.5 Γενικές πληροφορίες για τραχύτητα	78
5.5.1 Μετρήσεις τραχύτητας του δοκιμαστικού τεμαχίου	79
5.6 Σύνοψη αποτελεσμάτων και προτάσεις περαιτέρω διερεύνησης	80
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	81

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Περίληψη

Είναι ευρέως διαδεδομένο πως η τεχνολογική άνθηση που βιώνουμε, συναντάται σε χιλιάδες πρακτικές εφαρμογές της μηχανολογίας και πιο συγκεκριμένα του κατασκευαστικού κλάδου. Οι τομείς όπως η αεροδιαστημική, η αεροναυπηγική, οι αμυντικές βιομηχανίες, τα υπερσύγχρονα ερευνητικά προγράμματα, οι αυτοκινητοβιομηχανίες, οι πετρελαιοβιομηχανίες, η ιατρική και πολλές ακόμη επιστήμες, για την υλοποίηση μιας ιδέας, έχουν κοινό σημείο αναφοράς το κατασκευαστικό τομέα. Επομένως, είναι αναμενόμενο ότι η αύξηση των κατασκευών συνεπάγεται με αύξηση της πολυπλοκότητας των προϊόντων, όπου δημιουργεί μια αυξανόμενη ζήτηση για αυστηρές και πιστοποιημένες διαδικασίες παραγωγής και για βελτίωση της ποιότητας. Σύμφωνα με τα παραπάνω, οι παραδοσιακοί τρόποι μέτρησης με εργαλεία χειρός όπως παχύμετρα και μικρόμετρα δεν είναι επαρκείς για τις σημερινές ανάγκες επιθεώρησης τόσο σε ακρίβεια όσο και σε ταχύτητα. Στα απαιτητικά αυτά δεδομένα και σε συνδυασμό με υπερσύγχρονες και ταχύτατες γραμμές παραγωγής, ο έλεγχος ποιότητας με την χρήση μηχανών μέτρησης συντεταγμένων (CMM) αποτελεί μονόδρομο.

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο δυναμικός έλεγχος ακριβείας της εργαλειομηχανής DMU50 με την χρήση της CMM M574 του εργαστηρίου μικροκοπής και κατασκευαστικής προσομοίωσης (m3). Ο έλεγχος αυτός πραγματοποιήθηκε με τη κοπή ενός πρότυπου δοκιμίου που αναγράφεται στο έβδομο μέρος του ISO 10791 (για τριαξονικές φραιζες), στο κέντρο κατεργασίας DMU50. Έπειτα, μετρήθηκαν όλες οι ανοχές που αναφέρονται στο μηχανολογικό σχέδιο του δοκιμίου με την χρήση της CMM M574 και αξιολογήθηκε η κατάσταση-ακρίβεια της μηχανής αυτής.

Για την επίτευξη του σκοπού αυτού, στο πρώτο μέρος της παρούσας διπλωματικής εργασίας παρουσιάζονται οι μηχανές μέτρησης συντεταγμένων (ιστορική αναδρομή τους, οι τύποι τους, η λειτουργία τους, οι εφαρμογές τους και τα απαραίτητα μέρη τους). Στη συνέχεια, παραθέτονται τα χαρακτηριστικά της μηχανής μέτρησης συντεταγμένων που αποκτήθηκε από το εργαστήριο μικροκοπής και κατασκευαστικής προσομοίωσης (CMM Mitutoyo M534). Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελείται από τις κατασκευές που πραγματοποιήθηκαν κατά την διάρκεια της παρούσας εργασίας. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζονται αναλυτικά όλα τα βήματα κατασκευής της πλάκας συγκράτησης για την CMM του εργαστηρίου με πρωταρχικό στόχο την μείωση του χρόνου τοποθέτησης πολύπλοκων γεωμετριών ενός ή περισσότερων τεμαχίων προς μέτρηση. Επιπλέον, συμπεριλαμβάνεται σε αυτό το κεφάλαιο, η κατασκευή του δοκιμίου σύμφωνα με το ISO 10791-7, όπου στην συνέχεια μετρήθηκαν όλες οι διαστάσεις και γεωμετρικές ανοχές που αναφέρονται στο έβδομο μέρος του ISO-10791 από την CMM M574. Με τα αποτελέσματα των μετρήσεων από τη πιστοποιημένη CMM, εξήχθησαν συμπεράσματα για την ακρίβεια της εργαλειομηχανής DMU50 του εργαστηρίου m3 η οποία το κατεργάσθηκε. Τέλος, τα προαναφερθέντα αποτελέσματα καθώς και τα πορίσματα της τραχύτητας του δοκιμίου αναλύονται και επεξηγούνται στο πέμπτο κεφάλαιο.

1.2 Δομή εργασίας

Κεφάλαιο 1

Στην εισαγωγή παρουσιάζεται το αντικείμενο και ο στόχος της εργασίας αυτής καθώς και αναλυτική περιγραφή των κεφαλαίων.

Κεφάλαιο 2

Το κεφάλαιο αυτό αποτελείται από γενικές πληροφορίες των μηχανών μέτρησης συντεταγμένων (CMM). Εν πρώτοις, παρουσιάζεται η ιστορική αναδρομή των μηχανών αυτών καθώς και η εξέλιξή τους. Εν συνεχεία, αναλύονται σε κάθε τύπο μηχανών τα χαρακτηριστικά και οι εφαρμογές χρήσης τους. Στο τέλος του κεφαλαίου πραγματοποιείται ταξινόμηση και επεξήγηση των γεωμετρικών ανοχών, οι οποίες χρησιμοποιούνται σε μηχανολογικά σχέδια και μετρούνται μόνο με την χρήση των μηχανών αυτών.

Κεφάλαιο 3

Στο παρόν κεφάλαιο πραγματοποιείται παρουσίαση της ένταξης στον μετρητικό εξοπλισμό του εργαστηρίου μικροκοπής και κατασκευαστικής προσομοίωσης, της μηχανής μέτρησης συντεταγμένων Mitutoyo M574. Επιπροσθέτως, αναλύονται τα χαρακτηριστικά της και δημιουργήθηκε εγχειρίδιο του λογισμικού που συνοδεύει την μηχανή αυτή (MCOSMOS1) με στόχο την μεταλαμπάδευση της εκπαίδευσης που παρείχε η εταιρεία Mitutoyo.

Κεφάλαιο 4

Το τέταρτο κεφάλαιο αποτελείται από την μελέτη και την ανάλυση κατασκευής τόσο της πλάκας συγκράτησης τεμαχίων της CMM όσο και του τεμαχίου κατά ISO 10791-7. Το προαναφερθέν τεμάχιο κατεργάσθηκε στο κέντρο κατεργασίας DMU50 eco Line του εργαστηρίου m3 και μετρήθηκαν όλες οι διαστατικές και γεωμετρικές ανοχές που αναγράφονται στο ISO αυτό, από την CMM M574 με τελικό στόχο την αξιολόγηση της ακρίβειας που μπορεί να επιτευχθεί με το παραπάνω κέντρο κατεργασίας.

Κεφάλαιο 5

Σημαντικές για τη λειτουργία ενός συστήματος παραγωγής, πέρα των κατασκευαστικών τεχνολογιών, είναι οι τεχνικές μέτρησης των διαστάσεων και της τραχύτητας των επιφανειών, τόσο για το ποιοτικό έλεγχο της διαδικασίας όσο και για τη ψηφιακή αποτύπωση/αναπαραγωγή προϊόντων και εξαρτημάτων. Αντικείμενο του παρόντος κεφαλαίου αποτελούν τα τρία παραδείγματα μετρήσεων με την χρήση της CMM M574, τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα των διαστασιολογικών και γεωμετρικών μετρήσεων του τεμαχίου ISO-10791-7 καθώς και ο υπολογισμός της τραχύτητάς του με την χρήση του προφιλόμετρου BRUKER ContourGT-K. Αναλυτικότερα, πρώτο παράδειγμα είναι ένα τεμάχιο από το CERN με ονομασία SPSACTMC0223 όπου είχε μετρηθεί από την εταιρεία ΝΑΞ και ξαναμετρήθηκε στο εργαστήριο για επαλήθευση των μετρήσεων και σύγκριση των τιμών. Δεύτερο παράδειγμα είναι οι μετρήσεις των κεντρικών οπών φιαλιδίων γυαλιού με στόχο την αεροστεγή στεγανοποίησή τους με O-Rings, το οποίο πρόκειται για ένα ερευνητικό πρόγραμμα του εργαστηρίου υδατικής χημείας του τμήματος μηχανικών περιβάλλοντος του πολυτεχνείου Κρήτης. Τελευταίο παράδειγμα αποτελεί η αντίστροφη μηχανική που πραγματοποιήθηκε σε τρία μηχανικά μέρη ενός αεροστροβίλου του εργαστηρίου στροβιλομηχανών και ρευστοδυναμικής (TurboLab) του πολυτεχνείου Κρήτης με την χρήση περιγραμμάτων (Contours) από την CMM M574.

2. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ CMM

2.1 Ιστορική αναδρομή των μηχανών μέτρησης συντεταγμένων

Η ιστορία των μηχανών NC-CNC μηχανών.

Στην ιστορική αναδρομή που πραγματοποιεί το βιβλίο ([1] Mitutoyo handbook, 2016) για τις μηχανές μέτρησης συντεταγμένων, παρουσιάζεται η ανάγκη εφεύρεσης μια τέτοιας καινοτομικής μηχανής για την εποχή εκείνη. Μια συνεργατική προσπάθεια μεταξύ της Πολεμικής Αεροπορίας των ΗΠΑ και του Ινστιτούτου Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT) στις αρχές της δεκαετίας του 1950 αναφέρεται συχνά ως το γεγονός που οδήγησε στη γέννηση του αριθμητικά ελεγχόμενου μηχανήματος (Numerically Controlled). Οι πρώιμες μηχανές NC λειτουργούσαν χωρίς να απαιτούν την συνεχή προσοχή από τον χειριστή και η ταχύτητα κινήσεων του μηχανήματος αυξήθηκε δραματικά. Συνεπώς, τα δύο σημαντικά πλεονεκτήματα είναι η μείωση του κόστους παραγωγής λόγω μείωσης ανθρωπίνου δυναμικού και αύξησης της παραγωγικότητας καθώς και η βελτίωση της ποιότητας των προϊόντων αυτοματοποιημένης παραγωγής. Σύντομα, σχεδόν όλοι οι κατασκευαστές εργαλειομηχανών άρχισαν να παράγουν μηχανές NC και αργότερα CNC (Computer Numerically Controlled). Όμως, ενώ η παραγωγή αυξήθηκε δραματικά με την χρήση των NC μηχανών, η υπάρχουσα διαδικασία επιθεώρησης ήταν τόσο αργή που υπονόμειε την αξία ολόκληρου του μηχανήματος NC.

Πιο αναλυτικά, η διαδικασία επιθεώρησης ποιότητας απαρτίζεται από την εξεύρεση και τον έλεγχο των αποκλίσεων μεταξύ της πραγματικής και της ονομαστικής τιμής ενός μεγέθους. Η απόλυτη κατασκευαστική ακρίβεια, τόσο σε ό,τι αφορά τη μορφή όσο και τη ποιότητα επιφάνειας, δεν είναι, συνήθως, ούτε πρακτικά εφικτή ούτε επιθυμητή, κυρίως για λόγους κόστους. Επομένως, για τα περισσότερα μεγέθη, που αφορούν τη μορφή ή τις επιφάνειες του αντικειμένου, ορίζονται κάποιες ανοχές (tolerances), εντός των οποίων το κομμάτι θεωρείται αποδεκτό. Για τη μέτρηση αυτών των μεγεθών χρησιμοποιείται εξοπλισμός όπως όργανα μέτρησης, εργαλεία και μηχανές διάφορων τύπων.

Παραδοσιακά, για τη μέτρηση της κατασκευαστικής ακρίβειας χρησιμοποιούνταν όργανα και εργαλεία χειρός όπως μικρόμετρο, παχύμετρο, τα οποία όμως με την ανάπτυξη της μαζικής παραγωγής και της ψηφιακής τεχνολογίας που προαναφέρθηκε, αντικαταστάθηκαν σε μεγάλο βαθμό από ψηφιακά ελεγχόμενες ή προγραμματιζόμενες μηχανές. Παράδειγμα τέτοιων μηχανών αποτελεί η μηχανή μέτρησης συντεταγμένων (Coordinate Measuring Machine – CMM). Όπως στη κατασκευαστική φάση, έτσι και στην φάση του ελέγχου η χρήση ψηφιακά καθοδηγούμενων μηχανών βελτιώνει την ακρίβεια και την αξιοπιστία των μετρήσεων, ενώ επιτρέπει την αυτοματοποίηση των μετρήσεων και συνεπώς την οικονομικότερη και ταχύτερη εκτέλεσή τους.



Σχήμα 2.1: Εξέλιξη μετρολογικού εξοπλισμού από αρχαία παχύμετρα σε σύγχρονες μηχανές CMM και 3D σαρωτές

Η ιστορία των μηχανών CMM



Σχήμα 2.2: Πρώτη συσκευή μέτρησης συντεταγμένων στο κόσμο της εταιρείας Ferranti

Κατά τη διάρκεια της Διεθνούς Έκθεσης μηχανολογικού εξοπλισμού το 1959 στο Παρίσι, ο κατασκευαστής των NC της Σκωτίας Ferranti εμφάνισε αυτό που ήταν αναμφισβήτητο η πρώτη συσκευή μέτρησης συντεταγμένων στο κόσμο. Ο σχεδιασμός της ήταν τύπου αρθρωτής γέφυρας που προσφέρει ευρύ και μεγάλο χώρο φόρτωσης και εκφόρτωσης εξαρτημάτων. Οι μετρήσεις ήταν ως προς δύο μόνο άξονες (x-y) και η περιοχή μέτρησης άγγιζε τα 610x380mm. Ήταν αυτό που αποκαλούμε σήμερα manual CMM (χειροκίνητο μηχάνημα μέτρησης συντεταγμένων). Σε αυτό το πρωτότυπο μηχάνημα ο αισθητήρας (probe) ήταν από χάλυβα με κωνικό τελείωμα για οπές και σφαιρικό τελείωμα για μετρήσεις άλλων επιφανειών.

2.2 Τύποι CMM και η εξέλιξή τους

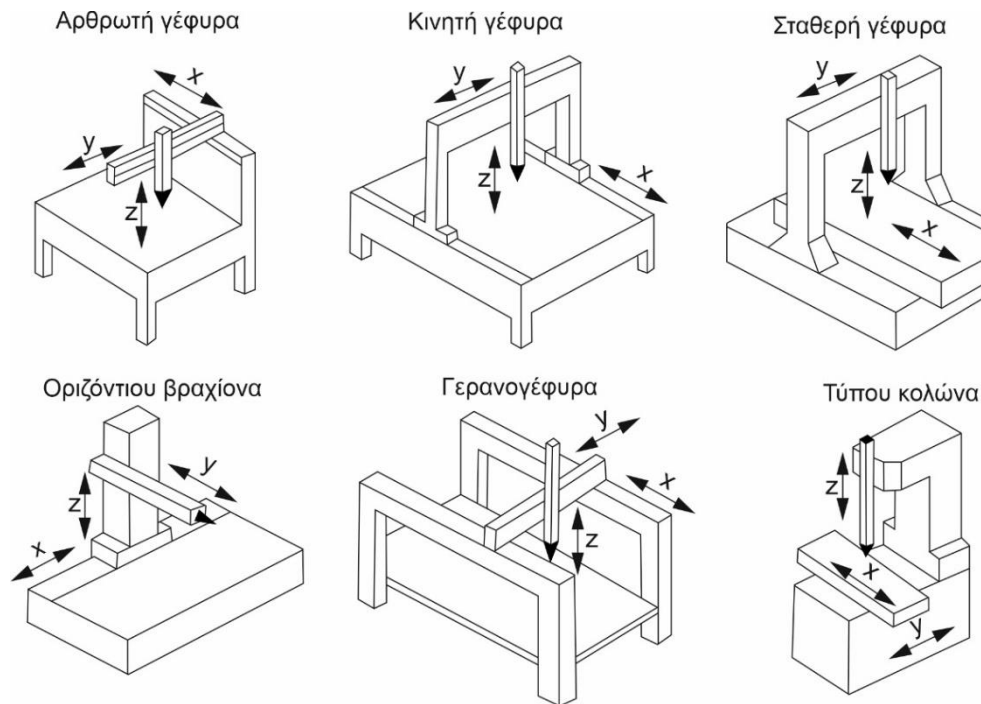
Η μέτρηση με τη χρήση συντεταγμένων (coordinate metrology) όπως παρουσιάζει και ο καθηγητής μετρολογίας του τεχνολογικού πανεπιστημίου της Κρακοβίας στο βιβλίο του ([2] Sladek, 2015) , χρησιμοποιείται για το προσδιορισμό της μορφής και των διαστάσεων ενός αντικειμένου, και τη σύγκριση αυτών με το ψηφιακό ή τεχνικό σχέδιο βάσει του οποίου κατασκευάστηκε. Υπ' αυτή την έννοια αφορά στην αξιολόγηση των διαστάσεων και της γεωμετρίας του αντικειμένου. Αντίστοιχα, μια μηχανή μέτρησης συντεταγμένων είναι ένα ηλεκτρομηχανικό σύστημα το οποίο διαθέτει έναν αισθητήρα (probe), η θέση του οποίου (σε μορφή συντεταγμένων x, y και z) μπορεί να καθορισθεί με μεγάλη ακρίβεια και ορθότητα. Με τη τοποθέτηση λοιπόν του αισθητήρα αυτού σε διάφορα σημεία επαφής με το αντικείμενο, το οποίο είναι σταθερά τοποθετημένο σε μια θέση εντός του χώρου της μηχανής, μπορούν να καθορισθούν οι συντεταγμένες αυτών των σημείων. Ανάλογα με τη μηχανή, η αλλαγή θέσης στον αισθητήρα πραγματοποιείται χειρωνακτικά, μηχανικά ή ψηφιακά. Οι μετρητικές αυτές μηχανές γενικά χαρακτηρίζονται από τη μέθοδο με την οποία πραγματοποιούν τις μετρήσεις. Διακρίνονται στις μηχανές επαφής, όπου χρησιμοποιούνται μηχανικές κεφαλές-αισθητήρες που αγγίζουν το μετρούμενο αντικείμενο και μη-επαφής, όπου χρησιμοποιείται το φως, ο ήχος ή τα μαγνητικά πεδία για την επίτευξη μετρήσεων.



Σχήμα 2.3: Κατηγορίες CMM (Στα αριστερά παρουσιάζεται μηχανή μέτρησης συντεταγμένων επαφής ενώ στα δεξιά είναι μη-επαφής με laser-scanning)

Η συγκεκριμένη εργασία θα επικεντρωθεί στις μηχανές επαφής (Coordinate Measuring Machines), στις οποίες ανήκει και η μηχανή του εργαστηρίου Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης του Πολυτεχνείου Κρήτης που χρησιμοποιήθηκε για τις ανάγκες της διπλωματικής εργασίας (CMM M574 της εταιρείας Mitutoyo).

Υπάρχουν έξι βασικοί τύποι μηχανημάτων μέτρησης συντεταγμένων (επαφής) όπως αναλύονται και στο βιβλίο των ([3] Hocken & Pereira, 1995) : κινητή γέφυρα (moving bridge), αρθρωτή γέφυρα (cantilever), σταθερή γέφυρα (fixed bridge), οριζόντιου βραχίονα (horizontal arm), γερανογέφυρα (gantry) και τύπου κολόνα (column). Καθένας τύπος παρέχει μοναδικά πλεονεκτήματα με βάση το προς μέτρηση αντικείμενο.



Σχήμα 2.4: Οι έξι τύποι Cmm επαφής

❖ Κινητή Γέφυρα (moving bridge)

Η μετρητική μηχανή τύπου κινητής γέφυρας "moving bridge" επιτρέπει τη κίνηση του ανιχνευτή (probe) κατά μήκος τριών αξόνων X, Y και Z, τα οποία είναι ορθογώνια μεταξύ τους σε ένα τρισδιάστατο καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων. Κάθε άξονας έχει έναν αισθητήρα που παρακολουθεί τη θέση του probe σε αυτόν τον άξονα, με ακρίβεια μικρομέτρου. Όταν ο αισθητήρας έρθει σε επαφή (ή αλλιώς ανιχνεύσει μια συγκεκριμένη θέση) στο αντικείμενο, ο υπολογιστής του μηχανήματος αποθηκεύει στιγμιαία τις συγκεκριμένες συντεταγμένες, μετρώντας έτσι τη θέση ενός σημείου στην επιφάνεια του αντικειμένου. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται όσο χρειαστεί, μετακινώντας το probe κάθε φορά, για να παραχθεί ένα "σημείο σύννεφο" το οποίο περιγράφει τις επιφάνειες ενδιαφέροντος.



Σχήμα 2.5: Κινητή γέφυρα

Λόγω της βασικής τους δομής και της απλότητας κατασκευής τους, οι μηχανές τύπου γέφυρας έχουν γίνει εξαιρετικά δημοφιλείς. Αυτός ο τύπος μηχανών έχει χαμηλό κόστος κατασκευής και την ικανότητα να διατηρεί ακρίβεια και επαναληψιμότητα μακροπρόθεσμα. Οι περισσότερες μηχανές τύπου γέφυρας βασίζονται σε σταθερή πλάκα γρανίτη ακριβείας. Τέλος, η πλειοψηφία των μηχανών αυτών, λειτουργούν με έδρανα αέρα για να επιτρέπουν την ελεύθερη κίνηση με την απουσία τριβών. Τα μηχανήματα κατασκευάζονται σε μεγέθη που κυμαίνονται από 300 × 300 × 300 mm έως 2000 mm x 5000 mm x 1500 mm XYZ, με ορισμένες εξαιρέσεις. Ωστόσο, υπάρχουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που σχετίζονται με τη λειτουργία τους. Για παράδειγμα, η προσβασιμότητα στο μετρημένο τμήμα είναι μερικές φορές αρκετά δύσκολη λόγω των ορθοστατών που συγκρατούν την γέφυρα. Επιπρόσθετα, τα βαριά εξαρτήματα πρέπει να ανυψωθούν πάνω στη πλάκα γρανίτη, απαιτώντας γερανό ή ανυψωτικό όχημα και πιθανώς να προκαλέσουν σύγκρουση με το μηχανήμα. Όσον αφορά τα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι το χαμηλό κόστος που προαναφέρθηκε σε συνδυασμό με την υψηλή ακρίβεια που συνήθως είναι καλύτερη από τους περισσότερους τύπους μηχανών μέτρησης συντεταγμένων.

❖ Αρθρωτή γέφυρα (cantilever)



Σχήμα 2.6: Αρθρωτή γέφυρα

Η μηχανή CMM τύπου αρθρωτής γέφυρας ήταν ο αρχικός σχεδιασμός της Ferranti στη Σκωτία τη δεκαετία του 1960 όμως, σήμερα αυτός ο τύπος κατασκευάζεται σε μικρές ποσότητες. Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση σχετικά μικρών τεμαχίων και παρέχουν ανοικτή πρόσβαση στον χειριστή σε τρεις πλευρές. Η δοκός μέτρησης του άξονα X είναι τοποθετημένη στη πλευρά μιας σταθερής γέφυρας που πάνω της φέρει τον οριζόντιο βραχίονα. Ο ανιχνευτής μπορεί επίσης να μετακινηθεί κατά μήκος του βραχίονα για να επιτευχθεί η κίνηση του άξονα y.

Τα πλεονεκτήματα αυτής της κατασκευής είναι: 1) η άνετη πρόσβαση στο τραπέζι εργασίας από τον χειριστή 2) η υψηλή ταχύτητα με την οποία τα τεμάχια μπορούν να τοποθετηθούν και να μετρηθούν και 3) η χωρητικότητα για τη μέτρηση μεγάλων-μακριών τεμαχίων (σε μεγάλες μονάδες CMM). Τα μειονεκτήματα του είναι 1) η παροχή μεγάλου μήκους τραπεζιού αλλά σχετικά μικρό εύρος μέτρησης στους άλλους δύο άξονες και 2) η μικρότερη ακαμψία από τις υπόλοιπες κατασκευές των CMM λόγω του βάρους που φέρει ο βραχίονας.

❖ Σταθερή γέφυρα (fixed bridge)

Σε αυτή τη διαμόρφωση, η γέφυρα είναι πακτωμένη στη CMM και το τραπέζι της είναι αυτό που κινείται προς τη κατεύθυνση x. Χρησιμοποιώντας σταθερή γέφυρα, αυξάνεται η ακαμψία του μηχανήματος και η ακρίβεια των μετρήσεων λόγω της απουσίας δυνάμεων αδράνειας παραδείγματος χάρη όπως παρατηρείται στο τύπο κινητής γέφυρας. Ωστόσο, η παραγωγικότητα και η ταχύτητα των μετρήσεων επηρεάζονται δυσμενώς λόγω της αναγκαίας μετακίνησης ολόκληρου του τραπεζιού με το τεμάχιο που είναι τοποθετημένο επάνω σε αυτό. Επιπροσθέτως, εξαιτίας της πακτωμένης γέφυρας και του κινητού τραπεζιού δυσχεραίνεται η χρήση περιγραμμάτων με στόχο την αντίστροφη μηχανική.



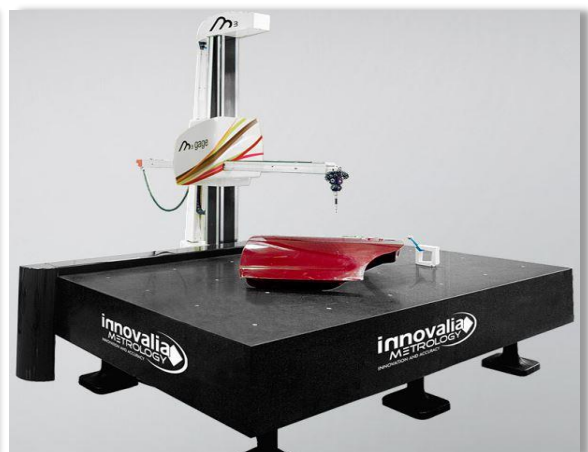
Σχήμα 2.7: Σταθερή γέφυρα

❖ Οριζόντιου βραχίονα (horizontal arm)

Η διαμόρφωση αυτού του τύπου, αποτελείται από έναν οριζόντιο βραχίονα, ο οποίος είναι τοποθετημένος σε μία κάθετη κολώνα. Ο βραχίονας κινείται κάθετα προς τα μέσα και προς τα έξω από τη κολώνα για να επιτύχει κινήσεις του άξονα y και κατακόρυφα για τον άξονα z. Για να επιτευχθεί η κίνηση του άξονα x, είτε η κολώνα μετακινείται οριζοντίως χωρίς την μετακίνηση του τραπεζιού (που ονομάζεται moving ram design) είτε το τραπέζι μετακινείται με σταθερή τη κολώνα (που ονομάζεται moving table design). Ο σχεδιασμός του οριζόντιου βραχίονα καθιστά τη κατασκευή λιγότερο άκαμπτη και ως εκ τούτου πετυχαίνει μικρότερη ακρίβεια σε σχέση με άλλους τύπους CMM. Από τη θετική πλευρά, υπάρχει εύκολη προσβασιμότητα στον χώρο εργασίας. Οι μεγάλες μηχανές οριζόντιων βραχιόνων είναι κατάλληλες για τη μέτρηση του κορμού αυτοκινήτων και μερικές CMM είναι εξοπλισμένες με διπλό βραχίονα έτσι ώστε να μπορούν να λαμβάνονται ανεξάρτητες μετρήσεις και από τις δύο πλευρές του αμαξώματος του αυτοκινήτου ταυτόχρονα.



Σχήμα 2.8: Διπλός οριζόντιος βραχίονας



Σχήμα 2.9: Μονός οριζόντιος βραχίονας

❖ Γερανογέφυρα (gantry)

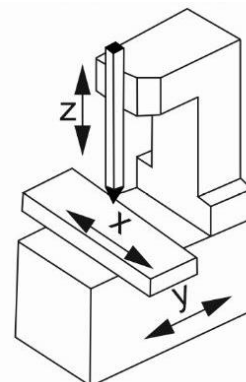
Αυτή η διαμόρφωση γενικά προορίζεται για την επιθεώρηση μεγάλων αντικειμένων. Ο κάθετος βραχίονας που φέρει τον αισθητήρα (άξονας z) κινείται σε σχέση με τον οριζόντιο βραχίονα που εκτείνεται μεταξύ των δύο σιδηροτροχιών του γερανού. Ο χώρος εργασίας σε ένα μεγάλο CMM τύπου γερανογέφυρας μπορεί να είναι τόσο μεγάλος όσο και 25 μέτρα στη κατεύθυνση x κατά 8 μέτρα στη κατεύθυνση y και κατά 6 μέτρα στη κατεύθυνση z. Επιπρόσθετα, συχνή είναι η έλλειψη τραπέζιου ενώ το προς μέτρηση τεμάχιο τοποθετείται στο έδαφος. Επομένως τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αυτής της διάταξης είναι ότι οι ανυψωμένοι οδηγοί που συνδυάζουν υψηλή ακρίβεια και τον μεγαλύτερο χώρο εργασίας (Working Volume).



Σχήμα 2.10: Γερανογέφυρα

❖ Τύπου κολώνας (column)

Αυτή η διαμόρφωση είναι παρόμοια με τη κατασκευή των συμβατικών φρεζών δηλαδή, οι κινήσεις του άξονα x και y επιτυγχάνονται μετακινώντας το τραπέζι εργασίας, ενώ ο βραχίονας που φέρει τον αισθητήρα μετακινείται μόνο κάθετα κατά μήκος μιας άκαμπτης κολώνας για να επιτευχθεί η κίνηση του άξονα z. Η βασική διαφορά με τον οριζόντιο βραχίονα και πιο συγκεκριμένα με αυτό που προαναφέρθηκε ως “moving table design” είναι ότι στο τύπο κολώνας, υπάρχει κίνηση στο τραπέζι ως προς x και y διευθύνσεις όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.11 ενώ στο “moving table design” η κίνηση του τραπεζιού είναι μόνο ως προς x. Τα βασικά πλεονεκτήματα είναι το χαμηλό κόστος κατασκευής και η ευχρηστία.

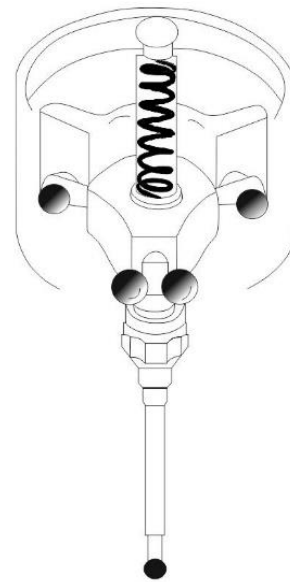


Σχήμα 2.11: Τύπος κολώνας

2.3 Η λειτουργία των CMM

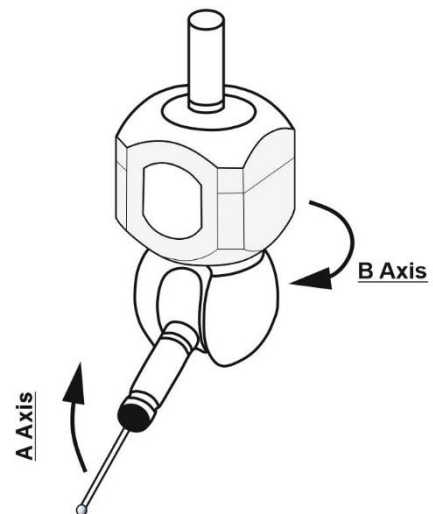
Οι μηχανές μέτρησης συντεταγμένων (CMM) χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη κεφαλής που φέρει ακίδα, η οποία μέσω κατάλληλου μηχανισμού δύναται να κινηθεί κατά τις τρεις άξονες μέσα σε ένα περιορισμένο χώρο. Ο χώρος αυτός είναι ένα νοητό ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο, που ονομάζεται χώρος εργασίας (Working Volume) και καθορίζει τα όρια κίνησης της κεφαλής.

Όπως περιγράφεται διεξοδικά και στο βιβλίο του ([4] Bosch, 1995) στη κεφαλή του βραχίονα προσαρμόζεται ένα ευαίσθητο όργανο που ονομάζεται ακίδα επαφής (Touch Trigger Probe – TTP) και η οποία έρχεται σε επαφή με το κομμάτι στο σημείο ενδιαφέροντος. Η ακίδα αυτή χαρακτηρίζεται από λεπτό στέλεχος, του οποίου η στιγμιαία μετακίνηση από την επαφή με το κομμάτι δίνει σήμα στο ψηφιακό ελεγκτή της μηχανής να καταγράψει τις συντεταγμένες του σημείου στο χώρο. Η ακίδα, όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.12, συνδέεται με ένα ευαίσθητο ελατήριο που την διατηρεί και την επαναφέρει στη θέση ισορροπίας μετά από μία επαφή. Συγχρόνως οι ηλεκτρικές επαφές είναι αυτές που δίνουν το σήμα για καταγραφή της τοπικής συντεταγμένης, όταν στιγμιαία διακοπεί η επαφή τους με το στέλεχος που είναι συνδεδεμένο με την ακίδα. Επιπροσθέτως, αυτό που έχει σημασία για τις ιδιοσκευές είναι ότι η ακίδα ασκεί ελάχιστη δύναμη στο κομμάτι κατά την επαφή τους, της τάξης του 0.05 N, οπότε δεν χρειάζεται να προβλεφθεί πολύ στιβαρή πρόσδεση για την αντιμετώπιση των δυνάμεων επαφής της ακίδας με το προς μέτρηση τεμάχιο. Πάραυτα, η πρόσδεση του τεμαχίου είναι αναγκαία ενώ η έλλειψη της, μεγαλώνει τα σφάλματα και την αβεβαιότητα των μετρήσεων.



Σχήμα 2.12: Σχηματικός μηχανισμός της ακίδας

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα επιλογής ακίδας μέσα από μια ποικιλία μεγεθών, διατάξεων, αλλά και η προσαρμογή σε αυτές ειδικών προεκτάσεων, με τελικό σκοπό τη πρόσβαση σε δυσπρόσιτα σημεία μέτρησης, όπως κοιλότητες και εσωτερικές διαστάσεις. Επιπροσθέτως, συνήθως είναι η πρακτική πρόσδεσης των προαναφερθεισών ακίδων και προεκτάσεών τους, σε μια αρθρωτή κεφαλή, η οποία επιτρέπει τη σχετική στροφή του άξονα της ακίδας στο χώρο όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.13. Ωστόσο, οι γεωμετρικές αυτές αλλαγές του άκρου του βραχίονα της μηχανής, έχουν ως αποτέλεσμα τη διαφοροποίηση του ενεργού χώρου εργασίας. Για παράδειγμα εάν τοποθετηθεί μια προέκταση στη τελική ακίδα, τότε η δυνατότητα μέτρησης, κατά το κατακόρυφο στη τράπεζα της μηχανής άξονα Z, θα περιοριστεί κατά το μήκος της προέκτασης, ενώ αντίθετα, αν η ακίδα τοποθετηθεί στις 90° ως προς τον άξονα A που παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.13, τότε ο ενεργός χώρος μέτρησης, κατά το κατακόρυφο στη τράπεζα της μηχανής άξονα Z, θα αυξηθεί. Η επισήμανση αυτή γίνεται, διότι αποτελεί ένα χρήσιμο στοιχείο σχεδιασμού για την ιδιοσκευή και το κομμάτι προς μέτρηση, το οποίο πρέπει να βρίσκεται εντός του χώρου εργασίας (τουλάχιστο τα σημεία μέτρησης επάνω σε αυτό).



Σχήμα 2.13: Αρθρωτή κεφαλή ακίδας ως προς 2 άξονες (A και B)

Το σημείο που υπερτερούν οι μετρητικές μηχανές επαφής έναντι των αντίστοιχων μη-επαφής είναι η υψηλή ακρίβεια που επιτυγχάνεται κατά τον έλεγχο διαστασιολογικών και γεωμετρικών ανοχών. Η τάξη μεγέθους της μετρούμενης ακρίβειας φτάνει στα επίπεδα του 0,5μm και διαφοροποιείται ανάλογα με το μέγεθος και το κόστος της μηχανής. Για την

επίτευξη της βέλτιστης ακρίβειας απαιτείται η τήρηση ορισμένων περιβαλλοντικών συνθηκών στο χώρο εγκατάστασης της μηχανής, όπως η θερμοκρασία να κυμαίνεται από 20 έως 22°C, χαμηλή υγρασία και χαμηλή περιεκτικότητα του αέρα σε σκόνη. Για τη τήρηση των παραπάνω συνθηκών τέτοιες μηχανές τοποθετούνται σε εργαστηριακούς συνήθως χώρους (clean rooms) με όλα τα παραπάνω ελεγχόμενα.

Η λειτουργία των μηχανών CMM είναι συνυφασμένη με τη τεχνολογία των ηλεκτρονικών υπολογιστών και μέσω ειδικού λογισμικού επιτυγχάνεται η συλλογή και επεξεργασία των μετρήσεων. Παράλληλα παρέχεται η δυνατότητα πληθώρας αυτοματισμών μέσω άμεσου ελέγχου από τον υπολογιστή (Direct Computer Control – DCC), για τη διενέργεια επαναληπτικών διαδικασιών μετρήσεων. Η σύνδεση με υπολογιστή συνεπάγεται αυτομάτως και την δυνατότητα συνεργασίας με συστήματα CAD στις πλήρεις εκδόσεις προγραμμάτων, γεγονός που ισχυροποιεί τον ολοκληρωμένο χαρακτήρα των μηχανών αυτών και απλουστεύει την δημιουργία των προγραμμάτων μέτρησης.

2.4 Εφαρμογές με τη χρήση των CMM

Ειδικά για τις κατεργασίες κοπής είναι αρκετά συνηθισμένο να ελέγχεται λεπτομερέστατα το πρώτο προϊόν μιας παρτίδας, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ότι δεν θα υπάρξουν σφάλματα που θα επαναληφθούν και στα επόμενα τεμάχια. Για μεγάλους όγκους παραγωγής, όπου η επιθεώρηση κάθε προϊόντος είναι εξαιρετικά χρονοβόρα και ακριβή, οι CMM χρησιμοποιούνται για το δειγματοληπτικό έλεγχο κομματιών με την χρήση επαναληπτικών προγραμμάτων και τη παρακολούθηση της διαδικασίας αυτής μέσω διαγραμμάτων ελέγχου (Control charts). Μια άλλη εφαρμογή των CMM αφορά στην εξέταση/επιθεώρηση (audit/inspection) εξαρτημάτων που παράγονται από υπερβολικά από άλλο κατασκευαστή/προμηθευτή, έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ότι είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφές για συναρμολόγηση και χρήση στη παραγωγή. Αντίστοιχα μηχανές CMM χρησιμοποιούνται για τη βαθμονόμηση και τη διακρίβωση άλλων συσκευών και εργαλείων μέτρησης.

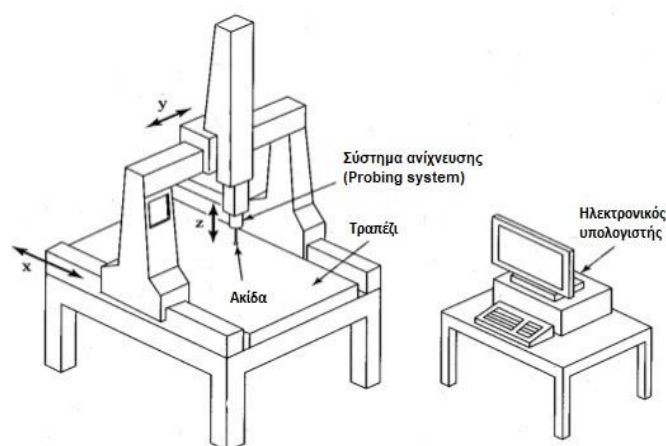
Το βασικό πλεονέκτημα μιας CMM είναι η καλή ακρίβεια και επαναληψιμότητα των μετρήσεων. Η ονομαστική ακρίβεια των μετρήσεων είναι ανάλογη του μεγέθους μιας μηχανής και έτσι όσο μεγαλύτερος ο χώρος μέτρησης της CMM τόσο μεγαλύτερο και το αναμενόμενο σφάλμα μέτρησης. Παρόλ' αυτά ο λόγος σφάλματος προς μετρούμενη διάσταση στη CMM είναι αρκετά μικρός. Το κόστος μιας ψηφιακά προγραμματιζόμενης CMM μπορεί να θεωρηθεί δικαιολογημένο όταν:

- ❖ Μια μετρητική διαδικασία επαναλαμβάνεται συχνά και έχει κατά συνέπεια υψηλό εργατικό κόστος.
- ❖ Υπάρχει ποικιλία κομματιών που πρέπει να μετρηθούν.
- ❖ Απαιτείται επεξεργασία των δεδομένων της μέτρησης.
- ❖ Όταν επιβάλλεται πιστοποίηση των μετρήσεων.
- ❖ Η γεωμετρία του αντικειμένου είναι σχετικά πολύπλοκη (όπως καμπύλες ελεύθερης γεωμετρίας και πτερύγια).

Σε αυτές τις περιπτώσεις τα πλεονεκτήματα που προσφέρει μια CMM είναι ο μειωμένος χρόνος κύκλου ανά μέτρηση, λιγότερα λάθη και μεγαλύτερη ακρίβεια και ορθότητα των μετρήσεων και παρέχει την μεγαλύτερη ευελιξία αφού προγραμματισμός και λειτουργία μπορούν να εκτελούνται παράλληλα.

Μια μηχανή CMM μπορεί τέλος να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου του μετρούμενου κομματιού, εφαρμογές δηλαδή αντίστροφης μηχανικής. Η απεικόνιση του μοντέλου ακολουθεί το πρότυπο της επιφανειακής μοντελοποίησης, ορίζονται δηλαδή μέσω μετρήσεων όλες οι επιφάνειες που περικλείουν το αντικείμενο. Η ακριβής απεικόνιση της γεωμετρίας του κομματιού απαιτεί πολλά σημεία/δεδομένα, ειδικά εάν οι επιφάνειές του δεν είναι επίπεδες ή σφαιρικές/καμπύλες αλλά πιο ελεύθερης γεωμετρίας. Η πιο απλή προσέγγιση στη ψηφιακή αντιγραφή της γεωμετρίας είναι μέσω χειρωνακτικής λήψης των σημείων/γραμμών που καθορίζουν τις επιφάνειες του κομματιού. Προφανώς η χειρωνακτική λήψη σημείων μπορεί να είναι εξαιρετικά χρονοβόρα και αυτό είναι ουσιαστικά το βασικό μειονέκτημα των απτικών μεθόδων ψηφιακής αναπαραγωγής κομματιών. Αντίθετα οι οπτικές μέθοδοι είναι πολύ ταχύτερες αλλά μπορούν να έχουν προβλήματα ακρίβειας.

2.5 Απαρτιζόμενα μέρη των CMM



Σχήμα 2.14: Απαρτιζόμενα μέρη των CMM

2.5.1 Τράπεζα (Τύποι γρανίτη)

Η κατασκευή υπερσύγχρονων μηχανολογικών εξαρτημάτων από αρχαία φυσική πέτρα (γρανίτη) -αυτό που με τη πρώτη ματιά φαίνεται να είναι μια αντίφαση είναι όμως, με μια δεύτερη ματιά- ένας ιδανικός συνδυασμός. Ο γρανίτης είναι τελικά ένα βέλτιστο υλικό για τη κατασκευή μηχανών ακριβείας λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών του όπως ακριβώς τονίζεται και στο εγχειρίδιο ([1] Mitutoyo handbook, 2016). Επομένως, συνηθίζεται και στα CMM το υλικό του τραπεζιού να είναι συνήθως γρανίτης, ο οποίος είναι θερμικά ανεπηρέαστος και η μεγάλη μάζα του απορροφά τους όποιους κραδασμούς προέρχονται από το δάπεδο και επηρεάζουν την ακρίβεια των μετρήσεων.

Ανάλογα με τις απαιτήσεις, διατίθενται διάφοροι τύποι γρανίτη κατηγοριοποιημένοι από το χρώμα της επιφάνειάς τους: μαύροι, γκρι, ανοιχτό γκρι και ροζ γρανίτες. Ο μαύρος γρανίτης αναγνωρίζεται γενικά ως ο καλύτερος λόγω του καλού συνδυασμού χαρακτηριστικών του: χαμηλό δείκτη πορώδους και απορρόφηση υγρασίας, μεγάλη αντοχή και ακαμψία, χαμηλό συντελεστή θερμικής διαστολής, ομοιομορφία υφής, μη λειαντικότητα, εύκολη επίστρωση και μη λαμπερή επιφάνεια. Η άνω επιφάνεια της πλάκας γρανίτη είναι η επιφάνεια αναφοράς και ορίζεται ο βαθμός της ανάλογα με τη ποιότητα και το μέγεθος της. Ο καλύτερος είναι ο βαθμός 0, έχει τη καλύτερη επιπεδότητα και αποκαλείται εργαστηριακός

βαθμός (Laboratory grade). Ο βαθμός 1 ονομάζεται βαθμός επιθεώρησης ποιότητας (Inspection grade) και ο 2 και 3 Workshop grade.



Σχήμα 2.15: Μαύροι γρανίτες για μετρολογικές εφαρμογές

2.5.2 Σύστημα ανίχνευσης (Probing system)

Το σύστημα ανίχνευσης (Probing system) είναι αυτό που ανιχνεύει την επιφάνεια ενός κομματιού προς μέτρηση. Επομένως, η λειτουργία του ανιχνευτή είναι πολύ σημαντική. Τα τελευταία 40 χρόνια έχει υπάρξει ραγδαία ανάπτυξη της τεχνολογίας των συστημάτων ανίχνευσης στα CMM, με αποτέλεσμα σήμερα να υπάρχουν πολλοί τύποι ανιχνευτών: επαφής, μη-επαφής, κλασικοί ανιχνευτές αφής που μετακινούνται από σημείο σε σημείο αλλά και ανιχνευτές που παράγουν μια ακολουθία από σημεία μέσω χρήσης λέιζερ που βασίζονται σε συστήματα που δημιουργούν ένα σύννεφο από δεκάδες χιλιάδες σημεία μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα αποκρυπτογραφώντας ολόκληρη την επιφάνεια του τεμαχίου. Και οι δύο κατηγορίες έχουν πλεονεκτήματα και αδυναμίες. Η λειτουργία, η ακρίβεια, η ταχύτητα και το κόστος τους είναι μόνο μερικοί από τους παράγοντες που μπορεί να χρειαστεί να ληφθούν υπόψη κατά την επιλογή ενός συστήματος ανίχνευσης.



Σχήμα 2.16: Διάφορα συστήματα ανίχνευσης

2.5.3 Τύποι ακίδων και χρήσεις τους

Η ακίδα είναι το τμήμα του μετρητικού συστήματος που πραγματοποιεί την επαφή με το προς μέτρηση αντικείμενο. Όταν έρθει σε επαφή με το αντικείμενο παράγεται σήμα και το παραγόμενο σήμα προκαλεί την αποθήκευση των στιγμιαίων συντεταγμένων. Το χαρακτηριστικό που πρέπει να εξετάζεται πριν από την αγορά μιας ακίδας, υπαγορεύει το τύπο και το μέγεθος της ακίδας που επρόκειτο να χρησιμοποιηθεί. Ωστόσο, σε όλες τις περιπτώσεις, η μέγιστη ακαμψία της ακίδας και η τέλεια σφαιρικότητα του άκρου της είναι τα ζητούμενα για μια ακριβής μέτρηση. Τέλος, η επιτυχής μέτρηση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ικανότητα της ακίδας του αισθητήρα, να έχει πρόσβαση σε ένα χαρακτηριστικό του τεμαχίου και στη συνέχεια να διατηρεί την ακρίβεια στο σημείο επαφής.



Σχήμα 2.17: Ποικιλία ακίδων

❖ Ευθύ Styli

Ο ευθύς τύπος ακίδας χρησιμοποιείται για απλά χαρακτηριστικά με τα οποία μπορεί να υπάρξει άμεση επαφή ακίδας-τεμαχίου. Επιπροσθέτως, είναι η πιο εύχρηστη και σύνηθες ακίδα που κυκλοφορεί στο εμπόριο.



Σχήμα 2.18: Straight styli

❖ Σταυρός Styli

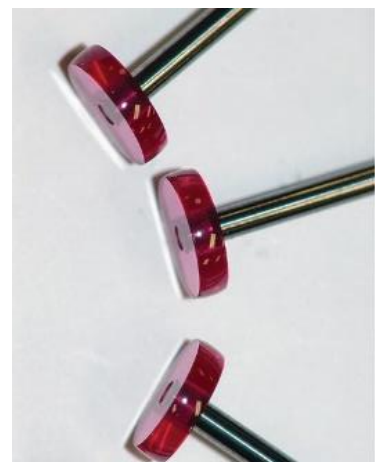
Ο τύπος σταυρός χρησιμοποιείται για επιφάνειες και οπές με τις οποίες μπορεί να γίνει άμεση επαφή. Η διάταξη του σταυρού παρέχει ευελιξία, επιτρέποντας στην ακίδα να έρχεται σε επαφή με διαφορετικά χαρακτηριστικά χωρίς να απαιτείται αλλαγή ακίδας. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ταχύτητας των μετρήσεων.



Σχήμα 2.19: Star styli

❖ Styli δίσκου

Το styli δίσκου χρησιμοποιείται κυρίως για την ανίχνευση των εσωτερικών αυλακώσεων. Τα stylish δίσκου συνήθως κατασκευάζονται ως σφαίρα με την επιθυμητή ακτίνα ακμής. Η σφαίρα επεξεργάζεται αντιδιαμετρικά έως ότου οι αντίθετες πλευρές φτάσουν στο κατάλληλο πάχος. Ένα προτέρημα του styli δίσκου είναι ότι χρησιμοποιώντας τον δίσκο πάνω-κάτω υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης στη κατεύθυνση Z, π.χ. για να μετρηθεί το πλάτος μιας αυλάκωσης. Η πιο σύνηθες εφαρμογή τους είναι στους κατασκευαστές υδραυλικών εξαρτημάτων που ελέγχουν τις εσωτερικές αυλακώσεις δακτυλίων.



Σχήμα 2.20: Disc styli

❖ Styli κυλίνδρου

Οι κυλινδρικές ακίδες χρησιμοποιούνται συχνά για την μέτρηση λεπτότοιχων τεμαχίων, όπως οι λαμαρινοκατασκευές. Επιπρόσθετα, συχνή είναι η χρήση τους στην μέτρηση χαρακτηριστικών τόσο εσωτερικών όσο και εξωτερικών σπειρωμάτων. Η χρήση σφαιρικών ακίδων για την μέτρηση σπειρωμάτων, παρουσιάζει σφάλματα μέτρησης λόγω ύπαρξης του βήματος. Από την άλλη όμως, ο τύπος αυτός δεν είναι κατάλληλος για εργασίες που απαιτείται υψηλή ακρίβεια μετρήσεων επειδή η μορφή ενός κυλίνδρου δεν είναι τόσο ακριβής όσο μιας σφαίρας. Επομένως, όταν απαιτείται υψηλή ακρίβεια προτείνεται η χρήση σφαιρικής ακίδας.



Σχήμα 2.21: Cylinder styli

❖ Ημισφαιρικό στυλ

Είναι καλή πρακτική η χρήση της μεγαλύτερης δυνατής σφαίρας σε ακίδα. Οι μεγάλες σφαίρες διακριβώνονται εύκολα και είναι λιγότερο επιρρεπείς στη κάμψη, επειδή συνήθως έχουν ένα άκαμπτο στέλεχος μεγάλης διαμέτρου. Ωστόσο, καθώς αυξάνεται η διάμετρος της σφαίρας, ανάλογα αυξάνεται και το βάρος της. Ένας τρόπος για να μειωθεί το βάρος της είναι με ημισφαιρική ακίδα. Μια ημισφαιρική ακίδα διατηρεί τις ωφέλιμες ιδιότητες μιας σφαίρας μεγάλης διαμέτρου, μειώνοντας δραματικά το βάρος της.



Σχήμα 2.22: Semi-spherical disc styli






❖ Επεκτάσεις

Οι επεκτάσεις χρησιμοποιούνται συνήθως στην μέτρηση πολύ βαθιών χαρακτηριστικών και οπών. Διατίθενται σε διάφορα μήκη και υλικά - χάλυβα, τιτάνιο, αλουμίνιο, κεραμικά και ίνες άνθρακα. Να τονιστεί ότι στην χρήση μεγάλων προεκτάσεων πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα θερμικά χαρακτηριστικά του υλικού.



Σχήμα 2.23: Extensions

2.6 Κορυφαίες εταιρείες μετρητικού ελέγχου







Ονομασία εταιρείας	Χώρα ίδρυσης	Έτος ίδρυσης	Λογότυπο
Hexagon	Σουηδία	1992	
Mitutoyo	Ιαπωνία	1934	
Zeiss	Γερμανία	1846	
Nikon	Ιαπωνία	1917	
Wenzel	Γερμανία	1968	

Πίνακας 2.1: Γενικές πληροφορίες για κορυφαίες εταιρείας μετρολογικού εξοπλισμού

2.7 Γενικές πληροφορίες για GD&T

Το GD&T σημαίνει γεωμετρικές διαστασιολογήσεις και ανοχές. Είναι ένα σύστημα συμβόλων, κανόνων και ορισμών που χρησιμοποιούνται για τον ορισμό του μεγέθους, του σχήματος, της μορφής, του προσανατολισμού και της θέσης των χαρακτηριστικών σε ένα τεμάχιο. Είναι δηλαδή συμβολική γλώσσα που χρησιμοποιείται σε μηχανολογικά σχέδια για το καθορισμό της επιτρεπόμενης απόκλισης της γεωμετρίας των χαρακτηριστικών. Το παρακάτω παράδειγμα καθώς και οι ανοχές μορφής και ανοχές θέσης αναλύονται λεπτομερώς τόσο στο βιβλίο του καθηγητή ([5] Αντωνιάδης, Αριστομένης Θ. Μηχανολογικό Σχέδιο, 2013) όσο και στο ([6] ASME Y14.5-2009, 2009).

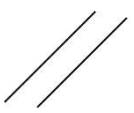
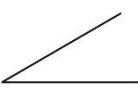
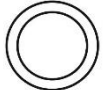


Οι ανοχές μορφής καθορίζουν την ακρίβεια κατασκευής μιας συγκεκριμένης γεωμετρικής μορφής, ορίζοντας οριακή τιμή ελέγχου σύμφωνα με την οποία το εξάρτημα το οποίο περιλαμβάνει αυτή τη γεωμετρική μορφή γίνεται αποδεκτό ή όχι. Ουσιαστικά οι ανοχές μορφής ορίζουν τις επιτρεπόμενες αποκλίσεις μιας διαμόρφωσης από τη τέλεια γεωμετρική τους μορφή. Στο πίνακα 2.2 παρουσιάζονται τα είδη ανοχών μορφής με το χαρακτηριστικό τους σύμβολο και τη γενική περιγραφή τους.

Ανοχή μορφής	Σύμβολο	Περιγραφή
Ευθυγραμμότητα (Straightness)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας μια γραμμή, ακμή ή γενέτειρα μιας επιφάνειας γίνεται αποδεκτή ως ευθεία γραμμή.
Επιπεδότητα (Flatness)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας μια επιφάνεια γίνεται αποδεκτή ως επίπεδη επιφάνεια.
Κυκλικότητα (Circularity)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας μια κυκλική γραμμή ή ακμή που μπορεί να είναι περιφέρεια ή τόξο γίνεται αποδεκτή ως κύκλος ή τόξο κύκλου.
Κυλινδρικότητα (Cylindricity)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας μια επιφάνεια γίνεται αποδεκτή ως κυλινδρική.
Μορφή γραμμής (Profile of a line)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας μια γραμμή γίνεται αποδεκτή σύμφωνα με καθορισθείσα γεωμετρικά ιδανική γραμμή.
Μορφή επιφάνειας (Profile of a surface)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας μια επιφάνεια γίνεται αποδεκτή σύμφωνα με καθορισθείσα γεωμετρικά ιδανική επιφάνεια.

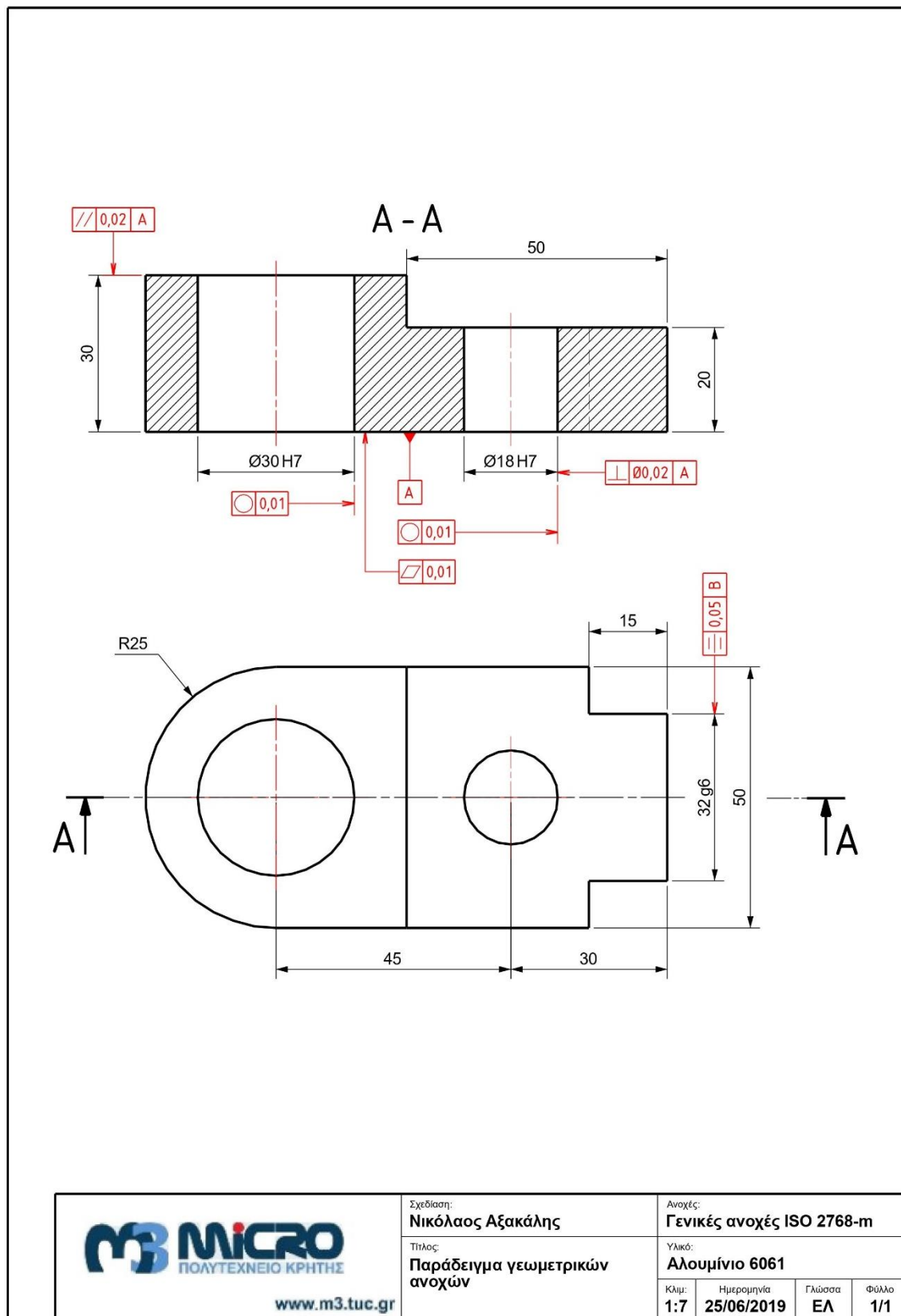
Πίνακας 2.2: Είδη ανοχών μορφής

2.7.1 Ανοχές θέσης


Οι ανοχές θέσης καθορίζουν την ακρίβεια κατασκευής σύμφωνα με την οποία δεν πρέπει να αποκλίνει μια γεωμετρική θέση από μια τιμή ελέγχου. Αφορά πάντα δύο γεωμετρικά στοιχεία που μπορεί να είναι γραμμές, άξονες συμμετρίας ή επιφάνειες, για τα οποία η προκαθορισμένη σχετική τους θέση δεν πρέπει να αποκλίνει πολύ από τη προβλεπόμενη ιδανική γεωμετρική θέση. Έτσι, στη περίπτωση των ανοχών αυτών, το ένα από τα δύο γεωμετρικά στοιχεία είναι το στοιχείο αναφοράς σύμφωνα με το οποίο προσδιορίζεται η προαναφερόμενη ιδανική γεωμετρική θέση. Στο πίνακα 2.3 παρουσιάζονται τα είδη ανοχών θέσης με το χαρακτηριστικό σύμβολο ανά περίπτωση και τη γενική περιγραφή τους.


Ανοχή θέσης	Σύμβολο	Περιγραφή
Παραλληλότητα (Parallelism)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας μια γραμμή, ένας άξονας, γενέτειρα μιας επιφάνειας ή επιφάνεια, γίνονται αποδεκτά ως παράλληλα με γραμμή ή επιφάνεια αναφοράς.
Καθετότητα (Perpendicularity)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας μια γραμμή, ένας άξονας, γενέτειρα μιας επιφάνειας ή επιφάνεια, γίνονται αποδεκτά ως κάθετα με γραμμή ή επιφάνεια αναφοράς.
Κλίση (Angularity)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας μια γραμμή, ένας άξονας, γενέτειρα μιας επιφάνειας ή επιφάνεια, γίνονται αποδεκτά έχοντας συγκεκριμένη κλίση ως προς γραμμή ή επιφάνεια αναφοράς.
Τοποθέτηση (Location)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας μια γραμμή, ένας άξονας, ή επίπεδη επιφάνεια, γίνονται αποδεκτά έχοντας συγκεκριμένη τοποθέτηση ως προς γραμμή ή επιφάνεια αναφοράς.
Ομοκεντρικότητα & Ομοαξονικότητα (Concentricity – Coaxiality)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας ένας άξονας είναι αποδεκτός ως ομοαξονικός με άξονα αναφοράς.
Συμμετρία (Symmetry)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας ένας άξονας ή ένα επίπεδο συμμετρίας γίνονται αποδεκτά ως συμμετρικά με άλλο επίπεδο αναφοράς.
Κυκλική κίνηση (Circular Runout)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας γίνεται αποδεκτή μια περιστρεφόμενη κυλινδρική επιφάνεια ως προς άξονα αναφοράς.
Γενική κίνηση (Total Runout)		Ορίζει την ανοχή βάσει της οποίας γίνεται αποδεκτή επίπεδη επιφάνεια πλευρική σε περιστρεφόμενη επιφάνεια ως προς τον άξονα περιστροφής.


Πίνακας 2.3: Είδη ανοχών θέσης

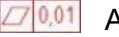



Σχήμα 2.24: Παράδειγμα γεωμετρικών ανοχών και συστημάτων αναφοράς

 Ανοχή παραλληλότητας 0,02mm της επίπεδης επιφάνειας ως προς την επιφάνεια A. Ουσιαστικά σημαίνει ότι όλα τα σημεία της επιφάνειας που χαρακτηρίζεται, πρέπει να βρίσκονται μεταξύ δύο επιπέδων που απέχουν απόσταση 0.02mm και είναι παράλληλα με το επίπεδο αναφοράς A.

 Ανοχή καθετότητας 0.02mm του άξονα της οπής Φ8 ως προς την επιφάνεια A. Ουσιαστικά σημαίνει ότι ο άξονας της οπής για την οποία γίνεται η καταχώρηση της ανοχής, πρέπει να βρίσκεται μέσα σε έναν κύλινδρο διαμέτρου 0.02mm με άξονα κάθετο στην επιφάνεια αναφοράς A.

 Ανοχή κυκλικότητας 0.01mm. Σημαίνει ότι σε οποιοδήποτε εγκάρσιο επίπεδο τομής της οπής, η τομή που προκύπτει πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα σε δύο ομόκεντρους κύκλους που απέχουν 0.01mm μεταξύ τους.

 Ανοχή επιπεδότητας της βάσης του εξαρτήματος 0.01mm. Σημαίνει πως η βάση του εξαρτήματος πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα σε δύο παράλληλα επίπεδα που απέχουν μεταξύ τους 0.01 mm

 Ανοχή συμμετρίας 0.05mm μεταξύ δύο αξόνων. Σημαίνει πως το κεντρικό επίπεδο της διαμόρφωσης διάσταση 32g6 πρέπει να βρίσκεται ανάμεσα σε δύο παράλληλα επίπεδα που απέχουν μεταξύ τους 0.05mm και είναι συμμετρικά ως προς το κεντρικό επίπεδο του B datum.

3. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ CMM M574

Η σειρά Crysta-Plus M επιτυγχάνει τις υψηλότερες ακρίβειες μετρήσεων στο κόσμο, σε σύγκριση με τις υπόλοιπες χειροκίνητες μηχανές μέτρησης συντεταγμένων. Η τράπεζα είναι κατασκευασμένη από εξαιρετικά αξιόπιστο Graplate (πλάκα γρανίτη ακριβείας - Precision Granite Surface Plate της Mitutoyo), η οποία κατασκευή, παρέχει υψηλή ακαμψία με εξαιρετικά μικρό δείκτη θερμικής διαστολής. Οι οδηγοί των αξόνων X, Y και Z είναι εξοπλισμένοι με ρουλεμάν αέρα (air-bearings) υψηλής ακρίβειας για να παρέχουν εξαιρετική γραμμικότητα και ομαλή ολίσθηση υπό την απουσία τριβών ώστε ο χειριστής να μπορεί μετακινήσει την ακίδα γύρω από το τεμάχιο με ευκολία. Το σύστημα μέτρησης μήκους κάθε άξονα χρησιμοποιεί γυάλινες ρίγες υψηλής ακρίβειας και επιπλέον γραμμικά encoders για τη μακροπρόθεσμη διατήρηση της ακρίβειας της μηχανής.



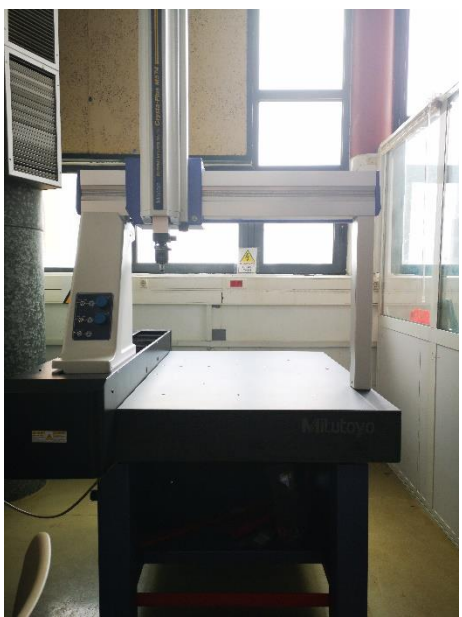
Σχήμα 3.1: CMM M574

3.1 Περιγραφή τοποθέτησης και διακρίβωσης της CMM M574 του εργαστηρίου m3

Στις 22 Φεβρουάριου 2019 το εργαστήριο M3 του Πολυτεχνείου Κρήτης είχε την χαρά παραλαβής της CMM M574, σειρά Crysta-Plus της εταιρείας Mitutoyo. Τις επόμενες μέρες επισκέφθηκαν τον χώρο του εργαστηρίου τεχνικοί από την Mitutoyo για τη τοποθέτηση όπως φαίνεται στα [σχήματα 3.2 και 3.3](#), διακρίβωση όπως φαίνεται στο [Σχήμα 3.4](#) και εγκατάσταση του λογισμικού της μηχανής. Η διακρίβωση ξεκίνησε με την ευθυγράμμιση (Leveling) της μηχανής με κατάλληλα αλφάδια ακρίβειας 0.02 mm/m ως προς τους άξονες X και Y ξεχωριστά και σε συνδυασμό αυτών. Εν συνέχεια, πραγματοποιήθηκε διακρίβωση με τα Check Master της Mitutoyo ως προς όλους τους άξονες ξεχωριστά (X,Y,Z), έπειτα διακριβώθηκε η CMM με συνδυασμό δύο αξόνων μαζί (XY,YZ,XZ) και ολοκληρώθηκε με ογκομετρική διακρίβωση (Volumetric calibration) σε συνδυασμό και των τριών αξόνων ταυτόχρονα (XYZ).



