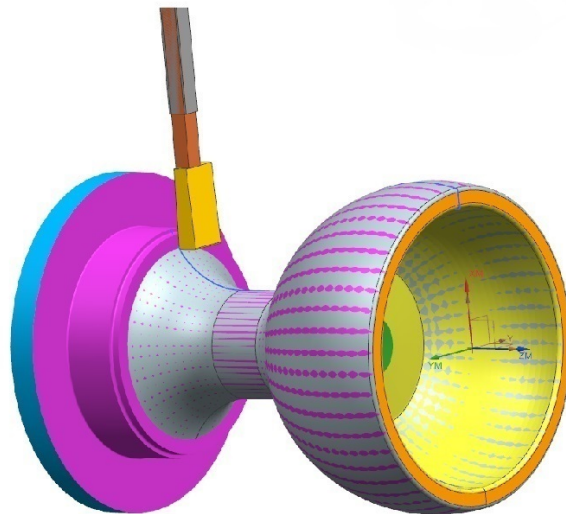




ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΟΠΗΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

ΨΗΦΙΑΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΗ ΤΟΡΝΕΥΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ CAD/CAM NX



ΕΥΣΤΡΑΤΙΟΣ ΜΟΥΝΤΑΚΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Στους γονείς μου, Παντελή και Ελπίδα.

Μετά από έξι χρόνια γεμάτα γνωριμίες, δυνατές φιλίες, γνώσεις ήρθε η ώρα για την εκπόνηση της παρακάτω διπλωματικής εργασίας για να ολοκληρωθεί ο κύκλος των σπουδών μου. Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους αυτούς που μου συμπαραστάθηκαν σε αυτά τα χρόνια και ιδιαίτερα τον υπεύθυνο και επιβλέποντα Καθηγητή για την παρακάτω διπλωματική εργασία κ. Αριστομένη Αντωνιάδη για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια που μου προσέφερε, καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον αντικείμενο. Ακόμη ευχαριστώ τους φίλους και συναδέλφους μου Εμμανουήλ Κλαπάκη, Βαγγέλη Νικολιδάκη, Γεώργιο Κοκαλιά, Γεώργιο Καραδημήτρη, Μίλτο Καμπάκη, Αντώνη Αντώρα για την καθοδήγηση τους και συνεργασία μας κατά τη διάρκεια της εργασίας. Τέλος, το λιγότερο που μπορώ να κάνω είναι να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που χωρίς την συνεισφορά τους δεν θα μπορούσα να εκπληρώσω όλα τα παραπάνω δηλαδή την οικογένειά μου και στην οποία αφιερώνω τη συγκεκριμένη εργασία.

1. ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
2. ΑΡΧΕΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	5
2.1 Εισαγωγή στην ασφάλεια.....	5
2.2 Πηγές επαγγελματικού κινδύνου.....	7
2.3 Επαγγελματικές ασθένειες.....	8
2.4 Θεσμικό πλαίσιο ασφαλείας.....	8
2.4.1 Νόμος– Πλαίσιο 3850/2010.....	8
2.4.2 Τεχνικός Ασφαλείας	9
2.4.3 Γιατρός εργασίας.....	9
2.4.4 ISO 45001.....	9
2.5 Τρόποι αποφυγής και πρόληψης ατυχημάτων και κινδύνων.....	10
2.5.1 Πυρασφάλεια.....	11
2.5.2 Εξαερισμός – Αερισμός.....	11
2.5.3 Φωτισμός χώρων εργασίας.....	12
2.5.4 Δάπεδα.....	13
2.5.5 Θόρυβοι.....	13
2.5.6 Χωροταξία –Τοποθέτηση Μηχανών.....	15
2.5.7 Μέσα Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ).....	16
2.5.8 Σήμανση.....	20
3. ΤΕΜΑΧΙΑ ΠΟΥ ΠΑΡΑΧΘΗΚΑΝ.....	24
3.1 1 ^ο Τεμάχιο – Τραπεζοειδής Τροχαλία.....	24
3.1.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS.....	24
3.1.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO.....	29
3.1.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM.....	30
3.2 2 ^ο Τεμάχιο – Δαχτυλίδι.....	34
3.2.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS.....	34
3.2.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO.....	39
3.2.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM.....	41
3.3 3 ^ο Τεμάχιο – Αντάπτορας Κεντροφορέα.....	44
3.3.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS.....	44
3.3.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO.....	48
3.3.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM.....	49
3.4 4 ^ο Τεμάχιο.....	53
3.4.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS.....	53
3.4.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO.....	57
3.4.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM.....	57
3.5 5 ^ο Τεμάχιο.....	60
3.5.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS.....	60
3.5.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO.....	64
3.5.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM.....	66
3.6 6 ^ο Τεμάχιο – Σχεδίαση Ποτηριού.....	69
3.6.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS.....	69
3.6.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO.....	74
3.6.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM.....	75
3.7 7 ^ο Τεμάχιο.....	78
3.7.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS.....	78
3.7.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO.....	83
3.7.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM.....	85

3.8	8 ^ο Τεμάχιο.....	88
3.8.1	Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS.....	88
3.8.2	Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO.....	91
3.8.3	Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM.....	92
3.9	9 ^ο Τεμάχιο.....	94
3.9.1	Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS.....	94
3.9.2	Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO.....	98
3.9.3	Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM.....	100
3.10	10 ^ο Τεμάχιο.....	102
3.10.1	Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS.....	102
3.10.2	Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO.....	105
3.11.3	Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM.....	106
3.11	11 ^ο Τεμάχιο.....	108
3.11.1	Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS.....	108
3.11.2	Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO.....	111
3.11.3	Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM.....	112
4.	ΣΥΝΟΨΗ.....	116
5.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	117
6.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ.....	118

2. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία παρουσιάζεται ο σχεδιασμός, προγραμματισμός και η κατεργασία τεμαχίων αυξανόμενης δυσκολίας σε σύγχρονο ψηφιακά καθοδηγούμενο τόρνο (CNC), ακόμα παραθέτονται και οι βασικές αρχές υγιεινής και ασφάλειας που πρέπει να ακολουθεί ένα μηχανουργείο.

Ο προγραμματισμός τους, έγινε με την χρήση του ISO G κώδικα προγραμματισμού εργαλειομηχανών καθώς και με την χρήση κώδικα της μηχανής τόννευσης του εργαστηρίου(Sinumerik 840D) ενώ τέλος χρησιμοποιήθηκε και η μέθοδος ψηφιακής καθοδήγησης εργαλειομηχανών (CAM). Η κατασκευή των τεμαχίων πραγματοποιήθηκε στο κέντρο τόννευσης CTX310 ecoline της εταιρείας DMG ενώ ο σχεδιασμός τους καθώς και η μέθοδος ψηφιακής καθοδήγησης έγινε μέσω του προγράμματος CAD/CAM του NX12 της εταιρείας SIEMENS.

Η εργασία υλοποιήθηκε στο εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης, στον τομέα Συστημάτων Παραγωγής του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Η εργασία απαρτίζεται από δύο βασικά σκέλη. Το πρώτο από αυτά αφορά τους κανόνες η αρχές ασφάλειας και υγιεινής που οφείλει να εφαρμόζει και να ακολουθεί σαν πρωταρχικό στόχο, κάθε μηχανουργείο.

Στο **κεφάλαιο 2** γίνεται εκτενέστερη αναφορά και ανάλυση στους παραπάνω κανόνες.

Το δεύτερο σκέλος αφορά την κατεργασία τεμαχίων αυξανόμενης δυσκολίας με τρεις διαφορετικές μεθόδους.

Στο **κεφάλαιο 3** για κάθε κατασκευασμένο τεμάχιο παρουσιάζεται ο κώδικας της κατεργασίας με κώδικα ISO, η κατεργασία με την βοήθεια των κύκλων του Sinumeric 840D καθώς και η κατεργασία μέσω του προγράμματος CAD/CAM. Ακόμα παρουσιάζονται διάφορα στιγμιότυπα των κατεργασιών και φωτογραφικό υλικό των κατεργασμένων τεμαχίων καθώς και το μηχανολογικό σχέδιο για καθένα από αυτά.

Στο **κεφάλαιο 4** γίνεται μια σύνοψη με τα συμπεράσματα και τις παρατηρήσεις που προέκυψαν από την εκπόνηση της συγκεκριμένης εργασίας.

2. ΑΡΧΕΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

2.1 Εισαγωγή στην ασφάλεια

Ο επαγγελματικός κίνδυνος, όταν δεν αντιμετωπίζεται αποτελεσματικά, προκαλεί εργατικά ατυχήματα και επαγγελματικές ασθένειες. Επομένως η σωστή και αποτελεσματική αντιμετώπισή του αποτελεί βασική προϋπόθεση της ασφαλούς εργασίας και είναι ο μόνος τρόπος για ελάττωση ή αποφυγή των δυσμενών αποτελεσμάτων του κινδύνου αυτού. Εδώ κυρίως θα παρατεθούν όλες εκείνες οι βασικές προφυλάξεις που εφαρμόζονται σύμφωνα με το πρότυπο ISO 45001, προκειμένου να αποφευχθούν ατυχήματα κατά την εργασία, καθώς και όλα εκείνα τα στοιχεία που παραπέμπουν σε ένα εργονομικό και ασφαλές περιβάλλον εργασίας.

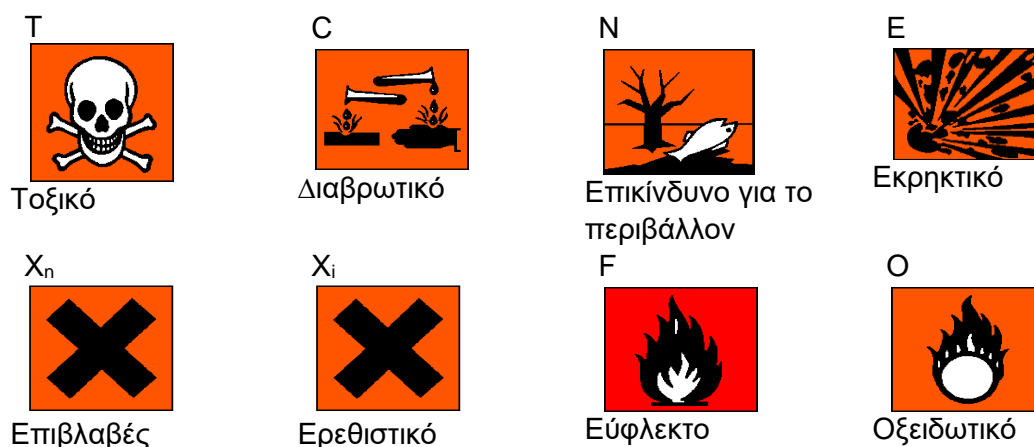
Το εργασιακό περιβάλλον αποτελείται από όλους τους παράγοντες που καθορίζουν τις συνθήκες υγιεινής και ασφάλειας και ιδιαίτερα εκείνους που μπορεί να περικλείουν δυνητικούς κινδύνους για ανεπιθύμητες επιπτώσεις στην υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων. Από αυτή την άποψη η υγιεινή και η ασφάλεια στο εργασιακό περιβάλλον αντιμετωπίζονται μαζί και σε συνεργασία με την υγεία των εργαζομένων στην εργασία. Στις ευρωπαϊκές κοινότητες περίπου 150 εκατομμύρια ανθρώπων εκτίθενται σε μεγάλη ποικιλία επαγγελματικών κινδύνων, που απειλούν την υγεία και την προσωπική τους ασφάλεια. Η εργασιακή παθολογία ασχολείται συνήθως με ατυχήματα και ασθένειες από την εργασία, που η προληπτική τους διάγνωση είναι αντικείμενο μακροχρόνιων δραστηριοτήτων στην Ευρωπαϊκή Κοινότητα ενώ οι επιβλαβείς επιπτώσεις τους αντιμετωπίζονται, μερικά ή ολικά, με ποικίλα μέτρα. Σήμερα ο αριθμός των επαγγελματικών ατυχημάτων παραμένει υψηλός. Εκτός από την οικονομική τους σημασία, η αποτίμηση των κοινωνικών επιπτώσεων είναι αδύνατη, δεδομένου ότι δεν είναι εύκολο να εκτιμηθούν οι ψυχικές βλάβες ή να ληφθούν υπόψη οι μακροχρόνιοι παράγοντες, που σχετίζονται με τα ατυχήματα και τις επαγγελματικές ασθένειες. Γι' αυτό και υπολογίζεται ότι το συνολικό κοινωνικό και οικονομικό κόστος των επαγγελματικών ασθενειών και ατυχημάτων είναι πολύ μεγαλύτερο από τις διαθέσιμες εκτιμήσεις.

2.2 Πηγές επαγγελματικού κινδύνου

Ως πηγή επαγγελματικού κινδύνου θεωρείται κάθε ιδιότητα που υπάρχει η μπορεί να δημιουργηθεί σε κάποιο στοιχείο και η οποία ενδέχεται να προκαλέσει κάποια σωματική ή άλλη βλάβη. Υπάρχουν πολλές τέτοιες πηγές κινδύνου που μπορούν να προκαλέσουν την υγεία και την σωματική ακεραιότητα των εργαζομένων, κάποιες από τις οποίες είναι :

- **Τα υλικά που χρησιμοποιούνται στην εργασία :**

Τα υλικά αυτά μπορεί να είναι χημικές ενώσεις οι οποίες αποτελούν πηγή κινδύνου λόγω των ιδιοτήτων που περιέχονται σε αυτές, κάποιες από αυτές είναι οι αναθυμιάσεις μαζί με τους καπνούς που εκλύονται κατά την εργασία των συγκολλήσεων οι οποίες είναι μικροσκοπικά αιωρούμενα σωματίδια που αποτελούνται κυρίως από οξειδία μετάλλων (διοξείδιο και μονοξείδιο του αζώτου, ευγενή αέρια και άζωτο καθώς και όζον) και τα οποία πρέπει να απομακρύνονται με την βοήθεια ειδικών απορροφητήρων και απαγωγών. Μία άλλη βλαπτική χημική ουσία είναι το θόριο, ελαφρά ραδιενεργό υλικό, του οποίου η σκόνη απελευθερώνεται κατά το τρύξιμο του ημιαναλώσιμου ηλεκτροδίου (ακίδα) της συγκόλλησης TIG και δεν πρέπει σε καμία περίπτωση να εισπνέεται. Στις βλαπτικές χημικές ουσίες περιλαμβάνονται ακόμα και όλες εκείνες που απελευθερώνονται κατά την διάρκεια της βλάψης μετάλλων σε υψηλές θερμοκρασίες.



Σχήμα 2.1: Επισήμανση Βλαπτικών Χημικών Ουσιών

- Ο εξοπλισμός εργασίας που χρησιμοποιείται στον χώρο. (μηχανήματα, εργαλεία) :**

Ο εξοπλισμός μπορεί να αποτελέσει πηγή κινδύνου για τους εργαζομένους όταν χρησιμοποιείται από άτομα που δεν έχουν τις απαραίτητες γνώσεις ή εξειδίκευση χειρισμού, ακόμα μπορεί να προκληθούν ατυχήματα όταν χρησιμοποιείται εξοπλισμός χωρίς την απαραίτητη συντήρηση του. Ακόμα πηγή κινδύνου μπορεί να αποτελέσει μια λανθασμένη χωροταξία στο περιβάλλον εργασίας.
- Οι χώροι και το περιβάλλον εργασίας :**

Υπάρχουν προδιαγραφές και ελάχιστες απαιτήσεις που μπορεί να πληρούν οι χώροι εργασίας για να μπορεί κάποιος να εργαστεί με ασφάλεια. Ο χώρος και το περιβάλλον εργασίας, παίζει σημαντικό ρόλο στη δημιουργία ασφαλών και υγιεινών συνθηκών εργασίας, π.χ. όταν εργάζεται κάποιος σε ασφαλές δάπεδο εργασίας χωρίς εμπόδια, λιπαρές ουσίες και ανισόπεδα επίπεδα δεν κινδυνεύει να πάθει εργατικό ατύχημα από γλίστρημα ή πτώση.
- Οι φυσικοί, χημικοί, βιολογικοί παράγοντες που υπάρχουν στο χώρο εργασίας**

Οι παράγοντες αυτοί όπως ο θόρυβος, τα ενοχλητικά ρεύματα αέρα, ανεπιθύμητα χημικά αέρια, υπερβολικά υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες όταν υπάρχουν στο χώρο εργασίας και δεν αντιμετωπίζονται, ενδέχεται να δημιουργήσουν προβλήματα στην υγεία των εργαζομένων και να προκαλέσουν εμπόδιο στην ομαλή επίτευξη της εργασίας τους.
- Οι μέθοδοι και οι πρακτικές της εργασίας που ακολουθούνται**

Κάθε εργασία ή επαγγελματική δραστηριότητα ενέχει κάποιους κινδύνους. Για το λόγο αυτό ο προγραμματισμός και η οργάνωση των μεθόδων που θα εφαρμοστούν σε μια επικίνδυνη εργασία είναι πολύ σημαντικά για την ασφάλεια των εργαζομένων. Ακόμα είναι πολύ σημαντικό να διασφαλίζεται ότι γίνεται πάντα σωστή χρήση των Μέτρων Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ) που συνδέονται με την εκτέλεση της συγκεκριμένης εργασίας.
- Η δομή και οργάνωση της επιχείρησης**

Σημαντικό στοιχείο, για την ασφάλεια της εργασίας αποτελεί ο τρόπος που έχει οργανωθεί και λειτουργεί μία επιχείρηση π.χ. εάν υπάρχουν υπηρεσίες Τεχνικού Ασφάλειας και Ιατρού Εργασίας, εάν αντιμετωπίζονται οι παράγοντες που μπορεί να συμβάλλουν στο στρες στην εργασία, εάν εφαρμόζονται συστήματα εργασιών κατά ομάδες, εάν έχει εξασφαλιστεί η δυνατότητα εναλλαγής των εργαζομένων στις διάφορες εργασίες ώστε να μην είναι μονότονη η εργασία που κάνουν.

2.3 Επαγγελματικές Ασθένειες

Επαγγελματικές ασθένειες είναι εκείνες οι ασθένειες που προκαλούνται από τις ιδιαίτερες κάθε φορά συνθήκες εργασίας του εργαζομένου. Οι ασθένειες αυτές είναι ξεχωριστές για κάθε κατηγορία εργαζομένων και τις περισσότερες φορές λειτουργούν αθροιστικά, δηλαδή μία κατάσταση συνεχώς επιδεινώνεται από τη διαρκή έκθεση του εργαζομένου σε χώρους και υπό συνθήκες που δεν εξασφαλίζουν την υγιεινή. Έτσι, για παράδειγμα, συνηθέστερη ασθένεια στα χυτήρια, και γενικά εκεί που υπάρχουν υψηλές θερμοκρασίες, είναι η θερμοπληξία, ενώ αντίστοιχα χώροι με αυξημένη υγρασία προκαλούν χρόνια αναπνευστικά προβλήματα όπως βρογχίτιδες. Σε κάθε περίπτωση εργασίας που εγκυμονεί τον κίνδυνο της επαγγελματικής ασθένειας υπάρχουν τα μέσα και τρόποι για να προστατευθεί ο εργαζόμενος και πρέπει να εφαρμόζονται. Οι κυριότερες πηγές των επαγγελματικών ασθενειών είναι :

Ο **θόρυβος** που αποτελεί πρόβλημα του σύγχρονου ανθρώπου με σοβαρές επιπτώσεις στην ακοή αλλά και στο νευρικό του σύστημα. Ειδικά ο θόρυβος που παράγεται από μηχανήματα αντιμετωπίζεται με ειδικές ωτοασπίδες και με ηχομόνωση των πηγών παραγωγής θορύβου.

Η **σκόνη**, ιδιαίτερα εκείνη που προέρχεται από μέταλλα στα χυτήρια ή ορυχεία και από φυτικές ίνες που προκαλεί παθήσεις του αναπνευστικού. Οι παθήσεις αυτές είναι ιδιαίτερες σοβαρές γι' αυτό πρέπει ο εξερισμός των χώρων που συσσωρεύεται σκόνη να είναι πολύ καλός. Εκτός του εξερισμού πρέπει να χρησιμοποιούνται μάσκες ή προσωπίδες.

Η **ακτινοβολία**, που προκύπτει από μηχανήματα που χρησιμοποιούν ραδιενεργά υλικά, είναι επίσης ιδιαίτερα επικίνδυνη για την ανθρώπινη υγεία. Τέτοια μηχανήματα είναι εκείνα των μεταλλογραφικών ελέγχων και των ακτινογραφιών που γίνονται σε τεμάχια (όπως ραδιογραφίες συγκολλήσεων).

Οι επαγγελματικές ασθένειες αποτελούν συνέπεια μιας περισσότερο ή λιγότερο παρατεταμένης έκθεσης σε κάποιο κίνδυνο, που παρουσιάζεται κατά τη συνήθη εκτέλεση της εργασίας. Ο παραπάνω ορισμός είναι κάπως ασαφής, όπως ιδιαίτερα ασαφής είναι και η αναγνώριση και η καταγραφή των επαγγελματικών ασθενειών από κράτος σε κράτος. Σήμερα στη χώρα μας το ΙΚΑ αναγνωρίζει 52 επαγγελματικές ασθένειες, οι οποίες είναι κυρίως δερματοπάθειες, δηλητηριάσεις, μολύνσεις, επαγγελματικοί καρκίνοι κλπ. Ο αριθμός αυτός είναι ιδιαίτερα μικρός, σε σύγκριση με τον αριθμό των επαγγελματικών ασθενειών που αναγνωρίζουν πολλές άλλες χώρες. Οι ασθένειες αυτές, που αφορούν μόνο στους ασφαλισμένους στο ΙΚΑ, παρουσιάζονται ονομαστικά στη συνέχεια. Σχετικά με την ονομασία και τη γλώσσα έχουν καταγραφεί περίπου όπως αναφέρονται στον κανονισμό του ΙΚΑ (Φ.Ε.Κ.132Β). Παρακάτω αναφέρονται κάποιες από αυτές τις ασθένειες που μπορεί να προκληθούν στον χώρο του μηχανουργείου :

- Επαγγελματικές δερματοπάθειες.
- Πνευμονοκονιάσεις (σκόνης συμπλοκών αλάτων του πυριτίου).
- Παθήσεις βρογχοπνευμονικές οφειλόμενες σε σκόνης ή ατμούς αλουμινίου ή σύνθετων αυτού.
- Παθήσεις βρογχοπνευμονικές οφειλόμενες σε σκόνης σκληρομετάλλων.
- Παθήσεις βρογχοπνευμονικές οφειλόμενες σε σκόνης σκωρίας του THOMAS.
- Άσθμα προκληθέν υπό ουσιών του επαγγελματικού περιβάλλοντος.
- Παθήσεις λόγω πιέσεως και τριβής.
- Εξελκώσεις οφειλόμενες στην επίδραση χρωμικού οξέως, χρωμικών και διχρωμικών αλκαλίων.
- Δηλητηριάσεις από μονοξείδιο του άνθρακα.
- Παθήσεις οφειλόμενες σε μηχανικές δονήσεις.
- Νόσοι λόγω ακτινών Χ, ακτινοβολιών και ραδιενεργών σωμάτων.
- Βλάβες μηνίσκων.

2.4 Θεσμικό πλαίσιο ασφάλειας

Οι κανόνες υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων στους χώρους εργασίας είναι στόχος κάθε κοινωνίας με βασικές αρχές την προστασία της ανθρώπινης ζωής και του φυσικού περιβάλλοντος. Οι συμβάσεις της διεθνούς οργάνωσης εργασίας, οι οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και οι κανονιστικές/νομοθετικές διατάξεις στην Ελλάδα υποχρεώνουν τους εργοδότες και τους εργαζομένους να λαμβάνουν τα κατάλληλα μέτρα ασφαλείας και υγιεινής, ώστε να γίνεται πρόληψη των εργατικών ατυχημάτων και ασθενειών, προστασία υγείας του ανθρώπινου δυναμικού και αποφυγή της δημιουργίας επικίνδυνων καταστάσεων και της περιβαλλοντικής μόλυνσης.

2.4.1 Νόμος - Πλαίσιο 3850/2010

Η παρούσα νομοθεσία έχει ως αντικείμενο την εφαρμογή μέτρων για την προαγωγή της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων κατά την εργασία. Για τον σκοπό αυτό, περιέχει γενικές αρχές σχετικά με την πρόληψη των επαγγελματικών κινδύνων και την προστασία της υγείας και της ασφάλειας, την εξάλειψη των συντελεστών κινδύνου των εργατικών ατυχημάτων.

Οι φορείς του Ελληνικού κράτους που είναι υπεύθυνοι στον τομέα της υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων, είναι το Υπουργείο Εργασίας και το Υπουργείο Βιομηχανίας. Το υπουργείο εργασίας ελέγχει, με τα διάφορα γραφεία επιθεώρησης εργασίας, την τήρηση και εφαρμογή των κανονισμών που ισχύουν, ενώ το υπουργείο βιομηχανίας ελέγχει τις βιομηχανικές και παραγωγικές εγκαταστάσεις και έμμεσα συμβάλει στην ασφάλεια. Τέλος το ΙΚΑ (Ίδρυμα Κοινωνικών Ασφαλίσεων) φροντίζει για την περίθαλψη των εργαζομένων από εργασιακά ατυχήματα, ελέγχοντας τις σχετικές διαδικασίες. Σε κάθε περίπτωση εργασιακού ατυχήματος ο εργοδότης είναι υποχρεωμένος να ενημερώσει σχετικά την επιθεώρηση εργασίας. Για τον έλεγχο πιθανών αστικών ευθυνών, ο εργοδότης είναι υποχρεωμένος να ενημερώσει και την τοπική Αστυνομία.

Με τον νόμο αυτό έγινε σημαντικό βήμα προσέγγισης της κοινής Ευρωπαϊκής πολιτικής σε θέματα υγιεινής και ασφάλειας των εργαζομένων. Έτσι, καθιερώθηκε ο σημαντικός ρόλος του Τεχνικού ασφαλείας και του Γιατρού εργασίας, αλλά και σε επιχειρήσεις με προσωπικό μεγαλύτερο των 50 εργαζομένων προβλέφθηκε η σύσταση της Επιτροπής Υγιεινής και Ασφάλειας των Εργαζομένων (ΕΥΑΕ), αποτελούμενη από εκλεγμένους εκπροσώπους των εργαζομένων στην επιχείρηση.

2.4.2 Τεχνικός Ασφαλείας

Ο τεχνικός ασφαλείας είναι ένας ενδιάμεσος κρίκος ανάμεσα στους εργαζομένους και στην εργοδοσία στα ζητήματα ασφαλείας. Οι προτάσεις του προς τη διεύθυνση του εκάστοτε εργασιακού χώρου αποσκοπούν στο να δημιουργήσουν συνθήκες εργασίας συνθήκες ασφαλείας και υγιεινής για τους εργαζομένους. Ο τεχνικός ασφαλείας αποτελεί μια νευραλγική θέση η οποία αποτελεί μια νευραλγική θέση, η οποία απαιτεί ιδιαίτερες ικανότητες, σπουδές και υψηλό αίσθημα ευθύνης.

Ο τεχνικός ασφαλείας έχει ως σκοπό να :

- Ελέγχει την τήρηση των κανόνων ασφαλείας στις εγκαταστάσεις της επιχείρησης και να κοινοποιεί συστάσεις για περιπτώσεις που χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής ή παρουσιάζουν παραλείψεις.
- Παρέχει συμβουλές τεχνικές σε θέματα πολιτικής ασφαλείας.
- Εκπονεί προγράμματα επιμόρφωσης των εργαζομένων και των διευθύνσεων σε θέματα εργασιακής υγιεινής και ασφαλείας.
- Καταγράφει τυχόν εργασιακά ατυχήματα και ανακοινώνει στατιστικά συμπεράσματα σχετικά με την ασφάλεια στον εργασιακό χώρο.
- Μελετά και ερευνά τα αίτια τυχόν εργασιακών ατυχημάτων.

- Επιλέγει μέτρα προστασίας των εργαζομένων ανάλογα με τον εργασιακό τους χώρο και την εργασία που πραγματοποιούν.
- Συνεργάζεται με άλλους φορείς, κλαδικούς ή τοπικούς, θέματα υγιεινής και ασφάλειας.

2.4.3 Γιατρός Εργασίας

Για την επίβλεψη της υγείας των εργαζομένων ο Ν. 1568/85, καθιερώνει τον θεσμό του Γιατρού Εργασίας σε κάθε επιχείρηση. Ο Γιατρός Εργασίας, σύμφωνα με το Ν. 1568/85, πρέπει να έχει την ειδικότητα της ιατρικής της εργασίας, αλλά ώσπου να καθιερωθεί η ειδικότητα αυτή μπορεί να προσλαμβάνεται γιατρός οποιαδήποτε ειδικότητας.

Καθήκοντα γιατρού εργασίας:

- Να επιθεωρεί τις θέσεις εργασίας
- Να ερευνά τις αιτίες ασθενειών που οφείλονται στην εργασία
- Να συμβουλεύει τον εργοδότη σε θέματα σχεδιασμού και προγραμματισμού της παραγωγικής διαδικασίας, οργανώσεως πρώτων βοηθειών
- Να παρέχει επείγουσα θεραπεία σε περίπτωση ατυχήματος ή ασθένειας κ.α.

Δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιείται ο γιατρός εργασίας για την επαλήθευση ασθένειας μισθωτού.

Γιατρό Εργασίας υποχρεούνται να έχουν όσες επιχειρήσεις αριθμούν προσωπικό άνω των 50 εργαζομένων.

2.4.4 ISO 45001

Σύμφωνα με τη Διεθνή Οργάνωση Εργασίας (ILO), τα ατυχήματα και οι ασθένειες που σχετίζονται με την εργασία εξακολουθούν να είναι υψηλού επιπέδου. Εκτός από τις αρνητικές επιπτώσεις στις οικογένειες των ατόμων που πλήττονται, αυτό συνεπάγεται σημαντικό κόστος για μεμονωμένες επιχειρήσεις και για το σύνολο της οικονομίας. Το ISO 45001 είναι το πρώτο παγκόσμιο διεθνές πρότυπο για την επαγγελματική υγεία και ασφάλεια. Παρέχει ένα πλαίσιο που επιτρέπει σε όλους τους οργανισμούς - ανεξάρτητα από το μέγεθος ή τον τομέα - να μειώνουν με ενεργό τρόπο τον κίνδυνο στον χώρο εργασίας και να βελτιώνουν εμφανώς την υγεία και την ευημερία στην εργασία. Το διεθνές πρότυπο ISO 45001: 2018 δημοσιεύθηκε στις 12 Μαρτίου 2018. Καθορίστηκε τριετής μεταβατική περίοδος για τη μετάβαση της πιστοποίησης από το OHSAS 18001 στο ISO 45001 η οποία και λήγει στις 11 Μαρτίου 2021.

Δομή : Το πρότυπο ISO 45001 ακολουθεί και αυτό τη Δομή Υψηλού Επιπέδου (HLS) με στόχο τη διευκόλυνση της ανάπτυξης ενός αποτελεσματικού συνολικού λειτουργικού συστήματος διαχείρισης. Το νέο πρότυπο ευθυγραμμίζεται στενά με το πρότυπο ISO 14001: 2015 προκειμένου να δημιουργηθούν οι βέλτιστες συνέργειες για ολοκληρωμένα συστήματα διαχείρισης. Αυτό σημαίνει ότι η επέκταση του συστήματος διαχείρισης OH & S ώστε να συμμορφώνεται με άλλα πρότυπα όπως το ISO 9001, ISO 14001 ή ISO 50001 είναι ακόμα ευκολότερη και ιδιαίτερα επωφελής στις περισσότερες των περιπτώσεων. Στο νέο πρότυπο αποτελεί επίσης νέα απαίτηση για μια νέα αντίληψη βασισμένη στον κίνδυνο σε συνδυασμό με την διεργασιακή προσέγγιση.

Μια επιπλέον πτυχή του νέου προτύπου ISO 45001 αποτελεί η ανάγκη να ληφθούν υπόψη όλα τα άτομα που εργάζονται στο πλαίσιο της ευθύνης μιας οργάνωσης (εργαζόμενοι, εργαζόμενοι γραφείων, υπηρεσίες των προμηθευτών, των εργολάβων).

Που Απευθύνεται : σε όλες τις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς, ανεξάρτητα από το μέγεθος, το είδος καθώς και τις δραστηριότητές τους (παραγωγή προϊόντων, παροχή υπηρεσιών, δημόσιοι οργανισμοί). Παρά το γεγονός ότι δεν αποτελεί νομική υποχρέωση, η διασφάλιση της υγείας και ασφάλειας των εργαζομένων αποτελεί μείζον θέμα για τις σύγχρονες επιχειρήσεις.

2.5 Τρόποι αποφυγής και πρόληψης ατυχημάτων και κινδύνων

Προκειμένου να επιτευχθεί εξάλειψη των ατυχημάτων και διασφάλιση της ομαλής εκτέλεσης εργασιών όπως και ορίζουν η σχετική νομοθεσία καθώς και το πρότυπο ISO κάθε επιχείρηση οφείλει να ακολουθεί ένα συγκεκριμένο πρότυπο αποφυγής ατυχημάτων και διευκόλυνσης της εργασίας κάτι που για να επιτευχθεί πρέπει να διασφαλιστεί η απουσία του κινδύνου σε κάθε θέση εργασίας μεμονωμένα καθώς και σε όλο τον εργασιακό χώρο σαν σύνολο. Παρακάτω παρουσιάζονται διάφοροι τρόποι και μέθοδοι πρόληψης καθώς και ο εξοπλισμός που πρέπει να βρίσκεται στον χώρο εργασίας έτσι ώστε αυτός να είναι εργονομικός.

2.5.1 Πυρασφάλεια

Αρχικά για να προκληθεί η φωτιά στον χώρο εργασίας θα πρέπει να συνυπάρχουν οι ακόλουθοι παράγοντες (τετράεδρο της φωτιάς) :

- Καύσιμη ύλη
- Οξυγόνο
- Υψηλή θερμοκρασία
- Χημική αντίδραση για την έναρξη

Διεθνώς υπάρχουν 5 είδη πυρκαγιάς:

- Τύπος Α: Πυρκαγιές στερεών υλικών όπως ξύλα, χαρτιά, στουπιά κ.α.
- Τύπος Β: Πυρκαγιές εύφλεκτων υγρών όπως βενζίνες, πετρέλαιο, λάδια, χρώματα, διαλυτικά.
- Τύπος C: Πυρκαγιές αερίων όπως προπάνιο, βουτάνιο .
- Τύπος D: Πυρκαγιές μετάλλων.
- Τύπος E: Ηλεκτρικές πυρκαγιές.

Η πυρκαγιά μπορεί να προκληθεί από διάφορες αιτίες όπως ηλεκτρικές εγκαταστάσεις ηλεκτρικές συσκευές , κάπνισμα, εργασίες συγκολλήσεων, οξυγόνο, αταξία, ανάφλεξη εύφλεκτων υλικών (αερίων, υγρών, στερεών), έκρηξη, αυτανάφλεξη.

Για να αποφευχθεί η εκδήλωση πυρκαγιάς στον εργασιακό χώρο πρέπει να ακολουθούνται κάποιοι βασικοί κανόνες από το προσωπικό όπως :

- Να μην γίνεται υπερφόρτωση των ηλεκτρολογικών εγκαταστάσεων.
- Αντικατάσταση γυμνών καλωδίων σε περίπτωση που υπάρχουν καθώς μπορεί να προκαλέσουν σπινθήρες.
- Όλα τα ηλεκτρικά κυκλώματα πρέπει να είναι γειωμένα.
- Προστασία των χώρων με αλεξικέραυνα.
- Αποφυγή του καπνίσματος σε χώρους που κάτι τέτοιο απαγορεύεται.
- Μην αδειάζετε σταχτοδοχεία σε καλάθια απορριμμάτων.
- Μην αφήνετε ποτέ αναμμένα γκαζάκια ή ηλεκτρικά μάτια χωρίς επιτήρηση.
- Να αποφεύγετε την εκτέλεση θερμών εργασιών και τη χρήση γυμνής φλόγας, κοντά σε εύφλεκτα υλικά.
- Να λαμβάνετε ιδιαίτερα μέτρα πυροπροστασίας, κατά τη διακίνηση και αποθήκευση εύφλεκτων υλικών.
- Μην μετακινείτε τους πυροσβεστήρες από τις προβλεπόμενες θέσεις
- Μάθετε τη σωστή χρήση των πυροσβεστήρων.

Κατασβεστικά μέσα

Πυροσβεστήρες ξηράς σκόνης. Κατάλληλοι για κατάσβεση πυρκαγιών Β, C και Ε. Μειονέκτημα ότι καταστρέφουν την πλαστική μόνωση των καλωδίων. Πυροσβεστήρες διοξειδίου του άνθρακα. Κατάλληλοι για όλους τους τύπους πυρκαγιών. Δεν είναι τοξικοί και δε βλάπτουν τις ηλεκτρικές εγκαταστάσεις. Χρειάζονται προσοχή κατά το χειρισμό τους λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας στα σημεία εξόδου.

Ενέργειες σε περίπτωση πυρκαγιάς

Στην περίπτωση που κάποιο από τα παραπάνω μέτρα δεν εφαρμοστεί πιστά και προκληθεί πυρκαγιά στον εργασιακό χώρο πρέπει να εφαρμοστεί το παρακάτω πρωτόκολλο δράσεων έτσι ώστε και στην ύστατη περίπτωση να ελαχιστοποιηθούν οι απώλειες από την πυρκαγιά.

Αυτός που εντοπίζει την πυρκαγιά:

1. Παραμένει ψύχραιμος, επιχειρεί κατάσβεση με τα υπάρχοντα μέσα πυρόσβεσης αν κάτι τέτοιο δεν θέτει τον ίδιο σε κίνδυνο (πυρκαγιές μικρής έκτασης) ενώ αν η πυρκαγιά είναι μεγαλύτερης έκτασης ειδοποιεί το τμήμα φύλαξης και τον Πυροσβεστικό Σταθμό Λιμένα .
2. Ακόμα αν υπάρχει άτομο που κινδυνεύει το βοηθά να απομακρυνθεί χωρίς να κινδυνεύσει ο ίδιος.
3. Παρέχει στην Ομάδα Πυρασφάλειας και στους Πυροσβέστες πληροφορίες για το χώρο, τυχόν εύφλεκτα υλικά, δοχεία υπό πίεση, ηλεκτρικούς πίνακες κ.α.

Αυτός που ακούει το συναγερμό:

1. Παραμένει ψύχραιμος.
2. Διακόπτει τη λειτουργία μηχανημάτων και ηλεκτρικών εγκαταστάσεων.
3. Απομακρύνεται γρήγορα από το χώρο ειδοποιώντας και τους συναδέλφους του να κάνουν το ίδιο.



Σχήμα 2.2: Πυροσβεστήρες ξηράς σκόνης και πυροσβεστήρες διοξειδίου του άνθρακα

2.5.2 Εξαερισμός – Αερισμός

Στους κλειστούς χώρους εργασίας πρέπει να υπάρχει επαρκής νωπός αέρας, ανάλογα με τις μεθόδους εργασίας και τη σωματική προσπάθεια που καταβάλουν οι εργαζόμενοι. Ακόμα η ποιότητα του αέρα πρέπει να διασφαλίζεται με βάση τις αρχές της υγιεινής ενώ η παροχή αέρα ανά εργαζόμενο διαφέρει από τις διάφορες κατηγορίες εργασιών και σύμφωνα με το παρακάτω πίνακάκι δίνεται η ενδεικτική παροχή νωπού αέρα ανά εργαζόμενο.

Είδος Εργασίας	m ³ αέρας/ώρα/ εργαζόμενο
Καθιστική	20-40
Ελαφριά σωματική	40-60
Βαριά σωματική	Άνω των 65

Σχήμα 2.3 : παροχή αέρα ανά εργαζόμενο

Είδη εξαερισμών

Ο αερισμός διακρίνεται σε δύο μορφές στον εργασιακό χώρο, στον ελεύθερο ή φυσικό αερισμό, στον τεχνητό αερισμό, καθώς και στον τοπικό εξαερισμό και στον γενικό εξαερισμό.

Ελεύθερος αερισμός : Επιτυγχάνεται με τη βοήθεια ειδικών ανοιγμάτων στους τοίχους και τις στέγες της κτηριακής εγκατάστασης και εφαρμόζεται κυρίως σε χώρους που πρέπει να απαχθεί θερμός αέρας.