Σχήμα 3.2: Ξεπακετάρισμα της CMM M574 στο χώρο του εργαστηρίου m3



Σχήμα 3.3: Τοποθέτηση της CMM M574 στο χώρο του εργαστηρίου m3



Σχήμα 3.4: Ευθυγράμμιση και διακρίβωση της CMM μετά τη τελική τοποθέτηση

3.2 Απαρτιζόμενα μέρη

3.2.1 Διακόπτες ελεύθερης και σημειακής μετατόπισης

Ο κάθε άξονας είναι εφοδιασμένος με διακόπτη αέρος, ο οποίος όταν είναι ανοιχτός επιτρέπει την ελεύθερα κίνηση του αντίστοιχου άξονα. Πιο συγκεκριμένα, αυτοί οι διακόπτες πραγματοποιούν την απεμπλοκή των εδράνων κύλισης με στόχο τη ταχεία κίνηση ολόκληρης της γέφυρας ή του εκάστοτε άξονα. Επιπρόσθετα, κάθε άξονας μπορεί να ρυθμιστεί μικρομετρικά σε όλο το εύρος μέτρησής του εφόσον είναι κλειστές οι διακόπτες αέρος, με στόχο τη προσεκτική προσέγγιση του τεμαχίου.



Σχήμα 3.5: Διακόπτες ελεύθερης και σημειακής μετατόπισης

3.2.2 Σύστημα ανίχνευσης και ακίδα που φέρει η CMM

Το σύστημα ανίχνευσης που φέρει η CMM του εργαστηρίου, είναι το MH20i της Renishaw. Για περισσότερα από 40 χρόνια, η Renishaw παρουσιάζει καινοτομίες που αποτέλεσαν ορόσημα στη βιομηχανική μετρολογία. Η MH20i πρόκειται για μία χειροκίνητη κεφαλή ανίχνευσης με δυνατότητα περιστροφής σε 2 άξονες. Ο Α άξονας έχει εύρος περιστροφής $\pm 180^\circ$ με βήμα 15° στο επίπεδο X-Y, ενώ ο Β άξονας έχει εύρος περιστροφής 0° έως 90° στο Z επίπεδο με βήμα 15° . Επομένως, η συγκεκριμένη κεφαλή έχει δυνατότητα 168 διαφορετικών τοποθετήσεων.



Σχήμα 3.6 : Σύστημα ανίχνευσης και ακίδα της CMM του εργαστηρίου M3

Μήκος	Διάμετρος	Βάρος
61mm	48mm	210gr

Πίνακας 3.1: Χαρακτηριστικά συστήματος ανίχνευσης της CMM του εργαστηρίου

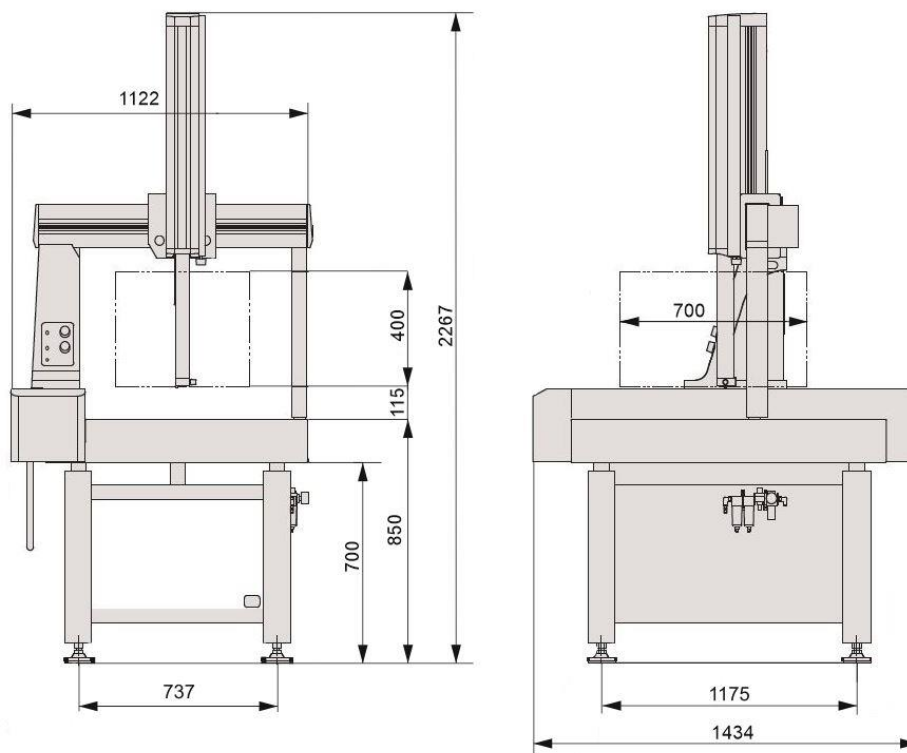
3.2.3 Έδρανα κύλισης αέρος (Air bearing)



Σχήμα 3.7: Έδρανο κύλισης αέρος και σχηματική αναπαράστασή του

Τα έδρανα κύλισης αέρα (επίσης γνωστά ως αεροστατικά ή αεροδυναμικά έδρανα) είναι έδρανα που χρησιμοποιούν λεπτό στρώμα-φιλμ πεπιεσμένου αερίου για την έμμεση επαφή μεταξύ επιφανειών. Οι δύο επιφάνειες δεν έρχονται σε επαφή, αποφεύγοντας έτσι τα παραδοσιακά προβλήματα που σχετίζονται με τη τριβή, τη φθορά και απουσία των λιπαντικών ουσιών καθώς προσφέρουν σαφή πλεονεκτήματα, στη κίνηση (ομαλή, επίπεδη και ευθεία κίνηση), στην ακρίβεια τοποθέτησης, όπως και στην έλλειψη αντίδρασης και στατικής τριβής. Η μηδενική τριβή ως το βασικότερο πλεονέκτημα στην συγκεκριμένη περίπτωση επιτρέπει την ανάλυση της θέσης σε νανομετρικό επίπεδο.

3.3 Διαστάσεις της κύριας μονάδας



Σχήμα 3.8: Διαστάσεις της κύριας μονάδας και της βάσης της CMM M574

3.4 Χαρακτηριστικά της M574

Μοντέλο CMM Crysta-Plus M574		
Μετρούμενο εύρος	Άξονας X	500mm
	Άξονας Y	700mm
	Άξονας Z	400mm
Ακρίβεια (20°C)*	Μετρούμενο σφάλμα (E)	$E = (3.5 + \left(\frac{L}{250}\right)) \mu\text{m}$
	Σφάλμα συστήματος ανίχνευσης (MH20i με ύψος στυλίσκου 10mm)	4.0μm
Σύστημα θερμοκρασιακού αντισταθμιστή		Προεραϊτικό
Πρότυπο μήκους		Γραμμικά encoders
Μέθοδος οδήγησης		Αεροστατικά έδρανα κύλισης σε κάθε άξονα
Τράπεζα	Μετρούμενο εύρος	764mm*1175mm
	Υλικό	Μαύρος γρανίτης
Τεμάχιο προς μέτρηση	Μέγιστο ύψος	595mm
	Μέγιστη μάζα	180Kg
Διαστάσεις μηχανής	Πλάτος	1122mm
	Μήκος	1434mm
	Ύψος	2267mm
Μάζα κύριας μονάδας (περιλαμβανομένης της βάσης)		646kg

Παροχή αέρα	Πίεση	0.35MPa (Πηγή αέρος: 0.5-0.9MPa)
	Μέση κατανάλωση	50L/min (Πηγή αέρος: 100L/min)

Πίνακας 3.2: Χαρακτηριστικά της CMM M574

Εγγυημένη ακρίβεια με θερμοκρασιακά όρια

Εύρος	19 έως 21°C (66.2 έως 69.8°F)
-------	-------------------------------

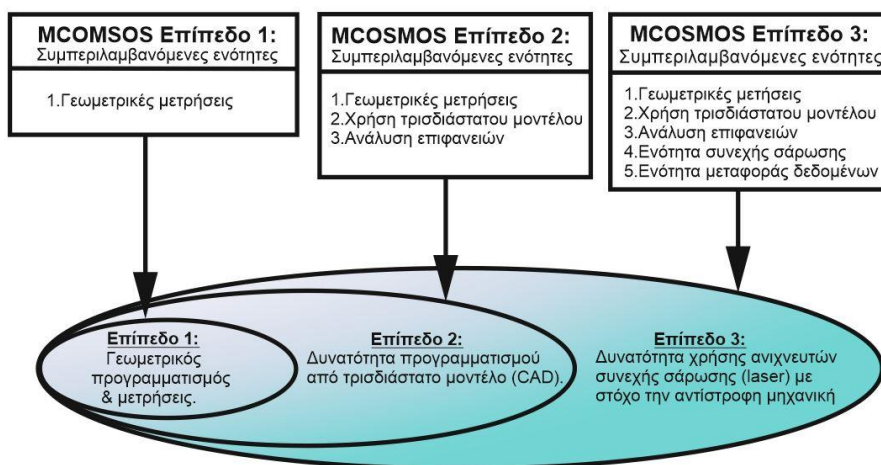
Πίνακας 3.3: Χωρίς το σύστημα θερμοκρασιακού αντισταθμιστή

Εύρος	15 έως 30°C (59.0 έως 86.0°F)
Μέγιστη επιτρεπτή θερμοκρασιακή διαφορά	1 ° C (1.8 ° F) ή λιγότερο ανά μέτρο (τόσο στην οριζόντια όσο και στη κατακόρυφη κατεύθυνση)

Πίνακας 3.4: Με το σύστημα θερμοκρασιακού αντισταθμιστή

3.5 Εγχειρίδιο Λογισμικού MCOSMOS-1 v4.2.R3

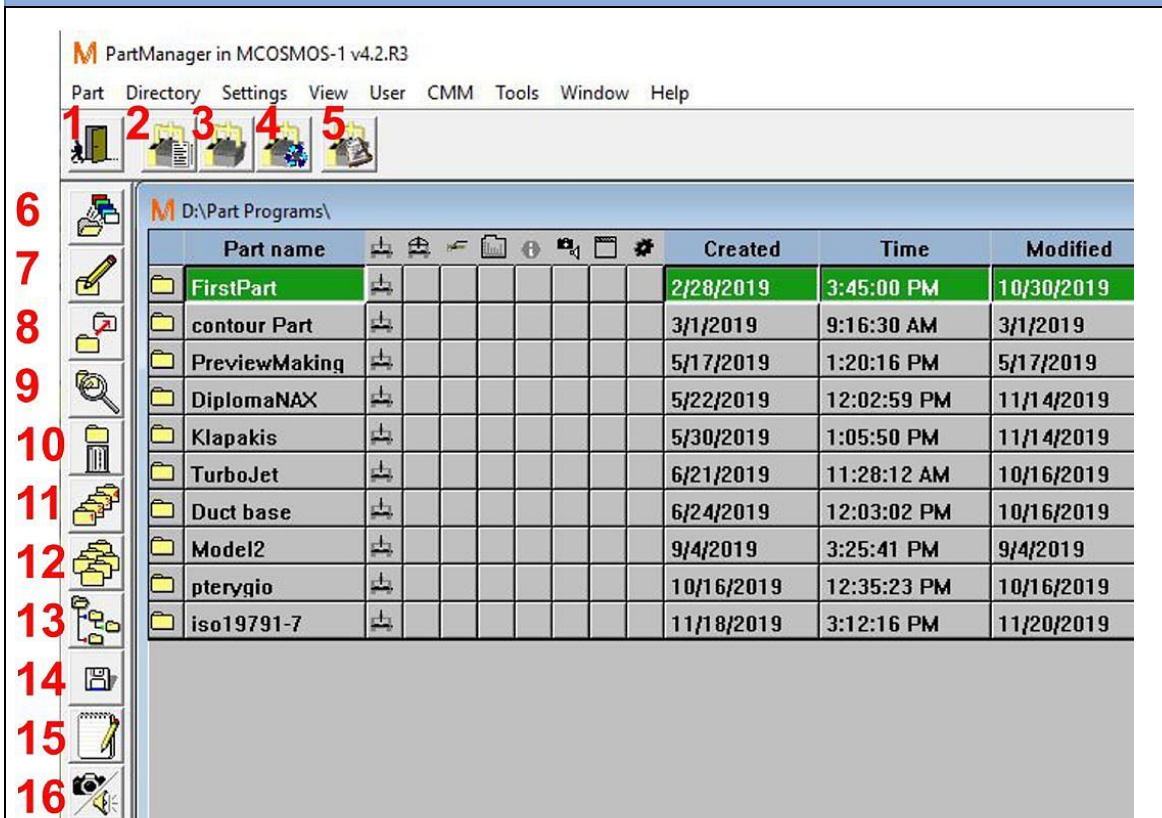
Το λογισμικό MCOSMOS (Mitutoyo Controlled Open System for Modular Operation Support) προσφέρει ένα σύγχρονο ψηφιακό περιβάλλον για ανάλυση και επεξεργασία των μετρήσεων που πάρθηκαν από κάθε CMM της Mitutoyo και προσφέρεται σε 3 επίπεδα. Στο εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης (m3), υπάρχει το πρώτο επίπεδο του λογισμικού, το οποίο περιλαμβάνει ένα κέντρο ελέγχου για όλες τις μετρολογικές εργασίες καθώς επίσης υπάρχει η δυνατότητα χρήσης και διαχείρισης εικόνων, αρχείων κειμένου ακόμα και ήχων για κάθε τεμάχιο ξεχωριστά. Η χρήση των παραπάνω βοηθάει στην ευκολότερη επαναληψιμότητα των προγραμμάτων. Επιπροσθέτως, οι αυτοματοποιημένες μετρητικές μηχανές της Mitutoyo, συνοδεύονται με τις πληρέστερες εκδόσεις του MCOSMOS (εκδοσεις 2-3), όπου συμπεριλαμβάνονται εκτός των παραπάνω, η εισαγωγή τρισδιάστατων μοντέλων (μοντέλα CAD) και με τη χρήση των μοντέλων αυτών, το λογισμικό γίνεται πιο φιλικό στο χρήστη και ο καθορισμός των μετρήσεων και των ανοχών πραγματοποιείται ταχύτερα. Τέλος, όλες οι εκδόσεις συμπεριλαμβάνουν συστήματα δικαιωμάτων χρήστη με βάση το ISO9000 και FDA 21 CFR11 για την ασφάλεια των αρχείων από διαφορετικούς χρήστες του ίδιου προγράμματος.



Σχήμα 3.9: Επίπεδα λογισμικού MCOSMOS των CMM Mitutoyo

Το εγχειρίδιο του λογισμικού MCOSMOS-1 δημιουργήθηκε για τις ανάγκες του εργαστηρίου μικροκοπής και κατασκευαστικής προσομοίωσης (m3) και είναι σύμφωνα με το εγχειρίδιο της εταιρείας Mitutoyo ([7] Mitutoyo-MCOSMOS M1 CMM Software Tutorial, 2005).

Mitutoyo Controlled Open System for Modular Operation Support (MCOSMOS) -1 v4.2.R3



- 1) Έξοδος από το λογισμικό
- 2) Λειτουργία επεξεργασίας. Επεξεργασία μετρολογικού δένδρου ενός προγράμματος
- 3) Λειτουργία εκμάθησης. Για εκμάθηση ή έλεγχο της διαδικασίας μέτρησης του επιλεγμένου προγράμματος
- 4) Λειτουργία επανάληψης. Για επανέλεγχο ενός προγράμματος
- 5) Διαχείριση συστήματος CMM
- 6) Δημιουργία ενός προγράμματος με 40 χαρακτήρες ως μέγιστο
- 7) Αλλαγή ονομασίας ενός προγράμματος
- 8) Αντιγραφή ενός προγράμματος με δυνατότητα αλλαγής ονομασίας
- 9) Εύρεση προγράμματος βάση της ονομασίας
- 10) Διαγραφή προγράμματος
- 11) Αρχιοθέτηση των προγραμμάτων (π.χ βάση ονομασίας ή ημερομηνίας)
- 12) Δεύτερη αρχιοθέτηση των προγραμμάτων
- 13) Επεξεργασίας και αλλαγή θέσεων αρχιοθέτησης
- 14) Αντίγραφο ασφαλείας (backup)
- 15) Σημειωματάριο για την εισαγωγή σχολίων/οδηγιών στο επιλεγμένο πρόγραμμα
- 16) Σύνδεση φωτογραφιών ή ήχων στο επιλεγμένο πρόγραμμα

D:\Part Programs\										2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Part name									Created	Time	Modified	Time								
	FirstPart									2/28/2019	3:45:00 PM	10/30/2019	2:07:33 PM								
	contour Part									3/1/2019	9:16:30 AM	3/1/2019	9:31:51 AM								
	PreviewMaking									5/17/2019	1:20:16 PM	5/17/2019	2:42:30 PM								
	DiplomaNAX									5/22/2019	12:02:59 PM	11/14/2019	3:25:22 PM								
	Klapakis									5/30/2019	1:05:50 PM	11/14/2019	3:34:32 PM								
	TurboJet									6/21/2019	11:28:12 AM	10/16/2019	2:49:32 PM								
	Duct base									6/24/2019	12:03:02 PM	10/16/2019	2:54:05 PM								
	Model2									9/4/2019	3:25:41 PM	9/4/2019	3:44:05 PM								
	pterygio									10/16/2019	12:35:23 PM	10/16/2019	2:48:44 PM								
	iso19791-7									11/18/2019	3:12:16 PM	11/20/2019	4:08:29 PM								

1) Ονομασία προγράμματος

2) Υποδηλώνει ύπαρξη προγράμματος

3) Υποδηλώνει συσχέτιση με αρχείο CAD

4) Υποδηλώνει συσχέτιση με μία εργασία SPC. Statistical Process Control). Το SPC είναι μια μεθοδολογία ελέγχου της ποιότητας παραγωγικής διαδικασίας

5) Υποδηλώνει συλλογή δεδομένων SPC

6) Υποδηλώνει συσχέτιση με σημειωματάριο

7) Υποδηλώνει συσχέτιση με αρχεία φωτογραφιών και ήχων

8) Υποδηλώνει συσχέτιση δεδομένων της κεφαλής (Head data)

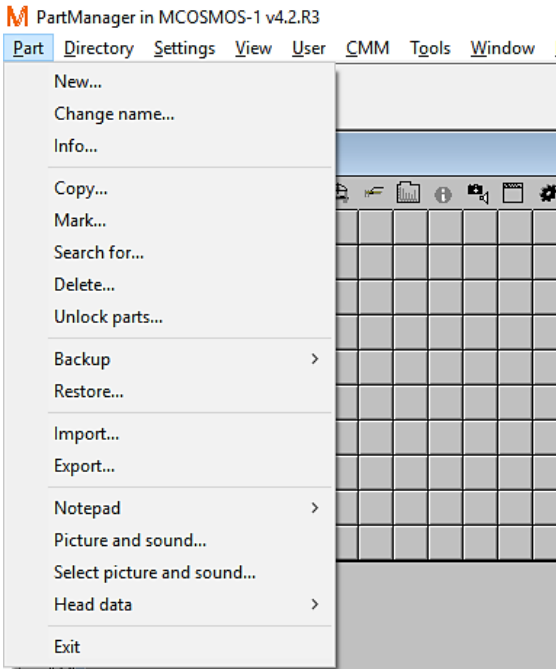
9) Υποδηλώνει συσχέτιση με το Gear Pack

10) Ημερομηνία της δημιουργίας του προγράμματος

11) Ώρα δημιουργίας

12) Ημερομηνία της τροποποίησης του προγράμματος

13) Ώρα τροποποίησης

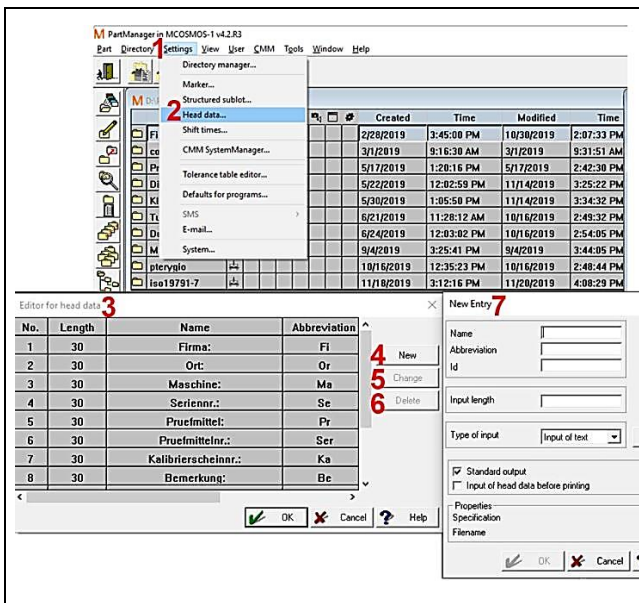


PartManager in MCOSMOS-1 v4.2.R3

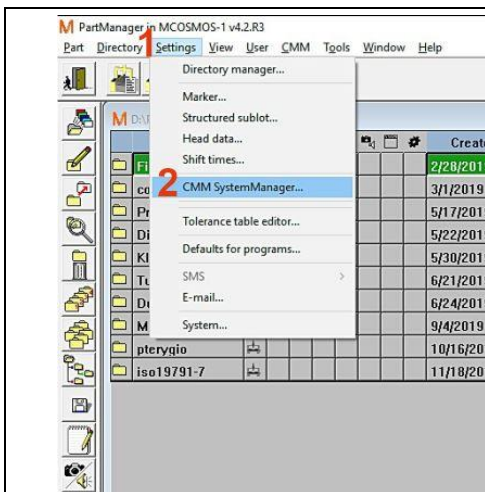
Part Directory Settings View User CMM Tools Window

New...
Change name...
Info...
Copy...
Mark...
Search for...
Delete...
Unlock parts...
Backup
Restore...
Import...
Export...
Notepad
Picture and sound...
Select picture and sound...
Head data
Exit

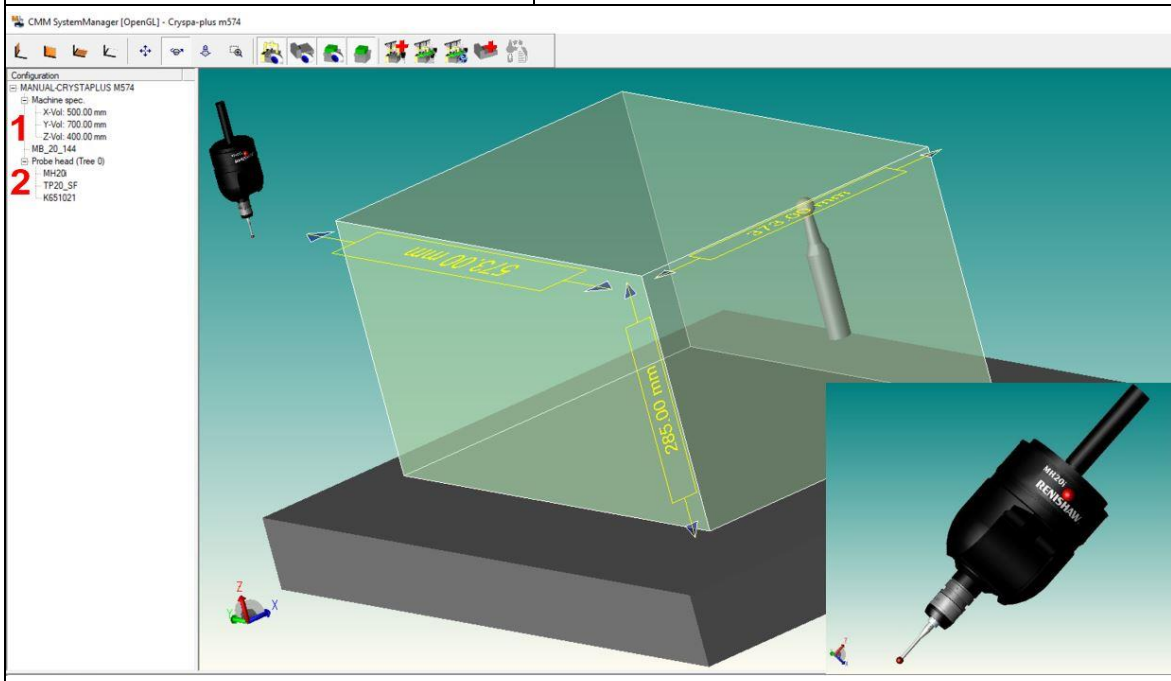
Στην επιλογή Part υπάρχουν όλες οι επιλογές διαχείρισης και επεξεργασίας των προγραμμάτων που προαναφέρθηκαν παραπάνω. Μερικές από τις οποίες είναι η δημιουργία νέου τεμαχίου, η αλλαγή ονόματος, η αντιγραφή, η εύρεση με χρήση του ονόματός του, η διαγραφή του, η χρήση σημειώσεων, εικόνων και ήχων. Να επισημανθεί ότι μπορεί να γίνει εισαγωγή ολόκληρου προγράμματος (Import) για την διευκόλυνση του χρήστη αλλά και εξαγωγή προγράμματος (export). Επίσης, σημαντική δυνατότητα είναι το backup που διασφαλίζει την αποθήκευση όλων των προγραμμάτων σε επιλεγμένη τοποθεσία στον υπολογιστή το οποίο πρέπει να γίνεται ανα τακτά χρονικά διαστήματα.

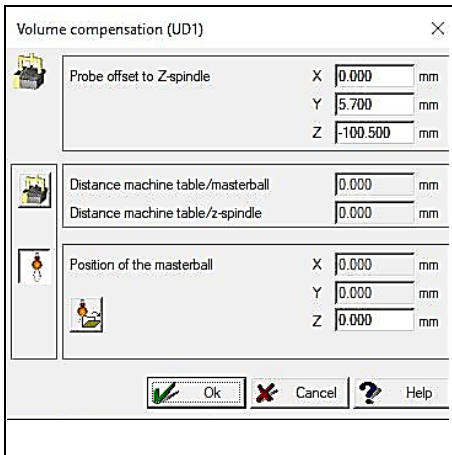
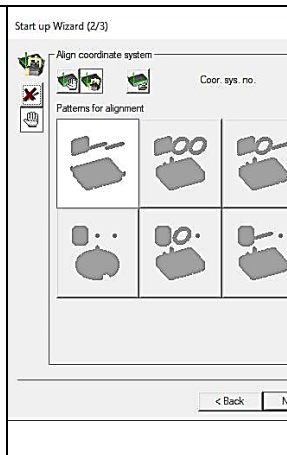
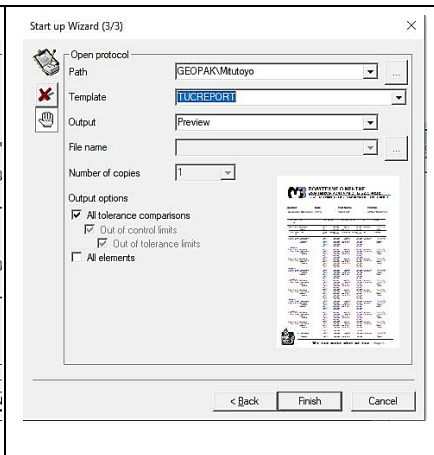


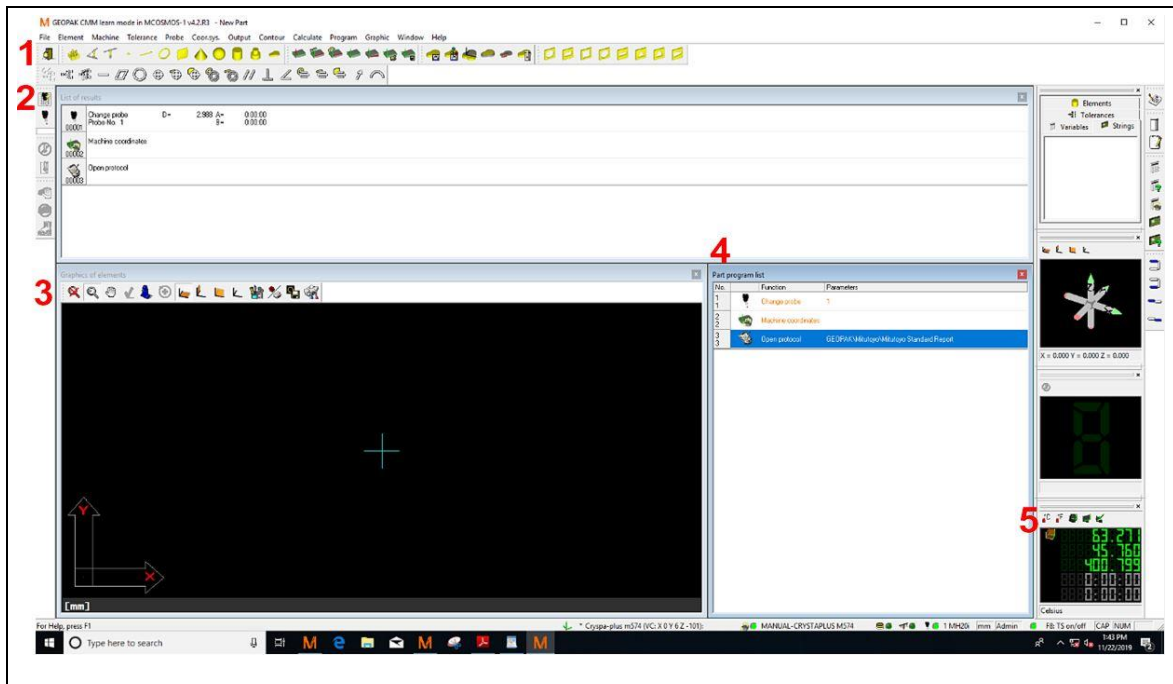
Στην επιλογή Settings (1) υπάρχουν δυνατότητες ρυθμίσεων μία εκ των οποίων είναι και τα δεδομένα της κεφαλής (Head data-2). Στην επεξεργασία των δεδομένων κεφαλής (Editor for head data-3) υπάρχουν αποθηκευμένα δεδομένα διάφορων κεφαλών και δίνεται η δυνατότητα επεξεργασίας ή δημιουργίας μιας καινούργιας κεφαλής (4-5). Στην δημιουργία μιας κεφαλής είναι αναγκαστική η προσθήκη ονομασίας και το μήκος της (New Entry-7).



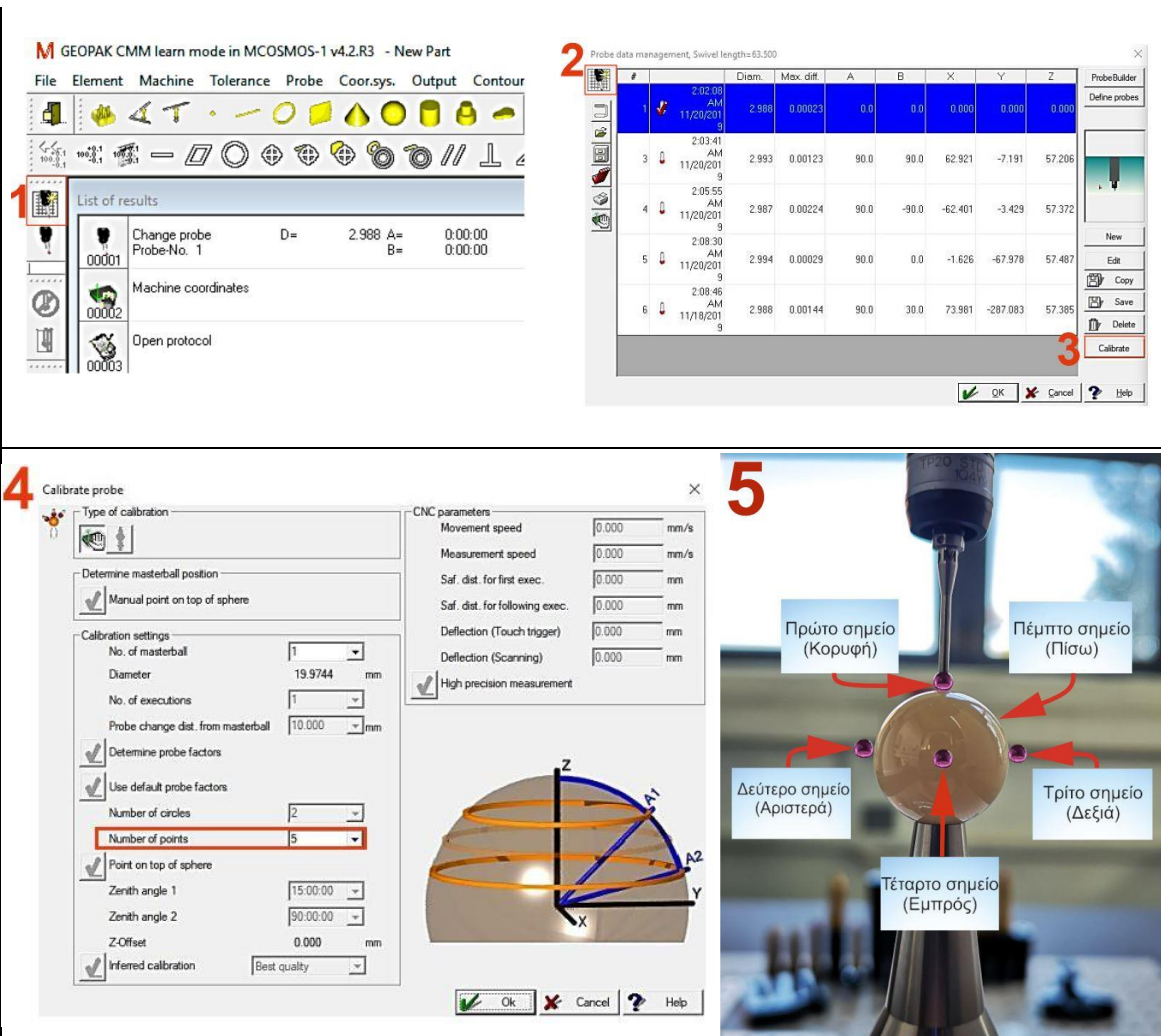
Στις ρυθμίσεις βρίσκεται η διαχείριση του συστήματος της CMM. Σε αυτό το πεδίο έχουν καταχωρηθεί το μετρούμενο δυνατό εύρος (3) καθώς και τα χαρακτηριστικά ολόκληρου του συστήματος ανίχνευσης (4). Στην συγκεκριμένη περίπτωση ο μετρούμενος όγκος που μπορεί να ανιχνεύσει η ακίδα είναι $(X,Y,X) = (500.00\text{mm}, 700.00\text{mm}, 400.00\text{mm})$ και το σύστημα ανίχνευσης αποτελείται από την αρθρωτή κεφαλή της Renishaw MH20i, την υποδοχή ακίδας TP20_SF καθώς και την ακίδα K651021.



		
<p>Η εκκίνηση του προγράμματος έχει 3 στάδια (start up wizard). Στο πρώτο στάδιο γίνεται εισαγωγή της αντιστάθμισης του συστήματος ανίχνευσης ως προς τους άξονες καθώς και οι συντεταγμένες θέσης του masterball.</p>	<p>Στο δεύτερο στάδιο πραγματοποιείται η ευθυγράμμιση του συστήματος συντεταγμένων (Align coordinate system).</p>	<p>Το τρίτο στάδιο αναφέρεται στην μορφή του προτύπου (template) και στη τοποθεσία αποθήκευσης της αναφοράς (Report). Προτείνεται η χρήση του προτύπου (TUCREPORT) διότι δημιουργήθηκε για τις ανάγκες του εργαστηρίου.</p>



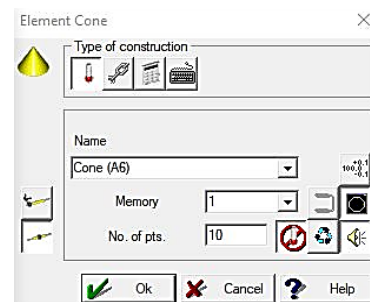
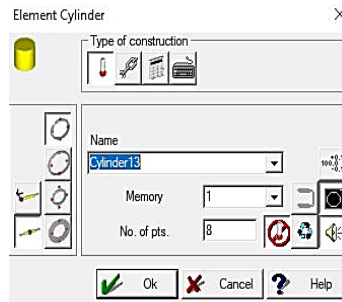
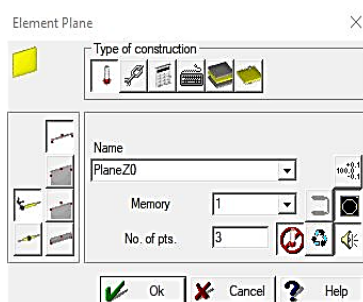
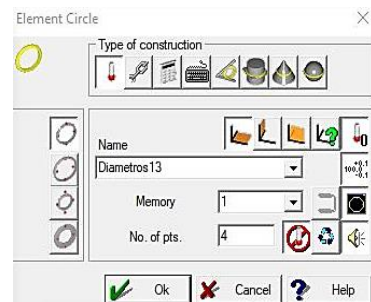
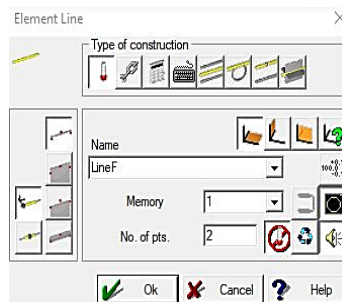
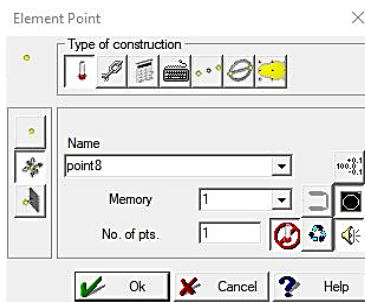
Αυτό είναι το πεδίο επεξεργασίας και ανάλυσης των μετρήσεων ενός προγράμματος έπειτα από την επιλογή Learn mode που προαναφέρθηκε. Στη πρώτη σειρά (1) βρίσκονται επιλογές ορισμένων γεωμετρικών σχημάτων για την συσχέτιση των σημείων που αποθηκεύει η CMM καθώς και το τρόπο που θα παρθεί η αρχή των αξόνων στο προς μέτρηση τεμάχιο. Τα γεωμετρικά σχήματα θα αναλυθούν ξεχωριστά το καθένα παρακάτω. Στην δεύτερη σειρά βρίσκονται οι επιλογές των γεωμετρικών ανοχών. Επιπρόσθετα, το γραφικό περιβάλλον που παρουσιάζει τα γεωμετρικά σχήματα τα οποία είναι παραγόμενα από τα ενδιαφέροντα σημεία που πάρθηκαν από την CMM, βρίσκονται στο σημείο (3). Να σημειωθεί ότι δεν μπορεί να γίνει επεξεργασία των γεωμετρικών σχημάτων, όμως μπορεί να γίνει η αποθήκευσή τους ως αρχεία φωτογραφίας (.dwj, .jpg κ.α). Στο σημείο (4) παρουσιάζονται όλες οι διαδικασίες μέτρησης που χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση ενός τεμαχίου. Τέλος, στο σημείο (5) είναι τοποθετημένος ο πίνακας με τις στιγμιαίες συντεταγμένες της ακίδας της CMM.



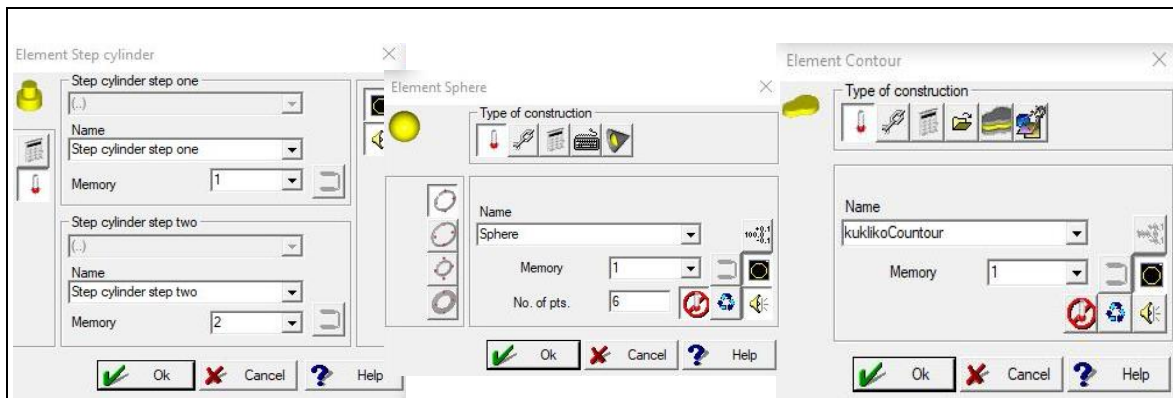
Στο σημείο 1 βρίσκεται η επιλογή της διαχείρισης των δεδομένων του συστήματος ανίχνευσης (Probe). Όπως έχει προαναφερθεί, το σύστημα ανίχνευσης που φέρει η Cmm του εργαστηρίου είναι το MH20i της Renishaw. Πρόκειται για μία χειροκίνητη κεφαλή ανίχνευσης με δυνατότητα περιστροφής σε 2 άξονες (Άξονας A και B). Πιο συγκεκριμένα, η συγκεκριμένη κεφαλή έχει δυνατότητα 168 διαφορετικών τοποθετήσεων (168 διαφορετικοί συνδυασμοί γωνιών). Πρέπει να τονιστεί ότι σε κάθε νέο συνδυασμό γωνιών της αρθρωτής κεφαλής, πως επιβάλλεται η διακρίβωσή της με το Masterball της Mitutoyo όπως έχει πραγματοποιηθεί στο σημείο 2. Εν συνεχεία, για την διακρίβωση υπάρχει η επιλογή calibrate (διακρίβωση) στο σημείο 3. Ανοίγοντας το επίπεδο διακρίβωσης, έχει οριστεί μόνιμα η πιστοποιημένη διάμετρος του masterball (19.9744mm) και το μοναδικό όρισμα που χρειάζεται είναι ο αριθμός των σημείων με τα οποία θα διακριβωθεί το Probe στο masterball όπως φαίνεται στο σημείο 4. Επί της ουσίας, ο υπολογιστής έχοντας αποθηκεύσει τη πιστοποιημένη διάμετρο από το κατασκευαστή της, πραγματοποιεί συσχέτιση της μετρούμενης τιμής διαμέτρου με την ήδη αποθηκευμένη. Καταλυτικός ρόλος σε κάθε είδους διακρίβωση είναι ο αριθμός των σημείων και η τοποθεσία που θα παρθούν. Ο ελάχιστος αριθμός των σημείων που θα παρθούν υπολογίζεται από το γεωμετρικό σχήμα του προτύπου. Στην συγκεκριμένη περίπτωση (σφαίρας), ο ελάχιστος αριθμός σημείων που πρέπει να παρθούν είναι τέσσερα. Όσα περισσότερα σημεία παρθούν τόσο πιο ακριβής θα είναι η διακρίβωση. Όπως φαίνεται και στο σημείο 5 τα σημεία που προτείνονται είναι πέντε ξεκινώντας από τη κορυφή του προτύπου και συνεχίζοντας περιμετρικά της σφαίρας καλύπτοντας όσο το δυνατό μεγαλύτερη επιφάνεια.



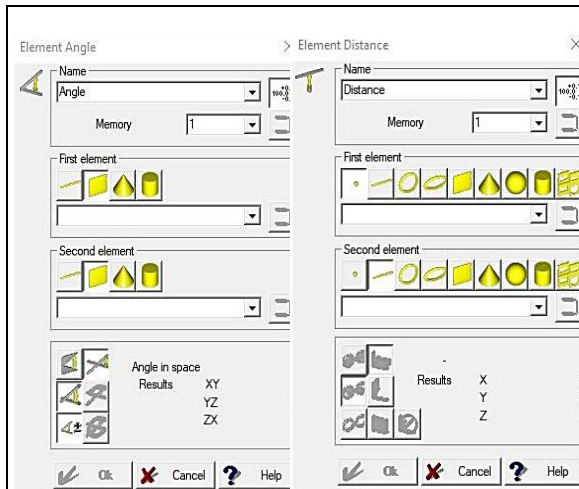
- ❖ Σύστημα συντεταγμένων επιπέδου (ευθυγράμμιση τμήματος, ρύθμιση προέλευσης ύψους)
- ❖ Σύστημα συντεταγμένων άξονα παράλληλα με άξονα (ευθυγράμμιση άξονα με γραμμή, άξονας κυλίνδρου κ.λπ.)
- ❖ Σύστημα συντεταγμένων άξονα με αναφορά σε σημείο (ευθυγράμμιση άξονα με σημείο, κεντρικό σημείο κύκλου κ.λπ.)
- ❖ Σύστημα συντεταγμένων άξονα αντιστάθμισης (offset) (ευθυγράμμιση άξονα με σημείο εκτός του άξονα)
- ❖ Ρύθμισεις συστήματος συντεταγμένων
- ❖ Μεταφορά ή περιστροφή του συστήματος συντεταγμένων
- ❖ Ανάκληση υπάρχοντος συστήματος συντεταγμένων
- ❖ Αποθήκευση συστήματος συντεταγμένων για μελλοντική χρήση



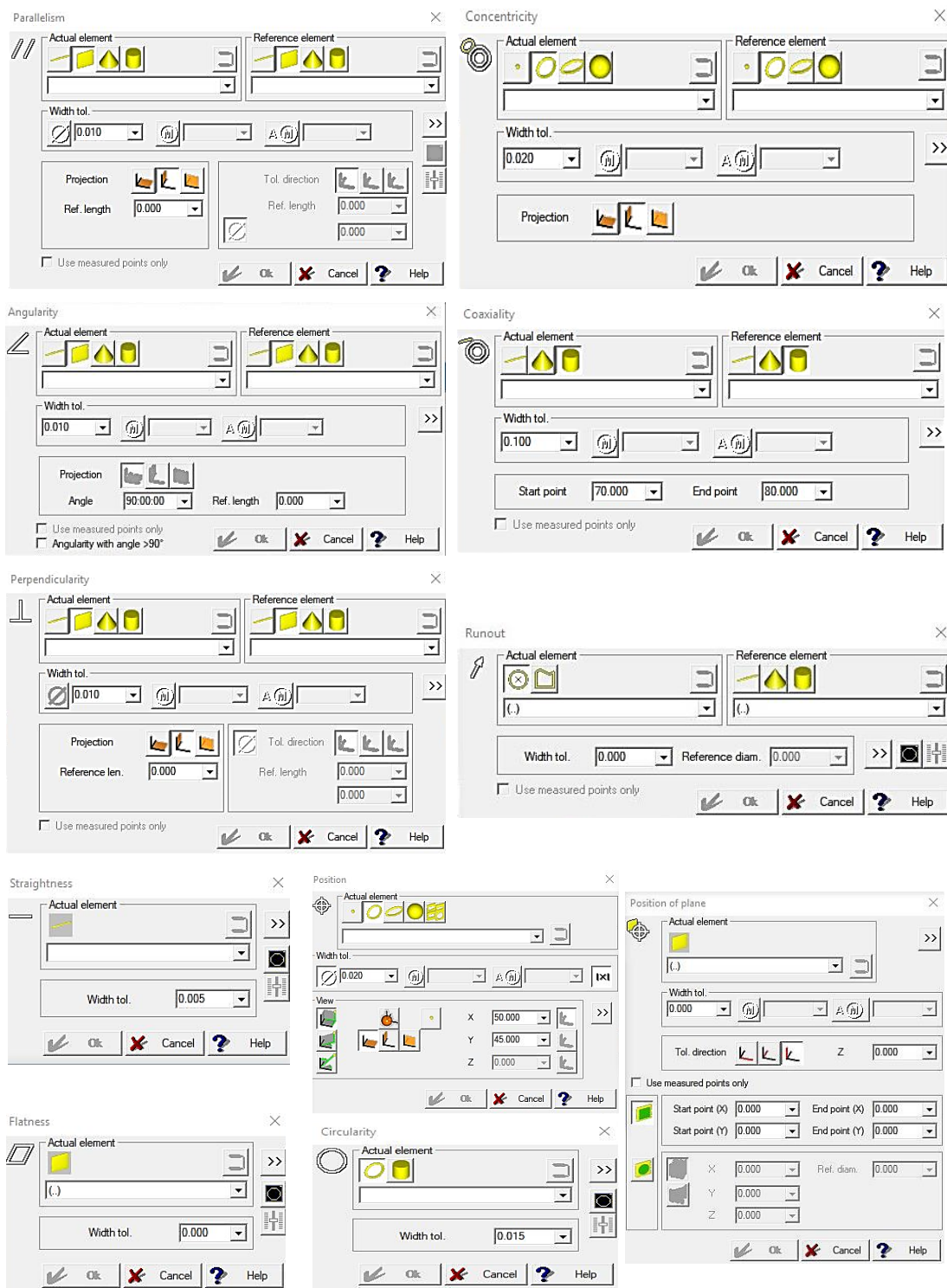
Ο έλεγχος των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ενός τεμαχίου προϋποθέτει την χρήση βασικών γεωμετρικών σχημάτων τα οποία είναι ένα σημείο, μία ευθεία, ένας κύκλος, ένα επίπεδο, ένας κύλινδρος ή ένας κώνος. Στον υπολογισμό αυτών, υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης ονομασίας του αντίστοιχου γεωμετρικού σχήματος και αριθμού σημείων που θα παρθούν για την μέτρησή τους. Πρέπει να τονιστεί πως για κάθε γεωμετρικό σχήμα υπάρχει ο ελάχιστος αριθμός σημείων που πρέπει να παρθούν ώστε να το περιγράψουν. Επιπρόσθετα, μπορούν τα παραπάνω γεωμετρικά σχήματα να χρησιμοποιηθούν ως συνδετικά στοιχεία (connection elements) από τα οποία θα προσδιοριστούν άλλα γεωμετρικά σχήματα. Μία από τις πιο χρήσιμες επιλογές στα γεωμετρικά σχήματα είναι η προβολή τους σε άλλα επίπεδα.



- Στο καθορισμό ενός βηματικού κυλίνδρου (step cylinder), αναγκαία προϋπόθεση είναι ο ορισμός των δύο κυλίνδρων ξεχωριστά και μετά η χρήση αυτών καθορίζει τον βηματικό κύλινδρο.
- Στην μέτρηση μιας σφαιρικής μορφής δίνεται η επιλογή της ονομασίας και ο αριθμός των σημείων για να καθορίσουν την σφαιρική μορφή.
- Βασικό εργαλείο στην αντίστροφη μηχανική αποτελεί η δυνατότητα του περιγράμματος (contour). Αυτή η λειτουργία χρησιμοποιεί μία ακίδα και καθώς υπάρχει συνεχόμενη επαφή σε μία γεωμετρία του προς αντιγραφή αντικειμένου, πραγματοποιείται αποθήκευση πολλαπλών σημείων για τη περιγραφή της μορφής του καθώς υπάρχει και 2D απεικόνιση της γεωμετρίας που σαρώθηκε.



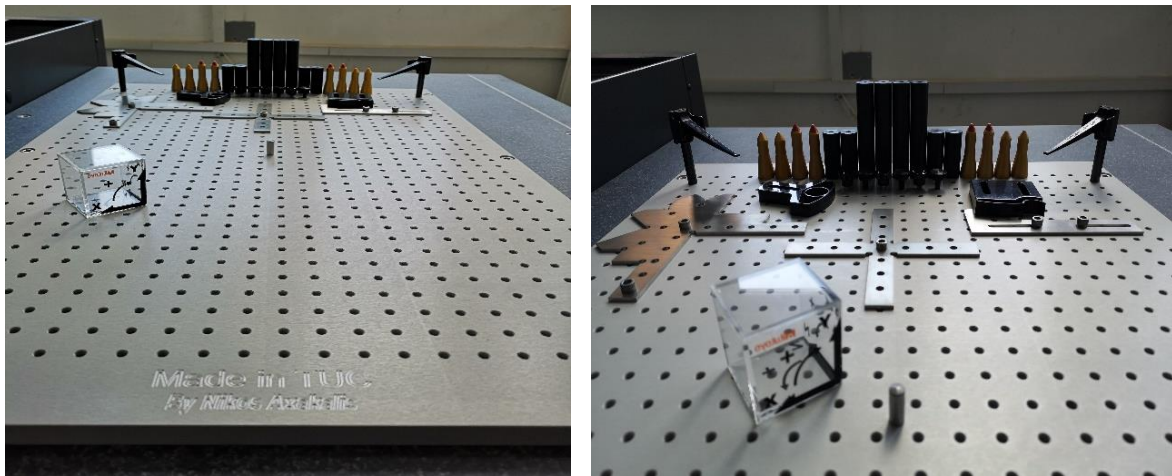
Η συνέθεση των παραπάνω γεωμετρικών σχημάτων χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό, των μεταξύ τους γωνιών ή την απόστασή τους. Πιο συγκεκριμένα, στον υπολογισμό της γωνίας, πραγματοποιείται η επιλογή των ενδιαφερόμενων γεωμετρικών σχημάτων που εμπεριέχουν την γωνία ενδιαφέροντος. Αντίστοιχα βήματα προϋποθέτει και ο υπολογισμός της απόστασης δύο γεωμετρικών σχημάτων. Πρώτα επιλέγονται τα ενδιαφερόμενα γεωμετρικά σχήματα και έπειτα προσδιορίζεται το επίπεδο που θα πραγματοποιηθεί ο υπολογισμός της απόστασης.



Σε αυτό το σημείο θα αναλυθεί η χρήση γεωμετρικών ανοχών στα παραπάνω γεωμετρικά σχήματα. Η παραλληλία, η ομοκεντρία, η ομοαξονικότητα, η κλίση, η καθετότητα, η τοποθέτηση αλλά και η κυκλική κίνηση (circular runout) παίρνουν ως ορίσματα τα δύο ενδιαφερόμενα στοιχεία-γεωμετρικά σχήματα (elements) και τη τιμή της ανοχής. Επιπρόσθετα, όσον αφορά την ευθυγραμμιστικότητα, την επιπεδότητα και τη κυκλικότητα ως μοναδική δυνατότητα είναι ο ορισμός της ανοχής αφού οι προαναφερθέντες γεωμετρικές ανοχές αφορούν ένα μόνο στοιχείο.

4. ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΛΑΚΑΣ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΟΚΙΜΙΟΥ ΚΑΤΑ ISO10791-7

4.1 Κατασκευή πλάκας συγκράτησης τεμαχίων για την CMM



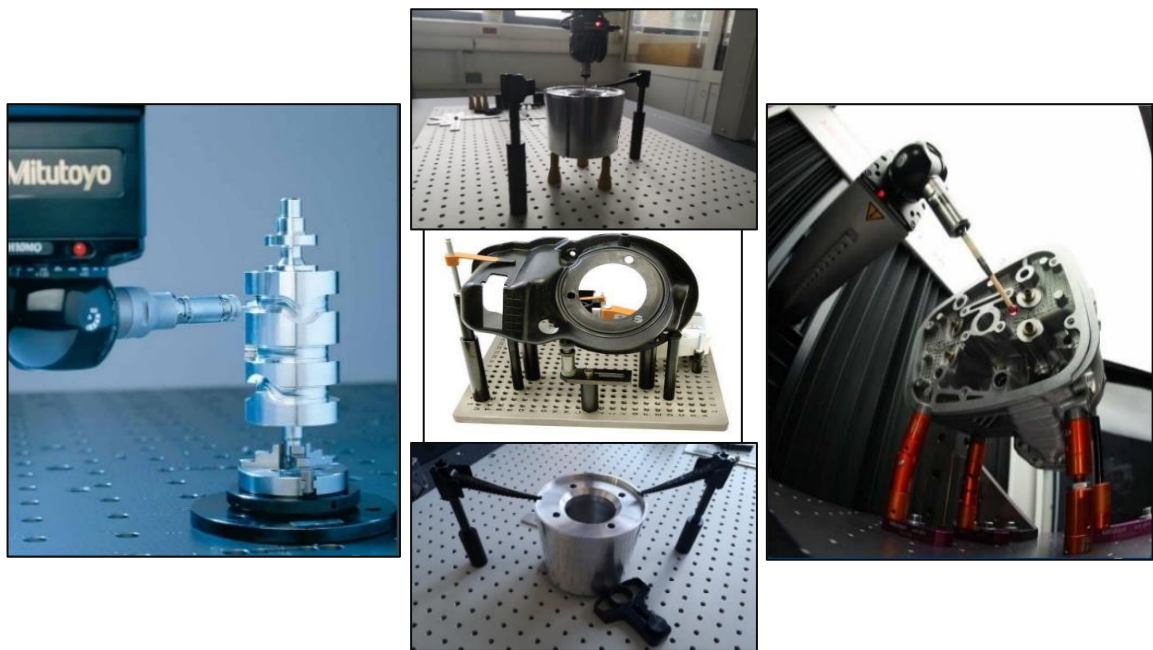
Σχήμα 4.1: Πλάκα και εξοπλισμός συγκράτησης τεμαχίων στην CMM

Εργασίες όπως η κοπή, η αφαίρεση υλικού, η διαμόρφωση, η συναρμολόγηση και ο μετροτεχνικός έλεγχος μηχανολογικών κομματιών έχουν ένα κοινό χαρακτηριστικό, το οποίο ενώ δεν είναι ιδιαίτερα προβαλλόμενο, έχει έναν πολύ σημαντικό και καθοριστικό ρόλο για την επιτυχία της εκτέλεσής τους. Το χαρακτηριστικό αυτό δεν είναι άλλο από τη πρόσδεση ή συγκράτηση των κομματιών προς κατεργασία, διαμόρφωση, συναρμολόγηση ή μέτρηση. Η πραγματοποίηση της πρόσδεσης για τις μετρήσεις στην CMM ταυτίζεται με τη λειτουργία της πλάκας συγκράτησης και την χρήση εξαρτημάτων σύσφιξης. Τα εξαρτήματα σύσφιξης είναι εύκολα ρυθμιζόμενα και σχεδιασμένα ώστε να συγκρατούν σταθερά τα εξαρτήματα, ανεξαρτήτου σχήματος και μεγέθους, με την ελάχιστη απαραίτητη δύναμη για να αποφευχθούν ζημιές ή παραμορφώσεις στο προς μέτρηση τεμάχιο.

4.1.1 Τα οφέλη της συγκεκριμένης πλάκας και του εξοπλισμού συγκράτησης.