Τεχνητός αερισμός : Η ανανέωση του αέρα επιτυγχάνεται με τεχνητά μέσα ή συστήματα όπως κλιματισμού και εξαερισμού. Σε αυτή την περίπτωση που η ανανέωση του αέρα επιτυγχάνεται με τεχνητά μέσα αυτά πρέπει: TM

- Να λειτουργούν συνεχώς. TM
- Να λειτουργούν κατά τρόπο ώστε να αποφεύγεται η έκθεση των εργαζομένων σε ενοχλητικά ρεύματα. TM
- Να διατηρούνται σε καλή κατάσταση λειτουργίας. TM
- Κάθε βλάβη του συστήματος να επισημαίνεται κατάλληλα από αυτόματη διάταξη, ενσωματωμένη στο σύστημα ή στο μέσο. TM
- Να περιορίζονται άμεσα οι αποθέσεις και οι ρύποι της εγκατάστασης κλιματισμού/εξαερισμού που ενδέχεται να επιφέρουν κίνδυνο για την υγεία των εργαζομένων.

Τοπικός εξαερισμός : Ορίζεται ως η εξαγωγή του αέρα από μία περιοχή κοντά στην πηγή έτσι ώστε η επικίνδυνη ουσία να μη διαδίδεται στον υπόλοιπο χώρο εργασίας. Στόχος είναι η δημιουργία μιας ροής αέρα που μπορεί να συλλαμβάνει την ουσία και να τη φέρνει μέσα στον αγωγό αναρρόφησης. Η αποτελεσματικότητα μιας εγκατάστασης τοπικού εξαερισμού επηρεάζεται από τη γεωμετρική μορφή του συστήματος εισαγωγής αέρα (απαιτείται σωστός σχεδιασμός καλύμματος αναρρόφησης), την απόστασή του από την πηγή (πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο κοντά στην πηγή) και την ροή του αέρα μέσα στον χώρο εργασίας (πρέπει να είναι όσο γίνεται μικρότερη). Αυτή η εγκατάσταση πρέπει να διατηρείται σε καλή κατάσταση λειτουργίας. Οι επιβλαβείς παράγοντες πριν εκδιωχθούν στην ατμόσφαιρα πρέπει να υποβάλλονται σε ειδική επεξεργασία, ώστε να καθίστανται αβλαβείς

Γενικός εξαερισμός : Συνίσταται στην ανανέωση του αέρα σε όλη την έκταση του χώρου. Ο γενικός εξαερισμός επηρεάζεται από τον ρυθμό εκπομπής της ρυπαντικής ουσίας (δεν πρέπει να είναι μεγάλος), από την εξέλιξη της ρυπαντικής ουσίας (πρέπει να είναι ομοιόμορφη) και από την τοξικότητα της ουσίας (πρέπει να είναι χαμηλή). Κατά τον σχεδιασμό των εγκαταστάσεων εξαερισμού απαιτείται να προβλέπεται σύστημα για την αποκατάσταση του αέρα που έχει αναρροφηθεί.

2.5.3 Φωτισμός χώρων εργασίας

Μία σημαντική μορφή κόπωσης στο περιβάλλον εργασίας είναι η οπτική κόπωση η οποία θεωρείται μια κόπωση μυϊκού τύπου εφ' όσον οι γενεσιουργές αιτίες εστιάζονται κύρια στην εξάντληση του βλεφαριδικού μυός που είναι υπεύθυνος για την προσαρμογή απόστασης του οφθαλμού, των εξωτερικών μυών που συντελούν στη συγκλιτικότητα του οφθαλμού, καθώς επίσης και των μυών που συμβάλλουν στη διατήρηση της ορθής στάσης της κεφαλής. Η οπτική κόπωση εκδηλώνεται κυρίως κατά τη διάρκεια μιας επίμονης και λεπτεπίλεπτης οπτικής εργασίας, με κλινικά συμπτώματα όπως: ο ερεθισμός των οφθαλμών, η δακρύρροια, η επιπεφυκίτιδα, η διπλωπία, οι πονοκέφαλοι, η υπνηλία, η μειωμένη οπτική οξύτητα. Οπότε για να αποφευχθούν όλα τα παραπάνω συμπτώματα πρέπει ο φωτισμός στον χώρο εργασίας να είναι πάντα ο κατάλληλος.

Οι παράγοντες που μπορούν να καθορίσουν τις ποσοτικές και ποιοτικές ανάγκες σε φωτισμό, είναι σε άμεση συνάρτηση με τη φύση (είδος) της εργασίας, την ικανότητα της οπτικής οξύτητας του εργαζομένου και το περιβάλλον στο οποίο εκτελείται η εργασία. Οι

εγκαταστάσεις φωτισμού των χώρων εργασίας και διαδρόμων κυκλοφορίας κατασκευάζονται έτσι ώστε να μην δημιουργούνται κίνδυνοι για την υγεία των εργαζομένων. Αν από την απρόοπτη διακοπή του γενικού φωτισμού είναι δυνατό να συμβούν ατυχήματα, πρέπει να υπάρχει εφεδρικός φωτισμός ασφαλείας.

Ακόμα όσον αφορά τον τεχνητό φωτισμό στην εργασία αυτός πρέπει :

- Να είναι ανάλογος με τη φύση και το είδος της εργασίας.
- Να ελαχιστοποιεί τη θάμβωση. TM
- Να διαχέεται και να κατευθύνεται σωστά. TM
- Να μη δημιουργεί υπερβολικές αντιθέσεις και εναλλαγές φωτεινότητας. TM
- Οι διακόπτες πρέπει να είναι εύκολα προσιτοί, ακόμη και στο σκοτάδι.

2.5.4 Δάπεδα

Τα δάπεδα του χώρου εργασίας πρέπει να είναι εργονομικά και να διευκολύνουν την καθημερινή εργασία ενώ ακόμα να εξαλείφουν πλήρως τις πιθανότητες ατυχημάτων στον εργασιακό χώρο.

Μερικά από τα χαρακτηριστικά των δαπέδων εργασίας :

- Να είναι σταθερά και στέρεα.
- Να μην παρουσιάζουν επικίνδυνες κλίσεις.
- Να μην παρουσιάζουν κινδύνους ολισθήματος.
- Να είναι ομαλά και χωρίς εμπόδια. TM
- Να είναι επαρκούς αντοχής. TM
- Να μη δημιουργούν σκόνη λόγω φθοράς.
- Να έχουν δυνατότητα εύκολου καθαρισμού.

Ανάλογα με τους επί μέρους κινδύνους που παρουσιάζει η παραγωγική διαδικασία τα δάπεδα πρέπει ακόμη: TM

1. Εφόσον πρέπει να πλένονται με άφθονο νερό ή υπάρχουν νερά λόγω της παραγωγικής διαδικασίας, πρέπει να διαθέτουν κατάλληλο σύστημα αποχέτευσηςTM καθώς και φρεάτια. Ακόμα τα καλύμματα των φρεατίων πρέπει να είναι επαρκούς αντοχής και να μην παρουσιάζουν κινδύνους ολισθήματος ή πρόσκρουσης. Σε περίπτωση που αυτά αφαιρούνται προσωρινά για την εκτέλεση εργασιών, πρέπει οι εργαζόμενοι να διασφαλίζονται από κίνδυνο πτώσης.
2. Όπου υπάρχει κίνδυνος από καυστικές ή διαβρωτικές ουσίες, πρέπει να έχουν επαρκή αντοχή.
3. Όπου το απαιτούν λόγοι υγιεινής πρέπει να είναι αδιαπτόιστα.
4. Όπου υπάρχει κίνδυνος λόγω δημιουργίας σπινθήρων ή χρήση φλόγας πρέπει να είναι πυράντοχα. ^{TM TM}
5. Να είναι ηλεκτρομονωτικά σε μεμονωμένες θέσεις με αυξημένο κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. TM
6. Να συμβάλλουν στην απόσβεση κραδασμών και θορύβων σε σημεία που δημιουργούνται λόγω μηχανών όπως κρουστικών πρεσών.

2.5.5 Θόρυβοι

Οι ήχοι που καθημερινά ακούγονται στον εργασιακό χώρο μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες στην ακοή των εργαζομένων, ο δυνατός ήχος στον χώρο εργασίας μπορεί να καταστήσει δύσκολη τη συζήτηση, αδύνατη τη χρήση του τηλεφώνου και αδυναμία

επικοινωνίας των εργαζομένων σε περίπτωση που υπάρξει ανάγκη ειδοποίησης για επερχόμενο κίνδυνο. Θόρυβος είναι κάθε ανεπιθύμητος ήχος, η ένταση του μετράται σε ντεσιμπέλ(db), για παράδειγμα η ένταση μιας φυσιολογικής συζήτησης είναι περίπου 65db, στο παρακάτω πίνακάκι φαίνονται τα επιτρεπόμενα όρια έκθεσης σε θόρυβο.

dB	Κατάσταση του θορύβου
>81	Απαράδεκτη κατάσταση
78-81	Πολύ θορυβώδης
75-77	Θορυβώδης κατάσταση
72-74	Σχεδόν ανεκτή κατάσταση
69-71	Καλή κατάσταση
<69	Άνετη κατάσταση

Σχήμα 2.4 : Κατάσταση του θορύβου ανάλογα τα dB

Αντιμετώπιση του κινδύνου του θορύβου

Στα πλαίσια της αναβάθμισης του ακουστικού περιβάλλοντος και της αποφυγής οι ενέργειες που πρέπει να πραγματοποιούνται πρέπει να ακολουθούν το κλασσικό μοντέλο της Τεχνικής Πρόληψης το οποίο περιλαμβάνει:

- έλεγχος στην πηγή
- έλεγχος κατά τη διάδοση
- έλεγχος στον αποδέκτη

Έλεγχος στην Πηγή : Αυτός ο έλεγχος αφορά μέτρα τροποποίησης της ίδιας της παραγωγικής διαδικασίας καθώς και μέτρα για την βελτίωση του σχεδιασμού των μηχανών και των κατασκευαστικών τους χαρακτηριστικών για τη μείωση του εκπεμπόμενου θορύβου (π.χ. αερόσφυρα με σιγαστήρα).

Έλεγχος στην Διάδοση : Εδώ ο έλεγχος ασχολείται με την κατασκευή καμπίνων χειρισμών ηχομονωμένων για την προστασία του εργαζομένου καθώς και μέτρα που εξασφαλίζουν όπου είναι αυτό δυνατό πλήρη ηχομόνωση της πηγής του θορύβου. Ακόμα σημαντικό είναι να γίνεται αύξηση της απόστασης του χειριστή από την πηγή του θορύβου ενώ ακόμα εφαρμογή κατάλληλων ηχοαπορροφητικών υλικών στα τοιχώματα τις οροφές και τα δάπεδα των χώρων.

Έλεγχος στον Δέκτη του θορύβου : Ως δέκτη νοείται πάντα ο εργαζόμενος, στον οποίο με τη χορήγηση ατομικών μέσων προστασίας όπως κατάλληλες για κάθε περίπτωση ωτασπίδες, γίνεται προσπάθεια της μείωσης του κινδύνου του θορύβου. Μία ακόμη ορθή τεχνική είναι η κυκλική εναλλαγή των εργαζομένων στις θέσεις εργασίας που είναι περισσότερο επιβαρημένες από τον θόρυβο ενώ επιβάλλεται και η θέσπιση διακοπών - διαλειμμάτων ανάπαυσης σε ήσυχους χώρους κατά την εργασία.

Ιατρική Πρόληψη από τον θόρυβο

Ο Γιατρός Εργασίας είναι αυτός που οργανώνει την πρόληψη του κινδύνου από τον θόρυβο ενημερώνοντας τους εργαζομένους που εκτίθενται σε ψηλά επίπεδα θορύβου για τους κινδύνους που διατρέχει η ακοή και η υγεία τους γενικότερα. Ακόμα ασχολείται με την προληπτική ιατρική εξέταση του εργαζομένου πριν την οριστική τοποθέτηση του, σε θέση εργασίας που συνεπάγεται, έκθεση σε ισχυρό θόρυβο, μετά από χαρτογράφηση του χώρου και ακριβή προσδιορισμό της ηχοέκθεσης με τις απαραίτητες για τον σκοπό αυτό μετρήσεις. Αυτή η ιατρική εξέταση περιλαμβάνει: Λήψη Ιστορικού - Πλήρη κλινική εξέταση και ωτοσκόπηση – Ακοομετρικό έλεγχο, με τονικό ακοογράφημα στον εργαζόμενο.

2.5.6 Χωροταξία – Τοποθέτηση Μηχανών

Ο χωροταξικός σχεδιασμός έχει ως αντικείμενο την τοποθέτηση των διαφόρων λειτουργιών στο εσωτερικό των εγκαταστάσεων και αποτελεί μέρος του γενικότερου προβλήματος σχεδιασμού παραγωγικών και ασφαλών συστημάτων. Αναφέρεται στη χωροταξική διευθέτηση των μηχανημάτων, του λοιπού εξοπλισμού και του ανθρώπινου δυναμικού στις διάφορες θέσεις και επίπεδα του κυρίως παραγωγικού χώρου μιας μονάδας σε σχέση με το χώρο. Ο χωροταξικός σχεδιασμός σχετίζεται άμεσα με την ασφάλεια στον χώρο εργασίας αφού σκοπεύει στην εξασφάλιση ικανοποιητικών συνθηκών εργασίας για κάθε θέση εργασίας. Η χωροταξική μελέτη (facilities layout) έχει σαν στόχο την κατανομή των εσωτερικών χώρων και συστατικών του συστήματος παραγωγής κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο. Η χωροταξία ή και αλλιώς ευταξία σε ένα μηχανουργείο είναι ιδιαίτερα σημαντική για την αποφυγή ατυχημάτων και υπάρχουν διάφορα χαρακτηριστικά τα οποία πρέπει να ακολουθεί ένας σωστά χωροταξικά δομημένος εργασιακός χώρος, μερικά από αυτά παραθέτονται παρακάτω :

- Πρέπει να διατίθεται επαρκής χώρος γύρω από τα μηχανήματα για την κυκλοφορία ανθρώπων και υλικών (καθώς και για την ενδιάμεση αποθήκευση των υλικών κατά την παραγωγή.
- Ο χώρος όπου μπορεί να κινείται ο χειριστής του εξοπλισμού να μη βρίσκεται σε διάδρομο κυκλοφορίας.
- Να διατίθενται πάγκοι και τροχήλατα ντουλαπάκια για τα αναγκαία εργαλεία και εξαρτήματα ώστε να ελαχιστοποιούνται οι αναγκαίες μετακινήσεις του χειριστή και να μην υπάρχουν σκόρπια εργαλεία που είναι πηγή κινδύνου.
- Τα άχρηστα υλικά να συσσωρεύονται σε ειδικά δοχεία και χώρους και να γίνεται τακτικός έλεγχος.
- Να αποφεύγεται η χρήση πρόχειρων κατασκευών ως καθίσματα ειδικά όπου υπάρχει μειωμένη ευστάθεια ή μεγάλο ύψος.
- Είναι αναγκαίο να υπάρχουν και να είναι σωστά διευθετημένα τα κατάλληλα εναέρια και υπόγεια δίκτυα παροχής υπηρεσιών.
- Πρέπει να υπάρχει ομαλή ροή των υλικών.

Ο χωροταξικός σχεδιασμός πέρα από τα παραπάνω γενικά χαρακτηριστικά απαρτίζεται και από όλες εκείνες τις μελέτες που πρέπει να γίνουν ώστε να οριστούν σωστά στον εργασιακό χώρο τα μέσα διαφυγής, οι θύρες κινδύνου, οι διάδρομοι κυκλοφορίας και το ύψος των θέσεων εργασίας.

Μέσα Διαφυγής

Κάθε χώρος εργασίας πρέπει να διαθέτει επαρκή και κατάλληλα μέσα διαφυγής (διαδρόμους, διόδους, οδούς και εξόδους) με την κατάλληλη σήμανση (πινακίδες) τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν, σε περίπτωση κινδύνου, ή άλλου επείγοντος περιστατικού, για την ασφαλή διαφυγή των εργαζομένων ή και άλλων προσώπων, χωρίς τα διαφεύγοντα πρόσωπα να εκτίθενται σε κίνδυνο. Θα πρέπει για τον σκοπό αυτό να διαφανεί, μέσα από την εκτίμηση των κινδύνων, κατά πόσο τα υφιστάμενα μέσα διαφυγής είναι ικανοποιητικά ή είναι αναγκαία η κατασκευή επιπρόσθετων οδών, διόδων, διαδρόμων, θυρών διαφυγής ή και επιπρόσθετων κλιμακοστασίων. Συστήνεται όπως χρησιμοποιούνται σκάλες με ευθυτενή διαδρομή. Οι κυκλικές ή ελικοειδείς σκάλες που αποτελούν τις αποκλειστικές διαδρομές διαφυγής από κάποιο χώρο, δεν θεωρούνται ως ικανοποιητικά μέσα διαφυγής.

Θύρες Κινδύνου

Οι θύρες κινδύνου που οδηγούν έξω από το κτήριο, πρέπει να ανοίγουν προς την κατεύθυνση της εξόδου (διαφυγής). Συστήνεται όπως οι θύρες κινδύνου εφοδιαστούν με σύρτη πανικού ή με άλλο σύστημα/μηχανισμό που να επιτρέπει το εύκολο και άμεσο άνοιγμά τους από την εσωτερική πλευρά του κτηρίου. Οι θύρες κινδύνου πρέπει να είναι εφοδιασμένες με κατάλληλες πινακίδες.

Διάδρομοι Κυκλοφορίας

Οι διάδρομοι και τα κλιμακοστάσια (εάν υπάρχουν) πρέπει να έχουν ικανοποιητικό πλάτος που να επιτρέπει τη διακίνηση προσώπων και υλικών. Οι διάδρομοι πρέπει να έχουν ικανοποιητικό πλάτος που να επιτρέπει ανάλογα με την περίπτωση τη διακίνηση τροχοφόρων, ατόμων και υλικών. Συστήνεται όπως οι διάδρομοι και τα κλιμακοστάσια έχουν ελεύθερο πλάτος τουλάχιστον 1,10m.

Θέσεις Εργασίας σε ύψος

Θα πρέπει να προβλεφθούν ασφαλή και κατάλληλα μέσα πρόσβασης στις θέσεις εργασίας οι οποίες βρίσκονται σε ύψος, λαμβάνοντας υπόψη τη συχνότητα πρόσβασης, όπως σταθερές κλίμακες με κιγκλιδώματα ή/και ανελκυστήρες, καθώς επίσης και κατάλληλες διατάξεις για τη χρήση εξοπλισμού διάσωσης σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, όπως ιμάντες διάσωσης, ατομικές ζώνες ασφαλείας και σχοινιά ασφαλείας.

2.5.7 Μέσα Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ)

Η χρήση των ΜΑΠ πρέπει να θεωρείται ως η τελευταία λύση για την προστασία των εργαζομένων και να χρησιμοποιείται μόνο εφόσον οι κίνδυνοι δεν μπορούν να αποφευχθούν ούτε να περιοριστούν επαρκώς με τεχνικά μέτρα ή μέσα συλλογικής προστασίας ή με μέτρα και διαδικασίες οργάνωσης της εργασίας. Κάθε ΜΑΠ πρέπει να είναι κατάλληλο για τους σχετικούς κινδύνους, χωρίς το ίδιο να οδηγεί σε αυξημένο κίνδυνο. Πρέπει να ανταποκρίνεται στις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο εργασίας και να ταιριάζει σωστά στο χρήστη.

Ο εργοδότης πρέπει να παρέχει τα ΜΑΠ και να πληρώνει κάθε δαπάνη σχετικά με αυτά καθώς επίσης και να διασφαλίζει την καλή κατάσταση αυτών από άποψη λειτουργίας και υγιεινής. Η κατάρτιση και η επίδειξη για τη χρησιμοποίηση των μέσων ατομικής προστασίας, από ειδικούς πάντα, αποτελεί επίσης υποχρέωση του εργοδότη. Παρακάτω παραθέτονται διάφορες απαιτήσεις σχετικά με την χρήση των ΜΑΠ.

Γενικές Απαιτήσεις Μέσων Ατομικής Προστασίας

ΤΑ ΜΑΠ θα πρέπει :

Να είναι σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις σχετικά με το σχεδιασμό και την κατασκευή τους από πλευράς ασφάλειας και υγείας.

- Να είναι κατάλληλα για τους κινδύνους που πρέπει να προλαμβάνονται και η χρήση τους να μη συνεπάγεται νέους κινδύνους.
- Να επιλέγονται με βάση τις συγκεκριμένες κάθε φορά συνθήκες και ανάγκες.
- Να προσαρμόζονται στο εκάστοτε χρήστη.
- Να συνοδεύονται με σαφείς οδηγίες χρήσης στην ελληνική γλώσσα.
- Να συντηρούνται, να επισκευάζονται και να καθαρίζονται τακτικά.
- Να αντικαθίστανται όταν παρουσιάζουν προχωρημένη φθορά ή έχει λήξει ο επιτρεπόμενος χρόνος χρήσης τους.
- Να φυλάσσονται σε ειδικές θέσεις ή χώρους με καλές συνθήκες καθαριότητας και υγιεινής.
- Σε περίπτωση πολλαπλών κινδύνων αν χρησιμοποιούνται περισσότερα του ενός, πρέπει να είναι συμβατά μεταξύ τους και αποτελεσματικά.

- Σε περίπτωση που τα ΜΑΠ διαθέτουν σύστημα με το οποίο μπορούν να συνδέονται με συμπληρωματικό σύστημα, το εξάρτημα σύνδεσης πρέπει να έχει μελετηθεί και κατασκευαστεί έτσι ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί μόνο σε σύστημα κατάλληλου τύπου.
- Να προορίζονται για προσωπική χρήση.
- Τα ΜΑΠ που διατίθενται στην αγορά απαιτείται να φέρουν τη σήμανση CE επ' αυτών και στη συσκευασία τους με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ορατή και ευανάγνωστη και να παραμείνει ανεξίτηλη κατά την αναμενόμενη διάρκεια ζωής των μέσων ατομικής προστασίας.

Ενέργειες κατά την χορήγηση των ΜΑΠ

Είναι αναγκαίο να γίνουν κάποιες ενέργειες κατά την χορήγηση των ατομικών μέσων προστασίας όπως :

- Ενημέρωση των εργαζομένων για τους κινδύνους που απειλούν την ασφάλεια και την υγεία τους, τα προληπτικά μέτρα που έχουν ήδη ληφθεί, τα μέτρα και τις προφυλάξεις που πρέπει να τηρούν, καθώς και για τους κινδύνους που παραμένουν σε ορισμένες εργασίες ή θέσεις εργασίας και κάνουν αναγκαία τη χρήση των μέσων ατομικής προστασίας
- Παροχή οδηγιών για την αποτελεσματική χρήση τους με σχετική εκπαίδευση ή και εξάσκηση των εργαζομένων όποτε χρειάζεται.
- Περιοδικός έλεγχος της σωστής χρήσης τους.
- Φροντίδα για τη φύλαξή τους σε θέσεις με καλές συνθήκες καθαριότητας και υγιεινής.
- Διάθεση κατάλληλων διευκολύνσεων και μέσων για τις αναγκαίες συντηρήσεις, επισκευές και καθαρισμούς των σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Υποχρεώσεις Εργαζομένων

Από την στιγμή που έχουν χορηγηθεί αυτά τα μέσα στους εργαζομένους αυτοί είναι υπεύθυνοι για την διατήρηση και την σωστή χρήση τους. Οφείλουν να φορούν τα ΜΑΠ όπου απαιτείται για την προστασία της ασφάλειας και της υγείας τους, να τα χρησιμοποιούν σωστά ακολουθώντας πάντα πιστά τις οδηγίες χρήσης και μετά τη χρήση να τα τακτοποιούν στη θέση τους. Ακόμα να αναφέρουν αμέσως στους επικεφαλής κάθε παρατηρούμενη ανωμαλία κατά τη χρήση των ΜΑΠ ή άλλη αιτία που δικαιολογεί τη συντήρηση, την επισκευή ή την αντικατάστασή τους.

Διάφορα Μέσα Προστασίας που Χρησιμοποιούνται

1. Προστασία Κεφαλιού : Στις περιπτώσεις που οι εργαζόμενοι εκτίθενται σε κίνδυνο τραυματισμού του κεφαλιού κατά τη διάρκεια της εργασίας πρέπει να εφοδιάζονται με κατάλληλο κράνος ασφαλείας. Ο κίνδυνος αυτός μπορεί να προέλθει κυρίως από πτώση των ίδιων των εργαζομένων, πτώση αντικειμένων, πρόσκρουση σε αντικείμενο ή μηχανήμα.



Σχήμα 2.6: Συνηθισμένο Κράνος Εργασίας

2. Προστασία Κορμού : Όταν κατά την διάρκεια μιας εργασίας υπάρχει πιθανότητα να φθαρούν ή καταστραφούν τα ρούχα των εργαζομένων τους χορηγούνται διάφορες ποδιές ή φόρμες. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι στην περίπτωση της συγκόλλησης στην οποία οι εργαζόμενοι είναι υποχρεωμένοι να φορούν μια καφέ δερμάτινη ποδιά η οποία αναφλέγεται πολύ δύσκολα για να προστατευτούν. Διάφορα τέτοια ενδύματα είναι οι

ζώνες συγκράτησης κορμού, οι δερμάτινες ποδιές συγκόλλησης, γιλέκια και σακάκια για προστασία από χημικές και μηχανικές προσβολές.



Σχήμα 2.7 :
Δερμάτινη στολή
συγκόλλησης

3. Προστασία Ματιών και Προσώπου : Οι εργαζόμενοι πρέπει να εφοδιάζονται με κατάλληλη προσωπίδα, οθόνη, κατάλληλα γυαλιά (με άχρωμα ή έγχρωμα κρύσταλλα) ή άλλο κατάλληλο ανάλογα με την φύση της εργασίας ατομικό μέσο προστασίας όταν υπάρχει κίνδυνος τραυματισμού του προσώπου και των ματιών ή βλάβη της όρασης. Συνηθισμένες βλάβες της όρασης προκαλούνται από :

- Εκτινασσόμενα σωματίδια, όπως απόβλητα κατά τη διάρκεια μιας κατεργασίας, ή σπίθες από φλόγα κατά την διάρκεια μιας συγκόλλησης ή με την χρήση τροχού καθώς και κατά την χρήση φλόγας οξυγόνου – ασετιλίνης ή πλάσματος.
- Επικίνδυνες ουσίες όπως καυστικά και ερεθιστικά υγρά και ατμούς.
- Επικίνδυνες ακτινοβολίες όπως αυτήν που δημιουργείται κατά την διάρκεια μίας συγκόλλησης.



Σχήμα 2.8: Διακρίνονται με την σειρά : γυαλιά προστασίας, γυαλιά συγκόλλησης και μάσκα συγκόλλησης

4. Προστασία της ακοής : Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω οι εργαζόμενοι πρέπει να προστατεύονται από τους κινδύνους που προέρχονται ή μπορεί να προέλθουν κατά την εργασία σε θόρυβο, ο θόρυβος εκτιμάται και εφόσον υπάρχει ανάγκη, μετράται προκειμένου να επισημανθούν οι εργαζόμενοι και οι τόποι που εκτίθενται σε αυτόν ώστε να ληφθούν τα ανάλογα μέτρα αντιμετώπισης.

Μέτρα αντιμετώπισης του θορύβου :

- Ωτασπίδες οι οποίες είναι βαριά σκέπαστρα τα οποία καλύπτουν ολόκληρα τα αυτιά και τα κλείνουν ερμητικά με παρέμβυσμα τύπου μαξιλαριού. Έχουν το πλεονέκτημα ότι εξασφαλίζουν μεγάλη προστασία και το μέγεθος τους ταιριάζει σε πολλούς ενώ μειονεκτούν στο ότι χρειάζονται συντήρηση και ζεσταίνουν πολύ το αυτί. Διακρίνονται σε δύο τύπους, με υγρό σκέπαστρο και με παρέμβυσμα με αφρώδες υλικό.
- Ωτοβύσματα τα οποία διακρίνονται σε επαναχρησιμοποιούμενα, μίας χρήσης και σε συμπιεζόμενα αφρώδη πλαστικά. Τα μίας χρήσης υπερτερούν έναντι των άλλων μιας και δεν χρειάζονται πλύσιμο (αφού είναι μίας χρήσης). Χρήσιμο είναι ακόμα ότι μπορούν να συνδυαστούν με ωτασπίδες καθώς και με κράνη.
- Ωτοπώματα δηλαδή πώματα από μαλακό ελαστικό προσαρμοσμένο σε κεφαλόδεσμο που τα πιέζει στα ανοίγματα των ακουστικών πόρων. Έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι

ελαφριά, ταιριάζουν σε πολλούς ανθρώπους, είναι συνδεδεμένα μεταξύ τους οπότε δεν χάνονται εύκολα.



Σχήμα 2.9: Με την σειρά διακρίνονται Ωτασπίδες, Ωτοπώματα και Ωτοβύσματα

5. Προστασία των Αναπνευστικών οδών : Μέσα που χρησιμοποιούνται για να ελαχιστοποιήσουν τον κίνδυνο που προέρχεται από καρκινογόνα αέρια και επιβλαβείς χημικές ουσίες που απελευθερώνονται κατά την διάρκεια διαφόρων μηχανουργικών κατεργασιών όπως συγκολλήσεων.

Τα μέσα αυτά χωρίζονται σε 3 βασικές κατηγορίες :

- Αναπνευστήρες με φίλτρο για καθαρισμό του εισερχόμενου αέρα του άμεσου περιβάλλοντος από τα αιωρούμενα τοξικά αέρια.
- Αυτοδύναμες αναπνευστικές μάσκες.
- Αναπνευστικές συσκευές με συνεχή παροχή καθαρού αέρα, μέσω σωλήνα από το εξωτερικό περιβάλλον εκτός του μολυσμένου χώρου εργασίας.



Σχήμα 2.10: Διάφορα είδη από μάσκες εργασίας

6. Προστασία Χεριών και Βραχιόνων : Οι εργαζόμενοι πρέπει να εφοδιάζονται πάντα με κατάλληλα γάντια και όταν χρειάζεται με καλύμματα των βραχιόνων τους ή να τους χορηγούνται ειδικές προστατευτικές κρέμες με σκοπό την προστασία τους από υψηλές θερμοκρασίες, ερεθιστικές και τοξικές ουσίες ή διαβρωτικές καθώς και από αιχμηρές άκρες επιφανειών, κίνδυνο ηλεκτροπληξίας κ.α.

Πιο συγκεκριμένα για τις εργασίες σε ένα μηχανουργείο όπως οι συγκολλήσεις, ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στα γάντια του ηλεκτροτεχνίτη σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές. Στο παρακάτω σχήμα φαίνονται οι κλάσεις ανάλογα με την τάση έναντι της οποίας παρέχουν προστασία.

Κλάση	Τάση εναλλασσόμενου ρεύματος από την οποία προστατεύουν (KV)
00	0.5
0	1
1	7.5
2	17
3	26.5
4	36

Ακόμα τα γάντια κατατάσσονται σε κατηγορίες ανάλογα με τις ειδικές ιδιότητες αντοχής που έχουν σε διάφορα υλικά. Οπότε στον παρακάτω πίνακα υπάρχουν οι διάφορες κατηγορίες.

Κωδικός	Αντοχή σε
A	ΟΞΕΑ
H	ΕΛΑΙΑ
Z	ΟΖΟΝ
M	ΥΨΗΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΚΑΤΑΠΟΝΗΣΗ
R	ΣΥΝΟΛΟ ΠΡΟΗΓΟΥΜΕΝΩΝ
C	ΧΑΜΗΛΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ

7. Προστασία Ποδιών: Στον χώρο του μηχανουργείου υπάρχει υψηλή επικινδυνότητα ως προς τα ατυχήματα στα κάτω μέρη των εργαζομένων, τέτοια ατυχήματα μπορούν να προκληθούν από θερμές και τοξικές ουσίες, καρφιά ή αιχμηρά αντικείμενα, εργαλεία με κοφτερές ακμές, ολισθηρές επιφάνειες καθώς και πρόσκρουση ή πτώση.

Ανάλογα με το είδος των προς εκτέλεσης εργασιών επιλέγονται και τα κατάλληλα υποδήματα ή μπότες όπως :

- Υποδήματα, μπότες ασφαλείας.
- Υποδήματα, μπότες με συμπληρωματική προστασία του άκρου του ποδιού.
- Υποδήματα, μπότες για προστασία από το κρύο.
- Υποδήματα, μπότες για προστασία από τα ηλεκτροστατικά φορτία.
- Υποδήματα, μπότες με ηλεκτρική μόνωση.

2.5.8 Σήμανση

Η σήμανση στους χώρους εργασίας είναι ιδιαίτερα σημαντική ενέργεια ασφάλειας. Η σήμανση μπορεί να είναι απαγορευτική, προειδοποιητική, υποχρέωσης και σήμανση διάσωσης. Τα απαγορευτικά σήματα συνήθως βρίσκονται μέσα σε ένα κόκκινο περιθώριο, που στο λευκό εσωτερικό του είναι ζωγραφισμένη με μαύρο χρώμα η ενέργεια που απαγορεύεται. Τα σήματα αυτά θυμίζουν τα αντίστοιχα σήματα του κώδικα οδικής κυκλοφορίας.

Σήματα Απαγόρευσης

Τα χαρακτηριστικά των σημάτων απαγόρευσης είναι σε κυκλικό σχήμα δηλαδή μαύρο εικονοσύμβολο σε λευκό φόντο, με κόκκινη περίμετρο (το κόκκινο χρώμα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 35% της επιφάνειας της πινακίδας) και κόκκινη γραμμή διαγραφής που κατεβαίνει από αριστερά προς τα δεξιά, καθόλο το μήκος του εικονογράμματος σε γωνία 45°.



Απαγορεύεται η διέλευση στους μη έχοντες εργασία



Μην αγγίζετε, το περίβλημα τελεί υπό τάση



Απαγορεύεται η χρήση γυμνής φλόγας



Απαγορεύεται η κατάσβεση με νερό



Απαγορεύεται η διέλευση οχημάτων



Απαγορεύεται η συγκόλληση.



Απαγορεύεται η
διέλευση κάτω από
ανυψωμένα φορτία

ανύψωσης φορτίων



Απαγορεύεται η
λίπανση κατά την
λειτουργία



Προσοχή, μη πόσιμο
νερό

Σχήμα 2.11: Διάφορα σήματα απαγόρευσης

Σήματα Προειδοποίησης

Τα χαρακτηριστικά των σημάτων προειδοποίησης είναι τριγωνικό σχήμα και μαύρο εικονοσύμβολο σε κίτρινο φόντο με μαύρο περίγραμμα, το κίτρινο χρώμα πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 35% της επιφάνειας της πινακίδας.



Εύφλεκτες ύλες και
υψηλή θερμοκρασία



Εκρηκτικές ύλες



Τοξικές ύλες



Διαβρωτικές ύλες



Αιωρούμενα φορτία



Διέλευση
περονοφόρων
οχημάτων



Κίνδυνος
ηλεκτροπληξίας



Κίνδυνος
ακτινοβολίας λέιζερ



Προσοχή κινούμενα
γρανάζια



Κίνδυνος σύνθλιψης
άκρων



Κυλιόμενα μέρη,
αντικείμενα



Περιοδική αυτόματη
λειτουργία
μηχανημάτων

Σχήμα 2.12: Διάφορα σήματα προειδοποίησης

Σήματα Υποχρέωσης

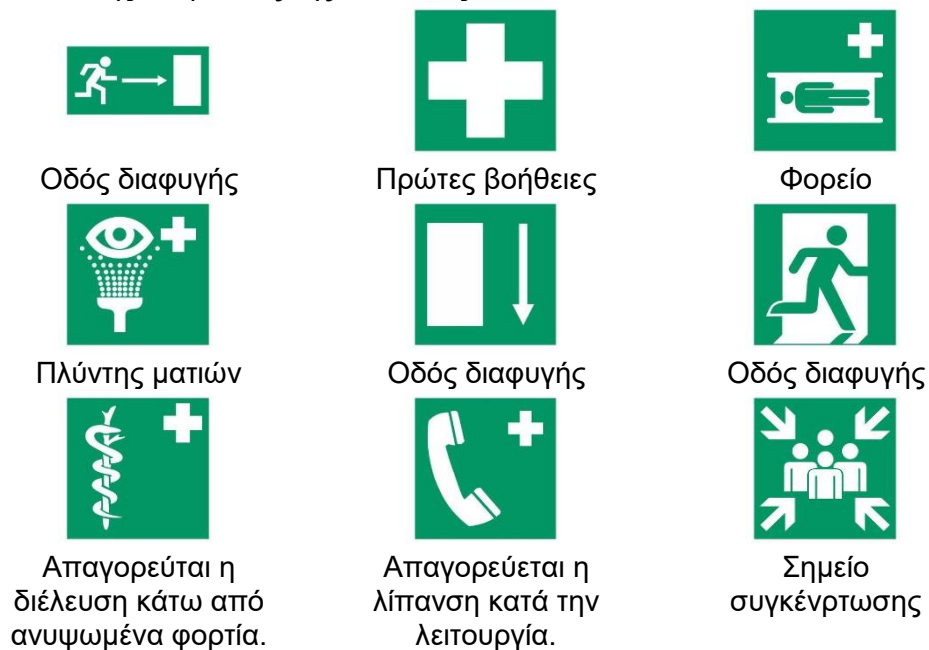
Τα χαρακτηριστικά των σημάτων υποχρέωσης είναι ότι έχουν κυκλικό σχήμα ενώ αναπαριστούν ένα λευκό εικονοσύμβολο σε μπλε φόντο, το μπλε φόντο πρέπει να καλύπτει τουλάχιστον το 35% της επιφάνειας της πινακίδας.



Σχήμα 2.11: Διάφορα σήματα υποχρέωσης

Σήματα διάσωσης η βοήθειας

Τα χαρακτηριστικά των σημάτων διάσωσης ή βοήθειας είναι ορθογώνιο η τετράγωνο σχήμα και λευκό εικονοσύμβολο σε πράσινο φόντο με το πράσινο χρώμα να καλύπτει τουλάχιστον το 50% της επιφάνειας της πινακίδας.



Σχήμα 2.11: Διάφορα σήματα διάσωσης

Σήματα Πυροσβεστικού υλικού

Τα χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου εξοπλισμού είναι ένα ορθογώνιο η τετράγωνο σχήμα με λευκό εικονοσύμβολο σε κόκκινο φόντο, με το κόκκινο χρώμα να καλύπτει τουλάχιστον το 50% της επιφάνειας της πινακίδας.



Τηλέφωνο
καταπολέμησης
πυρκαγιάς



Πυροσβεστικός
εξοπλισμός δεξιά



Σκάλα πυρόσβεσης



Πυροσβεστική μάνικα



Τροχήλατος
πυροσβεστήρας



Πυροσβεστικός
εξοπλισμός κάτω



Πυροσβεστικός
κρουνός



Πυροσβεστήρας



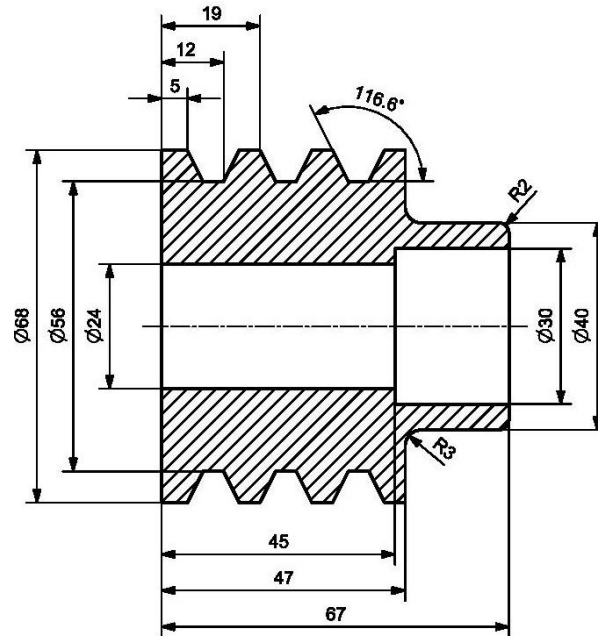
Κομβίο αναγγελίας
πυρκαγιάς

Σχήμα 2.11: Διάφορα σήματα πυρόσβεσης

3. ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3.1 1^ο Τεμάχιο – Τραπεζοειδής Τροχαλία

Το αρχικό τεμάχιο το οποίο κατεργάστηκε προκειμένου να διαμορφωθεί η τροχαλία ήταν αλουμίνιο τύπου 7075 και εξωτερικής διαμέτρου 70 χιλιοστών, σκοπός της κατασκευής είναι να εφαρμοστούν οι παρακάτω κύκλοι κατεργασιών καθώς και να παρουσιαστεί η κατασκευή με τρεις διαφορετικούς τρόπους.



Σχήμα 3.1: Συνοπτικό σχέδιο τεμαχίου προς κατεργασία

Οι κύκλοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν στο παραπάνω τεμάχιο είναι οι ακόλουθοι:

1. Κύκλος διάτρησης (CYCLE83)
2. Κύκλος διάτρησης (CYCLE83)
3. Κύκλος εσωτερικής τόννευσης (CYCLE951)
4. Κύκλος εκχόνδρισης για εξωτερική τόννευση με δοσμένη διαδρομή εργαλείου (CYCLE95)
5. Κύκλος κατεργασίας αυλακώσεων με δοσμένη διαδρομή εργαλείου (CYCLE932)
6. Κατεργασία φινιρίσματος ακολουθώντας την ίδια διαδρομή-contour της εκχόνδρισης




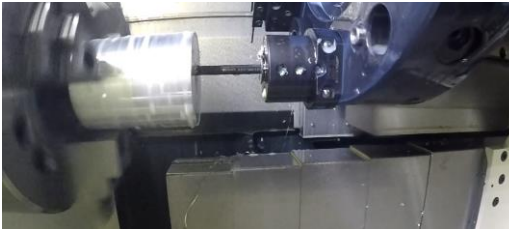
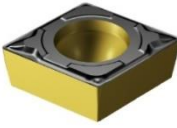
3.1.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS

Παρακάτω παρουσιάζονται διαδοχικές φάσεις οι οποίες οδήγησαν στην κατεργασία του τεμαχίου με χρήση κύκλων κατεργασίας καθώς και τα εργαλεία με τις συνθήκες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για το αποτέλεσμα του τεμαχίου.

Φάση 1



Χρησιμοποιώντας εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 20mm και γωνίας 118 μοιρών πραγματοποιείται η πρώτη κατεργασία του προγράμματος ενώ έχει προηγηθεί το κεντράρισμα της οπής του τεμαχίου με το αντίστοιχο εργαλείο (κεντραδόρος-center drill). Το εργαλείο κατεργάζεται την οπή με διαδοχικά διαμήκη βήματα στην μισή διάμετρο του εργαλείου δηλαδή με $d=10\text{mm}$, ενώ έχει οριστεί το σημείο ασφαλείας 15mm στο οποίο επιστρέφει το

	<p>εργαλείο μετά από κάθε βήμα για να εκτελέσει το επόμενο.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T04 Περιγραφή: Τρυπάνι HSS DRILL Φ20 Εταιρεία: Werko Γεωμετρία: Φ20 Συνθήκες κοπής: $n=850\text{rpm}$, πρόωση $F=0.25\text{mm/rev}$</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE83(15,0,2,-72,,,10,100,0.2,0.5,100,1,0,1.2,1.4,0.2,2,10,1,12211112)</p>
Φάση 2	
 	<p>Η δεύτερη κατεργασία αποσκοπεί σε επιπλέον διάνοιξη της οπής με εργαλείο διάτρησης ένθετων πλακιδίων διαμέτρου 24mm. Το εργαλείο κατεργάζεται με διαμήκη βήματα ίσα με 10mm και επιστρέφει σε σημείο ασφαλείας 15mm μπροστά από το τεμάχιο.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T10 Περιγραφή: Coating PVD (Ti,Al)N Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: πάχος πλακιδίου: 3mm, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 8.4mm, ακτίνα γωνίας 0.5mm</p> <p>Συνθήκες κοπής: $n=750\text{rpm}$, πρόωση $F=0.25\text{mm/rev}$</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE83(15,0,2,-70,,,10,100,0.2,0.5,100,1,0,1.2,1.4,0.2,2,10,1,12211112)</p>
Φάση 3	
 	<p>Στη συνέχεια εκτελείται η κατεργασία εσωτερικής τórνευσης για διάνοιξη της οπής σε διάμετρο 30mm κατά μήκος 20mm. Το εργαλείο εκτελεί διαμήκη περάσματα με αφαίρεση υλικού πάχους 0.2mm ενώ έχει οριστεί επίπεδο επαναφοράς 0.1mm ακτινικά και διαμετρικά στο οποίο μεταβαίνει το εργαλείο μετά από κάθε πέρασμα προκειμένου να γυρίσει στο αρχικό σημείο με γρήγορη ταχύτητα.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T09 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Kennametal Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.2, άκρο κοπής 6.35</p>

	<p>Συνθήκες κοπής: n=300rpm, πρόωση F=0.1mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE951(24,0,30,-19,30,-19,3,0,2,0,0,11,0,0,0,0,1,0,3,0,2,0)</p>
Φάση 4	
 	<p>Για την κατεργασία στην εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου αρχικά χρησιμοποιούνται δύο κύκλοι κατεργασίας εκχόνδρισης. Στον πρώτο από αυτούς εκτελούνται μόνο διαμήκη περάσματα ενώ στον δεύτερο εκτελούνται και ακτινικά για να επιτευχθούν οι ζητούμενες καμπυλότητες στην επιφάνεια. Ο συγκεκριμένος κύκλος εκτελείται με την βοήθεια υποπρογράμματος το οποίο βρίσκεται εκτός προγράμματος και καλείται μέσα στον κύκλο για να ορίσει την πορεία που θα ακολουθήσει το εργαλείο. Και στις δύο περιπτώσεις έχει οριστεί επίπεδο επαναφοράς μετά από κάθε πέρασμα ίσο με 10mm διαμήκη και ακτινικά ενώ το υλικό που αφαιρείται ανά βήμα είναι ίσο με 1mm ενώ το υλικό που θα παραμείνει-stock για την κατεργασία φινιρίσματος θα είναι ίσο με 0.2mm τόσο ακτινικά όσο και διαμήκη στο τεμάχιο.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T12 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=210m/min, πρόωση F=0.12mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE951(75,0,68,- 67,68,67,1,1,0,2,0,2,11,0,0,0,10,0,2,0,2,0) CYCLE62("CONTOUR2DD",0,,) CYCLE95("CONTOUR2DD",1,0,2,0,2,0,2,0,3,0,3,,201,,0,10,0, 2</p> <p>Τμήμα υποπρογράμματος(CONTOUR2DD) SIEMENS: G90 Z0 X36 G03 X40 Z-2 I0 K-2 G01 Z-17 G02 X46 Z-20 I3 K0 G01 X68 M17</p>
Φάση 5	



Η κατεργασία αυλακώσεων επιτεύχθηκε με τον αντίστοιχο κύκλο κατεργασίας με βοήθεια υποπρογράμματος για να κατεργαστούν τα αυλάκια στην ζητούμενη μορφή υπό γωνία. Χρησιμοποιήθηκε εργαλείο αυλακώσεων πάχους 3mm το οποίο εκτέλεσε διαδοχικά περάσματα πάχους 2mm ανά πέρασμα. Ο κύκλος κατεργασίας ακολουθεί την διαδρομή του υποπρογράμματος και κατασκευάζει τρία αυλάκια εφόσον έχει οριστεί η απόσταση από κάθε αυλάκι σε σχετικό σύστημα συντεταγμένων.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T07

Περιγραφή: Coating PVD-AlTiN

Εταιρεία: Kennametal

Γεωμετρία: Πάχος πλακιδίου 3mm, ακτίνα μύτης δεξιά και αριστερά 0.2, γωνία συγκράτησης εργαλειοδέτη 90 μοίρες, ωφέλιμο μήκος εισχώρησης 25mm

Συνθήκες κοπής:

$V_c=98\text{m/min}$, πρόωση $F=0.07\text{mm/rev}$

Τμήμα προγράμματος SIEMENS:

CYCLE62("CONTOUR4DD",0,,)

CYCLE952("GROOVE123",,,,101311,0.3,,0.1,0.1,0.1,0,0,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2)

Τμήμα υποπρογράμματος(CONTOUR4DD) SIEMENS:

G90

Z-62 X68

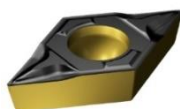
G01 X56 Z-59

G01 Z-55

G01 X68 Z-52

M17

Φάση 6



Η τελευταία κατεργασία αποσκοπεί στην αποπεράτωση του τεμαχίου αφαιρώντας το υλικό που είχε μείνει απόθεμα από την κατεργασία εκχόνδρισης. Χρησιμοποιείται εργαλείο φινιρίσματος το οποίο κατεργάζεται το τεμάχιο στην τελική του μορφή ακολουθώντας το δοσμένο υποπρόγραμμα.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T01

Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN

Εταιρεία: Sandvik

Γεωμετρία: Diamond 55, Γωνία μύτης εργαλείου 55, ακτίνα μύτης 0.397, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 27

	<p>Συνθήκες κοπής: Vc=210m/min, πρόωση F=0.06mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE62("CONTOUR3DD",0,,) CYCLE95("GROOVE123",</p> <p>Τμήμα υποπρογράμματος(CONTOUR3DD) SIEMENS: G90 Z0 X36 G03 X40 Z-2 I0 K-2 G01 Z-17 G02 X46 Z-20 I3 K0 G01 X68 G01 Z-67 M17</p>
--	---

Κώδικας καθοδήγησης της κατεργασίας κατά SIEMENS

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"PIPE",448,0,-100,-72,75,15)
N30	G00 Z120
N40	T4 M06
N50	S850 M03
N60	G00 X0
N70	Z20
N80	F0.25
N90	CYCLE83(15,0,2,-72,,,10,100,0.2,0.5,100,1,0,1.2,1.4,0.2,2,10,1,12211112)
N100	G00 Z100
N110	T10 M06
N120	S750 M03
N130	G00 Z5
N140	X0
N150	F0.34
N160	CYCLE83(15,0,2,-70,,,10,100,0.2,0.5,100,1,0,1.2,1.4,0.2,2,10,1,12211112)
N170	G00 Z145
N180	X100
N190	S300 M04
N200	T9 M06
N210	G00 X10
N220	Z10
N230	F0.1
N240	CYCLE951(24,0,30,-19,30,-19,3,0.2,0,0,11,0,0,0,0.1,0.3,0,2,0)
N250	G00 Z190
N260	X100
N270	T12 M06
N280	G96 S210 M04
N290	G26 S1500
N300	G00 Z20
N310	X80
N320	F0.2
N330	CYCLE951(75,0,68,-67,68,67,1,1,0.2,0.2,11,0,0,0,10,0.2,0,2,0)
N340	G00 X80
N350	Z20

N360	CYCLE62("CONTOUR2DD",0,,)
N370	CYCLE95("CONTOUR2DD",1,0.2,0.2,0.2,0.3,0.3,,201,,0,10,0,2)
N380	G00 X80
N390	Z260
N400	T7 M06
N410	G96 S98 M04
N420	G26 S600
N430	G00 Z-50
N440	X75
N450	CYCLE62("CONTOUR4DD",0,,)
N460	CYCLE952("GROOVE123",,,,101311,0.3,,0,1,0.1,0.1,0,0,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2)
N470	G00 X120
N480	Z260
N490	S1800 M04
N500	T1 M06
N510	G00 Z20
N520	X75
N530	CYCLE62("CONTOUR3DD",0,,)
N540	CYCLE("CONTOURED",,,0,0,0,,0.08,0.08,5,,,,,0,2)
N550	G00 X100
N560	Z92
N570	M30

3.1.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	G00 X100
N30	Z150
N40	T12 M06
N50	G96 S210 M04
N60	G26 S1500
N70	G20 X70 Z-70 F0.12
N80	X69
N90	X68
N100	G00 X70
N110	Z2
N120	G71 U1 R5
N130	G71 P130 Q190 U0.1 W0 F0.12
N140	G00 X36
N150	G03 X40 Z-2 I0 K-2
N160	G01 Z-17
N170	G02 X46 Z-20 I3 K0
N180	G01 X68
N190	G01 Z-67
N200	G70 P130 Q190
N210	G00 X70
N220	Z100
N230	T7 M06
N240	G96 S98 M04
N250	G26 S600
N260	G00 X88
N270	Z-20

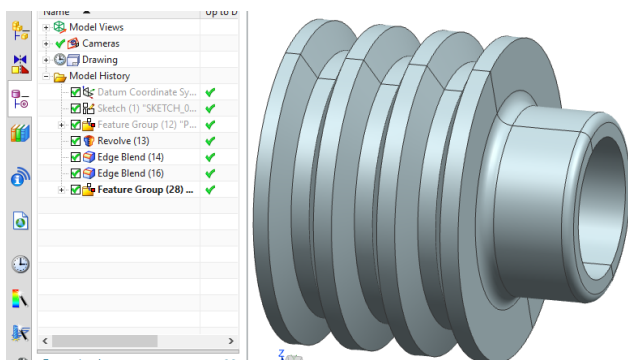
N280	G71 U1 R7
N290	G71 P300 Q330 U0 W0 F0.08
N300	G00 Z-27
N310	G01 X56 Z-30
N320	G01 Z-31
N330	G01 X68 Z-34
N340	G00 X70
N350	Z-41
N360	G71 P370 Q400 U0 W0 F0.08
N370	G00 Z-41
N380	G01 X56 Z-44
N390	G01 Z-45
N400	G01 X68 Z-48
N410	G00 X70
N420	Z-55
N430	G71 U1 R7
N440	G71 P450 Q480 U0 W0 F0.08
N450	G00 Z-55
N460	G01 X56 Z-58
N470	G01 Z-59
N480	G01 X68 Z-62
N490	G00 X70
N500	Z100
N510	T4 M06
N520	S850 M03
N530	G74 R1
N540	G74 Z-72 Q10000 F0.25
N550	G00 Z100
N560	T10 M06
N570	S750 M03
N580	G74 R1
N590	G74 Z-70 G12000 F0.35
N600	G00 Z100
N610	X200
N620	T9 M06
N630	G97 S300 M04
N640	G00 X30
N650	Z20
N660	G71 U0.4 R1
N670	G71 P680 Q700 U0 W0 F0.09
N680	G00 X30
N690	G01 Z-22
N700	G01 X24
N710	G00 Z100
N720	X100
N730	M30

3.1.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM

Σχεδιασμός τεμαχίου σε σύστημα CAD

Για τον σχεδιασμό του τεμαχίου εκτελέστηκε επιμέρους σχεδιασμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ακινικά δηλαδή διαιρεμένων δια δύο ενώ σχεδιάστηκαν και οι οπές χωρίς να χρησιμοποιηθεί η εντολή hole. Μετά το πέρας του σχεδιασμού με την επιλογή της εντολής

revolve επιτεύχθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο επιλέγοντας σαν άξονα περιστροφής του σχεδίου τον άξονα X ενώ σαν κέντρο περιστροφής ορίστηκε η αρχή των αξόνων σύμφωνα με το σύστημα συντεταγμένων σχεδίασης. Τέλος με την εντολή edge blend σχεδιάστηκαν οι καμπύλες στην επιφάνεια του μοντέλου.



Σχήμα 3.2: Σχεδίαση του μοντέλου

Κατεργασία σε σύστημα CAM

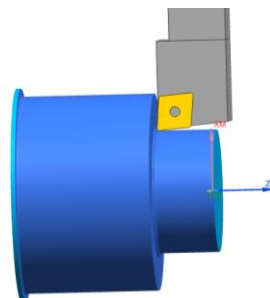
Αρχικά ορίστηκε το επίπεδο κατεργασίας που αφορά την εργαλειομηχανή δηλαδή το σύστημα συντεταγμένων X-Z καθώς και το τεμάχιο που θα κατεργαστεί. Για την δημιουργία του τελικού τεμαχίου δημιουργήθηκαν 6 κατεργασίες με 6 διαφορετικά εργαλεία ενώ ορίστηκαν τα σημεία Avoidance για κάθε ένα από αυτά έτσι ώστε να οριστεί με ασφάλεια η θέση αλλαγής εργαλείου έπειτα από κάθε κατεργασία και να είναι πάντα το ίδιο σημείο μακριά από το κατεργαζόμενο τεμάχιο.

Operation Navigator - Geometry				
Name	Path	Tool	Geometry	Method
GEOMETRY				
Unused Items				
MCS_SPINDLE				
WORKPIECE				
TURNING_WORKPIECE				
AVOIDANCE				
ROUGH_T...		OD_80_L	AVOIDANCE	LATHE_AUXILIA...
ROUGH_T...		OD_80_L	AVOIDANCE	LATHE_AUXILIA...
FINISH_TU...		OD_55_L	AVOIDANCE	LATHE_FINISH
FINISH_TU...		OD_55_L	AVOIDANCE	LATHE_FINISH
GROOVE_...		OD_GROOVE_L	AVOIDANCE	LATHE_GROOVE
GROOVE_...		OD_GROOVE_L	AVOIDANCE	LATHE_GROOVE
GROOVE_...		OD_GROOVE_L	AVOIDANCE	LATHE_GROOVE
AVOIDANCE_1				
CENTERLI...		DRILLING_TOO...	AVOIDANCE_1	LATHE_CENTER...
CENTERLI...		DRILLING_TOO...	AVOIDANCE_1	LATHE_CENTER...
AVOIDANCE_ID				
ROUGH_B...		ID_SMALL	AVOIDANCE_ID	LATHE_CENTER...
PART_OFF		OD_GROOVE_L	AVOIDANCE_ID	LATHE_CENTER...

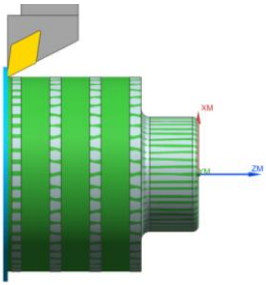
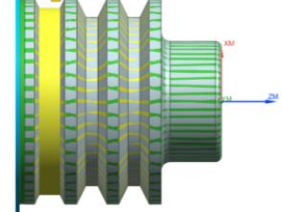
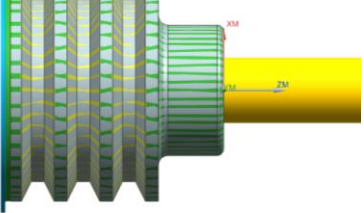
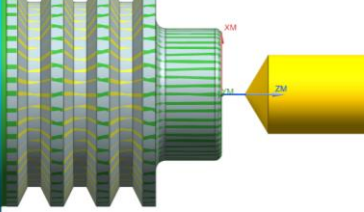
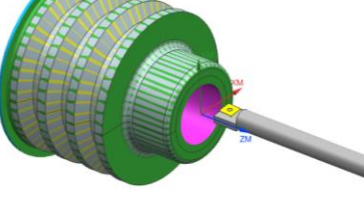
Σχήμα 3.3: Δημιουργία κατεργασιών

Φάση 1

Κατεργασία εκχόνδρισης της εξωτερικής επιφάνειας του τεμαχίου στην επιθυμητή τελική μορφή αφήνοντας stock φινιρίσματος 0.3mm ακτινικά και διαμήκη του τεμαχίου για την επόμενη κατεργασία. Αυτό επιτυγχάνεται με τις δύο πρώτες κατεργασίες όπως και φαίνονται στο παραπάνω πίνακάκι, και στις δύο έχει οριστεί βάθος κοπής ίσο με 1mm ακτινικά ενώ ακολουθείται διαμήκη κατεργασία με μέθοδο εκχόνδρισης.



Φάση 2

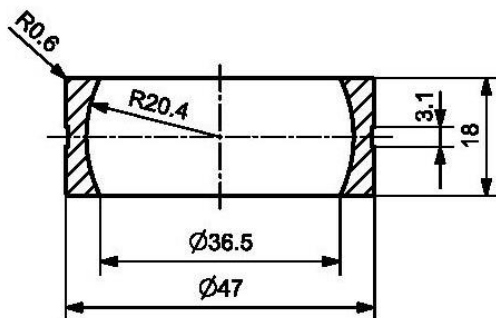
<p>Στην συνέχεια αφαιρείται το εναπομένον υλικό (stock) της προηγούμενης κατεργασίας έτσι ώστε το αντικείμενο να αποκτήσει τις τελικές διαστάσεις καθώς και καλή ποιότητα επιφάνειας. Χρησιμοποιείται εργαλείο φινιρίσματος το οποίο εκτελεί ένα πέρασμα αφαιρώντας το υλικό πάχους 0.2mm ακολουθώντας το περίγραμμα του τεμαχίου.</p>	
<p>Φάση 3</p>	
<p>Στην παρούσα φάση κατεργάζονται τα τρία αυλάκια που βρίσκονται στην επιφάνεια του τεμαχίου εκτελώντας μία κατεργασία για το καθένα. Το εργαλείο εκτελεί την κατεργασία με το 25% του πάχους του δηλαδή 0.75mm σε κάθε πέρασμα μέχρι να φτάσει στο επιθυμητό βάθος, ακολουθείται η μέθοδος αυλακώσεων του cam.</p>	
<p>Φάση 4</p>	
<p>Σκοπός της φάσης 4 είναι η διάνοιξη της αρχικής οπής ακολουθώντας την μέθοδο centerline-peck drill στην οποία ορίζεται ένα αρχικό σημείο ασφαλείας στο οποίο πλησιάζει το εργαλείο με γρήγορη ταχύτητα για να ξεκινήσει την κατεργασία. Ακόμα ορίζεται το σημείο που εξέρχεται μετά από κάθε πέρασμα ενώ εκτελεί διαδοχικά περάσματα αφαιρώντας υλικό βάθους 8mm σε κάθε βήμα πριν εξέλθει στο σημείο ασφαλείας. Τέλος χρησιμοποιείται εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 20mm και γωνίας 118 μοιρών.</p>	
<p>Φάση 5</p>	
<p>Η παρούσα φάση εκτελεί περαιτέρω διάνοιξη της αρχικής οπής ακολουθώντας την μέθοδο centerline-peck drill στην οποία ορίζεται ένα αρχικό σημείο ασφαλείας στο οποίο πλησιάζει το εργαλείο με γρήγορη ταχύτητα για να ξεκινήσει την κατεργασία. Όπως και προηγουμένως ορίζεται το σημείο που εξέρχεται μετά από κάθε πέρασμα ενώ εκτελεί διαδοχικά περάσματα αφαιρώντας υλικό βάθους 8mm σε κάθε βήμα πριν εξέλθει στο σημείο ασφαλείας. Ακόμα χρησιμοποιείται εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 24mm με ένθετα πλακίδια.</p>	
<p>Φάση 6</p>	
<p>Στην τελευταία φάση της κατεργασίας εκτελείται η εσωτερική εκχόνδριση της επιφάνειας για να έρθει στις επιθυμητές τελικές διαστάσεις. Η κατεργασία εκτελείται με διαδοχικά περάσματα αφαίρεσης υλικού 0.3mm ακτινικά ενώ εκτελούνται διαμήκη κινήσεις κοπής και έχει οριστεί επίπεδο επαναφοράς μετά το πέρας κάθε κοπής ίσο με 1mm ακτινικά και αξονικά.</p>	



Σχήμα 3.4: Τελικό τεμάχιο μετά την κατεργασία

3.2 2° Τεμάχιο – Δαχτυλίδι

Το αρχικό τεμάχιο το οποίο κατεργάστηκε προκειμένου να διαμορφωθεί το δαχτυλίδι ήταν αλουμίνιο τύπου 7075 και εξωτερικής διαμέτρου 50χιλιοστών, σκοπός της κατασκευής είναι να εφαρμοστούν οι παρακάτω κύκλοι κατεργασιών καθώς και να παρουσιαστεί η κατασκευή με τρεις διαφορετικούς τρόπους.



Σχήμα 3.5: Συνοπτικό σχέδιο τεμαχίου προς κατεργασία

Οι κύκλοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν στο παραπάνω τεμάχιο είναι οι ακόλουθοι:

1. Κύκλος διάτρησης (CYCLE83)
2. Κύκλος διάτρησης (CYCLE83)
3. Κύκλος εσωτερικής τόννευσης (CYCLE951)
4. Κύκλος εκχόνδρισης για εξωτερική τόννευση (CYCLE951)
5. Κατεργασία φινιρίσματος

3.2.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS

Παρακάτω παρουσιάζονται διαδοχικές φάσεις οι οποίες οδήγησαν στην κατεργασία του τεμαχίου με χρήση κύκλων κατεργασίας καθώς και τα εργαλεία με τις συνθήκες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για το αποτέλεσμα του τεμαχίου.

Φάση 1



Χρησιμοποιώντας εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 16mm και γωνίας 118 μοιρών πραγματοποιείται η πρώτη κατεργασία του προγράμματος ενώ έχει προηγηθεί το κεντράρισμα της οπής του τεμαχίου με το αντίστοιχο εργαλείο (κεντραδόρος-center drill). Το εργαλείο κατεργάζεται την οπή με διαδοχικά διαμήκη βήματα στην μισή διάμετρο του εργαλείου δηλαδή με $d=8\text{mm}$, ενώ έχει οριστεί το σημείο ασφαλείας 10mm στο οποίο επιστρέφει το εργαλείο μετά από κάθε βήμα για να εκτελέσει το επόμενο.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T04

Περιγραφή: Τρυπάνι HSS DRILL $\Phi 16.5$

Εταιρεία: Werko

Γεωμετρία: $\Phi 16.5$

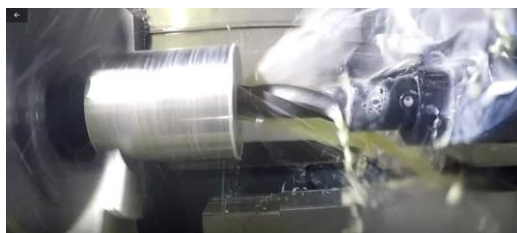
Συνθήκες κοπής:

$n=900\text{rpm}$, πρόωση $F=0.13\text{mm/rev}$

Τμήμα προγράμματος SIEMENS:

CYCLE83(15,0,5,-26,,,10,100,0.1,0.1,

Φάση 2



Η δεύτερη κατεργασία αποσκοπεί σε επιπλέον διάνοιξη της οπής έτσι ώστε να επιτευχθεί η κατάλληλη διάμετρος για να μπορεί στην επόμενη κατεργασία να εισέλθει με ασφάλεια το εργαλείο εκχόνδρισης. Το εργαλείο διάτρησης ένθετων πλακιδίων διαμέτρου 24mm κατεργάζεται με διαμήκη βήματα ίσα με 10mm και επιστρέφει σε σημείο ασφαλείας 15mm μπροστά από το τεμάχιο.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T10

Περιγραφή: Coating PVD (Ti,Al)N

Εταιρεία: Sandvik

Γεωμετρία: πάχος πλακιδίου: 3mm, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 8.4mm, ακτίνα γωνίας 0.5mm

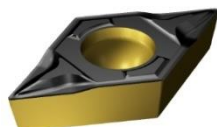
Συνθήκες κοπής:

$n=800\text{rpm}$, πρόωση $F=0.25\text{mm/rev}$

Τμήμα προγράμματος SIEMENS:

CYCLE83(15,0,2,-
20,,,10,100,0.1,0.1,50,1,0,1.2,1.4,0.1,2,0,1,11211112)

Φάση 3



Στην συνέχεια εκτελείται η κατεργασία εσωτερικής τόννευσης για διάνοιξη της οπής σε διάμετρο 36,6mm. Το εργαλείο εκτελεί διαμήκη περάσματα με αφαίρεση υλικού πάχους 0.5mm ενώ έχει οριστεί επίπεδο επαναφοράς 0.1mm ακτινικά και διαμετρικά στο οποίο μεταβαίνει το εργαλείο μετά από κάθε πέρασμα προκειμένου να γυρίσει στο αρχικό σημείο με γρήγορη ταχύτητα. Μετά το πέρας της κατεργασίας του κύκλου με το ίδιο εργαλείο εκτελείται η κατεργασία της εσωτερικής καμπυλότητας με απλό g-κώδικα αλλάζοντας σε κάθε βήμα την καμπύλη της κυκλικής παρεμβολής έτσι ώστε η μέγιστη αφαίρεση υλικού να μην υπερβαίνει τα 0.5mm.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T09

Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN

Εταιρεία: Sandvik

Γεωμετρία: Diamond 55, Γωνία μύτης εργαλείου 55, ακτίνα μύτης 0.397, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 27

Συνθήκες κοπής:

$n=400\text{rpm}$, πρόωση $F=0.07\text{mm/rev}$

		Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE951(24,0,36.6,-19,3,0.5,0,0,11,0,0,0,0,1,0,1,0,2,0)
Φάση 4		
		<p>Για την κατεργασία στην εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου χρησιμοποιείται ο κύκλος κατεργασίας εκχόνδρισης, εκτελούνται μόνο διαμήκη περάσματα, έχει οριστεί επίπεδο επαναφοράς μετά από κάθε πέρασμα ίσο με 10mm διαμήκη και ακτινικά ενώ το υλικό που αφαιρείται ανά βήμα είναι ίσο με 1mm ενώ ακόμα το υλικό που θα παραμείνει-stock για την κατεργασία φινιρίσματος θα είναι ίσο με 0.2mm τόσο ακτινικά του τεμαχίου.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T12 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0</p> <p>Συνθήκες κοπής: $V_c=210\text{m/min}$, πρόωση $F=0.12\text{mm/rev}$</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE951(49,0,47,-24,47,-24,1,1,0,2,0,11,0,0,0,5,0,4,0,2,0)</p>
		Φάση 5
		<p>Η τελευταία κατεργασία αποσκοπεί στην αποπεράτωση του τεμαχίου αφαιρώντας το υλικό που είχε μείνει απόθεμα από την κατεργασία εκχόνδρισης. Χρησιμοποιείται εργαλείο φινιρίσματος το οποίο κατεργάζεται το τεμάχιο στην τελική του μορφή ακολουθώντας το περίγραμμα του τελικού τεμαχίου, να σημειωθεί πως δεν είναι αναγκαία η κλίση υποπρογράμματος και η χρήση κύκλου κατεργασίας εφόσον θα εκτελεστεί ένα πέρασμα.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T01 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 55, Γωνία μύτης εργαλείου 55, ακτίνα μύτης 0.397, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 27</p> <p>Συνθήκες κοπής: $V_c=210\text{m/min}$, πρόωση $F=0.06\text{mm/rev}$</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: G00 Z5 X45.8 G01 Z0 G03 X47 Z-0.6 CR=0.6</p>

Κώδικας καθοδήγησης της κατεργασίας κατά SIEMENS

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",192,0,-70,-63.5,49)
N30	G00 Z82 X295
N40	T4 M06
N50	S900 M03
N60	G00 X0
N70	Z20
N80	F1.03
N90	CYCLE83(15,0,5,-26,,,10,100,0.1,0.1,50,1,0,1.2,1.4,0.1,2,0,1,11211112)
N100	G00 Z53
N110	X296
N120	T10 M06
N130	S800 M03
N140	G00 X0
N150	Z10
N160	F2.5
N170	CYCLE83(15,0,2,-70,,,10,100,0.2,0.5,100,1,0,1.2,1.4,0.2,2,10,1,12211112)
N180	G00 Z82
N190	X295
N200	S400 M04
N210	T9 M06
N220	F0.7
N230	G00 X24
N240	Z10
N260	CYCLE951(24,0,36.6,-19,36.6,-19,3,0.5,0,0,11,0,0,0,0.1,0.1,0,2,0)
N270	G00 Z5
N280	X36.6
N290	G01 Z0
N300	G03 X36.6 Z-18 CR=120
N310	G00 X36.2
N320	Z0
N330	G01 X36.6
N340	G03 X36.6 Z-18 CR=80
N350	G00 X36.2
N360	Z0
N370	G01 X36.6
N380	G03 X36.6 Z-18 CR=50
N390	G00 X36.2
N400	Z0
N410	G01 X36.6
N420	G03 X36.6 Z-18 CR=21
N430	G00 X36.2
N440	Z0
N450	G01 X36.6
N460	G03 X36.6 Z-18 CR=20
N470	G00 X36.2
N480	Z0
N490	G01 X36.6

N500	G03 X36.6 Z-18 CR=20.2
N510	G00 X36.2
N520	G01 X36.6
N530	G03 X36.6 Z-18 CR=20.4
N540	G00 X36.2
N550	Z5
N560	G00 Z103
N570	X320
N580	T12 M06
N590	G96 S130 M04
N600	G26 S900
N610	G00 Z10
N620	X50
N630	CYCLE951(49,0,47,-24,47,-24,1,1,0.2,0,11,0,0,0,5,0.4,0,2,0)
N640	G00 X60
N650	Z205
N660	X121
N670	T7 M06
N680	G96 S100 M04
N690	G26 S700
N700	F0.75
N710	G00 Z-10.45
N720	X50
N730	G00 X49
N740	G01 X46.2
N750	G01 X49
N760	G01 Z-10.55
N770	G01 X46.2
N780	G01 X49
N790	G01 Z-10.55
N800	G01 X46.2
N810	G01 X47
N820	G00 X60
N830	G01 X47
N840	G00 X60
N850	G00 Z-21
N860	G00 X50
N870	G01 X45.5
N880	G01 X45.8
N890	G02 X47 Z-20.4 CR=0.6
N900	G01 X48
N910	G00 X60
N920	Z198
N930	X158
N940	T01 M06
N950	S1200 M04
N960	F0.6
N970	G00 Z5
N980	X45.8
N990	G01 Z0
N1000	G03 X47 Z-0.6 CR=0.6
N1010	G01 Z-18
N1020	G00 X122

N1030	Z204
N1040	T7 M06
N1050	G96
N1060	G96 S100 M04
N1070	G26 S800
N1080	F0.7
N1090	G00 Z-21
N1100	X48
N1110	G01 X36
N1120	G00 X60 Z100
N1130	M30

3.2.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	G00 Z82 X295
N30	T4 M06
N40	S900 M03
N50	G00 X0
N60	Z20
N70	F1.03
N80	G74 R1
N90	G74 Z-21 Q8000
N100	G00 Z100
N110	T10 M06
N120	S800 M03
N130	G00 X0
N140	Z10
N150	F2.5
N160	G74 R1
N170	G74 Z-19 Q12000
N180	G00 Z100
N190	T09 M06
N200	F0.7
N210	G00 X24
N220	Z2
N230	G71 P240 Q250 U0.2 W0 F0.09
N240	G00 X36.6
N250	G01 Z-18
N260	G00 Z2
N270	G01 Z0
N280	G03 X36.6 Z-18 CR=120
N290	G00 X36.2
N300	Z0
N310	G01 X36.6
N320	G03 X36.6 Z-18 CR=80
N330	G00 X36.2
N340	Z0
N350	G01 X36.6
N360	G03 X36.6 Z-18 CR=50
N370	G00 X36.2
N380	Z0

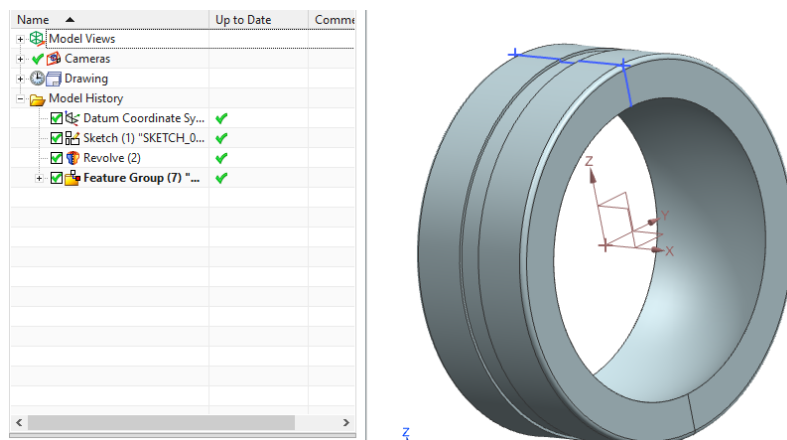
N390	G01 X36.6
N400	G03 X36.6 Z-18 CR=21
N410	G00 X36.2
N420	Z0
N430	G01 X36.6
N440	G03 X36.6 Z-18 CR=20
N450	G00 X36.2
N460	Z0
N470	G01 X36.6
N480	G03 X36.6 Z-18 CR=20.2
N490	G00 X36.2
N500	G01 X36.6
N510	G03 X36.6 Z-18 CR=20.4
N520	G00 X36.2
N530	Z5
N540	G00 Z103
N550	X320
N560	T12 M06
N570	G96 S130 M04
N580	G26 S900
N590	G00 Z10
N600	X45.8
N610	G71 P620 Q U0.2 W0 F0.12
N620	G00 Z0
N630	G03 X47 Z-0.6 CR=0.6
N640	G01 Z-18
N650	G00 X60 Z205
N660	X121
N670	T7 M06
N680	G96 S100 M04
N690	G26 S700
N700	F0.75
N710	G00 Z-10.45
N720	X50
N730	G00 X49
N740	G01 X46.2
N750	G01 X49
N760	G01 Z-10.55
N770	G01 X46.2
N780	G01 X49
N790	G01 Z-10.55
N800	G01 X46.2
N810	G01 X47
N820	G00 X60
N830	G01 X47
N840	G00 X60
N850	G00 Z-21
N860	G00 X50
N870	G01 X45.5
N880	G01 X45.8
N890	G02 X47 Z-20.4 CR=0.6
N900	G01 X48
N910	G00 X60

N920	Z198
N930	X158
N940	T01 M06
N950	S1200 M04
N960	F0.6
N970	G00 Z5
N980	X45.8
N990	G01 Z0
N1000	G03 X47 Z-0.6 CR=0.6
N1010	G01 Z-18
N1020	G00 X122
N1030	Z204
N1040	T7 M06
N1050	G96
N1060	G96 S100 M04
N1070	G26 S800
N1080	F0.7
N1090	G00 Z-21
N1100	X48
N1110	G01 X36
N1120	G00 X60 Z100
N1130	M30

3.2.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM

Σχεδιασμός τεμαχίου σε σύστημα CAD

Για τον σχεδιασμό του τεμαχίου εκτελέστηκε επιμέρους σχεδιασμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ακτινικά δηλαδή διαιρεμένων δια δύο ενώ σχεδιάστηκαν και οι οπές χωρίς να χρησιμοποιηθεί η εντολή hole. Εφόσον εκτελέστηκε ο σχεδιασμός με την επιλογή της εντολής revolve επιτεύχθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο επιλέγοντας σαν άξονα περιστροφής του σχεδίου τον άξονα X ενώ σαν κέντρο περιστροφής ορίστηκε η αρχή των αξόνων σύμφωνα με το σύστημα συντεταγμένων σχεδίασης.



Σχήμα 3.6: Σχεδίαση του μοντέλου

Κατεργασία σε σύστημα CAM

Αρχικά ορίστηκε το επίπεδο κατεργασίας που αφορά την εργαλειομηχανή δηλαδή το σύστημα συντεταγμένων X-Z καθώς και το τεμάχιο που θα κατεργαστεί ενώ για την δημιουργία του τελικού τεμαχίου δημιουργήθηκαν 6 κατεργασίες με 6 διαφορετικά εργαλεία ενώ ορίστηκαν τα σημεία Avoidance για κάθε ένα από αυτά έτσι ώστε να οριστεί με ασφάλεια η θέση αλλαγής

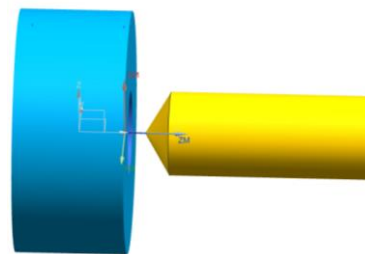
εργαλείου μετά από κάθε κατεργασία και να είναι πάντα το ίδιο σημείο μακριά από το κατεργαζόμενο τεμάχιο.

ame	Path	Tool	Geometry	Method
OMETRY				
Unused Items				
MCS_SPINDLE				
WORKPIECE				
TURNING_WORKPIECE				
CENTERLINE...	✓	DRILLING_TOO...	TURNING_WOR...	LATHE_CENTER...
CENTERLINE...	✓	DRILLING_TOOL	TURNING_WOR...	LATHE_CENTER...
FACING	✓	OD_55_L	TURNING_WOR...	LATHE_ROUGH
ROUGH_BORE...	✓	ID_55_L_1	TURNING_WOR...	LATHE_ROUGH
FINISH_BORE...	✓	ID_55_L_1	TURNING_WOR...	LATHE_FINISH
ROUGH_TUR...	✓	OD_55_L	TURNING_WOR...	LATHE_ROUGH
GROOVE_OD	✓	OD_GROOVE_L	TURNING_WOR...	LATHE_GROOVE

Σχήμα 3.7: Δημιουργία κατεργασιών

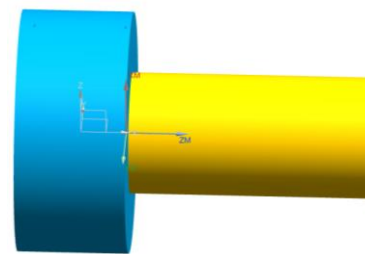
Φάση 1

Σκοπός της φάσης 1 είναι η διάνοιξη της αρχικής οπής ακολουθώντας την μέθοδο centerline-peck drill στην οποία ορίζεται ένα αρχικό σημείο ασφαλείας στο οποίο πλησιάζει το εργαλείο με γρήγορη ταχύτητα για να ξεκινήσει την κατεργασία. Ακόμα ορίζεται το σημείο που εξέρχεται μετά από κάθε πέρασμα ενώ εκτελεί διαδοχικά περάσματα αφαιρώντας υλικό βάθους 8mm σε κάθε βήμα πριν εξέλθει στο σημείο ασφαλείας. Τέλος χρησιμοποιείται εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 16mm και γωνίας 118 μοιρών.