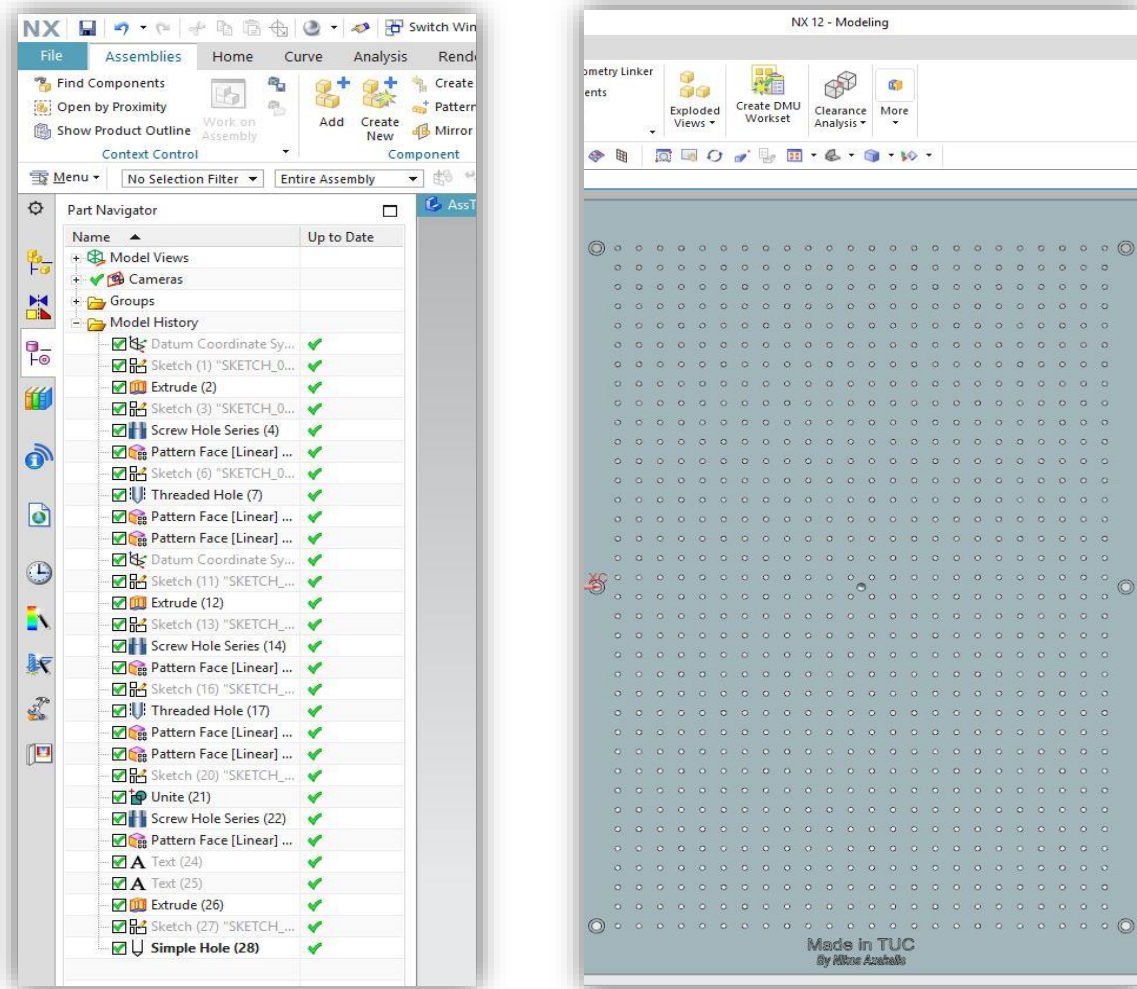
Η μελέτη και ο σχεδιασμός για τους τρόπους συγκράτησης των τεμαχίων και γενικότερα των ιδιοσυσκευών αποτέλεσε το κίνητρο συγγραφής του εγχειριδίου του ([8] Boyes, 1989) αφού υπάρχουν πληθώρα οφέλη από τη χρήση τους. Μερικά από αυτά τα οφέλη είναι τα εξής:

- ❖ Δυνατότητα ποικίλων τρόπων συγκράτησης τεμαχίων ακόμα και πολύ σύνθετων αντικειμένων που χωρίς τον συγκεκριμένο εξοπλισμό, η συγκράτησή τους θα ήταν αδύνατη.
- ❖ Βελτιστοποίηση της επαναληψιμότητας των μετρήσεων χωρίς απαραίτητα τον επανακαθορισμό της αρχής των αξόνων, με την χρήση κατάλληλων location lockers.
- ❖ Βελτίωση της ακρίβειας λόγω σωστής συγκράτησης των τεμαχίων.
- ❖ Ευελιξία και προσαρμοστικότητα σε κάθε είδους τεμάχιο.
- ❖ Με την χρήση κατάλληλου εξοπλισμού ανύψωσης των τεμαχίων μπορεί να επιτευχθεί μείωση των φάσεων μετρήσεις, με στόχο γρηγορότερες μετρήσεις.
- ❖ Πρόσδεση πολλαπλών τεμαχίων σε συγκεκριμένες και ορισμένες

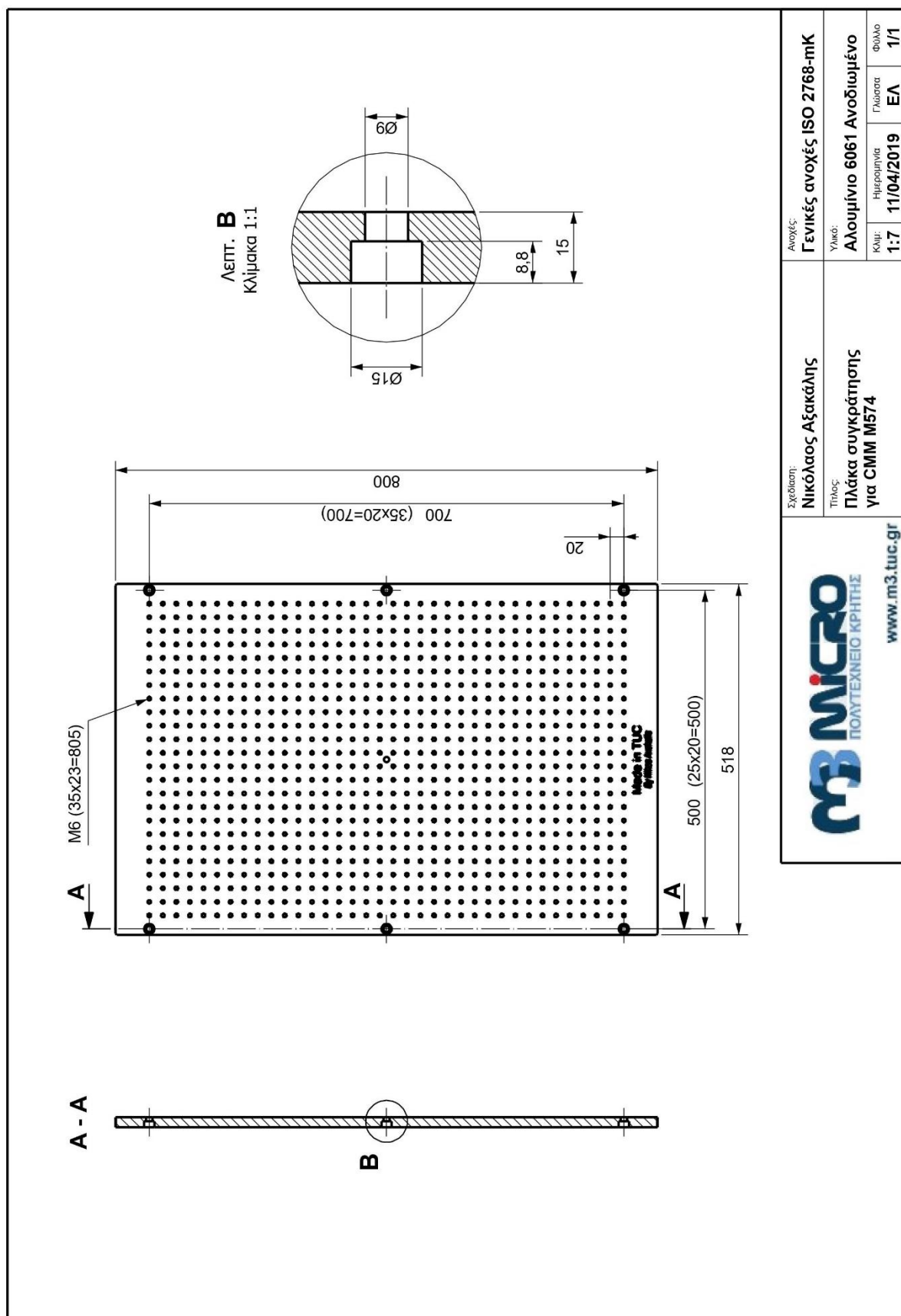


Σχήμα 4.2: Παραδείγματα χρήσης του συγκεκριμένου εξοπλισμού συγκράτησης και η αναγκαιότητα ύπαρξής του

4.1.2 Μηχανολογικό και 3D σχέδιο πλάκας συγκράτησης



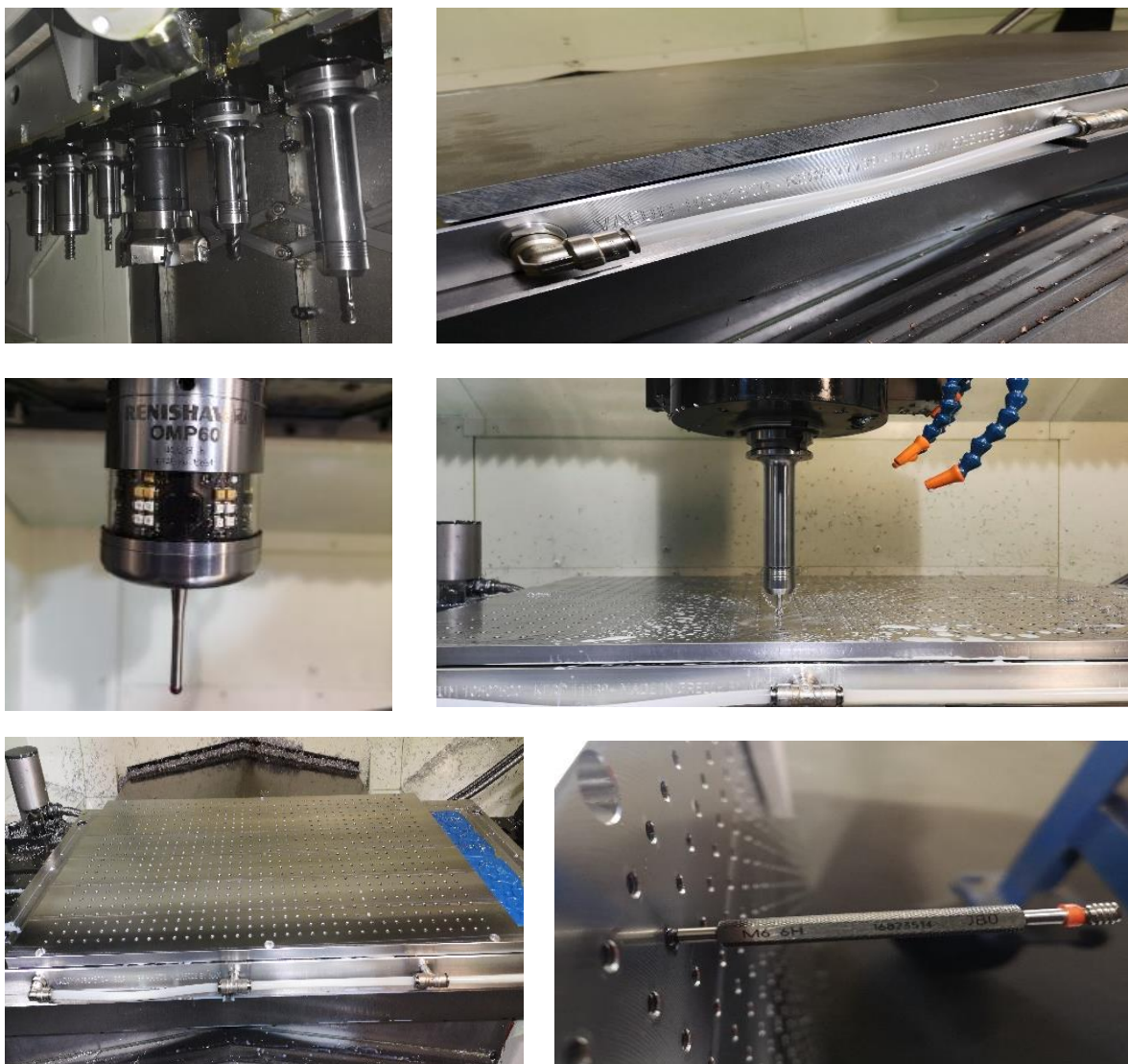
Σχήμα 4.3: Δέντρο σχεδίασης για την δημιουργία τρισδιάστατης πλάκας συγκράτησης



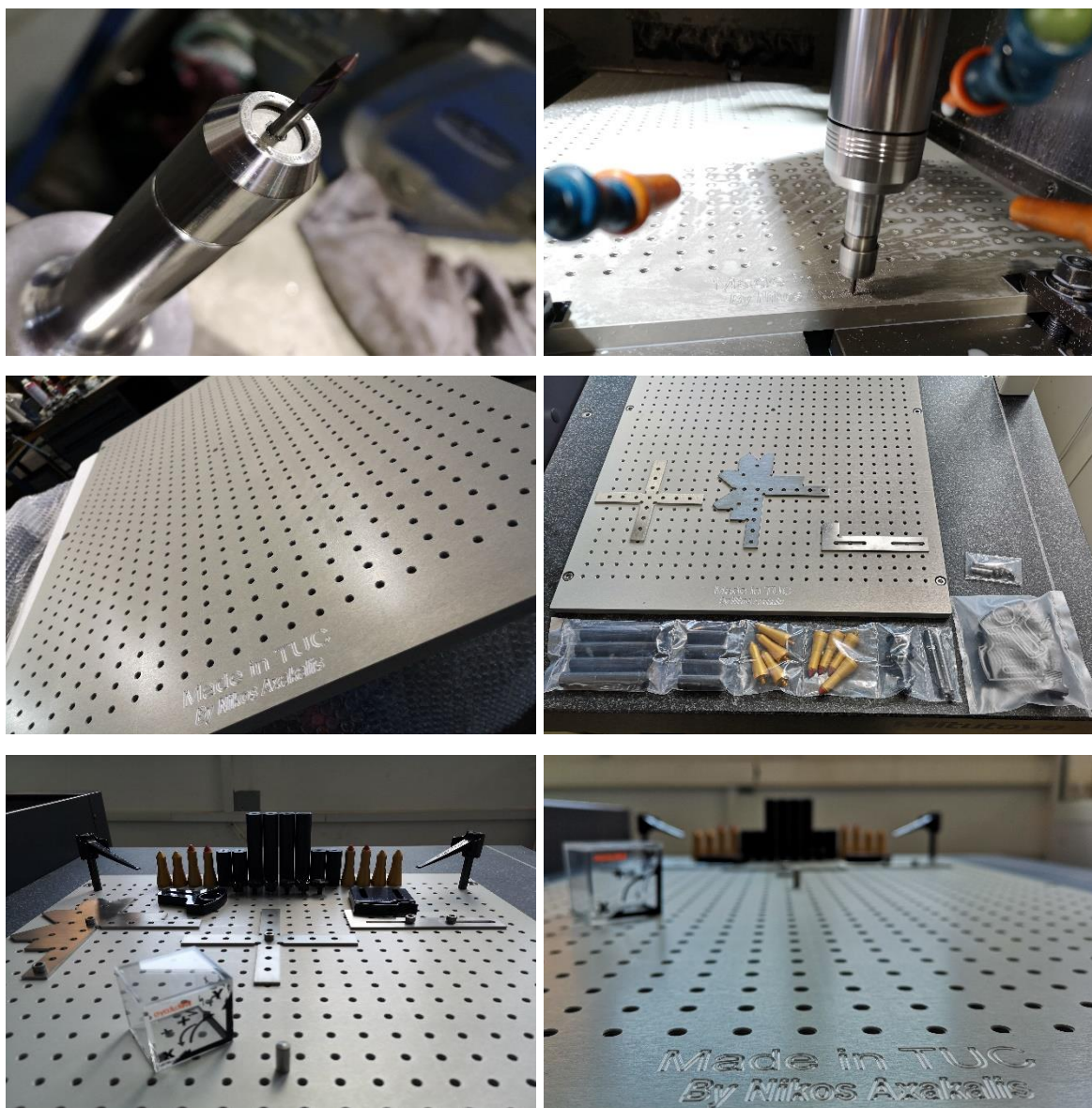
Σχήμα 4.4: Μηχανολογικό σχέδιο πλάκας συγκράτησης

4.1.3 Διαδικασία κατασκευής της πλάκας

Έπειτα από το ψηφιακό σχεδιασμό της πλάκας συγκράτησης και τη ψηφιακή προσομοίωση της κοπής της, πραγματοποιήθηκε η προετοιμασία και η εφαρμογή της πραγματικής κοπής. Πρωταρχικό βήμα ήταν η εύρεση των κοπτικών εργαλείων καθώς και ο τρόπος συγκράτησης της πρώτης ύλης. Επιλέχθηκε λοιπόν, η χρήση ενός συστήματος υποπίεσης (vacuum system) το οποίο συγκρατούσε τη πλάκα καθόλη την διάρκεια μηχανουργησης. Το κριτήριο της επιλογής του συστήματος υποπίεσης είναι ότι δεν χρειάζεται πλευρικές συγκρατήσεις παρά συγκρατείται από την μία πλευρά η οποία υποπίεζεται. Ο μηδενισμός του τεμαχίου αποτέλεσε το επόμενο βήμα και αφού τελείωσαν οι αρχικές διαδικασίες, την σειρά τους πήραν οι διαδικασίες κοπής. Αρχικά πραγματοποιήθηκε φραιζάρισμα όλων των πλευρών σε 2 φάσεις. Μετέπειτα, η διάτρηση των οπών καθώς και η σπειροτόμησή τους αποτέλεσαν τις επόμενες διαδικασίες. Στο τελείωμα της πρώτης φάσης εφαρμόστηκε έλεγχος των σπειρωμάτων με ειδικό ηλεκτήρα σπειωμάτων M6 (GO- NOT GO) με ακρίβεια 6H.



Σχήμα 4.5: Διαδικασίες κατεργασίας και ελέγχου πρώτης φάσης



Σχήμα 4.6: Διαδικασία χαρακτηριστικής στην δεύτερη φάση και τοποθέτηση στη CMM

Με την ολοκλήρωση της πρώτης φάσης και τον έλεγχο των σπειρωμάτων, η πλάκα ανοδιώθηκε. Με την ανοδίωση, μετασχηματίστηκε η αλουμινένια επιφάνειά της και δημιουργήθηκε, τεχνητά, ένα στρώμα οξειδίου (σκουριά). Επειδή η διαδικασία γίνεται σε απόλυτα ελεγχόμενες συνθήκες, αυτό το στρώμα οξειδίου είναι πάρα πολύ συνεκτικό και σκληρό. Το στρώμα αυτό, επειδή είναι ήδη οξείδιο (σκουριά), όταν εκτίθεται στην ατμόσφαιρα και πιο συγκεκριμένα σε περιβάλλον με υψηλό δείκτη υγρασίας δεν διαβρώνεται και έτσι προστατεύει το μέταλλο μακροχρόνια. Εν κατακλείδι, η πλάκα συγκράτησης ανοδιώθηκε με στόχο να διατηρήσει την χρησιμότητά της όσον το δυνατόν χρονικά περισσότερο. Η χαρακτηριστική που εφαρμόστηκε στη πλάκα, πραγματοποιήθηκε μετά την ανοδίωση για να είναι πιο ωραίο οπτικά το αποτέλεσμα της. Με την ολοκλήρωση και της δεύτερης φάσης, η πλάκα συσκευάστηκε μαζί με επιπλέον εξοπλισμό συγκράτησης και έπειτα έγινε η τοποθέτησή της, στο τραπέζι της CMM M574 του εργαστηρίου M3.

Για τη κατεργασία της πλάκας συγκράτησης, χρησιμοποιήθηκαν έξι κοπτικά εργαλεία τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω καθώς και οι συνθήκες κοπής που επιλέχθηκαν για το καθένα.



Σχήμα 4.7: Κοπτικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη κατεργασία της πλάκας συγκράτησης

Κοπτικά εργαλεία				
	Είδος εργαλείου	Πληροφορίες εργαλείου	Στροφές (rpm)	Πρώσεις (mm/min)
1	Φραιζοκεφαλή διαμέτρου 100mm	Της εταιρείας Mitsubishi	2000	2000
2	Κοντύλι διαμέτρου 10mm	Της εταιρείας Mitsubishi	10000	5000
3	Τρυπάνι διαμέτρου 5.1mm	Της εταιρείας Inova	10000	500
4	Κοντύλι διαμέτρου 6mm	Της εταιρείας Mitsubishi	8000	1000
5	Κεντραδόρος διαμέτρου 8mm	Της εταιρείας Inova	6000	1000
6	Σπειροτόμος M6	Της εταιρείας Walter	700	700
7	Χαράκτης διαμέτρου 3mm	Της εταιρείας Mitsubishi	7000	50

Πίνακας 4.1: Κοπτικά εργαλεία για τη κατεργασία της πλάκας συγκράτησης

4.2 Κατεργασία του δοκιμαστικού τεμαχίου ISO 10791

4.2.1 Πληροφορίες για το ISO 10791-7:2014

Το ISO (Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης) είναι μια διεθνής οργάνωση δημιουργίας και έκδοσης προτύπων που αποτελείται από αντιπροσώπους των εθνικών οργανισμών τυποποίησης. Το έβδομο μέρος του ISO 10791 καθορίζει τα πρότυπα τεμάχια δοκιμής με τις διαστάσεις και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους τα οποία θα πρέπει να μετρηθούν όπως περιγράφεται στο ([9] ISO-10791-7, 2014). Ο σκοπός του είναι μέσα από τον έλεγχο των διαστάσεων και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών, να εξαχθούν συμπεράσματα για την ακρίβεια των εργαλειομηχανών που κατεργάστηκαν τα δοκιμαστικά αυτά τεμάχια. Εν κατακλείδι, η εξαγωγή των πορισμάτων και παρατηρήσεων πραγματοποιείται συγκρίνοντας τις μετρήσεις από CMM, με τις ανοχές του μηχανολογικού σχεδίου του αντίστοιχου δοκιμίου.

Στη παρούσα διπλωματική εργασία ελέγχθηκε η ακρίβεια του κέντρου κατεργασίας DMU50 eco line του εργαστηρίου m3 μέσω του τεμαχίου ISO 10791, M1_80. Το συγκεκριμένο πρότυπο τεμάχιο είναι τετραγωνικής διατομής 80mm x 80mm εξού και το m1_80. Πρόκειται για ένα τεμάχιο, το οποίο συμπεριλαμβάνει για τη κατεργασία του, γραμμικές κινήσεις κάθε άξονα ξεχωριστά, γραμμικές παρεμβολή με συνδυασμό δύο αξόνων και κυκλικές παρεμβολές. Σε όλες τις προαναφερθέντες κινήσεις, θα υπολογιστούν οι αντίστοιχες τιμές των γεωμετρικών ανοχών που επηρεάζονται από αυτές, με απώτερο σκοπό την αναλυτική αξιολόγηση ακριβείας της εργαλειομηχανής που το κατεργάστηκε.

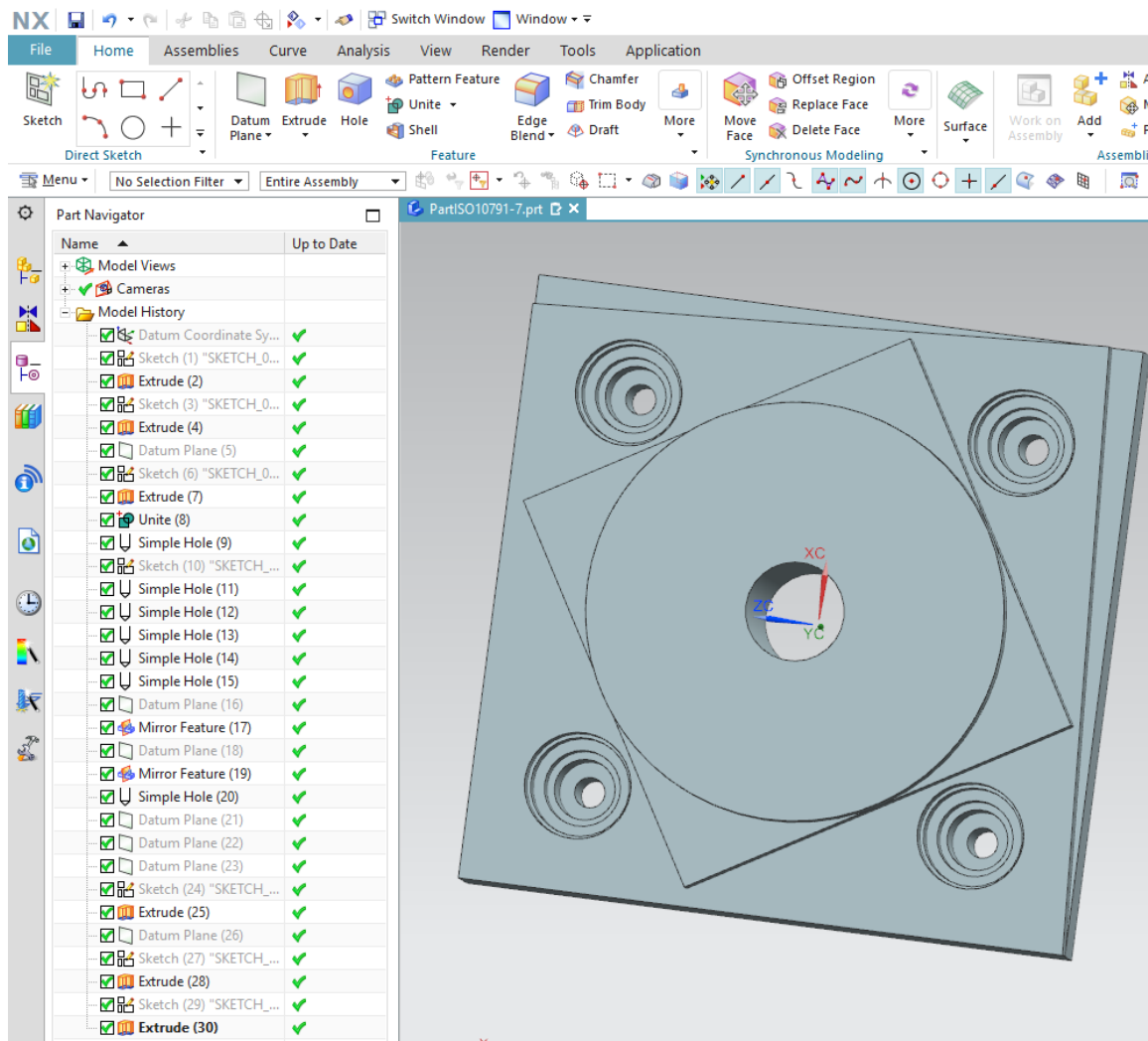
4.2.2 Περιγραφή διαδικασιών κατασκευής του δοκιμίου ISO 10791

Για τη κατασκευή του δοκιμίου ISO 10791, ξεκίνημα αποτέλεσε ο τρισδιάστατος σχεδιασμός αυτού, στο λογισμικό NX της εταιρείας Siemens. Εν συνεχεία του σχεδιασμού αλλά πριν τη κατεργασία βρίσκεται το στάδιο της ψηφιακής προσομοίωσης κοπής του τεμαχίου. Αυτό το στάδιο πραγματοποιείται προπάντων για την δημιουργία G-κώδικα με την χρήση του κατάλληλου Post-processor για την αντίστοιχη μηχανή.

Βασικά προτερήματα της δημιουργίας του G-κώδικα έπεται από τη ψηφιακή προσομοίωση κοπής είναι τα εξής:

- ❖ Ταχύτερος τρόπος δημιουργίας προγραμμάτων
- ❖ Δεν υπάρχουν υπολογιστικοί περιορισμοί
- ❖ Ψηφιακός έλεγχος του τελικού τεμαχίου
- ❖ Δυνατότητα δημιουργίας μεγάλων προγραμμάτων

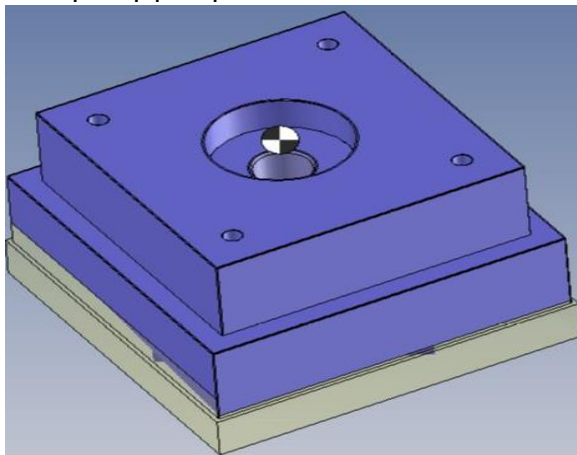
Έπειτα από τη ψηφιακή προσομοίωση κοπής, άρχισε η προετοιμασία της πραγματικής κοπής των δύο φάσεων του τεμαχίου. Επιλέχθηκαν κοπτικά εργαλεία στα οποία έγιναν υπομετρικές μετρήσεις με την χρήση του UNO 115 eco line. Οι υπομετρικές τιμές εισήχθησαν στην εργαλειομηχανή DMU50. Ο τελικός ψηφιακός έλεγχος των βασικών γεωμετριών του δοκιμίου και των ενδείξεων σφαλμάτων του προγράμματος πραγματοποιήθηκε πριν τη κοπή και ήταν η προσομοίωση (simulation) της κοπής στο κοντρόλ της εργαλειομηχανής. Ο επιτυχής έλεγχος όλων των παραπάνω αποτέλεσε το ξεκίνημα της κοπής του δοκιμίου.



Σχήμα 4.9: Δέντρο διαδικασιών σχεδίασης για τη τρισδιάστατη απεικόνιση του δοκιμίου

4.2.3 Παρουσίαση των φάσεων κατεργασίας

❖ Πρώτη φάση



Σχήμα 4.10: Τρισδιάστατη απεικόνιση τεμαχίου μετά τη πρώτη φάση ψηφιακής κατεργασίας

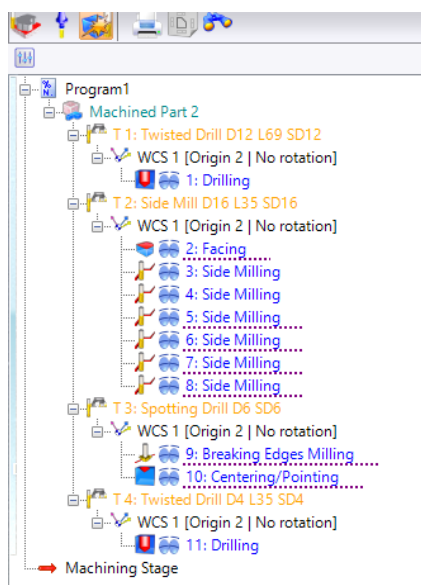
Η ψηφιακή κατεργασία του δοκιμίου (Computer Aided Manufacturing-CAM) πραγματοποιήθηκε μέσω του προγράμματος Top-Solid καθώς μέσω αυτού, παράχθηκε και ο G κώδικας για την μηχανή DMU50 eco line. Η πρώτη φάση περιλαμβάνει φραιζάρισμα της επιφάνειας αναφοράς, πλευρικά φρεζαρίσματα, διάτρηση των τεσσάρων οπών Φ4 και πλευρικό φραιζάρισμα για αποπεράτωση της οπής Φ30 με ελικοειδή κοπή (Helical cutting).



Σχήμα 4.11: Κοπτικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη κατεργασία της πρώτης φάσης του δοκιμίου

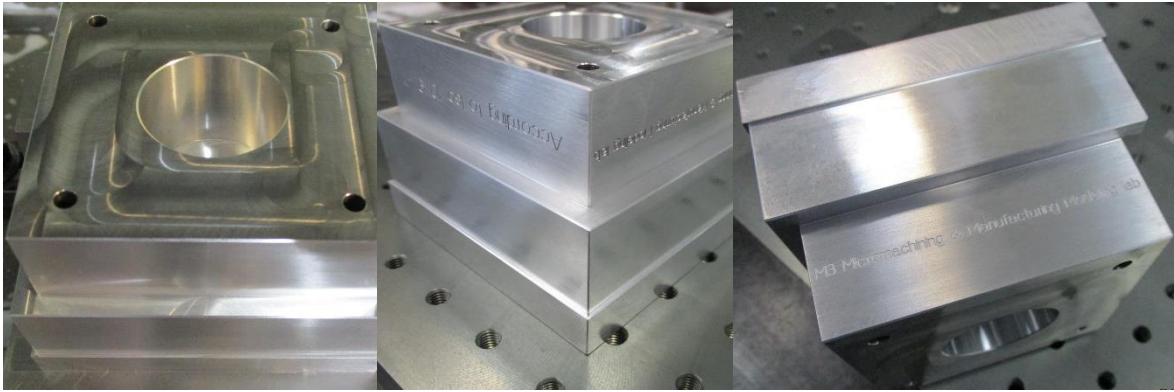
Κοπτικά εργαλεία πρώτης φάσης				
	Είδος εργαλείου	Μήκος εργαλείου	Στροφές (rpm)	Προώσεις (mm/min)
1	Τρυπάνι διαμέτρου 12mm	Μήκος 69 mm	6000	200
2	Κοντύλι διαμέτρου 16mm	Μήκος 65 mm	6000	1000
3	Κεντραδόρος διαμέτρου 6mm	Μήκος 15 mm	6000	600
4	Τρυπάνι διαμέτρου 4mm	Μήκος 35 mm	8000	150

Πίνακας 4.2: Κοπτικά εργαλεία κατεργασίας πρώτης φάσης του δοκιμίου



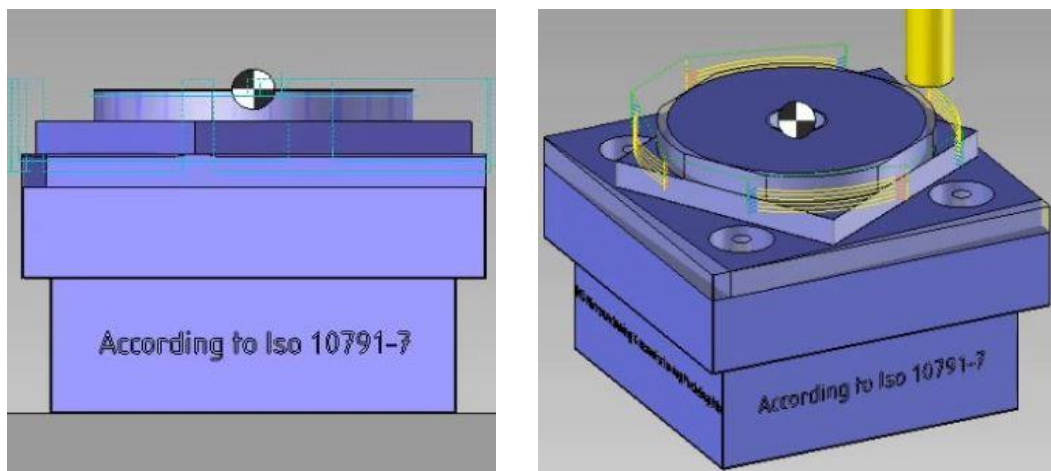
Σχήμα 4.12: Δέντρο κατεργασιών πρώτης φάσης

1. Αρχική διάτρηση (ξεχόνδρισμα) οπής Φ30 με κονδύλι διαμέτρου 12mm
2. Ξεχόνδρισμα και αποπεράτωση της άνω επιφάνειας με κοπτικό διαμέτρου 16mm
3. Ξεχόνδρισμα οπής Φ30, με κονδύλι διαμέτρου 16mm εκτελώντας ελικοειδή κοπή (helical cutting)
4. Αποπεράτωση οπής Φ30, με κονδύλι διαμέτρου 16mm εκτελώντας ελικοειδή κοπή (helical cutting)
5. Ξεχόνδρισμα με πλευρικό φραιζάρισμα της τετραγωνικής διατομής 70*70 (κονδύλι διαμέτρου 16mm)
6. Ξεχόνδρισμα με πλευρικό φραιζάρισμα της τετραγωνικής διατομής 80*80 (κονδύλι διαμέτρου 16mm)
7. Αποπεράτωση με πλευρικό φραιζάρισμα της τετραγωνικής διατομής 80*80 (κονδύλι διαμέτρου 16mm)
8. Αποπεράτωση με πλευρικό φραιζάρισμα της τετραγωνικής διατομής 70*70 (κονδύλι διαμέτρου 16mm)
9. Σπάσιμο γωνιών (με κεντραδόρο διαμέτρου 6mm)
10. Κεντράρισμα οπών Φ4 (με κεντραδόρο 6mm)
11. Διάτρηση οπών Φ4 (με τρυπάνι διαμέτρου 4mm)



Σχήμα 4.13: Δοκίμιο ISO10791-7 μετά την ολοκλήρωση της πρώτης φάσης και της χαρακτηριστικής.

❖ Δεύτερη φάση



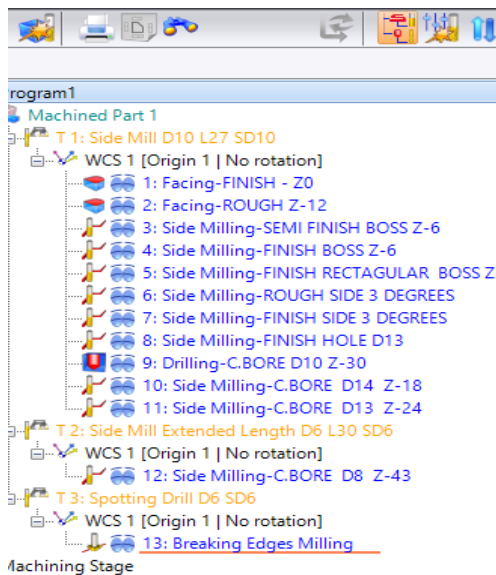
Σχήμα 4.14: Τρισδιάστατη απεικόνιση τελικού τεμαχίου κατά την διαδικασία της δεύτερης φάσης ψηφιακής κατεργασίας



Σχήμα 4.15: Κοπτικά εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη κατεργασία της δεύτερης φάσης του δοκιμίου

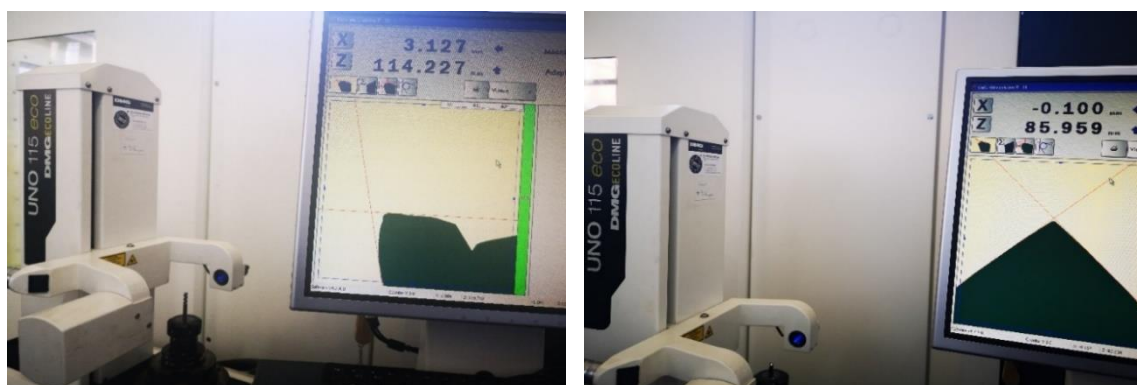
Κοπτικά εργαλεία δεύτερης φάσης				
	Είδος εργαλείου	Μήκος εργαλείου	Στροφές (rpm)	Προώσεις (mm/min)
1	Κοντύλι διαμέτρου 10mm	Μήκος 27 mm	4000 έως 6000	100 έως 500
2	Κοντύλι διαμέτρου 16mm	Μήκος 30 mm	6000	500
3	Κεντραδόρος διαμέτρου 6mm	Μήκος 20 mm	6000	500

Πίνακας 4.3: Κοπτικά εργαλεία κατεργασίας δεύτερης φάσης του δοκιμίου



Σχήμα 4.16: Δέντρο κατεργασιών δεύτερης φάσης

1. Αποπεράτωση της επιφάνειας αναφοράς ($z=0$)
2. Ξεχόνδρισμα του παραλληλογράμμου ($z=-12$)
3. Ξεχόνδρισμα του κυκλικού boss ($z=-6$)
4. Αποπεράτωση του κυκλικού boss ($z=-6$)
5. Αποπεράτωση του παραλληλογράμμου ($z=-12$)
6. Ξεχόνδρισμα των δύο πλευρών με κλίση 3° ($z=-18$)
7. Αποπεράτωση των δύο πλευρών με κλίση 3° ($z=-18$)
8. Αποπεράτωση κεντρικής οπής $\Phi 13$
9. Διάντρωση των τεσσάρων οπών $\Phi 10$ ($z=-30$)
10. Αποπεράτωση των τεσσάρων οπών $\Phi 14$ ($z=-18$) με ελικοειδή κοπή
11. Αποπεράτωση των τεσσάρων οπών $\Phi 13$ ($z=-24$) με ελικοειδής κοπή
12. Αποπεράτωση των τεσσάρων οπών $\Phi 8$ ($z=-43$) με ελικοειδή κοπή
13. Σπάσιμο γωνιών



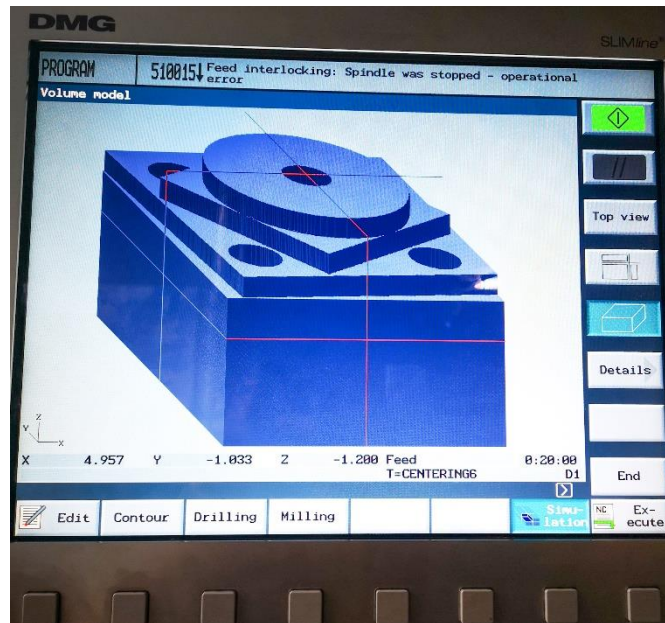
Σχήμα 4.17: Υψομετρικό εργαλείων και οπτικός έλεγχος κοπτικών ακμών (UNO115 eco line)

Σε όλα τα κοπτικά που χρησιμοποιήθηκαν, πραγματοποιήθηκε οπτικός έλεγχος όλων των κοπτικών ακμών και στη συνέχεια αποθηκεύτηκαν τα ύψη τους με την χρήση του UNO 115

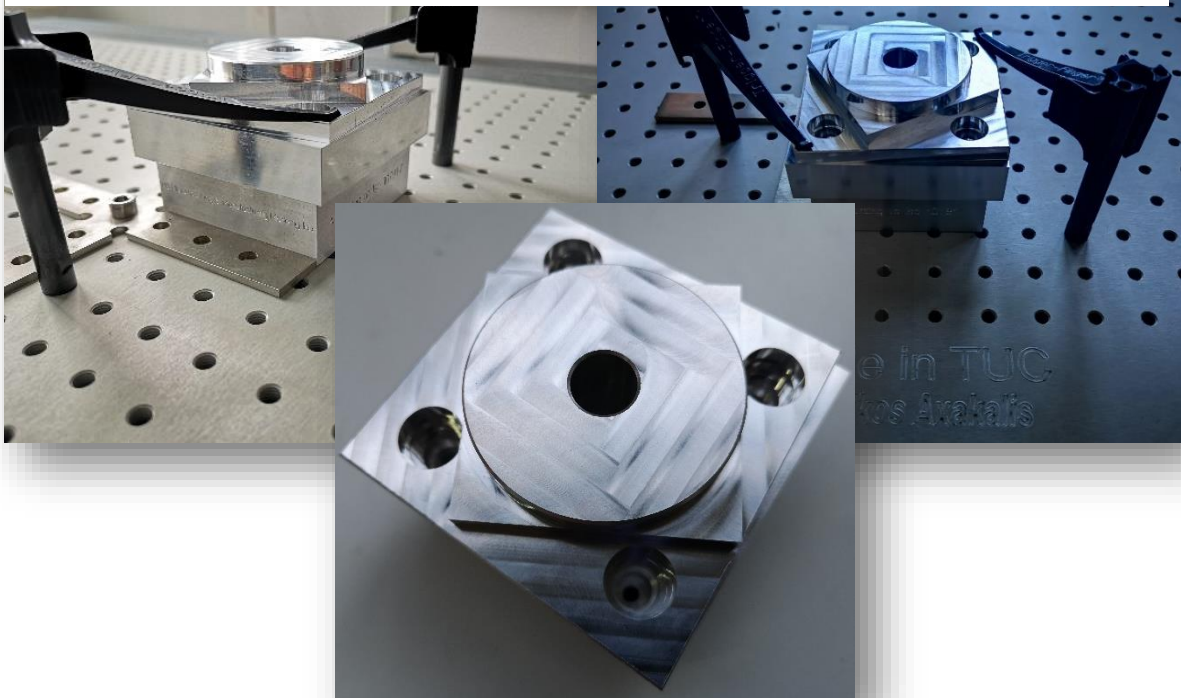
εο της εταιρείας DMG όπως παρουσιάζεται η διαδικασία στο σχήμα 4.17, με στόχο την υψηλή ακρίβεια του τελικού τεμαχίου .

4.2.4 Ψηφιακή προσομοίωση (simulation) στην DMU50 eco line

Πριν το ξεκίνημα της κοπής, πραγματοποιήθηκε η χρήση της ψηφιακής προσομοίωσης στο κοντρόλ του κέντρο κατεργασίας DMU50 eco line με σκοπό την άμεση διόρθωση σφαλμάτων αλλά και τη τελική εξέταση ολόκληρου του προγράμματος πριν από την εφαρμογή του στο τεμάχιο. Επί της ουσίας, η ψηφιακή προσομοίωση στο κοντρόλ της εργαλειομηχανής, αποτελεί το τελικό στάδιο ελέγχου τόσο της σχεδίασης όσο και του προγραμματισμού και παρουσιάζει γραφικά τα αποτελέσματα του G κώδικα.



Σχήμα 4.18: Ψηφιακή προσομοίωση δεύτερης φάσης στο DMU50 eco line



Σχήμα 4.19: Τελικό δοκίμιο ISO10791-7

5. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΔΟΚΙΜΑΣΤΙΚΟΥ ΤΕΜΑΧΙΟΥ

5.1 Ακρίβεια και Ορθότητα μετρήσεων

Η επιτέλεση των μετρήσεων αποτελεί το βασικό αντικείμενο της επιστήμης της Μετρολογίας. Στο πλαίσιο της Μετρολογίας, ως μέτρηση ορίζεται η διαδικασία σύγκρισης μιας άγνωστης ποσότητας με ένα γνωστό πρότυπο, το οποίο ορίζει ένα κοινά αποδεκτό σύστημα μονάδων. Η μέτρηση αφορά συνήθως φυσικά μεγέθη, όπως για παράδειγμα η μέτρηση του μήκους ενός αντικειμένου με τη χρήση ενός παχύμετρου. Στο πλαίσιο του κατασκευαστικού κλάδου της βιομηχανίας, οι μετρήσεις αφορούν σε μεγάλο βαθμό τη μέτρηση της γεωμετρίας και των διαστάσεων του τελικού προϊόντος, αφορούν, δηλαδή, κυρίως μετρήσεις μήκους, καθώς και μετρήσεις σχετικών παράγωγων μεγεθών αυτού, όπως το πάχος, το βάθος, η διάμετρος, η επιπεδότητα, η καμπυλότητα, η ομοκεντρία, η συμμετρία ακόμα και η τραχύτητα.

Ως αποτέλεσμα των μετρήσεων αποτελεί μια αριθμητική τιμή, η οποία προσδιορίζεται με ένα δεδομένο βαθμό ακρίβειας και ορθότητας. Στο βιβλίο των ([10] Καραχάλιου Μανσούρ, 2007) παραθέτονται αναλυτικά οι ορισμοί της μετρολογίας καθώς και η θεωρία των σφαλμάτων των μετρήσεων. Με βάση τους ορισμούς του προαναφερθέν βιβλίου, η ορθότητα (accuracy) μιας μέτρησης ή ενός οργάνου/συσκευής σχετίζεται με το βαθμό στον οποίο η μετρηθείσα τιμή συμφωνεί με τη πραγματική τιμή ενός μεγέθους ή μιας ποσότητας. Μια μέτρηση θεωρείται ορθή όταν απουσιάζουν από αυτή συστηματικά σφάλματα, δηλαδή αρνητικές ή θετικές αποκλίσεις από τη πραγματική τιμή που εμφανίζονται σταθερά και συνεπώς σε διαδοχικές μετρήσεις. Τα σφάλματα αυτά μπορούν να αποδοθούν σε ένα συγκεκριμένο αίτιο το οποίο είναι δυνατό να αναγνωριστεί και να εξαλειφθεί (διορθωθεί), όπως π.χ. το σταθερό σφάλμα που προκύπτει από την θερμοκρασία του περιβάλλοντος στις μετρήσεις με CMM, η φθορά στο όργανο μέτρησης ή ο λάθος χειρισμός. Αντίστοιχα, η ακρίβεια (precision) μιας μέτρησης αποτελεί μέτρο της επαναληψιμότητας (repeatability) μιας μετρητικής διαδικασίας και σχετίζεται με τα τυχαία σφάλματα. Υψηλός βαθμός ακρίβειας σημαίνει ότι έχουν ελαχιστοποιηθεί τα τυχαία σφάλματα, οι αποκλίσεις δηλαδή που οφείλονται σε παράγοντες που είτε δεν μπορούν να αποκλεισθούν (π.χ. τα σφάλματα που οφείλονται στον ανθρώπινο παράγοντα, όπως η στρογγυλοποίηση των μετρήσεων) είτε είναι δύσκολο να ελεγχθούν (π.χ. συνθήκες περιβάλλοντος). Αποτελεί γενικά αποδεκτή παραδοχή ότι τα τυχαία σφάλματα για μια σειρά μετρήσεων κατανέμονται στατιστικά σύμφωνα με το πρότυπο της κανονικής κατανομής.

Επομένως, η ακρίβεια και η ορθότητα των μετρήσεων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις αντίστοιχες δυνατότητες του οργάνου μέτρησης. Κανένα όργανο μέτρησης δεν προσφέρει απόλυτη ακρίβεια (κανένα τυχαίο σφάλμα) και ορθότητα (κανένα συστηματικό σφάλμα). Επιπλέον κάθε όργανο χαρακτηρίζεται από ένα συγκεκριμένο εύρος μετρήσεων, που καθορίζεται από την ελάχιστη και τη μέγιστη τιμή που μπορεί να μετρηθεί με δεδομένη ακρίβεια και ορθότητα. Όσο μεγαλύτερος ο βαθμός ακρίβειας και ορθότητας αλλά και το εύρος των μετρήσεων, τόσο μεγαλύτερο προφανώς το κόστος του οργάνου ή της συσκευής. Όπως με όλους τους τύπους εξοπλισμού κανένα όργανο ή συσκευή δεν υπερέρχει σε όλα από τα παραπάνω, συνεπώς η επιλογή ενός συγκεκριμένου εξοπλισμού εξαρτάται από το αντικείμενο της μέτρησης και την επιθυμητή εφαρμογή.

Για τη διατήρηση του μέγιστου βαθμού ορθότητας απαιτείται η τακτική διακρίβωση (calibration) του οργάνου, κατά την οποία η μέτρηση ενός οργάνου ελέγχεται με βάση ένα

γνωστό πρότυπο. Η διαδικασία διακρίβωσης πρέπει να εκτελεστεί για όλο το εύρος των μετρήσεων και το πρότυπο πρέπει να φυλάσσεται προσεκτικά, έτσι ώστε να μην υποστεί αλλαγές ή αλλοιώσεις που ουσιαστικά θα το αχρηστέψουν. Να σημειωθεί ότι για την διακρίβωση υφίσταται ο κανόνας 1/10. Σύμφωνα με αυτόν το κανόνα για την μέτρηση ενός γεωμετρικού χαρακτηριστικού με ανοχή T θα πρέπει το μετρητικό όργανο που θα χρησιμοποιηθεί να έχει ακρίβεια τουλάχιστον 10 φορές καλύτερη.

5.2 Αβεβαιότητα μετρήσεων και υπολογισμός της

Η αβεβαιότητα μέτρησης (measurement uncertainty) είναι η μη αρνητική παράμετρος που χαρακτηρίζει τη διασπορά των τιμών ποσότητας που αποδίδονται σε ένα μετρούμενο μέγεθος, με βάση τις πληροφορίες που χρησιμοποιούνται, σύμφωνα με τον VIM (International Vocabulary of Metrology). Η αβεβαιότητα λοιπόν, υφίσταται σε κάθε μετρητική διαδικασία εφόσον δεν υπάρχει η δυνατότητα της τέλειας μέτρησης. Επομένως, αποτελεί μια ποσοτική έκφραση της ποιότητας της μέτρησης ενώ ο υπολογισμός της πραγματοποιείται λαμβάνοντας υπόψη το σύνολο των παραγόντων που την επηρεάζουν. Εν κατακλείδι, η αβεβαιότητα εντάσσεται στα σφάλματα των μετρήσεων και γίνεται αέναη προσπάθεια εξάλειψης αυτών.

Τα σφάλματα των μετρήσεων (measurement errors) ορίζονται ως η διαφορά μεταξύ της μετρούμενης τιμής μιας ποσότητας και της ιδεατής τιμής της. Χωρίζονται λοιπόν, στα συστηματικά σφάλματα (systematic measurement errors) και στα τυχαία (random measurement errors). Τα συστηματικά σφάλματα επαναλαμβάνονται και υπάρχει κάποιο αίτιο που τα δημιουργεί. Πολλές φορές είναι δύσκολο να εντοπισθούν αλλά μπορούν να εξουδετερωθούν με κατάλληλη διακρίβωση (calibration), συγκρίνοντας με κάποιον τρόπο τις μετρήσεις και τις πραγματικές τιμές αυτών.

Τα συστηματικά σφάλματα ορίζουν την ακρίβεια (ορθότητα) (accuracy) της μέτρησης, δηλαδή κατά πόσο οι μετρήσεις είναι κοντά στις πραγματικές τιμές ή υπάρχουν συστηματικές αποκλίσεις.

Τα τυχαία σφάλματα στον αντίποδα, δεν επαναλαμβάνονται με το πείραμα αλλά αντιπροσωπεύουν τη τυχαιότητα που χαρακτηρίζει το μέγεθος που μετράμε. Επομένως, τα σφάλματα αυτού του τύπου δε μπορούν να απαλειφθούν. Συμπερασματικά, τα τυχαία σφάλματα ορίζουν την ακρίβεια επανάληψης ενώ τα συστηματικά ορίζουν την ορθότητα της μέτρησης.

5.3 Παράδειγμα μετρήσεων με την CMM M574

5.3.1 Παράδειγμα μέτρησης του τεμαχίου SPSACTMC0223

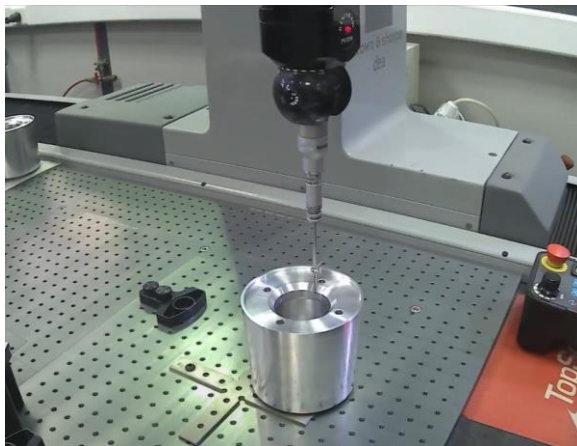
Πρόκειται για ένα κατεργασμένο τεμάχιο από την εταιρεία ΝΑΞ. Κατόπιν παραγγελίας από το CERN, το οποίο είναι το μεγαλύτερο σε έκταση (πειραματικό) κέντρο πυρηνικών ερευνών, και ειδικότερα επί της σωματιδιακής φυσικής στο κόσμο. Η παραπάνω εταιρεία κλήθηκε να κατασκευάσει και να μετρήσει τις γεωμετρικές και διαστατικές ακρίβειες του τεμαχίου με πιστοποιητικό CMM. Αρχικά πραγματοποιήθηκε τόννευση των πρώτων υλών, σε τριαξονικό τόρνο της OKUMA μοντέλο LB300 και ύστερα η δεύτερη φάση εκτελέστηκε στη πενταξονική φραιζα της Okuma Genos M460V. Με την ολοκλήρωση της τόννευσης και του φρεζαρίσματος άρχισε η επιθεώρηση των τελικών τεμαχίων με την χρήση CMM της DEA μοντέλο SCIROCCO 140907 με σύστημα ανίχνευσης της Renishaw PH10M-PH200.



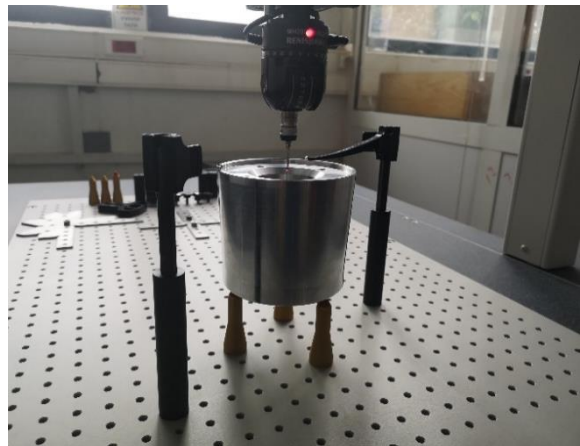
Σχήμα 5.1: CMM DEA SCIROCCO της εταιρείας ΝΑΞ και CMM Mitutoyo M574 του m3

Η παραπάνω αυτοματοποιημένη μηχανή μέτρησης συντεταγμένων της εταιρείας ΝΑΞ έχει ακρίβεια $\pm \left(2.8 + \frac{L}{250}\right) \mu m$ και βρίσκεται σε ελεγχόμενο θερμοκρασιακά χώρο ($20-22\text{ }^{\circ}\text{C}$), η υγρασία δεν υπερβαίνει το 30% και τέλος υπάρχει καθαρός περιβάλλοντας χώρος από σκόνης (clean room) .

Το προαναφερθέν τεμάχιο μετρήθηκε στην συνέχεια από τη καινούργια CMM Crysta-Plus M574 του εργαστηρίου Μικροκοπήs και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης (m3), με ακρίβεια $\left(3.5 + \frac{4L}{1000}\right) \mu m$, για την επιβεβαίωση των μετρήσεων και την σύγκριση των τιμών, των δύο CMM. (όπου L είναι το μήκος μέτρησης σε χιλιοστά)



Σχήμα 5.2: Τεμάχιο SPSACTMC0223 στην CMM DEA SCIROCCO της εταιρείας ΝΑΞ.



Σχήμα 5.3: Τεμάχιο SPSACTMC0223 στην CMM Crysta-Plus M574 του εργαστηρίου m3.

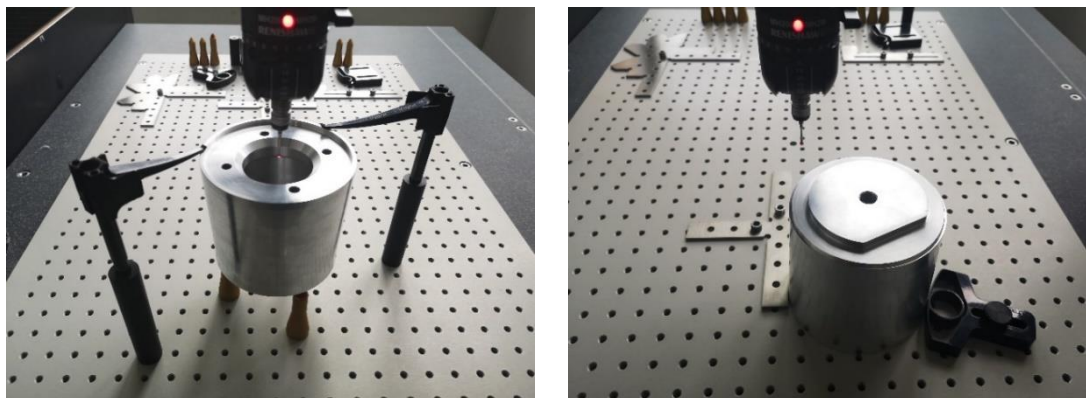
pcodmis		PART NAME : Inner Air - SPSACTMC0223-rev:B - Part 1 - series				September 18, 2018	14:50
		REV NUMBER :		SER NUMBER :		STATS COUNT : 1	
⌀	MM	A-8 DIA 75 - CYL DIA 75					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	75.000	0.300	0.300	75.015	0.015	0.000	<div><div></div></div>
↔	MM	B-8 DIST 30.2 - LIN1-DCC TO CYL DIA 75 (XAXIS)					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	30.000	0.200	0.200	30.028	0.028	0.000	<div><div></div></div>
⌀	MM	B-8 RAD 5 - CIR R5					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
R	5.000	0.500	0.500	5.087	0.087	0.000	<div><div></div></div>
⌀	MM	F-8 DIA 100 - CYL DIA 100					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	100.000	0.100	0.100	99.998	-0.002	0.000	<div><div></div></div>
↔	MM	F-8 CONCEN DIA 100 - CYL DIA 100 TO CIR 96.9					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	0.000	0.050	0.000	0.000	0.000	0.000	<div><div></div></div>
⌀	MM	E-9 DIA 96.8 - CIR 96.9					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	96.800	0.050	0.050	96.802	0.002	0.000	<div><div></div></div>
E-9 CONCEN	MM	⊙ 0.05 B					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
CIR 96.9	0.000	0.050		0.001	0.001	0.000	<div><div></div></div>
E-8 PARL 92.85	MM	// 0.05 A					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
PLN 92.85	0.000	0.050	0.000	0.027	0.027	0.000	0.000 <div><div></div></div>
↔	MM	E-11 DIST 100 - PLN BASE TO PLN1-DCC					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	100.000	0.100	0.100	100.058	0.058	0.000	<div><div></div></div>
↔	MM	E-11 DIST 95 - PLN BASE TO PLN 95					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	95.000	0.300	0.300	95.064	0.064	0.000	<div><div></div></div>
↔	MM	E-11 DIST 92.85 - PLN BASE TO PLN 92.85					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	92.850	0.100	0.100	92.892	0.042	0.000	<div><div></div></div>
⌀	MM	D-10 ANGLE 3 - CON1					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
A/2	3°00'00"	0°20'00"	0°20'00"	3°03'47"	0°03'47"	0°00'00"	<div><div></div></div>
↔	MM	E-11 DIST 80.6 - CIR3 TO PLN BASE					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	80.600	0.300	0.300	80.505	-0.095	0.000	<div><div></div></div>
⌀	MM	B-5 DIA 102 - CIR DIA 102					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	102.000	0.050	0.050	102.001	0.001	0.000	<div><div></div></div>

Σχήμα 5.5: Πρώτη σελίδα μετρήσεων του SPSACTMC0223 από την εταιρεία ΝΑΞ.

B-4 CONCEN...	MM	⊙ 0.05 -B					
Feature	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	BONUS
CIR DIA 102	0.000	0.050		0.021	0.021	0.000	
⊕	MM	C-9 DIA 108 - CYL DIA 108					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	108.000	0.100	0.100	108.006	0.006	0.000	
⊕	MM	C-5 DIA 50 - CIR DIA 50					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	50.000	0.300	0.300	50.010	0.010	0.000	
⊕	MM	F-5 DIA 85 - CIR -DIA 85					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	85.000	0.300	0.300	84.971	-0.029	0.000	
↔	MM	C-6 DIST 4 - PLN DIST 4 TO PLN A					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	4.000	0.100	0.100	4.000	0.000	0.000	
↔	MM	C-6 DIST 22 - PNT3 TO PLN A					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	22.000	0.200	0.200	21.999	-0.001	0.000	
↔	MM	D-6 DIST 77 - PNT1 TO PLN A					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	77.000	0.300	0.300	76.998	-0.002	0.000	
↔	MM	C-3 DIST 18 - PNT3 TO PLN DIST 4					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	18.000	0.200	0.200	18.001	0.001	0.000	
⊕	MM	F-8 DIA 73 - CIR DIA 73					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
D	73.000	0.300	0.300	73.002	0.002	0.000	
∠		G-8 ANGL 90 - LIN7 TO LIN6					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
A	90°00'00"	0°20'00"	0°20'00"	90°04'43"	0°04'43"	0°00'00"	
↔	MM	A-6 DIST 5 - CIR2 TO PLN DIST 4					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	5.000	0.500	0.500	5.014	0.014	0.000	
□	MM	D-11 DIST 5.6					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	5.600	0.100	0.100	5.560	-0.040	0.000	
□	MM	A-6 CH 0.5					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	0.500	0.200	0.200	0.500	0.000	0.000	
□	MM	A-6 CH ANG 45					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	45.000	0.100	0.100	45.000	0.000	0.000	
□	MM	G-1 CH 0.5					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	0.500	0.200	0.200	0.500	0.000	0.000	
□	MM	G-1 CH ANG 45					
AX	NOMINAL	+TOL	-TOL	MEAS	DEV	OUTTOL	
M	45.000	0.100	0.100	45.000	0.000	0.000	

Σχήμα 5.6: Δεύτερη σελίδα μετρήσεων του SPSACTMC0223 από την εταιρεία ΝΑΞ.

Το ίδιο τεμάχιο μετρήθηκε και στην CMM M574 του εργαστήριου Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης (m3) για την σύγκριση των αποτελεσμάτων όπως προαναφέρθηκε. Οι έλεγχοι των γεωμετρικών ανοχών και των διαστάσεων πραγματοποιήθηκαν σε δύο φάσεις. Επιπρόσθετα, να σημειωθεί ότι λόγω έλλειψης εξοπλισμού και πιο συγκεκριμένα ακίδας σταυρού, δεν πραγματοποιήθηκαν οι εσωτερικές μετρήσεις όμως αναγράφονται στη παραπάνω αναφορά της εταιρείας.

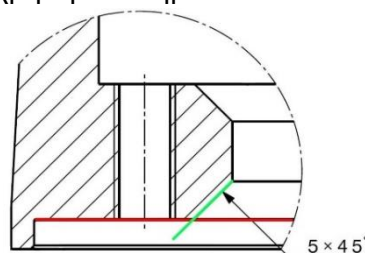


Σχήμα 5.7: Τρόπος συγκράτησης για την μέτρηση του τεμαχίου SPSACTMC0223

Προτεραιότητα, στο ξεκίνημα των μετρήσεων, έχει πάντα η διακρίβωση κάθε συνδυασμού γωνιών της αρθρωτής κεφαλής που θα χρησιμοποιηθεί μετέπειτα στο πιστοποιημένο masterball της Mitutoyo. Οι συνδυασμοί γωνιών που χρησιμοποιήθηκαν για την μέτρηση του τεμαχίου SPSACTMC0223 ήταν $\alpha=0^\circ - \beta=0^\circ$ και $\alpha=0^\circ - \beta=90^\circ$. Μετά την διακρίβωση του συστήματος ανίχνευσης στο masterball, ξεκίνησαν οι μετρήσεις του τεμαχίου σε δύο φάσεις.

Στη πρώτη φάση των μετρήσεων το τεμάχιο τοποθετήθηκε πάνω σε ειδικό εξοπλισμό (τριάκιδο) για την μέτρηση των αποστάσεων από των πυθμένα του τεμαχίου όπως φαίνεται αριστερά στο Σχήμα 5.7 με την χρήση των γωνιών $\alpha=0^\circ - \beta=90^\circ$. Οι διαστάσεις του τεμαχίου υπολογίστηκαν με την χρήση επιπέδων (Planes), απαρτιζόμενα από 4 σημεία το κάθε επίπεδο και ελέγχθηκαν οι αποστάσεις αυτές με την χρήση των ανοχών του μηχανολογικού σχεδίου. Στην συνέχεια, πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις και οι έλεγχοι όλων των κυκλικών διατομών του τεμαχίου με την χρήση κύκλων από 4 σημεία ο καθένας και εισήχθησαν οι ανοχές αυτών. Επιπροσθέτως, υπολογίστηκε η ομοκεντρία των παραπάνω κυκλικών διατομών καθώς και η παραλληλότητα με την χρήση ευθειών, της κυκλικής διατομής $\Phi 96$ με την αξονική της κεντρικής οπής.

Στην δεύτερη φάση το τεμάχιο ακουμπούσε στη πλάκα συγκράτησης από την μεριά του πυθμένα. Η χρήση της ειδικής γωνιάς και του pusher είχε ως στόχο την ακριβή επανατοποθέτηση του τεμαχίου καθώς και την συγκράτηση αυτού κατά την διάρκεια των μετρήσεων. Στην αρχή, ορίστηκε ο κύλινδρος με την χρήση 8 σημείων. Έπειτα, υπολογίστηκε η γωνία 3° μεταξύ του κυλίνδρου και του νοητού ευθύγραμμου τμήματος της $\Phi 100$. Εν συνέχεια, υπολογίστηκαν οι υπόλοιπες κυκλικές διατομές καθώς και η ομοκεντρία της $\Phi 102$ με την $\Phi 96.8$. Επιπρόσθετα, υπολογίστηκε ο νοητός κύκλος των τεσσάρων σπειρωμάτων M8 με απόκλιση της τάξης του -0.018 mm . Τέλος, αξιοσημείωτος είναι ο τρόπος μέτρησης της γωνίας των 45° διότι για τον υπολογισμό της πάρθηκαν 6 σημεία για τον σχηματισμό του κώνου και σε συνδυασμό με το κόκκινο



Σχήμα 5.8: Σχηματική αναπαράσταση υπολογισμού της γωνίας των 45° . (Από σχέδιο CERN)

επίπεδο όπως φαίνεται στο Σχήμα 5.8 υπολογίσθηκε η εσωτερική τους γωνία.

Part program list 1			Part program list 2		
No.	Function	Parameters	No.	Function	Parameters
1	Change probe	1	43	Tolerance - Distance	
2	Machine coordinates		68	Distance (4)	
3	Open protocol	GEOPAK\Mitutoyo\Acrapor	44	Circle	R5 (B8) (4)
3			72	Mean	
4	Change probe	2	47	Tolerance - Circle	
5	Change probe	1	76	R5 (B8) (4)	
6	Change probe	2	48	Circle	D100 (F8) (5)
7	Plane	z0 (1)	80	Mean	
7		Mean	51	Tolerance Concentricity	Element = D100 (F8) (5) Width of tolerance = 0.050
10	Align base plane	z0 (1)	83	Reference element = Dia96.8 (E9) (2)	
10		X/Y plane, Origin in element	52	Change probe	4
11	Plane	z2 (2)	84		
11		Mean	53	Line	line20 (2)
14	Distance	Distance (1)	85	Mean	
15	Tolerance - Distance		56	Line	line22 (3)
16	Distance (1)		88	Mean	
16	Plane	z3 (3)	59	Tolerance Parallelism	Element = line22 (3) Width of tolerance = 0.050
20		Mean	91	Reference element = line20 (2)	
19	Distance	Distance (2)	60	Change probe	2
20	Tolerance - Distance		92		
25	Distance (2)		61	Circle	D100 (C9) (6)
21	Plane	z4 (4)	93	Mean	
29		Mean	64	Tolerance - Circle	D100 (C9) (6)
24	Distance	Distance (3)	97		
32			65	Change probe	1
25	Tolerance - Distance		101		
34	Distance (3)		66	Cylinder	Angle 3 (D10) 1o (1)
26	Change probe	1	102	Mean	
38			69	Cylinder	Angle 3 (D10) 2o (2)
27	Circle	Dia100 (F8) (1)	105	Mean	
39		Mean	72	Angle	Angle (1)
30	Tolerance - Circle		73	Tolerance - Angle	
43	Dia100 (F8) (1)		110	Angle (1)	
31	Circle	Dia96.8 (E9) (2)	74	Circle	D102 (B5) (7)
34		Mean	114	Mean	
47	Tolerance - Circle		77	Tolerance - Circle	D102 (B5) (7)
51	Dia96.8 (E9) (2)		118		
35	Circle	Dia75 (A8) (3)	78	Circle	D50 (C5) (8)
55		Mean	122	Mean	
38	Tolerance - Circle		81	Tolerance - Circle	D50 (C5) (8)
59	Dia75 (A8) (3)		126		
39	Line	line1 (1)	82	Circle	D108 (C9) (9)
63		Mean	130	Mean	
42	Distance	Distance (4)	85	Tolerance Concentricity	Element = D108 (C9) (9) Width of tolerance = 0.050
			133	Reference element = D102 (B5) (7)	
			86	Plane	z7 (5)
			134	Mean	
			89	Plane	z8 (6)
			137	Mean	
			92	Distance	Distance (5)
			140		

3	93	Tolerance - Distance	
	142	Distance (5)	
	94	Circle	Usefull (B) (10)
	146	Mean	
	97	Circle	Usefull (F0) 2o (11)
	149	Mean	
	100	Distance	Distance (6)
	152		
	101	Tolerance - Distance	
	154	Distance (6)	
	102	Cone	Cone (A6) (1)
	158	Mean	
	105	Plane	for 45° (A6) (7)
	161	Mean	
	108	Tolerance Angularity	Element = for 45° (A6) (7) Width of tolerance = 1.000
	164	Reference element = Cone (A6) (1)	
	109	Circle	for (A6) 2o (12)
	165	Mean	
	112	Circle	for (A6) 2o (13)
	168	Mean	
	113	Measure point manually	Number of points = 4
	169		
	114	Finish element	
	170		

Σχήμα 5.9: Αναλυτική περιγραφή των μετρήσεων του SPSACTMC0223.