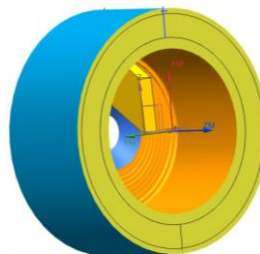
Φάση 2

Η παρούσα φάση εκτελεί περαιτέρω διάνοιξη της αρχικής οπής ακολουθώντας την μέθοδο centerline-peck drill στην οποία ορίζεται ένα αρχικό σημείο ασφαλείας στο οποίο πλησιάζει το εργαλείο με γρήγορη ταχύτητα για να ξεκινήσει την κατεργασία. Όπως και προηγουμένως ορίζεται το σημείο που εξέρχεται μετά από κάθε πέρασμα ενώ εκτελεί διαδοχικά περάσματα αφαιρώντας υλικό βάθους 12mm σε κάθε βήμα πριν εξέλθει στο σημείο ασφαλείας. Ακόμα χρησιμοποιείται εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 24mm με ένθετα πλακίδια.



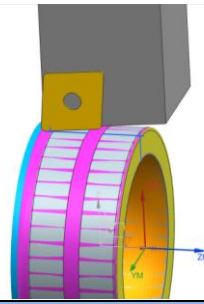
Φάση 3

Στην τρίτη φάση της κατεργασίας εκτελείται η εσωτερική εκχόνδριση της επιφάνειας για να έρθει στις επιθυμητές τελικές διαστάσεις. Η κατεργασία εκτελείται με διαδοχικά περάσματα αφαίρεσης υλικού 0.5mm ακτινικά ενώ εκτελούνται διαμήκη κινήσεις κοπής και έχει οριστεί επίπεδο επαναφοράς μετά το πέρασ κάθε κοπής ίσο με 1mm ακτινικά και αξονικά. Ακόμα με το ίδιο εργαλείο και βάθος κοπής εκτελείται η μορφοποίηση της εσωτερικής καμπυλότητας του τεμαχίου.



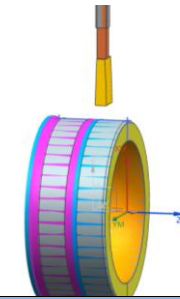
Φάση 4

Σκοπός της φάσης 4 είναι η κατεργασία εκχόνδρισης της εξωτερικής διαμέτρου του τεμαχίου στις επιθυμητές διαστάσεις αφήνοντας υλικό 0.2mm ακτινικά για την κατεργασία φινιρίσματος. Ακολουθείται η μέθοδος εκχόνδρισης του cam με διαμήκη πέρασμα του εργαλείου πάχους 1mm ανά πέρασμα και επίπεδο ασφαλείας 1mm ακτινικά καθώς και αξονικά του τεμαχίου για μετάβαση στο επόμενο βήμα.



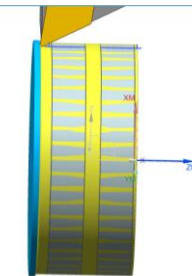
Φάση 5

Στην παρούσα φάση εκτελείται η αυλάκωση στην εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου, καθώς η διαδικασία εξελίσσεται σε σύστημα cam είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν όλες οι κατεργασίες. Η συγκεκριμένη αυλάκωση είναι πολύ μικρή οπότε στις προηγούμενες δύο καθοδηγήσεις δεν χρειάστηκε να χρησιμοποιηθεί κύκλος κατεργασίας αλλά το αποτέλεσμα έγινε ευκολότερα με απλό g-code.



Φάση 6

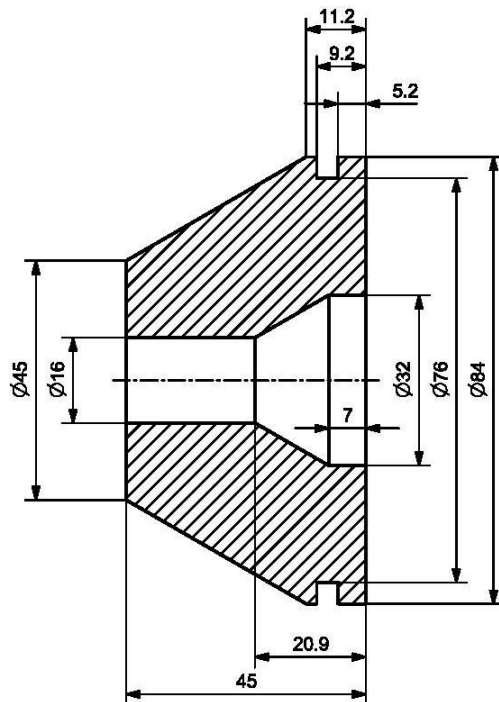
Στην τελευταία κατεργασία εκτελείται η διαδικασία της αφαίρεσης του εναπομείναντος υλικού(stock) της κατεργασίας εκχόνδρισης έτσι ώστε το αντικείμενο να αποκτήσει τις τελικές διαστάσεις καθώς και καλή ποιότητα επιφάνειας. Χρησιμοποιείται εργαλείο φινιρίσματος το οποίο εκτελεί ένα πέρασμα αφαιρώντας το υλικό πάχους 0.2mm ακολουθώντας το περίγραμμα του τεμαχίου.



Σχήμα 3.8: Τελικό τεμάχιο μετά την κατεργασία

3.3 3^ο Τεμάχιο – Αντάπτορας κεντροφορέα

Το αρχικό τεμάχιο το οποίο κατεργάστηκε προκειμένου να διαμορφωθεί ο αντάπτορας ήταν χάλυβας τύπου st52 και εξωτερικής διαμέτρου 90 χιλιοστών, σκοπός της κατασκευής είναι να χρησιμοποιηθεί σαν βοηθητικό εξάρτημα για συγκράτηση μεγάλης διαμέτρου σωλήνων στον κεντροφορέα του τórνου. Ακόμα θα εφαρμοστούν οι παρακάτω κύκλοι κατεργασιών καθώς και θα παρουσιαστεί η κατασκευή με τρεις διαφορετικούς τρόπους.



Σχήμα 3.9: Συνοπτικό σχέδιο τεμαχίου προς κατεργασία

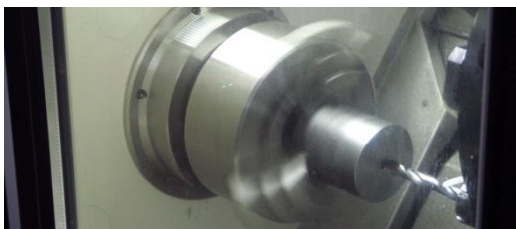
Οι κύκλοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν στο παραπάνω τεμάχιο είναι οι ακόλουθοι:

1. Κύκλος διάτρησης (CYCLE83)
2. Κύκλος εσωτερικής τórνευσης με δοσμένη διαδρομή εργαλείου (CYCLE95)
3. Κύκλος εκχόνδρισης για εξωτερική τórνευση (CYCLE951)
4. Κύκλος κατεργασίας αυλάκωσης (CYCLE930) και κύκλος κατεργασίας αυλακώσεων με δοσμένη διαδρομή εργαλείου (CYCLE932)
5. Κατεργασία αποκοπής του τελικού τεμαχίου από το υπόλοιπο τεμάχιο.

3.3.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS

Παρακάτω παρουσιάζονται διαδοχικές φάσεις οι οποίες οδήγησαν στην κατεργασία του τεμαχίου με χρήση κύκλων κατεργασίας καθώς και τα εργαλεία με τις συνθήκες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για το αποτέλεσμα του τεμαχίου.

Φάση 1



Χρησιμοποιώντας εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 11mm και γωνίας 118 μοιρών πραγματοποιείται η πρώτη κατεργασία του προγράμματος ενώ έχει προηγηθεί το κεντράρισμα της οπής του τεμαχίου με το αντίστοιχο εργαλείο (κεντραδόρος-center drill). Το εργαλείο κατεργάζεται την οπή με διαδοχικά διαμήκη βήματα στην μισή διάμετρο του εργαλείου δηλαδή με $d=6\text{mm}$, ενώ έχει οριστεί το σημείο ασφαλείας 15mm στο οποίο επιστρέφει το

	<p>εργαλείο μετά από κάθε βήμα για να εκτελέσει το επόμενο.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T04 Περιγραφή: Τρυπάνι HSS DRILL Φ11 Εταιρεία: Werko Γεωμετρία: Φ11</p> <p>Συνθήκες κοπής: $n=500\text{rpm}$, πρόωση $F=0.1\text{mm/rev}$</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE83(15,0,2,-72,,,10,100,0.2,0.5, 100,1,0,1.2,1.4,0.2,2,10,1,1221112)</p>
Φάση 2	
 	<p>Στην συνέχεια εκτελείται η κατεργασία εσωτερικής τórνευσης για διάνοιξη της οπής σε διάμετρο 32mm κατά μήκος 7mm και συνέχεια με λοξοτομή δηλαδή κίνηση και στους δύο άξονες ενώ η κατεργασία τερματίζει σε κάθε βήμα με διαμήκη κίνηση. Το εργαλείο εκτελεί περάσματα ορισμένα στον κύκλο μέσω υποπρογράμματος με αφαίρεση υλικού πάχους 0.2mm ενώ έχει οριστεί επίπεδο επαναφοράς 0.5mm ακτινικά και 3mm αξονικά στο οποίο μεταβαίνει το εργαλείο μετά από κάθε πέρασμα προκειμένου να γυρίσει στο αρχικό σημείο με γρήγορη ταχύτητα. Ακόμα έχει οριστεί από τον κύκλο να απομείνει 0.2mm υλικού για την κατεργασία το οποίο θα αφαιρεθεί με ένα πέρασμα με το ίδιο υποπρόγραμμα χρησιμοποιούμενο μέσα στο κυρίως πρόγραμμα για να φινίρει την επιφάνεια.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T09 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Kennametal Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.2, άκρο κοπής 6.35</p> <p>Συνθήκες κοπής: $n=200\text{rpm}$, πρόωση $F=0.04\text{mm/rev}$</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE62("ID_ADAPTOR",0,,) CYCLE952("ID",, ",2302311,0.1,0,0,0.2,0.1,0.1,0.2,0.2,0.1,0,1,0,0,,")</p> <p>Τμήμα υποπρογράμματος(ID_ADAPTOR) SIEMENS: G90 X32 Z0 G01 Z-7</p>

	G01 X16 Z-20.9 G01 Z-45 M17
Φάση 3	
 	<p>Για την κατεργασία στην εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου αρχικά χρησιμοποιείται κύκλος κατεργασίας εκχόνδρισης. Εκτελούνται μόνο διαμήκη περάσματα πάχους 1mm ανά πέρασμα ενώ έχει οριστεί επίπεδο επαναφοράς μετά από κάθε πέρασμα ίσο με 1mm διαμήκη και ακτινικά του τεμαχίου.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T12 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0</p> <p>Συνθήκες κοπής: n=500rpm, πρόωση F=0.1mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE951(90,0,84,-45,84,-45,1,1,0,0,11,0,0,0,0,1,0,1,0,2,0)</p>
Φάση 4	
 	<p>Η κατεργασία αυλακώσεων επιτεύχθηκε με τον αντίστοιχο κύκλο κατεργασίας με βοήθεια υποπρογράμματος για να κατεργαστεί η κλίση της εξωτερικής επιφάνειας στην ζητούμενη μορφή υπό γωνία. Χρησιμοποιήθηκε εργαλείο αυλακώσεων πάχους 4mm το οποίο εκτέλεσε διαδοχικά περάσματα χρησιμοποιώντας το 30% του πάχους του εργαλείου φτάνοντας μέχρι το απαραίτητο βάθος. Ο κύκλος κατεργασίας ακολουθεί την διαδρομή του υποπρογράμματος και κατασκευάζει την εξωτερική επιφάνεια με την μέθοδο αυλακώσεων του cam καθώς φινίρει και την επιφάνεια με ένα πέρασμα με το ίδιο υποπρόγραμμα χρησιμοποιούμενο έξω από τον κύκλο κατεργασίας. Ακόμα το αυλάκι που βρίσκεται 5.2mm από το σημείο μηδέν του τεμαχίου κατασκευάζεται με το ίδιο εργαλείο με τον απλό κύκλο κατεργασίας αυλακώσεων.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T11 Περιγραφή: Coating PVD(Ti,Al)N Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Πάχος πλακιδίου 4mm, ακτίνα μύτης δεξιά και αριστερά 0.4, γωνία συγκράτησης εργαλειοδέτη 90 μοίρες, ωφέλιμο μήκος εισχώρησης 12mm</p>

	<p>Συνθήκες κοπής: n=150rpm, πρόωση F=0.035mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE62("C_ADAPTOR",0,,) CYCLE952("CC",,,,101311,0.1,,0.5,0.1,0.1,0.1,0.1,0.0,,,,2,) Τμήμα υποπρογράμματος(C_ADAPTOR) SIEMENS: G90 X84 Z-11.2 G01 X45 Z-45 M17</p>
--	--

Φάση 5



Στην παρούσα φάση εκτελείται η αποκοπή του τελικού τεμαχίου από το υπόλοιπο υλικό που περισσεύει. Η κατεργασία εκτελείται με το ίδιο εργαλείο όπως και στην προηγούμενη εργασία καθώς αφορά μία κατεργασία αυλάκωσης. Ακόμα δεν χρησιμοποιείται κύκλος κατεργασίας καθώς είναι μία απλή κίνηση μέχρι το εργαλείο να φτάσει το σημείο μηδέν και να αποκόψει το τεμάχιο.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T11

Περιγραφή: Coating PVD(TI,Al)N

Εταιρεία: Sandvik

Γεωμετρία: Πάχος πλακιδίου 4mm, ακτίνα μύτης δεξιά και αριστερά 0.4, γωνία συγκράτησης εργαλειοδέτη 90 μοίρες, ωφέλιμο μήκος εισχώρησης 12mm

Συνθήκες κοπής:

n=150rpm, πρόωση F=0.035mm/rev

Τμήμα προγράμματος SIEMENS:

G00 X90 Z-48

G01 X0 F0.035

Κώδικας καθοδήγησης της κατεργασίας κατά SIEMENS

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-100,-80,90)
N30	G00 X100
N40	Z100
N50	T04 M06
N60	S500 M03
N70	G00 X0
N80	Z20
N90	F0.15
N100	CYCLE83(100,0,1,,48.5,,6,90,0.7,0.5,90,0,0,1.2,1.4,0.6,1.6,0,1,12211112)
N110	G00 Z100
N120	T09 M06
N130	S200 M04

N140	G00 Z5
N150	X11
N160	F0.04
N170	CYCLE62("ID_ADAPTOR",0,,)
N180	CYCLE952("ID",," ",2302311,0.1,0,0,0.2,0.1,0.1,0.2,0.2,0.1,0,1,0,0,,)
N190	G00 Z2
N200	X32 Z0
N210	G01 Z-7
N220	G01 X16 Z-20.9
N230	G01 Z-45
N240	G00 Z100
N250	X100
N260	S500 M04
N270	T12 M06
N280	G00 X100
N290	Z5
N300	F0.1
N310	CYCLE951(90,0,84,-45,84,-45,1,1,0,0,11,0,0,0,0.1,0,2,0)
N320	G00 X100
N330	Z150
N340	T11 M06
N350	S150 M04
N360	F0.035
N370	G00 Z20
N380	X90
N390	CYCLE930(84,-5.2,4,4,4,,0,0,0,2,2,2,0.2,2,1,10510,,1,30,0.1,0,0,0,1)
N400	G00 X90
N410	Z-9
N420	CYCLE62("C_ADAPTOR",0,,)
N430	CYCLE952("CC",," ",101311,0.1,,0,5,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2)
N440	G00 X90
N450	Z-9
N460	X84 Z-11.2
N470	G01 X45 Z-45
N480	G00 X90
N490	Z-48
N500	G01 X0 F0.035
N510	G00 X90 Z100
N520	M30

3.1.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	G00 X100
N30	Z100
N40	T04 M06
N50	S500 M03
N60	G00 X0
N70	Z20
N80	F0.15
N90	G74 R1
N100	G74 Z-48.5 Q6000 F0.15

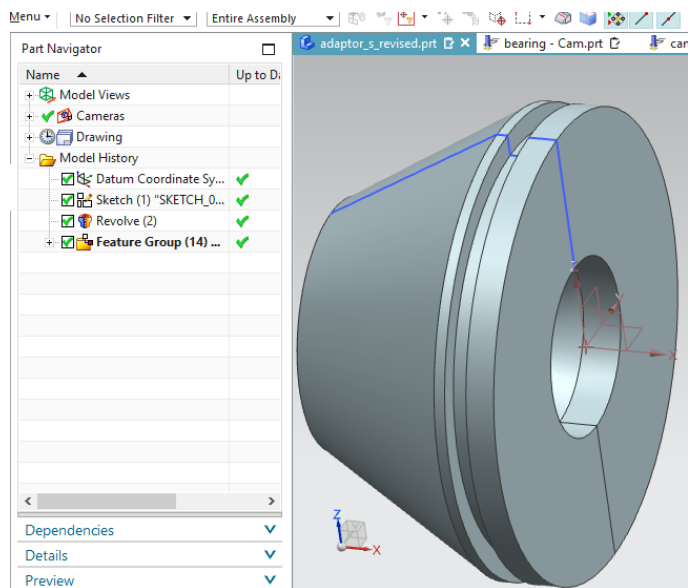
N110	G00 Z100
N120	T09 M06
N130	S200 M04
N140	G00 Z5
N150	X11
N160	F0.04
N170	G71 U0.4 R0.5
N180	G71 P190 Q220 U0.1 W0 F0.04
N190	G00 X32 Z0
N200	G01 Z-7
N210	G01 X16 Z-20.9
N220	G01 Z-45
N230	G70 P190 Q220
N240	G00 Z100
N250	X100
N260	S500 M04
N270	T12 M06
N280	G00 X100
N290	Z5 F0.1
N300	G20 X85 Z-48 F0.1
N310	X84.5
N320	X84
N330	G00 X100
N340	Z150
N350	T11 M06
N360	S150 M04
N370	F0.035
N380	G00 Z20
N390	X90
N400	G75 R1
N410	G75 X76 Z-9.2 P2000 Q0 R0
N420	G00 X86
N430	Z-9
N440	G72 W5 R0
N450	G72 P460 Q470 U0.2 W0 F0.035
N460	G00 Z-45
N470	G01 X84 Z-11.2 F0.035
N480	G00 X86
N490	Z0
N500	G01 Z-11.2
N510	G01 X45 Z-45
N520	G00 X90
N530	Z100
N540	M30

3.3.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM

Σχεδιασμός τεμαχίου σε σύστημα CAD

Για τον σχεδιασμό του τεμαχίου εκτελέστηκε επιμέρους σχεδιασμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ακτινικά δηλαδή διαιρεμένων δια δύο ενώ σχεδιάστηκαν και οι οπές καθώς η αυλάκωση χωρίς να χρησιμοποιηθεί η εντολή hole. Μετα το πέρας του σχεδιασμού με την επιλογή της εντολής revolve επιτεύχθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο επιλέγοντας σαν άξονα

περιστροφής του σχεδίου τον άξονα Χ ενώ σαν κέντρο περιστροφής ορίστηκε η αρχή των αξόνων σύμφωνα με το σύστημα συντεταγμένων σχεδίασης.



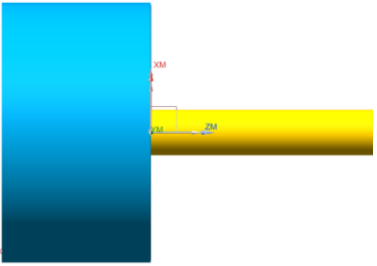
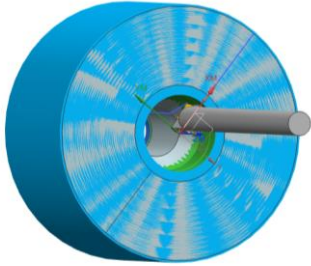
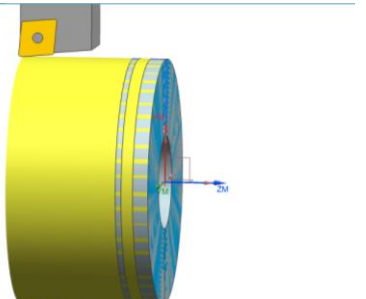
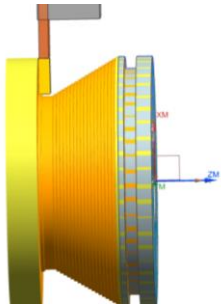
Σχήμα 3.10: Σχεδίαση του μοντέλου

Κατεργασία σε σύστημα CAM

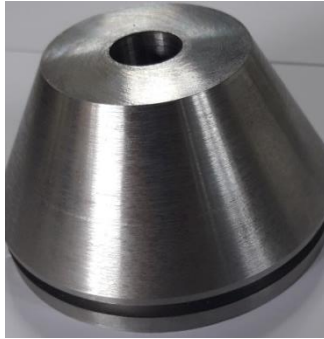
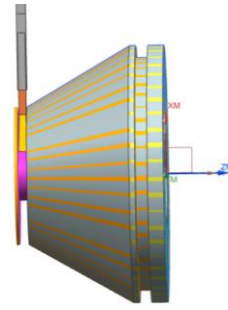
Αρχικά ορίστηκε το επίπεδο κατεργασίας που αφορά την εργαλειομηχανή δηλαδή το σύστημα συντεταγμένων X-Z καθώς και το τεμάχιο που θα κατεργαστεί ενώ για την δημιουργία του τελικού τεμαχίου δημιουργήθηκαν 5 κατεργασίες με 4 διαφορετικά εργαλεία ενώ ορίστηκαν τα σημεία Avoidance για κάθε ένα από αυτά έτσι ώστε να οριστεί με ασφάλεια η θέση αλλαγής εργαλείου μετά από κάθε κατεργασία και να είναι πάντα το ίδιο σημείο μέσα στην μηχανή μακριά από το κατεργαζόμενο τεμάχιο.

Name	Path	Tool	Geometry	Method
GEOMETRY				
Unused Items				
MCS_SPINDLE				
WORKPIECE				
TURNING_WORKPIECE				
AVOIDANCE_DRILL				
CENTERLI...	✓	DRILLING_TOOL	AVOIDANCE_D...	LATHE_CENTER...
AVOIDANCE_INT...				
ROUGH_B...	✓	ID_80_L	AVOIDANCE_IN...	LATHE_GROOVE
FINISH_BO...	✓	ID_80_L	AVOIDANCE_IN...	LATHE_FINISH
AVOIDANCE_RO...				
ROUGH_T...	✓	OD_80_L	AVOIDANCE_R...	LATHE_ROUGH
AVOIDANCE_MA...				
GROOVE_...	✓	OD_GROOVE_L	AVOIDANCE_M...	LATHE_GROOVE
GROOVE_...	✓	OD_GROOVE_L	AVOIDANCE_M...	LATHE_GROOVE
GROOVE_...	✓	OD_GROOVE_L	AVOIDANCE_M...	LATHE_FINISH
AVOIDANCE_PAR...				
PART_OFF	✓	OD_GROOVE_L_1	AVOIDANCE_P...	LATHE_GROOVE

Σχήμα 3.11: Δημιουργία κατεργασιών

Φάση 1	
<p>Σκοπός της φάσης 1 είναι η διάνοιξη της αρχικής οπής ακολουθώντας την μέθοδο centerline-peck drill στην οποία ορίζεται ένα αρχικό σημείο ασφαλείας στο οποίο πλησιάζει το εργαλείο με γρήγορη ταχύτητα για να ξεκινήσει την κατεργασία. Ακόμα ορίζεται το σημείο που εξέρχεται μετά από κάθε πέρασμα ενώ εκτελεί διαδοχικά περάσματα αφαιρώντας υλικό βάθους 6mm σε κάθε βήμα πριν εξέλθει στο σημείο ασφαλείας. Τέλος χρησιμοποιείται εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 11mm και γωνίας 118 μοιρών τύπου hss (ταχυχάλυβας).</p>	
Φάση 2	
<p>Η κατεργασία που εκτελείται είναι η εσωτερική εκχόνδριση της επιφάνειας για να έρθει στις επιθυμητές τελικές διαστάσεις. Η κατεργασία εκτελείται με διαδοχικά περάσματα αφαίρεσης υλικού 0.2mm ακτινικά ενώ εκτελούνται διαμήκη κινήσεις κοπής και έχει οριστεί επίπεδο επαναφοράς ίσο με 0.5mm ακτινικά και 3mm αξονικά. Μετά το πέρας της κατεργασίας εκτελείται φινιρίσμα με το ίδιο εργαλείο με σκοπό να αφαιρεθούν οι γραμμές που παραμένουν στην επιφάνεια του τεμαχίου από τα περάσματα εκχόνδρισης.</p>	
Φάση 3	
<p>Κατεργασία εκχόνδρισης της εξωτερικής επιφάνειας του τεμαχίου στην επιθυμητή τελική μορφή του. Αυτό επιτυγχάνεται με τις δύο πρώτες κατεργασίες όπως και φαίνονται στο παραπάνω πινακάκι, και στις δύο έχει οριστεί βάθος κοπής ίσο με 1mm ακτινικά ενώ ακολουθείται διαμήκη κατεργασία με μέθοδο εκχόνδρισης.</p>	
Φάση 4	
<p>Η συγκεκριμένη φάση αποσκοπεί στην κατεργασία της εξωτερικής επιφάνειας η οποία εκτελέστηκε με εργαλείο αυλακώσεων καθώς η γεωμετρία του συνηθισμένου εργαλείου εκχόνδρισης δεν επέτρεπε την ομαλή και ασφαλή προσέγγιση με το τεμάχιο κατά την κοπή. Μετά το πέρας της κατεργασίας πραγματοποιήθηκε φινιρίσμα με το ίδιο εργαλείο και αφαιρέθηκε υλικό πάχους 0.2mm ακτινικά του τεμαχίου. Κατά την διάρκεια όλων των παραπάνω κατεργασιών χρησιμοποιήθηκε 30% του πλάτους του εργαλείου σε κάθε πέρασμα.</p>	
Φάση 5	

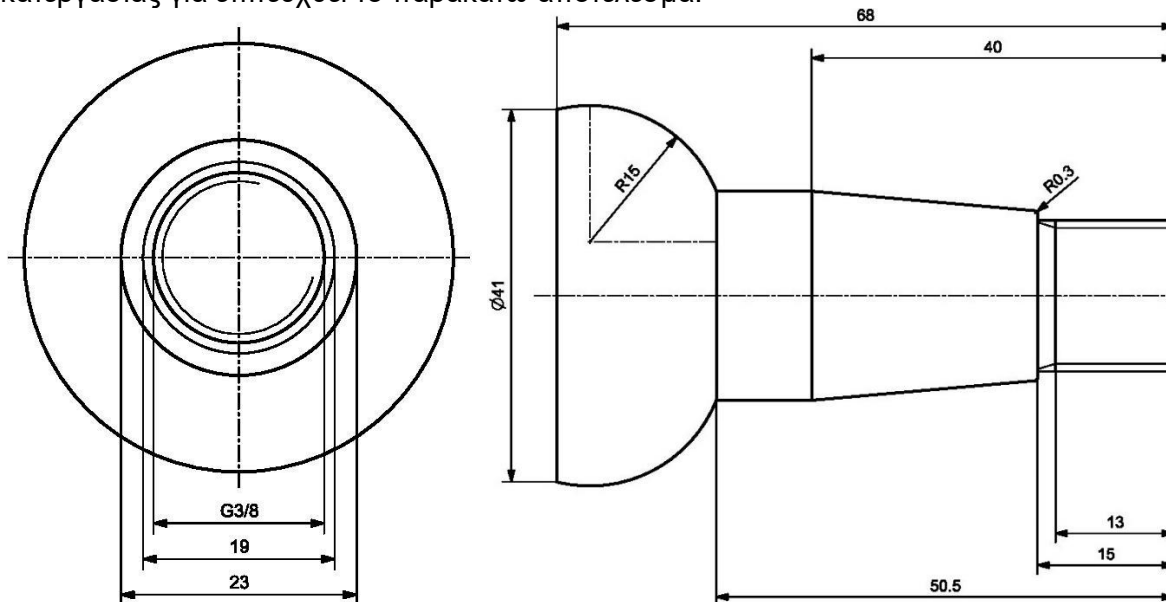
Η τελευταία κατεργασία αφορά την αποκοπή του τεμαχίου, σε αντίθεση με τον κώδικα στο κοντρόλ της εργαλειομηχανής εδώ αναγκαστικά οφείλουν να οριστούν όλα εκείνα τα στοιχεία που ζητούνται από το λογισμικό παρόλο που η κατεργασία μπορεί εύκολα να επιτευχθεί με μία εντολή G01. Χρησιμοποιείται το εργαλείο αυλακώσεων με 100% του πλάτους με το οποίο κατεργάζεται ενώ ακόμα το λογισμικό υπολογίζει βάσει διαμέτρου και δεδομένης οπής το σημείο στο οποίο θα γίνει η αποκοπή και τερματίζει εκεί την πορεία του εργαλείου.



Σχήμα 3.12: Τελικό τεμάχιο μετά την κατεργασία

3.4 4^ο Τεμάχιο

Το αρχικό τεμάχιο το οποίο κατεργάστηκε ήταν αλουμίνιο 7075 και εξωτερικής διαμέτρου 50 χιλιοστών, σκοπός της κατασκευής είναι να παρουσιαστεί ένας συνδυασμός κύκλων κατεργασίας για επιτευχθεί το παρακάτω αποτέλεσμα.



Σχήμα 3.13 : Συνοπτικό σχέδιο τεμαχίου του τεμαχίου προς κατεργασία

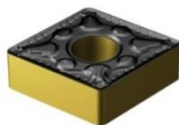
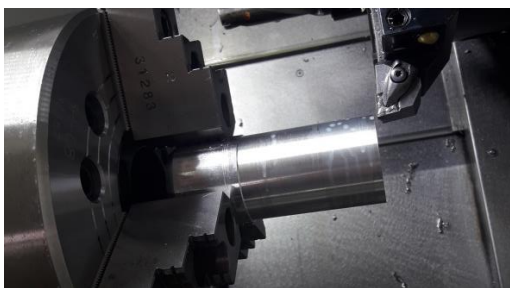
Οι κύκλοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν στο παραπάνω τεμάχιο είναι οι ακόλουθοι:

1. Κύκλος εκχόνδρισης (CYCLE951)
2. Κύκλος εκχόνδρισης περιγράμματος με 2 διαφορετικά εργαλεία (CYCLE95)
3. Κατεργασία φινιρίσματος με G-Code
4. Κύκλος κατεργασίας σπειρωμάτων (CYCLE99)

3.4.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS

Παρακάτω παρουσιάζονται διαδοχικές φάσεις οι οποίες οδήγησαν στην κατεργασία του τεμαχίου με χρήση κύκλων κατεργασίας καθώς και τα εργαλεία με τις συνθήκες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για το αποτέλεσμα του τεμαχίου.

Φάση 1



Για την κατεργασία στην εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου αρχικά χρησιμοποιείται κύκλος κατεργασίας εκχόνδρισης ο οποίος κατεργάζεται το τεμάχιο μέχρι τη μεγαλύτερη διάμετρο που θέλουμε να έχει στην τελική του μορφή. Εκτελούνται μόνο διαμήκη περάσματα πάχους 1mm ανά πέρασμα ενώ έχει οριστεί επίπεδο επαναφοράς μετά από κάθε πέρασμα ίσο με 5mm διαμήκη και ακτινικά του τεμαχίου.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T12

Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN

Εταιρεία: Sandvik

Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0

	<p>Συνθήκες κοπής: $V_c=120\text{m/min}$, πρόωση $F=0.12\text{mm/rev}$</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE951(50,0,42.5,-73,42.5,-73,1,1,0,0,11,0,0,0,5,0.3,0,2,0)</p>
Φάση 2	
	<p>Η κατεργασία εξωτερικής επιφάνειας συνεχίζεται με τον κύκλο εκχόνδρισης περιγράμματος το οποίο έχει δημιουργηθεί σαν υποπρόγραμμα και βρίσκεται στον ίδιο φάκελο με το κυρίως πρόγραμμα. Χρησιμοποιείται το ίδιο εργαλείο εκτελώντας διαμήκη κινήσεις γύρω από το τεμάχιο αφαιρώντας υλικό πάχους 1.5mm.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T12 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0</p> <p>Συνθήκες κοπής: $V_c=120\text{m/min}$, πρόωση $F=0.12\text{mm/rev}$</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE95("BALLJOINT_ROUGH",1.5,0,0.2,0.2,0.3,0.3,,201,,0.5,0,2)</p> <p>Τμήμα υποπρογράμματος(BALLJOINT_ROUGH) SIEMENS: G90 X15.062 Z0 G03 X16.662 Z-0.8 I0 K-0.8 G01 Z-15 G01 X18.4 G03 X19 Z-15.3 I0 K-0.3 G01 X23 Z-40 G01 Z-50.5 G03 X41 Z-68 CR=15 M17</p>
Φάση 3	
	<p>Στην παρούσα φάση εκτελείται η κατεργασία φινιρίσματος της επιφάνειας του τεμαχίου. Δεν είναι η τελευταία κατεργασία πριν την αποκοπή του τεμαχίου και ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι η εξωτερική διάμετρος στο σημείο που θα γίνει το σπείρωμα πρέπει να είναι στις τελικές της διαστάσεις οπότε εκτελούμαι πρώτα την κατεργασία φινιρίσματος και έπειτα την κατεργασία σπειρωμάτων. Για την κατεργασία δεν χρησιμοποιήθηκε το υποπρόγραμμα της</p>

	<p>εκχόνδρισης αλλά αυτή την φορά μέσα στο πρόγραμμα χωρίς την κλίση κύκλου εφόσον αφαιρέσαμε μονάχα το stock των προηγούμενων κατεργασιών.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T01 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 55, Γωνία μύτης εργαλείου 55, ακτίνα μύτης 0.397, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 27</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=130m/min, πρόωση F=0.06mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: X15.062 Z0 G03 X16.662 Z-0.8 I0 K-0.8 G01 Z-15 G01 X18.4 G03 X19 Z-15.3 I0 K-0.3 G01 X23 Z-40 G01 Z-50.5 G03 X41 Z-68 CR=15</p>
Φάση 4	
 	<p>Τελευταία εκτελείται η κατεργασία της σπειροτόμησης, στην συγκεκριμένη κατεργασία χρησιμοποιούμε κύκλο σπειρωμάτων καθώς και εργαλείο σπειρωμάτων. Στον κύκλο έχουν οριστεί όλα τα στοιχεία του σπειρώματος όπως η αρχική και τελική διάμετρος, το βάθος του σπειρώματος ίσο με 0.856 καθώς αφορά σπείρωμα ιντσών G3/8. Ακόμα έχει οριστεί το πάχος για κάθε πέρασμα ίσο με 0.150mm ενώ έχει επιλεχτεί κατεργασία η οποία θα εκτελέσει και φινιρίσμα στο τέλος. Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι το εργαλείο για να επιτύχει το ζητούμενο βήμα του σπειρώματος θα πρέπει να κινείται με πρόωση ίση με το βήμα.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T05 Περιγραφή: Coating PVD(Ti,Cr,Al)N+(Ti,Al)N Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: ύψος σπειρώματος 1.12mm, δεξιόστροφο εργαλείο σπειρωμάτων, πάχος πλακιδίου 3mm, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου εργαλείου 9.525 mm</p> <p>Συνθήκες κοπής: n=500rpm, πρόωση F=1.337 mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS:</p>

	CYCLE99(0,16.662,- 14.95,,5,0,0.856,0,27.5,0,6,1,1.337,1310101,2,15,0.15,0)
--	--

Κώδικας καθοδήγησης της κατεργασίας κατά SIEMENS

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",192,0,-100,-78,50)
N30	G00 X156
N40	Z214
N50	T12 M06
N60	G96 S120 M04
N70	G26 S1500
N80	F0.12
N90	G00 Z5
N100	X55
N110	CYCLE951(50,0,42.5,-73,42.5,-73,1,1,0,0,11,0,0,0,5,0.3,0,2,0)
N120	G00 X60
N130	Z5
N140	CYCLE95("BALLJOINT_ROUGH",1.5,0,0.2,0.2,0.3,0.3,,201,,0,5,0,2)
N150	G00 X60
N160	Z220
N170	X120
N180	T1 M06
N190	G96 S130 M04
N200	G26 S1800
N210	F0.2
N220	G00 X20
N230	Z2
N240	G01 X15.062
N250	Z0
N260	G03 X16.662 Z-0.8 I0 K-0.8
N270	G01 Z-15
N280	G01 X18.4
N290	G03 X19 Z-15.3 I0 K-0.3
N300	G01 X23 Z-40
N310	G01 Z-50.5
N320	G03 X41 Z-68 CR=15
N330	G00 X60
N340	Z220
N350	X120
N360	T5 M06
N370	G97 S500 M03
N380	G00 X17
N390	Z5
N400	CYCLE99(0,16.662,- 14.95,,5,0,0.856,0,27.5,0,6,1,1.337,1310101,2,15,0.15,0)
N410	G00 X60
N420	Z100
N430	M30

3.4.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO

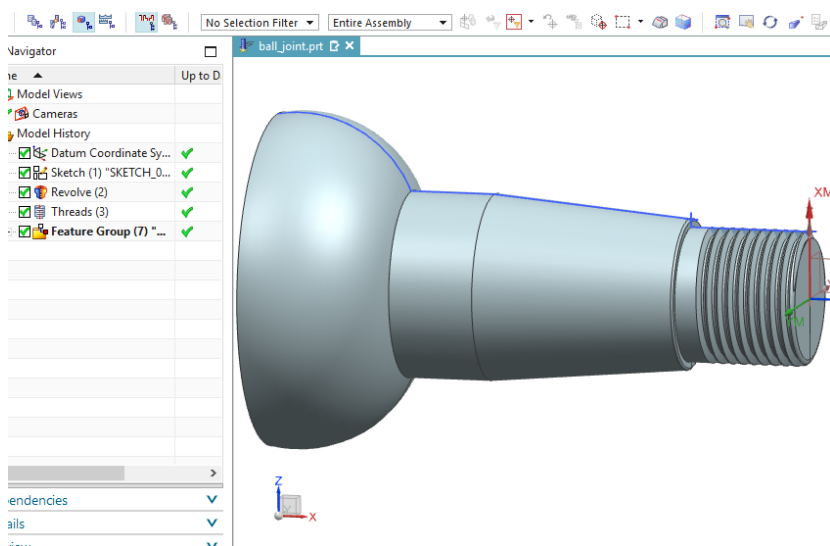
Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",192,0,-100,-78,50)
N30	G00 X156
N40	Z214
N50	T12 M06
N60	G96 S120 M04
N70	G26 S1500
N80	F0.12
N90	G00 Z5
N100	X15.062
N110	G71 U1.5 R5
N120	G71 P130 Q200 U0.2 W0.2
N130	G00 Z0
N140	G03 X16.662 Z-0.8 I0 K-0.8
N150	G01 Z-15
N160	G01 X18.4
N170	G03 X19 Z-15.3 I0 K-0.3
N180	G01 X23 Z-40
N190	G01 Z-50.5
N200	G03 X41 Z-68 CR=15
N210	G00 X60
N220	Z220
N230	X120
N240	T1 M06
N250	G96 S130 M04
N260	G26 S1800
N270	F0.06
N280	G00 X16
N290	Z2
N300	G70 P130 Q200
N310	G00 X50
N320	Z220
N330	X120
N340	T5 M06
N350	G97 S500 M03
N360	G00 X17
N370	Z5
N380	G76 P010060 Q150 R0.05
N390	G76 X14.95 Z-13 P856 Q200 F1.337
N400	G00 X60
N410	Z100
N420	M30

3.1.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM

Σχεδιασμός τεμαχίου σε σύστημα CAD

Για τον σχεδιασμό του τεμαχίου εκτελέστηκε επιμέρους σχεδιασμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ακτινικά δηλαδή διαιρεμένων δια δύο ενώ σχεδιάστηκε το σπείρωμα με την εντολή threads του λογισμικού μετά την εφαρμογή της εντολής revolve για τον σχηματισμό του τρισδιάστατου μοντέλου. Στην εντολή της σχεδίασης σπειρωμάτων ορίζονται η

ονομαστική και η εσωτερική διάμετρος του πυρήνα, ακόμα ορίζεται το βήμα του σπειρώματος καθώς και το μήκος που θα καταλαμβάνει στην επιφάνεια.



Σχήμα 3.14: Σχεδίαση του μοντέλου

Κατεργασία σε σύστημα CAM

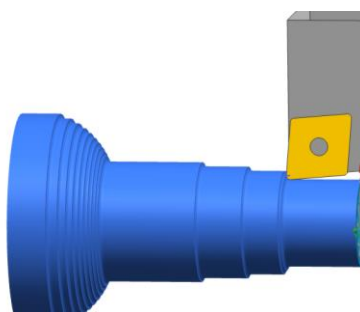
Αρχικά ορίστηκε το επίπεδο κατεργασίας X-Z καθώς και το τεμάχιο που θα κατεργαστεί δίνοντας δηλαδή τις αρχικές διαστάσεις του. Για την δημιουργία του τελικού τεμαχίου δημιουργήθηκαν 3 κατεργασίες με 3 διαφορετικά εργαλεία ενώ ορίστηκαν τα σημεία Avoidance για κάθε ένα από αυτά έτσι ώστε να οριστεί με ασφάλεια η θέση αλλαγής εργαλείου έπειτα από κάθε κατεργασία μακριά από το σημείο κατεργασιών.

	Name	Path	Tool	Geometry	Method
	GEOMETRY				
	Unused Items				
	MCS_SPINDLE				
	WORKPIECE				
	TURNING_WORKPIECE				
	AVOIDANCE_RO...				
	ROUGH_T...	✓	OD_80_L	AVOIDANCE_R...	LATHE_ROUGH
	AVOIDANCE_FINI...				
	FINISH_TU...	✓	OD_55_L	AVOIDANCE_FI...	LATHE_FINISH
	AVOIDANCE_FINI...				
	THREAD_...	✓	OD_THREAD_L	AVOIDANCE_FI...	LATHE_THREAD

Σχήμα 3.15: Δημιουργία κατεργασιών

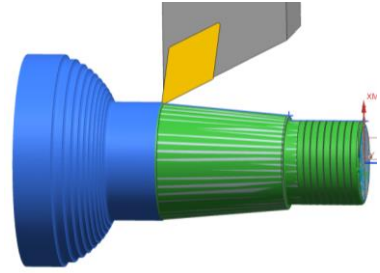
Φάση 1

Κατεργασία εκχόνδρισης της εξωτερικής επιφάνειας του τεμαχίου στην επιθυμητή τελική μορφή του. Αυτό επιτυγχάνεται με μία κατεργασία εκχόνδρισης σε αντίθεση με την καθοδήγηση Siemens στην οποία χρησιμοποιήθηκαν 2 κύκλοι. Στην κατεργασία του συστήματος cam έχει οριστεί το υλικό που θα αφαιρείται σε κάθε πέρασμα καθώς και υλικό που θα απομένει για την κατεργασία του φινιρίσματος. Έχουν επιλεγεί οι συνθήκες κατεργασίας ίδιες όπως και στις παραπάνω δύο καθοδηγήσεις ενώ ακόμα έχει οριστεί το σημείο διαμετρικά από το οποίο και έπειτα το εργαλείο δεν επιτρέπεται να κατεργαστεί.



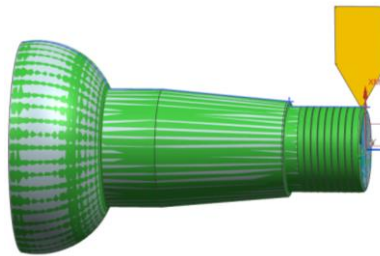
Φάση 2

Η κατεργασία που εκτελείται είναι η αποπεράτωση της εξωτερικής επιφάνειας του τεμαχίου. Εφόσον έχει επιλεγεί εργαλείο φινιρίσματος η συγκεκριμένη κατεργασία εκτελεί ένα και μόνο πέρασμα οπότε είναι σημαντικό να έχει διασφαλιστεί ότι θα έχει απομείνει το απαραίτητο υλικό από την κατεργασία εκχόνδρισης το οποίο να είναι δυνατόν να αφαιρεθεί με ένα πέρασμα. Στο όρισμα των συνθηκών έχει επιλεγεί η αυξομείωση στροφών από διάμετρο σε διάμετρο με ένα Vc καθώς υπάρχει μεγάλη διαφορά διαμέτρων και θα ήταν λάθος να οριστούν συγκεκριμένες στροφές.



Φάση 3

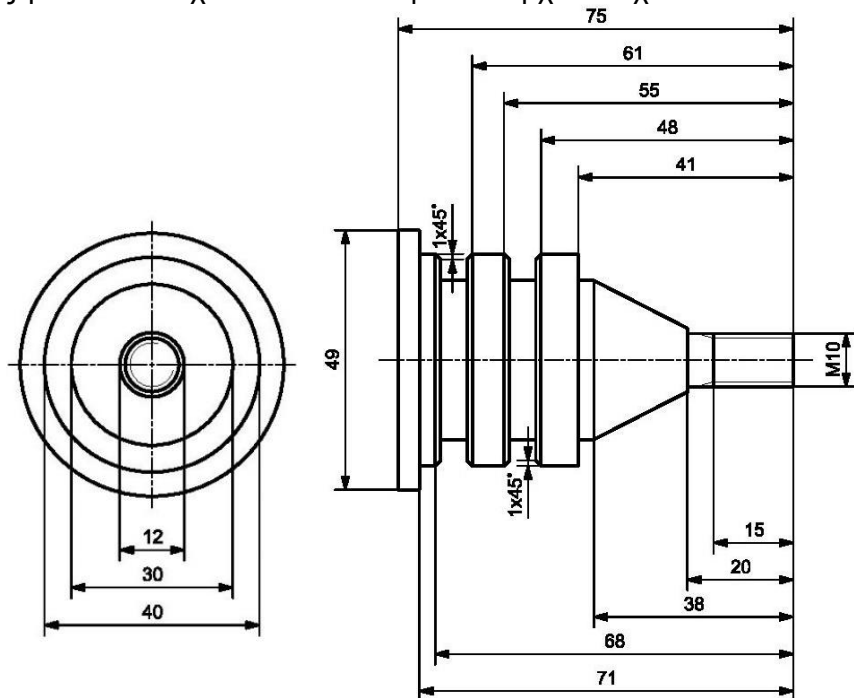
Τελευταία κατεργασία είναι αυτή του σπειρώματος η οποία για να δημιουργηθεί πρέπει να οριστούν στο πρόγραμμα τα κύρια σημεία του σπειρώματος δηλαδή η κορυφογραμμή, η γραμμή τελικής διαμέτρου καθώς το βήμα και το βάθος του σπειρώματος. Στην συγκεκριμένη κατεργασία επιλέγεται πάντα δεξιόστροφη περιστροφή της ατράκτου για να εκτελέσει το σπείρωμα ενώ πρέπει να οριστεί και η φορά του εργαλείου.



Σχήμα 3.16: Τελικό τεμάχιο μετά την κατεργασία

3.5 5° Τεμάχιο

Το αρχικό τεμάχιο το οποίο κατεργάστηκε ήταν αλουμίνιο 7075 και εξωτερικής διαμέτρου 50 χιλιοστών, σκοπός της κατασκευής είναι να παρουσιαστεί ένας συνδυασμός κύκλων κατεργασίας για να επιτευχθεί το αποτέλεσμα του αρχικού σχεδίου.



Σχήμα 3.17: Συνοπτικό σχέδιο τεμαχίου τεμαχίου προς κατεργασία

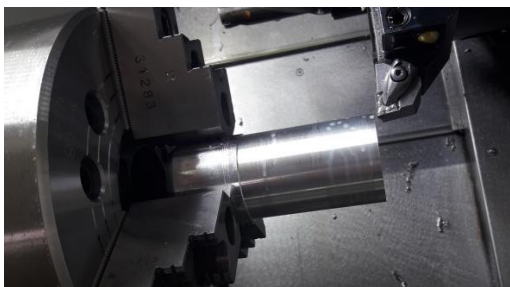
Οι κύκλοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν στο παραπάνω τεμάχιο είναι οι ακόλουθοι:

1. Κύκλος εκχόνδρισης (CYCLE951)
2. Κύκλος κατεργασίας αυλακώσεων (CYCLE930)
3. Κύκλος εκχόνδρισης περιγράμματος (CYCLE95)
4. Κύκλος κατεργασίας σπειρωμάτων (CYCLE99)
5. Κύκλος κατεργασίας για αποκοπή του τεμαχίου (CYCLE92)

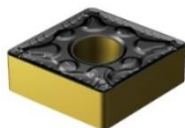
3.4.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS

Παρακάτω παρουσιάζονται διαδοχικές φάσεις οι οποίες οδήγησαν στην κατεργασία του τεμαχίου με χρήση κύκλων κατεργασίας καθώς και τα εργαλεία με τις συνθήκες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν, εδώ φαίνεται ένας διαφορετικός τρόπος κατεργασίας εκχόνδρισης σχέση με τις προηγούμενες κατεργασίες.

Φάση 1



Στο συγκεκριμένο τεμάχιο δεν χρησιμοποιείται εξ αρχής ένας κύκλος εκχόνδρισης περιγράμματος όπως στα παραπάνω τεμάχια αλλά εκτελούνται τρεις διαφορετικοί κύκλοι εκχόνδρισης και εφόσον ολοκληρωθούν καλείται ένας κύκλος με περίγραμμα για την δημιουργία της λοξοτομής. Χρησιμοποιείται εργαλείο εκχόνδρισης με αφαίρεση υλικού 0.5mm ανα πέρασμα ενώ σε όλες τις κατεργασίες που αφορούν μέχρι και το τέλος της λοξοτομής δηλαδή για Z-38 παραμένει υλικό για κατεργασία φινιρίσματος. Αξίζει να



αναφερθεί ότι δεν είναι ο καλύτερος τρόπος κατεργασίας καθώς θα μπορούσε εξ αρχής να χρησιμοποιηθεί ένας κύκλος περιγράμματος εφόσον οι κινήσεις του εργαλείου για απομάκρυνση και προσέγγιση στο τεμάχιο καθυστερούν την κατεργασία είναι όμως ένας διαφορετικός τρόπος και αξίζει να παρουσιαστεί.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T12

Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN

Εταιρεία: Sandvik

Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0

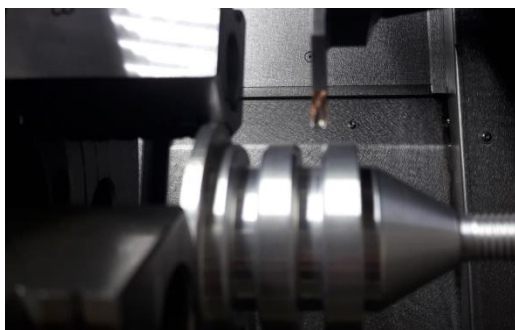
Συνθήκες κοπής:

Vc=160m/min, πρόωση F=0.12mm/rev

Τμήμα προγράμματος SIEMENS:

CYCLE951(49,0,40,-65,40,-
65,1,1,0.08,0.08,11,0,0,0,10,0.3,,0,2,0)
CYCLE951(40,0,30,-35,30,-
35,1,1,0.08,0.08,11,0,0,0,10,0.3,0,2,0)
CYCLE951(30,0,9.78,-15,9.78,-
15,1,1,0.08,0.08,11,0,0,0,10,0.3,0,2,0)

Φάση 2



Η κατεργασία εξωτερικής επιφάνειας συνεχίζεται με τον κύκλο κατεργασίας αυλακώσεων. Στον κύκλο έχουν οριστεί οι γωνίες των λοξοτομών στην κορυφή των αυλακώσεων κάτι που διευκολύνει την κατεργασία τους καθώς δεν θα χρειαστεί να γραφτεί ξεχωριστό τμήμα κώδικα για αυτές. Ακόμα ο κύκλος δίνει την επιλογή αριθμού ισαπέχοντων αυλακώσεων εφόσον έχει οριστεί η απόσταση μεταξύ οπότε δίνοντας όλες τις συντεταγμένες για την πρώτη από το τέλος αυλακώση, όπως το πλάτος το βάθος και τις λοξοτομές της ο κύκλος είναι πλήρης για να εκτελέσει την κατεργασία.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T03

Περιγραφή: Coating PVD(Ti,Al)N

Εταιρεία: Sandvik

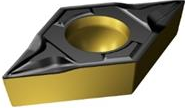

Γεωμετρία: Πάχος πλακιδίου 4mm, ακτίνα μύτης δεξιά και αριστερά 0.4, γωνία συγκράτησης εργαλειοδέτη 90 μοίρες, ωφέλιμο μήκος εισχώρησης 12mm

Συνθήκες κοπής:

n=900rpm, πρόωση F=0.05mm/rev

Τμήμα προγράμματος SIEMENS:

	CYCLE930(40,- 55,5,5,5,0,0,0,1,0,0,1,0.2,0.3,0.5,10510,,,2,12.5,0.1,1,0,0)
Φάση 3	
	<p>Η φάση 3 ασχολείται με την κατασκευή της λοξοτομής στην επιφάνεια του τεμαχίου για την οποία καλείται ένας κύκλος κατεργασίας περιγράμματος από το σημείο Z-20 στο οποίο ξεκινάει η κλίση. Η κατεργασία εκτελείται με διαδοχικά περάσματα πάχους αφαίρεσης υλικού ίσου με 1mm ενώ έχει οριστεί η επιλογή υλικού φινιρίσματος ίσο με 0.08 όπως και στις προηγούμενες κατεργασίες.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T12 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=160m/min, πρόωση F=0.12mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE95("CONTOURD1",1,0.08,0.08,0.08,0.2,0.3,0.3,201,3,0,4,0,2)</p> <p>Τμήμα υποπρογράμματος(CONTOURD1) SIEMENS: G90 X12.5 Z-20 G01 X30 Z-38 M17</p>
Φάση 4	
	<p>Εφόσον υπάρχει εναπομείνων υλικό από τις προηγούμενες κατεργασίες με την χρησιμοποίηση ενός κύκλου περιγράμματος γίνεται αποπεράτωση της επιφάνειας του τεμαχίου και επιτυγχάνεται καλή ποιότητα.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T01 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 55, Γωνία μύτης εργαλείου 55, ακτίνα μύτης 0.397, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 27</p> <p>Συνθήκες κοπής:</p>

	<p>S=1000, πρόωση F=0.06mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE95("CONTOURD1B",0,0,0,,0.2,0.2,5,,,0,2)</p> <p>Τμήμα υποπρογράμματος(CONTOURD1B) SIEMENS: G90 X10 Z0 G01 Z-20 G01 X12 G01 X30 Z-38 G01 X40 G01 Z-71 G01 X49 G01 Z-75 M17</p>
Φάση 5	
	<p>Τελευταία εκτελείται η κατεργασία της σπειροτόμησης, στην συγκεκριμένη κατεργασία χρησιμοποιείται κύκλος σπειρωμάτων καθώς και εργαλείο σπειρωμάτων. Στον κύκλο έχουν οριστεί όλα τα στοιχεία του σπειρώματος όπως η αρχική και τελική διάμετρος, το βάθος του σπειρώματος ίσο με 0.92 καθώς αφορά σπείρωμα M10. Ακόμα έχει οριστεί το πάχος για κάθε πέρασμα ίσο με 0.250mm ενώ έχει επιλεχτεί κατεργασία η οποία θα εκτελέσει και φινιρίσμα στο τέλος. Είναι αναγκαίο να σημειωθεί ότι το εργαλείο για να επιτύχει το ζητούμενο βήμα του σπειρώματος θα πρέπει να κινείται με πρόωση ίση με το βήμα του σπειρώματος.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T05 Περιγραφή: Coating PVD(Ti,Cr,Al)N+(Ti,Al)N Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: ύψος σπειρώματος 1.12mm, δεξιόστροφο εργαλείο σπειρωμάτων, πάχος πλακιδίου 3mm, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου εργαλείου 9.525 mm</p> <p>Συνθήκες κοπής: n=700rpm, πρόωση F=1.5 mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE99(0,9.78,- 15,,5,2,0.92,0,30,0,4,1,1.5,1310102,2,15,0.25,0,0,0,1,0,0)</p>

Κώδικας καθοδήγησης της κατεργασίας κατά SIEMENS

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-180,-150,50)
N30	G00 X156

N40	Z214
N50	T12 M06
N60	G96 S160 M04
N70	G26 S1500
N80	F0.12
N90	G00 Z5
N100	X55
N110	CYCLE951(49,0,40,-65,40,-65,1,1,0.08,0.08,11,0,0,0,10,0.3,,0,2,0)
N120	G00 X60
N130	Z5
N140	CYCLE951(40,0,30,-35,30,-35,1,1,0.08,0.08,11,0,0,0,10,0.3,0,2,0)
N150	G00 X60
N160	Z5
N170	CYCLE951(30,0,9.78,-15,9.78,-15,1,1,0.08,0.08,11,0,0,0,10,0.3,0,2,0)
N180	G00 X60
N190	Z150
N200	G97 S900 M04
N210	T03 M06
N220	G00 Z-55
N230	X50
N240	CYCLE930(40,-55,5,5,5,0,0,1,0,0,1,0.2,0.3,0.5,10510,,,2,12.5,0.1,1,0,0)
N250	G00 X60
N260	Z150
N270	T12 M06
N280	G00 Z0
N290	X20
N300	G96 S160 M04
N310	G26 S1500
N320	CYCLE95("CONTOURD1",1,0.08,0.08,0.08,0.2,0.3,0.3,201,3,0,4,0,2)
N330	G00 X60
N340	Z220
N350	X120
N360	T1 M06
N370	G97 S1000 M04
N380	G00 X40
N390	Z100
N400	T1 M06
N410	CYCLE95("CONTOURD1B",0,0,0,,0.2,0.2,5,,,,0,2)
N420	G00 X60
N430	Z100
N440	T5 M06
N450	G97 S500 M03
N460	G00 X12
N470	Z5
N480	CYCLE99(0,9.78,-15,,5,2,0.92,0,30,0,4,1,1.5,1310102,2,15,0.25,0,0,0,1,0,0)
N490	G00 X60
N500	Z100
N510	M30

3.4.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO

Γραμμές

Εντολές

N10 G90 G54 G18 G71

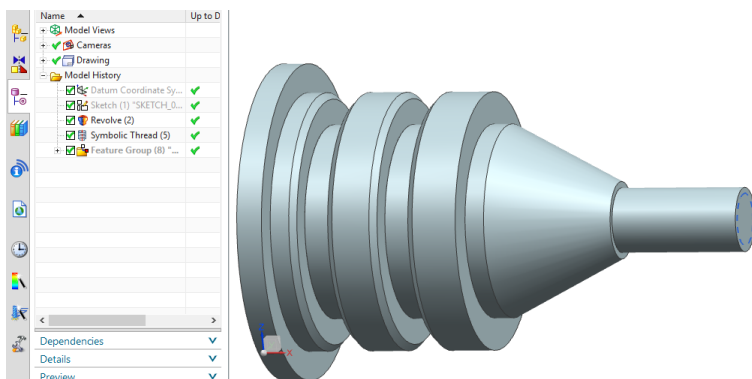
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",192,0,-100,-78,50)
N30	G00 X156
N40	Z214
N50	T12 M06
N60	G96 S160 M04
N70	G26 S1500
N80	F0.12
N90	G00 Z5
N100	X10
N110	G71U1.5 R5
N120	G71 P130 Q210 U0.2 W0.2
N130	G00 Z0
N140	G01 Z-20
N150	G01 X12
N160	G01 X30 Z-38
N170	G01 Z-41
N180	G01 X40
N190	G01 Z-71
N200	G01 X49
N210	G01 Z-75
N220	G00 X60
N230	Z220
N240	X120
N250	T1 M06
N260	G96 S130 M04
N270	G26 S1800
N280	F0.06
N290	G00 X16
N300	Z2
N310	G70 P130 Q210
N320	G00 X50
N330	Z220
N340	X120
N350	T03 M06
N360	G97 S900 M04
N370	G00 X17
N380	Z5
N390	G75 R1
N400	G75 X30 Z-49 P3000 Q13000 F1.337
N410	G00 X50
N420	Z-52
N430	X40
N440	G01 X38 Z-53 F0.07
N450	G00 Z-54
N460	G01 X40 Z-55
N470	G00 X41
N480	Z-65
N490	X40
N500	G01 X38 Z-66
N510	G00 Z-67
N520	G01 X40 Z-68
N530	G00 X55
N540	Z150

N550 X100
N560 T05 M06
N570 G00 X12
N580 Z5
N590 G76 P010060 Q150 R0.05
N600 G76 X8.16 Z-15 P920 Q200 F1.5
N610 G00 X15
N620 Z150
N630 M30

3.1.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM

Σχεδιασμός τεμαχίου σε σύστημα CAD

Για τον σχεδιασμό του τεμαχίου εκτελέστηκε επιμέρους σχεδιασμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών όπως και σε όλα τα προηγούμενα παραδείγματα ενώ ακόμα σχεδιάστηκε το σπείρωμα με την εντολή threads του λογισμικού μετά την εφαρμογή της εντολής revolve για τον σχηματισμό του τρισδιάστατου μοντέλου. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα σχεδιάστηκαν οι λοξοτομές με την εντολή chamfer, θα μπορούσαν να σχεδιαστούν απευθείας μέσα στο sketch απλά στο συγκεκριμένο παράδειγμα παρουσιάζεται και ένας διαφορετικός τρόπος.



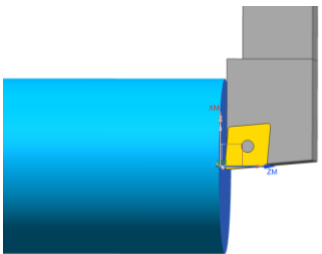
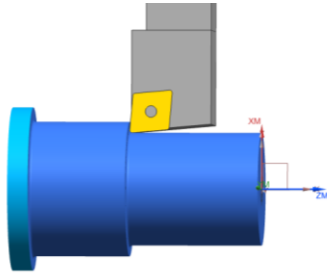
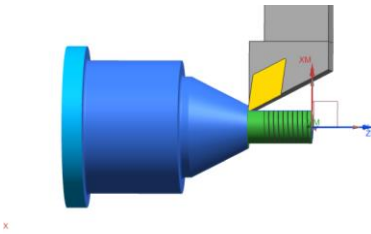
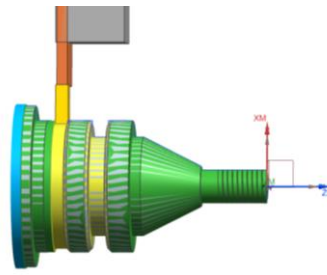
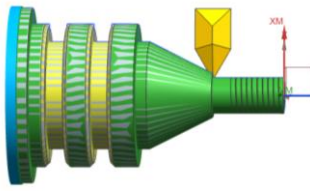
Σχήμα 3.18: Σχεδίαση του μοντέλου

Κατεργασία σε σύστημα CAM

Αρχικά ορίστηκε το επίπεδο κατεργασίας X-Z καθώς και το τεμάχιο που θα κατεργαστεί δίνοντας δηλαδή τις αρχικές διαστάσεις του. Για την δημιουργία του τελικού τεμαχίου δημιουργήθηκαν 5 κατεργασίες με 4 διαφορετικά εργαλεία ενώ ορίστηκαν τα σημεία Avoidance για κάθε ένα από τα εργαλεία έτσι ώστε να οριστεί με ασφάλεια η θέση αλλαγής εργαλείου μετά από κάθε κατεργασία μακριά από το σημείο κατεργασιών.

Name	Path	Tool	Description
GENERIC_MACHINE			Generic Machine
Unused Items			cam_metric_template
OD_80_L			Turning Tool-Standard
FACING	✓	OD_80_L	FACING
ROUGH_TURN_OD	✓	OD_80_L	ROUGH_TURN_OD
ROUGH_TURN_OD_1	✓	OD_80_L	ROUGH_TURN_OD
OD_55_L			Turning Tool-Standard
FINISH_TURN_OD	✓	OD_55_L	FINISH_TURN_OD
FINISH_TURN_OD_1	✓	OD_55_L	FINISH_TURN_OD
OD_GROOVE_L			Grooving Tool-Standard
GROOVE_OD	✓	OD_GROOVE_L	GROOVE_OD
GROOVE_OD_COPY	✓	OD_GROOVE_L	GROOVE_OD
OD_THREAD_L			Threading Tool-Standard
THREAD_OD	✓	OD_THREAD_L	THREAD_OD

Σχήμα 3.19: Δημιουργία κατεργασιών

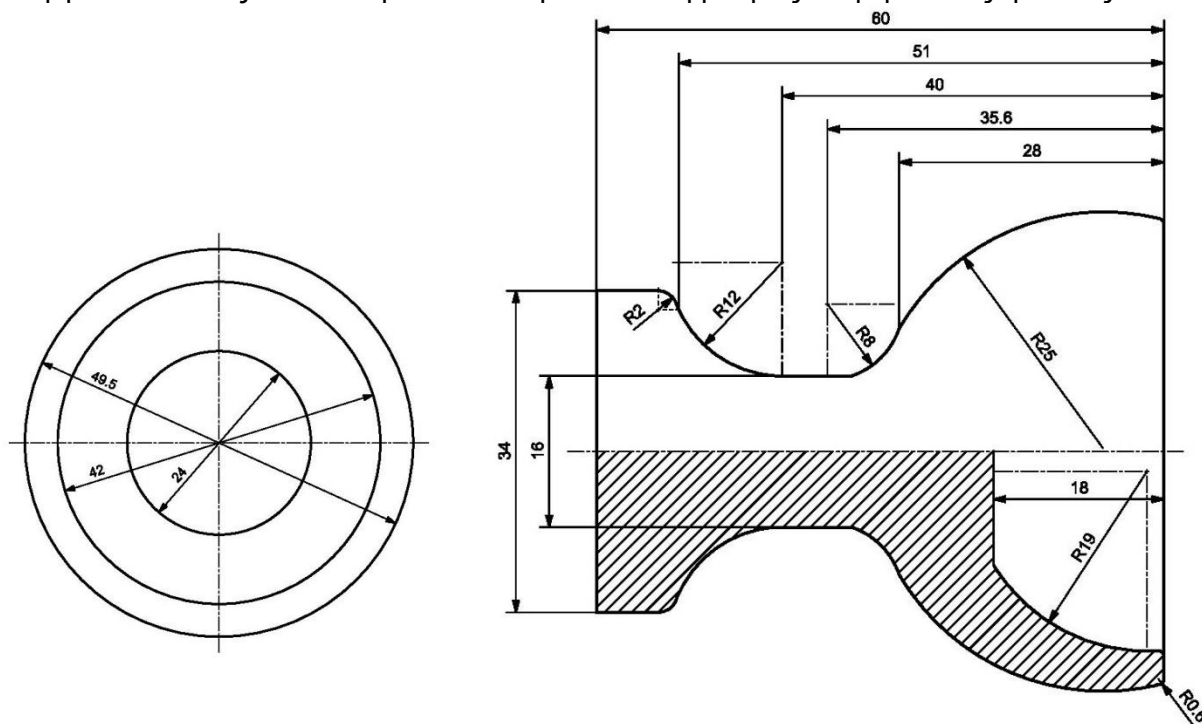
<p>Φάση 1</p> <p>Αρχικά κατεργάζεται η μπροστινή επιφάνεια του τεμαχίου έτσι ώστε να αφαιρεθούν γρατζουνιές και πιθανόν κακή επιφάνεια από την αρχική πρώτη κοπή του τεμαχίου στο πριόνι. Σε αντίθεση με την κατεργασία εκχόνδρισης κατά μήκος του τεμαχίου η κατεργασία face εκτελείται ακτινικά του τεμαχίου αφαιρώντας 1mm υλικού σε κάθε πέρασμα αφήνοντας 3mm ακτινικά και διαμήκη του τεμαχίου για ασφάλεια κατά την κατεργασία.</p>	
<p>Φάση 2</p> <p>Η κατεργασία που εκτελείται είναι η μορφοποίηση της εξωτερικής επιφάνειας του τεμαχίου. Εφόσον έχει επιλεγεί εργαλείο εκχόνδρισης όπως και προηγουμένως η συγκεκριμένη κατεργασία εκτελεί διαδοχικά περάσματα γύρω από το ζητούμενο τελικό περίγραμμα του τεμαχίου αφαιρώντας υλικό πάχους 1mm σε κάθε πέρασμα και αφήνοντας υλικό για κατεργασία φινιρίσματος ίσο με 0.2mm ακτινικά του τεμαχίου.</p>	
<p>Φάση 3</p> <p>Στην συγκεκριμένη φάση εκτελείται αποπεράτωση με εργαλείο φινιρίσματος της τελικής επιφάνειας του τεμαχίου βάση του υλικού που έχει μείνει από τις προηγούμενες κατεργασίες. Ακολουθείται μέθοδος contour – περιγράμματος από το λογισμικό του cam έτσι ώστε το πρόγραμμα να αντιληφθεί ότι πρέπει να ακολουθήσει όλο το περίγραμμα.</p>	
<p>Φάση 4</p> <p>Η επόμενη κατεργασία αυτή των αυλακώσεων έχει το μειονέκτημα ότι πρέπει να εφαρμοστεί δύο φορές μια για κάθε αυλάκι σε αντίθεση με την καθοδήγηση Siemens στην οποία δίνεται απλά ο αριθμός των ζητούμενων αυλακώσεων. Οπότε ορίζουμε ένα σημείο ασφαλείας στο οποίο θα μεταβεί το εργαλείο μετά την πρώτη αυλάκωση και από το οποίο θα ξεκινήσει για να εκτελέσει την επόμενη με τα ίδια ορίσματα. Χρησιμοποιείται το 30% του πλάτους του κοπτικού εργαλείου με clearance των κινήσεων κοπής ίσο με ένα χιλιοστό.</p>	
<p>Φάση 5</p> <p>Τελευταία κατεργασία είναι αυτή του σπειρώματος η οποία για να δημιουργηθεί πρέπει να οριστούν στο πρόγραμμα τα κύρια σημεία του σπειρώματος δηλαδή η κορυφογραμμή, η γραμμή τελικής διαμέτρου καθώς το βήμα και το βάθος του σπειρώματος. Στην συγκεκριμένη κατεργασία επιλέγεται πάντα δεξιόστροφη περιστροφή της ατράκτου για να εκτελέσει το σπείρωμα ενώ πρέπει να οριστεί και η φορά του εργαλείου το οποίο είναι ανάποδα σε σχέση με τα υπόλοιπα εργαλεία έτσι ώστε να μπορεί να επιτευχθεί το δεξιόστροφο σπείρωμα.</p>	



Σχήμα 3.20: Τελικό τεμάχιο μετά την κατεργασία

3.6 6° Τεμάχιο – Σχεδίαση ποτηριού

Το αρχικό τεμάχιο το οποίο κατεργάστηκε προκειμένου να διαμορφωθεί το ποτηράκι ήταν αλουμίνιο τύπου 7075 και εξωτερικής διαμέτρου 50 χιλιοστών, σκοπός της κατασκευής ήταν να χρησιμοποιηθεί σαν τεμάχιο παρουσίασης των δυνατοτήτων της εργαλειομηχανής στην ημέρα γνωριμίας του εργαστηρίου m3. Ακόμα θα εφαρμοστούν οι παρακάτω κύκλοι κατεργασιών καθώς και θα παρουσιαστεί η κατασκευή με τρεις διαφορετικούς τρόπους.



Σχήμα 3.21: Συνοπτικό σχέδιο τεμαχίου τεμαχίου προς κατεργασία

Οι κύκλοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν στο παραπάνω τεμάχιο είναι οι ακόλουθοι:

1. Κύκλος διάτρησης (CYCLE83)
2. Κύκλος διάτρησης με εργαλείο πλακιδίων (CYCLE83)
3. Κύκλος εσωτερικής τόννευσης με δοσμένη διαδρομή εργαλείου (CYCLE95)
4. Κύκλος εκχόνδρισης για εξωτερική τόννευση (CYCLE951)
5. Κύκλος κατεργασίας αυλακώσεων με δοσμένη διαδρομή εργαλείου (CYCLE932) για εκχόνδριση και φινίρισμα
6. Κατεργασία αποκοπής του τελικού τεμαχίου από το υπόλοιπο τεμάχιο.

3.6.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS

Παρακάτω παρουσιάζονται διαδοχικές φάσεις οι οποίες οδήγησαν στην κατεργασία του τεμαχίου με χρήση κύκλων κατεργασίας καθώς και τα εργαλεία με τις συνθήκες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για το αποτέλεσμα του τεμαχίου.

Φάση 1	
	Χρησιμοποιώντας εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 16.5mm και γωνίας 118 μοιρών πραγματοποιείται η πρώτη κατεργασία του προγράμματος ενώ έχει προηγηθεί το κεντράρισμα της οπής του τεμαχίου με το αντίστοιχο εργαλείο (κεντραδόρος-center drill). Το εργαλείο κατεργάζεται την οπή με διαδοχικά διαμήκη βήματα με $d=8\text{mm}$, ενώ έχει

	<p>οριστεί το σημείο ασφαλείας 15mm στο οποίο επιστρέφει το εργαλείο μετά από κάθε βήμα για να εκτελέσει το επόμενο.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T04 Περιγραφή: Τρυπάνι HSS DRILL Φ16.5 Εταιρεία: Werko Γεωμετρία: Φ16.5 Συνθήκες κοπής: $n=500\text{rpm}$, πρόωση $F=0.1\text{mm/rev}$</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE83(10,0,2,- 18,,,8,100,0.1,0.1,100,1,0,1.2,1.4,0.1,2,0,1,11211112)</p>
Φάση 2	
 	<p>Στην συγκεκριμένη φάση εκτελείται περαιτέρω διάνοιξη της ήδη υπάρχουσας οπής χρησιμοποιώντας εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 24mm με ένθετα πλακίδια. Θα ήταν δυνατό να εκτελεστεί αυτή η κατεργασία σαν πρώτη διάτρηση απλά γίνεται προσπάθεια μεγιστοποίησης της διάρκειας ζωής των εργαλείων. Το εργαλείο κατεργάζεται την οπή με διαδοχικά διαμήκη βήματα με 12mm σε κάθε βήμα φτάνοντας μέχρι το σημείο στο οποίο θα είναι και ο πάτος του σχεδίου του ποτηριού.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T10 Περιγραφή: Coating PVD (Ti,Al)N Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: πάχος πλακιδίου: 3mm, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 8.4mm, ακτίνα γωνίας 0.5mm</p> <p>Συνθήκες κοπής: $n=800\text{rpm}$, πρόωση $F=0.25\text{mm/rev}$</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE83(10,0,2,- 18,,,12,100,0.1,0.1,100,1,0,1.2,1.4,0.1,2,0,1,11211112)</p>
Φάση 3	
	<p>Στην συνέχεια εκτελείται η κατεργασία εσωτερικής τórνευσης για διάνοιξη της οπής σε διάμετρο 42mm κατά μήκος 18mm με ακτίνα $R=19$ η οποία καταλήγει σε διάμετρο 24 την διάμετρο δηλαδή στην οποία κατέληξε η προηγούμενη κατεργασία. Το εργαλείο εκτελεί περάσματα ορισμένα στον κύκλο μέσω υποπρογράμματος με αφαίρεση υλικού πάχους 0.5mm ενώ έχει οριστεί επίπεδο επαναφοράς 0.2mm ακτινικά και 3mm αξονικά στο οποίο μεταβαίνει το εργαλείο μετά από κάθε</p>

	<p>πέρασμα προκειμένου να γυρίσει στο αρχικό σημείο με γρήγορη ταχύτητα. Ακόμα έχει οριστεί από τον κύκλο να απομείνει 0.2mm υλικού μετά την κατεργασία το οποίο θα αφαιρεθεί με ένα πέρασμα με το ίδιο υποπρόγραμμα μέσα στον κύκλο εφόσον έχει οριστεί να εκτελέσει εκχόνδριση και φινίρισμα.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T09 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 55, Γωνία μύτης εργαλείου 55, ακτίνα μύτης 0.397, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 27</p> <p>Συνθήκες κοπής: n=400rpm, πρόωση F=0.07mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE62("EPEIDIKSI_ID",1,,) CYCLE952("111",," ",2102331,0.3,0.5,0.1,0.5,0.1,0.1,0.1,0.0,0.1,0.3,18,0,,)</p> <p>Τμήμα υποπρογράμματος(EPEIDIKSI_ID) SIEMENS: G90 X44.5 Z0 G02 X43.3 Z-0.6 I-0.6 K0 G03 X24 Z-18 CR=18.6 M17</p>
Φάση 4	
 	<p>Για την κατεργασία στην εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου αρχικά χρησιμοποιείται κύκλος κατεργασίας εκχόνδρισης. Θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί εναλλακτικά και απλός G-Code εφόσον ο κύκλος θα εκτελέσει ένα πέρασμα το οποίο θα αφαιρέσει 0.5mm διαμετρικά του τεμαχίου.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T12 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0</p> <p>Συνθήκες κοπής: n=500rpm, πρόωση F=0.1mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE951(50,0,49,-60,1,1,0,0,11,0,0,0,0.1,0.1,0,2,0)</p>
Φάση 5	



Η κατεργασία αυλακώσεων επιτεύχθηκε με τον αντίστοιχο κύκλο κατεργασίας με βοήθεια υποπρογράμματος για να κατεργαστούν οι καμπυλότητες στην επιφάνεια οι οποίες είναι τόσο δεξιόστροφες όσο και αριστερόστροφες οπότε θα χρειαζόντουσαν δύο εργαλεία αντί του εργαλείου αυλακώσεων. Εκτελούνται περάσματα αφαίρεσης 5mm κατά μήκος του άξονα X ενώ με τον ίδιο κύκλο εφόσον έχει οριστεί θα εκτελεστεί και φινιρίσμα το οποίο θα ακολουθεί σταθερά το περίγραμμα του τεμαχίου αφαιρώντας 0.2mm υλικού ακτινικά

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T07

Περιγραφή: Coating PVD-AlTiN

Εταιρεία: Kennametal

Γεωμετρία: Πάχος πλακιδίου 3mm, ακτίνα μύτης δεξιά και αριστερά 0.2, γωνία συγκράτησης εργαλειοδέτη 90 μοίρες, ωφέλιμο μήκος εισχώρησης 25mm

Συνθήκες κοπής:

$V_c=98\text{m/min}$, πρόωση $F=0.07\text{mm/rev}$

Τμήμα προγράμματος SIEMENS:

CYCLE62("EPEIDIKSI_OD",1,,)

CYCLE952("444444",,,

“,2101331,0.3,0.5,0.1,0.5,0.1,0.1,0.1,0.0,3,18)

Τμήμα υποπρογράμματος(EPEIDIKSI_OD) SIEMENS:

G90

X46.3 Z0

G03 X47.4 Z-0.6 I0 K-0.6

G03 X26 Z-28 CR=24.5

G02 X16 Z-33 CR=5

G01 Z-40.8

G02 X29.5 Z-51.9 CR=12.2

G03 X33.5 Z-53.9 CR=2

G01 Z-60

M17

Φάση 6



Στην παρούσα φάση εκτελείται η αποκοπή του τελικού τεμαχίου από το υπόλοιπο υλικό που περισσεύει. Η κατεργασία εκτελείται με το ίδιο εργαλείο όπως και στην προηγούμενη εργασία καθώς αφορά μία κατεργασία αυλάκωσης. Χρησιμοποιείται κύκλος κατεργασίας παρόλο που είναι μία απλή κίνηση ακτινικής κοπής.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T07

Περιγραφή: Coating PVD-AlTiN

Εταιρεία: Kennametal

Γεωμετρία: Πάχος πλακιδίου 3mm, ακτίνα μύτης

	<p>δεξιά και αριστερά 0.2, γωνία συγκράτησης εργαλειοδέτη 90 μοίρες, ωφέλιμο μήκος εισχώρησης 25mm</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=98m/min, πρόωση F=0.07mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE9</p>
--	---

Κώδικας καθοδήγησης της κατεργασίας κατά SIEMENS

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-100,-80,90)
N30	G00 X100
N40	Z100
N50	T04 M06
N60	S900 M03
N70	G00 X0
N80	Z20
N90	F0.13
N100	CYCLE83(10,0,2,-18,,,8,100,0.1,0.1,100,1,0,1.2,1.4,0.1,2,0,1,11211112)
N110	G00 Z100
N120	T10 M06
N130	S800 M03
N140	G00 X0
N150	Z5
N160	F0.25
N170	CYCLE83(10,0,2,-18,,,12,100,0.1,0.1,100,1,0,1.2,1.4,0.1,2,0,1,11211112)
N180	G00 Z100
N190	X100
N200	T09 M06
N210	S400 M04
N220	G00 X24
N230	Z5
N240	F0.07
N250	CYCLE62("EPEIDIKSI_ID",1,,)
N260	CYCLE952("111",,,,"2102331,0.3,0.5,0.1,0.5,0.1,0.1,0.1,0.1,0.3,18,0,,,)
N270	G00 Z100
N280	X100
N290	T12 M06
N300	S800 M03
N310	G00 X55
N320	Z20
N330	F0.12
N340	CYCLE951(50,0,49,-60,1,1,0,0,11,0,0,0,0.1,0.1,0,2,0)
N350	G00 X60
N360	Z100
N370	T07 M06
N380	G00 X55
N390	Z2
N400	CYCLE62("EPEIDIKSI_OD",1,,)

N410 CYCLE952("444444",," ",2101331,0.3,0.5,0.1,0.5,0.1,0.1,0.1,0,0.1,0,3,18)
 N420 G00 X60
 N430 Z-63
 N440 CYCLE9.....
 N450 G00 X60
 N460 M30

3.6.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO

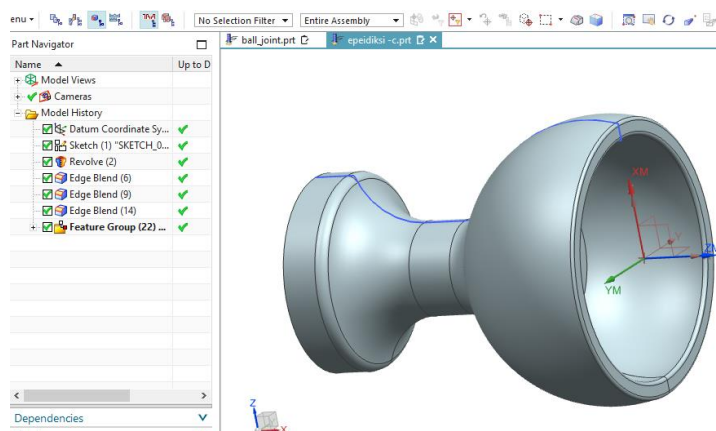
Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	G00 Z82 X295
N30	T4 M06
N40	S900 M03
N50	G00 X0
N60	Z20
N70	F1.03
N80	G74 R1
N90	G74 Z-18 Q8000
N100	G00 Z100
N110	T10 M06
N120	S800 M03
N130	G00 X0
N140	Z10
N150	F2.5
N160	G74 R1
N170	G74 Z-18 Q12000
N180	G00 Z100
N190	T09 M06
N200	F0.07
N210	G00 X42
N220	Z2
N230	G71 U0.5 R0.2
N240	G71 P250 Q260 U0.2 W0.2
N250	G00 Z0
N260	G03 X24 Z-18 R=19
N270	G00 Z200
N280	X150
N290	T12 M06
N300	G00 Z20
N310	X52
N320	Z2
N330	G00 X49.5
N340	G01 Z-60 F0.12
N350	G00 X60
N360	Z150
N370	X100
N380	T07 M06
N390	G00 X60
N400	Z-60
N410	G72 W5 R0
N420	G72 P430 Q500 U0.2 W0 F0.06
N430	G00 X34

N440	G01 Z-53
N450	G02 X30 Z-51 I-2 K0
N460	G03 X16 Z-40 R=12
N470	G01 Z-35.6
N480	G03 X26 Z-28 R=8
N490	G02 X49.2 Z-0.6 R=25
N500	G02 X48.1 Z0 I-0.6 K0
N510	G00 X60
N520	Z2
N530	X48.1
N540	G01 Z0
N550	G03 X48.1 Z-0.6 I0 K-0.6
N560	G03 X26 Z-31 R=25
N570	G02 X16 Z-38.6
N580	G01 Z-40
N590	G02 X30 Z-51 R=12
N600	G03 X34 Z-53 I0 K-2
N610	G01 Z-60
N620	G00 X60
N630	Z150
N640	M30

3.5.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM

Σχεδιασμός τεμαχίου σε σύστημα CAD

Για τον σχεδιασμό του τεμαχίου εκτελέστηκε επιμέρους σχεδιασμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ακινικά δηλαδή διαιρεμένων δια δύο ενώ σχεδιάστηκαν και οι οπές χωρίς να χρησιμοποιηθεί η εντολή hole. Μετά το πέρας του σχεδιασμού με την επιλογή της εντολής revolve επιτεύχθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο επιλέγοντας σαν άξονα περιστροφής του σχεδίου τον άξονα X ενώ σαν κέντρο περιστροφής ορίστηκε η αρχή των αξόνων σύμφωνα με το σύστημα συντεταγμένων σχεδίασης. Χρησιμοποιήθηκε η βοηθητική εντολή edge blend για την μορφοποίηση των καμπύλων του μοντέλου.