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΟΠΗΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ



Πολυτεχνείο
Κρήτης

Auditor	Date	PartName	Part-No.
Axakalis Nikolaos	2019	Inner air	SPACTMC0223

L.No	Mem No	Job	Des.	Nominal	Tolerance	Actual	Dev.	Oversize
15	1	Distance		92.850	0.100	92.850	0.000	
		Distance XY			-0.100			---*---
20	2	Distance		95.000	0.100	94.974	-0.026	
		Distance XY			-0.100			---**---
25	3	Distance		100.000	0.100	99.970	-0.030	
		Distance XY			-0.100			---**---
30	1	Dia100 (F8)		100.000	0.100	100.075	0.075	
		Diameter			-0.100			-----*****
34	2	Dia96.8 (E9)		96.800	0.050	96.804	0.004	
		Diameter			-0.050			---*---
38	3	Dia75 (A8)		75.000	0.300	74.998	-0.002	
		Diameter			-0.300			---*---
43	4	Distance		30.200	0.200	30.207	0.007	
		Distance XY			-0.200			---*---
47	4	R5 (B8)		10.000	0.500	9.729	-0.271	
		Diameter			-0.500			-----*****
51	5	D100 (F8)	Y	124.837	0.050	124.860	0.046	
		Concentricity	Z	0.000		0.000		-----*****
59	3	lineZ2			0.050		0.000	
		Parallelism						*-----
64	6	D108 (C9)		108.000	0.100	107.967	-0.033	
		Diameter			-0.100			---***---
73	1	Angle		3:00:00	0:20:00	3:14:30	0:14:30	
		Angle			-0:20:00			-----*****
77	7	D102 (B5)		102.000	0.050	102.001	0.001	
		Diameter			-0.050			---*---
81	8	D50 (C5)		50.000	0.300	50.011	0.011	
		Diameter			-0.300			---*---

We can make what we can measure

- Page 1 -

Σχήμα 5.10: Πρώτη σελίδα μετρήσεων του τεμαχίου SPACTMC0223



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΟΠΗΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ



Πολυτεχνείο
Κρήτης

L.No	Mem	Job	Des.	Nominal	Tolerance	Actual	Dev.	Oversize
85	9	D108 (C9)*	Y	129.971	0.050	129.969	0.004	
		Concentricity	Z	0.000		0.000		*----
93	5	Distance		4.000	0.100	3.998	-0.002	
		Distance XY			-0.100			----*----
101	6	Distance		73.000	0.300	72.982	-0.018	
		Distance XY			-0.300			----*----
108	7	for 45* (A6)			1.000		0.998	
		Angularity		45:00:00				*****

We can make what we can measure

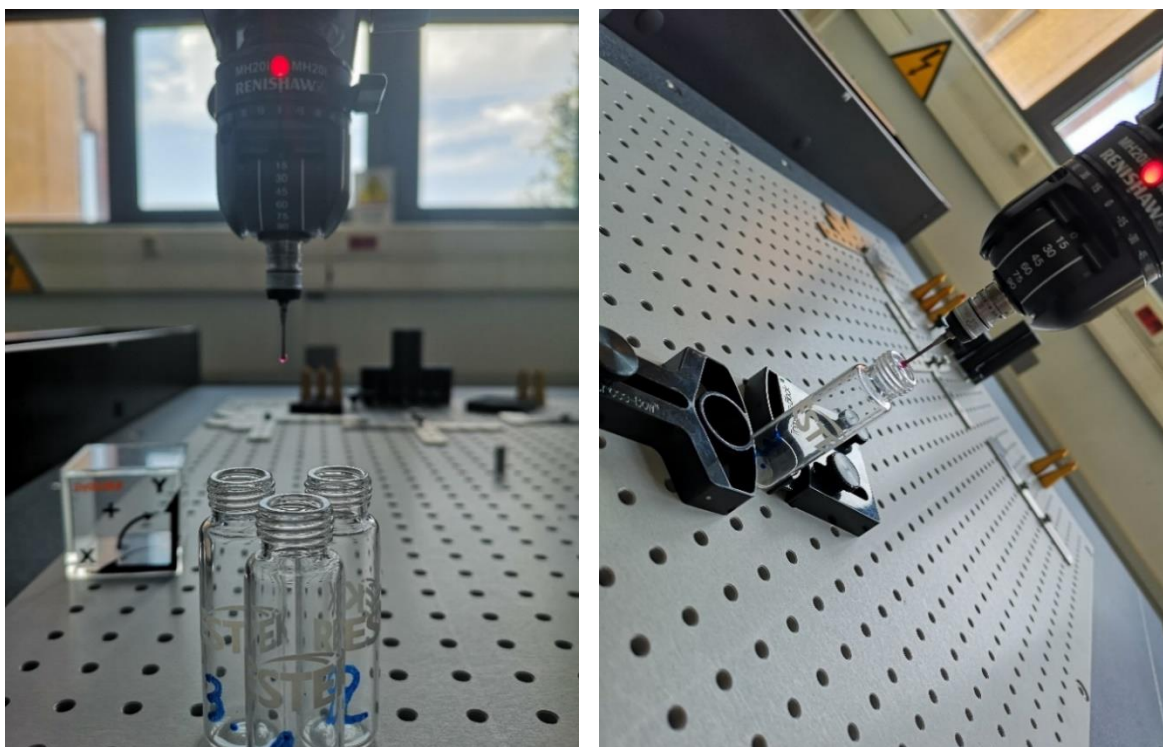
- Page 2 -

Σχήμα 5.11: Δεύτερη σελίδα μετρήσεων του τεμαχίου SPSACTMC0223

Οι μικροδιαφορές των μετρήσεων από τις δύο CMM (DEA SCIROCCO της εταιρείας ΝΑΞ και της Mitutoyo Crysta-Plus M574, οφείλονται στην θερμοκρασιακή διαφορά που υπήρξε καθώς και στις ακρίβειες των μηχανών.

5.3.2 Παράδειγμα μέτρησης των φιαλιδίων Sample Bottles

Πρόκειται για τρία φιαλίδια από γυαλί τα οποία αποτελούν εργαστηριακό εξοπλισμό του τομέα σχεδιασμού και ανάπτυξης περιβαλλοντικών διεργασιών. Το εργαστήριο υδατικής χημείας του τμήματος μηχανικών περιβάλλοντος του πολυτεχνείου Κρήτης, θέλησε να πραγματοποιήσει μελέτη αεροστεγής στεγανοποίησης των φιαλιδίων αυτών. Αρχικά, κατασκευάστηκαν μεταλλικά πώματα με αυλακώσεις για ελεύθερη συναρμογή των πωμάτων με τα φιαλίδια. Εν συνεχεία, χρησιμοποιήθηκαν λάστιχα O-Ring με τελικό στόχο την αεροστεγή στεγανοποίηση των φιαλιδίων. Όμως, επειδή πρόκειται για γυάλινα φιαλίδια, κατασκευασμένα από χύτευση, το εύρος ανοχών των κεντρικών οπών ήταν αρκετά μεγάλο που δυσχέραινε την διαστασιολόγηση του πώματος και συνεπώς την αεροστεγή στεγανοποίηση αυτού. Γι' αυτό το λόγο πραγματοποιήθηκαν τριβάθμιδες μετρήσεις των κεντρικών οπών (top,mid,bottom) όπως παρουσιάζονται στην αναφορά των μετρήσεων παρακάτω. Να σημειωθεί ότι η συγκράτηση των συγκεκριμένων τεμαχίων ήταν απαιτητική και ταυτόχρονα αναγκαστική διότι η επαφή των φιαλιδίων με την ακίδα και σε συνδυασμό με το μικρό βάρος τους, δεν θα βοηθούσε τις μετρήσεις και θα προέκυπταν λανθασμένα αποτελέσματα.



Σχήμα 5.12: Τρόπος συγκράτησης για την μέτρηση των τεμαχίων Sample Bottles

Program list for Sample Bottles					
No.		Function	Parameters		
1		Change probe	1		
2		Machine coordinates			
3		Open protocol	GEOPAK\Mitutoyo\tscreport		
4		Circle	Bottle3 (top) (1) Mean		
7		Circle	Bottle3 (mid) (2) Mean		
10		Circle	Bottle3 (bottom) (3) Mean		
13		Circle	Bottle2 (top) (4) Mean		
16		Circle	Bottle2 (mid) (5) Mean		
19		Circle	Bottle2 (bottom) (6) Mean		
22		Circle	Bottle2 (bottom) (7) Mean		
25		Circle	Bottle1 (top) (8) Mean		
28		Circle	Bottle1 (mid) (9) Mean		
31		Circle	Bottle1 (bottom) (10) Mean		
34		Circle	Bottle1 (top) (11) Mean		
37		Tolerance - Circle Bottle1 (top) (11)	Diameter	11.850	0.110 -0.110
38		Circle	Bottle1 (mid) (12) Mean		
41		Tolerance - Circle Bottle1 (mid) (12)	Diameter	11.850	0.110 -0.110
42		Circle	Bottle1 (bottom) (13) Mean		
45		Tolerance - Circle Bottle1 (bottom) (13)	Diameter	11.850	0.110 -0.110
46		Circle	Bottle2 (top) (14) Mean		
49		Tolerance - Circle Bottle2 (top) (14)	Diameter	11.850	0.110 -0.110
50		Circle	Bottle2 (mid) (15) Mean		
53		Tolerance - Circle Bottle2 (mid) (15)	Diameter	11.850	0.110 -0.110
54		Circle	Bottle2 (bottom) (16) Mean		
57		Tolerance - Circle Bottle2 (bottom) (16)	Diameter	11.850	0.110 -0.110
58		Circle	Bottle3 (top) (17) Mean		
61		Tolerance - Circle Bottle2 (top) (17)	Diameter	11.850	0.110 -0.110
62		Circle	Bottle3 (mid) (18) Mean		
65		Tolerance - Circle Bottle2 (mid) (18)	Diameter	11.850	0.110 -0.110
66		Circle	Bottle3 (bottom) (19) Mean		
67		Measure point manually	Number of points = 4		
68		Finish element			
69		Tolerance - Circle Bottle2 (bottom) (19)	Diameter	11.850	0.110 -0.110

Σχήμα 5.13: Αναλυτική περιγραφή μετρήσεων των τεμαχίων Sample Bottles

List of results									
00001	Change probe Probe-No. 1	D=	2.987	A=	0.00:00				
				B=	0.00:00				
00002	Machine coordinates								
00003	Open protocol								
00034	Circle Mean Bottle1 (top) (11)	X=	283.941	A=	90:00:00	D=	11.881		
		Y=	116.101	B=	90:00:00	d=	0.0634		
		Z=	0.000	C=	0:00:00	n=	4		
00037	Diameter (11) Bottle1 (top)		11.881			11.850			
			0.031			0.110			
						-0.110			
00038	Circle Mean Bottle1 (mid) (12)	X=	283.930	A=	90:00:00	D=	11.850		
		Y=	116.068	B=	90:00:00	d=	0.0160		
		Z=	0.000	C=	0:00:00	n=	4		
00041	Diameter (12) Bottle1 (mid)		11.850			11.850			
			0.000			0.110			
						-0.110			
00042	Circle Mean Bottle1 (bottom) (13)	X=	283.894	A=	90:00:00	D=	11.857		
		Y=	116.033	B=	90:00:00	d=	0.0226		
		Z=	0.000	C=	0:00:00	n=	4		
00045	Diameter (13) Bottle1 (bottom)		11.857			11.850			
			0.007			0.110			
						-0.110			
00046	Circle Mean Bottle2 (top) (14)	X=	283.324	A=	90:00:00	D=	11.912		
		Y=	115.798	B=	90:00:00	d=	0.0243		
		Z=	0.000	C=	0:00:00	n=	4		
00049	Diameter (14) Bottle2 (top)		11.912			11.850			
			0.062			0.110			
						-0.110			
00050	Circle Mean Bottle2 (mid) (15)	X=	283.317	A=	90:00:00	D=	11.813		
		Y=	115.847	B=	90:00:00	d=	0.0417		
		Z=	0.000	C=	0:00:00	n=	4		
00053	Diameter (15) Bottle2 (mid)		11.813			11.850			
			-0.037			0.110			
						-0.110			
00054	Circle Mean Bottle2 (bottom) (16)	X=	283.325	A=	90:00:00	D=	11.754		
		Y=	115.892	B=	90:00:00	d=	0.0458		
		Z=	0.000	C=	0:00:00	n=	4		
00057	Diameter (16) Bottle2 (bottom)		11.754			11.850			
			-0.096			0.110			
						-0.110			
00058	Circle Mean Bottle2 (top) (17)	X=	283.778	A=	90:00:00	D=	11.911		
		Y=	115.891	B=	90:00:00	d=	0.0089		
		Z=	0.000	C=	0:00:00	n=	4		
00061	Diameter (17) Bottle2 (top)		11.911			11.850			
			0.061			0.110			
						-0.110			
00062	Circle Mean Bottle2 (mid) (18)	X=	283.773	A=	90:00:00	D=	11.892		
		Y=	115.944	B=	90:00:00	d=	0.0449		
		Z=	0.000	C=	0:00:00	n=	4		
00065	Diameter (18) Bottle2 (mid)		11.892			11.850			
			0.042			0.110			
						-0.110			
00066	Circle Mean Bottle2 (bottom) (19)	X=	283.799	A=	90:00:00	D=	11.865		
		Y=	115.977	B=	90:00:00	d=	0.0040		
		Z=	0.000	C=	0:00:00	n=	4		
00069	Diameter (19) Bottle2 (bottom)		11.865			11.850			
			0.015			0.110			
						-0.110			

Σχήμα 5.14: Αποτελέσματα μετρήσεων των Sample Bottles



Πολυτεχνείο
Κρήτης

Auditor			Date	Part Name			Part-No.	
Axakalis Nikolaos			2019	Inner air			1-2-3	
L.No	Mem	Job	Des.	Nominal	Tolerance	Actual	Dev.	Oversize
	No							
37	11	Bottle1 (top)		11.850	0.110	11.881	0.031	
		Diameter			-0.110			----**----
41	12	Bottle1 (mid)		11.850	0.110	11.850	0.000	
		Diameter			-0.110			----*-----
45	13	Bottle1 (bottom)		11.850	0.110	11.857	0.007	
		Diameter			-0.110			----*-----
49	14	Bottle2 (top)		11.850	0.110	11.912	0.062	
		Diameter			-0.110			----****_--
53	15	Bottle2 (mid)		11.850	0.110	11.813	-0.037	
		Diameter			-0.110			---***-----
57	16	Bottle2 (bottom)		11.850	0.110	11.754	-0.096	
		Diameter			-0.110			-----****-
61	17	Bottle3 (top)		11.850	0.110	11.911	0.061	
		Diameter			-0.110			----****_--
65	18	Bottle3 (mid)		11.850	0.110	11.892	0.042	
		Diameter			-0.110			-----***--
69	19	Bottle3 (bottom)		11.850	0.110	11.865	0.015	
		Diameter			-0.110			----**-----

We can make what we can measure

- Page 1 -

Σχήμα 5.15: Αναφορά μετρήσεων των τριών φιαλιδίων

Υπολογίσθηκε ότι το εύρος τιμών από την ονομαστική τιμή, της διαμέτρου των φιαλιδίων το οποίο είναι +0.062mm και -0.096mm. Αυτές οι τιμές βοήθησαν στον υπολογισμό του πάχους των O-Ring που χρησιμοποιήθηκαν ύστερα και συνεπώς βοήθησαν στην διεκπεραίωση της μελέτης αεροστεγής στεγανοποίησης των φιαλιδίων.

5.3.3 Αντίστροφη μηχανική σε μηχανικά μέρη στροβιλοκινητήρα με την χρήση περιγραμμάτων (contour)

Πρόκειται για τρία διαφορετικά εξαρτήματα, τα οποία αποτελούν μηχανικά μέρη ενός υπάρχοντος στροβιλοκινητήρα του εργαστηρίου στροβιλομηχανών και ρευστοδυναμικής (TurboLab). Λόγω έλλειψης μηχανολογικών σχεδίων των προαναφερθέντων εξαρτημάτων, κλήθηκε το εργαστήριο μικροκοπής και κατασκευαστικής προσομοίωσης (m3) να μετρήσει όλες τις γεωμετρίες των εξαρτημάτων. Αναλυτικότερα, με την χρήση των περιγραμμάτων της CMM M574 του εργαστηρίου, πραγματοποιήθηκε η αντίστροφη μηχανική αυτών.

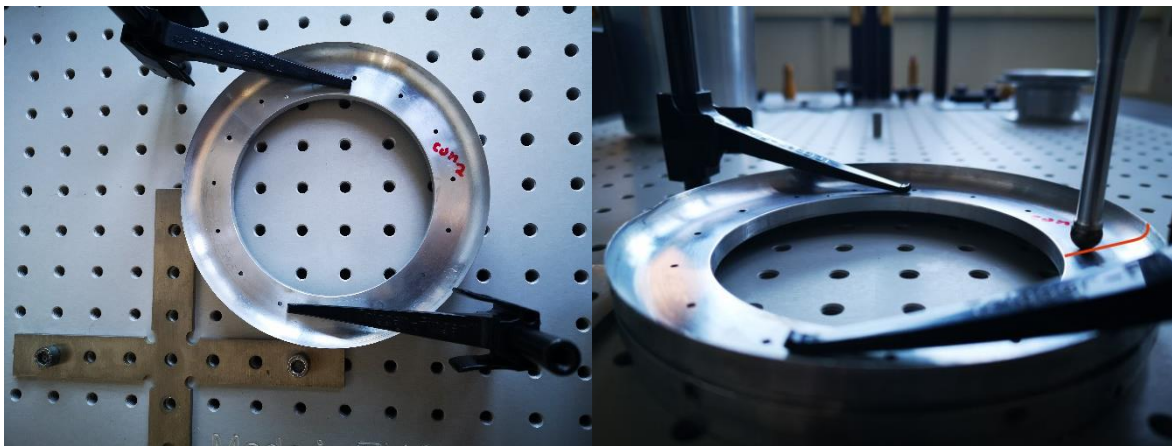


Σχήμα 5.16: Απαρτιζόμενα μέρη του αεροστροβίλου προς αντιγραφή

Όπως αναλύεται και στο βιβλίο των ([11] Raja & Fernades, 2008), η διαδικασία της αντίστροφης μηχανικής περιλαμβάνει τρία στάδια. Τα στάδια αυτά απαρτίζονται από τη σάρωση (scanning), την επεξεργασία των σημείων της σάρωσης (point processing) και την γεωμετρική ανάπτυξη του μοντέλου (geometric model development). Με τη πραγματοποίηση και των τριών αυτών σταδίων επιτεύχθηκε η αντίστροφη μηχανική για τη ψηφιακή αποτύπωση των εξαρτημάτων του στροβιλοκινητήρα για την ερευνητική μελέτη στο τομέα της υδροδυναμικής.

❖ Πρώτο στάδιο: Σάρωση πρώτου μηχανικού μέρους (scanning)

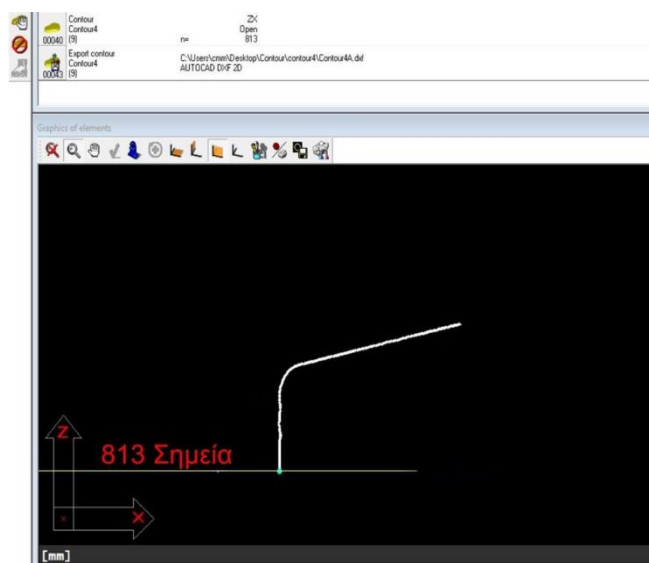
Αυτό το στάδιο αφορά τη στρατηγική που θα ακολουθηθεί για την σάρωση των αντικειμένων ώστε να αποτυπωθούν ψηφιακά οι γεωμετρίες τους, με το βέλτιστο τρόπο. Επομένως, η φάση αυτή περιλαμβάνει την επιλογή του τρόπου σάρωσης (με την χρήση περιγραμμάτων της CMM M574), τη προετοιμασία του αντικειμένου που θα σαρωθεί (τρόπος συγκράτησης στην CMM) και τέλος την ίδια τη σάρωση του αντικειμένου αυτού για τη σύλληψη όλων των πληροφοριών που περιγράφουν όλα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων όπως είναι οι κοιλότητες, οι διαστάσεις, οι καμπύλες και τα σχήματα των πτερυγίων.



Σχήμα 5.17: Πρώτο μηχανικό μέρος του αεροστροβίλου προς αντιγραφή

- ❖ Δεύτερο στάδιο: Επεξεργασία των σημείων της σάρωσης του πρώτου μηχανικού μέρους (point processing)

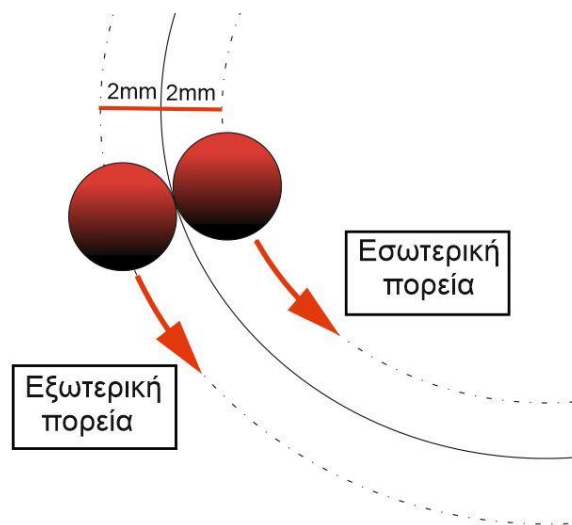
Αυτό το στάδιο περιλαμβάνει την εισαγωγή των νεφών σημείων που έχουν δημιουργηθεί από τη φάση της σάρωσης, σε ειδικό πεδίο του λογισμικού MCOSMOS1 της CMM M574. Επίσης, ακόμα ένα στοιχείο που επιτυγχάνεται κατά τη διάρκεια αυτού του σταδίου είναι η ένωση και ο συνδυασμός πολλών διαφορετικών σαρώσεων για την επίτευξη της βέλτιστης ψηφιακής αποτύπωσης του αντικειμένου, διότι αρκετές φορές χρειάζονται πολλαπλές σαρώσεις, από διαφορετικές πλευρές και γωνίες για να αποτυπώνονται όλα τα στοιχεία του αντικειμένου αυτού. Η διαδικασία αυτή είναι αναγκαστική όταν τα προς μέτρηση τεμάχια είναι φθαρμένα και οι γεωμετρίες τους αλλοιωμένες από την μηχανική τους λειτουργία. Ο σωστός σχεδιασμός των σαρώσεων μειώνει τη προσπάθεια που χρειάζεται σε αυτή τη φάση για την επεξεργασία σημείων καθώς επίσης και τη πιθανότητα λαθών κατά την ένωση των πολλών διαφορετικών σαρώσεων. Το αποτέλεσμα αυτής της φάσης όταν εκτελούνται τα παραπάνω βήματα με συνέπεια, είναι ένα καθαρό, με συνοχή, νέφος σημείων το οποίο έχει το format που επιθυμούμε (στην συγκεκριμένη περίπτωση .dxf).



Σχήμα 5.18: Δισδιάστατη απεικόνιση της γεωμετρίας που σαρώθηκε, του πρώτου μηχανικού μέρους

- ❖ Τρίτο στάδιο: Γεωμετρική ανάπτυξη του μοντέλου του πρώτου μηχανικού μέρους (geometric model development)

Χρησιμοποιώντας τις δισδιάστατες απεικονίσεις των γεωμετριών που σαρώθηκαν, σε σχεδιαστικά προγράμματα, μπορεί να επιτευχθεί η τρισδιάστατη αναπαράσταση των εξαρτημάτων αυτών σε μορφή CAD (Computer Aided Design) με τελικό στόχο είτε την αποθήκευση των μηχανολογικών σχεδίων είτε την δημιουργία ενός κώδικα ISO (G-code), ο οποίος θα χρησιμοποιηθεί για τη κατασκευή των εξαρτημάτων που μελετώνται. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι η ακίδα που χρησιμοποιήθηκε κατά την διάρκεια σαρώσεων των αντικειμένων, ήταν διαμέτρου 4mm. Επομένως, όλες οι γραφικές αποτυπώσεις που χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία τρισδιάστατων σχεδίων, έπρεπε να τους αφαιρεθεί η ακτίνα (2mm) όταν η αποτύπωση ήταν εξωτερική ενώ να τους προστεθεί η ακτίνα όταν η αποτύπωση ήταν εσωτερική μιας γεωμετρίας όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 5.19.



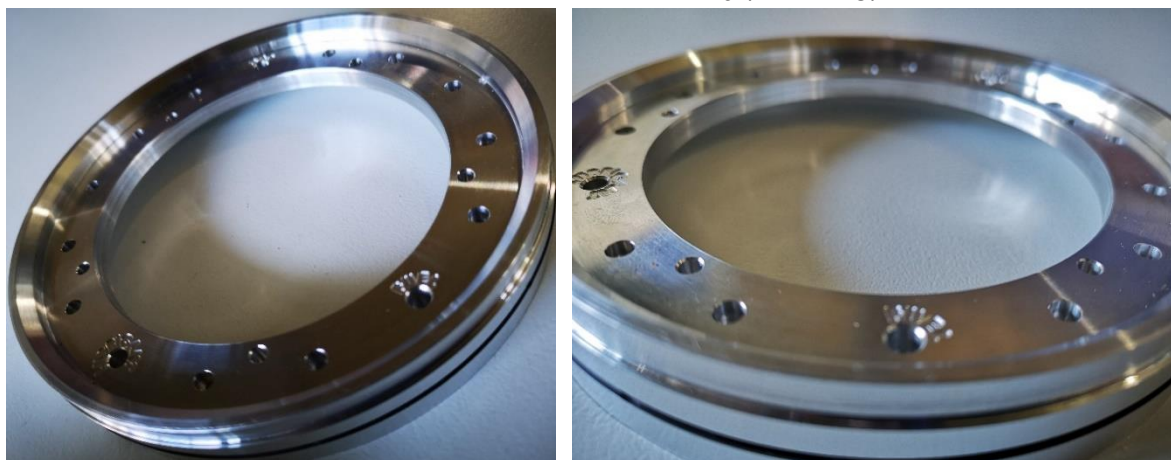
Σχήμα 5.19: Σχηματική αναπαράσταση των πορειών της ακίδας



Σχήμα 5.20: Οι γεωμετρίες προς σάρωση του δεύτερου μηχανικού μέρους

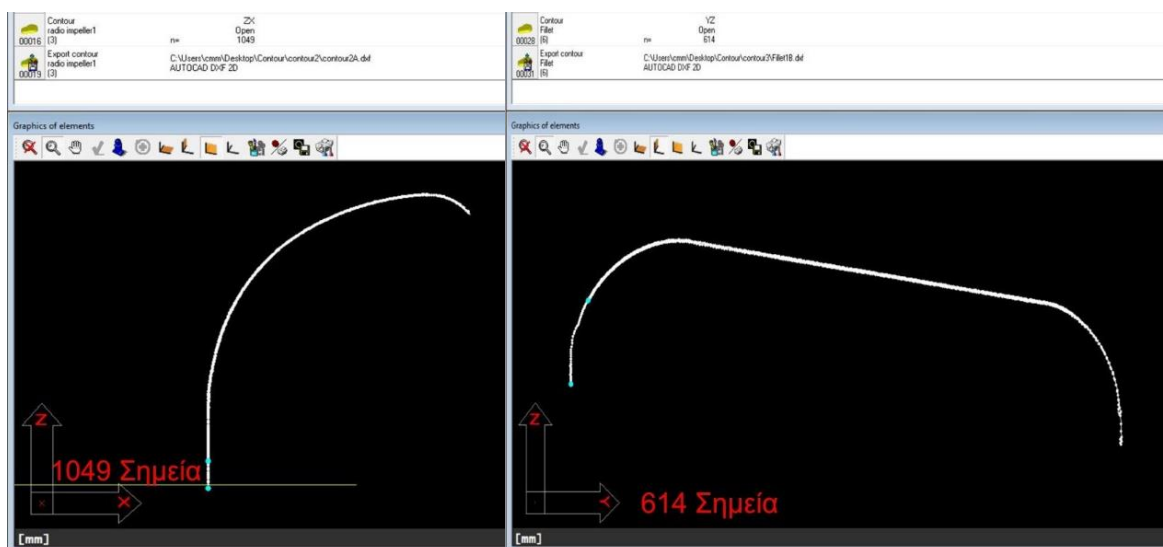
Με την ολοκλήρωση της σάρωσης, της επεξεργασίας των σημείων καθώς και της γεωμετρικής ανάπτυξης του μοντέλου ακολούθησε η δημιουργία ISO G κώδικα για τη κοπή και τη κατασκευή του πρώτου μηχανικού μέρους του αεροστροβίλου.

- ❖ Πρώτο στάδιο: Σάρωση δεύτερου μηχανικού μέρους (scanning)



Σχήμα 5.21: Παρουσίαση της κατασκευής του πρώτου μηχανικού μέρους έπειτα από την αντίστροφη μηχανική του πρωτοτύπου

- ❖ Δεύτερο στάδιο: Επεξεργασία των σημείων της σάρωσης του δεύτερου μηχανικού μέρους (point processing)



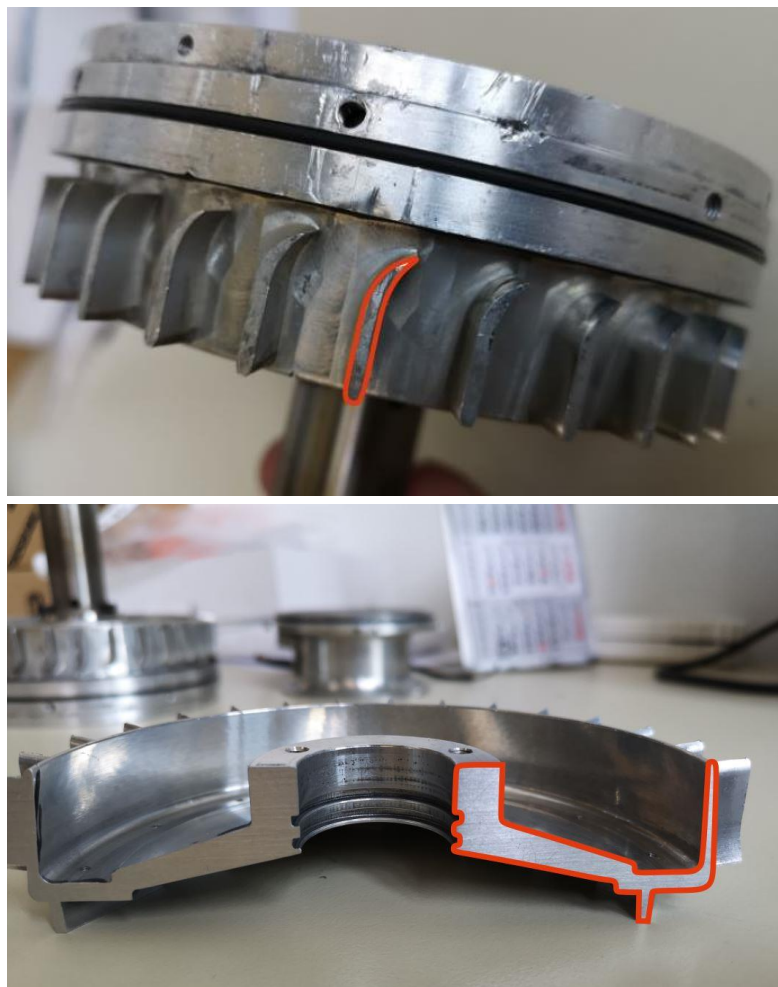
Σχήμα 5.22: Δισδιάστατη απεικόνιση των γεωμετριών που σαρώθηκαν, του δεύτερου μηχανικού μέρους

Με την ολοκλήρωση της σάρωσης, της επεξεργασίας των σημείων καθώς και της γεωμετρικής ανάπτυξης του μοντέλου ακολούθησε η δημιουργία ISO G κώδικα για τη κοπή και τη κατασκευή του δεύτερου μηχανικού μέρους του αεροστροβίλου.



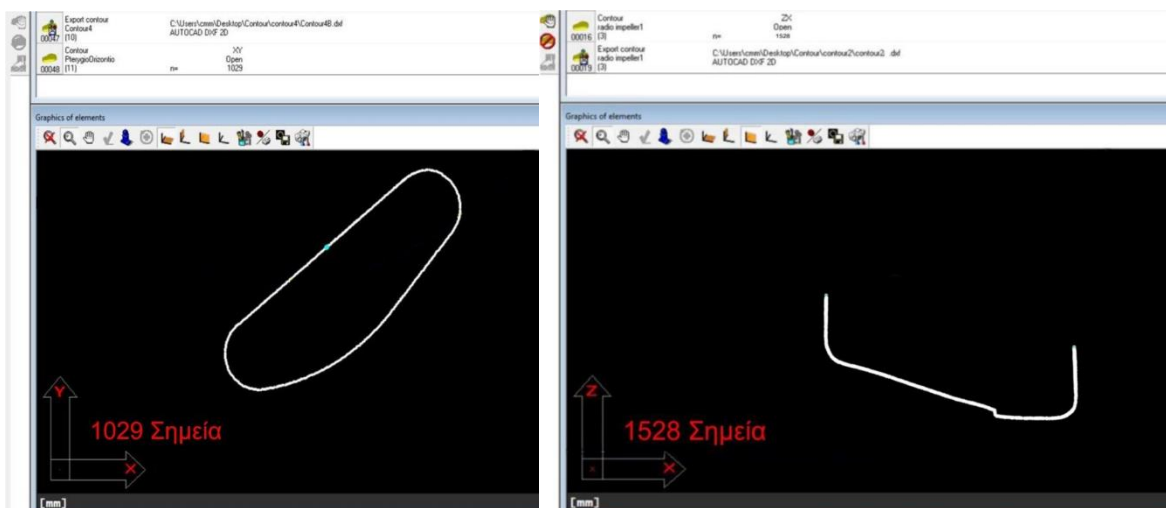
Σχήμα 5.23: Παρουσίαση της κατασκευής του δεύτερου μηχανικού μέρους έπειτα από την αντίστροφη μηχανική του πρωτοτύπου

❖ Πρώτο στάδιο: Σάρωση τρίτου μηχανικού μέρους (scanning)



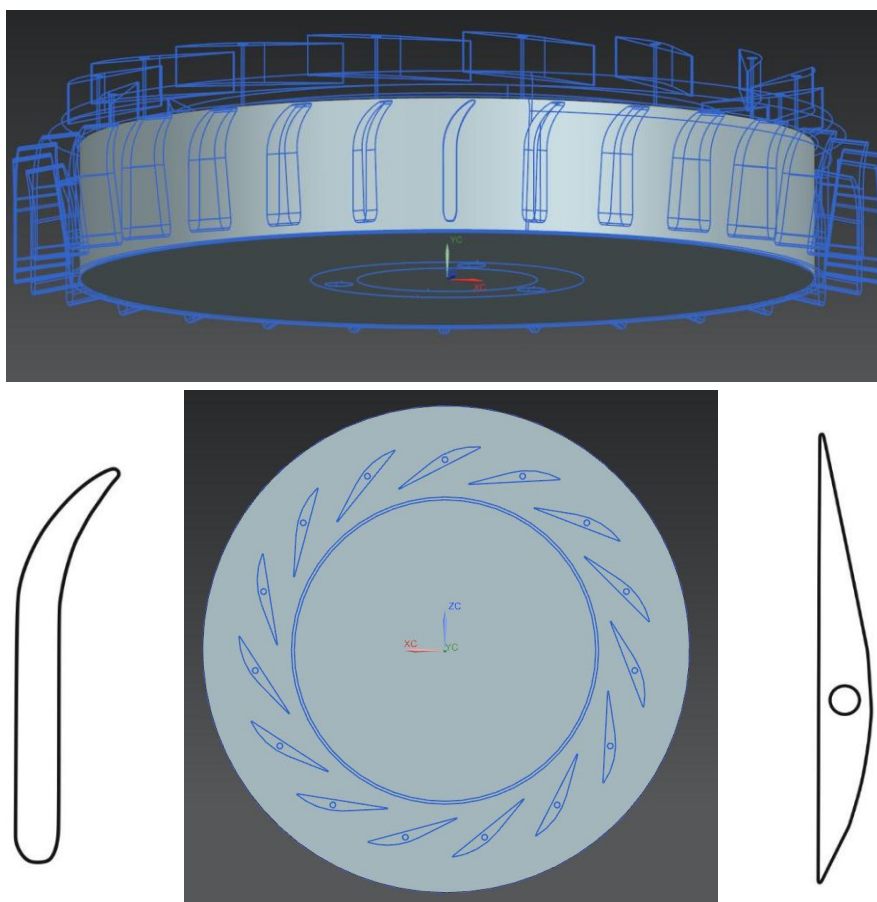
Σχήμα 5.24: Οι γεωμετρίες προς σάρωση του τρίτου μηχανικού μέρους

- ❖ Δεύτερο στάδιο: Επεξεργασία των σημείων της σάρωσης του τρίτου μηχανικού μέρους (point processing)



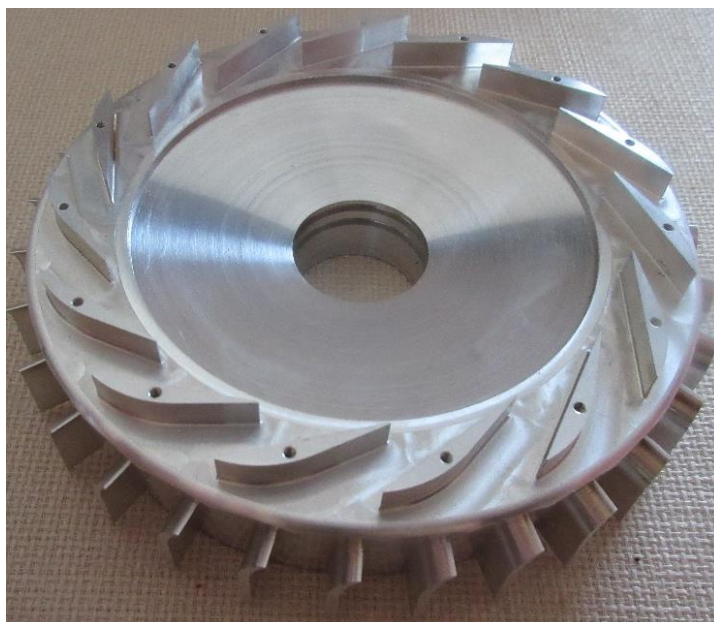
Σχήμα 5.25: Δισδιάστατη απεικόνιση των γεωμετριών που σαρώθηκαν, του τρίτου μηχανικού μέρους

- ❖ Τρίτο στάδιο: Γεωμετρική ανάπτυξη του μοντέλου του πρώτου μηχανικού μέρους (geometric model development)



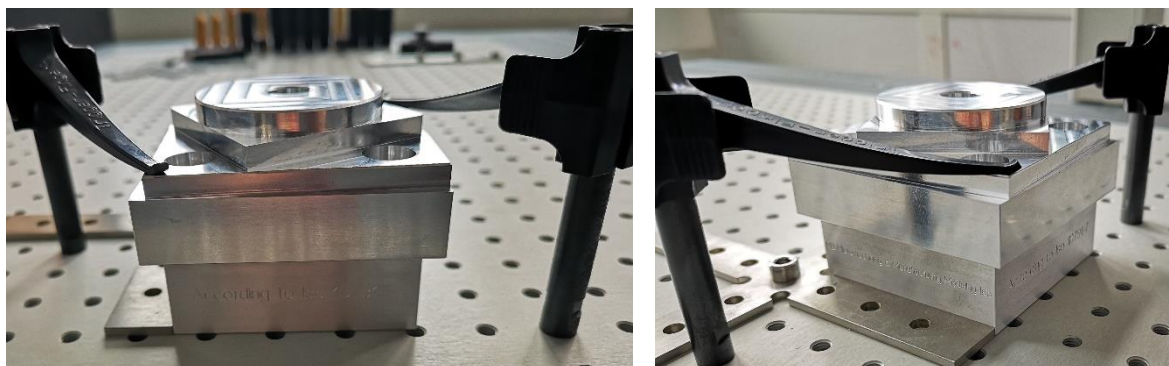
Σχήμα 5.26: Τρισδιάστατη σχεδίαση του τρίτου μηχανικού μέρους έπεται από την χρήση των περιγραμμάτων

Με την ολοκλήρωση της σάρωσης, της επεξεργασίας των σημείων καθώς και της γεωμετρικής ανάπτυξης του μοντέλου ακολούθησε η δημιουργία ISO G κώδικα για τη κοπή και τη κατασκευή του τρίτου μηχανικού μέρους του αεροστροβίλου.



Σχήμα 5.27: Παρουσίαση της κατασκευής του τρίτου μηχανικού μέρους έπειτα από την αντίστροφη μηχανική του πρωτοτύπου

5.4 Μετρήσεις δοκιμαστικού τεμαχίου-ISO 10791-7



Σχήμα 5.28: Δοκίμιο ISO 10791-7 έτοιμο προς επιθεώρηση ποιότητας

Η ολοκλήρωση της κοπής του δοκιμίου ISO 10791-7, έδωσε την σκυτάλη στην επιθεώρηση της ποιότητας. Ο έλεγχος όλων των διαστάσεων καθώς και των γεωμετρικών ανοχών πραγματοποιήθηκε στην CMM M534 του εργαστηρίου μικροκοπής και κατασκευαστικής προσομοίωσης.

Σημαντικό ρόλο στις μετρήσεις είχε η σύσφιξη του τεμαχίου στη πλάκα συγκράτησης που κατασκευάστηκε για τις ανάγκες του εργαστηρίου, ο σχεδιασμός και η κατασκευή της οποίας αναλύθηκαν παραπάνω. Πιο αναλυτικά, χρησιμοποιήθηκαν δύο pusher για την άσκηση κάθετης δύναμης με στόχο την σταθεροποίηση καθώς και ένας σταυρός για την επανατοποθέτηση του δοκιμίου.

Διάμετροι	Αποκλίσεις	Ομοκεντρίες	Αποκλίσεις
Διάμετρος 13mm	-0.025 mm	Οπή 13 (center)	0.010 mm
Διάμετρος 55mm	-0.038 mm	Οπή 13 με 14 (D1)	0.013 mm
Διάμετρος 14mm (D1)	0.026 mm	Οπή 13 με 14 (D2)	0.013 mm
Διάμετρος 14mm (D2)	0.024 mm	Οπή 13 με 14 (D3)	0.006 mm
Διάμετρος 14mm (D3)	0.022 mm	Οπή 13 με 14 (D4)	0.020 mm
Διάμετρος 14mm (D4)	0.033 mm	Κλίσεις	Αποκλίσεις
Διάμετρος 13mm (D1)	0.018 mm	Κλίση 30° (B-K)	-0:15:55
Διάμετρος 13mm (D2)	0.017 mm	Κλίση 30° (M-G)	-0:18:52
Διάμετρος 13mm (D3)	0.022 mm	Κλίση 3° (B-I)	-0:03:35
Διάμετρος 13mm (D4)	0.024 mm	Κλίση 3° (F-J)	-0:18:58
Αποστάσεις	Αποκλίσεις	Κυκλικότητα	Απόκλιση
Απόσταση(z0-z1) 6mm	-0.002 mm	Διάμετρος 55mm	0.001 mm
Απόσταση(z1-z2) 6mm	-0.003 mm	Κυλινδρικότητα	Απόκλιση
Απόσταση(z2-z3) 6mm	-0.013 mm	Κύλινδρος 13 Center	0.005 mm
Απόσταση 80mm (H)	-0.036 mm	Παραλληλότητα	Απόκλιση
Απόσταση 80mm (B)	0.043 mm	Line B- Line G	0.000 mm
Απόσταση 55mm (M)	0.006 mm	Καθετότητα	Απόκλιση
Απόσταση 55mm (N)	-0.028 mm	Κύλινδρος 13 - A	0.007 mm
Απόσταση(D1-D2) 52mm	-0.003 mm	Line H - B	0.009 mm
Απόσταση(D2-D3) 52mm	-0.023 mm	Ευθυγραμμότητα	Αποκλίσεις
Απόσταση(D3-D4) 52mm	-0.001 mm	Line G	0.000 mm
Απόσταση 26mm (D1-Center)	-0.019 mm	Line H	0.000 mm
Απόσταση 14mm (D1-G)	-0.030 mm	Line B	0.000 mm
		Line J	0.000 mm
		Line K	0.000 mm

Πίνακας 5.1: Αποκλίσεις διαστάσεων και γεωμετρικών ανοχών του δοκιμίου



Auditor	Date	Part Name	Part-No.
Axakalis Nikolaos	27.11.2019	ISO10791-7_M1	1

L.No	Mem. No	Job	Des.	Nominal	Tolerance	Actual	Dev.	Oversize
7	1	Diam13Center		13.000	0.100	13.025	0.025	
		Diameter			-0.100			----**----
16	1	Distance		6.000	0.050	5.998	-0.002	
		Distance YZ			-0.050			----*-----
21	2	Distance		6.000	0.050	5.997	-0.003	
		Distance YZ			-0.050			----*-----
26	3	Distance		6.000	0.050	5.987	-0.013	
		Distance YZ			-0.050			----**-----
34	4	Distance		80.000	0.050	79.964	-0.036	
		Distance XY			-0.050			----****-----
42	5	Distance		80.000	0.050	79.957	-0.043	
		Distance XY			-0.050			----****-----
50	6	Distance		55.000	0.050	55.006	0.006	
		Distance XY			-0.050			----**-----
58	7	Distance		55.000	0.050	54.972	-0.028	
		Distance XY			-0.050			----****-----
62	2	Diam55		55.000	0.100	54.962	-0.038	
		Diameter			-0.100			----***-----
66	3	Diam14D1		14.000	0.100	14.026	0.026	
		Diameter			-0.100			----**-----
70	4	Diam13D1		13.000	0.100	13.018	0.018	
		Diameter			-0.100			----**-----
74	5	Diam14D2		14.000	0.100	14.024	0.024	
		Diameter			-0.100			----**-----
78	6	Diam13D2		13.000	0.100	13.017	0.017	
		Diameter			-0.100			----**-----
82	7	Diam14D3		14.000	0.100	14.022	0.022	
		Diameter			-0.100			----**-----
86	8	Diam13D3		13.000	0.100	13.022	0.022	
		Diameter			-0.100			----**-----
90	9	Diam14D4		14.000	0.100	14.033	0.033	
		Diameter			-0.100			----***-----

We can make what we can measure

- Page 1 -

Σχήμα 5.30: Πρώτη σελίδα της αναφοράς των μετρήσεων του δοκιμίου ISO 10791-7



L.No	Mem. No	Job	Des.	Nominal	Tolerance	Actual	Dev.	Oversize
94	10	Diam13D4		13.000	0.100	13.024	0.024	
		Diameter			-0.100			----**---
95	1	Diam13Center	X	0.002	0.025	0.000	0.010	
		Concentricity	Y	0.005		0.000		***_
96	3	Diam14D1	X	-26.006	0.020	-26.011	0.013	
		Concentricity	Y	25.985		25.981		****_
97	5	Diam14D2	X	25.991	0.020	25.986	0.013	
		Concentricity	Y	26.001		25.997		****_
98	7	Diam14D3	X	26.010	0.020	26.012	0.006	
		Concentricity	Y	-25.998		-25.996		***_
99	9	Diam14D4	X	-25.992	0.020	-25.986	0.020	
		Concentricity	Y	-26.010		-26.018		*****
103	5	LineB			0.010		0.000	
		Parallelism						*_
104	2	Diam55			0.015		0.001	
		Circularity						*_
108	1	Cylinder13Center			0.010		0.007	
		Perpendicularity						*****_
112	6	LineH			0.010		0.009	
		Perpendicularity						*****
113	1	LineG			0.005		0.000	
		Straightness						*_
114	6	LineH			0.005		0.000	
		Straightness						*_
115	5	LineB			0.005		0.000	
		Straightness						*_
119	2	Cylinder13Center*			0.010		0.005	
		Cylindricity						****_
121	8	Distance		52.000	0.050	51.997	-0.003	
		Distance XY			-0.050			----*---
123	9	Distance		52.000	0.050	51.977	-0.023	
		Distance YZ			-0.050			---***---
125	10	Distance		52.000	0.050	51.999	-0.001	
		Distance YZ			-0.050			----*---

We can make what we can measure

- Page 2 -

Σχήμα 5.31: Δεύτερη σελίδα της αναφοράς των μετρήσεων του δοκιμίου ISO 10791-7



L.No	Mem. No	Job	Des.	Nominal	Tolerance	Actual	Dev.	Oversize
127	11	Distance		26.000	0.050	25.981	-0.019	
		Distance YZ			-0.050			---***---
130	13	Distance		14.000	0.050	13.970	-0.030	
		Distance XY			-0.050			---****---
137	7	LineJ			0.005		0.000	
		Straightness						*-----
138	8	LineK			0.005		0.000	
		Straightness						*-----
140	1	Angle3*		30:00:00	0:20:00	29:44:05	-0:15:55	
		Angle			-0:20:00			-----*****
142	2	Angle3*		30:00:00	0:20:00	29:41:08	-0:18:52	
		Angle			-0:20:00			-----*****
144	3	Angle3*		3:00:00	0:20:00	2:56:25	-0:03:35	
		Angle			-0:20:00			-----**---
149	4	Angle3*		3:00:00	0:20:00	2:41:02	-0:18:58	
		Angle			-0:20:00			-----*****

We can make what we can measure

- Page 3 -

Σχήμα 5.32: Τρίτη σελίδα της αναφοράς των μετρήσεων του δοκιμίου ISO 10791-7

5.4.1 Συμπεράσματα για την ακρίβεια της DMU50 eco line

Τα πορίσματα για τη κατάσταση της DMU50 έπεται από το ποιοτικό έλεγχο του δοκιμίου ISO 10791-7, ήταν αρκετά θετικά. Εν πρώτοις, σημαντικές ενδείξεις για τη κατάσταση της εργαλειομηχανής είναι οι αποστάσεις, οι ομοκεντρίες, η κυκλικότητα, η κυλινδρικήτητα, η παραλληλότητα, η καθετότητα καθώς και η ευθυγραμμότητα. Οι διάμετροι που μετρήθηκαν δεν έχουν τόσο βαρύτητα διότι οι αποκλίσεις, οι οποίες είχαν μέγιστη απόκλιση 38μm κυρίως οφείλονται από το κοπτικό εργαλείο καθώς και από τις συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας και όχι τόσο από την ακρίβεια της μηχανής. Οι τέσσερις οπές διαμέτρου 14mm και 13mm, οι οποίες φαίνονται στην άνοψη, έχουν απόκλιση ομοκεντρίας της τάξης των 20μm, το οποίο σημαίνει ότι η ακρίβεια της μηχανής όσον αφορά την επανατοποθέτηση του κοπτικού στο ίδιο κέντρο είναι αρκετά υψηλή. Επιπροσθέτως, η κυκλικότητα καθώς και η κυλινδρικήτητα με αποκλίσεις 1μm και 5μm αντίστοιχα δηλώνουν εξαιρετική ακρίβεια της εργαλειομηχανής διότι οι οπές 13mm (Center) και 55mm δημιουργήθηκαν με ελικοειδή κοπή. Συνεπώς, είναι πιο σημαντικά στοιχεία η κυκλικότητα και η κυλινδρικήτητα από τις αντίστοιχες τιμές αποκλίσεων των διαμέτρων (13mm-55mm) διότι οι ανοχές αυτές είναι γεωμετρικές και επηρεάζονται μονάχα από την ακρίβεια της μηχανής ενώ όπως προαναφέρθηκε οι αποκλίσεις των διαμέτρων επηρεάζονται και από το κοπτικό εργαλείο. Εν συνέχεια, η απόκλιση παραλληλότητας των ευθειών B – G είναι μηδενική. Υπολογίσθηκε η παραλληλότητα μέσω ευθειών διότι στο τέλος της ανοχής αυτής υπάρχει το LE, το οποίο σημαίνει στοιχείο γραμμής (Line Element) και η μηδενική τιμή υποδηλώνει ότι οι ευθείες B – G είναι ιδεατά παράλληλες. Ακόμα μία γεωμετρική ανοχή που χαρακτηρίζει την ακρίβεια μιας εργαλειομηχανής είναι η καθετότητα. Η καθετότητα του κυλίνδρου των 13mm με τη πλευρά A είναι στα 7μm ενώ της γραμμής H με τη πλευρά B είναι στα 9μm που υποδηλώνουν την άριστη ακρίβεια σε καθετότητα της μηχανής αυτής. Επιπλέον, ένα ακόμα χαρακτηριστικό που συμφωνεί με τα προαναφερθέντα όσον αφορά τη καλή ακρίβεια της DMU50 του εργαστηρίου, είναι η ευθυγραμμότητα των ευθειών G, H, B, J, K οι οποίες είναι μηδενικές. Η μηδενική τιμή στην ευθυγραμμότητα χαρακτηρίζει εξαιρετική τη πορεία του κοπτικού εργαλείου. Σε αυτό το σημείο πρέπει να τονιστεί πως οι ευθείες J και K είναι υπό κλίση 3 και 30 μοιρών αντίστοιχα που δυσχεραίνουν την ευθύγραμμη κίνηση του κοπτικού καθώς η κίνηση αυτή είναι συνδυασμός δύο αξόνων (άξονες x,y). Επιπλέον, οι αποκλίσεις που παρουσιάστηκαν στις κλίσεις των 3° και 30° είχαν μέγιστη τιμή απόκλισης τα 18 δεύτερα. Η απόκλιση αυτή, αν και δεν είναι μεγάλη, δικαιολογείται διότι η συγκεκριμένη μηχανή μέτρησης συντεταγμένων είναι χειροκίνητη και υπάρχει το σφάλμα του ανθρώπινου παράγοντα που υπονομεύει τις μετρήσεις αυτού του τύπου.

Τέλος, να σημειωθεί πως ένα μέρος των αποκλίσεων οφείλεται σε θερμοκρασιακούς παράγοντες και σε υψηλά επίπεδα υγρασίας διότι τόσο οι θερμοκρασιακές συνθήκες όσο και τα επίπεδα υγρασίας δεν ήταν ιδεατά (20°C - 22°C και λιγότερο από 40% υγρασία). Πάραυτα, σε γενικό πλαίσιο οι αποκλίσεις ήταν πολύ μικρές από τις ιδεατές τιμές που αναγράφονται στο ISO 10791 και συμπεραίνεται ότι η ακρίβεια της εργαλειομηχανής DMU50 του εργαστηρίου μικροκοπής και κατασκευαστικής προσομοίωσης είναι σε πολύ καλή κατάσταση μετά από την μακροχρόνια χρήση της. Παρακάτω, παρουσιάζονται αναλυτικά οι μετρήσεις του δοκιμίου.

5.5 Γενικές πληροφορίες για τραχύτητα

Κατά το σχεδιασμό ενός προϊόντος, πέρα από τη μορφή του όπου συνεπάγονται γεωμετρικές και διαστασιολογικές ανοχές, ορίζεται και η ποιότητα των επιφανειών του (Surface finish), η οποία περιλαμβάνει χαρακτηριστικά όπως η τραχύτητα και η υφή των επιφανειών. Η τραχύτητα (roughness) αναφέρεται σε σχετικά μικρές και πυκνά παρατηρούμενες αποκλίσεις από την ονομαστική (ιδεατή) επιφάνεια. Η τραχύτητα είναι κατά κύριο λόγο αποτέλεσμα των ιδιοτήτων του υλικού, της μεθόδου κατεργασίας και των παραμέτρων της. Ανάλογα με τη μέθοδο κατεργασίας και τις σχετικές παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν μπορούν να παρατηρηθούν διάφορα μοτίβα στην επιφάνεια του κομματιού. Το μοτίβο (lay) μιας επιφάνειας καθορίζεται κατά κύριο λόγο από την ακολουθούμενη κατεύθυνση κατά την επεξεργασία του υλικού.

Όπως αναφέρεται και στο βιβλίο του ([12] Αντωνιάδης, Αριστομένης Μηχανουργική Τεχνολογία, 2017) αξιοσημείωτο είναι το πρόβλημα καθορισμού της επιθυμητής τραχύτητας σε κατεργαζόμενα τεμάχια διότι έχει ιδιαίτερη σημασία στη σχεδίαση μηχανολογικών εξαρτημάτων και πιο συγκεκριμένα σε περιπτώσεις συνεργαζόμενων επιφανειών. Η τραχύτητα των κατεργαζόμενων επιφανειών επιδρά κυρίως:

- ❖ Στις συνθήκες επαφής ανάμεσα σε συνεργαζόμενες επιφάνειες (συντελεστής τριβής, χαρακτηριστικά λίπανσης, φθορά κ.λπ.),
- ❖ Στη κατάσταση ροής των ρευστών σε τοιχώματα
- ❖ Στους συντελεστές μετάδοσης θερμότητας
- ❖ Στην αντίσταση σε διάβρωση
- ❖ Στην αντοχή σε κόπωση των υλικών

Η τιμή με την οποία ελέγχθηκε η τραχύτητα της επιφάνειας του δοκιμίου είναι το R_a . Η τιμή του R_a ορίζεται ως η αριθμητική μέση τιμή των αποκλίσεων όλων των σημείων του πραγματικού περιγράμματος από την (κεντρική) γραμμή μέσα στο καθορισμένο δειγματοληπτικό μήκος. Για τον υπολογισμό της χρησιμοποιούνται συνήθως οι απόλυτες τιμές των αποκλίσεων και προκύπτει το μέτρο της μέσης τραχύτητας (average roughness), το οποίο μαθηματικά εκφράζεται από την εξής σχέση:

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx$$

όπου R_a είναι η μέση τραχύτητα, L το μήκος του διαστήματος μέτρησης, και $y(x)$ η κάθετη απόκλιση στο σημείο x του διαστήματος μέτρησης. Μια, πιο απλή προσεγγιστική έκφραση της τραχύτητας δίνεται από τη παρακάτω εξίσωση.

$$R_a = \sum_{i=1}^n \frac{|y_i|}{n}$$

Όπως η διαστατική ακρίβεια έτσι και η ποιότητα της επιφάνειας ενός αντικειμένου, καθορίζεται από τη μέθοδο κατασκευής του, καθώς και τις παραμέτρους που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη κοπή όπως προαναφέρθηκε. Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις τιμές της τραχύτητας κατά την διεργασία του φραιζαρίσματος.

Τραχύτητα R_a (μm)	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.8	0.4	0.2
Φραιζάρισμα								

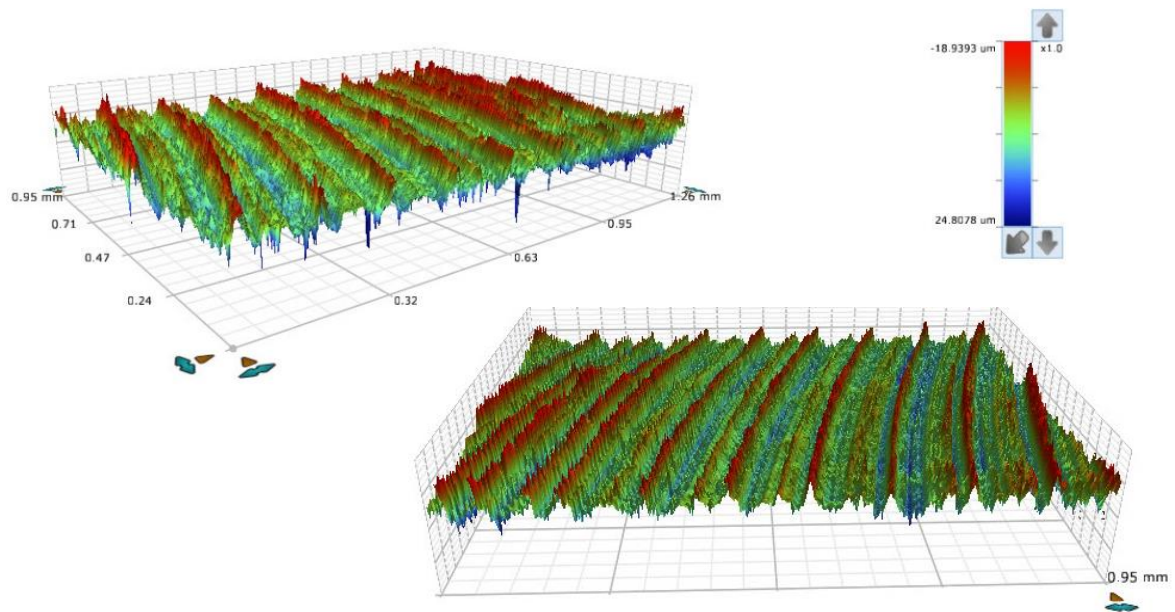
Πίνακας 2: Τραχύτητες R_a κατά το φραιζάρισμα (Σπάνια χρήση, Συνηθισμένη χρήση)

5.5.1 Μετρήσεις τραχύτητας του δοκιμαστικού τεμαχίου

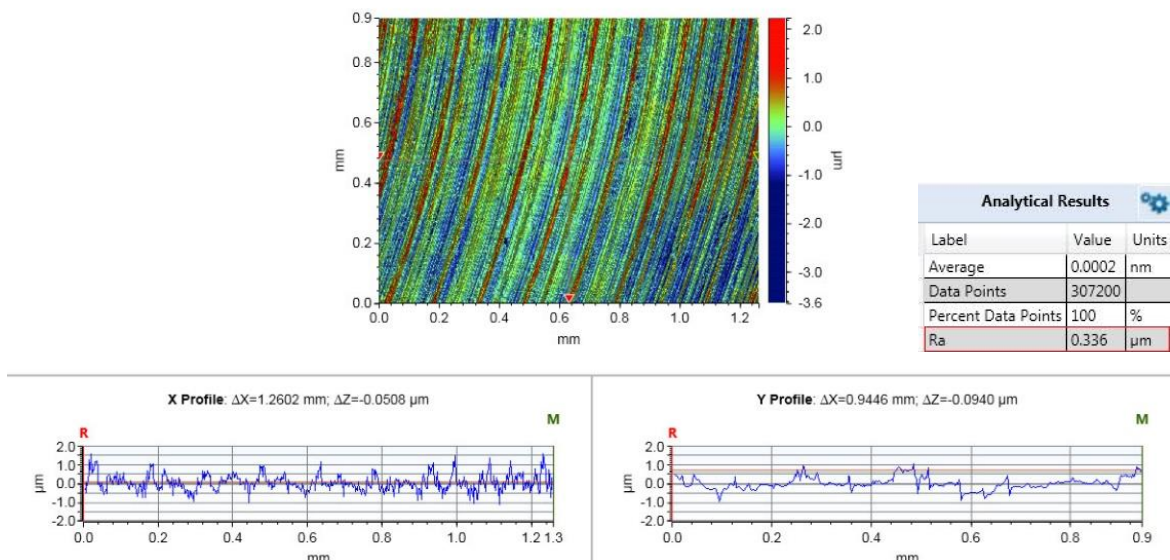
Στη παρούσα εργασία έγινε χρήση του προφιλόμετρου ContourGT-K 3D της εταιρείας BRUKER. Το προφιλόμετρο αυτό παρέχει επιλογές υψηλής ανάλυσης και έγχρωμης κάμερας, αυτοματοποιημένη βελτιστοποίηση μετρήσεων σε πραγματικό χρόνο, εκτεταμένη βιβλιοθήκη φίλτρων και επιλογών ανάλυσης, υψηλή σταθερότητα καθώς και ανθεκτική κατασκευή στους κραδασμούς. Τέλος, οι δυνατότητες μέτρησης τραχύτητας δύο και τριών διαστάσεων είναι πολύ μεγάλες.



Σχήμα 5.33: Προφιλόμετρο BRUKER ContourGT-K



Σχήμα 5.34: Τραχυμέτρηση πρότυπου δοκιμίου με οπτικό προφιλόμετρο



Σχήμα 5.35: Αποτελέσματα τραχυμέτρησης

Τα αποτελέσματα του ελέγχου τραχύτητας ήταν πολύ θετικά αφού η τιμή της μέσης τραχύτητας R_a είναι $0.336\mu\text{m}$. Ο αριθμός των σημείων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν 307200 σε εμβαδό $1.3\text{mm} \times 0.9\text{mm}$. Η πολύ χαμηλή τιμή του R_a αντικατοπτρίζει τις ιδανικές συνθήκες κοπής που επιλέχθηκαν κατά την διεργασία του φραιζαρίσματος.

5.6 Σύνοψη αποτελεσμάτων και προτάσεις περαιτέρω διερεύνησης

Έπειτα από το ποιοτικό έλεγχο του δοκιμίου σύμφωνα με το ISO 10791-7, η ακρίβεια της εργαλειομηχανής DMU50 –στην οποία κατεργάσθηκε το δοκίμιο- έχει διατηρηθεί σε πολύ υψηλά επίπεδα. Εν πρώτοις, σημαντικές ενδείξεις για τη κατάσταση της εργαλειομηχανής ήταν οι αποστάσεις, οι ομοκεντρίες, οι κυκλικότητες, οι κυλινδρικές, οι παραλληλότητες, οι καθετότητες καθώς και οι ευθυγραμμότητες. Οι διάμετροι που μετρήθηκαν δεν έχουν τόσο βαρύτητα όπως έχει προαναφερθεί διότι οι αποκλίσεις, οι οποίες είχαν μέγιστη απόκλιση $38\mu\text{m}$ κυρίως οφείλονται από το κοπτικό εργαλείο καθώς και από τις συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας και όχι τόσο από την ακρίβεια της μηχανής. Επιπροσθέτως, η κυκλικότητα καθώς και η κυλινδρικότητα με αποκλίσεις $1\mu\text{m}$ και $5\mu\text{m}$ αντίστοιχα δηλώνουν εξαιρετική ακρίβεια της εργαλειομηχανής διότι οι οπές 13mm (Center) και 55mm δημιουργήθηκαν με ελικοειδή κοπή. Συνεπώς, είναι πιο σημαντικά στοιχεία στην αξιολόγηση της ακρίβειας μιας εργαλειομηχανής οι γεωμετρικές ανοχές διότι η παραμικρή απόκλιση στην μέτρηση του κοπτικού τόσο στην διάμετρό του όσο και στο ύψος του θα επηρεάσουν μονάχα τις διαμέτρους και τα βάθη και όχι τις γεωμετρικές. Παραδείγματος χάρη, μια απόκλιση στη τιμή της διαμέτρου, του κοπτικού εργαλείου που χρησιμοποιήθηκε, θα επηρεάσει και τις δύο συμπεριλαμβανόμενες πλευρές, με αποτέλεσμα η μέτρηση της καθετότητας να μην επηρεαστεί από αυτή την απόκλιση. Η μοναδική παράμετρος που την επηρεάζει είναι η ακρίβεια της εργαλειομηχανής. Εν συνέχεια, οι αποκλίσεις παραλληλότητας, κλίσης των γωνιών και ευθυγραμμότητας, των αντίστοιχων στοιχείων του δοκιμίου, είναι αμελητέες. Σε αυτό το σημείο να σημειωθεί πως ένα μέρος των αποκλίσεων οφείλεται σε θερμοκρασιακούς παράγοντες και σε υψηλά επίπεδα υγρασίας διότι τόσο οι θερμοκρασιακές συνθήκες όσο και τα επίπεδα υγρασίας δεν ήταν ιδεατά (20°C - 22°C και λιγότερο από 40% υγρασία). Πάραυτα, σε γενικό πλαίσιο οι αποκλίσεις ήταν πολύ μικρές και συμπεραίνεται ότι η ακρίβεια της εργαλειομηχανής DMU50 του εργαστηρίου μικροκοπής και κατασκευαστικής προσομοίωσης διατηρεί την υψηλά μετά από την μακροχρόνια χρήση της για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Τέλος, ο υπολογισμός της τραχύτητας πραγματοποιήθηκε διότι η τραχύτητα αποτελεί ένα μεγάλο κεφάλαιο της μετρολογίας καθώς και για τον έλεγχο των συνθηκών κοπής που επιλέχθηκαν. Η μικρή τιμή του R_a ($R_a=0.336\mu\text{m}$) υποδεικνύει πως οι συνθήκες κοπής ήταν σχεδόν ιδεατές με αποτέλεσμα να μην επηρεάζουν τις αποκλίσεις και κατά συνέπεια η αξιολόγηση ακρίβειας της εργαλειομηχανής DMU50 να είναι όσον το δυνατό πιο σωστή.

Όσον αφορά μελλοντικές εφαρμογές της CMM του εργαστηρίου, θα είχε ενδιαφέρον να γίνει μια παρόμοια μελέτη και να εξεταστεί η ακρίβεια του τόνου CTX 301 eco line του εργαστηρίου και πιο συγκεκριμένα το run out της μηχανής αυτής με τη χρήση της CMM M574. Επιπρόσθετα, καμπύλες και γεωμετρικές πιο ελεύθερης μορφής μπορούν να μετρηθούν με την χρήση των περιγραμμάτων της CMM.

Εν κατακλείδι, η επιστήμη της μετρολογίας είναι τόσο μεγάλη που δεν είναι τυχαίο πως η άποψη του Ιταλού αστρονόμου Giovanni de Sanctis ήταν πως η μετρολογία δεν είναι επιστήμη αλλά εφιάλτης. Όμως με γνώμονα την γνώση και την επιμονή αυτός ο «εφιάλτης» μπορεί να μετατραπεί σε «όνειρο» και σε ένα πολύ δυνατό «όπλο» για όποιον τη κατέχει.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Mitutoyo handbook, N. S. (2016). *Metrology Handbook: The Science of Measurement*. Andover, United Kingdom: Mitutoyo (UK) Ltd.
- [2] Sladek, J. A. (2015). *Coordinate Metrology, Accuracy of systems and measurements*. Springer.
- [3] Hocken & Pereira, R. J. (1995). *Coordinate Measuring Machines and systems*. New York: CRCpress.
- [4] Bosch, J. a. (1995). *Coordinate Measuring Machines & Systems*. Bosa Roca, United States: Taylor & Francis Inc.
- [5] Αντωνιάδης , Αριστομένης Θ. Μηχανολογικό Σχέδιο. (2013). Χανιά: Εκδόσεις Τζιόλα.
- [6] ASME Y14.5-2009. (2009). *Dimensioning and Tolerancing*. The American Society of Mechanical Engineers.
- [7] Mitutoyo-MCOSMOS M1 CMM Software Tutorial. (2005). *MCOSMOS M1 CMM Software Tutorial*. Mitutoyo.
- [8] Boyes, W. E. (1989). *Handbook of Jig and Fixture Design* (2η εκδ.). SME.
- [9] ISO-10791-7, P. (2014). Test conditions for machining centres - Part7: Accuracy of finished test pieces.
- [10] Καραχάλιου Μανσούρ, Χ. Γ. (2007). Διαστατική Μετρολογία. ΖΗΤΗ.
- [11] Raja & Fernades, V. &. (2008). *Reverse Engineering*. Springer.
- [12] Αντωνιάδης , Αριστομένης Θ. (2017). *Μηχανουργική Τεχνολογία* (3η εκδ.). Χανιά: Τζιόλα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

G κώδικας του ISO 10791-7 (Πρώτη φάση)	
N10 G0 G40 G90 G94	N460 G2 X34.721 Y-36.679 I-1.999 J.041
N20 CYCLE800	N470 G2 X32.7 Y-36.7 I-2.021 J99.497
N30 G54	N480 G1 X27.956
;TWISTED DRILL D12 L69 SD12	N490 G2 X27.956 Y-32.7 I0 J2
N40 T="DRILL12" D1	N500 G2 X27.956 Y-36.7 I0 J-2
N50 M6	N510 G1 X-28.707
N60 T2	N520 G2 X-28.707 Y-32.7 I0 J2
N70 S6000 M3	N530 G2 X-28.707 Y-36.7 I0 J-2
;DRILLING	N540 G1 X-32.7
;NO ROTATION	N550 G2 X-34.721 Y-36.679 I0 J99.518
N80 G0 G17 X0 Y0	N560 G2 X-36.679 Y-34.721 I.041 J1.999
N90 Z3	N570 G2 X-36.7 Y-32.7 I99.497 J2.021
N100 M7	N580 G1 Y-29.599
N110 F200	N590 G2 X-30.3 Y-15.288 I19.2 J0
N120 MCALL CYCLE83 (3,1,2,-65.464,,,5,-1,0,0,1,1,,5,1.2,0,0)	N600 G3 X-23.9 Y-.977 I-12.8 J14.311
N130 X0 Y0	N610 G1 Y19.9
N140 MCALL	N620 G2 X-19.9 Y23.9 I4 J0
N150 G0 Z3	N630 G1 X19.9
N160 M9	N640 G2 X23.9 Y19.9 I0 J-4
N170 G75 Z0	N650 G1 Y15.156
N180 G75 X0 Y0	N660 G2 X19.9 Y15.156 I-2 J0
N190 M5	N670 G2 X23.9 Y15.156 I2 J0
;SIDE MILL D16 L35 SD16	N680 G1 Y-19.9
N200 T="MILL16" D1	N690 G2 X19.9 Y-23.9 I-4 J0
N210 M6	N700 G1 X15.156
N220 T3	N710 G2 X15.156 Y-19.9 I0 J2
N230 S6000 M3	N720 G2 X15.156 Y-23.9 I0 J-2
;FACING	N730 G1 X-19.9
;NO ROTATION	N740 G2 X-23.9 Y-19.9 I0 J4
N240 G0 X-31.152 Y-51.5	N750 G1 Y-15.156
N250 Z3	N760 G2 X-19.9 Y-15.156 I2 J0
N260 M8	N770 G2 X-23.9 Y-15.156 I-2 J0
N270 Z2.2	N780 G1 Y-.977
N280 G1 Z.2 F1000	N790 G2 X-8.079 Y11.461 I12.8 J0
N290 G2 X-36.7 Y-29.599 I40.452 J21.901	N800 G3 X-5.059 Y11.1 I3.02 J12.439
N300 G1 Y32.7	N810 G1 X7.1
N310 G2 X-36.679 Y34.721 I99.518 J0	N820 G2 X11.1 Y7.1 I0 J-4
N320 G2 X-34.721 Y36.679 I1.999 J-.041	N830 G1 Y-7.1
N330 G2 X-32.7 Y36.7 I2.021 J-99.497	N840 G2 X7.1 Y-11.1 I-4 J0
N340 G1 X-27.956	N850 G1 X-7.1
N350 G2 X-27.956 Y32.7 I0 J-2	N860 G2 X-11.1 Y-7.1 I0 J4
N360 G2 X-27.956 Y36.7 I0 J2	N870 G1 Y7.1
N370 G1 X32.7	N880 G2 X-7.1 Y11.1 I4 J0
N380 G2 X34.721 Y36.679 I0 J-99.518	N890 G1 X-5.059
N390 G2 X36.679 Y34.721 I-.041 J-1.999	N900 G2 X1.021 Y2.7 I0 J-6.4
N400 G2 X36.7 Y32.7 I-99.497 J-2.021	N910 G0 Z3
N410 G1 Y27.956	N920 X-31.152 Y-51.5
N420 G2 X32.7 Y27.956 I-2 J0	N930 Z2
N430 G2 X36.7 Y27.956 I2 J0	N940 G1 Z0
N440 G1 Y-32.7	N950 G2 X-36.7 Y-29.599 I40.452 J21.901
N450 G2 X36.679 Y-34.721 I-99.518 J0	N960 G1 Y32.7

N970 G2 X-36.679 Y34.721 I99.518 J0	N1530 G1 Y7.1
N980 G2 X-34.721 Y36.679 I1.999 J-.041	N1540 G2 X-7.1 Y11.1 I4 J0
N990 G2 X-32.7 Y36.7 I2.021 J-99.497	N1550 G1 X-5.059
N1000 G1 X-27.956	N1560 G2 X1.021 Y2.7 I0 J-6.4
N1010 G2 X-27.956 Y32.7 I0 J-2	N1570 G0 Z3
N1020 G2 X-27.956 Y36.7 I0 J2	;SIDE MILLING
N1030 G1 X32.7	N1580 X-2.186 Y-4.689
N1040 G2 X34.721 Y36.679 I0 J-99.518	N1590 Z2
N1050 G2 X36.679 Y34.721 I-.041 J-1.999	N1600 G1 Z0
N1060 G2 X36.7 Y32.7 I-99.497 J-2.021	N1610 G41 X-9.135 Y-8.702
N1070 G1 Y27.956	N1620 X-8.335 Y-10.088
N1080 G2 X32.7 Y27.956 I-2 J0	N1630 G3 X0 Y-14.9 I8.335 J4.813
N1090 G2 X36.7 Y27.956 I2 J0	N1640 G3 X0 Y-14.9 Z-.792 I0 J14.9
N1100 G1 Y-32.7	N1650 G3 X0 Y-14.9 Z-1.585 I0 J14.9
N1110 G2 X36.679 Y-34.721 I-99.518 J0	N1660 G3 X0 Y-14.9 Z-2.377 I0 J14.9
N1120 G2 X34.721 Y-36.679 I-1.999 J.041	N1670 G3 X0 Y-14.9 Z-3.169 I0 J14.9
N1130 G2 X32.7 Y-36.7 I-2.021 J99.497	N1680 G3 X0 Y-14.9 Z-3.962 I0 J14.9
N1140 G1 X27.956	N1690 G3 X0 Y-14.9 Z-4.754 I0 J14.9
N1150 G2 X27.956 Y-32.7 I0 J2	N1700 G3 X0 Y-14.9 Z-5.546 I0 J14.9
N1160 G2 X27.956 Y-36.7 I0 J-2	N1710 G3 X0 Y-14.9 Z-6.338 I0 J14.9
N1170 G1 X-28.707	N1720 G3 X0 Y-14.9 Z-7.131 I0 J14.9
N1180 G2 X-28.707 Y-32.7 I0 J2	N1730 G3 X0 Y-14.9 Z-7.923 I0 J14.9
N1190 G2 X-28.707 Y-36.7 I0 J-2	N1740 G3 X0 Y-14.9 Z-8.715 I0 J14.9
N1200 G1 X-32.7	N1750 G3 X0 Y-14.9 Z-9.508 I0 J14.9
N1210 G2 X-34.721 Y-36.679 I0 J99.518	N1760 G3 X0 Y-14.9 Z-10.3 I0 J14.9
N1220 G2 X-36.679 Y-34.721 I.041 J1.999	N1770 G3 X0 Y-14.9 Z-11.092 I0 J14.9
N1230 G2 X-36.7 Y-32.7 I99.497 J2.021	N1780 G3 X0 Y-14.9 Z-11.885 I0 J14.9
N1240 G1 Y-29.599	N1790 G3 X0 Y-14.9 Z-12.677 I0 J14.9
N1250 G2 X-30.3 Y-15.288 I19.2 J0	N1800 G3 X0 Y-14.9 Z-13.469 I0 J14.9
N1260 G3 X-23.9 Y-.977 I-12.8 J14.311	N1810 G3 X0 Y-14.9 Z-14.262 I0 J14.9
N1270 G1 Y19.9	N1820 G3 X0 Y-14.9 Z-15.054 I0 J14.9
N1280 G2 X-19.9 Y23.9 I4 J0	N1830 G3 X0 Y-14.9 Z-15.846 I0 J14.9
N1290 G1 X19.9	N1840 G3 X0 Y-14.9 Z-16.638 I0 J14.9
N1300 G2 X23.9 Y19.9 I0 J-4	N1850 G3 X0 Y-14.9 Z-17.431 I0 J14.9
N1310 G1 Y15.156	N1860 G3 X0 Y-14.9 Z-18.223 I0 J14.9
N1320 G2 X19.9 Y15.156 I-2 J0	N1870 G3 X0 Y-14.9 Z-19.015 I0 J14.9
N1330 G2 X23.9 Y15.156 I2 J0	N1880 G3 X0 Y-14.9 Z-19.808 I0 J14.9
N1340 G1 Y-19.9	N1890 G3 X0 Y-14.9 Z-20.6 I0 J14.9
N1350 G2 X19.9 Y-23.9 I-4 J0	N1900 G3 X0 Y-14.9 Z-21.392 I0 J14.9
N1360 G1 X15.156	N1910 G3 X0 Y-14.9 Z-22.185 I0 J14.9
N1370 G2 X15.156 Y-19.9 I0 J2	N1920 G3 X0 Y-14.9 Z-22.977 I0 J14.9
N1380 G2 X15.156 Y-23.9 I0 J-2	N1930 G3 X0 Y-14.9 Z-23.769 I0 J14.9
N1390 G1 X-19.9	N1940 G3 X0 Y-14.9 Z-24.562 I0 J14.9
N1400 G2 X-23.9 Y-19.9 I0 J4	N1950 G3 X0 Y-14.9 Z-25.354 I0 J14.9
N1410 G1 Y-15.156	N1960 G3 X0 Y-14.9 Z-26.146 I0 J14.9
N1420 G2 X-19.9 Y-15.156 I2 J0	N1970 G3 X0 Y-14.9 Z-26.938 I0 J14.9
N1430 G2 X-23.9 Y-15.156 I-2 J0	N1980 G3 X0 Y-14.9 Z-27.731 I0 J14.9
N1440 G1 Y-.977	N1990 G3 X0 Y-14.9 Z-28.523 I0 J14.9
N1450 G2 X-8.079 Y11.461 I12.8 J0	N2000 G3 X0 Y-14.9 Z-29.315 I0 J14.9
N1460 G3 X-5.059 Y11.1 I3.02 J12.439	N2010 G3 X0 Y-14.9 Z-30.108 I0 J14.9
N1470 G1 X7.1	N2020 G3 X0 Y-14.9 Z-30.9 I0 J14.9
N1480 G2 X11.1 Y7.1 I0 J-4	N2030 G3 X0 Y14.9 I0 J14.9
N1490 G1 Y-7.1	N2040 G3 X0 Y-14.9 I0 J-14.9
N1500 G2 X7.1 Y-11.1 I-4 J0	N2050 G3 X8.335 Y-10.088 I0 J9.625
N1510 G1 X-7.1	N2060 G1 X9.135 Y-8.702
N1520 G2 X-11.1 Y-7.1 I0 J4	N2070 G40 X2.186 Y-4.689

N2080 G0 Z2	N2620 X-34.727 Z-6.041
;SIDE MILLING	N2630 X-35.1 Y-34.885 Z-6.043
N2090 X-2.694 Y-4.184	N2640 Y34.727 Z-6.407
N2100 Z-29	N2650 X-34.885 Y35.1 Z-6.409
N2110 G1 Z-31 F500	N2660 X34.727 Z-6.773
N2120 G41 X-9.863 Y-7.792	N2670 X35.1 Y34.885 Z-6.775
N2130 X-8.906 Y-9.693	N2680 Y-34.727 Z-7.14
N2140 G3 X-.86 Y-14.975 I8.598 J4.327	N2690 X34.885 Y-35.1 Z-7.141
N2150 G3 X-15 Y0 I.86 J14.975	N2700 X.063 Z-7.324
N2160 G3 X.86 Y-14.975 I15 J0	N2710 X-34.727 Z-7.506
N2170 G3 X8.906 Y-9.693 I-.552 J9.609	N2720 X-35.1 Y-34.885 Z-7.508
N2180 G1 X9.863 Y-7.792	N2730 Y34.727 Z-7.872
N2190 G40 X2.694 Y-4.184	N2740 X-34.885 Y35.1 Z-7.874
N2200 G0 Z2	N2750 X34.727 Z-8.238
;SIDE MILLING	N2760 X35.1 Y34.885 Z-8.24
N2210 X2.249 Y-45.311	N2770 Y-34.727 Z-8.604
N2220 G1 Z0 F2000	N2780 X34.885 Y-35.1 Z-8.606
N2230 G41 X9.199 Y-41.298	N2790 X.063 Z-8.788
N2240 X8.399 Y-39.912	N2800 X-34.727 Z-8.97
N2250 G3 X.063 Y-35.1 I-8.336 J-4.813	N2810 X-35.1 Y-34.885 Z-8.972
N2260 G1 X-34.727 Z-.182	N2820 Y34.727 Z-9.337
N2270 X-35.1 Y-34.885 Z-.184	N2830 X-34.885 Y35.1 Z-9.338
N2280 Y34.727 Z-.548	N2840 X34.727 Z-9.703
N2290 X-34.885 Y35.1 Z-.55	N2850 X35.1 Y34.885 Z-9.705
N2300 X34.727 Z-.915	N2860 Y-34.727 Z-10.069
N2310 X35.1 Y34.885 Z-.916	N2870 X34.885 Y-35.1 Z-10.071
N2320 Y-34.727 Z-1.281	N2880 X.063 Z-10.253
N2330 X34.885 Y-35.1 Z-1.283	N2890 X-34.727 Z-10.435
N2340 X.063 Z-1.465	N2900 X-35.1 Y-34.885 Z-10.437
N2350 X-34.727 Z-1.647	N2910 Y34.727 Z-10.801
N2360 X-35.1 Y-34.885 Z-1.649	N2920 X-34.885 Y35.1 Z-10.803
N2370 Y34.727 Z-2.013	N2930 X34.727 Z-11.167
N2380 X-34.885 Y35.1 Z-2.015	N2940 X35.1 Y34.885 Z-11.169
N2390 X34.727 Z-2.379	N2950 Y-34.727 Z-11.534
N2400 X35.1 Y34.885 Z-2.381	N2960 X34.885 Y-35.1 Z-11.535
N2410 Y-34.727 Z-2.745	N2970 X.063 Z-11.718
N2420 X34.885 Y-35.1 Z-2.747	N2980 X-34.727 Z-11.9
N2430 X.063 Z-2.929	N2990 X-35.1 Y-34.885 Z-11.902
N2440 X-34.727 Z-3.112	N3000 Y34.727 Z-12.266
N2450 X-35.1 Y-34.885 Z-3.113	N3010 X-34.885 Y35.1 Z-12.268
N2460 Y34.727 Z-3.478	N3020 X34.727 Z-12.632
N2470 X-34.885 Y35.1 Z-3.48	N3030 X35.1 Y34.885 Z-12.634
N2480 X34.727 Z-3.844	N3040 Y-34.727 Z-12.998
N2490 X35.1 Y34.885 Z-3.846	N3050 X34.885 Y-35.1 Z-13
N2500 Y-34.727 Z-4.21	N3060 X.063 Z-13.182
N2510 X34.885 Y-35.1 Z-4.212	N3070 X-34.727 Z-13.365
N2520 X.063 Z-4.394	N3080 X-35.1 Y-34.885 Z-13.366
N2530 X-34.727 Z-4.576	N3090 Y34.727 Z-13.731
N2540 X-35.1 Y-34.885 Z-4.578	N3100 X-34.885 Y35.1 Z-13.733
N2550 Y34.727 Z-4.942	N3110 X34.727 Z-14.097
N2560 X-34.885 Y35.1 Z-4.944	N3120 X35.1 Y34.885 Z-14.099
N2570 X34.727 Z-5.309	N3130 Y-34.727 Z-14.463
N2580 X35.1 Y34.885 Z-5.31	N3140 X34.885 Y-35.1 Z-14.465
N2590 Y-34.727 Z-5.675	N3150 X.063 Z-14.647
N2600 X34.885 Y-35.1 Z-5.677	N3160 X-34.727 Z-14.829
N2610 X.063 Z-5.859	N3170 X-35.1 Y-34.885 Z-14.831

N3180 Y34.727 Z-15.195	N3740 X34.727 Z-24.35
N3190 X-34.885 Y35.1 Z-15.197	N3750 X35.1 Y34.885 Z-24.352
N3200 X34.727 Z-15.562	N3760 Y-34.727 Z-24.716
N3210 X35.1 Y34.885 Z-15.563	N3770 X34.885 Y-35.1 Z-24.718
N3220 Y-34.727 Z-15.928	N3780 X.063 Z-24.9
N3230 X34.885 Y-35.1 Z-15.93	N3790 X-34.727
N3240 X.063 Z-16.112	N3800 X-35.1 Y-34.885
N3250 X-34.727 Z-16.294	N3810 Y34.727
N3260 X-35.1 Y-34.885 Z-16.296	N3820 X-34.885 Y35.1
N3270 Y34.727 Z-16.66	N3830 X34.727
N3280 X-34.885 Y35.1 Z-16.662	N3840 X35.1 Y34.885
N3290 X34.727 Z-17.026	N3850 Y-34.727
N3300 X35.1 Y34.885 Z-17.028	N3860 X34.885 Y-35.1
N3310 Y-34.727 Z-17.392	N3870 X.063
N3320 X34.885 Y-35.1 Z-17.394	N3880 G3 X-8.272 Y-39.912 I0 J-9.625
N3330 X.063 Z-17.576	N3890 G1 X-9.072 Y-41.298
N3340 X-34.727 Z-17.759	N3900 G40 X-2.122 Y-45.311
N3350 X-35.1 Y-34.885 Z-17.76	N3910 G0 Z2
N3360 Y34.727 Z-18.125	;SIDE MILLING
N3370 X-34.885 Y35.1 Z-18.127	N3920 X2.122 Y-50.311
N3380 X34.727 Z-18.491	N3930 Z-23
N3390 X35.1 Y34.885 Z-18.493	N3940 G1 Z-25
N3400 Y-34.727 Z-18.857	N3950 G41 X9.072 Y-46.298
N3410 X34.885 Y-35.1 Z-18.859	N3960 X8.272 Y-44.913
N3420 X.063 Z-19.041	N3970 G3 X-.063 Y-40.1 I-8.335 J-4.812
N3430 X-34.727 Z-19.223	N3980 G1 X-39.885 Z-25.187
N3440 X-35.1 Y-34.885 Z-19.225	N3990 X-40.1 Y-39.727 Z-25.188
N3450 Y34.727 Z-19.59	N4000 Y39.885 Z-25.562
N3460 X-34.885 Y35.1 Z-19.591	N4010 X-39.727 Y40.1 Z-25.563
N3470 X34.727 Z-19.956	N4020 X39.885 Z-25.937
N3480 X35.1 Y34.885 Z-19.958	N4030 X40.1 Y39.727 Z-25.938
N3490 Y-34.727 Z-20.322	N4040 Y-39.885 Z-26.312
N3500 X34.885 Y-35.1 Z-20.324	N4050 X39.727 Y-40.1 Z-26.313
N3510 X.063 Z-20.506	N4060 X-.063 Z-26.5
N3520 X-34.727 Z-20.688	N4070 X-39.885 Z-26.687
N3530 X-35.1 Y-34.885 Z-20.69	N4080 X-40.1 Y-39.727 Z-26.688
N3540 Y34.727 Z-21.054	N4090 Y39.885 Z-27.062
N3550 X-34.885 Y35.1 Z-21.056	N4100 X-39.727 Y40.1 Z-27.063
N3560 X34.727 Z-21.42	N4110 X39.885 Z-27.437
N3570 X35.1 Y34.885 Z-21.422	N4120 X40.1 Y39.727 Z-27.438
N3580 Y-34.727 Z-21.787	N4130 Y-39.885 Z-27.812
N3590 X34.885 Y-35.1 Z-21.788	N4140 X39.727 Y-40.1 Z-27.813
N3600 X.063 Z-21.971	N4150 X-.063 Z-28
N3610 X-34.727 Z-22.153	N4160 X-39.885 Z-28.187
N3620 X-35.1 Y-34.885 Z-22.155	N4170 X-40.1 Y-39.727 Z-28.188
N3630 Y34.727 Z-22.519	N4180 Y39.885 Z-28.562
N3640 X-34.885 Y35.1 Z-22.521	N4190 X-39.727 Y40.1 Z-28.563
N3650 X34.727 Z-22.885	N4200 X39.885 Z-28.937
N3660 X35.1 Y34.885 Z-22.887	N4210 X40.1 Y39.727 Z-28.938
N3670 Y-34.727 Z-23.251	N4220 Y-39.885 Z-29.312
N3680 X34.885 Y-35.1 Z-23.253	N4230 X39.727 Y-40.1 Z-29.313
N3690 X.063 Z-23.435	N4240 X-.063 Z-29.5
N3700 X-34.727 Z-23.617	N4250 X-39.885 Z-29.687
N3710 X-35.1 Y-34.885 Z-23.619	N4260 X-40.1 Y-39.727 Z-29.688
N3720 Y34.727 Z-23.984	N4270 Y39.885 Z-30.062
N3730 X-34.885 Y35.1 Z-23.985	N4280 X-39.727 Y40.1 Z-30.063

N4290 X39.885 Z-30.437	N4850 Y-39.885 Z-39.812
N4300 X40.1 Y39.727 Z-30.438	N4860 X39.727 Y-40.1 Z-39.813
N4310 Y-39.885 Z-30.812	N4870 X-.063 Z-40
N4320 X39.727 Y-40.1 Z-30.813	N4880 X-39.885 Z-40.187
N4330 X-.063 Z-31	N4890 X-40.1 Y-39.727 Z-40.188
N4340 X-39.885 Z-31.187	N4900 Y39.885 Z-40.562
N4350 X-40.1 Y-39.727 Z-31.188	N4910 X-39.727 Y40.1 Z-40.563
N4360 Y39.885 Z-31.562	N4920 X39.885 Z-40.937
N4370 X-39.727 Y40.1 Z-31.563	N4930 X40.1 Y39.727 Z-40.938
N4380 X39.885 Z-31.937	N4940 Y-39.885 Z-41.312
N4390 X40.1 Y39.727 Z-31.938	N4950 X39.727 Y-40.1 Z-41.313
N4400 Y-39.885 Z-32.312	N4960 X-.063 Z-41.5
N4410 X39.727 Y-40.1 Z-32.313	N4970 X-39.885 Z-41.687
N4420 X-.063 Z-32.5	N4980 X-40.1 Y-39.727 Z-41.688
N4430 X-39.885 Z-32.687	N4990 Y39.885 Z-42.062
N4440 X-40.1 Y-39.727 Z-32.688	N5000 X-39.727 Y40.1 Z-42.063
N4450 Y39.885 Z-33.062	N5010 X39.885 Z-42.437
N4460 X-39.727 Y40.1 Z-33.063	N5020 X40.1 Y39.727 Z-42.438
N4470 X39.885 Z-33.437	N5030 Y-39.885 Z-42.812
N4480 X40.1 Y39.727 Z-33.438	N5040 X39.727 Y-40.1 Z-42.813
N4490 Y-39.885 Z-33.812	N5050 X-.063 Z-43
N4500 X39.727 Y-40.1 Z-33.813	N5060 X-39.885 Z-43.187
N4510 X-.063 Z-34	N5070 X-40.1 Y-39.727 Z-43.188
N4520 X-39.885 Z-34.187	N5080 Y39.885 Z-43.562
N4530 X-40.1 Y-39.727 Z-34.188	N5090 X-39.727 Y40.1 Z-43.563
N4540 Y39.885 Z-34.562	N5100 X39.885 Z-43.937
N4550 X-39.727 Y40.1 Z-34.563	N5110 X40.1 Y39.727 Z-43.938
N4560 X39.885 Z-34.937	N5120 Y-39.885 Z-44.312
N4570 X40.1 Y39.727 Z-34.938	N5130 X39.727 Y-40.1 Z-44.313
N4580 Y-39.885 Z-35.312	N5140 X-.063 Z-44.5
N4590 X39.727 Y-40.1 Z-35.313	N5150 X-39.885 Z-44.687
N4600 X-.063 Z-35.5	N5160 X-40.1 Y-39.727 Z-44.688
N4610 X-39.885 Z-35.687	N5170 Y39.885 Z-45.062
N4620 X-40.1 Y-39.727 Z-35.688	N5180 X-39.727 Y40.1 Z-45.063
N4630 Y39.885 Z-36.062	N5190 X39.885 Z-45.437
N4640 X-39.727 Y40.1 Z-36.063	N5200 X40.1 Y39.727 Z-45.438
N4650 X39.885 Z-36.437	N5210 Y-39.885 Z-45.812
N4660 X40.1 Y39.727 Z-36.438	N5220 X39.727 Y-40.1 Z-45.813
N4670 Y-39.885 Z-36.812	N5230 X-.063 Z-46
N4680 X39.727 Y-40.1 Z-36.813	N5240 X-39.885 Z-46.187
N4690 X-.063 Z-37	N5250 X-40.1 Y-39.727 Z-46.188
N4700 X-39.885 Z-37.187	N5260 Y39.885 Z-46.562
N4710 X-40.1 Y-39.727 Z-37.188	N5270 X-39.727 Y40.1 Z-46.563
N4720 Y39.885 Z-37.562	N5280 X39.885 Z-46.937
N4730 X-39.727 Y40.1 Z-37.563	N5290 X40.1 Y39.727 Z-46.938
N4740 X39.885 Z-37.937	N5300 Y-39.885 Z-47.312
N4750 X40.1 Y39.727 Z-37.938	N5310 X39.727 Y-40.1 Z-47.313
N4760 Y-39.885 Z-38.312	N5320 X-.063 Z-47.5
N4770 X39.727 Y-40.1 Z-38.313	N5330 X-39.885 Z-47.687
N4780 X-.063 Z-38.5	N5340 X-40.1 Y-39.727 Z-47.688
N4790 X-39.885 Z-38.687	N5350 Y39.885 Z-48.062
N4800 X-40.1 Y-39.727 Z-38.688	N5360 X-39.727 Y40.1 Z-48.063
N4810 Y39.885 Z-39.062	N5370 X39.885 Z-48.437
N4820 X-39.727 Y40.1 Z-39.063	N5380 X40.1 Y39.727 Z-48.438
N4830 X39.885 Z-39.437	N5390 Y-39.885 Z-48.812
N4840 X40.1 Y39.727 Z-39.438	N5400 X39.727 Y-40.1 Z-48.813

N5410 X-.063 Z-49	N5950 G75 X0 Y0
N5420 X-39.885	N5960 M5
N5430 X-40.1 Y-39.727	;SPOTTING DRILL D6 SD6
N5440 Y39.885	N5970 T="CENTERING6" D1
N5450 X-39.727 Y40.1	N5980 M6
N5460 X39.885	N5990 T4
N5470 X40.1 Y39.727	N6000 S6000 M3
N5480 Y-39.885	;BREAKING EDGES MILLING
N5490 X39.727 Y-40.1	;NO ROTATION
N5500 X-.063	N6010 G0 X1.02 Y-41.483
N5510 G3 X-8.399 Y-44.913 I0 J-9.625	N6020 Z2
N5520 G1 X-9.199 Y-46.298	N6030 M8
N5530 G40 X-2.249 Y-50.311	N6040 Z-23.8
N5540 G0 Z2	N6050 G1 Z-26.1 F600
;SIDE MILLING	N6060 G41 X.77 Y-41.05
N5550 X52.209 Y-46.777	N6070 G3 X.337 Y-40.8 I-.433 J-.25
N5560 Z-25	N6080 G1 X-39.827
N5570 Z-47	N6090 G2 X-40.52 Y-40.4 I0 J.8
N5580 G1 Z-49 F1000	N6100 G1 X-40.693 Y-40.1
N5590 G41 X56.221 Y-39.827	N6110 G2 X-40.8 Y-39.7 I.693 J.4
N5600 X53.623 Y-38.327	N6120 G1 Y39.827
N5610 G3 X42.598 Y-38.327 I-5.512 J-9.548	N6130 G2 X-40.4 Y40.52 I.8 J0
N5620 G1 X39.7 Y-40	N6140 G1 X-40.1 Y40.693
N5630 X-39.827	N6150 G2 X-39.7 Y40.8 I.4 J-.693
N5640 X-40 Y-39.7	N6160 G1 X39.827
N5650 Y39.827	N6170 G2 X40.52 Y40.4 I0 J-.8
N5660 X-39.7 Y40	N6180 G1 X40.693 Y40.1
N5670 X39.827	N6190 G2 X40.8 Y39.7 I-.693 J-.4
N5680 X40 Y39.7	N6200 G1 Y-39.827
N5690 Y-42.827	N6210 G2 X40.4 Y-40.52 I-.8 J0
N5700 G3 X45.512 Y-52.375 I11.025 J0	N6220 G1 X40.1 Y-40.693
N5710 G1 X48.111 Y-53.875	N6230 G2 X39.7 Y-40.8 I-.4 J.693
N5720 G40 X52.123 Y-46.925	N6240 G1 X-.463
N5730 G0 Z2	N6250 G3 X-.896 Y-41.05 I0 J-.5
;SIDE MILLING	N6260 G1 X-1.146 Y-41.483
N5740 X5.429 Y-50.025	N6270 G0 G40 Z2
N5750 Z-23	N6280 Y36.483
N5760 G1 Z-25	N6290 Z1.2
N5770 G41 X12.378 Y-46.013	N6300 G1 Z-1.1
N5780 X8.799 Y-39.812	N6310 G41 X-.896 Y36.05
N5790 G3 X.463 Y-35 I-8.336 J-4.813	N6320 G3 X-.463 Y35.8 I.433 J.25
N5800 G1 X-34.7	N6330 G1 X34.7
N5810 X-35 Y-34.827	N6340 G2 X35.1 Y35.693 I0 J-.8
N5820 Y34.7	N6350 G1 X35.4 Y35.52
N5830 X-34.827 Y35	N6360 G2 X35.8 Y34.827 I-.4 J-.693
N5840 X34.7	N6370 G1 Y-34.7
N5850 X35 Y34.827	N6380 G2 X35.693 Y-35.1 I-.8 J0
N5860 Y-34.7	N6390 G1 X35.52 Y-35.4
N5870 X34.827 Y-35	N6400 G2 X34.827 Y-35.8 I-.693 J.4
N5880 X-.337	N6410 G1 X-34.7
N5890 G3 X-8.672 Y-39.812 I0 J-9.625	N6420 G2 X-35.1 Y-35.693 I0 J.8
N5900 G1 X-12.252 Y-46.013	N6430 G1 X-35.4 Y-35.52
N5910 G40 X-5.302 Y-50.025	N6440 G2 X-35.8 Y-34.827 I.4 J.693
N5920 G0 Z2	N6450 G1 Y34.7
N5930 M9	N6460 G2 X-35.693 Y35.1 I.8 J0
N5940 G75 Z0	N6470 G1 X-35.52 Y35.4

N6480 G2 X-34.827 Y35.8 I.693 J-.4	;CENTERING/POINTING
N6490 G1 X.337	N6810 Z20
N6500 G3 X.77 Y36.05 I0 J.5	N6820 X-26 Y26
N6510 G1 X1.02 Y36.483	N6830 F100
N6520 G0 G40 Z2	N6840 MCALL CYCLE81 (20,0,2,-2.1,)
N6530 X13.492 Y-1.063	N6850 X-26 Y26
N6540 Z1.2	N6860 X26
N6550 G1 Z-1.1	N6870 Y-26
N6560 G41 X13.932 Y-.826	N6880 X-26
N6570 G3 X14.194 Y-.4 I-.237 J.44	N6890 MCALL
N6580 G3 X14.2 Y0 I-14.194 J.4	N6900 G0 Z50
N6590 G3 X0 Y14.2 I-14.2 J0	N6910 M9
N6600 G3 X-14.2 Y0 I0 J-14.2	N6920 G75 Z0
N6610 G3 X0 Y-14.2 I14.2 J0	N6930 G75 X0 Y0
N6620 G3 X14.2 Y0 I0 J14.2	N6940 M5
N6630 G3 X14.194 Y.4 I-14.2 J0	;TWISTED DRILL D4 L35 SD4
N6640 G3 X13.932 Y.826 I-.499 J-.014	N6950 T="DRILL4" D1
N6650 G1 X13.492 Y1.063	N6960 M6
N6660 G0 G40 Z2	N6970 T0
N6670 X-4.957 Y1.033	N6980 S8000 M3
N6680 Z-29.8	;DRILLING
N6690 G1 Z-32.1	N6990 G0 X-26 Y26
N6700 G41 X-5.406 Y.814	N7000 Z20
N6710 G3 X-5.686 Y.4 I.219 J-.449	N7010 M8
N6720 G3 X-5.7 Y0 I5.686 J-.4	N7020 F150
N6730 G3 X0 Y-5.7 I5.7 J0	N7030 MCALL CYCLE83 (20,0,2,-50,,,3,-
N6740 G3 X5.7 Y0 I0 J5.7	1,0,0,1,1,,3,.4,0,0)
N6750 G3 X0 Y5.7 I-5.7 J0	N7040 X-26 Y26
N6760 G3 X-5.7 Y0 I0 J-5.7	N7050 X26
N6770 G3 X-5.686 Y-.4 I5.7 J0	N7060 Y-26
N6780 G3 X-5.406 Y-.814 I.499 J.035	N7070 X-26
N6790 G1 X-4.957 Y-1.033	N7080 MCALL
N6800 G0 G40 Z2	N7090 G0 Z50
	N7100 M9
	N7110 G75 Z0
	N7120 G75 X0 Y0
	N7130 M5
	N7140 M2

G κώδικας του ISO 19791-7 (Δεύτερη φάση)	
N10 G0 G40 G90 G94 N20 CYCLE800 N30 G54 ; SIDE MILL D10 L27 SD10 N40 T="MILL10" D1 N50 M6 N70 S6000 M3 ; FACING-FINISH - Z0 ; NO ROTATION N80 G0 G17 X48.5 Y26.341 N90 Z3 N100 M8 N110 Z2 N120 G1 Z0 F1000 N130 G3 X40.5 Y18.095 I.25 J-8.246 N140 G1 Y-38 N150 G2 X38 Y-40.5 I-2.5 J0 N160 G1 X-38 N170 G2 X-40.5 Y-38 I0 J2.5 N180 G1 Y38 N190 G2 X-38 Y40.5 I2.5 J0 N200 G1 X38 N210 G2 X40.5 Y38 I0 J-2.5 N220 G1 Y18.095 N230 G2 X37.5 Y10.158 I-12 J0 N240 G3 X34.5 Y2.221 I9 J-7.937 N250 G1 Y-32 N260 G2 X32 Y-34.5 I-2.5 J0 N270 G1 X-32 N280 G2 X-34.5 Y-32 I0 J2.5 N290 G1 Y32 N300 G2 X-32 Y34.5 I2.5 J0 N310 G1 X32 N320 G2 X34.5 Y32 I0 J-2.5 N330 G1 Y2.221 N340 G2 X31.5 Y-5.717 I-12 J0 N350 G3 X28.5 Y-13.654 I9 J-7.937 N360 G1 Y-26 N370 G2 X26 Y-28.5 I-2.5 J0 N380 G1 X-26 N390 G2 X-28.5 Y-26 I0 J2.5 N400 G1 Y26 N410 G2 X-26 Y28.5 I2.5 J0 N420 G1 X26 N430 G2 X28.5 Y26 I0 J-2.5 N440 G1 Y-13.654 N450 G2 X18.326 Y-22.577 I-9 J0 N460 G3 X17.152 Y-22.5 I-1.174 J-8.923 N470 G1 X-20 N480 G2 X-22.5 Y-20 I0 J2.5 N490 G1 Y20 N500 G2 X-20 Y22.5 I2.5 J0 N510 G1 X20 N520 G2 X22.5 Y20 I0 J-2.5 N530 G1 Y-20	N540 G2 X20 Y-22.5 I-2.5 J0 N550 G1 X17.152 N560 G2 X9.214 Y-19.5 I0 J12 N570 G3 X1.277 Y-16.5 I-7.937 J-9 N580 G1 X-14 N590 G2 X-16.5 Y-14 I0 J2.5 N600 G1 Y14 N610 G2 X-14 Y16.5 I2.5 J0 N620 G1 X14 N630 G2 X16.5 Y14 I0 J-2.5 N640 G1 Y-14 N650 G2 X14 Y-16.5 I-2.5 J0 N660 G1 X1.277 N670 G2 X-10.611 Y-2.868 I0 J12 N680 G3 X-10.5 Y-1.237 I-11.889 J1.631 N690 G1 Y8 N700 G2 X-8 Y10.5 I2.5 J0 N710 G1 X8 N720 G2 X10.5 Y8 I0 J-2.5 N730 G1 Y-8 N740 G2 X8 Y-10.5 I-2.5 J0 N750 G1 X-8 N760 G2 X-10.5 Y-8 I0 J2.5 N770 G1 Y-1.237 N780 G2 X-3.25 Y4.632 I6 J0 N790 G3 X-2 Y4.5 I1.25 J5.868 N800 G1 X2 N810 G2 X4.5 Y2 I0 J-2.5 N820 G1 Y-2 N830 G2 X2 Y-4.5 I-2.5 J0 N840 G1 X-2 N850 G2 X-4.5 Y-2 I0 J2.5 N860 G0 Z3 ; FACING-ROUGH Z-12 N870 X36.091 Y48.5 N880 Z2 N890 Z.525 N900 G1 Z-1.475 N910 G2 X38.509 Y46.5 I-1.479 J-4.25 N920 G1 X46.5 Y32.66 N930 X48.5 Y29.196 N940 G0 Z2 N950 X29.163 Y48.5 N960 Z.525 N970 G1 Z-1.475 N980 G2 X31.581 Y46.5 I-1.479 J-4.25 N990 G1 X46.5 Y20.66 N1000 X48.5 Y17.196 N1010 G0 Z2 N1020 X21.957 Y48.5 N1030 Z.525 N1040 G1 Z-1.475 N1050 G2 X24.646 Y46.5 I-1.148 J-4.351 N1060 G2 X24.875 Y46.116 I-14.58 J-8.934

N1070 G1 X46.5 Y8.66	N1610 X-48.5 Y29.163
N1080 X48.5 Y5.196	N1620 Z.525
N1090 G0 Z2	N1630 G1 Z-1.475
N1100 Y-36.091	N1640 G2 X-46.5 Y31.581 I4.25 J-1.479
N1110 Z.525	N1650 G1 X-20.66 Y46.5
N1120 G1 Z-1.475	N1660 X-17.196 Y48.5
N1130 G2 X46.5 Y-38.509 I-4.25 J1.479	N1670 G0 Z2
N1140 G1 X32.66 Y-46.5	N1680 X-48.5 Y21.957
N1150 X29.196 Y-48.5	N1690 Z.525
N1160 G0 Z2	N1700 G1 Z-1.475
N1170 X48.5 Y-29.163	N1710 G2 X-46.5 Y24.646 I4.351 J-1.148
N1180 Z.525	N1720 G2 X-46.116 Y24.875 I8.934 J-14.58
N1190 G1 Z-1.475	N1730 G1 X-8.66 Y46.5
N1200 G2 X46.5 Y-31.581 I-4.25 J1.479	N1740 X-5.196 Y48.5
N1210 G1 X20.66 Y-46.5	N1750 G0 Z2
N1220 X17.196 Y-48.5	N1760 X11.717
N1230 G0 Z2	N1770 Z.525
N1240 X48.5 Y-21.957	N1780 G1 Z-1.475
N1250 Z.525	N1790 G2 X16.653 Y46.5 I-1.444 J-10.653
N1260 G1 Z-1.475	N1800 G2 X19.679 Y43.116 I-6.587 J-8.934
N1270 G2 X46.5 Y-24.646 I-4.351 J1.148	N1810 G1 X46.5 Y-3.34
N1280 G2 X46.116 Y-24.875 I-8.934 J14.58	N1820 X48.5 Y-6.804
N1290 G1 X8.66 Y-46.5	N1830 G0 Z-1.075
N1300 X5.196 Y-48.5	N1840 G2 X48.663 Y-7.469 I-1.063 J-.614
N1310 G0 Z2	N1850 G1 X48.51 Y-11.598
N1320 X-36.091	N1860 G2 X48.5 Y-11.717 I-1.226 J.046
N1330 Z.525	N1870 G1 Z-1.475
N1340 G1 Z-1.475	N1880 G2 X46.5 Y-16.653 I-10.653 J1.444
N1350 G2 X-38.509 Y-46.5 I1.479 J4.25	N1890 G2 X43.116 Y-19.679 I-8.934 J6.587
N1360 G1 X-46.5 Y-32.66	N1900 G1 X-3.34 Y-46.5
N1370 X-48.5 Y-29.196	N1910 X-6.804 Y-48.5
N1380 G0 Z2	N1920 G0 Z-1.075
N1390 X-29.163 Y-48.5	N1930 G2 X-7.469 Y-48.663 I-.614 J1.063
N1400 Z.525	N1940 G1 X-11.598 Y-48.51
N1410 G1 Z-1.475	N1950 G2 X-11.717 Y-48.5 I.046 J1.226
N1420 G2 X-31.581 Y-46.5 I1.479 J4.25	N1960 G1 Z-1.475
N1430 G1 X-46.5 Y-20.66	N1970 G2 X-16.653 Y-46.5 I1.444 J10.653
N1440 X-48.5 Y-17.196	N1980 G2 X-19.679 Y-43.116 I6.587 J8.934
N1450 G0 Z2	N1990 G1 X-46.5 Y3.34
N1460 X-21.957 Y-48.5	N2000 X-48.5 Y6.804
N1470 Z.525	N2010 G0 Z-1.075
N1480 G1 Z-1.475	N2020 G2 X-48.663 Y7.469 I1.063 J.614
N1490 G2 X-24.646 Y-46.5 I1.148 J4.351	N2030 G1 X-48.51 Y11.598
N1500 G2 X-24.875 Y-46.116 I14.58 J8.934	N2040 G2 X-48.5 Y11.717 I1.226 J-.046
N1510 G1 X-46.5 Y-8.66	N2050 G1 Z-1.475
N1520 X-48.5 Y-5.196	N2060 G2 X-46.5 Y16.653 I10.653 J-1.444
N1530 G0 Z2	N2070 G2 X-43.116 Y19.679 I8.934 J-6.587
N1540 Y36.091	N2610 G2 X46.5 Y-24.646 I-4.351 J1.148
N1550 Z.525	N2620 G2 X46.116 Y-24.875 I-8.934 J14.58
N1560 G1 Z-1.475	N2630 G1 X8.66 Y-46.5
N1570 G2 X-46.5 Y38.509 I4.25 J-1.479	
N1580 G1 X-32.66 Y46.5	
N1590 X-29.196 Y48.5	
N1600 G0 Z2	

N2080 G1 X3.34 Y46.5	N2640 X5.196 Y-48.5
N2090 G2 X16.839 Y38.576 I4.5 J-7.794	N2650 G0 Z2
N2100 G3 X18.044 Y33.946 I8.999 J-.13	N2660 X-36.091
N2110 G1 X41.982 Y-7.516	N2670 Z-.95
N2120 G2 X40.116 Y-14.482 I-4.416 J-2.55	N2680 G1 Z-2.95
N2130 G1 X-7.516 Y-41.982	N2690 G2 X-38.509 Y-46.5 I1.479 J4.25
N2140 G2 X-14.482 Y-40.116 I-2.55 J4.416	N2700 G1 X-46.5 Y-32.66
N2150 G1 X-41.982 Y7.516	N2710 X-48.5 Y-29.196
N2160 G2 X-40.116 Y14.482 I4.416 J2.55	N2720 G0 Z2
N2170 G1 X7.516 Y41.982	N2730 X-29.163 Y-48.5
N2180 G2 X14.482 Y40.116 I2.55 J-4.416	N2740 Z-.95
N2190 G1 X18.044 Y33.946	N2750 G1 Z-2.95
N2200 G3 X20.776 Y33.214 I1.732 J1	N2760 G2 X-31.581 Y-46.5 I1.479 J4.25
N2210 G0 Z2	N2770 G1 X-46.5 Y-20.66
N2220 X36.091 Y48.5	N2780 X-48.5 Y-17.196
N2230 Z-.95	N2790 G0 Z2
N2240 G1 Z-2.95	N2800 X-21.957 Y-48.5
N2250 G2 X38.509 Y46.5 I-1.479 J-4.25	N2810 Z-.95
N2260 G1 X46.5 Y32.66	N2820 G1 Z-2.95
N2270 X48.5 Y29.196	N2830 G2 X-24.646 Y-46.5 I1.148 J4.351
N2280 G0 Z2	N2840 G2 X-24.875 Y-46.116 I14.58 J8.934
N2290 X29.163 Y48.5	N2850 G1 X-46.5 Y-8.66
N2300 Z-.95	N2860 X-48.5 Y-5.196
N2310 G1 Z-2.95	N2870 G0 Z2
N2320 G2 X31.581 Y46.5 I-1.479 J-4.25	N2880 Y36.091
N2330 G1 X46.5 Y20.66	N2890 Z-.95
N2340 X48.5 Y17.196	N2900 G1 Z-2.95
N2350 G0 Z2	N2910 G2 X-46.5 Y38.509 I4.25 J-1.479
N2360 X21.957 Y48.5	N2920 G1 X-32.66 Y46.5
N2370 Z-.95	N2930 X-29.196 Y48.5
N2380 G1 Z-2.95	N2940 G0 Z2
N2390 G2 X24.646 Y46.5 I-1.148 J-4.351	N2950 X-48.5 Y29.163
N2400 G2 X24.875 Y46.116 I-14.58 J-8.934	N2960 Z-.95
N2410 G1 X46.5 Y8.66	N2970 G1 Z-2.95
N2420 X48.5 Y5.196	N2980 G2 X-46.5 Y31.581 I4.25 J-1.479
N2430 G0 Z2	N2990 G1 X-20.66 Y46.5
N2440 Y-36.091	N3000 X-17.196 Y48.5
N2450 Z-.95	N3010 G0 Z2
N2460 G1 Z-2.95	N3020 X-48.5 Y21.957
N2470 G2 X46.5 Y-38.509 I-4.25 J1.479	N3030 Z-.95
N2480 G1 X32.66 Y-46.5	N3040 G1 Z-2.95
N2490 X29.196 Y-48.5	N3050 G2 X-46.5 Y24.646 I4.351 J-1.148
N2500 G0 Z2	N3060 G2 X-46.116 Y24.875 I8.934 J-14.58
N2510 X48.5 Y-29.163	N3070 G1 X-8.66 Y46.5
N2520 Z-.95	N3080 X-5.196 Y48.5
N2530 G1 Z-2.95	N3090 G0 Z2
N2540 G2 X46.5 Y-31.581 I-4.25 J1.479	N3100 X11.717
N2550 G1 X20.66 Y-46.5	N3110 Z-.95
N2560 X17.196 Y-48.5	N3120 G1 Z-2.95
N2570 G0 Z2	N3130 G2 X16.653 Y46.5 I-1.444 J-10.653
N2580 X48.5 Y-21.957	N3640 Z-2.425
N2590 Z-.95	N3650 G1 Z-4.425
N2600 G1 Z-2.95	N3660 G2 X31.581 Y46.5 I-1.479 J-4.25
	N3670 G1 X46.5 Y20.66

N3140 G2 X19.679 Y43.116 I-6.587 J-8.934	N3680 X48.5 Y17.196
N3150 G1 X46.5 Y-3.34	N3690 G0 Z2
N3160 X48.5 Y-6.804	N3700 X21.957 Y48.5
N3170 G0 Z-2.55	N3710 Z-2.425
N3180 G2 X48.663 Y-7.469 I-1.063 J-.614	N3720 G1 Z-4.425
N3190 G1 X48.51 Y-11.598	N3730 G2 X24.646 Y46.5 I-1.148 J-4.351
N3200 G2 X48.5 Y-11.717 I-1.226 J.046	N3740 G2 X24.875 Y46.116 I-14.58 J-8.934
N3210 G1 Z-2.95	N3750 G1 X46.5 Y8.66
N3220 G2 X46.5 Y-16.653 I-10.653 J1.444	N3760 X48.5 Y5.196
N3230 G2 X43.116 Y-19.679 I-8.934 J6.587	N3770 G0 Z2
N3240 G1 X-3.34 Y-46.5	N3780 Y-36.091
N3250 X-6.804 Y-48.5	N3790 Z-2.425
N3260 G0 Z-2.55	N3800 G1 Z-4.425
N3270 G2 X-7.469 Y-48.663 I-.614 J1.063	N3810 G2 X46.5 Y-38.509 I-4.25 J1.479
N3280 G1 X-11.598 Y-48.51	N3820 G1 X32.66 Y-46.5
N3290 G2 X-11.717 Y-48.5 I.046 J1.226	N3830 X29.196 Y-48.5
N3300 G1 Z-2.95	N3840 G0 Z2
N3310 G2 X-16.653 Y-46.5 I1.444 J10.653	N3850 X48.5 Y-29.163
N3320 G2 X-19.679 Y-43.116 I6.587 J8.934	N3860 Z-2.425
N3330 G1 X-46.5 Y3.34	N3870 G1 Z-4.425
N3340 X-48.5 Y6.804	N3880 G2 X46.5 Y-31.581 I-4.25 J1.479
N3350 G0 Z-2.55	N3890 G1 X20.66 Y-46.5
N3360 G2 X-48.663 Y7.469 I1.063 J.614	N3900 X17.196 Y-48.5
N3370 G1 X-48.51 Y11.598	N3910 G0 Z2
N3380 G2 X-48.5 Y11.717 I1.226 J-.046	N3920 X48.5 Y-21.957
N3390 G1 Z-2.95	N3930 Z-2.425
N3400 G2 X-46.5 Y16.653 I10.653 J-1.444	N3940 G1 Z-4.425
N3410 G2 X-43.116 Y19.679 I8.934 J-6.587	N3950 G2 X46.5 Y-24.646 I-4.351 J1.148
N3420 G1 X3.34 Y46.5	N3960 G2 X46.116 Y-24.875 I-8.934 J14.58
N3430 G2 X16.839 Y38.576 I4.5 J-7.794	N3970 G1 X8.66 Y-46.5
N3440 G3 X18.044 Y33.946 I8.999 J-.13	N3980 X5.196 Y-48.5
N3450 G1 X41.982 Y-7.516	N3990 G0 Z2
N3460 G2 X40.116 Y-14.482 I-4.416 J-2.55	N4000 X-36.091
N3470 G1 X-7.516 Y-41.982	N4010 Z-2.425
N3480 G2 X-14.482 Y-40.116 I-2.55 J4.416	N4020 G1 Z-4.425
N3490 G1 X-41.982 Y7.516	N4030 G2 X-38.509 Y-46.5 I1.479 J4.25
N3500 G2 X-40.116 Y14.482 I4.416 J2.55	N4040 G1 X-46.5 Y-32.66
N3510 G1 X7.516 Y41.982	N4050 X-48.5 Y-29.196
N3520 G2 X14.482 Y40.116 I2.55 J-4.416	N4060 G0 Z2
N3530 G1 X18.044 Y33.946	N4070 X-29.163 Y-48.5
N3540 G3 X20.776 Y33.214 I1.732 J1	N4080 Z-2.425
N3550 G0 Z2	N4090 G1 Z-4.425
N3560 X36.091 Y48.5	N4100 G2 X-31.581 Y-46.5 I1.479 J4.25
N3570 Z-2.425	N4110 G1 X-46.5 Y-20.66
N3580 G1 Z-4.425	N4120 X-48.5 Y-17.196
N3590 G2 X38.509 Y46.5 I-1.479 J-4.25	N4130 G0 Z2
N3600 G1 X46.5 Y32.66	N4140 X-21.957 Y-48.5
N3610 X48.5 Y29.196	N4150 Z-2.425
N3620 G0 Z2	N4160 G1 Z-4.425
N3630 X29.163 Y48.5	N4170 G2 X-24.646 Y-46.5 I1.148 J4.351
	N4680 X-48.5 Y6.804
	N4690 G0 Z-4.025
	N4700 G2 X-48.663 Y7.469 I1.063 J.614
	N4710 G1 X-48.51 Y11.598

N4180 G2 X-24.875 Y-46.116 I14.58 J8.934	N4720 G2 X-48.5 Y11.717 I1.226 J-.046
N4190 G1 X-46.5 Y-8.66	N4730 G1 Z-4.425
N4200 X-48.5 Y-5.196	N4740 G2 X-46.5 Y16.653 I10.653 J-1.444
N4210 G0 Z2	N4750 G2 X-43.116 Y19.679 I8.934 J-6.587
N4220 Y36.091	N4760 G1 X3.34 Y46.5
N4230 Z-2.425	N4770 G2 X16.839 Y38.576 I4.5 J-7.794
N4240 G1 Z-4.425	N4780 G3 X18.044 Y33.946 I8.999 J-.13
N4250 G2 X-46.5 Y38.509 I4.25 J-1.479	N4790 G1 X41.982 Y-7.516
N4260 G1 X-32.66 Y46.5	N4800 G2 X40.116 Y-14.482 I-4.416 J-2.55
N4270 X-29.196 Y48.5	N4810 G1 X-7.516 Y-41.982
N4280 G0 Z2	N4820 G2 X-14.482 Y-40.116 I-2.55 J4.416
N4290 X-48.5 Y29.163	N4830 G1 X-41.982 Y7.516
N4300 Z-2.425	N4840 G2 X-40.116 Y14.482 I4.416 J2.55
N4310 G1 Z-4.425	N4850 G1 X7.516 Y41.982
N4320 G2 X-46.5 Y31.581 I4.25 J-1.479	N4860 G2 X14.482 Y40.116 I2.55 J-4.416
N4330 G1 X-20.66 Y46.5	N4870 G1 X18.044 Y33.946
N4340 X-17.196 Y48.5	N4880 G3 X20.776 Y33.214 I1.732 J1
N4350 G0 Z2	N4890 G0 Z2
N4360 X-48.5 Y21.957	N4900 X36.091 Y48.5
N4370 Z-2.425	N4910 Z-3.9
N4380 G1 Z-4.425	N4920 G1 Z-5.9
N4390 G2 X-46.5 Y24.646 I4.351 J-1.148	N4930 G2 X38.509 Y46.5 I-1.479 J-4.25
N4400 G2 X-46.116 Y24.875 I8.934 J-14.58	N4940 G1 X46.5 Y32.66
N4410 G1 X-8.66 Y46.5	N4950 X48.5 Y29.196
N4420 X-5.196 Y48.5	N4960 G0 Z2
N4430 G0 Z2	N4970 X29.163 Y48.5
N4440 X11.717	N4980 Z-3.9
N4450 Z-2.425	N4990 G1 Z-5.9
N4460 G1 Z-4.425	N5000 G2 X31.581 Y46.5 I-1.479 J-4.25
N4470 G2 X16.653 Y46.5 I-1.444 J-10.653	N5010 G1 X46.5 Y20.66
N4480 G2 X19.679 Y43.116 I-6.587 J-8.934	N5020 X48.5 Y17.196
N4490 G1 X46.5 Y-3.34	N5030 G0 Z2
N4500 X48.5 Y-6.804	N5040 X21.957 Y48.5
N4510 G0 Z-4.025	N5050 Z-3.9
N4520 G2 X48.663 Y-7.469 I-1.063 J-.614	N5060 G1 Z-5.9
N4530 G1 X48.51 Y-11.598	N5070 G2 X24.646 Y46.5 I-1.148 J-4.351
N4540 G2 X48.5 Y-11.717 I-1.226 J.046	N5080 G2 X24.875 Y46.116 I-14.58 J-8.934
N4550 G1 Z-4.425	N5090 G1 X46.5 Y8.66
N4560 G2 X46.5 Y-16.653 I-10.653 J1.444	N5100 X48.5 Y5.196
N4570 G2 X43.116 Y-19.679 I-8.934 J6.587	N5110 G0 Z2
N4580 G1 X-3.34 Y-46.5	N5120 Y-36.091
N4590 X-6.804 Y-48.5	N5130 Z-3.9
N4600 G0 Z-4.025	N5140 G1 Z-5.9
N4610 G2 X-7.469 Y-48.663 I-.614 J1.063	N5150 G2 X46.5 Y-38.509 I-4.25 J1.479
N4620 G1 X-11.598 Y-48.51	N5160 G1 X32.66 Y-46.5
N4630 G2 X-11.717 Y-48.5 I.046 J1.226	N5170 X29.196 Y-48.5
N4640 G1 Z-4.425	N5180 G0 Z2
N4650 G2 X-16.653 Y-46.5 I1.444 J10.653	N5730 G2 X-46.5 Y24.646 I4.351 J-1.148
N4660 G2 X-19.679 Y-43.116 I6.587 J8.934	N5740 G2 X-46.116 Y24.875 I8.934 J-14.58
N4670 G1 X-46.5 Y3.34	N5750 G1 X-8.66 Y46.5
N5190 X48.5 Y-29.163	N5760 X-5.196 Y48.5

N5200 Z-3.9	N5770 G0 Z2
N5210 G1 Z-5.9	N5780 X11.717
N5220 G2 X46.5 Y-31.581 I-4.25 J1.479	N5790 Z-3.9
N5230 G1 X20.66 Y-46.5	N5800 G1 Z-5.9
N5240 X17.196 Y-48.5	N5810 G2 X16.653 Y46.5 I-1.444 J-10.653
N5250 G0 Z2	N5820 G2 X19.679 Y43.116 I-6.587 J-8.934
N5260 X48.5 Y-21.957	N5830 G1 X46.5 Y-3.34
N5270 Z-3.9	N5840 X48.5 Y-6.804
N5280 G1 Z-5.9	N5850 G0 Z-5.5
N5290 G2 X46.5 Y-24.646 I-4.351 J1.148	N5860 G2 X48.663 Y-7.469 I-1.063 J-.614
N5300 G2 X46.116 Y-24.875 I-8.934 J14.58	N5870 G1 X48.51 Y-11.598
N5310 G1 X8.66 Y-46.5	N5880 G2 X48.5 Y-11.717 I-1.226 J.046
N5320 X5.196 Y-48.5	N5890 G1 Z-5.9
N5330 G0 Z2	N5900 G2 X46.5 Y-16.653 I-10.653 J1.444
N5340 X-36.091	N5910 G2 X43.116 Y-19.679 I-8.934 J6.587
N5350 Z-3.9	N5920 G1 X-3.34 Y-46.5
N5360 G1 Z-5.9	N5930 X-6.804 Y-48.5
N5370 G2 X-38.509 Y-46.5 I1.479 J4.25	N5940 G0 Z-5.5
N5380 G1 X-46.5 Y-32.66	N5950 G2 X-7.469 Y-48.663 I-.614 J1.063
N5390 X-48.5 Y-29.196	N5960 G1 X-11.598 Y-48.51
N5400 G0 Z2	N5970 G2 X-11.717 Y-48.5 I.046 J1.226
N5410 X-29.163 Y-48.5	N5980 G1 Z-5.9
N5420 Z-3.9	N5990 G2 X-16.653 Y-46.5 I1.444 J10.653
N5430 G1 Z-5.9	N6000 G2 X-19.679 Y-43.116 I6.587 J8.934
N5440 G2 X-31.581 Y-46.5 I1.479 J4.25	N6010 G1 X-46.5 Y3.34
N5450 G1 X-46.5 Y-20.66	N6020 X-48.5 Y6.804
N5460 X-48.5 Y-17.196	N6030 G0 Z-5.5
N5470 G0 Z2	N6040 G2 X-48.663 Y7.469 I1.063 J.614
N5480 X-21.957 Y-48.5	N6050 G1 X-48.51 Y11.598
N5490 Z-3.9	N6060 G2 X-48.5 Y11.717 I1.226 J-.046
N5500 G1 Z-5.9	N6070 G1 Z-5.9
N5510 G2 X-24.646 Y-46.5 I1.148 J4.351	N6080 G2 X-46.5 Y16.653 I10.653 J-1.444
N5520 G2 X-24.875 Y-46.116 I14.58 J8.934	N6090 G2 X-43.116 Y19.679 I8.934 J-6.587
N5530 G1 X-46.5 Y-8.66	N6100 G1 X3.34 Y46.5
N5540 X-48.5 Y-5.196	N6110 G2 X16.839 Y38.576 I4.5 J-7.794
N5550 G0 Z2	N6120 G3 X18.044 Y33.946 I8.999 J-.13
N5560 Y36.091	N6130 G1 X41.982 Y-7.516
N5570 Z-3.9	N6140 G2 X40.116 Y-14.482 I-4.416 J-2.55
N5580 G1 Z-5.9	N6150 G1 X-7.516 Y-41.982
N5590 G2 X-46.5 Y38.509 I4.25 J-1.479	N6160 G2 X-14.482 Y-40.116 I-2.55 J4.416
N5600 G1 X-32.66 Y46.5	N6170 G1 X-41.982 Y7.516
N5610 X-29.196 Y48.5	N6720 G1 X-46.5 Y-32.66
N5620 G0 Z2	N6730 X-48.5 Y-29.196
N5630 X-48.5 Y29.163	N6740 G0 Z2
N5640 Z-3.9	N6750 X-29.163 Y-48.5
N5650 G1 Z-5.9	N6760 Z-5.375
N5660 G2 X-46.5 Y31.581 I4.25 J-1.479	N6770 G1 Z-7.375
N5670 G1 X-20.66 Y46.5	N6780 G2 X-31.581 Y-46.5 I1.479 J4.25
N5680 X-17.196 Y48.5	N6790 G1 X-46.5 Y-20.66
N5690 G0 Z2	N6800 X-48.5 Y-17.196
N5700 X-48.5 Y21.957	
N5710 Z-3.9	
N5720 G1 Z-5.9	
N6180 G2 X-40.116 Y14.482 I4.416 J2.55	

N6190 G1 X7.516 Y41.982	N6810 G0 Z2
N6200 G2 X14.482 Y40.116 I2.55 J-4.416	N6820 X-21.957 Y-48.5
N6210 G1 X18.044 Y33.946	N6830 Z-5.375
N6220 G3 X20.776 Y33.214 I1.732 J1	N6840 G1 Z-7.375
N6230 G0 Z2	N6850 G2 X-24.646 Y-46.5 I1.148 J4.351
N6240 X36.091 Y48.5	N6860 G2 X-24.875 Y-46.116 I14.58 J8.934
N6250 Z-5.375	N6870 G1 X-46.5 Y-8.66
N6260 G1 Z-7.375	N6880 X-48.5 Y-5.196
N6270 G2 X38.509 Y46.5 I-1.479 J-4.25	N6890 G0 Z2
N6280 G1 X46.5 Y32.66	N6900 Y36.091
N6290 X48.5 Y29.196	N6910 Z-5.375
N6300 G0 Z2	N6920 G1 Z-7.375
N6310 X29.163 Y48.5	N6930 G2 X-46.5 Y38.509 I4.25 J-1.479
N6320 Z-5.375	N6940 G1 X-32.66 Y46.5
N6330 G1 Z-7.375	N6950 X-29.196 Y48.5
N6340 G2 X31.581 Y46.5 I-1.479 J-4.25	N6960 G0 Z2
N6350 G1 X46.5 Y20.66	N6970 X-48.5 Y29.163
N6360 X48.5 Y17.196	N6980 Z-5.375
N6370 G0 Z2	N6990 G1 Z-7.375
N6380 X21.957 Y48.5	N7000 G2 X-46.5 Y31.581 I4.25 J-1.479
N6390 Z-5.375	N7010 G1 X-20.66 Y46.5
N6400 G1 Z-7.375	N7020 X-17.196 Y48.5
N6410 G2 X24.646 Y46.5 I-1.148 J-4.351	N7030 G0 Z2
N6420 G2 X24.875 Y46.116 I-14.58 J-8.934	N7040 X-48.5 Y21.957
N6430 G1 X46.5 Y8.66	N7050 Z-5.375
N6440 X48.5 Y5.196	N7060 G1 Z-7.375
N6450 G0 Z2	N7070 G2 X-46.5 Y24.646 I4.351 J-1.148
N6460 Y-36.091	N7080 G2 X-46.116 Y24.875 I8.934 J-14.58
N6470 Z-5.375	N7090 G1 X-8.66 Y46.5
N6480 G1 Z-7.375	N7100 X-5.196 Y48.5
N6490 G2 X46.5 Y-38.509 I-4.25 J1.479	N7110 G0 Z2
N6500 G1 X32.66 Y-46.5	N7120 X11.717
N6510 X29.196 Y-48.5	N7130 Z-5.375
N6520 G0 Z2	N7140 G1 Z-7.375
N6530 X48.5 Y-29.163	N7150 G2 X16.653 Y46.5 I-1.444 J-10.653
N6540 Z-5.375	N7160 G2 X19.679 Y43.116 I-6.587 J-8.934
N6550 G1 Z-7.375	N7170 G1 X46.5 Y-3.34
N6560 G2 X46.5 Y-31.581 I-4.25 J1.479	N7180 X48.5 Y-6.804
N6570 G1 X20.66 Y-46.5	N7190 G0 Z-6.975
N6580 X17.196 Y-48.5	N7200 G2 X48.663 Y-7.469 I-1.063 J-.614
N6590 G0 Z2	N7210 G1 X48.51 Y-11.598
N6600 X48.5 Y-21.957	N7220 G2 X48.5 Y-11.717 I-1.226 J.046
N6610 Z-5.375	N7230 G1 Z-7.375
N6620 G1 Z-7.375	N7240 G2 X46.5 Y-16.653 I-10.653 J1.444
N6630 G2 X46.5 Y-24.646 I-4.351 J1.148	N7760 G2 X24.875 Y46.116 I-14.58 J-8.934
N6640 G2 X46.116 Y-24.875 I-8.934 J14.58	N7770 G1 X46.5 Y8.66
N6650 G1 X8.66 Y-46.5	N7780 X48.5 Y5.196
N6660 X5.196 Y-48.5	N7790 G0 Z2
N6670 G0 Z2	N7800 Y-36.091
N6680 X-36.091	N7810 Z-6.85
N6690 Z-5.375	N7820 G1 Z-8.85
N6700 G1 Z-7.375	N7830 G2 X46.5 Y-38.509 I-4.25 J1.479
N6710 G2 X-38.509 Y-46.5 I1.479 J4.25	