Σχήμα 3.22: Σχεδίαση του μοντέλου

Κατεργασία σε σύστημα CAM

Αρχικά ορίστηκε το επίπεδο κατεργασίας που αντιστοιχεί στην εργαλειομηχανή δηλαδή το σύστημα συντεταγμένων X-Z καθώς και το τεμάχιο που θα κατεργαστεί ενώ για την δημιουργία του τελικού τεμαχίου δημιουργήθηκαν 5 κατεργασίες με 5 διαφορετικά εργαλεία ενώ ορίστηκαν τα σημεία Avoidance για κάθε ένα από αυτά έτσι ώστε να οριστεί με ασφάλεια

η θέση αλλαγής εργαλείου μετά από κάθε κατεργασία και να είναι πάντα το ίδιο σημείο μέσα στην μηχανή μακριά από το κατεργαζόμενο τεμάχιο.

enu | | No Selection Filter | Entire Assembly |

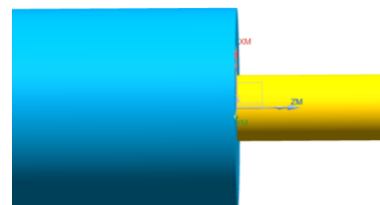
Operation Navigator - Geometry

Name	Path	Tool	Geometry	Method
GEOMETRY				
Unused Items				
MCS_SPINDLE				
WORKPIECE				
TURNING_WORK...				
AVOIDANCE				
CENTE...	✓	DRILLING_TOO...	AVOIDANCE	LATHE_CENTER...
AVOIDANCE_1				
CENTE...	✓	DRILLING_TOOL	AVOIDANCE_1	LATHE_CENTER...
AVOIDANCE_2				
ROUG...	✓	ID_55_L_1	AVOIDANCE_2	LATHE_ROUGH
FINISH...	✓	ID_55_L_1	AVOIDANCE_2	LATHE_FINISH
AVOIDANCE_3				
FACING	✓	OD_55_L	AVOIDANCE_3	LATHE_ROUGH
AVOIDANCE_4				
GROO...	✓	OD_GROOVE_L	AVOIDANCE_4	LATHE_GROOVE
FINISH...	✓	OD_GROOVE_L	AVOIDANCE_4	LATHE_FINISH

Σχήμα 3.23: Δημιουργία κατεργασιών

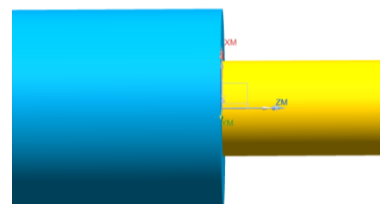
Φάση 1

Σκοπός της φάσης 1 είναι η διάνοιξη της αρχικής οπής ακολουθώντας την μέθοδο centerline-peck drill στην οποία ορίζεται ένα αρχικό σημείο ασφαλείας στο οποίο πλησιάζει το εργαλείο με γρήγορη ταχύτητα για να ξεκινήσει την κατεργασία. Ακόμα ορίζεται το σημείο που εξέρχεται έπειτα από κάθε πέρασμα ενώ εκτελεί διαδοχικά περάσματα αφαιρώντας υλικό βάθους 6mm σε κάθε βήμα πριν εξέλθει στο σημείο ασφαλείας. Τέλος χρησιμοποιείται εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 16.5mm και γωνίας 118 μοιρών τύπου hss (ταχυχάλυβας).



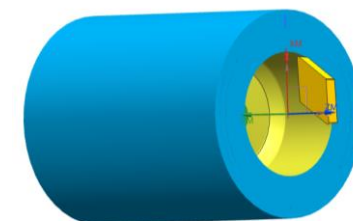
Φάση 2

Στην φάση 2 γίνεται περαιτέρω διάνοιξη της οπής με το εργαλείο ένθετων πλακιδίων εκτελώντας ένα πέρασμα με αφαίρεση υλικού ίση με 12mm και ένα με αφαίρεση 6mm ενώ έχει οριστεί απόσταση ασφαλείας ανάμεσα στα δύο περάσματα ίση με 5mm όπως και η απόσταση στην οποία πλησιάζει το εργαλείο για να ξεκινήσει την κατεργασία.



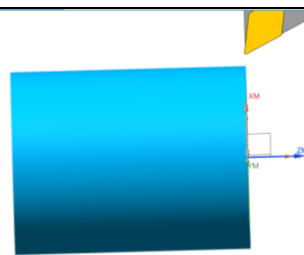
Φάση 3

Κατεργασία εκχόνδρισης της εσωτερικής επιφάνειας του τεμαχίου στην επιθυμητή τελική μορφή του όμως οι διαμήκη κινήσεις του εργαλείου αφήνουν σημάδια στην επιφάνεια καθώς δεν ακολουθεί σε όλη την κίνηση του την τελική μορφή της καμπυλότητας οπότε έχει οριστεί εναπομείνων υλικό ίσο με 0.2mm. Το εναπομείνων υλικό θα κατεργαστεί με το ίδιο εργαλείο με ένα όμως μονάχα πέρασμα με την κατεργασία φινιρίσματος του λογισμικού με την μέθοδο του contour-περιγράμματος.



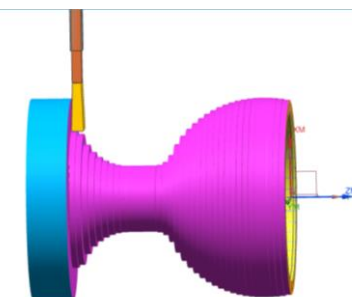
Φάση 4

Κατεργασία προσώπου του τεμαχίου με εργαλείο φινιρίσματος για να επιτευχθεί καλή ποιότητα επιφάνειας μετά τις εσωτερικές κατεργασίες οι οποίες κατά την εκτέλεση τους δημιουργούν κακή επιφάνεια προσώπου λόγω των αποβλίτων.



Φάση 5

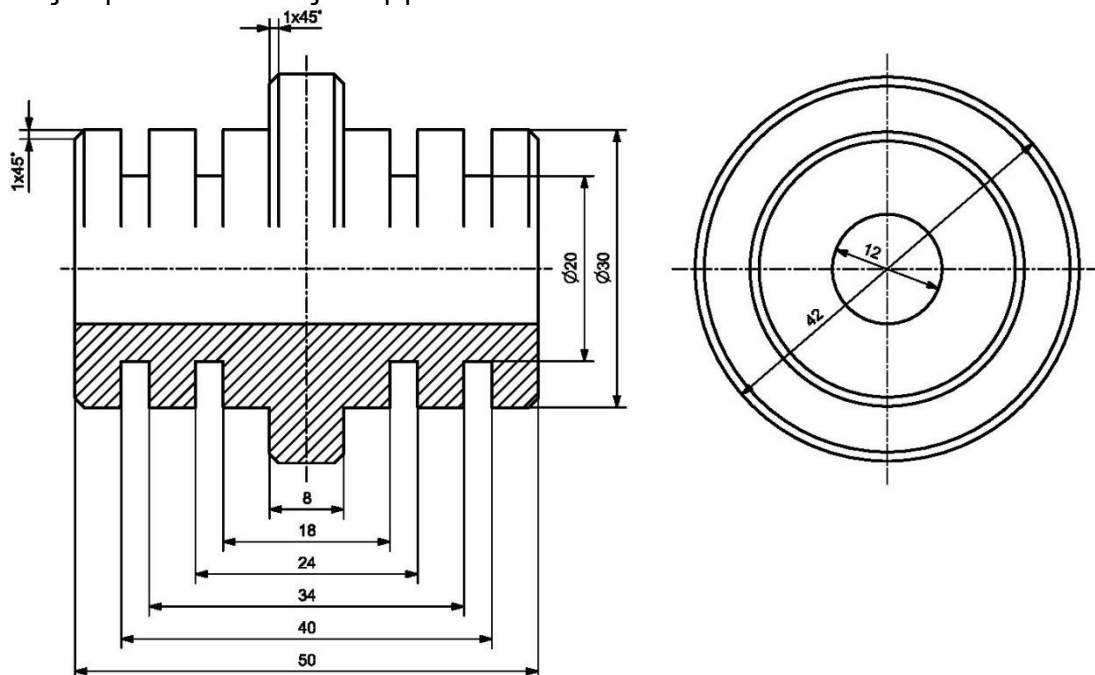
Η συγκεκριμένη φάση αποσκοπεί στην κατεργασία της εξωτερικής επιφάνειας η οποία εκτελέστηκε με εργαλείο αυλακώσεων καθώς σε διαφορετική περίπτωση θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν δύο διαφορετικά εργαλεία με συνέπειες τόσο στον χρόνο κατεργασίας όσο και στο αποτέλεσμα της επιφάνειας του τεμαχίου. Όπως και στην εσωτερική κατεργασία χρησιμοποιήθηκε ο ορισμός εναπομείναντος υλικού εφόσον το εργαλείο ακολουθεί κατεργασία αυλακώσεων η οποία δεν δύναται να αποδώσει καλή επιφάνεια. Οπότε με το ίδιο εργαλείο εκτελείται το φινιρίσμα της επιφάνειας εφόσον ολοκληρωθεί η κατεργασία εκχόνδρισης. Κατά την διάρκεια όλων των παραπάνω κατεργασιών χρησιμοποιήθηκε 50% του πλάτους του εργαλείου σε κάθε βήμα.



Σχήμα 3.24: Τελικό τεμάχιο μετά την κατεργασία

3.7 7^ο Τεμάχιο

Το αρχικό τεμάχιο το οποίο κατεργάστηκε προκειμένου να διαμορφωθεί το συμμετρικό τεμάχιο του παρακάτω σχήματος ήταν αλουμίνιο τύπου 7075 και εξωτερικής διαμέτρου 50 χιλιοστών, σκοπός της κατασκευής ήταν να παρουσιαστεί μία συμμετρική κατασκευή με διαφορετικό τρόπο απ' ότι συνηθίζεται δηλαδή με ένα πρόγραμμα και ένα δέσιμο σύμφωνα με τους παρακάτω κύκλους κατεργασιών.



Σχήμα 3.25 : Συνοπτικό σχέδιο τεμαχίου τεμαχίου προς κατεργασία

Οι κύκλοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν στο παραπάνω τεμάχιο είναι οι ακόλουθοι:

1. Κύκλος διάτρησης (CYCLE83)
2. Κύκλος εκχόνδρισης με περίγραμμα για εξωτερική τόννευση (CYCLE95)
3. Κύκλος κατεργασίας αυλακώσεων με δοσμένη διαδρομή εργαλείου (CYCLE932)
4. Κύκλος κατεργασίας αυλακώσεων απλής μορφής
5. Φινίρισμα της επιφάνειας με G-Code

3.7.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS

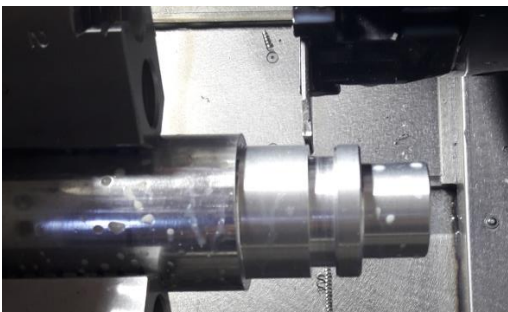
Παρακάτω παρουσιάζονται διαδοχικές φάσεις οι οποίες οδήγησαν στην κατεργασία του τεμαχίου με χρήση κύκλων κατεργασίας καθώς και τα εργαλεία με τις συνθήκες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για το αποτέλεσμα του τεμαχίου.

Φάση 1



Χρησιμοποιώντας εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 12mm και γωνίας 118 μοιρών πραγματοποιείται η πρώτη κατεργασία του προγράμματος ενώ έχει προηγηθεί το κεντράρισμα της οπής του τεμαχίου με το αντίστοιχο εργαλείο (κεντραδόρος-center drill). Το εργαλείο κατεργάζεται την οπή με διαδοχικά διαμήκη βήματα βάθους 8mm, ενώ έχει οριστεί το σημείο ασφαλείας 15mm στο οποίο επιστρέφει το εργαλείο μετά από κάθε βήμα.

	<p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T04 Περιγραφή: Τρυπάνι HSS DRILL Φ12 Εταιρεία: Werko Γεωμετρία: Φ16.5</p> <p>Συνθήκες κοπής: n=1500rpm, πρόωση F=0.212mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE83(10,0,2,- 18,,8,100,0.1,0.1,100,1,0,1.2,1.4,0.1,2,0,1,11211112)</p>
Φάση 2	
 	<p>Για την κατεργασία στην εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου αρχικά χρησιμοποιείται κύκλος κατεργασίας εκχόνδρισης δοσμένη διαδρομή εργαλείου μέχρι το σημείο Z-29 καθώς έπειτα από αυτό, το εργαλείο δεν μπορεί να εκτελέσει την διαμόρφωση και θα χρησιμοποιηθεί το εργαλείο αυλακώσεων όπως και φαίνεται σε επόμενη κατεργασία. Αξίζει να αναφερθεί ότι λόγω των μεγάλων διαμετρικών διαφορών κατά την διάρκεια της κατεργασίας χρησιμοποιείται η μέθοδος των μεταβλητών στροφών της ατράκτου με μέγιστο όριο στροφών αυτό που αντιστοιχεί στην μικρότερη διάμετρο.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T12 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=200m/min, LIMS=2000, πρόωση 0.120mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE95("DIPL7F",1.5,0,0,0.2,0.12,,1,,0.5,0,2)</p> <p>Τμήμα υποπρογράμματος(DIPL7F) SIEMENS: G90 X28 Z0 G01 X30 Z-1 G01 Z-21 G01 X40 G01 X42 Z-22 M17</p>
Φάση 3	



Η κατεργασία αυλακώσεων επιτεύχθηκε με τον αντίστοιχο κύκλο κατεργασίας με βοήθεια υποπρογράμματος για να είναι εύκολη η κατεργασία των λοξοτομών της επιφάνειας. Ο λόγος που χρησιμοποιείται το συγκεκριμένο εργαλείο είναι επειδή η γωνία των υπόλοιπων δύο εργαλείων που βρίσκονται δεμένα στην εργαλειομηχανή δεν δύναται να εκτελέσει κατεργασία στην συγκεκριμένη ζητούμενη μορφή. Εκτελούνται περάσματα αφαίρεσης τεσσάρων χιλιοστών κατά μήκος του άξονα X ενώ έχει οριστεί επίπεδο επαναφοράς 5 χιλιοστών μετά από κάθε πέρασμα.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T07

Περιγραφή: Coating PVD-AlTiN

Εταιρεία: Kennametal

Γεωμετρία: Πάχος πλακιδίου 3mm, ακτίνα μύτης δεξιά και αριστερά 0.2, γωνία συγκράτησης εργαλειοδέτη 90 μοίρες, ωφέλιμο μήκος εισχώρησης 25mm

Συνθήκες κοπής:

$V_c=80\text{m/min}$, πρόωση $F=0.05\text{mm/rev}$

Τμήμα προγράμματος SIEMENS:

CYCLE62("DIPL7S",0,,)

CYCLE952("1",,

",101311,0.3,,0.4,0.1,0.1,0.2,0.2,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,1,14)

Τμήμα υποπρογράμματος(DIPL7S) SIEMENS:

G90

X28 Z-53

G01 Z-50

G01 X30 Z-49

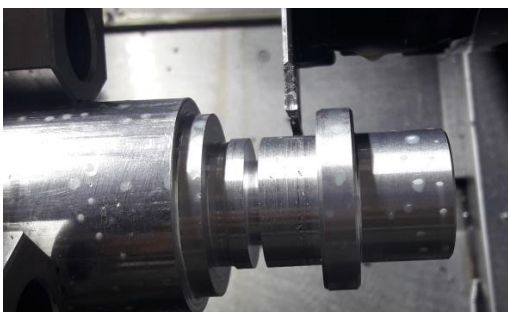
G01 Z-29

G01 X41

G01 X42 Z-28

M17

Φάση 4



Στην συγκεκριμένη φάση του προγράμματος εκτελούνται οι διαμορφώσεις των 4 αυλακώσεων χρησιμοποιώντας 2 κύκλους κατεργασίας καθώς ο κάθε ένας από αυτούς διαμορφώνει αυλακώσεις που ισαπέχουν μεταξύ τους. Χρησιμοποιείται όλο το πλάτος του εργαλείου καθώς οι αυλακώσεις είναι ίσες με αυτό.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T07

Περιγραφή: Coating PVD-AlTiN

Εταιρεία: Kennametal

Γεωμετρία: Πάχος πλακιδίου 3mm, ακτίνα μύτης δεξιά και αριστερά 0.2, γωνία συγκράτησης

	<p>εργαλειοδέτη 90 μοίρες, ωφέλιμο μήκος εισχώρησης 25mm</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=80m/min, πρόωση F=0.05mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE930(30,- 45,3,3,20,,0,0,0,4,3,4,3,0,4,10,130,,2,8,0.1,0,0,0,2,101000) CYCLE930(30,- 16,3,20,,0,0,0,4,3,4,3,0,4,10,130,,2,8,0.1,0,0,0,2,101000)</p>
Φάση 5	
	<p>Στην τελευταία φάση, αυτήν του φινιρίσματος της τελικής επιφάνειας χρησιμοποιείται το εργαλείο φινιρίσματος με περίγραμμα G κώδικα μέχρι το σημείο Z-29 στο οποίο του επιτρέπει η γεωμετρία του να φτάσει. Για τα σημεία που δε μπορούν να προσεγγιστούν με το εργαλείο αυτό χρησιμοποιείται το grooving εργαλείο του οποίου η γεωμετρία επιτρέπει τις συγκεκριμένες κινήσεις. Το φινιρίσμα και στις δύο περιπτώσεις εκτελείται με ένα πέρασμα και αφαιρεί υλικό πάχους 0.2mm το οποίο έχει οριστεί σαν εναπομείνων από τις προηγούμενες κατεργασίες.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T01 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 55, Γωνία μύτης εργαλείου 55, ακτίνα μύτης 0.397, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 27</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=230m/min, LIMS=2000, πρόωση 0.06mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: G01 Z0 G01 X30 Z-1 G01 Z-21 G01 X40 G01 X42 Z-22 G01 Z-35 G01 X42 G01 X40 Z-32 G01 X30 G01 Z-52 G01 X28 Z-53 G01 X25 G00 X40</p>

Κώδικας καθοδήγησης της κατεργασίας κατά SIEMENS

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-100,-80,90)
N30	G00 X111.497
N40	Z146.947
N50	T04 M06
N60	S1500 M03
N70	G00 X0
N80	Z20
N90	F2.12
N100	CYCLE83(15,0,5,-53.5,,,8,100,0.1,0.1,100,1,0,1.2,1.4,0.1,2,0,1,11211112
N110	G00 Z37.5
N120	X248.9
N130	T12 M06
N140	G00 Z5
N150	X52
N160	F2
N170	G96 S200 M04
N180	G26 S1400
N190	CYCLE951(50,0,42,-58,1,1.5,0.2,0,11,0,0,0,5,0.12,0,2,0)
N200	G00 X50
N210	Z5
N220	G96 S200 M04
N230	G26 S2000
N240	CYCLE95("DIPL7F",1.5,0,0,0.2,0.12,,1,,0,5,0,2)
N250	G00 X50
N260	Z153.3
N270	X75
N280	T7 M06
N290	G00 Z-29
N300	X45
N310	G96 S80 M04
N320	G26 S1100
N330	F0.35
N340	CYCLE62("DIPL7S",0,,)
N350	CYCLE952("1",," ",101311,0.3,,0,4,0.1,0.1,0.2,0.2,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,1,14)
N360	G00 X45
N370	Z-45
N380	CYCLE930(30,- 45,3,3,20,,0,0,0,4,3,4,3,0,4,10,130,,2,8,0.1,0,0,0,2,101000)
N390	G00 X45
N400	Z-16
N410	CYCLE930(30,-16,3,20,,0,0,0,4,3,4,3,0,4,10,130,,2,8,0.1,0,0,0,2,101000)
N420	G00 X50
N430	Z146.947
N440	X111.497
N450	T1 M06
N460	G00 Z3
N470	X28
N480	G96 S200 M04
N490	G26 S2000

N500	F0.6
N510	G01 Z0
N520	G01 X30 Z-1
N530	G01 Z-21
N540	G01 X40
N550	G01 X42 Z-22
N560	G01 Z-35
N570	G00 X50
N580	Z153.224
N590	X75.79
N600	T7 M06
N610	F0.35
N620	G00 Z-31
N630	G00 X43
N640	G01 X42
N650	G01 X40 Z-32
N660	G01 X30
N670	G01 Z-52
N680	G01 X28 Z-53
N690	G01 X25
N700	G00 X40
N710	M30

3.7.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO

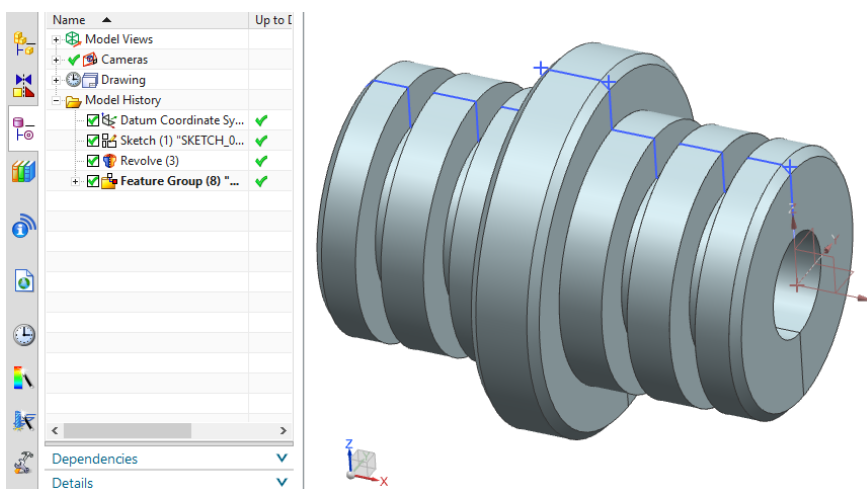
Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-100,-80,90)
N30	G00 X111.497
N40	Z146.947
N50	T04 M06
N60	S1500 M03
N70	G00 X0
N80	Z20
N90	F2.12
N100	G74 R1
N110	G74 Z-55 Q8000
N120	G00 Z37.5
N130	X248.9
N140	T12 M06
N150	G00 Z5
N160	X52
N170	F2
N180	G00 X28
N190	Z1
N200	G96 S200 M04
N210	G26 S2000
N220	G71 U1.5 R5
N230	G71 P240 Q300 U0.2 W0.2 F0.120
N240	G01 Z0
N250	G01 X30 Z-1
N260	G01 Z-21
N270	G01 X40

N280	G01 X42 Z-22
N290	G01 Z-50
N300	G01 X42
N310	G00 X50
N320	Z153.3
N330	X75
N340	T7 M06
N350	G00 Z-29
N360	X45
N370	G96 S80 M04
N380	G26 S1100
N390	F0.35
N400	G00 Z-53
N410	X42.5
N420	G72 W4 R0
N430	G72 P440 Q470 U0.2 W0.2 F0.035
N440	G01 X28
N450	G01 X30 Z-51
N460	G01 Z-21
N470	G01 X40 Z-20
N480	G00 X45
N490	Z-45
N500	G75 R0
N510	G75 X20 Z-34 P4000 Q8000
N520	G00 X45
N530	Z-16
N540	G75 R0
N550	G75 X20 Z-5 P4000 Q8000
N560	G00 X50
N570	Z146.947
N580	X111.497
N590	T1 M06
N600	G00 Z3
N610	X28
N620	G96 S200 M04
N630	G26 S2000
N640	F0.6
N650	G01 Z0
N660	G70 P240 Q300
N670	G00 X50
N680	Z153.224
N690	X75.79
N700	T7 M06
N710	F0.35
N720	G00 Z-53
N730	X43
N740	G70 P440 Q470
N750	G00 X40
N760	M30

3.7.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM

Σχεδιασμός τεμαχίου σε σύστημα CAD

Για τον σχεδιασμό του τεμαχίου εκτελέστηκε επιμέρους σχεδιασμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ακτινικά δηλαδή διαιρεμένων δια δύο ενώ ακόμα η οπή σχεδιάστηκε εξ αρχής χωρίς να οριστεί μέσω της εντολής hole. Μετά το πέρας του σχεδιασμού με την επιλογή της εντολής revolve επιτεύχθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο επιλέγοντας σαν άξονα περιστροφής του σχεδίου τον άξονα X ενώ σαν κέντρο περιστροφής ορίστηκε η αρχή των αξόνων δηλαδή το σημείο μηδέν σύμφωνα με το σύστημα συντεταγμένων σχεδίασης.



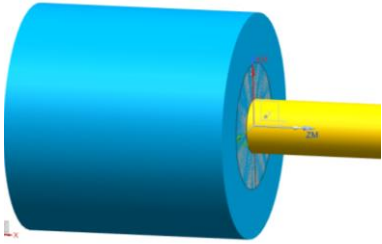
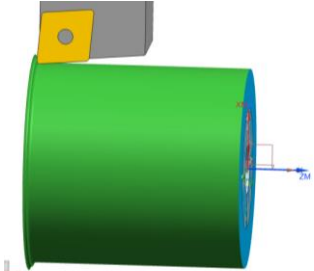
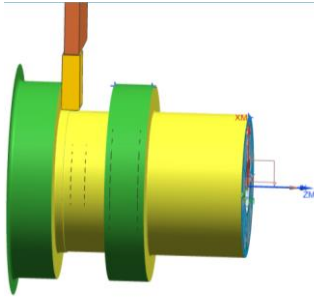
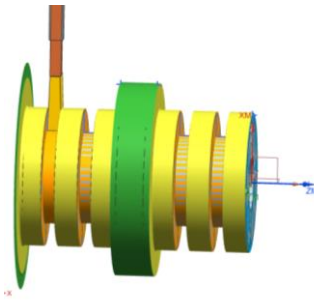
Σχήμα 3.26: Σχεδίαση του μοντέλου

Κατεργασία σε σύστημα CAM

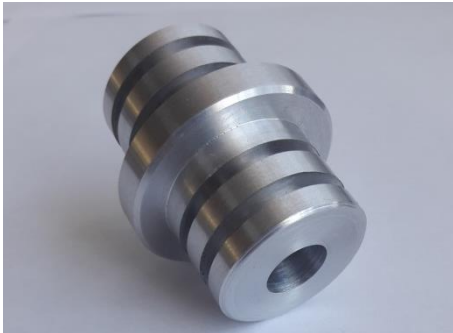
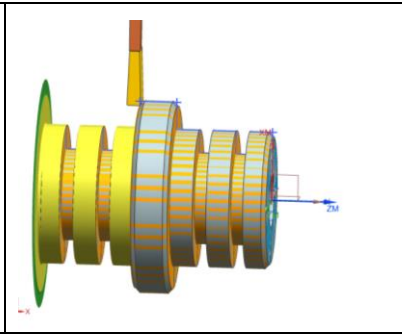
Αρχικά ορίστηκε το επίπεδο κατεργασίας που αντιστοιχεί στην εργαλειομηχανή δηλαδή το σύστημα συντεταγμένων X-Z καθώς και το τεμάχιο που θα κατεργαστεί επιλέγοντας κύλινδρο αρχικής διαμέτρου 50mm ενώ για την δημιουργία του τελικού τεμαχίου δημιουργήθηκαν 5 κατεργασίες όπως και φαίνονται παρακάτω.

Name	Path	Tool	Geometry	Method
GEOMETRY				
Unused Items				
MCS_SPINDLE				
WORKPIECE				
TURNING_WORKPIECE				
CENTERLINE_...	✓	DRILLING_TOOL	TURNING_WOR...	LATHE_CENTER...
ROUGH_TUR...	✓	OD_80_L	TURNING_WOR...	LATHE_ROUGH
GROOVE_OD	✓	OD_GROOVE_L_1	TURNING_WOR...	LATHE_GROOVE
GROOVE_OD_1	✓	OD_GROOVE_L_1	TURNING_WOR...	LATHE_GROOVE
GROOVE_OD_2	✓	OD_GROOVE_L	TURNING_WOR...	LATHE_GROOVE
GROOVE_OD_...	✓	OD_GROOVE_L	TURNING_WOR...	LATHE_GROOVE
GROOVE_OD_...	✓	OD_GROOVE_L	TURNING_WOR...	LATHE_GROOVE
GROOVE_OD_...	✓	OD_GROOVE_L	TURNING_WOR...	LATHE_GROOVE
FINISH_TURN...	✓	OD_GROOVE_L	TURNING_WOR...	LATHE_FINISH

Σχήμα 3.27: Δημιουργία κατεργασιών

<p>Φάση 1</p> <p>Σκοπός της φάσης 1 είναι η διάνοιξη της αρχικής οπής ακολουθώντας την μέθοδο centerline-peck drill με εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 12mm το οποίο κατεργάζεται 8 χιλιοστά σε κάθε πέρασμα. Το βάθος της οπής είναι 50 χιλιοστών χωρίς να συμπεριλαμβάνεται το μήκος του κώνου που παραμένει από την διάτρηση, άλλο ένα πλεονέκτημα του λογισμικού CAM είναι ότι υπολογίζει μόνο την διαφορά αυτή βάση της διαμέτρου του εργαλείου που έχει οριστεί.</p>	
<p>Φάση 2</p> <p>Στην φάση 2 γίνεται εκχόνδριση μέχρι την τελική μεγαλύτερη διάμετρο η οποία ζητείται ίση με 42mm. Ορίζεται η επιλογή του εναπομείνοντος υλικού για αποπεράτωση σε επόμενη φάση. Ακόμα το υλικό αφαιρείται με μέγιστο βάθος κοπής 1.5mm, ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στις κινήσεις του εργαλείου οι οποίες δεν αφορούν κοπή τέτοιες όπως οι κινήσεις επαναφοράς για νέο πέρασμα κοπής και οι κινήσεις προσέγγισης και απομάκρυνσης για αλλαγή εργαλείου.</p>	
<p>Φάση 3</p> <p>Στην συγκεκριμένη φάση γίνεται η συμμετρική διαμόρφωση της εξωτερικής επιφάνειας του τεμαχίου. Σε αντίθεση με την κατεργασία κατά Siemens εδώ έχει επιλεγεί ένας διαφορετικός τρόπος βάση του οποίου γίνεται κατεργασία των δύο πλευρών σαν κατεργασία δύο αυλακώσεων μορφής . Έχει επιλεγεί εργαλείο πάχους 4mm και εφόσον στο λογισμικό δίνεται η δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί μέρος αυτού επιλέγουμε το 50% για μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του εργαλείου.</p>	
<p>Φάση 4</p> <p>Η φάση 4 αφορά την κατεργασία των τεσσάρων αυλακώσεων για τα οποία λόγω του πλάτους τους (3mm) δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί το προηγούμενο εργαλείο οπότε επιλέγεται εργαλείο με πλάτος τριών χιλιοστών. Δημιουργείται αρχικά μία κατεργασία για ένα αυλάκι και έπειτα με την εντολή της αντιγραφής φτιάχνονται άλλες τρεις κατεργασίες αλλάζοντας κάθε φορά τα σημεία των όριων κατεργασίας. Χρησιμοποιείται η μέθοδος plunge zig του λογισμικού η οποία κατεργάζεται με όλο το πλάτος του εργαλείου χωρίς να απομένει υλικό για φινίρισμα.</p>	
<p>Φάση 5</p>	

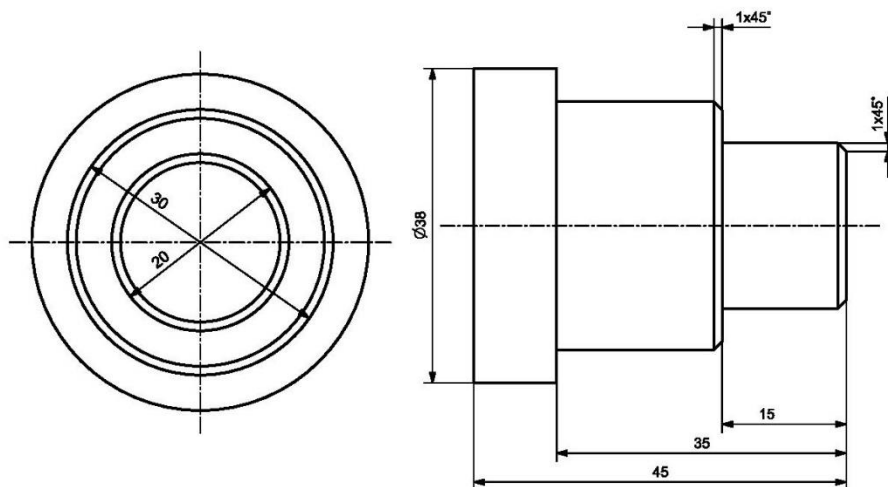
Στην τελευταία φάση γίνεται η αποπεράτωση της επιφάνειας του τεμαχίου η οποία σε αντίθεση με τις κατεργασίες ISO και Siemens χρησιμοποιεί μόνο το εργαλείο αυλακώσεων για να φινίρει την επιφάνεια βάση της μεθόδου contour-zig η οποία ακολουθεί την επιφάνεια στην οποία έχει απομείνει υλικό για αποπεράτωση.



Σχήμα 3.28: Τελικό τεμάχιο μετά την κατεργασία

3.8 8° Τεμάχιο

Το αρχικό τεμάχιο το οποίο κατεργάστηκε προκειμένου να διαμορφωθεί το παρακάτω τεμάχιο ήταν αλουμίνιο τύπου 7075 και εξωτερικής διαμέτρου 50 χιλιοστών, σκοπός της κατασκευής ήταν να παρουσιαστεί η εξωτερική τórνευση τόσο με contour path όσο και με απλή διαμήκη κατεργασία.



Σχήμα 3.29: Συνοπτικό σχέδιο τεμαχίου τεμαχίου προς κατεργασία

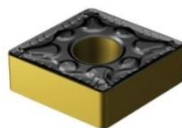
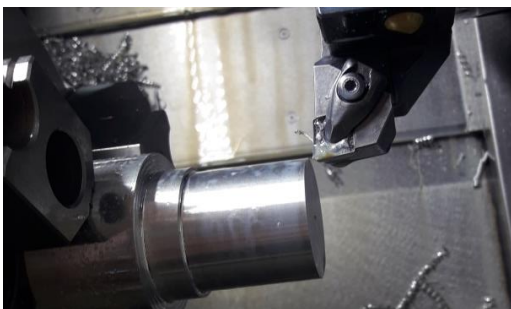
Οι κύκλοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν στο παραπάνω τεμάχιο είναι οι ακόλουθοι:

1. Κύκλος εκχόνδρισης (CYCLE951)
2. Κύκλος εκχόνδρισης με περίγραμμα για εξωτερική τórνευση (CYCLE95)
3. Κατεργασία φινιρίσματος εξωτερικής επιφάνειας

3.8.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS

Παρακάτω παρουσιάζονται διαδοχικές φάσεις οι οποίες οδήγησαν στην κατεργασία του τεμαχίου με χρήση κύκλων κατεργασίας καθώς και τα εργαλεία με τις συνθήκες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για το αποτέλεσμα του τεμαχίου.