N7250 G2 X43.116 Y-19.679 I-8.934 J6.587	N7840 G1 X32.66 Y-46.5
N7260 G1 X-3.34 Y-46.5	N7850 X29.196 Y-48.5
N7270 X-6.804 Y-48.5	N7860 G0 Z2
N7280 G0 Z-6.975	N7870 X48.5 Y-29.163
N7290 G2 X-7.469 Y-48.663 I-.614 J1.063	N7880 Z-6.85
N7300 G1 X-11.598 Y-48.51	N7890 G1 Z-8.85
N7310 G2 X-11.717 Y-48.5 I.046 J1.226	N7900 G2 X46.5 Y-31.581 I-4.25 J1.479
N7320 G1 Z-7.375	N7910 G1 X20.66 Y-46.5
N7330 G2 X-16.653 Y-46.5 I1.444 J10.653	N7920 X17.196 Y-48.5
N7340 G2 X-19.679 Y-43.116 I6.587 J8.934	N7930 G0 Z2
N7350 G1 X-46.5 Y3.34	N7940 X48.5 Y-21.957
N7360 X-48.5 Y6.804	N7950 Z-6.85
N7370 G0 Z-6.975	N7960 G1 Z-8.85
N7380 G2 X-48.663 Y7.469 I1.063 J.614	N7970 G2 X46.5 Y-24.646 I-4.351 J1.148
N7390 G1 X-48.51 Y11.598	N7980 G2 X46.116 Y-24.875 I-8.934 J14.58
N7400 G2 X-48.5 Y11.717 I1.226 J-.046	N7990 G1 X8.66 Y-46.5
N7410 G1 Z-7.375	N8000 X5.196 Y-48.5
N7420 G2 X-46.5 Y16.653 I10.653 J-1.444	N8010 G0 Z2
N7430 G2 X-43.116 Y19.679 I8.934 J-6.587	N8020 X-36.091
N7440 G1 X3.34 Y46.5	N8030 Z-6.85
N7450 G2 X16.839 Y38.576 I4.5 J-7.794	N8040 G1 Z-8.85
N7460 G3 X18.044 Y33.946 I8.999 J-.13	N8050 G2 X-38.509 Y-46.5 I1.479 J4.25
N7470 G1 X41.982 Y-7.516	N8060 G1 X-46.5 Y-32.66
N7480 G2 X40.116 Y-14.482 I-4.416 J-2.55	N8070 X-48.5 Y-29.196
N7490 G1 X-7.516 Y-41.982	N8080 G0 Z2
N7500 G2 X-14.482 Y-40.116 I-2.55 J4.416	N8090 X-29.163 Y-48.5
N7510 G1 X-41.982 Y7.516	N8100 Z-6.85
N7520 G2 X-40.116 Y14.482 I4.416 J2.55	N8110 G1 Z-8.85
N7530 G1 X7.516 Y41.982	N8120 G2 X-31.581 Y-46.5 I1.479 J4.25
N7540 G2 X14.482 Y40.116 I2.55 J-4.416	N8130 G1 X-46.5 Y-20.66
N7550 G1 X18.044 Y33.946	N8140 X-48.5 Y-17.196
N7560 G3 X20.776 Y33.214 I1.732 J1	N8150 G0 Z2
N7570 G0 Z2	N8160 X-21.957 Y-48.5
N7580 X36.091 Y48.5	N8170 Z-6.85
N7590 Z-6.85	N8180 G1 Z-8.85
N7600 G1 Z-8.85	N8190 G2 X-24.646 Y-46.5 I1.148 J4.351
N7610 G2 X38.509 Y46.5 I-1.479 J-4.25	N8200 G2 X-24.875 Y-46.116 I14.58 J8.934
N7620 G1 X46.5 Y32.66	N8210 G1 X-46.5 Y-8.66
N7630 X48.5 Y29.196	N8220 X-48.5 Y-5.196
N7640 G0 Z2	N8230 G0 Z2
N7650 X29.163 Y48.5	N8240 Y36.091
N7660 Z-6.85	N8250 Z-6.85
N7670 G1 Z-8.85	N8260 G1 Z-8.85
N7680 G2 X31.581 Y46.5 I-1.479 J-4.25	N8270 G2 X-46.5 Y38.509 I4.25 J-1.479
N7690 G1 X46.5 Y20.66	N8280 G1 X-32.66 Y46.5
N7700 X48.5 Y17.196	N8800 G3 X18.044 Y33.946 I8.999 J-.13
N7710 G0 Z2	N8810 G1 X41.982 Y-7.516
N7720 X21.957 Y48.5	N8820 G2 X40.116 Y-14.482 I-4.416 J-2.55
N7730 Z-6.85	N8830 G1 X-7.516 Y-41.982
N7740 G1 Z-8.85	N8840 G2 X-14.482 Y-40.116 I-2.55 J4.416
N7750 G2 X24.646 Y46.5 I-1.148 J-4.351	N8850 G1 X-41.982 Y7.516
	N8860 G2 X-40.116 Y14.482 I4.416 J2.55

N8290 X-29.196 Y48.5	N8870 G1 X7.516 Y41.982
N8300 G0 Z2	N8880 G2 X14.482 Y40.116 I2.55 J-4.416
N8310 X-48.5 Y29.163	N8890 G1 X18.044 Y33.946
N8320 Z-6.85	N8900 G3 X20.776 Y33.214 I1.732 J1
N8330 G1 Z-8.85	N8910 G0 Z2
N8340 G2 X-46.5 Y31.581 I4.25 J-1.479	N8920 X36.091 Y48.5
N8350 G1 X-20.66 Y46.5	N8930 Z-8.325
N8360 X-17.196 Y48.5	N8940 G1 Z-10.325
N8370 G0 Z2	N8950 G2 X38.509 Y46.5 I-1.479 J-4.25
N8380 X-48.5 Y21.957	N8960 G1 X46.5 Y32.66
N8390 Z-6.85	N8970 X48.5 Y29.196
N8400 G1 Z-8.85	N8980 G0 Z2
N8410 G2 X-46.5 Y24.646 I4.351 J-1.148	N8990 X29.163 Y48.5
N8420 G2 X-46.116 Y24.875 I8.934 J-14.58	N9000 Z-8.325
N8430 G1 X-8.66 Y46.5	N9010 G1 Z-10.325
N8440 X-5.196 Y48.5	N9020 G2 X31.581 Y46.5 I-1.479 J-4.25
N8450 G0 Z2	N9030 G1 X46.5 Y20.66
N8460 X11.717	N9040 X48.5 Y17.196
N8470 Z-6.85	N9050 G0 Z2
N8480 G1 Z-8.85	N9060 X21.957 Y48.5
N8490 G2 X16.653 Y46.5 I-1.444 J-10.653	N9070 Z-8.325
N8500 G2 X19.679 Y43.116 I-6.587 J-8.934	N9080 G1 Z-10.325
N8510 G1 X46.5 Y-3.34	N9090 G2 X24.646 Y46.5 I-1.148 J-4.351
N8520 X48.5 Y-6.804	N9100 G2 X24.875 Y46.116 I-14.58 J-8.934
N8530 G0 Z-8.45	N9110 G1 X46.5 Y8.66
N8540 G2 X48.663 Y-7.469 I-1.063 J-.614	N9120 X48.5 Y5.196
N8550 G1 X48.51 Y-11.598	N9130 G0 Z2
N8560 G2 X48.5 Y-11.717 I-1.226 J.046	N9140 Y-36.091
N8570 G1 Z-8.85	N9150 Z-8.325
N8580 G2 X46.5 Y-16.653 I-10.653 J1.444	N9160 G1 Z-10.325
N8590 G2 X43.116 Y-19.679 I-8.934 J6.587	N9170 G2 X46.5 Y-38.509 I-4.25 J1.479
N8600 G1 X-3.34 Y-46.5	N9180 G1 X32.66 Y-46.5
N8610 X-6.804 Y-48.5	N9190 X29.196 Y-48.5
N8620 G0 Z-8.45	N9200 G0 Z2
N8630 G2 X-7.469 Y-48.663 I-.614 J1.063	N9210 X48.5 Y-29.163
N8640 G1 X-11.598 Y-48.51	N9220 Z-8.325
N8650 G2 X-11.717 Y-48.5 I.046 J1.226	N9230 G1 Z-10.325
N8660 G1 Z-8.85	N9240 G2 X46.5 Y-31.581 I-4.25 J1.479
N8670 G2 X-16.653 Y-46.5 I1.444 J10.653	N9250 G1 X20.66 Y-46.5
N8680 G2 X-19.679 Y-43.116 I6.587 J8.934	N9260 X17.196 Y-48.5
N8690 G1 X-46.5 Y3.34	N9270 G0 Z2
N8700 X-48.5 Y6.804	N9280 X48.5 Y-21.957
N8710 G0 Z-8.45	N9290 Z-8.325
N8720 G2 X-48.663 Y7.469 I1.063 J.614	N9300 G1 Z-10.325
N8730 G1 X-48.51 Y11.598	N9310 G2 X46.5 Y-24.646 I-4.351 J1.148
N8740 G2 X-48.5 Y11.717 I1.226 J-.046	N9320 G2 X46.116 Y-24.875 I-8.934 J14.58
N8750 G1 Z-8.85	N9330 G1 X8.66 Y-46.5
N8760 G2 X-46.5 Y16.653 I10.653 J-1.444	N9340 X5.196 Y-48.5
N8770 G2 X-43.116 Y19.679 I8.934 J-6.587	N9350 G0 Z2
N8780 G1 X3.34 Y46.5	N9360 X-36.091
N8790 G2 X16.839 Y38.576 I4.5 J-7.794	N9370 Z-8.325
	N9380 G1 Z-10.325
	N9390 G2 X-38.509 Y-46.5 I1.479 J4.25
	N9400 G1 X-46.5 Y-32.66

N9410 X-48.5 Y-29.196	N9930 G2 X43.116 Y-19.679 I-8.934 J6.587
N9420 G0 Z2	N9940 G1 X-3.34 Y-46.5
N9430 X-29.163 Y-48.5	N9950 X-6.804 Y-48.5
N9440 Z-8.325	N9960 G0 Z-9.925
N9450 G1 Z-10.325	N9970 G2 X-7.469 Y-48.663 I-.614 J1.063
N9460 G2 X-31.581 Y-46.5 I1.479 J4.25	N9980 G1 X-11.598 Y-48.51
N9470 G1 X-46.5 Y-20.66	N9990 G2 X-11.717 Y-48.5 I.046 J1.226
N9480 X-48.5 Y-17.196	N10000 G1 Z-10.325
N9490 G0 Z2	N10010 G2 X-16.653 Y-46.5 I1.444 J10.653
N9500 X-21.957 Y-48.5	N10020 G2 X-19.679 Y-43.116 I6.587 J8.934
N9510 Z-8.325	N10030 G1 X-46.5 Y3.34
N9520 G1 Z-10.325	N10040 X-48.5 Y6.804
N9530 G2 X-24.646 Y-46.5 I1.148 J4.351	N10050 G0 Z-9.925
N9540 G2 X-24.875 Y-46.116 I14.58 J8.934	N10060 G2 X-48.663 Y7.469 I1.063 J.614
N9550 G1 X-46.5 Y-8.66	N10070 G1 X-48.51 Y11.598
N9560 X-48.5 Y-5.196	N10080 G2 X-48.5 Y11.717 I1.226 J-.046
N9570 G0 Z2	N10090 G1 Z-10.325
N9580 Y36.091	N10100 G2 X-46.5 Y16.653 I10.653 J-1.444
N9590 Z-8.325	N10110 G2 X-43.116 Y19.679 I8.934 J-6.587
N9600 G1 Z-10.325	N10120 G1 X3.34 Y46.5
N9610 G2 X-46.5 Y38.509 I4.25 J-1.479	N10130 G2 X16.839 Y38.576 I4.5 J-7.794
N9620 G1 X-32.66 Y46.5	N10140 G3 X18.044 Y33.946 I8.999 J-.13
N9630 X-29.196 Y48.5	N10150 G1 X41.982 Y-7.516
N9640 G0 Z2	N10160 G2 X40.116 Y-14.482 I-4.416 J-2.55
N9650 X-48.5 Y29.163	N10170 G1 X-7.516 Y-41.982
N9660 Z-8.325	N10180 G2 X-14.482 Y-40.116 I-2.55 J4.416
N9670 G1 Z-10.325	N10190 G1 X-41.982 Y7.516
N9680 G2 X-46.5 Y31.581 I4.25 J-1.479	N10200 G2 X-40.116 Y14.482 I4.416 J2.55
N9690 G1 X-20.66 Y46.5	N10210 G1 X7.516 Y41.982
N9700 X-17.196 Y48.5	N10220 G2 X14.482 Y40.116 I2.55 J-4.416
N9710 G0 Z2	N10230 G1 X18.044 Y33.946
N9720 X-48.5 Y21.957	N10240 G3 X20.776 Y33.214 I1.732 J1
N9730 Z-8.325	N10250 G0 Z2
N9740 G1 Z-10.325	N10260 X36.091 Y48.5
N9750 G2 X-46.5 Y24.646 I4.351 J-1.148	N10270 Z-9.8
N9760 G2 X-46.116 Y24.875 I8.934 J-14.58	N10280 G1 Z-11.8
N9770 G1 X-8.66 Y46.5	N10290 G2 X38.509 Y46.5 I-1.479 J-4.25
N9780 X-5.196 Y48.5	N10300 G1 X46.5 Y32.66
N9790 G0 Z2	N10310 X48.5 Y29.196
N9800 X11.717	N10320 G0 Z2
N9810 Z-8.325	N10330 X29.163 Y48.5
N9820 G1 Z-10.325	N10340 Z-9.8
N9830 G2 X16.653 Y46.5 I-1.444 J-10.653	N10350 G1 Z-11.8
N9840 G2 X19.679 Y43.116 I-6.587 J-8.934	N10360 G2 X31.581 Y46.5 I-1.479 J-4.25
N9850 G1 X46.5 Y-3.34	N10370 G1 X46.5 Y20.66
N9860 X48.5 Y-6.804	N10380 X48.5 Y17.196
N9870 G0 Z-9.925	N10390 G0 Z2
N9880 G2 X48.663 Y-7.469 I-1.063 J-.614	N10400 X21.957 Y48.5
N9890 G1 X48.51 Y-11.598	
N9900 G2 X48.5 Y-11.717 I-1.226 J.046	
N9910 G1 Z-10.325	
N9920 G2 X46.5 Y-16.653 I-10.653 J1.444	

N10410 Z-9.8	N10930 Z-9.8
N10420 G1 Z-11.8	N10940 G1 Z-11.8
N10430 G2 X24.646 Y46.5 I-1.148 J-4.351	N10950 G2 X-46.5 Y38.509 I4.25 J-1.479
N10440 G2 X24.875 Y46.116 I-14.58 J-8.934	N10960 G1 X-32.66 Y46.5
N10450 G1 X46.5 Y8.66	N10970 X-29.196 Y48.5
N10460 X48.5 Y5.196	N10980 G0 Z2
N10470 G0 Z2	N10990 X-48.5 Y29.163
N10480 Y-36.091	N11000 Z-9.8
N10490 Z-9.8	N11010 G1 Z-11.8
N10500 G1 Z-11.8	N11020 G2 X-46.5 Y31.581 I4.25 J-1.479
N10510 G2 X46.5 Y-38.509 I-4.25 J1.479	N11030 G1 X-20.66 Y46.5
N10520 G1 X32.66 Y-46.5	N11040 X-17.196 Y48.5
N10530 X29.196 Y-48.5	N11050 G0 Z2
N10540 G0 Z2	N11060 X-48.5 Y21.957
N10550 X48.5 Y-29.163	N11070 Z-9.8
N10560 Z-9.8	N11080 G1 Z-11.8
N10570 G1 Z-11.8	N11090 G2 X-46.5 Y24.646 I4.351 J-1.148
N10580 G2 X46.5 Y-31.581 I-4.25 J1.479	N11100 G2 X-46.116 Y24.875 I8.934 J-14.58
N10590 G1 X20.66 Y-46.5	N11110 G1 X-8.66 Y46.5
N10600 X17.196 Y-48.5	N11120 X-5.196 Y48.5
N10610 G0 Z2	N11130 G0 Z2
N10620 X48.5 Y-21.957	N11140 X11.717
N10630 Z-9.8	N11150 Z-9.8
N10640 G1 Z-11.8	N11160 G1 Z-11.8
N10650 G2 X46.5 Y-24.646 I-4.351 J1.148	N11170 G2 X16.653 Y46.5 I-1.444 J-10.653
N10660 G2 X46.116 Y-24.875 I-8.934 J14.58	N11180 G2 X19.679 Y43.116 I-6.587 J-8.934
N10670 G1 X8.66 Y-46.5	N11190 G1 X46.5 Y-3.34
N10680 X5.196 Y-48.5	N11200 X48.5 Y-6.804
N10690 G0 Z2	N11210 G0 Z-11.4
N10700 X-36.091	N11220 G2 X48.663 Y-7.469 I-1.063 J-.614
N10710 Z-9.8	N11230 G1 X48.51 Y-11.598
N10720 G1 Z-11.8	N11240 G2 X48.5 Y-11.717 I-1.226 J.046
N10730 G2 X-38.509 Y-46.5 I1.479 J4.25	N11250 G1 Z-11.8
N10740 G1 X-46.5 Y-32.66	N11260 G2 X46.5 Y-16.653 I-10.653 J1.444
N10750 X-48.5 Y-29.196	N11270 G2 X43.116 Y-19.679 I-8.934 J6.587
N10760 G0 Z2	N11280 G1 X-3.34 Y-46.5
N10770 X-29.163 Y-48.5	N11290 X-6.804 Y-48.5
N10780 Z-9.8	N11300 G0 Z-11.4
N10790 G1 Z-11.8	N11310 G2 X-7.469 Y-48.663 I-.614 J1.063
N10800 G2 X-31.581 Y-46.5 I1.479 J4.25	N11320 G1 X-11.598 Y-48.51
N10810 G1 X-46.5 Y-20.66	N11330 G2 X-11.717 Y-48.5 I.046 J1.226
N10820 X-48.5 Y-17.196	N11340 G1 Z-11.8
N10830 G0 Z2	N11350 G2 X-16.653 Y-46.5 I1.444
N10840 X-21.957 Y-48.5	N11360 G2 X-19.679 Y-43.116 I6.587 J8.934
N10850 Z-9.8	N11370 G1 X-46.5 Y3.34
N10860 G1 Z-11.8	N11380 X-48.5 Y6.804
N10870 G2 X-24.646 Y-46.5 I1.148 J4.351 J10.653	N11390 G0 Z-11.4
N10880 G2 X-24.875 Y-46.116 I14.58 J8.934	N11400 G2 X-48.663 Y7.469 I1.063 J.614
N10890 G1 X-46.5 Y-8.66	
N10900 X-48.5 Y-5.196	
N10910 G0 Z2	
N10920 Y36.091	

N11410 G1 X-48.51 Y11.598	N11920 G2 X46.5 Y-31.581 I-4.25 J1.479
N11420 G2 X-48.5 Y11.717 I1.226 J-.046	N11930 G1 X20.66 Y-46.5
N11430 G1 Z-11.8	N11940 X17.196 Y-48.5
N11440 G2 X-46.5 Y16.653 I10.653 J-1.444	N11950 G0 Z2
N11450 G2 X-43.116 Y19.679 I8.934 J-6.587	N11960 X48.5 Y-21.957
N11460 G1 X3.34 Y46.5	N11970 Z-10
N11470 G2 X16.839 Y38.576 I4.5 J-7.794	N11980 G1 Z-12
N11480 G3 X18.044 Y33.946 I8.999 J-.13	N11990 G2 X46.5 Y-24.646 I-4.351 J1.148
N11490 G1 X41.982 Y-7.516	N12000 G2 X46.116 Y-24.875 I-8.934 J14.58
N11500 G2 X40.116 Y-14.482 I-4.416 J-2.55	N12010 G1 X8.66 Y-46.5
N11510 G1 X-7.516 Y-41.982	N12020 X5.196 Y-48.5
N11520 G2 X-14.482 Y-40.116 I-2.55 J4.416	N12030 G0 Z2
N11530 G1 X-41.982 Y7.516	N12040 X-36.091
N11540 G2 X-40.116 Y14.482 I4.416 J2.55	N12050 Z-10
N11550 G1 X7.516 Y41.982	N12060 G1 Z-12
N11560 G2 X14.482 Y40.116 I2.55 J-4.416	N12070 G2 X-38.509 Y-46.5 I1.479 J4.25
N11570 G1 X18.044 Y33.946	N12080 G1 X-46.5 Y-32.66
N11580 G3 X20.776 Y33.214 I1.732 J1	N12090 X-48.5 Y-29.196
N11590 G0 Z2	N12100 G0 Z2
N11600 X36.091 Y48.5	N12110 X-29.163 Y-48.5
N11610 Z-10	N12120 Z-10
N11620 G1 Z-12	N12130 G1 Z-12
N11630 G2 X38.509 Y46.5 I-1.479 J-4.25	N12140 G2 X-31.581 Y-46.5 I1.479 J4.25
N11640 G1 X46.5 Y32.66	N12150 G1 X-46.5 Y-20.66
N11650 X48.5 Y29.196	N12160 X-48.5 Y-17.196
N11660 G0 Z2	N12170 G0 Z2
N11670 X29.163 Y48.5	N12180 X-21.957 Y-48.5
N11680 Z-10	N12190 Z-10
N11690 G1 Z-12	N12200 G1 Z-12
N11700 G2 X31.581 Y46.5 I-1.479 J-4.25	N12210 G2 X-24.646 Y-46.5 I1.148 J4.351
N11710 G1 X46.5 Y20.66	N12220 G2 X-24.875 Y-46.116 I14.58 J8.934
N11720 X48.5 Y17.196	N12230 G1 X-46.5 Y-8.66
N11730 G0 Z2	N12240 X-48.5 Y-5.196
N11740 X21.957 Y48.5	N12250 G0 Z2
N11750 Z-10	N12260 Y36.091
N11760 G1 Z-12	N12270 Z-10
N11770 G2 X24.646 Y46.5 I-1.148 J-4.351	N12280 G1 Z-12
N11780 G2 X24.875 Y46.116 I-14.58 J-8.934	N12290 G2 X-46.5 Y38.509 I4.25 J-1.479
N11790 G1 X46.5 Y8.66	N12300 G1 X-32.66 Y46.5
N11800 X48.5 Y5.196	N12310 X-29.196 Y48.5
N11810 G0 Z2	N12320 G0 Z2
N11820 Y-36.091	N12330 X-48.5 Y29.163
N11830 Z-10	N12340 Z-10
N11840 G1 Z-12	N12350 G1 Z-12
N11850 G2 X46.5 Y-38.509 I-4.25 J1.479	N12360 G2 X-46.5 Y31.581 I4.25 J-1.479
N11860 G1 X32.66 Y-46.5	N12370 G1 X-20.66 Y46.5
N11870 X29.196 Y-48.5	N12380 X-17.196 Y48.5
N11880 G0 Z2	N12390 G0 Z2
N11890 X48.5 Y-29.163	N12400 X-48.5 Y21.957
N11900 Z-10	N12410 Z-10
N11910 G1 Z-12	N12420 G1 Z-12
	N12430 G2 X-46.5 Y24.646 I4.351 J-1.148
	N12440 G2 X-46.116 Y24.875 I8.934 J-14.58

N12450 G1 X-8.66 Y46.5	N12890 G1 X7.516 Y41.982
N12460 X-5.196 Y48.5	N12900 G2 X14.482 Y40.116 I2.55 J-4.416
N12470 G0 Z2	N12910 G1 X18.044 Y33.946
N12480 X11.717	N12920 G3 X20.776 Y33.214 I1.732 J1
N12490 Z-10	N12930 G0 Z2
N12500 G1 Z-12	;SIDE MILLING-SEMI FINISH BOSS Z-6
N12510 G2 X16.653 Y46.5 I-1.444 J-10.653	N12940 X35.543 Y8.295
N12520 G2 X19.679 Y43.116 I-6.587 J-8.934	N12950 Z1
N12530 G1 X46.5 Y-3.34	N12960 G1 Z-1
N12540 X48.5 Y-6.804	N12970 X34.042 Y6.994
N12550 G0 Z-11.6	N12980 G3 X33.878 Y6.522 I.327 J-.378
N12560 G2 X48.663 Y-7.469 I-1.063 J-.614	N12990 G2 X26.078 Y-22.587 I-33.878 J-6.522
N12570 G1 X48.51 Y-11.598	N13000 G3 X25.984 Y-23.078 I.378 J-.327
N12580 G2 X48.5 Y-11.717 I-1.226 J.046	N13010 G1 X26.634 Y-24.955
N12590 G1 Z-12	N13020 G0 Z2
N12600 G2 X46.5 Y-16.653 I-10.653 J1.444	N13030 X35.543 Y8.295
N12610 G2 X43.116 Y-19.679 I-8.934 J6.587	N13040 Z0
N12620 G1 X-3.34 Y-46.5	N13050 G1 Z-2
N12630 X-6.804 Y-48.5	N13060 X34.042 Y6.994
N12640 G0 Z-11.6	N13070 G3 X33.878 Y6.522 I.327 J-.378
N12650 G2 X-7.469 Y-48.663 I-.614 J1.063	N13080 G2 X26.078 Y-22.587 I-33.878 J-6.522
N12660 G1 X-11.598 Y-48.51	N13090 G3 X25.984 Y-23.078 I.378 J-.327
N12670 G2 X-11.717 Y-48.5 I.046 J1.226	N13100 G1 X26.634 Y-24.955
N12680 G1 Z-12	N13110 G0 Z2
N12690 G2 X-16.653 Y-46.5 I1.444 J10.653	N13120 X35.543 Y8.295
N12700 G2 X-19.679 Y-43.116 I6.587 J8.934	N13130 Z-1
N12710 G1 X-46.5 Y3.34	N13140 G1 Z-3
N12720 X-48.5 Y6.804	N13150 X34.042 Y6.994
N12730 G0 Z-11.6	N13160 G3 X33.878 Y6.522 I.327 J-.378
N12740 G2 X-48.663 Y7.469 I1.063 J.614	N13170 G2 X26.078 Y-22.587 I-33.878 J-6.522
N12750 G1 X-48.51 Y11.598	N13180 G3 X25.984 Y-23.078 I.378 J-.327
N12760 G2 X-48.5 Y11.717 I1.226 J-.046	N13190 G1 X26.634 Y-24.955
N12770 G1 Z-12	N13200 G0 Z2
N12780 G2 X-46.5 Y16.653 I10.653 J-1.444	N13210 X35.543 Y8.295
N12790 G2 X-43.116 Y19.679 I8.934 J-6.587	N13220 Z-2
N12800 G1 X3.34 Y46.5	N13230 G1 Z-4
N12810 G2 X16.839 Y38.576 I4.5 J-7.794	N13240 X34.042 Y6.994
N12820 G3 X18.044 Y33.946 I8.999 J-.13	N13250 G3 X33.878 Y6.522 I.327 J-.378
N12830 G1 X41.982 Y-7.516	N13260 G2 X26.078 Y-22.587 I-33.878 J-6.522
N12840 G2 X40.116 Y-14.482 I-4.416 J-2.55	N13270 G3 X25.984 Y-23.078 I.378 J-.327
N12850 G1 X-7.516 Y-41.982	N13280 G1 X26.634 Y-24.955
N12860 G2 X-14.482 Y-40.116 I-2.55 J4.416	N13290 G0 Z2
N12870 G1 X-41.982 Y7.516	N13300 X35.543 Y8.295
N12880 G2 X-40.116 Y14.482 I4.416 J2.55	N13310 Z-3
	N13320 G1 Z-5
	N13330 X34.042 Y6.994
	N13340 G3 X33.878 Y6.522 I.327 J-.378
	N13350 G2 X26.078 Y-22.587 I-33.878 J-6.522
	N13360 G3 X25.984 Y-23.078 I.378 J-.327
	N13370 G1 X26.634 Y-24.955
	N13380 G0 Z2

N13390 X35.543 Y8.295	N13860 G1 Z-5
N13400 Z-4	N13870 X6.994 Y-34.042
N13410 G1 Z-6	N13880 G3 X6.522 Y-33.878 I-.378 J-.327
N13420 X34.042 Y6.994	N13890 G2 X-22.587 Y-26.078 I-6.522 J33.878
N13430 G3 X33.878 Y6.522 I.327 J-.378	N13900 G3 X-23.078 Y-25.984 I-.327 J-.378
N13440 G2 X26.078 Y-22.587 I-33.878 J-6.522	N13910 G1 X-24.955 Y-26.634
N13450 G3 X25.984 Y-23.078 I.378 J-.327	N13920 G0 Z2
N13460 G1 X26.634 Y-24.955	N13930 X8.295 Y-35.543
N13470 G0 Z2	N13940 Z-4
N13480 X8.295 Y-35.543	N13950 G1 Z-6
N13490 Z1	N13960 X6.994 Y-34.042
N13500 G1 Z-1	N13970 G3 X6.522 Y-33.878 I-.378 J-.327
N13510 X6.994 Y-34.042	N13980 G2 X-22.587 Y-26.078 I-6.522 J33.878
N13520 G3 X6.522 Y-33.878 I-.378 J-.327	N13990 G3 X-23.078 Y-25.984 I-.327 J-.378
N13530 G2 X-22.587 Y-26.078 I-6.522 J33.878	N14000 G1 X-24.955 Y-26.634
N13540 G3 X-23.078 Y-25.984 I-.327 J-.378	N14010 G0 Z2
N13550 G1 X-24.955 Y-26.634	N14020 X-35.543 Y-8.295
N13560 G0 Z2	N14030 Z1
N13570 X8.295 Y-35.543	N14040 G1 Z-1
N13580 Z0	N14050 X-34.042 Y-6.994
N13590 G1 Z-2	N14060 G3 X-33.878 Y-6.522 I-.327 J.378
N13600 X6.994 Y-34.042	N14070 G2 X-26.078 Y22.587 I33.878 J6.522
N13610 G3 X6.522 Y-33.878 I-.378 J-.327	N14080 G3 X-25.984 Y23.078 I-.378 J.327
N13620 G2 X-22.587 Y-26.078 I-6.522 J33.878	N14090 G1 X-26.634 Y24.955
N13630 G3 X-23.078 Y-25.984 I-.327 J-.378	N14100 G0 Z2
N13640 G1 X-24.955 Y-26.634	N14110 X-35.543 Y-8.295
N13650 G0 Z2	N14120 Z0
N13660 X8.295 Y-35.543	N14130 G1 Z-2
N13670 Z-1	N14140 X-34.042 Y-6.994
N13680 G1 Z-3	N14150 G3 X-33.878 Y-6.522 I-.327 J.378
N13690 X6.994 Y-34.042	N14160 G2 X-26.078 Y22.587 I33.878 J6.522
N13700 G3 X6.522 Y-33.878 I-.378 J-.327	N14170 G3 X-25.984 Y23.078 I-.378 J.327
N13710 G2 X-22.587 Y-26.078 I-6.522 J33.878	N14180 G1 X-26.634 Y24.955
N13720 G3 X-23.078 Y-25.984 I-.327 J-.378	N14190 G0 Z2
N13730 G1 X-24.955 Y-26.634	N14200 X-35.543 Y-8.295
N13740 G0 Z2	N14210 Z-1
N13750 X8.295 Y-35.543	N14220 G1 Z-3
N13760 Z-2	N14230 X-34.042 Y-6.994
N13770 G1 Z-4	N14240 G3 X-33.878 Y-6.522 I-.327 J.378
N13780 X6.994 Y-34.042	N14250 G2 X-26.078 Y22.587 I33.878 J6.522
N13790 G3 X6.522 Y-33.878 I-.378 J-.327	N14260 G3 X-25.984 Y23.078 I-.378 J.327
N13800 G2 X-22.587 Y-26.078 I-6.522 J33.878	N14270 G1 X-26.634 Y24.955
N13810 G3 X-23.078 Y-25.984 I-.327 J-.378	N14280 G0 Z2
N13820 G1 X-24.955 Y-26.634	N14290 X-35.543 Y-8.295
N13830 G0 Z2	N14300 Z-2
N13840 X8.295 Y-35.543	N14310 G1 Z-4
N13850 Z-3	N14320 X-34.042 Y-6.994
	N14330 G3 X-33.878 Y-6.522 I-.327 J.378
	N14340 G2 X-26.078 Y22.587 I33.878

J6.522	N14850 G1 Z-4
N14350 G3 X-25.984 Y23.078 I-.378 J.327	N14860 X-6.994 Y34.042
N14360 G1 X-26.634 Y24.955	N14870 G3 X-6.522 Y33.878 I.378 J.327
N14370 G0 Z2	N14880 G2 X22.587 Y26.078 I6.522 J-33.878
N14380 X-35.543 Y-8.295	N14890 G3 X23.078 Y25.984 I.327 J.378
N14390 Z-3	N14900 G1 X24.955 Y26.634
N14400 G1 Z-5	N14910 G0 Z2
N14410 X-34.042 Y-6.994	N14920 X-8.295 Y35.543
N14420 G3 X-33.878 Y-6.522 I-.327 J.378	N14930 Z-3
N14430 G2 X-26.078 Y22.587 I33.878	N14940 G1 Z-5
J6.522	N14950 X-6.994 Y34.042
N14440 G3 X-25.984 Y23.078 I-.378 J.327	N14960 G3 X-6.522 Y33.878 I.378 J.327
N14450 G1 X-26.634 Y24.955	N14970 G2 X22.587 Y26.078 I6.522 J-33.878
N14460 G0 Z2	N14980 G3 X23.078 Y25.984 I.327 J.378
N14470 X-35.543 Y-8.295	N14990 G1 X24.955 Y26.634
N14480 Z-4	N15000 G0 Z2
N14490 G1 Z-6	N15010 X-8.295 Y35.543
N14500 X-34.042 Y-6.994	N15020 Z-4
N14510 G3 X-33.878 Y-6.522 I-.327 J.378	N15030 G1 Z-6
N14520 G2 X-26.078 Y22.587 I33.878	N15040 X-6.994 Y34.042
J6.522	N15050 G3 X-6.522 Y33.878 I.378 J.327
N14530 G3 X-25.984 Y23.078 I-.378 J.327	N15060 G2 X22.587 Y26.078 I6.522 J-33.878
N14540 G1 X-26.634 Y24.955	N15070 G3 X23.078 Y25.984 I.327 J.378
N14550 G0 Z2	N15080 G1 X24.955 Y26.634
N14560 X-8.295 Y35.543	N15090 G0 Z2
N14570 Z1	;SIDE MILLING-FINISH BOSS Z-6
N14580 G1 Z-1	N15100 X7.926 Y32.219
N14590 X-6.994 Y34.042	N15110 G1 Z0
N14600 G3 X-6.522 Y33.878 I.378 J.327	N15120 X8.055 Y31.736
N14610 G2 X22.587 Y26.078 I6.522 J-33.878	N15130 G3 X8.409 Y31.383 I.483 J.13
N14620 G3 X23.078 Y25.984 I.327 J.378	N15140 G2 X8.409 Y31.383 Z-1 I-8.409 J-31.383
N14630 G1 X24.955 Y26.634	N15150 G2 X8.409 Y31.383 Z-2 I-8.409 J-31.383
N14640 G0 Z2	N15160 G2 X8.409 Y31.383 Z-3 I-8.409 J-31.383
N14650 X-8.295 Y35.543	N15170 G2 X8.409 Y31.383 Z-4 I-8.409 J-31.383
N14660 Z0	N15180 G2 X8.409 Y31.383 Z-5 I-8.409 J-31.383
N14670 G1 Z-2	N15190 G2 X8.409 Y31.383 Z-6 I-8.409 J-31.383
N14680 X-6.994 Y34.042	N15200 G2 X-8.409 Y-31.383 I-8.409 J-31.383
N14690 G3 X-6.522 Y33.878 I.378 J.327	N15210 G2 X8.409 Y31.383 I8.409 J31.383
N14700 G2 X22.587 Y26.078 I6.522 J-33.878	N15220 G3 X8.892 Y31.512 I.129 J.483
N14710 G3 X23.078 Y25.984 I.327 J.378	N15230 G1 X9.246 Y31.866
N14720 G1 X24.955 Y26.634	N15240 G0 Z2
N14730 G0 Z2	;SIDE MILLING-FINISH RECTAGULAR BOSS Z-12
N14740 X-8.295 Y35.543	N15250 X-50.726 Y14.396
N14750 Z-1	N15260 Z-10
N14760 G1 Z-3	
N14770 X-6.994 Y34.042	
N14780 G3 X-6.522 Y33.878 I.378 J.327	
N14790 G2 X22.587 Y26.078 I6.522 J-33.878	
N14800 G3 X23.078 Y25.984 I.327 J.378	
N14810 G1 X24.955 Y26.634	
N14820 G0 Z2	
N14830 X-8.295 Y35.543	
N14840 Z-2	

N15270 G1 Z-12	N15720 G1 Z-17.9
N15280 X-46.396 Y11.896	N15730 X47.042 Y-41.77
N15290 G3 X-44.396 Y11.896 I1 J1.732	N15740 G3 X45.26 Y-40.862 I-1.677 J-1.09
N15300 G1 X11.896 Y44.396	N15750 G1 X-35.368 Y-45.088
N15310 X44.396 Y-11.896	N15760 G2 X-40.727 Y-40.262 I-.266 J5.093
N15320 X-11.896 Y-44.396	N15770 G1 X-45.181 Y44.726
N15330 X-44.396 Y11.896	N15780 G3 X-46.271 Y46.404 I-1.998 J-.104
N15340 G3 X-46.128 Y12.896 I-1.732 J-1	N15790 G1 X-50.726 Y48.674
N15350 G1 X-51.128	N15800 G0 Z2
N15360 G0 Z2	;SIDE MILLING-FINISH SIDE 3 DEGREES
;SIDE MILLING-ROUGH SIDE 3 DEGREES	N15810 X49.76 Y-45.864
N15370 X49.765 Y-45.964	N15820 Z-16
N15380 Z-11.475	N15830 G1 Z-18
N15390 G1 Z-13.475	N15840 X47.037 Y-41.67
N15400 X47.042 Y-41.77	N15850 G3 X45.255 Y-40.762 I-1.678 J-1.09
N15410 G3 X45.26 Y-40.862 I-1.677 J-1.09	N15860 G1 X-40.366 Y-45.25
N15420 G1 X-35.368 Y-45.088	N15870 X-45.082 Y44.731
N15430 G2 X-40.727 Y-40.262 I-.266 J5.093	N15880 G3 X-46.171 Y46.409 I-1.997 J-.104
N15440 G1 X-45.181 Y44.726	N15890 G1 X-50.626 Y48.679
N15450 G3 X-46.271 Y46.404 I-1.998 J-.104	N15900 G0 Z2
N15460 G1 X-50.726 Y48.674	;SIDE MILLING-FINISH HOLE D13
N15470 G0 Z2	N15910 X-.817 Y.683
N15480 X49.765 Y-45.964	N15920 G1 Z0 F500
N15490 Z-12.95	N15930 X-1.25 Y.433
N15500 G1 Z-14.95	N15940 G3 X-1.5 Y0 I.25 J-.433
N15510 X47.042 Y-41.77	N15950 G3 X-1.5 Y0 Z-.698 I1.5 J0
N15520 G3 X45.26 Y-40.862 I-1.677 J-1.09	N15960 G3 X-1.5 Y0 Z-1.395 I1.5 J0
N15530 G1 X-35.368 Y-45.088	N15970 G3 X-1.5 Y0 Z-2.093 I1.5 J0
N15540 G2 X-40.727 Y-40.262 I-.266 J5.093	N15980 G3 X-1.5 Y0 Z-2.791 I1.5 J0
N15550 G1 X-45.181 Y44.726	N15990 G3 X-1.5 Y0 Z-3.488 I1.5 J0
N15560 G3 X-46.271 Y46.404 I-1.998 J-.104	N16000 G3 X-1.5 Y0 Z-4.186 I1.5 J0
N15570 G1 X-50.726 Y48.674	N16010 G3 X-1.5 Y0 Z-4.884 I1.5 J0
N15580 G0 Z2	N16020 G3 X-1.5 Y0 Z-5.581 I1.5 J0
N15590 X49.765 Y-45.964	N16030 G3 X-1.5 Y0 Z-6.279 I1.5 J0
N15600 Z-14.425	N16040 G3 X-1.5 Y0 Z-6.977 I1.5 J0
N15610 G1 Z-16.425	N16050 G3 X-1.5 Y0 Z-7.674 I1.5 J0
N15620 X47.042 Y-41.77	N16060 G3 X-1.5 Y0 Z-8.372 I1.5 J0
N15630 G3 X45.26 Y-40.862 I-1.677 J-1.09	N16070 G3 X-1.5 Y0 Z-9.07 I1.5 J0
N15640 G1 X-35.368 Y-45.088	N16080 G3 X-1.5 Y0 Z-9.767 I1.5 J0
N15650 G2 X-40.727 Y-40.262 I-.266 J5.093	N16090 G3 X-1.5 Y0 Z-10.465 I1.5 J0
N15660 G1 X-45.181 Y44.726	N16100 G3 X-1.5 Y0 Z-11.163 I1.5 J0
N15670 G3 X-46.271 Y46.404 I-1.998 J-.104	N16110 G3 X-1.5 Y0 Z-11.86 I1.5 J0
N15680 G1 X-50.726 Y48.674	N16120 G3 X-1.5 Y0 Z-12.558 I1.5 J0
N15690 G0 Z2	N16130 G3 X-1.5 Y0 Z-13.256 I1.5 J0
N15700 X49.765 Y-45.964	N16140 G3 X-1.5 Y0 Z-13.953 I1.5 J0
N15710 Z-15.9	N16150 G3 X-1.5 Y0 Z-14.651 I1.5 J0
	N16160 G3 X-1.5 Y0 Z-15.349 I1.5 J0
	N16170 G3 X-1.5 Y0 Z-16.047 I1.5 J0
	N16180 G3 X-1.5 Y0 Z-16.744 I1.5 J0
	N16190 G3 X-1.5 Y0 Z-17.442 I1.5 J0

N16200 G3 X-1.5 Y0 Z-18.14 I1.5 J0	N16730 G0 Z2
N16210 G3 X-1.5 Y0 Z-18.837 I1.5 J0	N16740 X24.683 Y-25.317
N16220 G3 X-1.5 Y0 Z-19.535 I1.5 J0	N16750 Z-10
N16230 G3 X-1.5 Y0 Z-20.233 I1.5 J0	N16760 G1 Z-12
N16240 G3 X-1.5 Y0 Z-20.93 I1.5 J0	N16770 X24.25 Y-25.567
N16250 G3 X-1.5 Y0 Z-21.628 I1.5 J0	N16780 G3 X24 Y-26 I.25 J-.433
N16260 G3 X-1.5 Y0 Z-22.326 I1.5 J0	N16790 G3 X24 Y-26 Z-12.667 I2 J0
N16270 G3 X-1.5 Y0 Z-23.023 I1.5 J0	N16800 G3 X24 Y-26 Z-13.333 I2 J0
N16280 G3 X-1.5 Y0 Z-23.721 I1.5 J0	N16810 G3 X24 Y-26 Z-14 I2 J0
N16290 G3 X-1.5 Y0 Z-24.419 I1.5 J0	N16820 G3 X24 Y-26 Z-14.667 I2 J0
N16300 G3 X-1.5 Y0 Z-25.116 I1.5 J0	N16830 G3 X24 Y-26 Z-15.333 I2 J0
N16310 G3 X-1.5 Y0 Z-25.814 I1.5 J0	N16840 G3 X24 Y-26 Z-16 I2 J0
N16320 G3 X-1.5 Y0 Z-26.512 I1.5 J0	N16850 G3 X24 Y-26 Z-16.667 I2 J0
N16330 G3 X-1.5 Y0 Z-27.209 I1.5 J0	N16860 G3 X24 Y-26 Z-17.333 I2 J0
N16340 G3 X-1.5 Y0 Z-27.907 I1.5 J0	N16870 G3 X24 Y-26 Z-18 I2 J0
N16350 G3 X-1.5 Y0 Z-28.605 I1.5 J0	N16880 G3 X28 Y-26 I2 J0
N16360 G3 X-1.5 Y0 Z-29.302 I1.5 J0	N16890 G3 X24 Y-26 I-2 J0
N16370 G3 X-1.5 Y0 Z-30 I1.5 J0	N16900 G3 X24.25 Y-26.433 I.5 J0
N16380 G3 X1.5 Y0 I1.5 J0	N16910 G1 X24.683 Y-26.683
N16390 G3 X-1.5 Y0 I-1.5 J0	N16920 G0 Z2
N16400 G3 X-1.25 Y-.433 I.5 J0	N16930 Y26.683
N16410 G1 X-.817 Y-.683	N16940 Z-10
N16420 G0 Z2	N16950 G1 Z-12
;DRILLING-C.BORE D10 Z-30	N16960 X24.25 Y26.433
N16430 S4000	N16970 G3 X24 Y26 I.25 J-.433
N16440 Z20	N16980 G3 X24 Y26 Z-12.667 I2 J0
N16450 X-26 Y-26	N16990 G3 X24 Y26 Z-13.333 I2 J0
N16460 F100	N17000 G3 X24 Y26 Z-14 I2 J0
N16470 MCALL CYCLE83 (20,-12,2,-30,,,2,-1,0,0,1,1,,2,1,0,0)	N17010 G3 X24 Y26 Z-14.667 I2 J0
N16480 X-26 Y-26	N17020 G3 X24 Y26 Z-15.333 I2 J0
N16490 X26	N17030 G3 X24 Y26 Z-16 I2 J0
N16500 Y26	N17040 G3 X24 Y26 Z-16.667 I2 J0
N16510 X-26	N17050 G3 X24 Y26 Z-17.333 I2 J0
N16520 MCALL	N17060 G3 X24 Y26 Z-18 I2 J0
N16530 G0 Z20	N17070 G3 X28 Y26 I2 J0
;SIDE MILLING-C.BORE D14 Z-18	N17080 G3 X24 Y26 I-2 J0
N16540 S6000	N17090 G3 X24.25 Y25.567 I.5 J0
N16550 X-27.317 Y-25.317	N17100 G1 X24.683 Y25.317
N16560 Z-10	N17110 G0 Z2
N16570 G1 Z-12 F500	N17120 X-27.317 Y26.683
N16580 X-27.75 Y-25.567	N17130 Z-10
N16590 G3 X-28 Y-26 I.25 J-.433	N17140 G1 Z-12
N16600 G3 X-28 Y-26 Z-12.667 I2 J0	N17150 X-27.75 Y26.433
N16610 G3 X-28 Y-26 Z-13.333 I2 J0	N17160 G3 X-28 Y26 I.25 J-.433
N16620 G3 X-28 Y-26 Z-14 I2 J0	N17170 G3 X-28 Y26 Z-12.667 I2 J0
N16630 G3 X-28 Y-26 Z-14.667 I2 J0	N17180 G3 X-28 Y26 Z-13.333 I2 J0
N16640 G3 X-28 Y-26 Z-15.333 I2 J0	N17190 G3 X-28 Y26 Z-14 I2 J0
N16650 G3 X-28 Y-26 Z-16 I2 J0	N17200 G3 X-28 Y26 Z-14.667 I2 J0
N16660 G3 X-28 Y-26 Z-16.667 I2 J0	N17210 G3 X-28 Y26 Z-15.333 I2 J0
N16670 G3 X-28 Y-26 Z-17.333 I2 J0	N17220 G3 X-28 Y26 Z-16 I2 J0
N16680 G3 X-28 Y-26 Z-18 I2 J0	N17230 G3 X-28 Y26 Z-16.667 I2 J0
N16690 G3 X-24 Y-26 I2 J0	N17240 G3 X-28 Y26 Z-17.333 I2 J0
N16700 G3 X-28 Y-26 I-2 J0	N17250 G3 X-28 Y26 Z-18 I2 J0
N16710 G3 X-27.75 Y-26.433 I.5 J0	N17260 G3 X-24 Y26 I2 J0
N16720 G1 X-27.317 Y-26.683	N17270 G3 X-28 Y26 I-2 J0
	N17280 G3 X-27.75 Y25.567 I.5 J0

N17290 G1 X-27.317 Y25.317	N17840 G3 X24.5 Y26 I-1.5 J0
N17300 G0 Z2	N17850 G3 X24.75 Y25.567 I.5 J0
;SIDE MILLING-C.BORE D13 Z-24	N17860 G1 X25.183 Y25.317
N17310 X-26.817 Y-25.317	N17870 G0 Z2
N17320 Z-16	N17880 X-26.817 Y26.683
N17330 G1 Z-18	N17890 Z-16
N17340 X-27.25 Y-25.567	N17900 G1 Z-18
N17350 G3 X-27.5 Y-26 I.25 J-.433	N17910 X-27.25 Y26.433
N17360 G3 X-27.5 Y-26 Z-18.667 I1.5 J0	N17920 G3 X-27.5 Y26 I.25 J-.433
N17370 G3 X-27.5 Y-26 Z-19.333 I1.5 J0	N17930 G3 X-27.5 Y26 Z-18.667 I1.5 J0
N17380 G3 X-27.5 Y-26 Z-20 I1.5 J0	N17940 G3 X-27.5 Y26 Z-19.333 I1.5 J0
N17390 G3 X-27.5 Y-26 Z-20.667 I1.5 J0	N17950 G3 X-27.5 Y26 Z-20 I1.5 J0
N17400 G3 X-27.5 Y-26 Z-21.333 I1.5 J0	N17960 G3 X-27.5 Y26 Z-20.667 I1.5 J0
N17410 G3 X-27.5 Y-26 Z-22 I1.5 J0	N17970 G3 X-27.5 Y26 Z-21.333 I1.5 J0
N17420 G3 X-27.5 Y-26 Z-22.667 I1.5 J0	N17980 G3 X-27.5 Y26 Z-22 I1.5 J0
N17430 G3 X-27.5 Y-26 Z-23.333 I1.5 J0	N17990 G3 X-27.5 Y26 Z-22.667 I1.5 J0
N17440 G3 X-27.5 Y-26 Z-24 I1.5 J0	N18000 G3 X-27.5 Y26 Z-23.333 I1.5 J0
N17450 G3 X-24.5 Y-26 I1.5 J0	N18010 G3 X-27.5 Y26 Z-24 I1.5 J0
N17460 G3 X-27.5 Y-26 I-1.5 J0	N18020 G3 X-24.5 Y26 I1.5 J0
N17470 G3 X-27.25 Y-26.433 I.5 J0	N18030 G3 X-27.5 Y26 I-1.5 J0
N17480 G1 X-26.817 Y-26.683	N18040 G3 X-27.25 Y25.567 I.5 J0
N17490 G0 Z2	N18050 G1 X-26.817 Y25.317
N17500 X25.183 Y-25.317	N18060 G0 Z2
N17510 Z-16	N18070 M9
N17520 G1 Z-18	N18100 M5
N17530 X24.75 Y-25.567	;SIDE MILL EXTENDED LENGTH D6 L30 SD6
N17540 G3 X24.5 Y-26 I.25 J-.433	N18110 T="MILL6" D1
N17550 G3 X24.5 Y-26 Z-18.667 I1.5 J0	N18120 M6
N17560 G3 X24.5 Y-26 Z-19.333 I1.5 J0	N18140 S6000 M3
N17570 G3 X24.5 Y-26 Z-20 I1.5 J0	;SIDE MILLING-C.BORE D8 Z-43
N17580 G3 X24.5 Y-26 Z-20.667 I1.5 J0	;NO ROTATION
N17590 G3 X24.5 Y-26 Z-21.333 I1.5 J0	N18150 G0 X-26.317 Y26.683
N17600 G3 X24.5 Y-26 Z-22 I1.5 J0	N18160 Z2
N17610 G3 X24.5 Y-26 Z-22.667 I1.5 J0	N18170 M8
N17620 G3 X24.5 Y-26 Z-23.333 I1.5 J0	N18180 Z-28
N17630 G3 X24.5 Y-26 Z-24 I1.5 J0	N18190 G1 Z-30 F500
N17640 G3 X27.5 Y-26 I1.5 J0	N18200 X-26.75 Y26.433
N17650 G3 X24.5 Y-26 I-1.5 J0	N18210 G3 X-27 Y26 I.25 J-.433
N17660 G3 X24.75 Y-26.433 I.5 J0	N18220 G3 X-27 Y26 Z-30.684 I1 J0
N17670 G1 X25.183 Y-26.683	N18230 G3 X-27 Y26 Z-31.368 I1 J0
N17680 G0 Z2	N18240 G3 X-27 Y26 Z-32.053 I1 J0
N17690 Y26.683	N18250 G3 X-27 Y26 Z-32.737 I1 J0
N17700 Z-16	N18260 G3 X-27 Y26 Z-33.421 I1 J0
N17710 G1 Z-18	N18270 G3 X-27 Y26 Z-34.105 I1 J0
N17720 X24.75 Y26.433	N18280 G3 X-27 Y26 Z-34.789 I1 J0
N17730 G3 X24.5 Y26 I.25 J-.433	N18290 G3 X-27 Y26 Z-35.474 I1 J0
N17740 G3 X24.5 Y26 Z-18.667 I1.5 J0	N18300 G3 X-27 Y26 Z-36.158 I1 J0
N17750 G3 X24.5 Y26 Z-19.333 I1.5 J0	N18310 G3 X-27 Y26 Z-36.842 I1 J0
N17760 G3 X24.5 Y26 Z-20 I1.5 J0	N18320 G3 X-27 Y26 Z-37.526 I1 J0
N17770 G3 X24.5 Y26 Z-20.667 I1.5 J0	N18330 G3 X-27 Y26 Z-38.211 I1 J0
N17780 G3 X24.5 Y26 Z-21.333 I1.5 J0	N18340 G3 X-27 Y26 Z-38.895 I1 J0
N17790 G3 X24.5 Y26 Z-22 I1.5 J0	N18350 G3 X-27 Y26 Z-39.579 I1 J0
N17800 G3 X24.5 Y26 Z-22.667 I1.5 J0	N18360 G3 X-27 Y26 Z-40.263 I1 J0
N17810 G3 X24.5 Y26 Z-23.333 I1.5 J0	N18370 G3 X-27 Y26 Z-40.947 I1 J0
N17820 G3 X24.5 Y26 Z-24 I1.5 J0	N18380 G3 X-27 Y26 Z-41.632 I1 J0
N17830 G3 X27.5 Y26 I1.5 J0	

N18390 G3 X-27 Y26 Z-42.316 I1 J0	N18950 G3 X25 Y-26 Z-40.947 I1 J0
N18400 G3 X-27 Y26 Z-43 I1 J0	N18960 G3 X25 Y-26 Z-41.632 I1 J0
N18410 G3 X-25 Y26 I1 J0	N18970 G3 X25 Y-26 Z-42.316 I1 J0
N18420 G3 X-27 Y26 I-1 J0	N18980 G3 X25 Y-26 Z-43 I1 J0
N18430 G3 X-26.75 Y25.567 I.5 J0	N18990 G3 X27 Y-26 I1 J0
N18440 G1 X-26.317 Y25.317	N19000 G3 X25 Y-26 I-1 J0
N18450 G0 Z2	N19010 G3 X25.25 Y-26.433 I.5 J0
N18460 Y-25.317	N19020 G1 X25.683 Y-26.683
N18470 Z-28	N19030 G0 Z2
N18480 G1 Z-30	N19040 Y26.683
N18490 X-26.75 Y-25.567	N19050 Z-28
N18500 G3 X-27 Y-26 I.25 J-.433	N19060 G1 Z-30
N18510 G3 X-27 Y-26 Z-30.684 I1 J0	N19070 X25.25 Y26.433
N18520 G3 X-27 Y-26 Z-31.368 I1 J0	N19080 G3 X25 Y26 I.25 J-.433
N18530 G3 X-27 Y-26 Z-32.053 I1 J0	N19090 G3 X25 Y26 Z-30.684 I1 J0
N18540 G3 X-27 Y-26 Z-32.737 I1 J0	N19100 G3 X25 Y26 Z-31.368 I1 J0
N18550 G3 X-27 Y-26 Z-33.421 I1 J0	N19110 G3 X25 Y26 Z-32.053 I1 J0
N18560 G3 X-27 Y-26 Z-34.105 I1 J0	N19120 G3 X25 Y26 Z-32.737 I1 J0
N18570 G3 X-27 Y-26 Z-34.789 I1 J0	N19130 G3 X25 Y26 Z-33.421 I1 J0
N18580 G3 X-27 Y-26 Z-35.474 I1 J0	N19140 G3 X25 Y26 Z-34.105 I1 J0
N18590 G3 X-27 Y-26 Z-36.158 I1 J0	N19150 G3 X25 Y26 Z-34.789 I1 J0
N18600 G3 X-27 Y-26 Z-36.842 I1 J0	N19160 G3 X25 Y26 Z-35.474 I1 J0
N18610 G3 X-27 Y-26 Z-37.526 I1 J0	N19170 G3 X25 Y26 Z-36.158 I1 J0
N18620 G3 X-27 Y-26 Z-38.211 I1 J0	N19180 G3 X25 Y26 Z-36.842 I1 J0
N18630 G3 X-27 Y-26 Z-38.895 I1 J0	N19190 G3 X25 Y26 Z-37.526 I1 J0
N18640 G3 X-27 Y-26 Z-39.579 I1 J0	N19200 G3 X25 Y26 Z-38.211 I1 J0
N18650 G3 X-27 Y-26 Z-40.263 I1 J0	N19210 G3 X25 Y26 Z-38.895 I1 J0
N18660 G3 X-27 Y-26 Z-40.947 I1 J0	N19220 G3 X25 Y26 Z-39.579 I1 J0
N18670 G3 X-27 Y-26 Z-41.632 I1 J0	N19230 G3 X25 Y26 Z-40.263 I1 J0
N18680 G3 X-27 Y-26 Z-42.316 I1 J0	N19240 G3 X25 Y26 Z-40.947 I1 J0
N18690 G3 X-27 Y-26 Z-43 I1 J0	N19250 G3 X25 Y26 Z-41.632 I1 J0
N18700 G3 X-25 Y-26 I1 J0	N19260 G3 X25 Y26 Z-42.316 I1 J0
N18710 G3 X-27 Y-26 I-1 J0	N19270 G3 X25 Y26 Z-43 I1 J0
N18720 G3 X-26.75 Y-26.433 I.5 J0	N19280 G3 X27 Y26 I1 J0
N18730 G1 X-26.317 Y-26.683	N19290 G3 X25 Y26 I-1 J0
N18740 G0 Z2	N19300 G3 X25.25 Y25.567 I.5 J0
N18750 X25.683 Y-25.317	N19310 G1 X25.683 Y25.317
N18760 Z-28	N19320 G0 Z2
N18770 G1 Z-30	N19330 M9
N18780 X25.25 Y-25.567	N19360 M5
N18790 G3 X25 Y-26 I.25 J-.433	;SPOTTING DRILL D6 SD6
N18800 G3 X25 Y-26 Z-30.684 I1 J0	N19370 T="CENTERING6" D1
N18810 G3 X25 Y-26 Z-31.368 I1 J0	N19380 M6
N18820 G3 X25 Y-26 Z-32.053 I1 J0	N19400 S6000 M3
N18830 G3 X25 Y-26 Z-32.737 I1 J0	;BREAKING EDGES MILLING
N18840 G3 X25 Y-26 Z-33.421 I1 J0	;NO ROTATION
N18850 G3 X25 Y-26 Z-34.105 I1 J0	N19410 G0 X4.957 Y-1.033
N18860 G3 X25 Y-26 Z-34.789 I1 J0	N19420 Z4
N18870 G3 X25 Y-26 Z-35.474 I1 J0	N19430 M8
N18880 G3 X25 Y-26 Z-36.158 I1 J0	N19440 Z1.2
N18890 G3 X25 Y-26 Z-36.842 I1 J0	N19450 G1 Z-1.2 F500
N18900 G3 X25 Y-26 Z-37.526 I1 J0	N19460 X5.406 Y-.814
N18910 G3 X25 Y-26 Z-38.211 I1 J0	N19470 G3 X5.686 Y-.4 I-.219 J.449
N18920 G3 X25 Y-26 Z-38.895 I1 J0	N19480 G3 X5.7 Y0 I-5.686 J.4
N18930 G3 X25 Y-26 Z-39.579 I1 J0	N19490 G3 X0 Y5.7 I-5.7 J0
N18940 G3 X25 Y-26 Z-40.263 I1 J0	N19500 G3 X-5.7 Y0 I0 J-5.

N19510 G3 X0 Y-5.7 I5.7 J0	N20030 G1 X-42.603 Y39.855
N19520 G3 X5.7 Y0 I0 J5.7	N20040 G3 X-42.875 Y40.274 I-.499 J-.027
N19530 G3 X5.686 Y.4 I-5.7 J0	N20050 G1 X-43.321 Y40.501
N19540 G3 X5.406 Y.814 I-.499 J-.035	N20060 G0 Z2
N19550 G1 X4.957 Y1.033	N20070 X-40.51 Y41.483
N19560 G0 Z2	N20080 Z-10.8
N19570 X1.093 Y-28.97	N20090 G1 Z-13.2
N19580 Z1.2	N20100 X-40.26 Y41.05
N19590 G1 Z-1.2	N20110 G3 X-39.827 Y40.8 I.433 J.25
N19600 X.836 Y-28.541	N20120 G1 X5.404
N19610 G3 X.4 Y-28.297 I-.429 J-.256	N20130 G3 X5.837 Y41.05 I0 J.5
N19620 G2 X0 Y-28.3 I-.4 J28.297	N20140 G1 X6.087 Y41.483
N19630 G2 X-28.3 Y0 I0 J28.3	N20150 G0 Z2
N19640 G2 X0 Y28.3 I28.3 J0	N20160 X13.668
N19650 G2 X28.3 Y0 I0 J-28.3	N20170 Z-10.8
N19660 G2 X0 Y-28.3 I-28.3 J0	N20180 G1 Z-13.2
N19670 G2 X-.4 Y-28.297 I0 J28.3	N20190 X13.918 Y41.05
N19680 G3 X-.836 Y-28.541 I-.007 J-.5	N20200 G3 X14.351 Y40.8 I.433 J.25
N19690 G1 X-1.093 Y-28.97	N20210 G1 X39.7
N19700 G0 Z2	N20220 G3 X40.133 Y41.05 I0 J.5
N19710 X40.863 Y-39.454	N20230 G1 X40.383 Y41.483
N19720 Z-12.78	N20240 G0 Z2
N19730 G1 Z-15.18	N20250 X42.143 Y40.51
N19740 X40.591 Y-39.034	N20260 Z-11.46
N19750 G3 X40.145 Y-38.807 I-.419 J-.272	N20270 G1 Z-13.86
N19760 G1 X-6.131 Y-41.232	N20280 X41.71 Y40.26
N19770 G3 X-6.55 Y-41.505 I.026 J-.5	N20290 G3 X41.46 Y39.827 I.25 J-.433
N19780 G1 X-6.777 Y-41.95	N20300 G1 Y-6.586
N19790 G0 Z2	N20310 G3 X41.71 Y-7.019 I.5 J0
N19800 X-12.379 Y-42.244	N20320 G1 X42.143 Y-7.269
N19810 Z-12.78	N20330 G0 Z2
N19820 G1 Z-15.18	N20340 Y-12.89
N19830 X-12.652 Y-41.825	N20350 Z-11.46
N19840 G3 X-13.097 Y-41.598 I-.419 J-.272	N20360 G1 Z-13.86
N19850 G1 X-35.489 Y-42.771	N20370 X41.71 Y-13.14
N19860 G3 X-35.908 Y-43.043 I.026 J-.499	N20380 G3 X41.46 Y-13.573 I.25 J-.433
N19870 G1 X-36.135 Y-43.489	N20390 G1 Y-36.031
N19880 G0 Z2	N20400 G3 X41.71 Y-36.464 I.5 J0
N19890 X-39.057 Y-40.858	N20410 G1 X42.143 Y-36.714
N19900 Z-12.78	N20420 G0 Z2
N19910 G1 Z-15.18	N20430 M9
N19920 X-38.638 Y-40.586	N20460 M5
N19930 G3 X-38.411 Y-40.14 I-.272 J.42	N20470 M2
N19940 G1 X-40.806 Y5.571	
N19950 G3 X-41.079 Y5.99 I-.5 J-.026	
N19960 G1 X-41.524 Y6.217	
N19970 G0 Z2	
N19980 X-41.895 Y13.3	
N19990 Z-12.78	
N20000 G1 Z-15.18	
N20010 X-41.476 Y13.572	
N20020 G3 X-41.249 Y14.018 I-.272 J.42	

G κώδικας της πλάκας συγκράτησης

Πρώτη φάση	
N1 G15 H1 (FACE MILL D100) N2 T1 M6 N3 S2000 M3 (FACING) N4 G0 G40 X-460 Y221.333 D1 N5 G56 H1 N6 Z200 N7 Z2 N8 G1 Z0 M51 F2000 N9 X460 N10 Y135.167 N11 X-460 N12 Y49 N13 X460 N14 Y-37.167 N15 X-460 N16 Y-123.333 N17 X460 N18 Y-209.5 N19 X-460 N20 G0 Z2 N21 M5 N22 M9 N23 M59 N24 G4 P5 N25 Z50 M9 N26 Z500 (SIDE MILL D10) N27 T2 M6 N28 S10000 M3 (SIDE MILLING) N29 G0 X.683 Y-264.783 N30 G56 H2 N31 Z200 N32 Z2 N33 G1 Z0 M8 F5000 N34 G41 X5.013 Y-262.283 D2 N35 X4.763 Y-261.85 N36 G3 G17 X0 Y-259.1 R5.5 N37 G1 X-398.041 Z-.151 N38 X-400.1 Y-257.041 Z-.152 N39 Y257.041 Z-.348 N40 X-398.041 Y259.1 Z-.349 N41 X398.041 Z-.651 N42 X400.1 Y257.041 Z-.652 N43 Y-257.041 Z-.848 N44 X398.041 Y-259.1 Z-.849 N45 X0 Z-1 N102 Y257.041 Z-7.348 N103 X-398.041 Y259.1 Z-7.349	N104 X398.041 Z-7.651 N105 X400.1 Y257.041 Z-7.652 N106 Y-257.041 Z-7.848 N107 X398.041 Y-259.1 Z-7.849 N108 X0 Z-8 N109 X-398.041 Z-8.151 N110 X-400.1 Y-257.041 Z-8.152 N111 Y257.041 Z-8.348 N112 X-398.041 Y259.1 Z-8.349 N113 X398.041 Z-8.651 N114 X400.1 Y257.041 Z-8.652 N115 Y-257.041 Z-8.848 N116 X398.041 Y-259.1 Z-8.849 N117 X0 Z-9 N118 X-398.041 Z-9.151 N119 X-400.1 Y-257.041 Z-9.152 N120 Y257.041 Z-9.348 N121 X-398.041 Y259.1 Z-9.349 N122 X398.041 Z-9.651 N123 X400.1 Y257.041 Z-9.652 N124 Y-257.041 Z-9.848 N125 X398.041 Y-259.1 Z-9.849 N126 X0 Z-10 N127 X-398.041 Z-10.151 N128 X-400.1 Y-257.041 Z-10.152 N129 Y257.041 Z-10.348 N130 X-398.041 Y259.1 Z-10.349 N131 X398.041 Z-10.651 N132 X400.1 Y257.041 Z-10.652 N133 Y-257.041 Z-10.848 N134 X398.041 Y-259.1 Z-10.849 N135 X0 Z-11 N136 X-398.041 Z-11.151 N137 X-400.1 Y-257.041 Z-11.152 N138 Y257.041 Z-11.348 N139 X-398.041 Y259.1 Z-11.349 N140 X398.041 Z-11.651 N141 X400.1 Y257.041 Z-11.652 N142 Y-257.041 Z-11.848 N143 X398.041 Y-259.1 Z-11.849 N144 X0 Z-12 N145 X-398.041 Z-12.151 N146 X-400.1 Y-257.041 Z-12.152 N147 Y257.041 Z-12.348 N148 X-398.041 Y259.1 Z-12.349 N149 X398.041 Z-12.651 N150 X400.1 Y257.041 Z-12.652 N151 Y-257.041 Z-12.848 N152 X398.041 Y-259.1 Z-12.849 N153 X0 Z-13 N154 X-398.041 Z-13.151 N155 X-400.1 Y-257.041 Z-13.152 N156 Y257.041 Z-13.348

N157 X-398.041 Y259.1 Z-13.349
 N158 X398.041 Z-13.651
 N159 X400.1 Y257.041 Z-13.652
 N160 Y-257.041 Z-13.848
 N161 X398.041 Y-259.1 Z-13.849
 N162 X0 Z-14
 N163 X-398.041 Z-14.151
 N164 X-400.1 Y-257.041 Z-14.152
 N165 Y257.041 Z-14.348
 N166 X-398.041 Y259.1 Z-14.349
 N167 X398.041 Z-14.651
 N168 X400.1 Y257.041 Z-14.7
 N169 Y-257.041 Z-14.848
 N170 X398.041 Y-259.1 Z-14.7
 N171 X0 Z-14.7
 N172 X-398.041
 N173 X-400.1 Y-257.041
 N174 Y257.041
 N175 X-398.041 Y259.1
 N176 X398.041
 N177 X400.1 Y257.041
 N178 Y-257.041
 N179 X398.041 Y-259.1
 N180 X0
 N181 G3 X-4.763 Y-261.85 R5.5
 N182 G1 X-5.013 Y-262.283
 N183 G40 X-.683 Y-264.783 D2
 N184 G0 Z2

(SIDE MILLING)

N185 X408.037 Y-257
 N186 Z-13
 N187 G1 Z-14.7 F3000
 N188 G41 X409.331 Y-252.17 D2
 N189 X408.848 Y-252.041
 N190 G3 X403.536 Y-253.464 R5.5
 N191 G1 X398 Y-259
 N192 X-398
 N193 X-400 Y-257
 N194 Y257
 N195 X-398 Y259
 N196 X398
 N197 X400 Y257
 N198 Y-262
 N199 G3 X402.75 Y-266.763 R5.5
 N200 G1 X403.183 Y-267.013
 N201 G40 X405.683 Y-262.683 D2
 N202 G0 Z2
 N203 Z50 M5 M9
 N204 Z500

(TWISTED DRILL D5,1)

N205 T3 M6
 N206 S10000 M3

(DRILLING)

N207 G0 X350 Y-250 M9
 N208 G56 H3
 N209 Z200
 N210 Z20
 N211 M51
 N212 G71 Z20
 N213 G81 Z-14.7 R.2 F500 M53
 N216 X0 Y0
 N221 Y-250
 N224 X-350
 N225 Y250
 N226 X0
 N227 X350
 N228 G80
 N229 G0 Z50

(DRILLING)

N230 X-350 Y-230
 N231 Z20
 N232 G71 Z20
 N233 G81 Z-14.3 R.2 M53
 N234 X-330
 N235 X-310
 N236 X-290
 N237 X-270
 N238 X-250
 N239 X-230
 N240 X-210
 N241 X-190
 N242 X-170
 N243 X-150
 N244 X-130
 N245 X-110
 N246 X-90
 N247 X-70
 N248 X-50
 N249 X-30
 N250 X-10
 N251 Y-210
 N252 Y-190
 N253 Y-170
 N254 Y-150
 N255 Y-130
 N256 Y-110
 N257 Y-90
 N258 Y-70
 N259 Y-50
 N260 Y-30
 N261 X10
 N262 X30
 N263 Y-10
 N264 Y10
 N265 Y30
 N266 Y50
 N267 Y70

N268 Y90	N324 Y210
N269 Y110	N325 Y230
N270 Y130	N326 X90
N271 Y150	N327 Y210
N272 Y170	N328 Y190
N273 Y190	N329 Y170
N274 Y210	N330 Y150
N275 Y230	N331 Y130
N276 X50	N332 Y110
N277 Y210	N333 Y90
N278 Y190	N334 Y70
N279 Y170	N335 Y50
N280 Y150	N336 Y30
N281 Y130	N337 Y10
N282 Y110	N338 Y-10
N283 Y90	N339 Y-30
N284 Y70	N340 Y-50
N285 Y50	N341 Y-70
N286 Y30	N342 Y-90
N287 Y10	N343 Y-110
N288 Y-10	N344 Y-130
N289 Y-30	N345 Y-150
N290 Y-50	N346 Y-170
N291 Y-70	N347 Y-190
N292 Y-90	N348 Y-210
N293 Y-110	N349 Y-230
N294 X30	N350 X110
N295 Y-130	N351 Y-210
N296 Y-150	N352 Y-190
N297 Y-170	N353 Y-170
N298 Y-190	N354 Y-150
N299 X50	N355 Y-130
N300 Y-210	N356 Y-110
N301 Y-230	N357 Y-90
N302 X70	N358 Y-70
N303 Y-210	N359 Y-50
N304 Y-190	N360 Y-30
N305 Y-170	N361 Y-10
N306 Y-150	N362 Y10
N307 Y-130	N363 Y30
N308 Y-110	N364 Y50
N309 Y-90	N365 Y70
N310 Y-70	N366 Y90
N311 Y-50	N367 Y110
N312 Y-30	N368 Y130
N313 Y-10	N369 Y150
N314 Y10	N370 Y170
N315 Y30	N371 Y190
N316 Y50	N372 Y210
N317 Y70	N373 Y230
N318 Y90	N374 X130
N319 Y110	N375 Y210
N320 Y130	N376 Y190
N321 Y150	N377 Y170
N322 Y170	N378 Y150
N323 Y190	N379 Y130

N380 Y110	N436 Y-50
N381 Y90	N437 Y-70
N382 Y70	N438 Y-90
N383 Y50	N439 Y-110
N384 Y30	N440 Y-130
N385 Y10	N441 Y-150
N386 Y-10	N442 Y-170
N387 Y-30	N443 Y-190
N388 Y-50	N444 Y-210
N389 Y-70	N445 Y-230
N390 Y-90	N446 X190
N391 Y-110	N447 Y-210
N392 Y-130	N448 Y-190
N393 Y-150	N449 Y-170
N394 Y-170	N450 Y-150
N395 Y-190	N451 Y-130
N396 Y-210	N452 Y-110
N397 Y-230	N453 Y-90
N398 X150	N454 Y-70
N399 Y-210	N455 Y-50
N400 Y-190	N456 Y-30
N401 Y-170	N457 Y-10
N402 Y-150	N458 Y10
N403 Y-130	N459 Y30
N404 Y-110	N460 Y50
N405 Y-90	N461 Y70
N406 Y-70	N462 Y90
N407 Y-50	N463 Y110
N408 Y-30	N464 Y130
N409 Y-10	N465 Y150
N410 Y10	N466 Y170
N411 Y30	N467 Y190
N412 Y50	N468 Y210
N413 Y70	N469 Y230
N414 Y90	N470 X210
N415 Y110	N471 Y210
N416 Y130	N472 Y190
N417 Y150	N473 Y170
N418 Y170	N474 Y150
N419 Y190	N475 Y130
N420 Y210	N476 Y110
N421 Y230	N477 Y90
N422 X170	N478 Y70
N423 Y210	N479 Y50
N424 Y190	N480 Y30
N425 Y170	N481 Y10
N426 Y150	N482 Y-10
N427 Y130	N483 Y-30
N428 Y110	N484 Y-50
N429 Y90	N485 Y-70
N430 Y70	N486 Y-90
N431 Y50	N487 Y-110
N432 Y30	N488 Y-130
N433 Y10	N489 Y-150
N434 Y-10	N490 Y-170
N435 Y-30	N491 Y-190

N492 Y-210	N548 Y-110
N493 Y-230	N549 Y-90
N494 X230	N550 Y-70
N495 Y-210	N551 Y-50
N496 Y-190	N552 Y-30
N497 Y-170	N553 Y-10
N498 Y-150	N554 Y10
N499 Y-130	N555 Y30
N500 Y-110	N556 Y50
N501 Y-90	N557 Y70
N502 Y-70	N558 Y90
N503 Y-50	N559 Y110
N504 Y-30	N560 Y130
N505 Y-10	N561 Y150
N506 Y10	N562 Y170
N507 Y30	N563 Y190
N508 Y50	N564 Y210
N509 Y70	N565 Y230
N510 Y90	N566 X290
N511 Y110	N567 Y210
N512 Y130	N568 Y190
N513 Y150	N569 Y170
N514 Y170	N570 Y150
N515 Y190	N571 Y130
N516 Y210	N572 Y110
N517 Y230	N573 Y90
N518 X250	N574 Y70
N519 Y210	N575 Y50
N520 Y190	N576 Y30
N521 Y170	N577 Y10
N522 Y150	N578 Y-10
N523 Y130	N579 Y-30
N524 Y110	N580 Y-50
N525 Y90	N581 Y-70
N526 Y70	N582 Y-90
N527 Y50	N583 Y-110
N528 Y30	N584 Y-130
N529 Y10	N585 Y-150
N530 Y-10	N586 Y-170
N531 Y-30	N587 Y-190
N532 Y-50	N588 Y-210
N533 Y-70	N589 Y-230
N534 Y-90	N590 X310
N535 Y-110	N591 Y-210
N536 Y-130	N592 Y-190
N537 Y-150	N593 Y-170
N538 Y-170	N594 Y-150
N539 Y-190	N595 Y-130
N540 Y-210	N596 Y-110
N541 Y-230	N597 Y-90
N542 X270	N598 Y-70
N543 Y-210	N599 Y-50
N544 Y-190	N600 Y-30
N545 Y-170	N601 Y-10
N546 Y-150	N602 Y10
N547 Y-130	N603 Y30

N604 Y50	N660 Y210
N605 Y70	N661 Y230
N606 Y90	N662 X10
N607 Y110	N663 X-10
N608 Y130	N664 Y210
N609 Y150	N665 Y190
N610 Y170	N666 Y170
N611 Y190	N667 Y150
N612 Y210	N668 Y130
N613 Y230	N669 Y110
N614 X330	N670 X10
N615 Y210	N671 Y90
N616 Y190	N672 Y70
N617 Y170	N673 Y50
N618 Y150	N674 Y30
N619 Y130	N675 Y10
N620 Y110	N676 Y-10
N621 Y90	N677 X-10
N622 Y70	N678 Y10
N623 Y50	N679 Y30
N624 Y30	N680 Y50
N625 Y10	N681 Y70
N626 Y-10	N682 Y90
N627 Y-30	N683 X-30
N628 Y-50	N684 Y110
N629 Y-70	N685 Y130
N630 Y-90	N686 Y150
N631 Y-110	N687 Y170
N632 Y-130	N688 Y190
N633 Y-150	N689 Y210
N634 Y-170	N690 Y230
N635 Y-190	N691 X-50
N636 Y-210	N692 Y210
N637 Y-230	N693 Y190
N638 X350	N694 Y170
N639 Y-210	N695 Y150
N640 Y-190	N696 Y130
N641 Y-170	N697 Y110
N642 Y-150	N698 Y90
N643 Y-130	N699 Y70
N644 Y-110	N700 X-30
N645 Y-90	N701 Y50
N646 Y-70	N702 Y30
N647 Y-50	N703 Y10
N648 Y-30	N704 Y-10
N649 Y-10	N705 Y-30
N650 Y10	N706 Y-50
N651 Y30	N707 X-50
N652 Y50	N708 Y-70
N653 Y70	N709 Y-90
N654 Y90	N710 Y-110
N655 Y110	N711 Y-130
N656 Y130	N712 Y-150
N657 Y150	N713 Y-170
N658 Y170	N714 Y-190
N659 Y190	N715 Y-210

N716 X-30	N772 Y190
N717 Y-190	N773 Y170
N718 Y-170	N774 Y150
N719 Y-150	N775 Y130
N720 Y-130	N776 Y110
N721 Y-110	N777 Y90
N722 Y-90	N778 Y70
N723 Y-70	N779 Y50
N724 X-70	N780 Y30
N725 Y-50	N781 Y10
N726 Y-30	N782 Y-10
N727 X-50	N783 X-110
N728 Y-10	N784 Y-30
N729 Y10	N785 X-90
N730 Y30	N786 Y-50
N731 Y50	N787 X-110
N732 X-70	N788 Y-70
N733 Y70	N789 Y-90
N734 Y90	N790 Y-110
N735 Y110	N791 Y-130
N736 Y130	N792 Y-150
N737 Y150	N793 Y-170
N738 Y170	N794 Y-190
N739 Y190	N795 Y-210
N740 Y210	N796 X-130
N741 Y230	N797 Y-190
N742 X-90	N798 Y-170
N743 Y210	N799 Y-150
N744 Y190	N800 Y-130
N745 Y170	N801 Y-110
N746 Y150	N802 Y-90
N747 Y130	N803 Y-70
N748 Y110	N804 Y-50
N749 Y90	N805 Y-30
N750 Y70	N806 X-150
N751 Y50	N807 Y-50
N752 Y30	N808 Y-70
N753 X-70	N809 Y-90
N754 Y10	N810 Y-110
N755 Y-10	N811 Y-130
N756 X-90	N812 Y-150
N757 Y10	N813 Y-170
N758 X-110	N814 Y-190
N759 Y30	N815 Y-210
N760 Y50	N816 X-170
N761 Y70	N817 Y-190
N762 Y90	N818 Y-170
N763 Y110	N819 Y-150
N764 Y130	N820 Y-130
N765 Y150	N821 Y-110
N766 Y170	N822 Y-90
N767 Y190	N823 Y-70
N768 Y210	N824 Y-50
N769 Y230	N825 Y-30
N770 X-130	N826 Y-10
N771 Y210	N827 X-150

N828 Y10	N884 Y-150
N829 Y30	N885 Y-170
N830 Y50	N886 Y-190
N831 Y70	N887 Y-210
N832 Y90	N888 X-210
N833 Y110	N889 Y-190
N834 Y130	N890 Y-170
N835 Y150	N891 Y-150
N836 Y170	N892 Y-130
N837 Y190	N893 Y-110
N838 Y210	N894 Y-90
N839 Y230	N895 Y-70
N840 X-170	N896 Y-50
N841 Y210	N897 Y-30
N842 Y190	N898 X-230
N843 Y170	N899 Y-50
N844 Y150	N900 Y-70
N845 Y130	N901 Y-90
N846 Y110	N902 Y-110
N847 Y90	N903 Y-130
N848 Y70	N904 Y-150
N849 Y50	N905 Y-170
N850 Y30	N906 Y-190
N851 Y10	N907 Y-210
N852 X-190	N908 X-250
N853 Y30	N909 Y-190
N854 Y50	N910 Y-170
N855 Y70	N911 Y-150
N856 Y90	N912 Y-130
N857 Y110	N913 Y-110
N858 Y130	N914 Y-90
N859 Y150	N915 Y-70
N860 Y170	N916 Y-50
N861 Y190	N917 Y-30
N862 Y210	N918 Y-10
N863 Y230	N919 X-230
N864 X-210	N920 Y10
N865 Y210	N921 Y30
N866 Y190	N922 Y50
N867 Y170	N923 Y70
N868 Y150	N924 Y90
N869 Y130	N925 Y110
N870 Y110	N926 Y130
N871 Y90	N927 Y150
N872 Y70	N928 Y170
N873 Y50	N929 Y190
N874 Y30	N930 Y210
N875 Y10	N931 Y230
N876 Y-10	N932 X-250
N877 X-190	N933 Y210
N878 Y-30	N934 Y190
N879 Y-50	N935 Y170
N880 Y-70	N936 Y150
N881 Y-90	N937 Y130
N882 Y-110	N938 Y110
N883 Y-130	N939 Y90

N940 Y70	N996 Y-150
N941 Y50	N997 Y-170
N942 Y30	N998 Y-190
N943 Y10	N999 Y-210
N944 X-270	N1000 X-330
N945 Y30	N1001 Y-190
N946 Y50	N1002 Y-170
N947 Y70	N1003 Y-150
N948 Y90	N1004 Y-130
N949 Y110	N1005 Y-110
N950 Y130	N1006 Y-90
N951 Y150	N1007 Y-70
N952 Y170	N1008 Y-50
N953 Y190	N1009 Y-30
N954 Y210	N1010 Y-10
N955 Y230	N1011 X-310
N956 X-290	N1012 Y10
N957 Y210	N1013 Y30
N958 Y190	N1014 Y50
N959 Y170	N1015 Y70
N960 Y150	N1016 Y90
N961 Y130	N1017 Y110
N962 Y110	N1018 Y130
N963 Y90	N1019 Y150
N964 Y70	N1020 Y170
N965 Y50	N1021 Y190
N966 Y30	N1022 Y210
N967 Y10	N1023 Y230
N968 Y-10	N1024 X-330
N969 X-270	N1025 Y210
N970 Y-30	N1026 Y190
N971 Y-50	N1027 Y170
N972 Y-70	N1028 Y150
N973 Y-90	N1029 Y130
N974 Y-110	N1030 Y110
N975 Y-130	N1031 Y90
N976 Y-150	N1032 Y70
N977 Y-170	N1033 Y50
N978 Y-190	N1034 Y30
N979 Y-210	N1035 Y10
N980 X-290	N1036 X-350
N981 Y-190	N1037 Y30
N982 Y-170	N1038 Y50
N983 Y-150	N1039 Y70
N984 Y-130	N1040 Y90
N985 Y-110	N1041 Y110
N986 Y-90	N1042 Y130
N987 Y-70	N1043 Y150
N988 Y-50	N1044 Y170
N989 Y-30	N1045 Y190
N990 X-310	N1046 Y210
N991 Y-50	N1047 Y230
N992 Y-70	N1048 Y-10
N993 Y-90	N1049 Y-30
N994 Y-110	N1050 Y-50
N995 Y-130	N1051 Y-70

N1052 Y-90	N1106 S8000 M3
N1053 Y-110	(SIDE MILLING)
N1054 Y-130	N1107 G0 X-346.183 Y-250.683
N1055 Y-150	N1108 G56 H4
N1056 Y-170	N1109 Z200
N1057 Y-190	N1110 Z2
N1058 Y-210	N1111 G1 Z0 M8 F1000
N1059 X-90	N1112 G41 X-344.683 Y-253.281 D4
N1060 Y-190	N1113 X-344.25 Y-253.031
N1061 X-70	N1114 G3 X-342.5 Y-250 R3.5
N1062 Y-170	N1115 G3 X-342.5 Y-250 Z-.587 I-7.5 J0
N1063 Y-150	N1116 G3 X-342.5 Y-250 Z-1.173 I-7.5 J0
N1064 X-90	N1117 G3 X-342.5 Y-250 Z-1.76 I-7.5 J0
N1065 Y-130	N1118 G3 X-342.5 Y-250 Z-2.347 I-7.5 J0
N1066 Y-110	N1119 G3 X-342.5 Y-250 Z-2.933 I-7.5 J0
N1067 Y-90	N1120 G3 X-342.5 Y-250 Z-3.52 I-7.5 J0
N1068 X-70	N1121 G3 X-342.5 Y-250 Z-4.107 I-7.5 J0
N1069 Y-110	N1122 G3 X-342.5 Y-250 Z-4.693 I-7.5 J0
N1070 Y-130	N1123 G3 X-342.5 Y-250 Z-5.28 I-7.5 J0
N1071 X-90 Y-170	N1124 G3 X-342.5 Y-250 Z-5.867 I-7.5 J0
N1072 X-70 Y-210	N1125 G3 X-342.5 Y-250 Z-6.453 I-7.5 J0
N1073 X10	N1126 G3 X-342.5 Y-250 Z-7.04 I-7.5 J0
N1074 Y-190	N1127 G3 X-342.5 Y-250 Z-7.627 I-7.5 J0
N1075 Y-170	N1128 G3 X-342.5 Y-250 Z-8.213 I-7.5 J0
N1076 Y-150	N1129 G3 X-342.5 Y-250 Z-8.8 I-7.5 J0
N1077 Y-130	N1130 G3 X-357.5 Y-250 I-7.5 J0
N1078 Y-110	N1131 G3 X-342.5 Y-250 I7.5 J0
N1079 Y-90	N1132 G3 X-344.25 Y-246.969 R3.5
N1080 X30	N1133 G1 X-344.683 Y-246.719
N1081 Y-70	N1134 G40 X-346.183 Y-249.317 D4
N1082 Y-50	N1135 G0 Z20
N1083 X10	N1136 X3.817 Y-250.683
N1084 Y-70	N1137 Z2
N1085 X50 Y-130	N1138 G1 Z0
N1086 Y-150	N1139 G41 X5.317 Y-253.281 D4
N1087 Y-170	N1140 X5.75 Y-253.031
N1088 X30 Y-210	N1141 G3 X7.5 Y-250 R3.5
N1089 Y-230	N1142 G3 X7.5 Y-250 Z-.587 I-7.5 J0
N1090 X10	N1143 G3 X7.5 Y-250 Z-1.173 I-7.5 J0
N1091 X-90 Y-70	N1144 G3 X7.5 Y-250 Z-1.76 I-7.5 J0
N1092 X10 Y130	N1145 G3 X7.5 Y-250 Z-2.347 I-7.5 J0
N1093 Y150	N1146 G3 X7.5 Y-250 Z-2.933 I-7.5 J0
N1094 Y170	N1147 G3 X7.5 Y-250 Z-3.52 I-7.5 J0
N1095 Y190	N1148 G3 X7.5 Y-250 Z-4.107 I-7.5 J0
N1096 Y210	N1149 G3 X7.5 Y-250 Z-4.693 I-7.5 J0
N1097 G80	N1150 G3 X7.5 Y-250 Z-5.28 I-7.5 J0
N1098 G0 Z50	N1151 G3 X7.5 Y-250 Z-5.867 I-7.5 J0
N1099 M5	N1152 G3 X7.5 Y-250 Z-6.453 I-7.5 J0
N1100 M9	N1153 G3 X7.5 Y-250 Z-7.04 I-7.5 J0
N1101 M59	N1154 G3 X7.5 Y-250 Z-7.627 I-7.5 J0
N1102 G4 P5	N1155 G3 X7.5 Y-250 Z-8.213 I-7.5 J0
N1103 G0 Z150 M9	N1156 G3 X7.5 Y-250 Z-8.8 I-7.5 J0
N1104 Z500	N1157 G3 X-7.5 Y-250 I-7.5 J0
(SIDE MILL D06)	N1158 G3 X7.5 Y-250 I7.5 J0
N1105 T4 M6	N1159 G3 X5.75 Y-246.969 R3.5

N1160 G1 X5.317 Y-246.719	N1216 G0 Z20
N1161 G40 X3.817 Y-249.317 D4	N1217 X3.817 Y249.317
N1162 G0 Z20	N1218 Z2
N1163 X353.817 Y-250.683	N1219 G1 Z0
N1164 Z2	N1220 G41 X5.317 Y246.719 D4
N1165 G1 Z0	N1221 X5.75 Y246.969
N1166 G41 X355.317 Y-253.281 D4	N1222 G3 X7.5 Y250 R3.5
N1167 X355.75 Y-253.031	N1223 G3 X7.5 Y250 Z-.587 I-7.5 J0
N1168 G3 X357.5 Y-250 R3.5	N1224 G3 X7.5 Y250 Z-1.173 I-7.5 J0
N1169 G3 X357.5 Y-250 Z-.587 I-7.5 J0	N1225 G3 X7.5 Y250 Z-1.76 I-7.5 J0
N1170 G3 X357.5 Y-250 Z-1.173 I-7.5 J0	N1226 G3 X7.5 Y250 Z-2.347 I-7.5 J0
N1171 G3 X357.5 Y-250 Z-1.76 I-7.5 J0	N1227 G3 X7.5 Y250 Z-2.933 I-7.5 J0
N1172 G3 X357.5 Y-250 Z-2.347 I-7.5 J0	N1228 G3 X7.5 Y250 Z-3.52 I-7.5 J0
N1173 G3 X357.5 Y-250 Z-2.933 I-7.5 J0	N1229 G3 X7.5 Y250 Z-4.107 I-7.5 J0
N1174 G3 X357.5 Y-250 Z-3.52 I-7.5 J0	N1230 G3 X7.5 Y250 Z-4.693 I-7.5 J0
N1175 G3 X357.5 Y-250 Z-4.107 I-7.5 J0	N1231 G3 X7.5 Y250 Z-5.28 I-7.5 J0
N1176 G3 X357.5 Y-250 Z-4.693 I-7.5 J0	N1232 G3 X7.5 Y250 Z-5.867 I-7.5 J0
N1177 G3 X357.5 Y-250 Z-5.28 I-7.5 J0	N1233 G3 X7.5 Y250 Z-6.453 I-7.5 J0
N1178 G3 X357.5 Y-250 Z-5.867 I-7.5 J0	N1234 G3 X7.5 Y250 Z-7.04 I-7.5 J0
N1179 G3 X357.5 Y-250 Z-6.453 I-7.5 J0	N1235 G3 X7.5 Y250 Z-7.627 I-7.5 J0
N1180 G3 X357.5 Y-250 Z-7.04 I-7.5 J0	N1236 G3 X7.5 Y250 Z-8.213 I-7.5 J0
N1181 G3 X357.5 Y-250 Z-7.627 I-7.5 J0	N1237 G3 X7.5 Y250 Z-8.8 I-7.5 J0
N1182 G3 X357.5 Y-250 Z-8.213 I-7.5 J0	N1238 G3 X-7.5 Y250 I-7.5 J0
N1183 G3 X357.5 Y-250 Z-8.8 I-7.5 J0	N1239 G3 X7.5 Y250 I7.5 J0
N1184 G3 X342.5 Y-250 I-7.5 J0	N1240 G3 X5.75 Y253.031 R3.5
N1185 G3 X357.5 Y-250 I7.5 J0	N1241 G1 X5.317 Y253.281
N1186 G3 X355.75 Y-246.969 R3.5	N1242 G40 X3.817 Y250.683 D4
N1187 G1 X355.317 Y-246.719	N1243 G0 Z20
N1188 G40 X353.817 Y-249.317 D4	N1244 X-346.183 Y249.317
N1189 G0 Z20	N1245 Z2
N1190 Y249.317	N1246 G1 Z0
N1191 Z2	N1247 G41 X-344.683 Y246.719 D4
N1192 G1 Z0	N1248 X-344.25 Y246.969
N1193 G41 X355.317 Y246.719 D4	N1249 G3 X-342.5 Y250 R3.5
N1194 X355.75 Y246.969	N1250 G3 X-342.5 Y250 Z-.587 I-7.5 J0
N1195 G3 X357.5 Y250 R3.5	N1251 G3 X-342.5 Y250 Z-1.173 I-7.5 J0
N1196 G3 X357.5 Y250 Z-.587 I-7.5 J0	N1252 G3 X-342.5 Y250 Z-1.76 I-7.5 J0
N1197 G3 X357.5 Y250 Z-1.173 I-7.5 J0	N1253 G3 X-342.5 Y250 Z-2.347 I-7.5 J0
N1198 G3 X357.5 Y250 Z-1.76 I-7.5 J0	N1254 G3 X-342.5 Y250 Z-2.933 I-7.5 J0
N1199 G3 X357.5 Y250 Z-2.347 I-7.5 J0	N1255 G3 X-342.5 Y250 Z-3.52 I-7.5 J0
N1200 G3 X357.5 Y250 Z-2.933 I-7.5 J0	N1256 G3 X-342.5 Y250 Z-4.107 I-7.5 J0
N1201 G3 X357.5 Y250 Z-3.52 I-7.5 J0	N1257 G3 X-342.5 Y250 Z-4.693 I-7.5 J0
N1202 G3 X357.5 Y250 Z-4.107 I-7.5 J0	N1258 G3 X-342.5 Y250 Z-5.28 I-7.5 J0
N1203 G3 X357.5 Y250 Z-4.693 I-7.5 J0	N1259 G3 X-342.5 Y250 Z-5.867 I-7.5 J0
N1204 G3 X357.5 Y250 Z-5.28 I-7.5 J0	N1260 G3 X-342.5 Y250 Z-6.453 I-7.5 J0
N1205 G3 X357.5 Y250 Z-5.867 I-7.5 J0	N1261 G3 X-342.5 Y250 Z-7.04 I-7.5 J0
N1206 G3 X357.5 Y250 Z-6.453 I-7.5 J0	N1262 G3 X-342.5 Y250 Z-7.627 I-7.5 J0
N1207 G3 X357.5 Y250 Z-7.04 I-7.5 J0	N1263 G3 X-342.5 Y250 Z-8.213 I-7.5 J0
N1208 G3 X357.5 Y250 Z-7.627 I-7.5 J0	N1264 G3 X-342.5 Y250 Z-8.8 I-7.5 J0
N1209 G3 X357.5 Y250 Z-8.213 I-7.5 J0	N1265 G3 X-357.5 Y250 I-7.5 J0
N1210 G3 X357.5 Y250 Z-8.8 I-7.5 J0	N1266 G3 X-342.5 Y250 I7.5 J0
N1211 G3 X342.5 Y250 I-7.5 J0	N1267 G3 X-344.25 Y253.031 R3.5
N1212 G3 X357.5 Y250 I7.5 J0	N1268 G1 X-344.683 Y253.281
N1213 G3 X355.75 Y253.031 R3.5	N1269 G40 X-346.183 Y250.683 D4
N1214 G1 X355.317 Y253.281	N1270 G0 Z20
N1215 G40 X353.817 Y250.683 D4	

(SIDE MILLING)	
N1271 X-349.183 Y-250.683	N1326 G3 X354.5 Y-250 Z-11.055 I-4.5 J0
N1272 Z-6.8	N1327 G3 X354.5 Y-250 Z-11.618 I-4.5 J0
N1273 G1 Z-8.8	N1328 G3 X354.5 Y-250 Z-12.182 I-4.5 J0
N1274 G41 X-347.683 Y-253.281 D4	N1329 G3 X354.5 Y-250 Z-12.745 I-4.5 J0
N1275 X-347.25 Y-253.031	N1330 G3 X354.5 Y-250 Z-13.309 I-4.5 J0
N1276 G3 X-345.5 Y-250 R3.5	N1331 G3 X354.5 Y-250 Z-13.873 I-4.5 J0
N1277 G3 X-345.5 Y-250 Z-9.364 I-4.5 J0	N1332 G3 X354.5 Y-250 Z-14.436 I-4.5 J0
N1278 G3 X-345.5 Y-250 Z-9.927 I-4.5 J0	N1333 G3 X354.5 Y-250 Z-14.7 I-4.5 J0
N1279 G3 X-345.5 Y-250 Z-10.491 I-4.5 J0	N1334 G3 X345.5 Y-250 I-4.5 J0
N1280 G3 X-345.5 Y-250 Z-11.055 I-4.5 J0	N1335 G3 X354.5 Y-250 I4.5 J0
N1281 G3 X-345.5 Y-250 Z-11.618 I-4.5 J0	N1336 G3 X352.75 Y-246.969 R3.5
N1282 G3 X-345.5 Y-250 Z-12.182 I-4.5 J0	N1337 G1 X352.317 Y-246.719
N1283 G3 X-345.5 Y-250 Z-12.745 I-4.5 J0	N1338 G40 X350.817 Y-249.317 D4
N1284 G3 X-345.5 Y-250 Z-13.309 I-4.5 J0	N1339 G0 Z20
N1285 G3 X-345.5 Y-250 Z-13.873 I-4.5 J0	N1340 Y249.317
N1286 G3 X-345.5 Y-250 Z-14.436 I-4.5 J0	N1341 Z-6.8
N1287 G3 X-345.5 Y-250 Z-14.7 I-4.5 J0	N1342 G1 Z-8.8
N1288 G3 X-354.5 Y-250 I-4.5 J0	N1343 G41 X352.317 Y246.719 D4
N1289 G3 X-345.5 Y-250 I4.5 J0	N1344 X352.75 Y246.969
N1290 G3 X-347.25 Y-246.969 R3.5	N1345 G3 X354.5 Y250 R3.5
N1291 G1 X-347.683 Y-246.719	N1346 G3 X354.5 Y250 Z-9.364 I-4.5 J0
N1292 G40 X-349.183 Y-249.317 D4	N1347 G3 X354.5 Y250 Z-9.927 I-4.5 J0
N1293 G0 Z20	N1348 G3 X354.5 Y250 Z-10.491 I-4.5 J0
N1294 X.817 Y-250.683	N1349 G3 X354.5 Y250 Z-11.055 I-4.5 J0
N1295 Z-6.8	N1350 G3 X354.5 Y250 Z-11.618 I-4.5 J0
N1296 G1 Z-8.8	N1351 G3 X354.5 Y250 Z-12.182 I-4.5 J0
N1297 G41 X2.317 Y-253.281 D4	N1352 G3 X354.5 Y250 Z-12.745 I-4.5 J0
N1298 X2.75 Y-253.031	N1353 G3 X354.5 Y250 Z-13.309 I-4.5 J0
N1299 G3 X4.5 Y-250 R3.5	N1354 G3 X354.5 Y250 Z-13.873 I-4.5 J0
N1300 G3 X4.5 Y-250 Z-9.364 I-4.5 J0	N1355 G3 X354.5 Y250 Z-14.436 I-4.5 J0
N1301 G3 X4.5 Y-250 Z-9.927 I-4.5 J0	N1356 G3 X354.5 Y250 Z-14.7 I-4.5 J0
N1302 G3 X4.5 Y-250 Z-10.491 I-4.5 J0	N1357 G3 X345.5 Y250 I-4.5 J0
N1303 G3 X4.5 Y-250 Z-11.055 I-4.5 J0	N1358 G3 X354.5 Y250 I4.5 J0
N1304 G3 X4.5 Y-250 Z-11.618 I-4.5 J0	N1359 G3 X352.75 Y253.031 R3.5
N1305 G3 X4.5 Y-250 Z-12.182 I-4.5 J0	N1360 G1 X352.317 Y253.281
N1306 G3 X4.5 Y-250 Z-12.745 I-4.5 J0	N1361 G40 X350.817 Y250.683 D4
N1307 G3 X4.5 Y-250 Z-13.309 I-4.5 J0	N1362 G0 Z20
N1308 G3 X4.5 Y-250 Z-13.873 I-4.5 J0	N1363 X.817 Y249.317
N1309 G3 X4.5 Y-250 Z-14.436 I-4.5 J0	N1364 Z-6.8
N1310 G3 X4.5 Y-250 Z-14.7 I-4.5 J0	N1365 G1 Z-8.8
N1311 G3 X-4.5 Y-250 I-4.5 J0	N1366 G41 X2.317 Y246.719 D4
N1312 G3 X4.5 Y-250 I4.5 J0	N1367 X2.75 Y246.969
N1313 G3 X2.75 Y-246.969 R3.5	N1368 G3 X4.5 Y250 R3.5
N1314 G1 X2.317 Y-246.719	N1369 G3 X4.5 Y250 Z-9.364 I-4.5 J0
N1315 G40 X.817 Y-249.317 D4	N1370 G3 X4.5 Y250 Z-9.927 I-4.5 J0
N1316 G0 Z20	N1371 G3 X4.5 Y250 Z-10.491 I-4.5 J0
N1317 X350.817 Y-250.683	N1372 G3 X4.5 Y250 Z-11.055 I-4.5 J0
N1318 Z-6.8	N1373 G3 X4.5 Y250 Z-11.618 I-4.5 J0
N1319 G1 Z-8.8	N1374 G3 X4.5 Y250 Z-12.182 I-4.5 J0
N1320 G41 X352.317 Y-253.281 D4	N1375 G3 X4.5 Y250 Z-12.745 I-4.5 J0
N1321 X352.75 Y-253.031	N1376 G3 X4.5 Y250 Z-13.309 I-4.5 J0
N1322 G3 X354.5 Y-250 R3.5	N1377 G3 X4.5 Y250 Z-13.873 I-4.5 J0
N1323 G3 X354.5 Y-250 Z-9.364 I-4.5 J0	N1378 G3 X4.5 Y250 Z-14.436 I-4.5 J0
N1324 G3 X354.5 Y-250 Z-9.927 I-4.5 J0	N1379 G3 X4.5 Y250 Z-14.7 I-4.5 J0
N1325 G3 X354.5 Y-250 Z-10.491 I-4.5 J0	N1380 G3 X-4.5 Y250 I-4.5 J0
	N1381 G3 X4.5 Y250 I4.5 J0

N1382 G3 X2.75 Y253.031 R3.5	N1436 G3 X2.25 Y3.031 R3.5
N1383 G1 X2.317 Y253.281	N1437 G1 X1.817 Y3.281
N1384 G40 X.817 Y250.683 D4	N1438 G40 X.317 Y.683 D4
N1385 G0 Z20	N1439 G0 Z20
N1386 X-349.183 Y249.317	N1440 Z50 M5 M9
N1387 Z-6.8	N1441 Z500
N1388 G1 Z-8.8	
N1389 G41 X-347.683 Y246.719 D4	(SPOTTING DRILL D8)
N1390 X-347.25 Y246.969	N1442 T5 M6
N1391 G3 X-345.5 Y250 R3.5	N1443 S6000 M3
N1392 G3 X-345.5 Y250 Z-9.364 I-4.5 J0	
N1393 G3 X-345.5 Y250 Z-9.927 I-4.5 J0	(BREAKING EDGES MILLING)
N1394 G3 X-345.5 Y250 Z-10.491 I-4.5 J0	N1444 G0 X-344.034 Y-251.041 M9
N1395 G3 X-345.5 Y250 Z-11.055 I-4.5 J0	N1445 G56 H5
N1396 G3 X-345.5 Y250 Z-11.618 I-4.5 J0	N1446 Z200
N1397 G3 X-345.5 Y250 Z-12.182 I-4.5 J0	N1447 Z4
N1398 G3 X-345.5 Y250 Z-12.745 I-4.5 J0	N1448 Z1.2 M8
N1399 G3 X-345.5 Y250 Z-13.309 I-4.5 J0	N1449 G1 Z-1.2 F1000
N1400 G3 X-345.5 Y250 Z-13.873 I-4.5 J0	N1450 G41 X-343.587 Y-250.817 D5
N1401 G3 X-345.5 Y250 Z-14.436 I-4.5 J0	N1451 G3 X-343.312 Y-250.4 R.5
N1402 G3 X-345.5 Y250 Z-14.7 I-4.5 J0	N1452 G3 X-343.3 Y-250 R6.7
N1403 G3 X-354.5 Y250 I-4.5 J0	N1453 G3 X-350 Y-243.3 R6.7
N1404 G3 X-345.5 Y250 I4.5 J0	N1454 G3 X-356.7 Y-250 R6.7
N1405 G3 X-347.25 Y253.031 R3.5	N1455 G3 X-350 Y-256.7 R6.7
N1406 G1 X-347.683 Y253.281	N1456 G3 X-343.3 Y-250 R6.7
N1407 G40 X-349.183 Y250.683 D4	N1457 G3 X-343.312 Y-249.6 R6.7
N1408 G0 Z20	N1458 G3 X-343.587 Y-249.183 R.5
	N1459 G1 X-344.034 Y-248.959
(SIDE MILLING)	N1460 G40 D5
N1409 X.317 Y-.683	N1461 G0 Z20
N1410 Z3	N1462 X5.966 Y-251.041
N1411 G1 Z1	N1463 Z1.2
N1412 G41 X1.817 Y-3.281 D4	N1464 G1 Z-1.2
N1413 X2.25 Y-3.031	N1465 G41 X6.413 Y-250.817 D5
N1414 G3 X4 Y0 R3.5	N1466 G3 X6.688 Y-250.4 R.5
N1415 G3 X4 Y0 Z.421 I-4 J0	N1467 G3 X6.7 Y-250 R6.7
N1416 G3 X4 Y0 Z-.158 I-4 J0	N1468 G3 X0 Y-243.3 R6.7
N1417 G3 X4 Y0 Z-.737 I-4 J0	N1469 G3 X-6.7 Y-250 R6.7
N1418 G3 X4 Y0 Z-1.316 I-4 J0	N1470 G3 X0 Y-256.7 R6.7
N1419 G3 X4 Y0 Z-1.895 I-4 J0	N1471 G3 X6.7 Y-250 R6.7
N1420 G3 X4 Y0 Z-2.474 I-4 J0	N1472 G3 X6.688 Y-249.6 R6.7
N1421 G3 X4 Y0 Z-3.053 I-4 J0	N1473 G3 X6.413 Y-249.183 R.5
N1422 G3 X4 Y0 Z-3.632 I-4 J0	N1474 G1 X5.966 Y-248.959
N1423 G3 X4 Y0 Z-4.211 I-4 J0	N1475 G40 D5
N1424 G3 X4 Y0 Z-4.789 I-4 J0	N1476 G0 Z20
N1425 G3 X4 Y0 Z-5.368 I-4 J0	N1477 X355.966 Y-251.041
N1426 G3 X4 Y0 Z-5.947 I-4 J0	N1478 Z1.2
N1427 G3 X4 Y0 Z-6.526 I-4 J0	N1479 G1 Z-1.2
N1428 G3 X4 Y0 Z-7.105 I-4 J0	N1480 G41 X356.413 Y-250.817 D5
N1429 G3 X4 Y0 Z-7.684 I-4 J0	N1481 G3 X356.688 Y-250.4 R.5
N1430 G3 X4 Y0 Z-8.263 I-4 J0	N1482 G3 X356.7 Y-250 R6.7
N1431 G3 X4 Y0 Z-8.842 I-4 J0	N1483 G3 X350 Y-243.3 R6.7
N1432 G3 X4 Y0 Z-9.421 I-4 J0	N1484 G3 X343.3 Y-250 R6.7
N1433 G3 X4 Y0 Z-10 I-4 J0	N1485 G3 X350 Y-256.7 R6.7
N1434 G3 X-4 Y0 I-4 J0	N1486 G3 X356.7 Y-250 R6.7
N1435 G3 X4 Y0 I4 J0	N1487 G3 X356.688 Y-249.6 R6.7

N1488 G3 X356.413 Y-249.183 R.5	N1544 G1 X-400.566 Y-257.566
N1489 G1 X355.966 Y-248.959	N1545 G2 X-400.8 Y-257 R.8
N1490 G40 D5	N1546 G1 Y257
N1491 G0 Z20	N1547 G2 X-400.566 Y257.566 R.8
N1492 Y248.959	N1548 G1 X-398.566 Y259.566
N1493 Z1.2	N1549 G2 X-398 Y259.8 R.8
N1494 G1 Z-1.2	N1550 G1 X398
N1495 G41 X356.413 Y249.183 D5	N1551 G2 X398.566 Y259.566 R.8
N1496 G3 X356.688 Y249.6 R.5	N1552 G1 X400.566 Y257.566
N1497 G3 X356.7 Y250 R6.7	N1553 G2 X400.8 Y257 R.8
N1498 G3 X350 Y256.7 R6.7	N1554 G1 Y-257
N1499 G3 X343.3 Y250 R6.7	N1555 G2 X400.566 Y-257.566 R.8
N1500 G3 X350 Y243.3 R6.7	N1556 G1 X398.566 Y-259.566
N1501 G3 X356.7 Y250 R6.7	N1557 G2 X398 Y-259.8 R.8
N1502 G3 X356.688 Y250.4 R6.7	N1558 G1 X-.4
N1503 G3 X356.413 Y250.817 R.5	N1559 G3 X-.833 Y-260.05 R.5
N1504 G1 X355.966 Y251.041	N1560 G1 X-1.083 Y-260.483
N1505 G40 D5	N1561 G40 D5
N1506 G0 Z20	N1562 G0 Z20
N1507 X5.966 Y248.959	
N1508 Z1.2	(CENTERING/POINTING)
N1509 G1 Z-1.2	N1563 X-350 Y-230
N1510 G41 X6.413 Y249.183 D5	N1564 G71 Z20
N1511 G3 X6.688 Y249.6 R.5	N1565 G81 Z-2.85 R.5 F300 M53
N1512 G3 X6.7 Y250 R6.7	N1566 X-330
N1513 G3 X0 Y256.7 R6.7	N1567 X-310
N1514 G3 X-6.7 Y250 R6.7	N1568 X-290
N1515 G3 X0 Y243.3 R6.7	N1569 X-270
N1516 G3 X6.7 Y250 R6.7	N1570 X-250
N1517 G3 X6.688 Y250.4 R6.7	N1571 X-230
N1518 G3 X6.413 Y250.817 R.5	N1572 X-210
N1519 G1 X5.966 Y251.041	N1573 X-190
N1520 G40 D5	N1574 X-170
N1521 G0 Z20	N1575 X-150
N1522 X-344.034 Y248.959	N1576 X-130
N1523 Z1.2	N1577 X-110
N1524 G1 Z-1.2	N1578 X-90
N1525 G41 X-343.587 Y249.183 D5	N1579 X-70
N1526 G3 X-343.312 Y249.6 R.5	N1580 X-50
N1527 G3 X-343.3 Y250 R6.7	N1581 X-30
N1528 G3 X-350 Y256.7 R6.7	N1582 X-10
N1529 G3 X-356.7 Y250 R6.7	N1583 Y-210
N1530 G3 X-350 Y243.3 R6.7	N1584 Y-190
N1531 G3 X-343.3 Y250 R6.7	N1585 Y-170
N1532 G3 X-343.312 Y250.4 R6.7	N1586 Y-150
N1533 G3 X-343.587 Y250.817 R.5	N1587 Y-130
N1534 G1 X-344.034 Y251.041	N1588 Y-110
N1535 G40 D5	N1589 Y-90
N1536 G0 Z20	N1590 Y-70
N1537 X1.083 Y-260.483	N1591 Y-50
N1538 Z1.2	N1592 Y-30
N1539 G1 Z-1.2	N1593 X10
N1540 G41 X.833 Y-260.05 D5	N1594 X30
N1541 G3 X.4 Y-259.8 R.5	N1595 Y-10
N1542 G1 X-398	N1596 Y10
N1543 G2 X-398.566 Y-259.566 R.8	N1597 Y30

N1598 Y50	N1654 Y170
N1599 Y70	N1655 Y190
N1600 Y90	N1656 Y210
N1601 Y110	N1657 Y230
N1602 Y130	N1658 X90
N1603 Y150	N1659 Y210
N1604 Y170	N1660 Y190
N1605 Y190	N1661 Y170
N1606 Y210	N1662 Y150
N1607 Y230	N1663 Y130
N1608 X50	N1664 Y110
N1609 Y210	N1665 Y90
N1610 Y190	N1666 Y70
N1611 Y170	N1667 Y50
N1612 Y150	N1668 Y30
N1613 Y130	N1669 Y10
N1614 Y110	N1670 Y-10
N1615 Y90	N1671 Y-30
N1616 Y70	N1672 Y-50
N1617 Y50	N1673 Y-70
N1618 Y30	N1674 Y-90
N1619 Y10	N1675 Y-110
N1620 Y-10	N1676 Y-130
N1621 Y-30	N1677 Y-150
N1622 Y-50	N1678 Y-170
N1623 Y-70	N1679 Y-190
N1624 Y-90	N1680 Y-210
N1625 Y-110	N1681 Y-230
N1626 X30	N1682 X110
N1627 Y-130	N1683 Y-210
N1628 Y-150	N1684 Y-190
N1629 Y-170	N1685 Y-170
N1630 Y-190	N1686 Y-150
N1631 X50	N1687 Y-130
N1632 Y-210	N1688 Y-110
N1633 Y-230	N1689 Y-90
N1634 X70	N1690 Y-70
N1635 Y-210	N1691 Y-50
N1636 Y-190	N1692 Y-30
N1637 Y-170	N1693 Y-10
N1638 Y-150	N1694 Y10
N1639 Y-130	N1695 Y30
N1640 Y-110	N1696 Y50
N1641 Y-90	N1697 Y70
N1642 Y-70	N1698 Y90
N1643 Y-50	N1699 Y110
N1644 Y-30	N1700 Y130
N1645 Y-10	N1701 Y150
N1646 Y10	N1702 Y170
N1647 Y30	N1703 Y190
N1648 Y50	N1704 Y210
N1649 Y70	N1705 Y230
N1650 Y90	N1706 X130
N1651 Y110	N1707 Y210
N1652 Y130	N1708 Y190
N1653 Y150	N1709 Y170

N1710 Y150	N1766 Y-10
N1711 Y130	N1767 Y-30
N1712 Y110	N1768 Y-50
N1713 Y90	N1769 Y-70
N1714 Y70	N1770 Y-90
N1715 Y50	N1771 Y-110
N1716 Y30	N1772 Y-130
N1717 Y10	N1773 Y-150
N1718 Y-10	N1774 Y-170
N1719 Y-30	N1775 Y-190
N1720 Y-50	N1776 Y-210
N1721 Y-70	N1777 Y-230
N1722 Y-90	N1778 X190
N1723 Y-110	N1779 Y-210
N1724 Y-130	N1780 Y-190
N1725 Y-150	N1781 Y-170
N1726 Y-170	N1782 Y-150
N1727 Y-190	N1783 Y-130
N1728 Y-210	N1784 Y-110
N1729 Y-230	N1785 Y-90
N1730 X150	N1786 Y-70
N1731 Y-210	N1787 Y-50
N1732 Y-190	N1788 Y-30
N1733 Y-170	N1789 Y-10
N1734 Y-150	N1790 Y10
N1735 Y-130	N1791 Y30
N1736 Y-110	N1792 Y50
N1737 Y-90	N1793 Y70
N1738 Y-70	N1794 Y90
N1739 Y-50	N1795 Y110
N1740 Y-30	N1796 Y130
N1741 Y-10	N1797 Y150
N1742 Y10	N1798 Y170
N1743 Y30	N1799 Y190
N1744 Y50	N1800 Y210
N1745 Y70	N1801 Y230
N1746 Y90	N1802 X210
N1747 Y110	N1803 Y210
N1748 Y130	N1804 Y190
N1749 Y150	N1805 Y170
N1750 Y170	N1806 Y150
N1751 Y190	N1807 Y130
N1752 Y210	N1808 Y110
N1753 Y230	N1809 Y90
N1754 X170	N1810 Y70
N1755 Y210	N1811 Y50
N1756 Y190	N1812 Y30
N1757 Y170	N1813 Y10
N1758 Y150	N1814 Y-10
N1759 Y130	N1815 Y-30
N1760 Y110	N1816 Y-50
N1761 Y90	N1817 Y-70
N1762 Y70	N1818 Y-90
N1763 Y50	N1819 Y-110
N1764 Y30	N1820 Y-130
N1765 Y10	N1821 Y-150

N1822 Y-170	N1878 Y-150
N1823 Y-190	N1879 Y-130
N1824 Y-210	N1880 Y-110
N1825 Y-230	N1881 Y-90
N1826 X230	N1882 Y-70
N1827 Y-210	N1883 Y-50
N1828 Y-190	N1884 Y-30
N1829 Y-170	N1885 Y-10
N1830 Y-150	N1886 Y10
N1831 Y-130	N1887 Y30
N1832 Y-110	N1888 Y50
N1833 Y-90	N1889 Y70
N1834 Y-70	N1890 Y90
N1835 Y-50	N1891 Y110
N1836 Y-30	N1892 Y130
N1837 Y-10	N1893 Y150
N1838 Y10	N1894 Y170
N1839 Y30	N1895 Y190
N1840 Y50	N1896 Y210
N1841 Y70	N1897 Y230
N1842 Y90	N1898 X290
N1843 Y110	N1899 Y210
N1844 Y130	N1900 Y190
N1845 Y150	N1901 Y170
N1846 Y170	N1902 Y150
N1847 Y190	N1903 Y130
N1848 Y210	N1904 Y110
N1849 Y230	N1905 Y90
N1850 X250	N1906 Y70
N1851 Y210	N1907 Y50
N1852 Y190	N1908 Y30
N1853 Y170	N1909 Y10
N1854 Y150	N1910 Y-10
N1855 Y130	N1911 Y-30
N1856 Y110	N1912 Y-50
N1857 Y90	N1913 Y-70
N1858 Y70	N1914 Y-90
N1859 Y50	N1915 Y-110
N1860 Y30	N1916 Y-130
N1861 Y10	N1917 Y-150
N1862 Y-10	N1918 Y-170
N1863 Y-30	N1919 Y-190
N1864 Y-50	N1920 Y-210
N1865 Y-70	N1921 Y-230
N1866 Y-90	N1922 X310
N1867 Y-110	N1923 Y-210
N1868 Y-130	N1924 Y-190
N1869 Y-150	N1925 Y-170
N1870 Y-170	N1926 Y-150
N1871 Y-190	N1927 Y-130
N1872 Y-210	N1928 Y-110
N1873 Y-230	N1929 Y-90
N1874 X270	N1930 Y-70
N1875 Y-210	N1931 Y-50
N1876 Y-190	N1932 Y-30
N1877 Y-170	N1933 Y-10

N1934 Y10	N1990 Y170
N1935 Y30	N1991 Y190
N1936 Y50	N1992 Y210
N1937 Y70	N1993 Y230
N1938 Y90	N1994 X10
N1939 Y110	N1995 X-10
N1940 Y130	N1996 Y210
N1941 Y150	N1997 Y190
N1942 Y170	N1998 Y170
N1943 Y190	N1999 Y150
N1944 Y210	N2000 Y130
N1945 Y230	N2001 Y110
N1946 X330	N2002 X10
N1947 Y210	N2003 Y90
N1948 Y190	N2004 Y70
N1949 Y170	N2005 Y50
N1950 Y150	N2006 Y30
N1951 Y130	N2007 Y10
N1952 Y110	N2008 Y-10
N1953 Y90	N2009 X-10
N1954 Y70	N2010 Y10
N1955 Y50	N2011 Y30
N1956 Y30	N2012 Y50
N1957 Y10	N2013 Y70
N1958 Y-10	N2014 Y90
N1959 Y-30	N2015 X-30
N1960 Y-50	N2016 Y110
N1961 Y-70	N2017 Y130
N1962 Y-90	N2018 Y150
N1963 Y-110	N2019 Y170
N1964 Y-130	N2020 Y190
N1965 Y-150	N2021 Y210
N1966 Y-170	N2022 Y230
N1967 Y-190	N2023 X-50
N1968 Y-210	N2024 Y210
N1969 Y-230	N2025 Y190
N1970 X350	N2026 Y170
N1971 Y-210	N2027 Y150
N1972 Y-190	N2028 Y130
N1973 Y-170	N2029 Y110
N1974 Y-150	N2030 Y90
N1975 Y-130	N2031 Y70
N1976 Y-110	N2032 X-30
N1977 Y-90	N2033 Y50
N1978 Y-70	N2034 Y30
N1979 Y-50	N2035 Y10
N1980 Y-30	N2036 Y-10
N1981 Y-10	N2037 Y-30
N1982 Y10	N2038 Y-50
N1983 Y30	N2039 X-50
N1984 Y50	N2040 Y-70
N1985 Y70	N2041 Y-90
N1986 Y90	N2042 Y-110
N1987 Y110	N2043 Y-130
N1988 Y130	N2044 Y-150
N1989 Y150	N2045 Y-170

N2046 Y-190	N2102 X-130
N2047 Y-210	N2103 Y210
N2048 X-30	N2104 Y190
N2049 Y-190	N2105 Y170
N2050 Y-170	N2106 Y150
N2051 Y-150	N2107 Y130
N2052 Y-130	N2108 Y110
N2053 Y-110	N2109 Y90
N2054 Y-90	N2110 Y70
N2055 Y-70	N2111 Y50
N2056 X-70	N2112 Y30
N2057 Y-50	N2113 Y10
N2058 Y-30	N2114 Y-10
N2059 X-50	N2115 X-110
N2060 Y-10	N2116 Y-30
N2061 Y10	N2117 X-90
N2062 Y30	N2118 Y-50
N2063 Y50	N2119 X-110
N2064 X-70	N2120 Y-70
N2065 Y70	N2121 Y-90
N2066 Y90	N2122 Y-110
N2067 Y110	N2123 Y-130
N2068 Y130	N2124 Y-150
N2069 Y150	N2125 Y-170
N2070 Y170	N2126 Y-190
N2071 Y190	N2127 Y-210
N2072 Y210	N2128 X-130
N2073 Y230	N2129 Y-190
N2074 X-90	N2130 Y-170
N2075 Y210	N2131 Y-150
N2076 Y190	N2132 Y-130
N2077 Y170	N2133 Y-110
N2078 Y150	N2134 Y-90
N2079 Y130	N2135 Y-70
N2080 Y110	N2136 Y-50
N2081 Y90	N2137 Y-30
N2082 Y70	N2138 X-150
N2083 Y50	N2139 Y-50
N2084 Y30	N2140 Y-70
N2085 X-70	N2141 Y-90
N2086 Y10	N2142 Y-110
N2087 Y-10	N2143 Y-130
N2088 X-90	N2144 Y-150
N2089 Y10	N2145 Y-170
N2090 X-110	N2146 Y-190
N2091 Y30	N2147 Y-210
N2092 Y50	N2148 X-170
N2093 Y70	N2149 Y-190
N2094 Y90	N2150 Y-170
N2095 Y110	N2151 Y-150
N2096 Y130	N2152 Y-130
N2097 Y150	N2153 Y-110
N2098 Y170	N2154 Y-90
N2099 Y190	N2155 Y-70
N2100 Y210	N2156 Y-50
N2101 Y230	N2157 Y-30

N2158 Y-10	N2214 Y-110
N2159 X-150	N2215 Y-130
N2160 Y10	N2216 Y-150
N2161 Y30	N2217 Y-170
N2162 Y50	N2218 Y-190
N2163 Y70	N2219 Y-210
N2164 Y90	N2220 X-210
N2165 Y110	N2221 Y-190
N2166 Y130	N2222 Y-170
N2167 Y150	N2223 Y-150
N2168 Y170	N2224 Y-130
N2169 Y190	N2225 Y-110
N2170 Y210	N2226 Y-90
N2171 Y230	N2227 Y-70
N2172 X-170	N2228 Y-50
N2173 Y210	N2229 Y-30
N2174 Y190	N2230 X-230
N2175 Y170	N2231 Y-50
N2176 Y150	N2232 Y-70
N2177 Y130	N2233 Y-90
N2178 Y110	N2234 Y-110
N2179 Y90	N2235 Y-130
N2180 Y70	N2236 Y-150
N2181 Y50	N2237 Y-170
N2182 Y30	N2238 Y-190
N2183 Y10	N2239 Y-210
N2184 X-190	N2240 X-250
N2185 Y30	N2241 Y-190
N2186 Y50	N2242 Y-170
N2187 Y70	N2243 Y-150
N2188 Y90	N2244 Y-130
N2189 Y110	N2245 Y-110
N2190 Y130	N2246 Y-90
N2191 Y150	N2247 Y-70
N2192 Y170	N2248 Y-50
N2193 Y190	N2249 Y-30
N2194 Y210	N2250 Y-10
N2195 Y230	N2251 X-230
N2196 X-210	N2252 Y10
N2197 Y210	N2253 Y30
N2198 Y190	N2254 Y50
N2199 Y170	N2255 Y70
N2200 Y150	N2256 Y90
N2201 Y130	N2257 Y110
N2202 Y110	N2258 Y130
N2203 Y90	N2259 Y150
N2204 Y70	N2260 Y170
N2205 Y50	N2261 Y190
N2206 Y30	N2262 Y210
N2207 Y10	N2263 Y230
N2208 Y-10	N2264 X-250
N2209 X-190	N2265 Y210
N2210 Y-30	N2266 Y190
N2211 Y-50	N2267 Y170
N2212 Y-70	N2268 Y150
N2213 Y-90	N2269 Y130

N2270 Y110	N2326 Y-110
N2271 Y90	N2327 Y-130
N2272 Y70	N2328 Y-150
N2273 Y50	N2329 Y-170
N2274 Y30	N2330 Y-190
N2275 Y10	N2331 Y-210
N2276 X-270	N2332 X-330
N2277 Y30	N2333 Y-190
N2278 Y50	N2334 Y-170
N2279 Y70	N2335 Y-150
N2280 Y90	N2336 Y-130
N2281 Y110	N2337 Y-110
N2282 Y130	N2338 Y-90
N2283 Y150	N2339 Y-70
N2284 Y170	N2340 Y-50
N2285 Y190	N2341 Y-30
N2286 Y210	N2342 Y-10
N2287 Y230	N2343 X-310
N2288 X-290	N2344 Y10
N2289 Y210	N2345 Y30
N2290 Y190	N2346 Y50
N2291 Y170	N2347 Y70
N2292 Y150	N2348 Y90
N2293 Y130	N2349 Y110
N2294 Y110	N2350 Y130
N2295 Y90	N2351 Y150
N2296 Y70	N2352 Y170
N2297 Y50	N2353 Y190
N2298 Y30	N2354 Y210
N2299 Y10	N2355 Y230
N2300 Y-10	N2356 X-330
N2301 X-270	N2357 Y210
N2302 Y-30	N2358 Y190
N2303 Y-50	N2359 Y170
N2304 Y-70	N2360 Y150
N2305 Y-90	N2361 Y130
N2306 Y-110	N2362 Y110
N2307 Y-130	N2363 Y90
N2308 Y-150	N2364 Y70
N2309 Y-170	N2365 Y50
N2310 Y-190	N2366 Y30
N2311 Y-210	N2367 Y10
N2312 X-290	N2368 X-350
N2313 Y-190	N2369 Y30
N2314 Y-170	N2370 Y50
N2315 Y-150	N2371 Y70
N2316 Y-130	N2372 Y90
N2317 Y-110	N2373 Y110
N2318 Y-90	N2374 Y130
N2319 Y-70	N2375 Y150
N2320 Y-50	N2376 Y170
N2321 Y-30	N2377 Y190
N2322 X-310	N2378 Y210
N2323 Y-50	N2379 Y230
N2324 Y-70	N2380 Y-10
N2325 Y-90	N2381 Y-30

N2382 Y-50	(TAPPING)
N2383 Y-70	N2435 G0 X-350 Y-230 M9
N2384 Y-90	N2436 G56 H6
N2385 Y-110	N2437 Z200
N2386 Y-130	N2438 Z20
N2387 Y-150	N2439 M8
N2388 Y-170	N2440 G71 Z20
N2389 Y-190	N2441 G284 Z-12.7 R2 F700 M53
N2390 Y-210	N2442 X-330
N2391 X-90	N2443 X-310
N2392 Y-190	N2444 X-290
N2393 X-70	N2445 X-270
N2394 Y-170	N2446 X-250
N2395 Y-150	N2447 X-230
N2396 X-90	N2448 X-210
N2397 Y-130	N2449 X-190
N2398 Y-110	N2450 X-170
N2399 Y-90	N2451 X-150
N2400 X-70	N2452 X-130
N2401 Y-110	N2453 X-110
N2402 Y-130	N2454 X-90
N2403 X-90 Y-170	N2455 X-70
N2404 X-70 Y-210	N2456 X-50
N2405 X10	N2457 X-30
N2406 Y-190	N2458 X-10
N2407 Y-170	N2459 Y-210
N2408 Y-150	N2460 Y-190
N2409 Y-130	N2461 Y-170
N2410 Y-110	N2462 Y-150
N2411 Y-90	N2463 Y-130
N2412 X30	N2464 Y-110
N2413 Y-70	N2465 Y-90
N2414 Y-50	N2466 Y-70
N2415 X10	N2467 Y-50
N2416 Y-70	N2468 Y-30
N2417 X50 Y-130	N2469 X10
N2418 Y-150	N2470 X30
N2419 Y-170	N2471 Y-10
N2420 X30 Y-210	N2472 Y10
N2421 Y-230	N2473 Y30
N2422 X10	N2474 Y50
N2423 X-90 Y-70	N2475 Y70
N2424 X10 Y130	N2476 Y90
N2425 Y150	N2477 Y110
N2426 Y170	N2478 Y130
N2427 Y190	N2479 Y150
N2428 Y210	N2480 Y170
N2429 G80	N2481 Y190
N2430 G0 Z50	N2482 Y210
N2431 Z150 M5 M9	N2483 Y230
N2432 Z500	N2484 X50
(TAP M6 P1)	N2485 Y210
N2433 T6 M6	N2486 Y190
N2434 S700 M3	N2487 Y170
	N2488 Y150
	N2489 Y130

N2490 Y110	N2546 Y-10
N2491 Y90	N2547 Y-30
N2492 Y70	N2548 Y-50
N2493 Y50	N2549 Y-70
N2494 Y30	N2550 Y-90
N2495 Y10	N2551 Y-110
N2496 Y-10	N2552 Y-130
N2497 Y-30	N2553 Y-150
N2498 Y-50	N2554 Y-170
N2499 Y-70	N2555 Y-190
N2500 Y-90	N2556 Y-210
N2501 Y-110	N2557 Y-230
N2502 X30	N2558 X110
N2503 Y-130	N2559 Y-210
N2504 Y-150	N2560 Y-190
N2505 Y-170	N2561 Y-170
N2506 Y-190	N2562 Y-150
N2507 X50	N2563 Y-130
N2508 Y-210	N2564 Y-110
N2509 Y-230	N2565 Y-90
N2510 X70	N2566 Y-70
N2511 Y-210	N2567 Y-50
N2512 Y-190	N2568 Y-30
N2513 Y-170	N2569 Y-10
N2514 Y-150	N2570 Y10
N2515 Y-130	N2571 Y30
N2516 Y-110	N2572 Y50
N2517 Y-90	N2573 Y70
N2518 Y-70	N2574 Y90
N2519 Y-50	N2575 Y110
N2520 Y-30	N2576 Y130
N2521 Y-10	N2577 Y150
N2522 Y10	N2578 Y170
N2523 Y30	N2579 Y190
N2524 Y50	N2580 Y210
N2525 Y70	N2581 Y230
N2526 Y90	N2582 X130
N2527 Y110	N2583 Y210
N2528 Y130	N2584 Y190
N2529 Y150	N2585 Y170
N2530 Y170	N2586 Y150
N2531 Y190	N2587 Y130
N2532 Y210	N2588 Y110
N2533 Y230	N2589 Y90
N2534 X90	N2590 Y70
N2535 Y210	N2591 Y50
N2536 Y190	N2592 Y30
N2537 Y170	N2593 Y10
N2538 Y150	N2594 Y-10
N2539 Y130	N2595 Y-30
N2540 Y110	N2596 Y-50
N2541 Y90	N2597 Y-70
N2542 Y70	N2598 Y-90
N2543 Y50	N2599 Y-110
N2544 Y30	N2600 Y-130
N2545 Y10	N2601 Y-150

N2602 Y-170	N2658 Y-150
N2603 Y-190	N2659 Y-130
N2604 Y-210	N2660 Y-110
N2605 Y-230	N2661 Y-90
N2606 X150	N2662 Y-70
N2607 Y-210	N2663 Y-50
N2608 Y-190	N2664 Y-30
N2609 Y-170	N2665 Y-10
N2610 Y-150	N2666 Y10
N2611 Y-130	N2667 Y30
N2612 Y-110	N2668 Y50
N2613 Y-90	N2669 Y70
N2614 Y-70	N2670 Y90
N2615 Y-50	N2671 Y110
N2616 Y-30	N2672 Y130
N2617 Y-10	N2673 Y150
N2618 Y10	N2674 Y170
N2619 Y30	N2675 Y190
N2620 Y50	N2676 Y210
N2621 Y70	N2677 Y230
N2622 Y90	N2678 X210
N2623 Y110	N2679 Y210
N2624 Y130	N2680 Y190
N2625 Y150	N2681 Y170
N2626 Y170	N2682 Y150
N2627 Y190	N2683 Y130
N2628 Y210	N2684 Y110
N2629 Y230	N2685 Y90
N2630 X170	N2686 Y70
N2631 Y210	N2687 Y50
N2632 Y190	N2688 Y30
N2633 Y170	N2689 Y10
N2634 Y150	N2690 Y-10
N2635 Y130	N2691 Y-30
N2636 Y110	N2692 Y-50
N2637 Y90	N2693 Y-70
N2638 Y70	N2694 Y-90
N2639 Y50	N2695 Y-110
N2640 Y30	N2696 Y-130
N2641 Y10	N2697 Y-150
N2642 Y-10	N2698 Y-170
N2643 Y-30	N2699 Y-190
N2644 Y-50	N2700 Y-210
N2645 Y-70	N2701 Y-230
N2646 Y-90	N2702 X230
N2647 Y-110	N2703 Y-210
N2648 Y-130	N2704 Y-190
N2649 Y-150	N2705 Y-170
N2650 Y-170	N2706 Y-150
N2651 Y-190	N2707 Y-130
N2652 Y-210	N2708 Y-110
N2653 Y-230	N2709 Y-90
N2654 X190	N2710 Y-70
N2655 Y-210	N2711 Y-50
N2656 Y-190	N2712 Y-30
N2657 Y-170	N2713 Y-10