Φάση 1



Στην πρώτη φάση καλείται ένας κύκλος κατεργασίας εκχόνδρισης σε εξωτερική επιφάνεια. Εφόσον ζητείται εξωτερική επιφάνεια με διαφορετικές διαδοχικές διαμέτρους θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθεί κύκλος κατεργασίας με δοσμένη διαδρομή εργαλείου όμως αρχικά επιλέγεται ένας απλός κύκλος μέχρι να γίνει προσέγγιση της μεγαλύτερης ζητούμενης διαμέτρου η οποία είναι 38mm. Αυτός ο κύκλος κατεργάζεται με διαδοχικά περάσματα βάθους 1.5mm και αφήνει υλικό για αποπεράτωση μετέπειτα στην τρίτη φάση.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

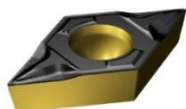
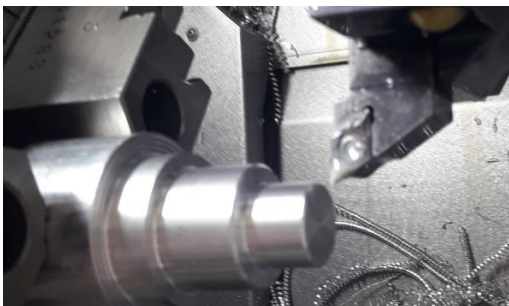
Ονομασία στον κώδικα: T12

Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN

Εταιρεία: Sandvik

Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0

	<p>Συνθήκες κοπής: Vc=200m/min, LIMS=2000, πρόωση 0.120mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE951(50,0,38,-45,1,1.5,0.2,0,11,0,0,0,5,0.12,0,2,0)</p>
Φάση 2	
 	<p>Για την επόμενη κατεργασία στην εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου αρχικά χρησιμοποιείται κύκλος κατεργασίας εκχόνδρισης με δοσμένη διαδρομή εργαλείου μέχρι το σημείο Z-45 και την διάμετρο 38, έχει επιλεγεί η συνεχής διαδρομή του εργαλείου γύρω από το μονοπάτι-contour ενώ το εργαλείο κατεργάζεται με διαδοχικά βήματα αφαίρεσης 1.5mm. Αναγκαία είναι ακόμα λόγω των μεγάλων διαμετρικών διαφορών κατά την διάρκεια της κατεργασίας η χρησιμοποίηση της μέθοδος των μεταβλητών στροφών της ατράκτου με μέγιστο όριο στροφών να είναι αυτό που αντιστοιχεί στην μικρότερη ζητούμενη διάμετρο.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T12 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=200m/min, LIMS=2000, πρόωση 0.120mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE95("DIPL9F",1.5,0,0,0.2,0.12,,1,,0,5,0,2)</p> <p>Τμήμα υποπρογράμματος() SIEMENS: G90 X18 Z0 G01 X20 Z-1 G01 Z-15 G01 X28 G01 X30 Z-16 G01 Z-35 G01 X38 G01 Z-45 M17</p>
Φάση 3	



Στην τελευταία φάση, αυτήν του φινιρίσματος της τελικής επιφάνειας χρησιμοποιείται το εργαλείο φινιρίσματος με περίγραμμα G κώδικα. Θα ήταν πιο απλό και εύκολο να γίνει η αποπεράτωση στον προηγούμενο κύκλο κατεργασίας κάτι όμως που θα ανάγκαζε τον προγραμματιστή να χρησιμοποιήσει και στις δύο περιπτώσεις το ίδιο εργαλείο κάτι που δεν εξασφαλίζει την απαραίτητη επιφάνεια. Τέλος η συγκεκριμένη κατεργασία εκτελείται με ένα πέρασμα αφαιρώντας υλικό πάχους 0.2 χιλιοστών.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T01

Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN

Εταιρεία: Sandvik

Γεωμετρία: Diamond 55, Γωνία μύτης εργαλείου 55, ακτίνα μύτης 0.397, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 27

Συνθήκες κοπής:

Vc=200m/min, LIMS=2000, πρόωση 0.06mm/rev

Τμήμα προγράμματος SIEMENS:

```
G01 Z0
G01 X20 Z-1
G01 Z-15
G01 X28
G01 X30 Z-16
G01 Z-35
G01 X38
G01 Z-45
G00 X50
```

Κώδικας καθοδήγησης της κατεργασίας κατά SIEMENS

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-100,-80,90)
N30	G00 Z37.5
N40	X248.9
N50	T12 M06
N60	G00 Z5
N70	X52
N80	F2
N90	G96 S200 M04
N100	G26 S1400
N110	CYCLE951(50,0,38,-45,1,1.5,0.2,0,11,0,0,0.5,0.12,0,2,0)
N120	G00 X50
N130	Z5
N140	G96 S200 M04
N150	G26 S2000
N160	CYCLE95("DIPL9F",1.5,0,0,0.2,0.12,,1,,0.5,0,2)
N170	G00 X50
N180	Z146.947
N190	X111.497

N200	T1 M06
N210	G00 X18
N220	Z3
N230	G01 Z0
N240	G01 X20 Z-1
N250	G01 Z-15
N260	G01 X28
N270	G01 X30 Z-16
N280	G01 Z-35
N290	G01 X38
N300	G01 Z-45
N310	G00 X50
N320	M30

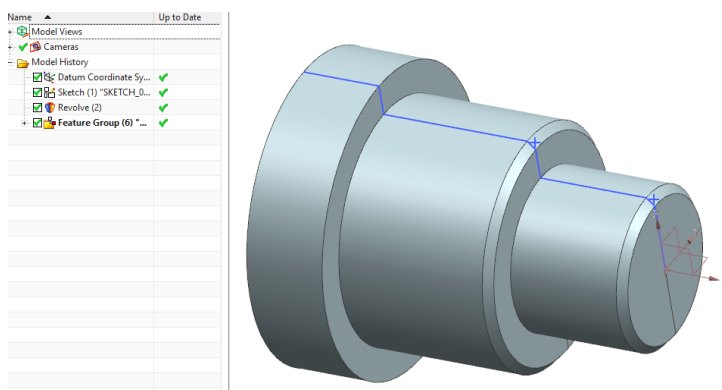
3.7.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-100,-80,90)
N30	G00 Z37.5
N40	X248.9
N50	T12 M06
N60	G00 Z5
N70	X52
N80	F2
N90	G00 X18
N100	Z1
N110	G96 S200 M04
N120	G26 S2000
N130	G71 U1.5 R5
N140	G71 P150 Q220 U0.2 W0.2 F0.120
N150	G01 Z0
N160	G01 X20 Z-1
N170	G01 Z-15
N180	G01 X28
N190	G01 X30 Z-16
N200	G01 Z-35
N210	G01 X38
N220	G01 Z-45
N230	G00 X50
N240	Z146.947
N250	X111.497
N260	T1 M06
N270	G00 Z3
N280	X28
N290	G96 S200 M04
N300	G26 S2000
N310	F0.6
N320	G01 Z0
N330	G70 P150 Q220
N340	G00 X50
N350	Z100
N360	X150

3.8.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM

Σχεδιασμός τεμαχίου σε σύστημα CAD

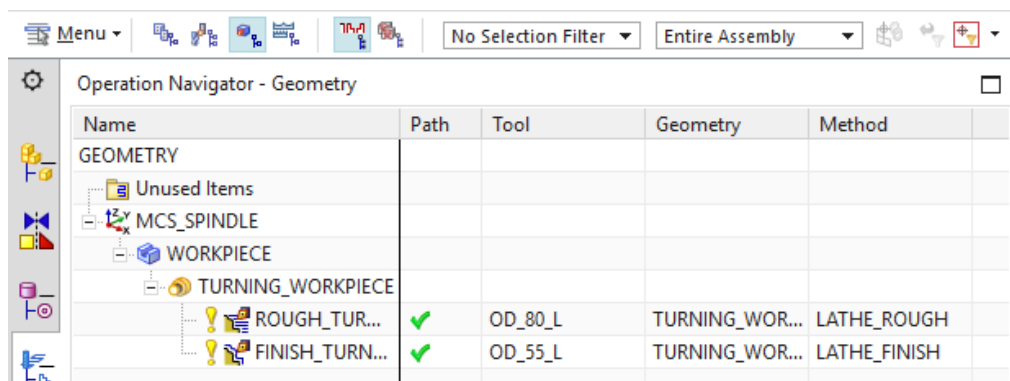
Για τον σχεδιασμό του τεμαχίου εκτελέστηκε επιμέρους σχεδιασμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ακτινικά δηλαδή διαιρεμένων δια δύο ενώ ακόμα η οπή σχεδιάστηκε εξ αρχής χωρίς να οριστεί μέσω της εντολής hole. Μετά το πέρας του σχεδιασμού με την επιλογή της εντολής revolve επιτεύχθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο επιλέγοντας σαν άξονα περιστροφής του σχεδίου τον άξονα X ενώ σαν κέντρο περιστροφής ορίστηκε η αρχή των αξόνων δηλαδή το σημείο μηδέν σύμφωνα με το σύστημα συντεταγμένων σχεδίασης.



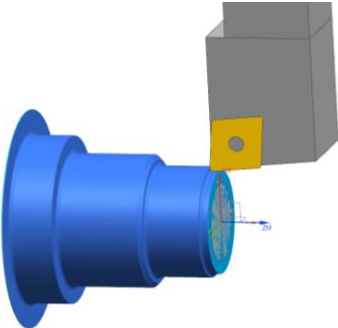
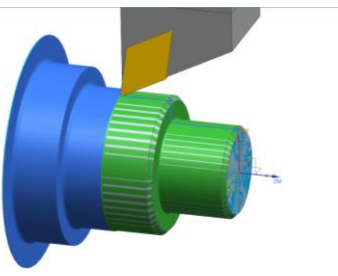
Σχήμα 3.30: Σχεδίαση του μοντέλου

Κατεργασία σε σύστημα CAM

Αρχικά ορίστηκε το επίπεδο κατεργασίας που αντιστοιχεί στην εργαλειομηχανή δηλαδή το σύστημα συντεταγμένων X-Z καθώς και το τεμάχιο που θα κατεργαστεί επιλέγοντας κύλινδρο αρχικής διαμέτρου 50mm ενώ για την δημιουργία του τελικού τεμαχίου δημιουργήθηκαν 2 κατεργασίες με 2 όμως διαφορετικά εργαλεία το εργαλείο εκχόνδρισης και το εργαλείο φινιρίσματος.



Σχήμα 3.31: Δημιουργία κατεργασιών

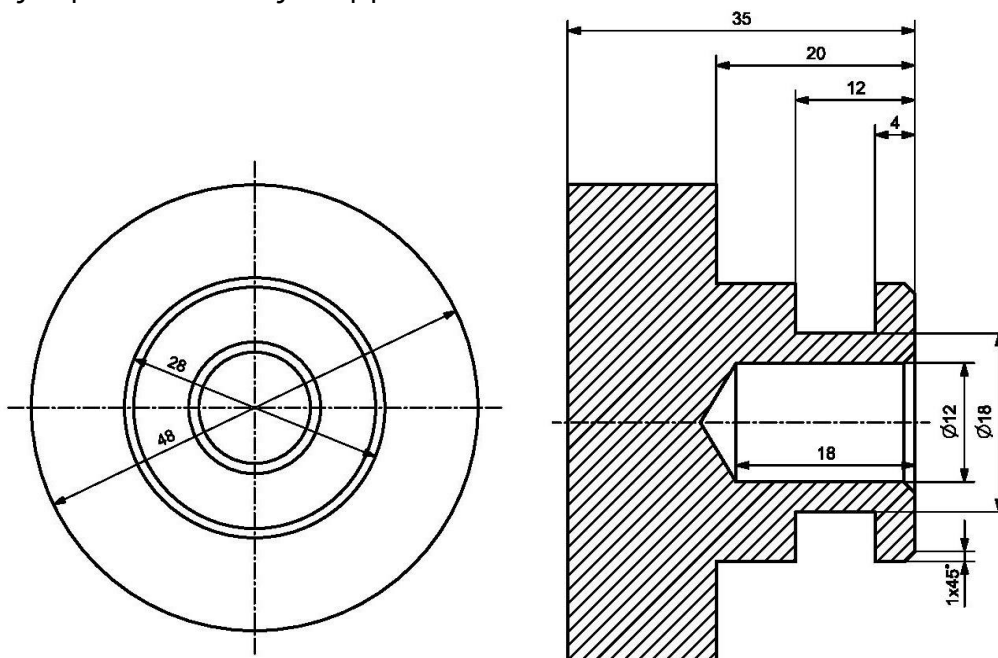
Φάση 1	
<p>Σκοπός της φάσης 1 είναι η εκχόνδριση και η προσέγγιση στην τελική ζητούμενη μορφή του τεμαχίου ενώ έχει οριστεί η επιλογή να απομείνει υλικό 0.2 χιλιοστών για την επόμενη κατεργασία τόσο στον Χ άξονα όσο και στον Ζ ενώ η κατεργασία γίνεται με μέγιστο βάθος κοπής 1.5mm προσέχοντας πάντα τις κινήσεις προσέγγισης και απομάκρυνσης από το τεμάχιο.</p>	
Φάση 2	
<p>Στην φάση 2 γίνεται το φινίρισμα της τελικής επιφάνειας χρησιμοποιώντας αντίστοιχο εργαλείο και την μέθοδο φινιρίσματος του λογισμικού CAM με στρατηγική contour-zig η οποία επιτρέπει την κατεργασία σε όλα τα επίπεδα της εξωτερικής επιφάνειας εκτελώντας ένα πέρασμα αφαίρεσης 0.2 χιλιοστών ακτινικά και διαμήκη του τεμαχίου.</p>	



Σχήμα 3.32: Τελικό τεμάχιο μετά την κατεργασία

3.9 9° Τεμάχιο

Το αρχικό τεμάχιο το οποίο κατεργάστηκε προκειμένου να διαμορφωθεί το συμμετρικό τεμάχιο του παρακάτω σχήματος ήταν αλουμίνιο τύπου 7075 και εξωτερικής διαμέτρου 50 χιλιοστών, σκοπός της κατασκευής ήταν να παρουσιαστεί μία συμμετρική κατασκευή με διαφορετικό τρόπο απ' ότι συνηθίζεται δηλαδή με ένα πρόγραμμα και ένα δέσιμο σύμφωνα με τους παρακάτω κύκλους κατεργασιών.



Σχήμα 3.33 : Συνοπτικό σχέδιο τεμαχίου τεμαχίου προς κατεργασία

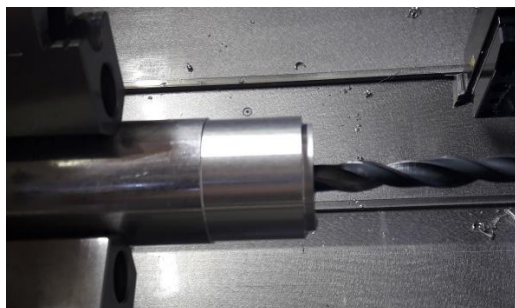
Οι κύκλοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν στο παραπάνω τεμάχιο είναι οι ακόλουθοι:

1. Κύκλος διάτρησης (CYCLE83)
2. Κύκλος εκχόνδρισης για εξωτερική τόνρευση (CYCLE951)
3. Κύκλος εκχόνδρισης με περίγραμμα για εξωτερική τόνρευση (CYCLE95)
4. Κύκλος κατεργασίας αυλάκωσης απλής μορφής
5. Φινίρισμα της επιφάνειας με G-Code
6. Αποκοπή του τεμαχίου

3.9.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS


Παρακάτω παρουσιάζονται διαδοχικές φάσεις οι οποίες οδήγησαν στην κατεργασία του τεμαχίου με χρήση κύκλων κατεργασίας καθώς και τα εργαλεία με τις συνθήκες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για το αποτέλεσμα του τεμαχίου.

Φάση 1



Χρησιμοποιώντας εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 12mm και γωνίας 118 μοιρών πραγματοποιείται η πρώτη κατεργασία του προγράμματος. Το εργαλείο κατεργάζεται την οπή με διαδοχικά διαμήκη βήματα βάθους 8mm, ενώ έχει οριστεί το σημείο ασφαλείας 15mm στο οποίο επιστρέφει το εργαλείο μετά από κάθε βήμα.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:
Ονομασία στον κώδικα: T04

	<p>Περιγραφή: Τρυπάνι HSS DRILL Φ12 Εταιρεία: Werko Γεωμετρία: Φ16.5</p> <p>Συνθήκες κοπής: n=rpm, πρόωση F=mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE83(15,0,5,- 21.6,,,8,100,0.1,0.1,10,1,0,1,2,1.4,0.1,2,0,1,11211112)</p>
Φάση 2	
	<p>Για την κατεργασία στην εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου αρχικά χρησιμοποιείται κύκλος κατεργασίας εκχόνδρισης δοσμένη διαδρομή εργαλείου μέχρι το σημείο Z-41 και την διάμετρο 48 αφαιρώντας 1mm υλικού ακτινικά σε κάθε βήμα εκτελώντας δηλαδή ένα πέρασμα με δοσμένη αρχική διάμετρο 50mm.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T12 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=200m/min, LIMS=2000, πρόωση 0.120mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE951(50,0,48,-41,1,1.5,0.2,0,11,0,0,0,5,0.12,0,2,0)</p>
Φάση 3	
	<p>Στην φάση 3 πραγματοποιείται εξωτερική τórνευση με δοσμένη διαδρομή – contour εργαλείου. Μία διαφορετική προσέγγιση στην κατεργασία θα ήταν να χρησιμοποιηθεί άλλος ένας κύκλος όπως και ο προηγούμενος για τελική διάμετρο 28. Με τον τρόπο αυτό όμως δεν θα υπήρχε η δυνατότητα να κατασκευαστεί η λοξοτομή στο πρόσωπο του τεμαχίου η οποία ζητείται στο μηχανολογικό σχέδιο του τεμαχίου.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T12 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=200m/min, LIMS=2000, πρόωση 0.120mm/rev</p>

	<p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE95("DIPL8F",1.5,0,0,0.2,0.12,0.12,,1,,0.5,0,2)</p> <p>Τμήμα υποπρογράμματος(DIPL8F) SIEMENS: G90 X26 Z0 G01 X28 Z-1 G01 Z-20 G01 X48 G01 Z-35 M17</p>
Φάση 4	
 	<p>Στην συγκεκριμένη φάση του προγράμματος εκτελείται η κατεργασία της αυλάκωσης η οποία είναι απλής σχετικά μορφής με πλάτος 8 χιλιοστών που σημαίνει ότι το εργαλείο θα εκτελέσει αρκετά περάσματα για να επιτευχθεί το αποτέλεσμα αφαιρώντας 4 χιλιοστά σε κάθε προσέγγιση του εργαλείου.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T07 Περιγραφή: Coating PVD-AlTiN Εταιρεία: Kennametal Γεωμετρία: Πάχος πλακιδίου 3mm, ακτίνα μύτης δεξιά και αριστερά 0.2, γωνία συγκράτησης εργαλειοδέτη 90 μοίρες, ωφέλιμο μήκος εισχώρησης 25mm</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=80m/min, πρόωση F=0.05mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE930(28,- 12,8,8,18,,0,0,0,4,3,4,3,0,4,2,110,,1,8,0.1,0,0,0,2,101000)</p>
Φάση 5	
 	<p>Στην τελευταία φάση, αυτήν του φινιρίσματος της τελικής επιφάνειας χρησιμοποιείται το εργαλείο φινιρίσματος με περίγραμμα G κώδικα μέχρι το σημείο Z-41. Το φινίρισμα εκτελείται με ένα πέρασμα και αφαιρεί υλικό πάχους 0.2mm το οποίο έχει οριστεί σαν εναπομείνων από τις προηγούμενες κατεργασίες.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T01 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al2O3+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 55, Γωνία μύτης εργαλείου 55, ακτίνα μύτης 0.397, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 27</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=230m/min, LIMS=2000, πρόωση 0.06mm/rev</p>

	<p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: G01 Z0 G01 X28 Z-1 G01 Z-20 G01 X48 G01 Z-35</p>
Φάση 6	
 	<p>Στην τελευταία φάση της κατεργασίας εκτελείται η αποκοπή του τελικού τεμαχίου από το υπόλοιπο υλικό. Σε αντίθεση με την τελευταία φορά που παρουσιάστηκε η συγκεκριμένη κατεργασία στο παρών πρόγραμμα η κατεργασία εκτελείται με μία απλή εντολή κοπής G01 και όχι με κύκλο κοπής.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T07 Περιγραφή: Coating PVD-AlTiN Εταιρεία: Kennametal Γεωμετρία: Πάχος πλακιδίου 3mm, ακτίνα μύτης δεξιά και αριστερά 0.2, γωνία συγκράτησης εργαλειοδέτη 90 μοίρες, ωφέλιμο μήκος εισχώρησης 25mm</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=80m/min, πρόωση F=0.05mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: G00 Z-38 X48.5 G01 X0 F0.035</p>

Κώδικας καθοδήγησης της κατεργασίας κατά SIEMENS

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-100,-80,90)
N30	G00 X111.497
N40	Z146.947
N50	T04 M06
N60	S1500 M03
N70	G00 X0
N80	Z20
N90	F2.12
N100	CYCLE83(15,0,5,-21.6,,,8,100,0.1,0.1,10,1,0,1.2,1.4,0.1,2,0,1,11211112)
N110	G00 Z37.5
N120	X248.9
N130	T12 M06
N140	G00 Z5
N150	X52
N160	F2
N170	G96 S200 M04
N180	G26 S1400
N190	CYCLE951(50,0,48,-41,1,1.5,0.2,0,11,0,0,0,5,0.12,0,2,0)
N200	G00 X50

N210	Z5
N220	G96 S200 M04
N230	G26 S2000
N240	CYCLE95("DIPL8F",1.5,0,0,0.2,0.12,0.12,,1,,0,5,0,2)
N250	G00 X50
N260	Z153.3
N270	X75
N280	T7 M06
N290	G00 Z-29
N300	X45
N310	G96 S80 M04
N320	G26 S1100
N330	F0.35
N340	CYCLE930(28,-12,8,8,18,,0,0,0,4,3,4,3,0,4,2,110,,1,8,0.1,0,0,0,2,101000)
N350	G00 X50
N360	Z146.947
N370	X111.497
N380	T1 M06
N390	G00 Z2
N400	X26
N410	G96 S200 M04
N420	G26 S2000
N430	F0.6
N440	G01 Z0
N450	G01 X28 Z-1
N460	G01 Z-20
N470	G01 X48
N480	G01 Z-35
N490	G00 X50
N500	Z150
N510	X75
N520	T7 M06
N530	G00 Z-38
N540	X48.5
N550	G01 X0 F0.035
N560	M30

3.9.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO

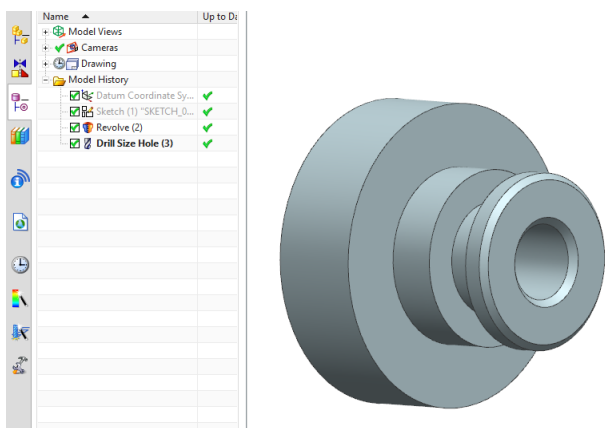
Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-100,-80,90)
N30	G00 X111.497
N40	Z146.947
N50	T04 M06
N60	S1500 M03
N70	G00 X0
N80	Z20
N90	F2.12
N100	G74 R1
N110	G74 Z-21.6 Q8000
N120	G00 Z37.5
N130	X248.9

N140	T12 M06
N150	G00 Z5
N160	X52
N170	F2
N180	G00 X28
N190	Z1
N200	G96 S200 M04
N210	G26 S2000
N220	G71 U1.5 R5
N230	G71 P240 Q280 U0.2 W0.2 F0.120
N240	G01 Z0
N250	G01 X28 Z-1
N260	G01 Z-20
N270	G01 X48
N280	G01 Z-35
N290	G00 X50
N300	Z153.3
N310	X75
N320	T7 M06
N330	G00 Z-12
N340	X30
N350	G96 S80 M04
N360	G26 S1100
N370	F0.35
N380	G01 Z-8
N390	G75 R0
N400	G75 X18 Z-12 P4000 Q3000 R0 F0.035
N410	G00 X50
N420	Z146.947
N430	X111.497
N440	T1 M06
N450	G00 Z3
N460	X26
N470	G96 S200 M04
N480	G26 S2000
N490	F0.6
N500	G01 Z0
N510	G01 X28 Z-1
N520	G01 Z-20
N530	G01 X48
N540	G01 Z-35
N550	G00 X50
N560	Z150
N570	X75
N580	T7 M06
N590	G00 Z-38
N600	X48.5
N610	G01 X0 F0.035
N620	M30

3.7.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM

Σχεδιασμός τεμαχίου σε σύστημα CAD

Για τον σχεδιασμό του τεμαχίου εκτελέστηκε επιμέρους σχεδιασμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ακτινικά δηλαδή διαιρεμένων δια δύο ενώ ακόμα η οπή σχεδιάστηκε εξ αρχής χωρίς να οριστεί μέσω της εντολής hole. Μετά το πέρας του σχεδιασμού με την επιλογή της εντολής revolve επιτεύχθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο επιλέγοντας σαν άξονα περιστροφής του σχεδίου τον άξονα X ενώ σαν κέντρο περιστροφής ορίστηκε η αρχή των αξόνων δηλαδή το σημείο μηδέν σύμφωνα με το σύστημα συντεταγμένων σχεδίασης.



Σχήμα 3.34: Σχεδίαση του μοντέλου

Κατεργασία σε σύστημα CAM

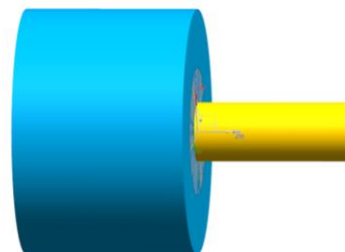
Αρχικά ορίστηκε το επίπεδο κατεργασίας που αντιστοιχεί στην εργαλειομηχανή δηλαδή το σύστημα συντεταγμένων X-Z καθώς και το τεμάχιο που θα κατεργαστεί επιλέγοντας κύλινδρο αρχικής διαμέτρου 50mm ενώ για την δημιουργία του τελικού τεμαχίου δημιουργήθηκαν 4 κατεργασίες με 4 διαφορετικά εργαλεία. Η διαδικασία των κατεργασιών φαίνεται παρακάτω.

Name	Path	Tool	Geometry	Method
GEOMETRY				
Unused Items				
MCS_SPINDLE				
WORKPIECE				
TURNING_WORKPIECE				
CENTERLINE...	✓	DRILLING_TOOL	TURNING_WOR...	LATHE_CENTER...
ROUGH_TUR...	✓	OD_80_L	TURNING_WOR...	LATHE_ROUGH
FINISH_TURN...	✓	OD_55_L	TURNING_WOR...	LATHE_FINISH
GROOVE_OD	✓	OD_GROOVE_L_1	TURNING_WOR...	LATHE_GROOVE

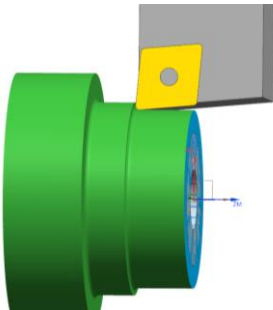
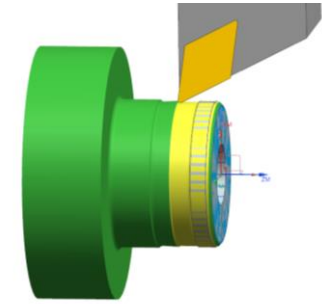
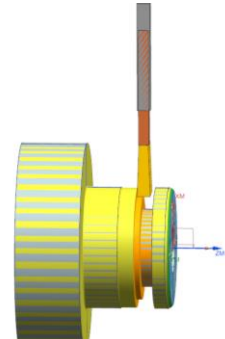
Σχήμα 3.35: Δημιουργία κατεργασιών

Φάση 1

Σκοπός της φάσης 1 είναι η διάνοιξη της αρχικής οπής ακολουθώντας την μέθοδο centerline-peck drill με εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 12mm το οποίο κατεργάζεται 8 χιλιοστά σε κάθε πέρασμα. Το βάθος της οπής είναι 21.3 χιλιοστών συμπεριλαμβανομένου του κώνου που παραμένει από την διάτρηση. Εφαρμόζεται η κατεργασία centerline – peck drill η οποία επιλέγεται μεταξύ των υπόλοιπων εναλλακτικών που προσφέρει το πακέτο CAM.



Φάση 2

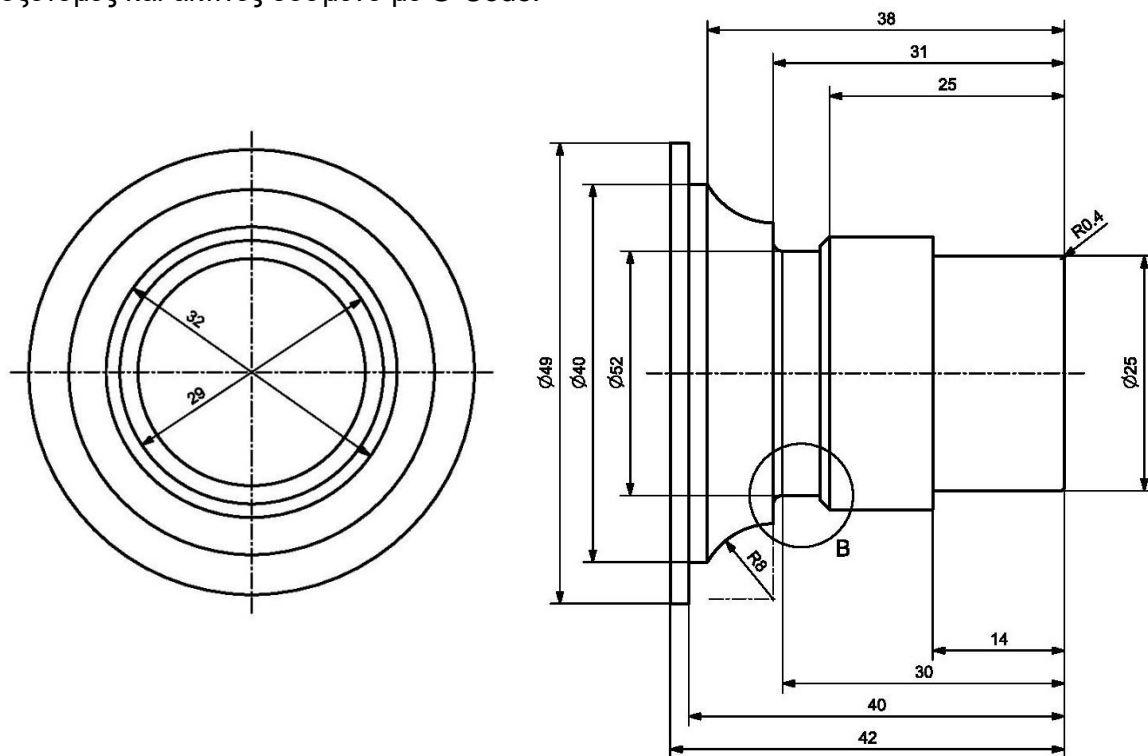
<p>Στην συγκεκριμένη φάση γίνεται η διαμόρφωση της εξωτερικής επιφάνειας του τεμαχίου. Επιλέγεται κατεργασία εκχόνδρισης με μέθοδο κατεργασίας αυτήν της linear-zig η οποία δεν ακολουθεί συνεχώς το περίγραμμα του ζητούμενου τεμαχίου εφόσον αυτό δεν είναι αναγκαίο κατά την κατεργασία. Εκτελείται κατεργασία με 1.5 χιλιοστό αφαίρεση υλικού ενώ ορίζεται και stock αποπεράτωσης.</p>	
<p>Φάση 3</p> <p>Στην φάση 3 γίνεται η αποπεράτωση της επιφάνειας του τεμαχίου η εργάζεται βάση της μεθόδου contour-zig η οποία ακολουθεί την επιφάνεια στην οποία έχει απομείνει υλικό για αποπεράτωση. Ακόμα έχει οριστεί όριο ακτινικά του τεμαχίου το οποίο ορίζει το τελικό σημείο μέχρι το οποίο επιτρέπεται στο εργαλείο να μεταβεί για να αποφύγει ο προγραμματιστής την κατεργασία μέσα στο αυλάκι με το συγκεκριμένο εργαλείο καθώς είναι ακατάλληλο για αυτήν.</p>	
<p>Φάση 4</p> <p>Η φάση 4 αφορά την κατεργασία της αυλάκωσης για την οποία λόγω του πλάτους της (8mm) θα εκτελεστούν αρκετά περάσματα μέχρι να επιτευχθεί το ζητούμενο αποτέλεσμα. Χρησιμοποιείται η μέθοδος plunge zig του λογισμικού η οποία κατεργάζεται μετά από επιλογή με το 50% του πλάτους του εργαλείου.</p>	



Σχήμα 3.36: Τελικό τεμάχιο μετά την κατεργασία

3.10 10° Τεμάχιο

Το αρχικό τεμάχιο το οποίο κατεργάστηκε προκειμένου να διαμορφωθεί το παρακάτω τεμάχιο ήταν αλουμίνιο τύπου 7075 και εξωτερικής διαμέτρου 50 χιλιοστών, σκοπός της κατασκευής ήταν να παρουσιαστεί η εξωτερική τόννευση αυλακώσεων με περίγραμμα που περιλαμβάνει λοξοτομές και ακτίνες δοσμένο με G-Code.



Σχήμα 3.37: Συνοπτικό σχέδιο τεμαχίου τεμαχίου προς κατεργασία

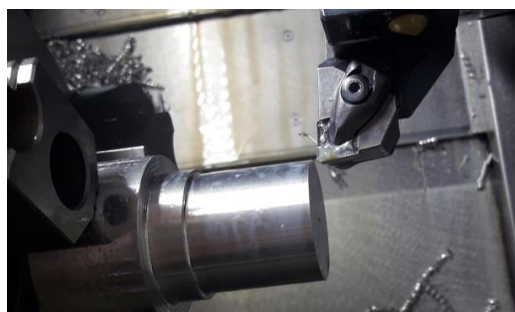
Οι κύκλοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν στο παραπάνω τεμάχιο είναι οι ακόλουθοι:

1. Κύκλος εκχόνδρισης περιγράμματος (CYCLE95)
2. Κύκλος εκχόνδρισης και φινιρίσματος αυλάκωσης με περίγραμμα (CYCLE952)
3. Κατεργασία φινιρίσματος εξωτερικής επιφάνειας με G-Code

3.10.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS

Παρακάτω παρουσιάζονται διαδοχικές φάσεις οι οποίες οδήγησαν στην κατεργασία του τεμαχίου με χρήση κύκλων κατεργασίας καθώς και τα εργαλεία με τις συνθήκες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για το αποτέλεσμα του τεμαχίου.

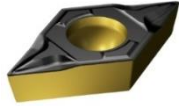
Φάση 1



Στην πρώτη φάση καλείται ένας κύκλος κατεργασίας εκχόνδρισης σε εξωτερική επιφάνεια. Εφόσον ζητείται εξωτερική επιφάνεια με διαφορετικές διαδοχικές διαμέτρους θα χρειαστεί να χρησιμοποιηθεί κύκλος κατεργασίας με δοσμένη διαδρομή εργαλείου ο οποίος κατεργάζεται με διαδοχικά περάσματα βάθους 1.5mm και αφήνει υλικό για αποπεράτωση η οποία θα πραγματοποιηθεί σε μετέπειτα φάση.

Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:
Ονομασία στον κώδικα: T12

	<p>Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN Εταιρεία: Sandvik Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=200m/min, LIMS=2000, πρόωση 0.120mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE95(“”,1.5,0,0,0.2,0.12,,1,,0.5,0,2)</p> <p>Τμήμα υποπρογράμματος() SIEMENS:</p>
Φάση 2	
 	<p>Στην συγκεκριμένη φάση του προγράμματος εκτελείται η κατεργασία της αυλάκωσης η οποία είναι μεταβλητής διαμέτρου και για να επιτευχθεί η κατεργασία της θα πρέπει να οριστεί το πλήρες περίγραμμα το οποίο αυτή περιλαμβάνει το οποίο στο συγκεκριμένο παράδειγμα δίνεται σαν υποπρόγραμμα με G-Code. Η κατεργασία εκτελείται με μέγιστη αφαίρεση υλικού τα 4mm ενώ έχει επιλεγεί η αποπεράτωση με το ίδιο εργαλείο για επίτευξη καλής ποιότητας επιφάνειας.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T07 Περιγραφή: Coating PVD-AlTiN Εταιρεία: Kennametal Γεωμετρία: Πάχος πλακιδίου 3mm, ακτίνα μύτης δεξιά και αριστερά 0.2, γωνία συγκράτησης εργαλειοδέτη 90 μοίρες, ωφέλιμο μήκος εισχώρησης 25mm</p> <p>Συνθήκες κοπής: Vc=80m/min, πρόωση F=0.05mm/rev</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE62(“”,0,,) CYCLE952(“1”,, “,101311,0.3,,0,4,0.1,0.1,0.2,0.2,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,1,14)</p> <p>Τμήμα υποπρογράμματος() SIEMENS:</p>
Φάση 3	
	<p>Στην τελευταία φάση, αυτήν του φινιρίσματος της τελικής επιφάνειας χρησιμοποιείται το εργαλείο φινιρίσματος με περίγραμμα G κώδικα το ίδιο δηλαδή περίγραμμα που είχε χρησιμοποιηθεί και για εκχόνδριση απλά με διαφορετικό εργαλείο. Τέλος η συγκεκριμένη κατεργασία εκτελείται με ένα πέρασμα αφαιρώντας υλικό πάχους 0.2 χιλιοστών.</p>



Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T01

Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN

Εταιρεία: Sandvik

Γεωμετρία: Diamond 55, Γωνία μύτης εργαλείου 55, ακτίνα μύτης 0.397, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 27

Συνθήκες κοπής:

V_c=200m/min, LIMS=2000, πρόωση 0.06mm/rev

Τμήμα προγράμματος SIEMENS:

G01 X38

G01 Z-45

G00 X50

Κώδικας καθοδήγησης της κατεργασίας κατά SIEMENS

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-100,-80,90)
N30	G00 Z37.5
N40	X248.9
N50	T12 M06
N60	G00 Z5
N70	X52
N80	F2
N90	G96 S200 M04
N100	G26 S2000
N110	CYCLE95("DIPL10OD",1.5,0,0,0.1,0.3,0.3,,1,,0,5,0,2)
N120	G00 X80
N130	Z100
N140	T3 M06
N150	G00 X50
N160	Z-20
N170	CYCLE62("DIPL10OD",1.5,0,0,0.1,0.3,0.3,,1,,0,0,5,0,2)
N180	CYCLE952("1",," ",101331,0.5,,0,3,0.1,0.1,0.2,0.2,0.1,0,1,0,0,,,,,2,2,1,14)
N190	G00 X111.497 Z150
N200	T1 M06
N210	G00 X18
N220	Z3
N230	G01 Z0
N240	G03 X25 Z-0.4 I0 K-0.4
N250	G01 Z-14
N260	G01 X29
N270	G01 Z-31
N280	G01 X32
N290	G01 X40 Z-38 CR=8
N300	G01 Z-40
N310	G01 X49
N320	G01 Z-42
N330	G00 X60
N340	G00 X50
N350	Z100

N360 M30

3.10.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO

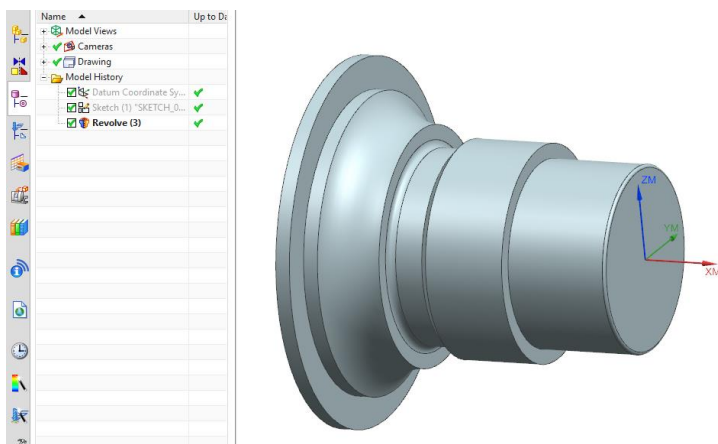
Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-100,-80,90)
N30	G00 Z37.5
N40	X248.9
N50	T12 M06
N60	G00 Z5
N70	X52
N80	F2
N90	G00 X18
N100	Z1
N110	G96 S200 M04
N120	G26 S2000
N130	G71 U1.5 R5
N140	G71 P150 Q220 U0.2 W0.2 F0.120
N150	G01 Z0
N160	G03 X25 Z-0.4 I0 K-0.4
N170	G01 Z-14
N180	G01 X29
N190	G01 Z-31
N200	G01 X32
N210	G01 X40 Z-38 R=8
N220	G01 Z-40
N230	G01 X49
N240	G01 Z-42
N250	G00 Z37.5
N260	X248.9
N270	T7 M06
N280	G00 X40
N290	Z-31
N300	G72 W5 R0
N310	G72 P320 Q370 U0.2 W0 F0.06
N320	G00 X32.5
N330	G01 X54
N340	G03 X52 Z-1 R=1
N350	G01 Z-26
N360	G01 X27
N370	G01 X29 Z-25
N380	G00 Z37.5
N390	X248.9
N400	T1 M06
N410	G00 Z3
N420	X28
N430	G96 S200 M04
N440	G26 S2000
N450	F0.6
N460	G01 Z0
N470	G70 P150 Q240
N480	G00 X50

N490 Z100
N500 X150
N510 M30

3.10.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM

Σχεδιασμός τεμαχίου σε σύστημα CAD

Για τον σχεδιασμό του τεμαχίου εκτελέστηκε επιμέρους σχεδιασμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ακτινικά δηλαδή διαιρεμένων δια δύο ενώ ακόμα η οπή σχεδιάστηκε εξ αρχής χωρίς να οριστεί μέσω της εντολής hole. Μετά το πέρας του σχεδιασμού με την επιλογή της εντολής revolve επιτεύχθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο επιλέγοντας σαν άξονα περιστροφής του σχεδίου τον άξονα X ενώ σαν κέντρο περιστροφής ορίστηκε η αρχή των αξόνων δηλαδή το σημείο μηδέν σύμφωνα με το σύστημα συντεταγμένων σχεδίασης.