N2714 Y10	N2770 Y170
N2715 Y30	N2771 Y190
N2716 Y50	N2772 Y210
N2717 Y70	N2773 Y230
N2718 Y90	N2774 X290
N2719 Y110	N2775 Y210
N2720 Y130	N2776 Y190
N2721 Y150	N2777 Y170
N2722 Y170	N2778 Y150
N2723 Y190	N2779 Y130
N2724 Y210	N2780 Y110
N2725 Y230	N2781 Y90
N2726 X250	N2782 Y70
N2727 Y210	N2783 Y50
N2728 Y190	N2784 Y30
N2729 Y170	N2785 Y10
N2730 Y150	N2786 Y-10
N2731 Y130	N2787 Y-30
N2732 Y110	N2788 Y-50
N2733 Y90	N2789 Y-70
N2734 Y70	N2790 Y-90
N2735 Y50	N2791 Y-110
N2736 Y30	N2792 Y-130
N2737 Y10	N2793 Y-150
N2738 Y-10	N2794 Y-170
N2739 Y-30	N2795 Y-190
N2740 Y-50	N2796 Y-210
N2741 Y-70	N2797 Y-230
N2742 Y-90	N2798 X310
N2743 Y-110	N2799 Y-210
N2744 Y-130	N2800 Y-190
N2745 Y-150	N2801 Y-170
N2746 Y-170	N2802 Y-150
N2747 Y-190	N2803 Y-130
N2748 Y-210	N2804 Y-110
N2749 Y-230	N2805 Y-90
N2750 X270	N2806 Y-70
N2751 Y-210	N2807 Y-50
N2752 Y-190	N2808 Y-30
N2753 Y-170	N2809 Y-10
N2754 Y-150	N2810 Y10
N2755 Y-130	N2811 Y30
N2756 Y-110	N2812 Y50
N2757 Y-90	N2813 Y70
N2758 Y-70	N2814 Y90
N2759 Y-50	N2815 Y110
N2760 Y-30	N2816 Y130
N2761 Y-10	N2817 Y150
N2762 Y10	N2818 Y170
N2763 Y30	N2819 Y190
N2764 Y50	N2820 Y210
N2765 Y70	N2821 Y230
N2766 Y90	N2822 X330
N2767 Y110	N2823 Y210
N2768 Y130	N2824 Y190
N2769 Y150	N2825 Y170

N2826 Y150	N2882 Y30
N2827 Y130	N2883 Y10
N2828 Y110	N2884 Y-10
N2829 Y90	N2885 X-10
N2830 Y70	N2886 Y10
N2831 Y50	N2887 Y30
N2832 Y30	N2888 Y50
N2833 Y10	N2889 Y70
N2834 Y-10	N2890 Y90
N2835 Y-30	N2891 X-30
N2836 Y-50	N2892 Y110
N2837 Y-70	N2893 Y130
N2838 Y-90	N2894 Y150
N2839 Y-110	N2895 Y170
N2840 Y-130	N2896 Y190
N2841 Y-150	N2897 Y210
N2842 Y-170	N2898 Y230
N2843 Y-190	N2899 X-50
N2844 Y-210	N2900 Y210
N2845 Y-230	N2901 Y190
N2846 X350	N2902 Y170
N2847 Y-210	N2903 Y150
N2848 Y-190	N2904 Y130
N2849 Y-170	N2905 Y110
N2850 Y-150	N2906 Y90
N2851 Y-130	N2907 Y70
N2852 Y-110	N2908 X-30
N2853 Y-90	N2909 Y50
N2854 Y-70	N2910 Y30
N2855 Y-50	N2911 Y10
N2856 Y-30	N2912 Y-10
N2857 Y-10	N2913 Y-30
N2858 Y10	N2914 Y-50
N2859 Y30	N2915 X-50
N2860 Y50	N2916 Y-70
N2861 Y70	N2917 Y-90
N2862 Y90	N2918 Y-110
N2863 Y110	N2919 Y-130
N2864 Y130	N2920 Y-150
N2865 Y150	N2921 Y-170
N2866 Y170	N2922 Y-190
N2867 Y190	N2923 Y-210
N2868 Y210	N2924 X-30
N2869 Y230	N2925 Y-190
N2870 X10	N2926 Y-170
N2871 X-10	N2927 Y-150
N2872 Y210	N2928 Y-130
N2873 Y190	N2929 Y-110
N2874 Y170	N2930 Y-90
N2875 Y150	N2931 Y-70
N2876 Y130	N2932 X-70
N2877 Y110	N2933 Y-50
N2878 X10	N2934 Y-30
N2879 Y90	N2935 X-50
N2880 Y70	N2936 Y-10
N2881 Y50	N2937 Y10

N2938 Y30	N2994 Y-50
N2939 Y50	N2995 X-110
N2940 X-70	N2996 Y-70
N2941 Y70	N2997 Y-90
N2942 Y90	N2998 Y-110
N2943 Y110	N2999 Y-130
N2944 Y130	N3000 Y-150
N2945 Y150	N3001 Y-170
N2946 Y170	N3002 Y-190
N2947 Y190	N3003 Y-210
N2948 Y210	N3004 X-130
N2949 Y230	N3005 Y-190
N2950 X-90	N3006 Y-170
N2951 Y210	N3007 Y-150
N2952 Y190	N3008 Y-130
N2953 Y170	N3009 Y-110
N2954 Y150	N3010 Y-90
N2955 Y130	N3011 Y-70
N2956 Y110	N3012 Y-50
N2957 Y90	N3013 Y-30
N2958 Y70	N3014 X-150
N2959 Y50	N3015 Y-50
N2960 Y30	N3016 Y-70
N2961 X-70	N3017 Y-90
N2962 Y10	N3018 Y-110
N2963 Y-10	N3019 Y-130
N2964 X-90	N3020 Y-150
N2965 Y10	N3021 Y-170
N2966 X-110	N3022 Y-190
N2967 Y30	N3023 Y-210
N2968 Y50	N3024 X-170
N2969 Y70	N3025 Y-190
N2970 Y90	N3026 Y-170
N2971 Y110	N3027 Y-150
N2972 Y130	N3028 Y-130
N2973 Y150	N3029 Y-110
N2974 Y170	N3030 Y-90
N2975 Y190	N3031 Y-70
N2976 Y210	N3032 Y-50
N2977 Y230	N3033 Y-30
N2978 X-130	N3034 Y-10
N2979 Y210	N3035 X-150
N2980 Y190	N3036 Y10
N2981 Y170	N3037 Y30
N2982 Y150	N3038 Y50
N2983 Y130	N3039 Y70
N2984 Y110	N3040 Y90
N2985 Y90	N3041 Y110
N2986 Y70	N3042 Y130
N2987 Y50	N3043 Y150
N2988 Y30	N3044 Y170
N2989 Y10	N3045 Y190
N2990 Y-10	N3046 Y210
N2991 X-110	N3047 Y230
N2992 Y-30	N3048 X-170
N2993 X-90	N3049 Y210

N3050 Y190	N3106 X-230
N3051 Y170	N3107 Y-50
N3052 Y150	N3108 Y-70
N3053 Y130	N3109 Y-90
N3054 Y110	N3110 Y-110
N3055 Y90	N3111 Y-130
N3056 Y70	N3112 Y-150
N3057 Y50	N3113 Y-170
N3058 Y30	N3114 Y-190
N3059 Y10	N3115 Y-210
N3060 X-190	N3116 X-250
N3061 Y30	N3117 Y-190
N3062 Y50	N3118 Y-170
N3063 Y70	N3119 Y-150
N3064 Y90	N3120 Y-130
N3065 Y110	N3121 Y-110
N3066 Y130	N3122 Y-90
N3067 Y150	N3123 Y-70
N3068 Y170	N3124 Y-50
N3069 Y190	N3125 Y-30
N3070 Y210	N3126 Y-10
N3071 Y230	N3127 X-230
N3072 X-210	N3128 Y10
N3073 Y210	N3129 Y30
N3074 Y190	N3130 Y50
N3075 Y170	N3131 Y70
N3076 Y150	N3132 Y90
N3077 Y130	N3133 Y110
N3078 Y110	N3134 Y130
N3079 Y90	N3135 Y150
N3080 Y70	N3136 Y170
N3081 Y50	N3137 Y190
N3082 Y30	N3138 Y210
N3083 Y10	N3139 Y230
N3084 Y-10	N3140 X-250
N3085 X-190	N3141 Y210
N3086 Y-30	N3142 Y190
N3087 Y-50	N3143 Y170
N3088 Y-70	N3144 Y150
N3089 Y-90	N3145 Y130
N3090 Y-110	N3146 Y110
N3091 Y-130	N3147 Y90
N3092 Y-150	N3148 Y70
N3093 Y-170	N3149 Y50
N3094 Y-190	N3150 Y30
N3095 Y-210	N3151 Y10
N3096 X-210	N3152 X-270
N3097 Y-190	N3153 Y30
N3098 Y-170	N3154 Y50
N3099 Y-150	N3155 Y70
N3100 Y-130	N3156 Y90
N3101 Y-110	N3157 Y110
N3102 Y-90	N3158 Y130
N3103 Y-70	N3159 Y150
N3104 Y-50	N3160 Y170
N3105 Y-30	N3161 Y190

N3162 Y210	N3218 Y-10
N3163 Y230	N3219 X-310
N3164 X-290	N3220 Y10
N3165 Y210	N3221 Y30
N3166 Y190	N3222 Y50
N3167 Y170	N3223 Y70
N3168 Y150	N3224 Y90
N3169 Y130	N3225 Y110
N3170 Y110	N3226 Y130
N3171 Y90	N3227 Y150
N3172 Y70	N3228 Y170
N3173 Y50	N3229 Y190
N3174 Y30	N3230 Y210
N3175 Y10	N3231 Y230
N3176 Y-10	N3232 X-330
N3177 X-270	N3233 Y210
N3178 Y-30	N3234 Y190
N3179 Y-50	N3235 Y170
N3180 Y-70	N3236 Y150
N3181 Y-90	N3237 Y130
N3182 Y-110	N3238 Y110
N3183 Y-130	N3239 Y90
N3184 Y-150	N3240 Y70
N3185 Y-170	N3241 Y50
N3186 Y-190	N3242 Y30
N3187 Y-210	N3243 Y10
N3188 X-290	N3244 X-350
N3189 Y-190	N3245 Y30
N3190 Y-170	N3246 Y50
N3191 Y-150	N3247 Y70
N3192 Y-130	N3248 Y90
N3193 Y-110	N3249 Y110
N3194 Y-90	N3250 Y130
N3195 Y-70	N3251 Y150
N3196 Y-50	N3252 Y170
N3197 Y-30	N3253 Y190
N3198 X-310	N3254 Y210
N3199 Y-50	N3255 Y230
N3200 Y-70	N3256 Y-10
N3201 Y-90	N3257 Y-30
N3202 Y-110	N3258 Y-50
N3203 Y-130	N3259 Y-70
N3204 Y-150	N3260 Y-90
N3205 Y-170	N3261 Y-110
N3206 Y-190	N3262 Y-130
N3207 Y-210	N3263 Y-150
N3208 X-330	N3264 Y-170
N3209 Y-190	N3265 Y-190
N3210 Y-170	N3266 Y-210
N3211 Y-150	N3267 X-90
N3212 Y-130	N3268 Y-190
N3213 Y-110	N3269 X-70
N3214 Y-90	N3270 Y-170
N3215 Y-70	N3271 Y-150
N3216 Y-50	N3272 X-90
N3217 Y-30	N3273 Y-130

N3274 Y-110	N3292 Y-70
N3275 Y-90	N3293 X50 Y-130
N3276 X-70	N3294 Y-150
N3277 Y-110	N3295 Y-170
N3278 Y-130	N3296 X30 Y-210
N3279 X-90 Y-170	N3297 Y-230
N3280 X-70 Y-210	N3298 X10
N3281 X10	N3299 X-90 Y-70
N3282 Y-190	N3300 X10 Y130
N3283 Y-170	N3301 Y150
N3284 Y-150	N3302 Y170
N3285 Y-130	N3303 Y190
N3286 Y-110	N3304 Y210
N3287 Y-90	N3305 G80
N3288 X30	N3306 G0 Z50
N3289 Y-70	N3307 Z50 M5 M9
N3290 Y-50	N3308 Z500 Y200
N3291 X10	N3309 M2

G κώδικας της πλάκας συγκράτησης

Δεύτερη φάση (Χαρακτική)	
N1 G15 H5	N32 Y-43.335
N2 (T6 M6)	N33 X364.955 Y-39.723
N3 S7000 M3	N34 X375
	N35 Y-38.136
	N36 X363
(ENGRAVING)	N37 Y-40.349
N4 G0 G40 X363 Y-48.761 D6	N38 G3 X373.272 Y-43.987 R498.39
N5 G56 H6	N39 G3 X363 Y-47.523 R549.672
N6 Z200	N40 G1 Y-48.761
N7 Z1	N41 G0 Z1
N8 Z.05 M8	N42 X370.672 Y-34.995
N9 G1 Z-.15 F50	N43 Z.05
N10 Y-50 F500	N44 G1 Z-.15 F50
N11 X375	N45 G3 X371.438 Y-35.768 R3.181 F500
N12 Y-48.413	N46 G3 X373.564 Y-36.052 R2.299
N13 X364.784	N47 G3 X375.191 Y-34.02 R2.519
N14 X375 Y-44.817	N48 G3 X374.911 Y-31.433 R5.468
N15 Y-43.335	N49 G3 X373.929 Y-29.802 R5.737
N16 X364.955 Y-39.723	N50 G3 X375 Y-29.496 R3.002
N17 X375	N51 G1 Y-27.903
N18 Y-38.136	N52 G2 X374.074 Y-28.246 R2.963
N19 X363	N53 G2 X373.092 Y-28.359 R6.775
N20 Y-40.349	N54 G2 X371.78 Y-28.386 R32.24
N21 G3 G17 X373.272 Y-43.987 R498.39	N55 G1 X370.468 Y-28.387
N22 G3 X363 Y-47.523 R549.672	N56 G2 X369.249 Y-28.364 R32.932
N23 G1 Y-48.761	N57 G3 X368.035 Y-28.463 R5.167
N24 G0 Z1	N58 G3 X366.73 Y-29.361 R2.101
N25 Z0	N59 G3 X366.173 Y-30.845 R3.593
N26 G1 Z-.2 F50	N60 G3 X366.155 Y-33.2 R9.181
N27 Y-50 F500	N61 G3 X367.295 Y-35.261 R3.14
N28 X375	N62 G3 X368.787 Y-35.932 R3.494
N29 Y-48.413	N63 G1 X368.983 Y-34.441
N30 X364.784	N64 G2 X368.282 Y-34.179 R3.927
N31 X375 Y-44.817	N65 G2 X367.707 Y-33.7 R1.557

N66 G2 X367.4 Y-32.964 R1.697	N122 G3 X370.638 Y-29.929 R11.617
N67 G2 X367.332 Y-32.169 R5.473	N123 G2 X372.652 Y-30.174 R4.678
N68 G2 X367.398 Y-31.304 R4.897	N124 G2 X373.964 Y-31.71 R2.61
N69 G2 X367.719 Y-30.497 R2.049	N125 G2 X373.877 Y-33.729 R2.923
N70 G2 X368.528 Y-29.985 R1.188	N126 G2 X372.691 Y-34.533 R1.309
N71 G2 X369.483 Y-29.929 R5.297	N127 G2 X371.488 Y-33.754 R1.285
N72 G2 X370.211 Y-34.009 R29.388	N128 G2 X371.304 Y-33.096 R6.18
N73 G3 X370.672 Y-34.995 R3.181	N129 G0 Z1
N74 G0 Z1	N130 X366.536 Y-21.129
N75 Z0	N131 Z.05
N76 G1 Z-.2 F50	N132 G1 Z-.15 F50
N77 G3 X371.438 Y-35.768 R3.181 F500	N133 G3 X366.145 Y-22.207 R2.956 F500
N78 G3 X373.564 Y-36.052 R2.299	N134 G3 X366.484 Y-24.431 R3.764
N79 G3 X375.191 Y-34.02 R2.519	N135 G3 X368.376 Y-26.152 R3.463
N80 G3 X374.911 Y-31.433 R5.468	N136 G3 X370.901 Y-26.567 R6.536
N81 G3 X373.929 Y-29.802 R5.737	N137 G3 X374.736 Y-24.47 R4.864
N82 G3 X375 Y-29.496 R3.002	N138 G3 X373.904 Y-20.179 R3.058
N83 G1 Y-27.903	N139 G1 X375
N84 G2 X374.074 Y-28.246 R2.963	N140 Y-18.761
N85 G2 X373.092 Y-28.359 R6.775	N141 X363
N86 G2 X371.78 Y-28.386 R32.24	N142 Y-20.281
N87 G1 X370.468 Y-28.387	N143 X367.307
N88 G2 X369.249 Y-28.364 R32.932	N144 G3 X366.536 Y-21.129 R2.956
N89 G3 X368.035 Y-28.463 R5.167	N145 G0 Z1
N90 G3 X366.73 Y-29.361 R2.101	N146 Z0
N91 G3 X366.173 Y-30.845 R3.593	N147 G1 Z-.2 F50
N92 G3 X366.155 Y-33.2 R9.181	N148 G3 X366.145 Y-22.207 R2.956 F500
N93 G3 X367.295 Y-35.261 R3.14	N149 G3 X366.484 Y-24.431 R3.764
N94 G3 X368.787 Y-35.932 R3.494	N150 G3 X368.376 Y-26.152 R3.463
N95 G1 X368.983 Y-34.441	N151 G3 X370.901 Y-26.567 R6.536
N96 G2 X368.282 Y-34.179 R3.927	N152 G3 X374.736 Y-24.47 R4.864
N97 G2 X367.707 Y-33.7 R1.557	N153 G3 X373.904 Y-20.179 R3.058
N98 G2 X367.4 Y-32.964 R1.697	N154 G1 X375
N99 G2 X367.332 Y-32.169 R5.473	N155 Y-18.761
N100 G2 X367.398 Y-31.304 R4.897	N156 X363
N101 G2 X367.719 Y-30.497 R2.049	N157 Y-20.281
N102 G2 X368.528 Y-29.985 R1.188	N158 X367.307
N103 G2 X369.483 Y-29.929 R5.297	N159 G3 X366.536 Y-21.129 R2.956
N104 G2 X370.211 Y-34.009 R29.388	N160 G0 Z1
N105 G3 X370.672 Y-34.995 R3.181	N161 X368.695 Y-20.519
N106 G0 Z1	N162 Z.05
N107 X371.304 Y-33.096	N163 G1 Z-.15 F50
N108 Z.05	N164 G2 X369.292 Y-20.31 R2.594 F500
N109 G1 Z-.15 F50	N165 G2 X370.538 Y-20.157 R6.79
N110 G2 X371.193 Y-32.422 R6.18 F500	N166 G2 X371.879 Y-20.241 R7.344
N111 G3 X370.638 Y-29.929 R11.617	N167 G2 X373.109 Y-20.781 R2.615
N112 G2 X372.652 Y-30.174 R4.678	N168 G2 X373.949 Y-22.516 R2.231
N113 G2 X373.964 Y-31.71 R2.61	N169 G2 X373.158 Y-24.275 R2.331
N114 G2 X373.877 Y-33.729 R2.923	N170 G2 X371.925 Y-24.881 R2.597
N115 G2 X372.691 Y-34.533 R1.309	N171 G2 X370.556 Y-25.003 R6.823
N116 G2 X371.488 Y-33.754 R1.285	N172 G2 X369.255 Y-24.864 R6.979
N117 G2 X371.304 Y-33.096 R6.18	N173 G2 X368.085 Y-24.278 R2.51
N118 G0 Z1	N174 G2 X367.348 Y-22.554 R2.205
N119 Z0	N175 G2 X368.167 Y-20.866 R2.32
N120 G1 Z-.2 F50	N176 G2 X368.695 Y-20.519 R2.594
N121 G2 X371.193 Y-32.422 R6.18 F500	N177 G0 Z1

N178 Z0	N234 G1 Y-8.579
N179 G1 Z-.2 F50	N235 G3 X370.109 Y-8.599 R7.919
N180 G2 X369.292 Y-20.31 R2.594 F500	N236 G0 Z1
N181 G2 X370.538 Y-20.157 R6.79	N237 X368.913 Y-14.994
N182 G2 X371.879 Y-20.241 R7.344	N238 Z.05
N183 G2 X373.109 Y-20.781 R2.615	N239 G1 Z-.15 F50
N184 G2 X373.949 Y-22.516 R2.231	N240 G2 X368.127 Y-14.495 R2.811 F500
N185 G2 X373.158 Y-24.275 R2.331	N241 G2 X367.328 Y-12.842 R2.424
N186 G2 X371.925 Y-24.881 R2.597	N242 G2 X368.034 Y-11.007 R2.365
N187 G2 X370.556 Y-25.003 R6.823	N243 G2 X369.818 Y-10.182 R2.931
N188 G2 X369.255 Y-24.864 R6.979	N244 G1 Y-15.209
N189 G2 X368.085 Y-24.278 R2.51	N245 G2 X368.913 Y-14.994 R2.811
N190 G2 X367.348 Y-22.554 R2.205	N246 G0 Z1
N191 G2 X368.167 Y-20.866 R2.32	N247 Z0
N192 G2 X368.695 Y-20.519 R2.594	N248 G1 Z-.2 F50
N193 G0 Z1	N249 G2 X368.127 Y-14.495 R2.811 F500
N194 X370.109 Y-8.599	N250 G2 X367.328 Y-12.842 R2.424
N195 Z.05	N251 G2 X368.034 Y-11.007 R2.365
N196 G1 Z-.15 F50	N252 G2 X369.818 Y-10.182 R2.931
N197 G3 X369.196 Y-8.727 R7.919 F500	N253 G1 Y-15.209
N198 G3 X367.529 Y-9.509 R3.833	N254 G2 X368.913 Y-14.994 R2.811
N199 G3 X366.555 Y-10.72 R3.707	N255 G0 Z1
N200 G3 X366.129 Y-12.214 R4.13	N256 X366.306 Y-1.11
N201 G3 X366.993 Y-15.204 R4.308	N257 Z.05
N202 G3 X369.668 Y-16.795 R4.161	N258 G1 Z-.15 F50
N203 G3 X372.948 Y-16.366 R5.914	N259 Y-1.873 F500
N204 G3 X375.063 Y-13.822 R3.697	N260 X375
N205 G3 X374.768 Y-10.685 R4.96	N261 Y-.347
N206 G3 X372.388 Y-8.621 R3.703	N262 X366.306
N207 G1 X372.2 Y-10.198	N263 Y-1.11
N208 G2 X373.56 Y-11.139 R2.843	N264 G0 Z1
N209 G2 X374.007 Y-12.471 R2.421	N265 Z0
N210 G2 X373.687 Y-13.838 R2.742	N266 G1 Z-.2 F50
N211 G2 X372.549 Y-14.914 R2.453	N267 Y-1.873 F500
N212 G2 X371.031 Y-15.295 R4.226	N268 X375
N213 G1 Y-8.579	N269 Y-.347
N214 G3 X370.109 Y-8.599 R7.919	N270 X366.306
N215 G0 Z1	N271 Y-1.11
N216 Z0	N272 G0 Z1
N217 G1 Z-.2 F50	N273 X363
N218 G3 X369.196 Y-8.727 R7.919 F500	N274 Z.05
N219 G3 X367.529 Y-9.509 R3.833	N275 G1 Z-.15 F50
N220 G3 X366.555 Y-10.72 R3.707	N276 Y-1.873 F500
N221 G3 X366.129 Y-12.214 R4.13	N277 X364.695
N222 G3 X366.993 Y-15.204 R4.308	N278 Y-.347
N223 G3 X369.668 Y-16.795 R4.161	N279 X363
N224 G3 X372.948 Y-16.366 R5.914	N280 Y-1.11
N225 G3 X375.063 Y-13.822 R3.697	N281 G0 Z1
N226 G3 X374.768 Y-10.685 R4.96	N282 Z0
N227 G3 X372.388 Y-8.621 R3.703	N283 G1 Z-.2 F50
N228 G1 X372.2 Y-10.198	N284 Y-1.873 F500
N229 G2 X373.56 Y-11.139 R2.843	N285 X364.695
N230 G2 X374.007 Y-12.471 R2.421	N286 Y-.347
N231 G2 X373.687 Y-13.838 R2.742	N287 X363
N232 G2 X372.549 Y-14.914 R2.453	N288 Y-1.11
N233 G2 X371.031 Y-15.295 R4.226	N289 G0 Z1

N290 X366.306 Y2.662	N346 Y19.499 F500
N291 Z.05	N347 X375
N292 G1 Z-.15 F50	N348 Y21.143
N293 Y1.975 F500	N349 X364.415
N294 X375	N350 Y25.254
N295 Y3.501	N351 X363
N296 X371.111	N352 Y15.403
N297 G3 X370.194 Y3.499 R194.336	N353 X364.415
N298 G2 X369.28 Y3.576 R5.18	N354 Y17.451
N299 G2 X368.655 Y3.746 R3.482	N355 G0 Z1
N300 G2 X368.104 Y4.086 R1.678	N356 Z0
N301 G2 X367.529 Y4.985 R2.123	N357 G1 Z-.2 F50
N302 G2 X367.391 Y6.043 R2.885	N358 Y19.499 F500
N303 G2 X367.653 Y6.958 R2.159	N359 X375
N304 G2 X368.366 Y7.587 R1.399	N360 Y21.143
N305 G2 X369.903 Y7.826 R3.389	N361 X364.415
N306 G3 X371.457 Y7.765 R20.033	N362 Y25.254
N307 G1 X375	N363 X363
N308 Y9.292	N364 Y15.403
N309 G3 X368.222 Y9.209 R58.869	N365 X364.415
N310 G3 X366.796 Y8.318 R2.502	N366 Y17.451
N311 G3 X366.144 Y6.768 R3.135	N367 G0 Z1
N312 G3 X366.365 Y4.862 R3.999	N368 X365.362 Y26.968
N313 G3 X367.543 Y3.348 R3.209	N369 Z.05
N314 G1 X366.306	N370 G1 Z-.15 F50
N315 Y2.662	N371 X367.723 F500
N316 G0 Z1	N372 G2 X369.914 Y26.949 R123.689
N317 Z0	N373 G3 X372.093 Y27.175 R9.075
N318 G1 Z-.2 F50	N374 G3 X373.456 Y27.743 R4.341
N319 Y1.975 F500	N375 G3 X374.491 Y28.797 R3.266
N320 X375	N376 G3 X375.107 Y30.5 R4.522
N321 Y3.501	N377 G3 X375.196 Y32.309 R9.435
N322 X371.111	N378 G3 X374.903 Y33.961 R6.536
N323 G3 X370.194 Y3.499 R194.336	N379 G3 X374.076 Y35.422 R4.011
N324 G2 X369.28 Y3.576 R5.18	N380 G3 X372.902 Y36.26 R3.239
N325 G2 X368.655 Y3.746 R3.482	N381 G3 X371.512 Y36.644 R5.727
N326 G2 X368.104 Y4.086 R1.678	N382 G3 X369.43 Y36.77 R12.59
N327 G2 X367.529 Y4.985 R2.123	N383 G2 X367.344 Y36.746 R92.184
N328 G2 X367.391 Y6.043 R2.885	N384 G1 X363
N329 G2 X367.653 Y6.958 R2.159	N385 Y35.099
N330 G2 X368.366 Y7.587 R1.399	N386 G3 X366.721 Y35.134 R197.298
N331 G2 X369.903 Y7.826 R3.389	N387 G2 X370.442 Y35.088 R59.66
N332 G3 X371.457 Y7.765 R20.033	N388 G2 X371.718 Y34.952 R10.165
N333 G1 X375	N389 G2 X372.884 Y34.414 R2.472
N334 Y9.292	N390 G2 X373.487 Y33.554 R2.013
N335 G3 X368.222 Y9.209 R58.869	N391 G2 X373.729 Y32.532 R4.572
N336 G3 X366.796 Y8.318 R2.502	N392 G2 X373.374 Y30.179 R4.509
N337 G3 X366.144 Y6.768 R3.135	N393 G2 X371.492 Y28.721 R2.505
N338 G3 X366.365 Y4.862 R3.999	N394 G2 X369.443 Y28.584 R10.587
N339 G3 X367.543 Y3.348 R3.209	N395 G3 X367.39 Y28.615 R67.412
N340 G1 X366.306	N396 G1 X363
N341 Y2.662	N397 Y26.968
N342 G0 Z1	N398 X365.362
N343 X364.415 Y17.451	N399 G0 Z1
N344 Z.05	N400 Z0
N345 G1 Z-.15 F50	N401 G1 Z-.2 F50

N402 X367.723 F500	N458 Z0
N403 G2 X369.914 Y26.949 R123.689	N459 G1 Z-.2 F50
N404 G3 X372.093 Y27.175 R9.075	N460 G3 X363.576 Y47.642 R4.712 F500
N405 G3 X373.456 Y27.743 R4.341	N461 G3 X362.82 Y44.266 R5.741
N406 G3 X374.491 Y28.797 R3.266	N462 G3 X364.33 Y40.857 R5.735
N407 G3 X375.107 Y30.5 R4.522	N463 G3 X367.621 Y39.106 R5.689
N408 G3 X375.196 Y32.309 R9.435	N464 G3 X371.772 Y39.459 R8.767
N409 G3 X374.903 Y33.961 R6.536	N465 G3 X374.788 Y42.332 R4.927
N410 G3 X374.076 Y35.422 R4.011	N466 G3 X375.251 Y44.689 R6.73
N411 G3 X372.902 Y36.26 R3.239	N467 G3 X374.802 Y47.049 R5.984
N412 G3 X371.512 Y36.644 R5.727	N468 G3 X373.344 Y48.948 R4.567
N413 G3 X369.43 Y36.77 R12.59	N469 G3 X371.193 Y50 R6.164
N414 G2 X367.344 Y36.746 R92.184	N470 G1 X370.791 Y48.353
N415 G1 X363	N471 G2 X372.869 Y47.194 R4.177
N416 Y35.099	N472 G2 X373.836 Y45.021 R3.425
N417 G3 X366.721 Y35.134 R197.298	N473 G2 X373.218 Y42.594 R4.06
N418 G2 X370.442 Y35.088 R59.66	N474 G2 X371.246 Y41.049 R3.722
N419 G2 X371.718 Y34.952 R10.165	N475 G2 X369.672 Y40.726 R6.759
N420 G2 X372.884 Y34.414 R2.472	N476 G2 X368.066 Y40.755 R7.946
N421 G2 X373.487 Y33.554 R2.013	N477 G2 X366.442 Y41.159 R6.745
N422 G2 X373.729 Y32.532 R4.572	N478 G2 X365.072 Y42.119 R3.469
N423 G2 X373.374 Y30.179 R4.509	N479 G2 X364.247 Y45.569 R3.835
N424 G2 X371.492 Y28.721 R2.505	N480 G2 X366.659 Y48.168 R3.684
N425 G2 X369.443 Y28.584 R10.587	N481 G1 X366.291 Y49.787
N426 G3 X367.39 Y28.615 R67.412	N482 G3 X364.729 Y48.973 R4.712
N427 G1 X363	N483 G0 Z1
N428 Y26.968	N484 X388.661 Y39.533
N429 X365.362	N485 Z.05
N430 G0 Z1	N486 G1 Z-.15 F50
N431 X364.729 Y48.973	N487 G2 X388.761 Y39.241 R.959 F500
N432 Z.05	N488 G2 X388.713 Y38.632 R1.257
N433 G1 Z-.15 F50	N489 G2 X388.287 Y38.126 R.9
N434 G3 X363.576 Y47.642 R4.712 F500	N490 G2 X387.675 Y37.873 R3.217
N435 G3 X362.82 Y44.266 R5.741	N491 G1 X387.974 Y36.546
N436 G3 X364.33 Y40.857 R5.735	N492 G3 X389.154 Y37.003 R3.817
N437 G3 X367.621 Y39.106 R5.689	N493 G3 X389.98 Y37.961 R1.994
N438 G3 X371.772 Y39.459 R8.767	N494 G3 X390.187 Y39.315 R2.915
N439 G3 X374.788 Y42.332 R4.927	N495 G3 X389.631 Y40.566 R2.094
N440 G3 X375.251 Y44.689 R6.73	N496 G3 X388.471 Y41.279 R2.562
N441 G3 X374.802 Y47.049 R5.984	N497 G3 X387.11 Y41.319 R2.731
N442 G3 X373.344 Y48.948 R4.567	N498 G3 X386.47 Y41.047 R1.953
N443 G3 X371.193 Y50 R6.164	N499 G3 X385.97 Y40.564 R1.858
N444 G1 X370.791 Y48.353	N500 G3 X385.676 Y40.068 R3.633
N445 G2 X372.869 Y47.194 R4.177	N501 G3 X385.439 Y39.543 R9.233
N446 G2 X373.836 Y45.021 R3.425	N502 G2 X385.33 Y39.287 R13.797
N447 G2 X373.218 Y42.594 R4.06	N503 G2 X385.211 Y39.034 R5.49
N448 G2 X371.246 Y41.049 R3.722	N504 G2 X385.145 Y38.905 R9.432
N449 G2 X369.672 Y40.726 R6.759	N505 G2 X385.063 Y38.787 R.561
N450 G2 X368.066 Y40.755 R7.946	N506 G2 X384.493 Y38.594 R.635
N451 G2 X366.442 Y41.159 R6.745	N507 G2 X384.016 Y38.96 R.641
N452 G2 X365.072 Y42.119 R3.469	N508 G2 X384.055 Y39.894 R1.033
N453 G2 X364.247 Y45.569 R3.835	N509 G2 X384.797 Y40.463 R1.187
N454 G2 X366.659 Y48.168 R3.684	N510 G1 X384.482 Y41.727
N455 G1 X366.291 Y49.787	N511 G3 X383.44 Y41.358 R2.963
N456 G3 X364.729 Y48.973 R4.712	N512 G3 X382.728 Y40.512 R1.639
N457 G0 Z1	N513 G3 X382.577 Y39.269 R2.706

N514 G3 X383.065 Y38.115 R2.201	N570 G0 Z1
N515 G3 X384.108 Y37.422 R2.151	N571 X380.886 Y36.709
N516 G3 X385.358 Y37.337 R2.834	N572 Z.05
N517 G3 X385.922 Y37.502 R2.257	N573 G1 Z-.15 F50
N518 G3 X386.4 Y37.845 R1.444	N574 X380 Y36.838 F500
N519 G3 X386.711 Y38.267 R2.367	N575 Y35.468
N520 G3 X386.964 Y38.727 R13.036	N576 X381.773 Y35.21
N521 G3 X387.141 Y39.084 R9.202	N577 Y36.58
N522 G2 X387.316 Y39.441 R12.606	N578 X380.886 Y36.709
N523 G2 X387.441 Y39.676 R7.41	N579 G0 Z1
N524 G2 X387.618 Y39.875 R.609	N580 Z0
N525 G2 X388.473 Y39.779 R.71	N581 G1 Z-.2 F50
N526 G2 X388.661 Y39.533 R.959	N582 X380 Y36.838 F500
N527 G0 Z1	N583 Y35.468
N528 Z0	N584 X381.773 Y35.21
N529 G1 Z-.2 F50	N585 Y36.58
N530 G2 X388.761 Y39.241 R.959 F500	N586 X380.886 Y36.709
N531 G2 X388.713 Y38.632 R1.257	N587 G0 Z1
N532 G2 X388.287 Y38.126 R.9	N588 X386.378 Y35.907
N533 G2 X387.675 Y37.873 R3.217	N589 Z.05
N534 G1 X387.974 Y36.546	N590 G1 Z-.15 F50
N535 G3 X389.154 Y37.003 R3.817	N591 X382.755 Y36.437 F500
N536 G3 X389.98 Y37.961 R1.994	N592 Y35.067
N537 G3 X390.187 Y39.315 R2.915	N593 X390 Y34.007
N538 G3 X389.631 Y40.566 R2.094	N594 Y35.377
N539 G3 X388.471 Y41.279 R2.562	N595 X386.378 Y35.907
N540 G3 X387.11 Y41.319 R2.731	N596 G0 Z1
N541 G3 X386.47 Y41.047 R1.953	N597 Z0
N542 G3 X385.97 Y40.564 R1.858	N598 G1 Z-.2 F50
N543 G3 X385.676 Y40.068 R3.633	N599 X382.755 Y36.437 F500
N544 G3 X385.439 Y39.543 R9.233	N600 Y35.067
N545 G2 X385.33 Y39.287 R13.797	N601 X390 Y34.007
N546 G2 X385.211 Y39.034 R5.49	N602 Y35.377
N547 G2 X385.145 Y38.905 R9.432	N603 X386.378 Y35.907
N548 G2 X385.063 Y38.787 R.561	N604 G0 Z1
N549 G2 X384.493 Y38.594 R.635	N605 X380 Y33.43
N550 G2 X384.016 Y38.96 R.641	N606 Z.05
N551 G2 X384.055 Y39.894 R1.033	N607 G1 Z-.15 F50
N552 G2 X384.797 Y40.463 R1.187	N608 Y32.746 F500
N553 G1 X384.482 Y41.727	N609 X390 Y31.28
N554 G3 X383.44 Y41.358 R2.963	N610 Y32.651
N555 G3 X382.728 Y40.512 R1.639	N611 X380 Y34.113
N556 G3 X382.577 Y39.269 R2.706	N612 Y33.43
N557 G3 X383.065 Y38.115 R2.201	N613 G0 Z1
N558 G3 X384.108 Y37.422 R2.151	N614 Z0
N559 G3 X385.358 Y37.337 R2.834	N615 G1 Z-.2 F50
N560 G3 X385.922 Y37.502 R2.257	N616 Y32.746 F500
N561 G3 X386.4 Y37.845 R1.444	N617 X390 Y31.28
N562 G3 X386.711 Y38.267 R2.367	N618 Y32.651
N563 G3 X386.964 Y38.727 R13.036	N619 X380 Y34.113
N564 G3 X387.141 Y39.084 R9.202	N620 Y33.43
N565 G2 X387.316 Y39.441 R12.606	N621 G0 Z1
N566 G2 X387.441 Y39.676 R7.41	N622 X388.657 Y30.141
N567 G2 X387.618 Y39.875 R.609	N623 Z.05
N568 G2 X388.473 Y39.779 R.71	N624 G1 Z-.15 F50
N569 G2 X388.661 Y39.533 R.959	N625 G2 X387.32 Y30.316 R6.111 F500

N626 G3 X384.664 Y30.673 R12.586	N682 Z.05
N627 G3 X383.686 Y30.525 R2.813	N683 G1 Z-.15 F50
N628 G3 X382.896 Y29.931 R1.58	N684 G2 X386.713 Y28.76 R2.494 F500
N629 G3 X382.551 Y28.849 R1.928	N685 G3 X386.623 Y29.09 R2.074
N630 G3 X382.793 Y27.74 R2.54	N686 G2 X387.866 Y28.85 R16.154
N631 G3 X383.572 Y26.883 R1.984	N687 G2 X388.699 Y27.896 R1.085
N632 G3 X384.646 Y26.448 R3.793	N688 G2 X388.566 Y27.469 R.579
N633 G1 X384.809 Y27.786	N689 G2 X388.19 Y27.227 R.759
N634 G2 X384.175 Y28.155 R1.103	N690 G2 X387.686 Y27.196 R1.191
N635 G2 X384.007 Y28.87 R.804	N691 G2 X387.229 Y27.414 R.881
N636 G2 X384.175 Y29.157 R.591	N692 G2 X386.872 Y28.049 R2.494
N637 G2 X384.463 Y29.322 R.708	N693 G0 Z1
N638 G2 X384.922 Y29.353 R1.067	N694 Z0
N639 G2 X385.375 Y29.271 R7.977	N695 G1 Z-.2 F50
N640 G2 X385.663 Y28.045 R2.735	N696 G2 X386.713 Y28.76 R2.494 F500
N641 G3 X385.986 Y26.829 R2.443	N697 G3 X386.623 Y29.09 R2.074
N642 G3 X386.937 Y26.068 R1.656	N698 G2 X387.866 Y28.85 R16.154
N643 G3 X388.144 Y25.899 R3.855	N699 G2 X388.699 Y27.896 R1.085
N644 G3 X389.283 Y26.118 R3.427	N700 G2 X388.566 Y27.469 R.579
N645 G3 X390.1 Y26.94 R1.396	N701 G2 X388.19 Y27.227 R.759
N646 G3 X389.977 Y28.049 R1.243	N702 G2 X387.686 Y27.196 R1.191
N647 G3 X389.181 Y28.832 R2.59	N703 G2 X387.229 Y27.414 R.881
N648 G3 X390 Y28.932 R5.065	N704 G2 X386.872 Y28.049 R2.494
N649 G1 Y30.264	N705 G0 Z1
N650 G2 X388.657 Y30.141 R6.111	N706 X380 Y22.54
N651 G0 Z1	N707 Z.05
N652 Z0	N708 G1 Z-.15 F50
N653 G1 Z-.2 F50	N709 Y21.855 F500
N654 G2 X387.32 Y30.316 R6.111 F500	N710 X390 Y20.388
N655 G3 X384.664 Y30.673 R12.586	N711 Y21.76
N656 G3 X383.686 Y30.525 R2.813	N712 X387.823 Y22.079
N657 G3 X382.896 Y29.931 R1.58	N713 X386.651 Y23.007
N658 G3 X382.551 Y28.849 R1.928	N714 X390 Y23.703
N659 G3 X382.793 Y27.74 R2.54	N715 Y25.073
N660 G3 X383.572 Y26.883 R1.984	N716 X385.388 Y23.99
N661 G3 X384.646 Y26.448 R3.793	N717 X382.755 Y26.028
N662 G1 X384.809 Y27.786	N718 Y24.248
N663 G2 X384.175 Y28.155 R1.103	N719 X385.206 Y22.462
N664 G2 X384.007 Y28.87 R.804	N720 X380 Y23.225
N665 G2 X384.175 Y29.157 R.591	N721 Y22.54
N666 G2 X384.463 Y29.322 R.708	N722 G0 Z1
N667 G2 X384.922 Y29.353 R1.067	N723 Z0
N668 G2 X385.375 Y29.271 R7.977	N724 G1 Z-.2 F50
N669 G2 X385.663 Y28.045 R2.735	N725 Y21.855 F500
N670 G3 X385.986 Y26.829 R2.443	N726 X390 Y20.388
N671 G3 X386.937 Y26.068 R1.656	N727 Y21.76
N672 G3 X388.144 Y25.899 R3.855	N728 X387.823 Y22.079
N673 G3 X389.283 Y26.118 R3.427	N729 X386.651 Y23.007
N674 G3 X390.1 Y26.94 R1.396	N730 X390 Y23.703
N675 G3 X389.977 Y28.049 R1.243	N731 Y25.073
N676 G3 X389.181 Y28.832 R2.59	N732 X385.388 Y23.99
N677 G3 X390 Y28.932 R5.065	N733 X382.755 Y26.028
N678 G1 Y30.264	N734 Y24.248
N679 G2 X388.657 Y30.141 R6.111	N735 X385.206 Y22.462
N680 G0 Z1	N736 X380 Y23.225
N681 X386.872 Y28.049	N737 Y22.54

N738 G0 Z1	N794 Z0
N739 X386.872 Y17.172	N795 G1 Z-.2 F50
N740 Z.05	N796 G2 X387.32 Y19.439 R6.111 F500
N741 G1 Z-.15 F50	N797 G3 X384.664 Y19.796 R12.586
N742 G2 X386.713 Y17.883 R2.494 F500	N798 G3 X383.686 Y19.648 R2.813
N743 G3 X386.623 Y18.213 R2.074	N799 G3 X382.896 Y19.054 R1.58
N744 G2 X387.866 Y17.973 R16.154	N800 G3 X382.551 Y17.972 R1.928
N745 G2 X388.699 Y17.019 R1.085	N801 G3 X382.793 Y16.863 R2.54
N746 G2 X388.566 Y16.592 R.579	N802 G3 X383.572 Y16.006 R1.984
N747 G2 X388.19 Y16.35 R.759	N803 G3 X384.646 Y15.571 R3.793
N748 G2 X387.686 Y16.319 R1.191	N804 G1 X384.809 Y16.909
N749 G2 X387.229 Y16.537 R.881	N805 G2 X384.175 Y17.278 R1.103
N750 G2 X386.872 Y17.172 R2.494	N806 G2 X384.007 Y17.993 R.804
N751 G0 Z1	N807 G2 X384.175 Y18.28 R.591
N752 Z0	N808 G2 X384.463 Y18.445 R.708
N753 G1 Z-.2 F50	N809 G2 X384.922 Y18.476 R1.067
N754 G2 X386.713 Y17.883 R2.494 F500	N810 G2 X385.375 Y18.394 R7.977
N755 G3 X386.623 Y18.213 R2.074	N811 G2 X385.663 Y17.168 R2.735
N756 G2 X387.866 Y17.973 R16.154	N812 G3 X385.986 Y15.952 R2.443
N757 G2 X388.699 Y17.019 R1.085	N813 G3 X386.937 Y15.191 R1.656
N758 G2 X388.566 Y16.592 R.579	N814 G3 X388.144 Y15.022 R3.855
N759 G2 X388.19 Y16.35 R.759	N815 G3 X389.283 Y15.241 R3.427
N760 G2 X387.686 Y16.319 R1.191	N816 G3 X390.1 Y16.063 R1.396
N761 G2 X387.229 Y16.537 R.881	N817 G3 X389.977 Y17.172 R1.243
N762 G2 X386.872 Y17.172 R2.494	N818 G3 X389.181 Y17.955 R2.59
N763 G0 Z1	N819 G3 X390 Y18.055 R5.065
N764 X388.657 Y19.264	N820 G1 Y19.387
N765 Z.05	N821 G2 X388.657 Y19.264 R6.111
N766 G1 Z-.15 F50	N822 G0 Z1
N767 G2 X387.32 Y19.439 R6.111 F500	N823 X390 Y9.77
N768 G3 X384.664 Y19.796 R12.586	N824 Z.05
N769 G3 X383.686 Y19.648 R2.813	N825 G1 Z-.15 F50
N770 G3 X382.896 Y19.054 R1.58	N826 Y10.611 F500
N771 G3 X382.551 Y17.972 R1.928	N827 X387.966 Y11.872
N772 G3 X382.793 Y16.863 R2.54	N828 X390 Y12.602
N773 G3 X383.572 Y16.006 R1.984	N829 Y14.058
N774 G3 X384.646 Y15.571 R3.793	N830 X386.513 Y12.778
N775 G1 X384.809 Y16.909	N831 X382.755 Y15.133
N776 G2 X384.175 Y17.278 R1.103	N832 Y13.465
N777 G2 X384.007 Y17.993 R.804	N833 X384.822 Y12.182
N778 G2 X384.175 Y18.28 R.591	N834 X382.755 Y11.442
N779 G2 X384.463 Y18.445 R.708	N835 Y9.984
N780 G2 X384.922 Y18.476 R1.067	N836 X386.288 Y11.274
N781 G2 X385.375 Y18.394 R7.977	N837 X390 Y8.93
N782 G2 X385.663 Y17.168 R2.735	N838 Y9.77
N783 G3 X385.986 Y15.952 R2.443	N839 G0 Z1
N784 G3 X386.937 Y15.191 R1.656	N840 Z0
N785 G3 X388.144 Y15.022 R3.855	N841 G1 Z-.2 F50
N786 G3 X389.283 Y15.241 R3.427	N842 Y10.611 F500
N787 G3 X390.1 Y16.063 R1.396	N843 X387.966 Y11.872
N788 G3 X389.977 Y17.172 R1.243	N844 X390 Y12.602
N789 G3 X389.181 Y17.955 R2.59	N845 Y14.058
N790 G3 X390 Y18.055 R5.065	N846 X386.513 Y12.778
N791 G1 Y19.387	N847 X382.755 Y15.133
N792 G2 X388.657 Y19.264 R6.111	N848 Y13.465
N793 G0 Z1	N849 X384.822 Y12.182

N850 X382.755 Y11.442	N906 G3 X390.187 Y-2.726 R2.915
N851 Y9.984	N907 G3 X389.631 Y-1.475 R2.094
N852 X386.288 Y11.274	N908 G3 X388.471 Y-.763 R2.562
N853 X390 Y8.93	N909 G3 X387.11 Y-.722 R2.731
N854 Y9.77	N910 G3 X386.47 Y-.994 R1.953
N855 G0 Z1	N911 G3 X385.97 Y-1.477 R1.858
N856 X388.895 Y3.872	N912 G3 X385.676 Y-1.973 R3.633
N857 Z.05	N913 G3 X385.439 Y-2.498 R9.233
N858 G1 Z-.15 F50	N914 G2 X385.33 Y-2.754 R13.797
N859 X387.79 Y4.293 F500	N915 G2 X385.211 Y-3.007 R5.49
N860 Y7.067	N916 G2 X385.145 Y-3.136 R9.432
N861 X390 Y7.3	N917 G2 X385.063 Y-3.255 R.561
N862 Y8.666	N918 G2 X384.493 Y-3.448 R.635
N863 X380 Y7.529	N919 G2 X384.016 Y-3.081 R.641
N864 Y5.93	N920 G2 X384.055 Y-2.148 R1.033
N865 X390 Y1.972	N921 G2 X384.797 Y-1.579 R1.187
N866 Y3.452	N922 G1 X384.482 Y-.314
N867 X388.895 Y3.872	N923 G3 X383.44 Y-.683 R2.963
N868 G0 Z1	N924 G3 X382.728 Y-1.529 R1.639
N869 Z0	N925 G3 X382.577 Y-2.772 R2.706
N870 G1 Z-.2 F50	N926 G3 X383.065 Y-3.926 R2.201
N871 X387.79 Y4.293 F500	N927 G3 X384.108 Y-4.619 R2.151
N872 Y7.067	N928 G3 X385.358 Y-4.704 R2.834
N873 X390 Y7.3	N929 G3 X385.922 Y-4.539 R2.257
N874 Y8.666	N930 G3 X386.4 Y-4.197 R1.444
N875 X380 Y7.529	N931 G3 X386.711 Y-3.774 R2.367
N876 Y5.93	N932 G3 X386.964 Y-3.314 R13.036
N877 X390 Y1.972	N933 G3 X387.141 Y-2.958 R9.202
N878 Y3.452	N934 G2 X387.316 Y-2.6 R12.606
N879 X388.895 Y3.872	N935 G2 X387.441 Y-2.365 R7.41
N880 G0 Z1	N936 G2 X387.618 Y-2.166 R.609
N881 X384.112 Y5.64	N937 G2 X388.473 Y-2.263 R.71
N882 Z.05	N938 G2 X388.661 Y-2.508 R.959
N883 G1 Z-.15 F50	N939 G0 Z1
N884 X382.1 Y6.485 F500	N940 Z0
N885 X386.124 Y6.89	N941 G1 Z-.2 F50
N886 Y4.795	N942 G2 X388.761 Y-2.801 R.959 F500
N887 X384.112 Y5.64	N943 G2 X388.713 Y-3.409 R1.257
N888 G0 Z1	N944 G2 X388.287 Y-3.916 R.9
N889 Z0	N945 G2 X387.675 Y-4.168 R3.217
N890 G1 Z-.2 F50	N946 G1 X387.974 Y-5.495
N891 X382.1 Y6.485 F500	N947 G3 X389.154 Y-5.038 R3.817
N892 X386.124 Y6.89	N948 G3 X389.98 Y-4.08 R1.994
N893 Y4.795	N949 G3 X390.187 Y-2.726 R2.915
N894 X384.112 Y5.64	N950 G3 X389.631 Y-1.475 R2.094
N895 G0 Z1	N951 G3 X388.471 Y-.763 R2.562
N896 X388.661 Y-2.508	N952 G3 X387.11 Y-.722 R2.731
N897 Z.05	N953 G3 X386.47 Y-.994 R1.953
N898 G1 Z-.15 F50	N954 G3 X385.97 Y-1.477 R1.858
N899 G2 X388.761 Y-2.801 R.959 F500	N955 G3 X385.676 Y-1.973 R3.633
N900 G2 X388.713 Y-3.409 R1.257	N956 G3 X385.439 Y-2.498 R9.233
N901 G2 X388.287 Y-3.916 R.9	N957 G2 X385.33 Y-2.754 R13.797
N902 G2 X387.675 Y-4.168 R3.217	N958 G2 X385.211 Y-3.007 R5.49
N903 G1 X387.974 Y-5.495	N959 G2 X385.145 Y-3.136 R9.432
N904 G3 X389.154 Y-5.038 R3.817	N960 G2 X385.063 Y-3.255 R.561
N905 G3 X389.98 Y-4.08 R1.994	N961 G2 X384.493 Y-3.448 R.635

N962 G2 X384.016 Y-3.081 R.641	N1018 G1 Z-.15 F50
N963 G2 X384.055 Y-2.148 R1.033	N1019 G3 X384.862 Y-10.802 R4.062 F500
N964 G2 X384.797 Y-1.579 R1.187	N1020 G3 X386.029 Y-11.04 R6.58
N965 G1 X384.482 Y-.314	N1021 G3 X387.451 Y-11.072 R8.079
N966 G3 X383.44 Y-.683 R2.963	N1022 G3 X388.83 Y-10.725 R3.947
N967 G3 X382.728 Y-1.529 R1.639	N1023 G3 X390.116 Y-8.848 R2.204
N968 G3 X382.577 Y-2.772 R2.706	N1024 G3 X389.149 Y-6.788 R2.386
N969 G3 X383.065 Y-3.926 R2.201	N1025 G3 X387.843 Y-6.124 R4.475
N970 G3 X384.108 Y-4.619 R2.151	N1026 G3 X386.405 Y-5.845 R6.388
N971 G3 X385.358 Y-4.704 R2.834	N1027 G3 X384.964 Y-5.88 R7.19
N972 G3 X385.922 Y-4.539 R2.257	N1028 G3 X383.606 Y-6.363 R3.342
N973 G3 X386.4 Y-4.197 R1.444	N1029 G3 X382.623 Y-8.378 R2.118
N974 G3 X386.711 Y-3.774 R2.367	N1030 G3 X383.784 Y-10.296 R2.629
N975 G3 X386.964 Y-3.314 R13.036	N1031 G3 X384.304 Y-10.589 R4.062
N976 G3 X387.141 Y-2.958 R9.202	N1032 G0 Z1
N977 G2 X387.316 Y-2.6 R12.606	N1033 Z0
N978 G2 X387.441 Y-2.365 R7.41	N1034 G1 Z-.2 F50
N979 G2 X387.618 Y-2.166 R.609	N1035 G3 X384.862 Y-10.802 R4.062 F500
N980 G2 X388.473 Y-2.263 R.71	N1036 G3 X386.029 Y-11.04 R6.58
N981 G2 X388.661 Y-2.508 R.959	N1037 G3 X387.451 Y-11.072 R8.079
N982 G0 Z1	N1038 G3 X388.83 Y-10.725 R3.947
N983 X387.446 Y-9.736	N1039 G3 X390.116 Y-8.848 R2.204
N984 Z.05	N1040 G3 X389.149 Y-6.788 R2.386
N985 G1 Z-.15 F50	N1041 G3 X387.843 Y-6.124 R4.475
N986 G2 X386.63 Y-9.772 R2.322 F500	N1042 G3 X386.405 Y-5.845 R6.388
N987 G2 X385.077 Y-9.36 R6.354	N1043 G3 X384.964 Y-5.88 R7.19
N988 G2 X384.211 Y-8.594 R1.743	N1044 G3 X383.606 Y-6.363 R3.342
N989 G2 X384.479 Y-7.47 R.854	N1045 G3 X382.623 Y-8.378 R2.118
N990 G2 X385.278 Y-7.197 R1.589	N1046 G3 X383.784 Y-10.296 R2.629
N991 G2 X386.123 Y-7.206 R6.022	N1047 G3 X384.304 Y-10.589 R4.062
N992 G2 X386.949 Y-7.336 R5.513	N1048 G0 Z1
N993 G2 X387.739 Y-7.613 R4.012	N1049 X380 Y-14.603
N994 G2 X388.284 Y-7.942 R3.122	N1050 Z.05
N995 G2 X388.634 Y-8.475 R.942	N1051 G1 Z-.15 F50
N996 G2 X388.567 Y-9.017 R.778	N1052 Y-15.288 F500
N997 G2 X388.199 Y-9.42 R1.072	N1053 X390 Y-16.755
N998 G2 X387.446 Y-9.736 R2.322	N1054 Y-15.383
N999 G0 Z1	N1055 X387.823 Y-15.065
N1000 Z0	N1056 X386.651 Y-14.137
N1001 G1 Z-.2 F50	N1057 X390 Y-13.44
N1002 G2 X386.63 Y-9.772 R2.322 F500	N1058 Y-12.07
N1003 G2 X385.077 Y-9.36 R6.354	N1059 X385.388 Y-13.154
N1004 G2 X384.211 Y-8.594 R1.743	N1060 X382.755 Y-11.116
N1005 G2 X384.479 Y-7.47 R.854	N1061 Y-12.896
N1006 G2 X385.278 Y-7.197 R1.589	N1062 X385.206 Y-14.681
N1007 G2 X386.123 Y-7.206 R6.022	N1063 X380 Y-13.919
N1008 G2 X386.949 Y-7.336 R5.513	N1064 Y-14.603
N1009 G2 X387.739 Y-7.613 R4.012	N1065 G0 Z1
N1010 G2 X388.284 Y-7.942 R3.122	N1066 Z0
N1011 G2 X388.634 Y-8.475 R.942	N1067 G1 Z-.2 F50
N1012 G2 X388.567 Y-9.017 R.778	N1068 Y-15.288 F500
N1013 G2 X388.199 Y-9.42 R1.072	N1069 X390 Y-16.755
N1014 G2 X387.446 Y-9.736 R2.322	N1070 Y-15.383
N1015 G0 Z1	N1071 X387.823 Y-15.065
N1016 X384.304 Y-10.589	
N1017 Z.05	

N1072 X386.651 Y-14.137	N1128 X383.282 Y-24.136
N1073 X390 Y-13.44	N1129 X386.641 Y-23.191
N1074 Y-12.07	N1130 G0 Z1
N1075 X385.388 Y-13.154	N1131 Z0
N1076 X382.755 Y-11.116	N1132 G1 Z-.2 F50
N1077 Y-12.896	N1133 X390 Y-22.245 F500
N1078 X385.206 Y-14.681	N1134 Y-20.904
N1079 X380 Y-13.919	N1135 X380 Y-19.443
N1080 Y-14.603	N1136 Y-20.781
N1081 G0 Z1	N1137 X386.692 Y-21.758
N1082 X380.886 Y-16.744	N1138 X380 Y-23.655
N1083 Z.05	N1139 Y-25.001
N1084 G1 Z-.15 F50	N1140 X390 Y-26.463
N1085 X380 Y-16.615 F500	N1141 Y-25.12
N1086 Y-17.985	N1142 X383.282 Y-24.136
N1087 X381.773 Y-18.243	N1143 X386.641 Y-23.191
N1088 Y-16.873	N1144 G0 Z1
N1089 X380.886 Y-16.744	N1145 X385.532 Y-32.6
N1090 G0 Z1	N1146 Z.05
N1091 Z0	N1147 G1 Z-.15 F50
N1092 G1 Z-.2 F50	N1148 G3 X382.755 Y-32.873 R129.146 F500
N1093 X380 Y-16.615 F500	N1149 G1 Y-34.24
N1094 Y-17.985	N1150 X390 Y-33.357
N1095 X381.773 Y-18.243	N1151 G2 X390.667 Y-33.59 R7.37
N1096 Y-16.873	N1152 G2 X391.229 Y-34.019 R1.341
N1097 X380.886 Y-16.744	N1153 G2 X391.36 Y-34.443 R.64
N1098 G0 Z1	N1154 G2 X391.261 Y-34.876 R1.32
N1099 X386.378 Y-17.547	N1155 G1 X392.722 Y-34.994
N1100 Z.05	N1156 G3 X392.714 Y-33.264 R1.773
N1101 G1 Z-.15 F50	N1157 G3 X392.183 Y-32.783 R1.652
N1102 X382.755 Y-17.017 F500	N1158 G3 X391.543 Y-32.462 R6.838
N1103 Y-18.386	N1159 G3 X390.131 Y-31.885 R30.517
N1104 X390 Y-19.447	N1160 G2 X388.709 Y-31.336 R127.938
N1105 Y-18.077	N1161 G2 X385.732 Y-30.162 R1828.113
N1106 X386.378 Y-17.547	N1162 G3 X382.755 Y-28.988 R2547.137
N1107 G0 Z1	N1163 G1 Y-30.438
N1108 Z0	N1164 G3 X388.314 Y-32.386 R38.962
N1109 G1 Z-.2 F50	N1165 G3 X385.532 Y-32.6 R129.146
N1110 X382.755 Y-17.017 F500	N1166 G0 Z1
N1111 Y-18.386	N1167 Z0
N1112 X390 Y-19.447	N1168 G1 Z-.2 F50
N1113 Y-18.077	N1169 G3 X382.755 Y-32.873 R129.146 F500
N1114 X386.378 Y-17.547	N1170 G1 Y-34.24
N1115 G0 Z1	N1171 X390 Y-33.357
N1116 X386.641 Y-23.191	N1172 G2 X390.667 Y-33.59 R7.37
N1117 Z.05	N1173 G2 X391.229 Y-34.019 R1.341
N1118 G1 Z-.15 F50	N1174 G2 X391.36 Y-34.443 R.64
N1119 X390 Y-22.245 F500	N1175 G2 X391.261 Y-34.876 R1.32
N1120 Y-20.904	N1176 G1 X392.722 Y-34.994
N1121 X380 Y-19.443	N1177 G3 X392.714 Y-33.264 R1.773
N1122 Y-20.781	N1178 G3 X392.183 Y-32.783 R1.652
N1123 X386.692 Y-21.758	N1179 G3 X391.543 Y-32.462 R6.838
N1124 X380 Y-23.655	N1180 G3 X390.131 Y-31.885 R30.517
N1125 Y-25.001	N1181 G2 X388.709 Y-31.336 R127.938
N1126 X390 Y-26.463	
N1127 Y-25.12	

N1182 G2 X385.732 Y-30.162 R1828.113	N1231 Z0
N1183 G3 X382.755 Y-28.988 R2547.137	N1232 G1 Z-.2 F50
N1184 G1 Y-30.438	N1233 G2 X382.272 Y-36.655 R.785 F500
N1185 G3 X388.314 Y-32.386 R38.962	N1234 G2 X383.047 Y-36.645 R1.672
N1186 G3 X385.532 Y-32.6 R129.146	N1235 G2 X383.468 Y-36.803 R1.629
N1187 G0 Z1	N1236 G2 X383.802 Y-37.102 R.974
N1188 X385.775 Y-39.222	N1237 G2 X384.014 Y-37.692 R1.204
N1189 Z.05	N1238 G2 X384.039 Y-38.317 R7.66
N1190 G1 Z-.15 F50	N1239 G1 Y-39.417
N1191 G3 X385.769 Y-38.774 R56.586	N1240 X381.671 Y-39.068
F500	N1241 G2 X381.711 Y-37.191 R11.089
N1192 G2 X385.778 Y-37.879 R17.848	N1242 G2 X381.921 Y-36.849 R.785
N1193 G2 X385.98 Y-37.263 R1.16	N1243 G0 Z1
N1194 G2 X386.507 Y-36.886 R.947	N1244 X379.951 Y-38.52
N1195 G2 X387.207 Y-36.849 R1.616	N1245 Z.05
N1196 G2 X387.86 Y-37.102 R1.72	N1246 G1 Z-.15 F50
N1197 G2 X388.323 Y-37.814 R1.046	N1247 G3 X380 Y-40.262 R18.202 F500
N1198 G2 X388.391 Y-38.661 R5.35	N1248 G1 X390 Y-41.727
N1199 G1 Y-40.051	N1249 Y-38.445
N1200 X385.776 Y-39.669	N1250 G3 X389.842 Y-37.206 R4.946
N1201 G3 X385.775 Y-39.222 R56.586	N1251 G3 X389.181 Y-36.146 R2.08
N1202 G0 Z1	N1252 G3 X388.045 Y-35.535 R3.035
N1203 Z0	N1253 G3 X386.768 Y-35.357 R4.597
N1204 G1 Z-.2 F50	N1254 G3 X385.606 Y-35.626 R2.667
N1205 G3 X385.769 Y-38.774 R56.586	N1255 G3 X384.797 Y-36.503 R1.639
F500	N1256 G3 X383.717 Y-35.451 R2.123
N1206 G2 X385.778 Y-37.879 R17.848	N1257 G3 X382.234 Y-35.181 R3.313
N1207 G2 X385.98 Y-37.263 R1.16	N1258 G3 X380.875 Y-35.607 R2.83
N1208 G2 X386.507 Y-36.886 R.947	N1259 G3 X380.069 Y-36.781 R1.783
N1209 G2 X387.207 Y-36.849 R1.616	N1260 G3 X379.951 Y-38.52 R18.202
N1210 G2 X387.86 Y-37.102 R1.72	N1261 G0 Z1
N1211 G2 X388.323 Y-37.814 R1.046	N1262 Z0
N1212 G2 X388.391 Y-38.661 R5.35	N1263 G1 Z-.2 F50
N1213 G1 Y-40.051	N1264 G3 X380 Y-40.262 R18.202 F500
N1214 X385.776 Y-39.669	N1265 G1 X390 Y-41.727
N1215 G3 X385.775 Y-39.222 R56.586	N1266 Y-38.445
N1216 G0 Z1	N1267 G3 X389.842 Y-37.206 R4.946
N1217 X381.921 Y-36.849	N1268 G3 X389.181 Y-36.146 R2.08
N1218 Z.05	N1269 G3 X388.045 Y-35.535 R3.035
N1219 G1 Z-.15 F50	N1270 G3 X386.768 Y-35.357 R4.597
N1220 G2 X382.272 Y-36.655 R.785 F500	N1271 G3 X385.606 Y-35.626 R2.667
N1221 G2 X383.047 Y-36.645 R1.672	N1272 G3 X384.797 Y-36.503 R1.639
N1222 G2 X383.468 Y-36.803 R1.629	N1273 G3 X383.717 Y-35.451 R2.123
N1223 G2 X383.802 Y-37.102 R.974	N1274 G3 X382.234 Y-35.181 R3.313
N1224 G2 X384.014 Y-37.692 R1.204	N1275 G3 X380.875 Y-35.607 R2.83
N1225 G2 X384.039 Y-38.317 R7.66	N1276 G3 X380.069 Y-36.781 R1.783
N1226 G1 Y-39.417	N1277 G3 X379.951 Y-38.52 R18.202
N1227 X381.671 Y-39.068	N1278 G0 Z20
N1228 G2 X381.711 Y-37.191 R11.089	N1279 Z50 M5 M9
N1229 G2 X381.921 Y-36.849 R.785	N1280 Z200 Y200
N1230 G0 Z1	N1281 M2