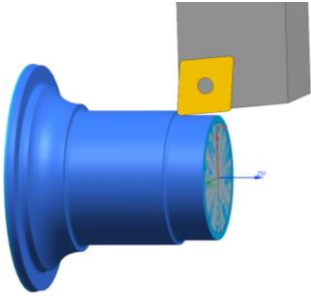
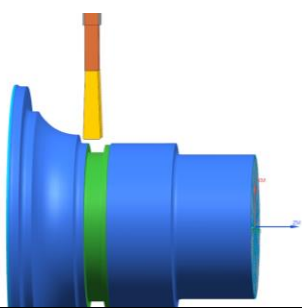
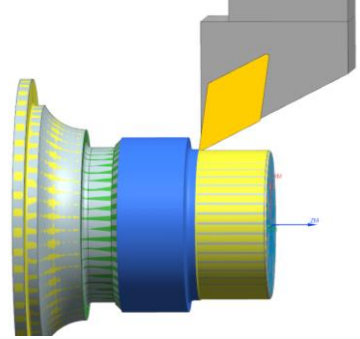
Σχήμα 3.38: Σχεδίαση του μοντέλου

Κατεργασία σε σύστημα CAM

Αρχικά ορίστηκε το επίπεδο κατεργασίας που αντιστοιχεί στην εργαλειομηχανή δηλαδή το σύστημα συντεταγμένων X-Z καθώς και το τεμάχιο που θα κατεργαστεί επιλέγοντας κύλινδρο αρχικής διαμέτρου 50mm ενώ για την δημιουργία του τελικού τεμαχίου δημιουργήθηκαν 3 κατεργασίες με 3 διαφορετικά εργαλεία το εργαλείο αυλακώσεων, το εργαλείο φινιρίσματος και το εργαλείο εκχόνδρισης.

Name	Path	Tool	Geometry	Method
GEOMETRY				
Unused Items				
MCS_SPINDLE				
WORKPIECE				
TURNING_WORKPIECE				
ROUGH_TUR...	✓	OD_80_L	TURNING_WOR...	LATHE_ROUGH
ROUGH_TUR...	✓	OD_80_L	TURNING_WOR...	LATHE_ROUGH
GROOVE_OD	✓	OD_GROOVE_L_1	TURNING_WOR...	LATHE_GROOVE
GROOVE_OD_1	✓	OD_GROOVE_L_1	TURNING_WOR...	LATHE_FINISH
FINISH_TURN...	✓	OD_55_L	TURNING_WOR...	LATHE_FINISH
FINISH_TURN...	✓	OD_55_L	TURNING_WOR...	LATHE_FINISH

Σχήμα 3.39: Δημιουργία κατεργασιών

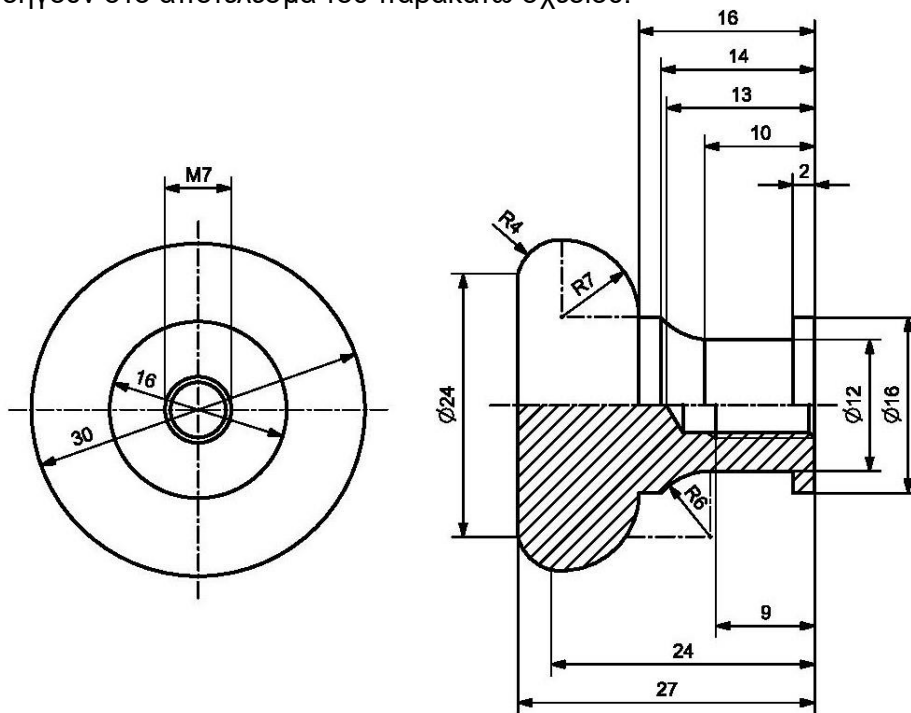
<p>Φάση 1</p> <p>Σκοπός της φάσης 1 είναι η εκχόνδριση και η προσέγγιση στην τελική ζητούμενη μορφή του τεμαχίου. Η διαδικασία εκτελείται με δύο διαφορετικές κατεργασίες ο ορισμός αυτός είναι αναγκαίος πρέπει να αποφευχθεί η κατεργασία μέσα στην αυλάκωση κάτι το οποίο για να επιτευχθεί πρέπει να οριστεί όριο κατεργασίας στην διάμετρο των 32mm κάτι το οποίο εμποδίζει την κατεργασία στην διάμετρο 25mm. Το συγκεκριμένο πρόβλημα λύνεται χωρίζοντας την κατεργασία σε δύο διαφορετικά μέρη. Όπως έχει οριστεί και στα δύο αυτά μέρη εφαρμόζονται ίδιες συνθήκες κατεργασίας ενώ η αφαίρεση υλικού γίνεται με 1.5mm ακτινικά του τεμαχίου.</p>	
<p>Φάση 2</p> <p>Εφόσον έχει ολοκληρωθεί η βασική ζητούμενη μορφή του τεμαχίου η κατεργασία που ακολουθεί είναι η κατεργασία grooving στην οποία έχει επιλεγεί να μην φτάσει την τελική ζητούμενη μορφή αφήνοντας υλικό για φινίρισμα με το ίδιο εργαλείο στην επόμενη κατεργασία, ενώ κατεργάζεται με 50% του πλάτους του εργαλείου. Στην κατεργασία του φινιρίσματος έχει επιλεγεί να ακολουθήσει το εργαλείο το σχέδιο της αυλάκωσης με την μέθοδο contour.</p>	
<p>Φάση 3</p> <p>Στην φάση 2 γίνεται το φινίρισμα της τελικής επιφάνειας χρησιμοποιώντας αντίστοιχο εργαλείο και την μέθοδο φινιρίσματος του λογισμικού CAM με στρατηγική contour-zig η οποία επιτρέπει την κατεργασία σε όλα τα επίπεδα της εξωτερικής επιφάνειας εκτός από αυτήν του αυλακιού η οποία έχει αποπερατωθεί. Λόγω της ύπαρξης αυλάκωσης εμφανίζεται κενό στην κατεργασία και το λογισμικό δεν καταλαβαίνει ότι πρέπει να συνεχίσει την κατεργασία οπότε και σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να χωριστεί η κατεργασία σε δύο όμοιες που εκτελούν ένα πέρασμα αφαίρεσης 0.2 χιλιοστών ακτινικά και διαμήκη του τεμαχίου.</p>	



Σχήμα 3.40: Τελικό τεμάχιο μετά την κατεργασία

3.11 11° Τεμάχιο

Το αρχικό τεμάχιο το οποίο κατεργάστηκε προκειμένου να διαμορφωθεί το παρακάτω εικονιζόμενο τεμάχιο ήταν αλουμίνιο τύπου 7075 και εξωτερικής διαμέτρου 50 χιλιοστών, σκοπός της κατασκευής ήταν να παρουσιαστεί ο κύκλος εσωτερικού σπειρώματος με κολαούζο όπως και οι υπόλοιποι παρακάτω κύκλοι κατεργασιών που ολοκληρωμένοι οδηγούν στο αποτέλεσμα του παρακάτω σχεδίου.



Σχήμα 3. : Συνοπτικό σχέδιο τεμαχίου τεμαχίου προς κατεργασία

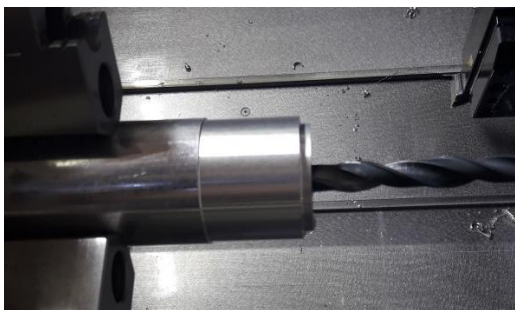
Οι κύκλοι κατεργασίας που εφαρμόστηκαν στο παραπάνω τεμάχιο είναι οι ακόλουθοι:

1. Κύκλος διάτρησης (CYCLE83)
2. Κύκλος εσωτερικού σπειρώματος με κολαούζο ()
3. Κύκλος εκχόνδρισης εξωτερικής διαμέτρου ()
4. Κύκλος κατεργασίας αυλακώσεων με δοσμένη διαδρομή εργαλείου (CYCLE932) για εκχόνδριση και φινίρισμα

3.11.1 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση SIEMENS

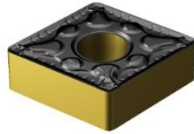
Παρακάτω παρουσιάζονται διαδοχικές φάσεις οι οποίες οδήγησαν στην κατεργασία του τεμαχίου με χρήση κύκλων κατεργασίας καθώς και τα εργαλεία με τις συνθήκες κοπής που χρησιμοποιήθηκαν για το αποτέλεσμα του τεμαχίου.

Φάση 1



Χρησιμοποιώντας εργαλείο διάτρησης διαμέτρου 7mm και γωνίας 118 μοιρών πραγματοποιείται η πρώτη κατεργασία του προγράμματος ενώ έχει προηγηθεί το κεντράρισμα της οπής του τεμαχίου με το αντίστοιχο εργαλείο (κεντραδόρος-center drill). Το εργαλείο κατεργάζεται την οπή με διαδοχικά διαμήκη βήματα με $d=4\text{mm}$, ενώ έχει οριστεί το σημείο ασφαλείας 15mm στο οποίο επιστρέφει το εργαλείο μετά από κάθε βήμα για να εκτελέσει το επόμενο. Χρησιμοποιείται το

	<p>συγκεκριμένο εργαλείο διάτρησης καθώς για να πραγματοποιηθεί εσωτερικό σπείρωμα M7 πρέπει η αρχική οπή να είναι τουλάχιστον 6mm.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T04 Περιγραφή: Τρυπάνι HSS DRILL Φ6 Εταιρεία: Werko Γεωμετρία: Φ6</p> <p>Συνθήκες κοπής: $n=3000\text{rpm}$, πρόωση $F=0.\text{mm/rev}$</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE83(10,0,2,- 13,,8,100,0.1,0.1,100,1,0,1.2,1.4,0.1,2,0,1,11211112)</p>
Φάση 2	
 	<p>Στην συγκεκριμένη φάση εκτελείται η κατεργασία της σπειροτόμησης στην υπάρχουσα οπή εφόσον το σπείρωμα θα είναι M7X1.0 το βήμα του σπειρώματος και άρα η πρόωση της κατεργασίας θα είναι 1.0mm/rev ενώ έχουν επιλεγεί αργές σχετικά στροφές όπως αρμόζει στη συγκεκριμένη κατεργασία. Το εργαλείο κατεργάζεται με ένα πέρασμα σπείρωμα βάθους 9 χιλιοστών και όταν τερματίσει εξέρχεται του τεμαχίου με την ίδια πρόωση αλλά με διαφορετική φορά της ατράκτου για να μην καταστρέψει το σπείρωμα. Η συγκεκριμένη κατεργασία εκτελέστηκε μετά από όλες τις κατεργασίες λόγω της έλλειψης δεύτερης θέσης για σύσφιξη τρυπανιού ή κολαούζου, ωστόσο παρουσιάζεται μία ιδανική σειρά των κατεργασιών.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T04 Περιγραφή: HSS Tap Φ7</p> <p>Συνθήκες κοπής: $n=200\text{rpm}$, πρόωση $F=1.0\text{mm/rev}$</p> <p>Τμήμα προγράμματος SIEMENS: CYCLE840(10,0,5,-13,,0,0,3,11,,,1,0,1,0,,,,,1001,2)</p>
Φάση 3	
	<p>Για την κατεργασία στην εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου αρχικά χρησιμοποιείται κύκλος κατεργασίας εκχόνδρισης μέχρι να προσεγγιστεί η μεγαλύτερη ζητούμενη διάμετρος του σχεδίου. Η κατεργασία εκτελείται με βάθος κοπής 1.5mm ενώ το stock αποπεράτωσης έχει οριστεί σε 0.1mm.</p> <p>Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν: Ονομασία στον κώδικα: T12 Περιγραφή: Coating CVD Ti(C,N)+Al₂O₃+TiN</p>



Εταιρεία: Sandvik
Γεωμετρία: Diamond 80, Γωνία μύτης εργαλείου 80, ακτίνα μύτης 0.8, διάμετρος εγγεγραμμένου κύκλου 12.0

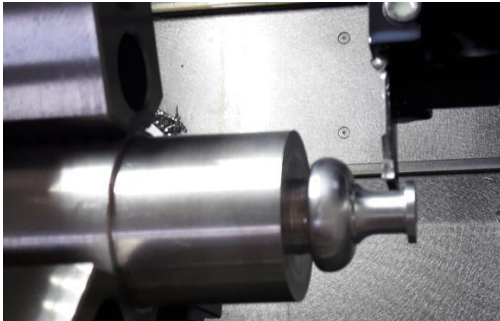
Συνθήκες κοπής:

$V_c=200\text{rpm}$, πρόωση $F=0.12\text{mm/rev}$

Τμήμα προγράμματος SIEMENS:

CYCLE951(50,0,49,-60,1,1,0,0,11,0,0,0,0,1,0,1,0,2,0)

Φάση 4



Η τελική κατεργασία επιτεύχθηκε με τον κύκλο κατεργασίας αυλακώσεων με βοήθεια υποπρογράμματος για να κατεργαστούν οι καμπυλότητες στην επιφάνεια οι οποίες είναι τόσο δεξιόστροφες όσο και αριστερόστροφες οπότε θα χρειαζόντουσαν δύο εργαλεία αντί του εργαλείου αυλακώσεων. Εκτελούνται περάσματα αφαίρεσης 4mm κατά μήκος του άξονα X ενώ με τον ίδιο κύκλο εφόσον έχει οριστεί θα εκτελεστεί και φινιρίσμα το οποίο θα ακολουθεί σταθερά το περίγραμμα του τεμαχίου αφαιρώντας 0.2mm υλικού ακτινικά του τεμαχίου.



Εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν:

Ονομασία στον κώδικα: T07

Περιγραφή: Coating PVD-AlTiN

Εταιρεία: Kennametal

Γεωμετρία: Πάχος πλακιδίου 3mm, ακτίνα μύτης δεξιά και αριστερά 0.2, γωνία συγκράτησης εργαλειοδέτη 90 μοίρες, ωφέλιμο μήκος εισχώρησης 25mm

Συνθήκες κοπής:

$V_c=98\text{m/min}$, πρόωση $F=0.07\text{mm/rev}$

Τμήμα προγράμματος SIEMENS:

CYCLE62("CONTOUR",1,,)

CYCLE952("444444",,,)

“,2101331,0.3,0.5,0.1,0.5,0.1,0.1,0.1,0.0,1,0,3,18)

Τμήμα υποπρογράμματος(CONTOUR) SIEMENS:

G90

X24 Z-27

G02 X30 Z-24 CR=4

G02 X16 Z-16 CR=7

G01 Z-14

G03 X12 Z-10 CR=6

G01 Z-2

G01 X16

G01 Z0

M17

Κώδικας καθοδήγησης της κατεργασίας κατά SIEMENS

Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-100,-80,90)
N30	G00 X100
N40	Z100
N50	T04 M06
N60	S3000 M03
N70	G00 X0
N80	Z20
N90	F0.13
N100	CYCLE83(10,0,2,-12,,,8,100,0.1,0.1,100,1,0,1.2,1.4,0.1,2,0,1,11211112)
N110	G00 Z100
N120	T04 M06
N130	S200 M03
N140	G00 X0
N150	Z5
N160	F1.0
N170	CYCLE840(10,0,5,-13,,0,0,3,11,,,1,0,1,0,,,,,1001,2)
N180	G00 Z100
N190	X100
N200	T12 M06
N210	G00 X60
N220	Z5
N230	F0.12
N240	G96 S200 M04
N250	G26 S1800
N260	CYCLE951(50,0,30 ,-30,1,1,0,0,11,0,0,0,0.1,0.1,0,2,0)
N270	G00 X60
N280	Z100
N290	T07 M06
N300	G00 X55
N310	Z2
N320	CYCLE62("CONTOUR",1,,)
N330	CYCLE952("444444",," "2101331,0.3,0.5,0.1,0.5,0.1,0.1,0.1,0,0.1,0,3,18)
N340	G00 X60
N350	X100
N360	M30

3.11.2 Κατεργασία τεμαχίου σύμφωνα με την καθοδήγηση ISO

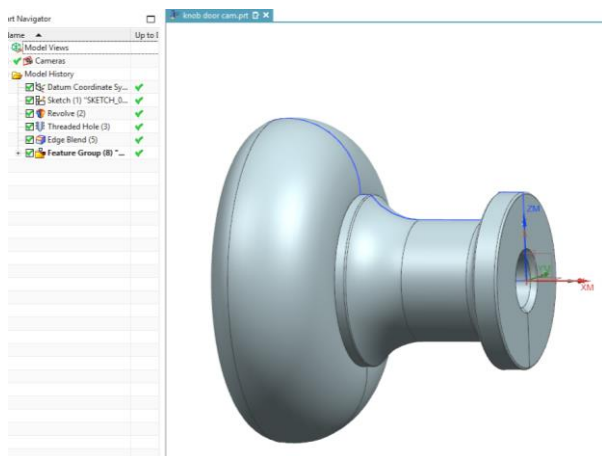
Γραμμές	Εντολές
N10	G90 G54 G18 G71
N20	G00 Z82 X295
N30	T4 M06
N40	S900 M03
N50	G00 X0
N60	Z20
N70	F1.03
N80	G74 R1
N90	G74 Z-13 Q4000
N100	G00 Z100
N110	T04 M06

N120	S200 M03
N130	G00 X0
N140	Z5
N150	F3.0
N160	G01 Z-9 F1.0
N170	S200 M04
N180	G01 Z5
N190	G00 Z100
N200	X100
N210	T12 M06
N220	F0.12
N230	G00 X55
N240	G00 Z2
N250	X30
N260	G71 U1.5 R0.2
N270	G71 P280 Q290 U0.2 W0.2
N280	G01 Z0
N290	G01 Z-30
N300	G00 Z200
N310	X150
N320	G00 X60
N330	Z150
N340	X100
N350	T07 M06
N360	G00 X50
N370	Z-30
N380	G72 W5 R0
N390	G72 P400 Q470 U0.2 W0 F0.06
N400	G00 X24
N410	G02 X30 Z-27 R=4
N420	G02 X16 Z-16 R=7
N430	G01 Z-14
N440	G03 X12 Z-10 R=6
N450	G01 Z-2
N460	G01 X16
N470	G01 Z0
N480	G00 X50
N490	Z150
N500	M30

3.11.3 Κατεργασία του τεμαχίου σε σύστημα CAD/CAM

Σχεδιασμός τεμαχίου σε σύστημα CAD

Για τον σχεδιασμό του τεμαχίου εκτελέστηκε επιμέρους σχεδιασμός των γεωμετρικών χαρακτηριστικών ακτινικά ενώ η σπή και το σπείρωμα βάση της εντολής hole ορίζοντας το σπείρωμα το οποίο ζητείται. Μετά το πέρας του σχεδιασμού με την επιλογή της εντολής revolve επιτεύχθηκε το τρισδιάστατο μοντέλο επιλέγοντας σαν άξονα περιστροφής του σχεδίου τον άξονα X ενώ σαν κέντρο περιστροφής ορίστηκε η αρχή των αξόνων σύμφωνα με το σύστημα συντεταγμένων σχεδίασης.



Σχήμα 3.31: Σχεδίαση του μοντέλου

Κατεργασία σε σύστημα CAM

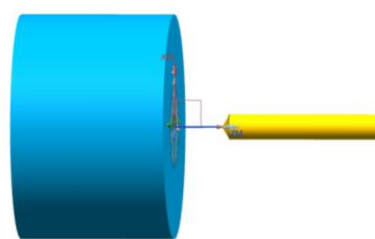
Αρχικά ορίστηκε το επίπεδο κατεργασίας που αντιστοιχεί στην εργαλειομηχανή δηλαδή το σύστημα συντεταγμένων X-Z καθώς και το τεμάχιο που θα κατεργαστεί ενώ για την δημιουργία του τελικού τεμαχίου δημιουργήθηκαν 5 κατεργασίες με 5 διαφορετικά εργαλεία ενώ ορίστηκαν τα σημεία Avoidance για κάθε ένα από αυτά έτσι ώστε να οριστεί με ασφάλεια η θέση αλλαγής εργαλείου μετά από κάθε κατεργασία και να είναι πάντα το ίδιο σημείο μέσα στην μηχανή μακριά από το κατεργαζόμενο τεμάχιο.

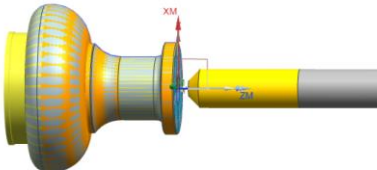
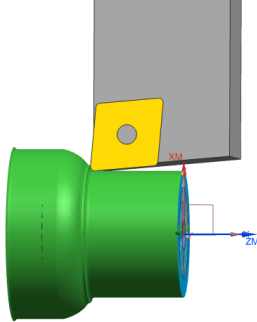
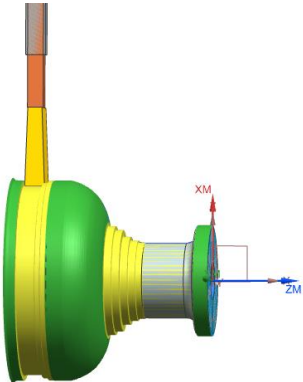
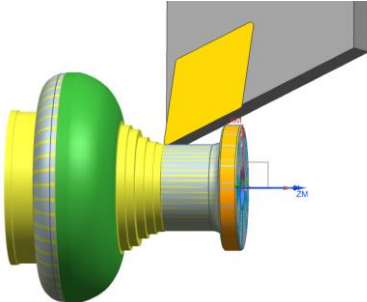
GEOMETRY				
Unused Items				
MCS_SPINDLE				
WORKPIECE				
TURNING_WORKPIECE				
AVOIDANCE				
CENTERLI...	✓	DRILLING_TOOL	AVOIDANCE	LATHE_CENTER...
CENTERLI...	✓	TAP	AVOIDANCE	LATHE_CENTER...
AVOIDANCE_RO...				
ROUGH_T...	✓	OD_80_L	AVOIDANCE_R...	LATHE_ROUGH
ROUGH_T...	✓	OD_80_L	AVOIDANCE_R...	LATHE_ROUGH
AVOIDANCE_GR...				
GROOVE_...	✓	OD_GROOVE_L	AVOIDANCE_G...	LATHE_GROOVE
GROOVE_...	✓	OD_GROOVE_L	AVOIDANCE_G...	LATHE_GROOVE
GROOVE_...	✓	OD_GROOVE_L	AVOIDANCE_G...	LATHE_GROOVE
GROOVE_...	✓	OD_GROOVE_L	AVOIDANCE_G...	LATHE_GROOVE
AVOIDANCE_FINI...				
FINISH_TU...	✓	OD_55_L	AVOIDANCE_FI...	LATHE_FINISH
FINISH_TU...	✓	OD_55_L	AVOIDANCE_FI...	LATHE_FINISH

Σχήμα 3.32: Δημιουργία κατεργασιών

Φάση 1

Σκοπός της φάσης 1 είναι η διάνοιξη της αρχικής οπής ακολουθώντας την μέθοδο centerline-peck drill στην οποία ορίζεται ένα αρχικό σημείο ασφαλείας στο οποίο πλησιάζει το εργαλείο με γρήγορη ταχύτητα για να ξεκινήσει την κατεργασία. Ακόμα ορίζεται το σημείο που εξέρχεται έπειτα από κάθε πέρασμα ενώ εκτελεί διαδοχικά περάσματα αφαιρώντας υλικό βάθους 4mm σε κάθε βήμα πριν εξέλθει στο σημείο ασφαλείας. Το εργαλείο διάτρησης που χρησιμοποιείται είναι διαμέτρου 7 χιλιοστών και γωνίας 118 μοιρών τύπου hss.



<p>Φάση 2</p> <p>Στην φάση 2 εκτελείται η κατεργασία της σπειροτόμισης η οποία δεν διαφέρει αρκετά από τον κύκλο κατεργασίας Siemens ως προς τα ορίσματα όπως αυτό της αντίστροφης περιστροφής για να εξέλθει το εργαλείο και το σημείο ασφαλείας από το οποίο ξεκινάει και στο οποίο καταλήγει η κατεργασία.</p>	
<p>Φάση 3</p> <p>Κατεργασία εκχόνδρισης της εξωτερικής επιφάνειας του τεμαχίου. Σε αντίθεση με την καθοδήγηση Siemens εδώ επιλέγεται η εκχόνδριση σε μεγαλύτερη τελική διάμετρο με το ίδιο εργαλείο το οποίο ακολουθεί το περίγραμμα του τεμαχίου μέχρι το σημείο Z-24 στο οποίο και του επιτρέπει η γεωμετρία του να κατεργαστεί.</p>	
<p>Φάση 4</p> <p>Στην φάση 4 ολοκληρώνεται η εξωτερική μορφή του τεμαχίου χρησιμοποιώντας το εργαλείο αυλακώσεων με κατεργάσιμο πάχος 3mm. Έχει οριστεί η κατεργασία να μην υπερβαίνει το 40% του συγκεκριμένου πάχους ενώ για να περιοριστεί η κατεργασία σε συγκεκριμένες διαμέτρους έχει χωριστεί η κατεργασία σε δύο διαφορετικά κομμάτια. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στις κινήσεις προσέγγισης του εργαλείου καθώς και στα σημεία αλλαγής εργαλείου. Στην συγκεκριμένη φάση που χρησιμοποιείτε το ίδιο εργαλείο πάνω από μία φορά ορίζεται το σημείο επαναφοράς της πρώτης κατεργασίας να είναι ίδιο με το σημείο εκκίνησης της δεύτερης.</p>	
<p>Φάση 5</p> <p>Η συγκεκριμένη φάση αποσκοπεί στην αποπεράτωση της επιφάνειας του τεμαχίου και εκτελείται με δύο εργαλεία καθώς έχει ληφθεί υπόψη η γεωμετρία του κάθε εργαλείου και αντίστοιχα έχουν οριστεί τα όρια για το καθένα από αυτά κατά μήκος του τεμαχίου. Σαν αποτέλεσμα η κατεργασία εκτελείται σε δύο μέρη με αμφότερα να κατεργάζονται 0.2 χιλιοστά ακτινικά του τεμαχίου με την μέθοδο finish – all η οποία επιτρέπει σε όλα τα σημεία την αφαίρεση του υλικού που έχει απομείνει από τις προηγούμενες κατεργασίες.</p>	



Σχήμα 3.33: Τελικό τεμάχιο μετά την κατεργασία

4. ΣΥΝΟΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε μία παρουσίαση των βασικών κανόνων υγιεινής και ασφαλείας που πρέπει να ακολουθεί και να εφαρμόζει κάθε σύγχρονο μηχανουργείο που έχει στόχο την ομαλή επίτευξη των στόχων του αποφεύγοντας ανεπιθύμητα συμβάντα και ατυχήματα.

Ο βασικός στόχος της εργασίας ήταν να καταπιαστεί με τον προγραμματισμό και την κατεργασία τεμαχίων αυξανόμενης δυσκολίας. Σκοπός των κατεργασιών ήταν να παρουσιαστεί ο προγραμματισμός του κάθε τεμαχίου με τρεις διαφορετικούς τρόπους, τον κώδικα κατά ISO, τον κώδικα κατά Siemens καθώς και την κατεργασία με την βοήθεια του λογισμικού CAD/CAM του προγράμματος NX12 της Siemens. Τα πειράματα εκτελέστηκαν στο κέντρο τόννευσης του εργαστηρίου CTX 310 Ecoline.

Κατά την διάρκεια εκπόνησης της συγκεκριμένης εργασίας παρατηρήθηκαν οι διαφορές μεταξύ των προαναφερθέντων μεθόδων προγραμματισμού και έγιναν συγκρίσεις ως προς την ευκολία, την ταχύτητα και την αποτελεσματικότητα που προσφέρει καθένας από τους παραπάνω τρόπους προγραμματισμού. Σημειώνεται ότι δεν υπάρχει αποκλειστικότητα ως προς την επιλογή μίας εκ των μεθόδων για κάθε ζητούμενη περίπτωση ενώ ακόμα σε κάποιες περιπτώσεις το βέλτιστο θα ήταν ο συνδυασμός δυο μεθόδων προγραμματισμού για εξαγωγή του επιθυμητού αποτελέσματος.

Η ελαχιστοποίηση του χρόνου κατεργασίας εξαρτάται από τον εκάστοτε προγραμματιστή και από την ευχέρεια που αυτός διαθέτει σε κάποιον ή σε όλους τους παραπάνω τρόπους προγραμματισμού καθώς και από την γνώση και εμπειρία που αυτός διαθέτει ώστε να επιλέξει τον πλέον κατάλληλο και γρήγορο δηλαδή τον βέλτιστο τρόπο για να φτάσει στο επιθυμητό αποτέλεσμα.

Ακόμη παρατηρείται πως η γνώση των συνθηκών κατεργασίας είναι απαραίτητη και πρέπει να συνδυάζεται σωστά με τα εκάστοτε υλικά και εργαλεία ώστε να μεγιστοποιείται ο χρόνος ζωής του εργαλείου και να επιτυγχάνονται οι ζητούμενες ανοχές και ποιότητες επιφάνειας.

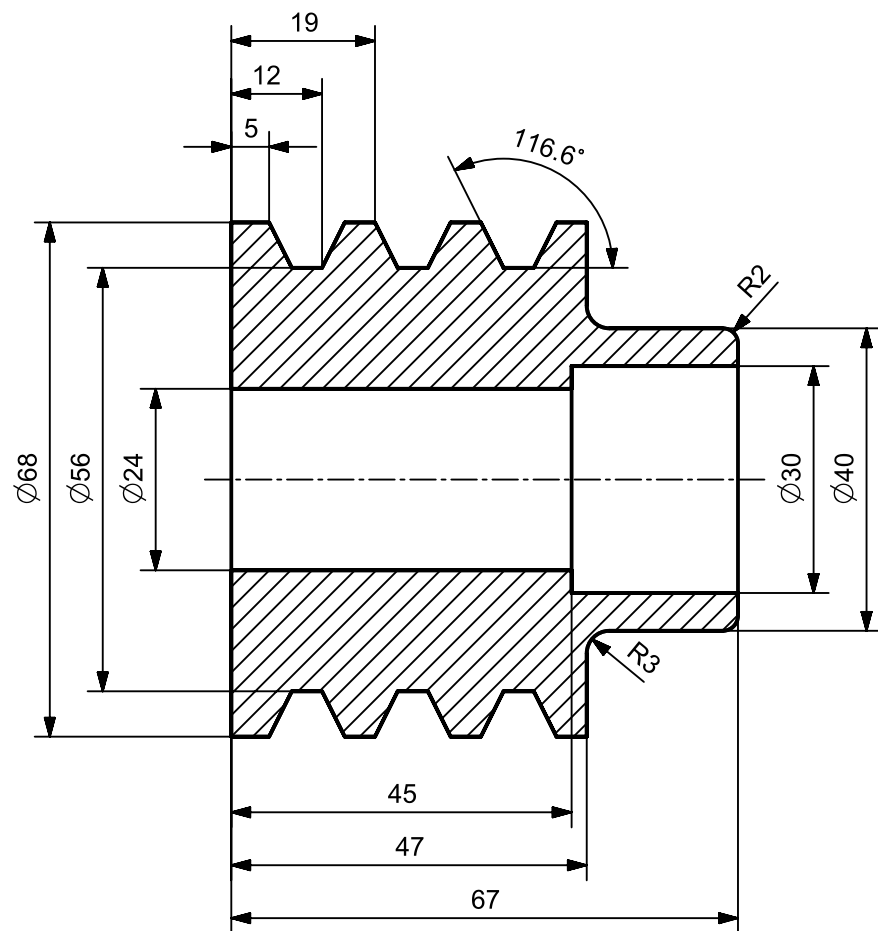
Τέλος, το σίγουρο είναι πως υπάρχουν πάντα περιθώρια βελτίωσης της σύνταξης του προγραμματισμού, αλλά και περαιτέρω ανάλυσης και διερεύνησης σύγχρονων και πολυπλοκότερων εντολών, κύκλων κατεργασίας ακόμα και χρήση μακροεντολών για βελτιστοποίηση της παραγωγικής διαδικασίας.

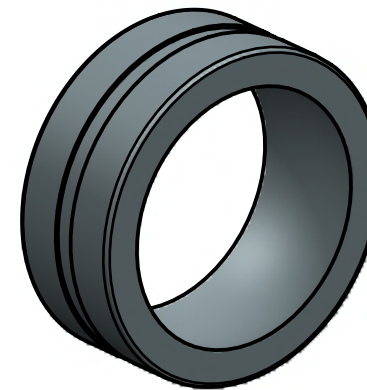
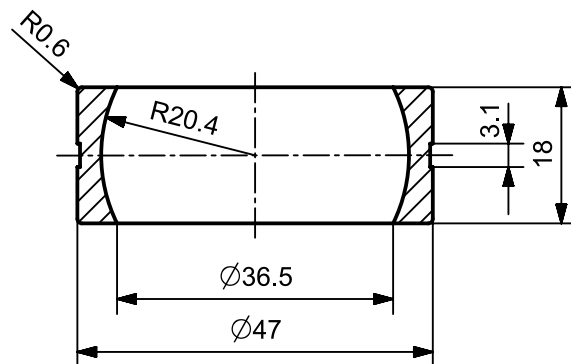
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

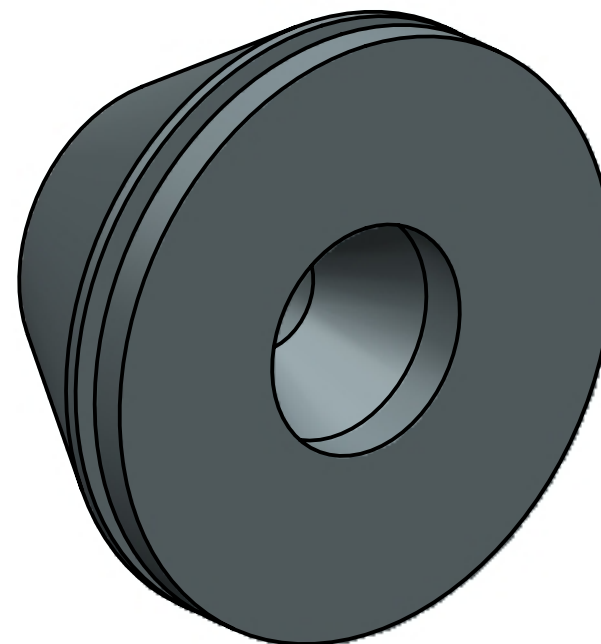
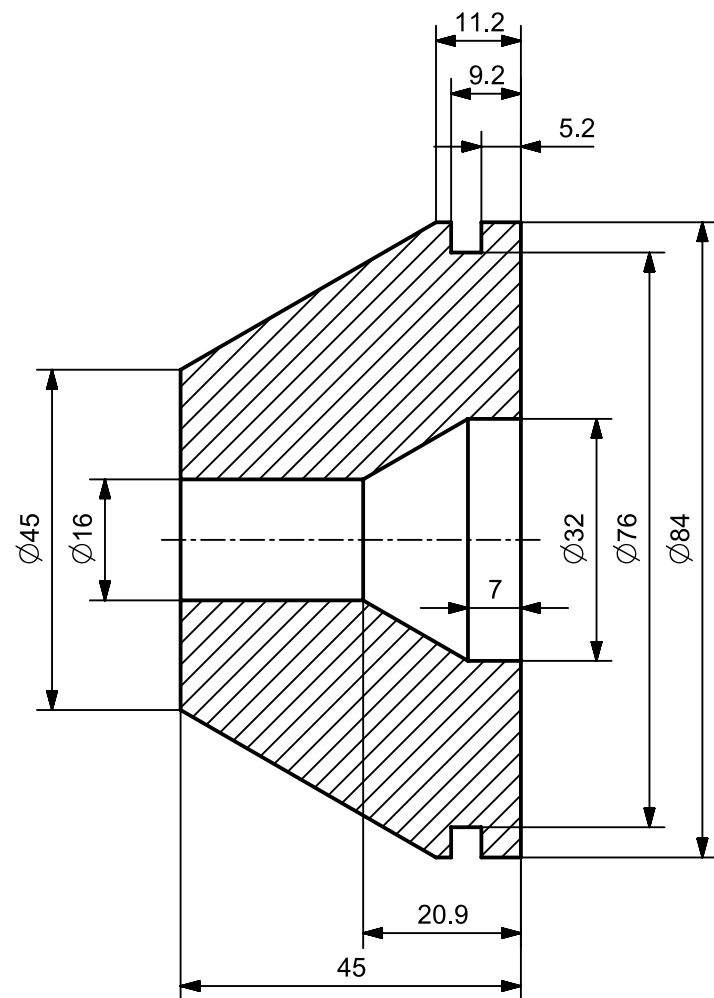
- Αντωνιάδης Αριστομένης, 2011. Μηχανουργική Τεχνολογία, τόμος Β: Κατεργασίες κοπής, εκδόσεις Τζιόλα.
- Νικόλαος Μπιλάλης, Εμμανουήλ Μαραβελάκης, 2014. Συστήματα CAD/CAM & Τρισδιάστατη Μοντελοποίηση, 2^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα
- Siemens, Programming Manual, Job planning, Sinumerik 840D sl, 828D, 03/2013
- Siemens, Programming Guide, Programming Manual ISO Turning, Sinumerik 802D sl 840D/ 840D sl 840Di/840Di sl/810D, 4.2007
- HAAS-ST30SSY-MT4-ProgManual 96-8700 Rev AG January 2011
- Αντωνιάδης Αριστομένης, 2013. Μηχανολογικό Σχέδιο 2^η έκδοση, εκδόσεις Τζιόλα
- Σοφιάκης Κωνσταντίνος 2014. Προγραμματισμός τεμαχίων τórνευσης με χρήση κώδικα ψηφιακής καθοδήγησης κατά ISO
- Κοκαλιάς Γεώργιος – Παναγιώτης 2018. Σχεδίαση και κατασκευή τεμαχίων αυξανόμενης δυσκολίας σε ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές
- Θωμάς Κοντογιάννης 2017. Εργονομικές προσεγγίσεις στη διοίκηση και διαχείριση της ασφάλειας, εκδόσεις Τζιόλα

6. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΕΔΙΩΝ

Στο παράρτημα της παρούσας διπλωματικής εργασίας παραθέτονται αναλυτικά τα σχέδια κάθε τεμαχίου το οποίο έχει κατασκευαστεί με όλες τις λεπτομέρειες που το συνοδεύουν και χρειάζεται να αναφερθούν. Ακόμα τα μηχανολογικά σχέδια παραθέτονται με την σειρά που έχει γίνει η αναφορά τους στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας ενώ ακόμα αναφέρεται και ο αριθμός για καθένα από αυτά.







www.m3.tuc.gr

Σχεδίαση:

Γεώργιος Καραδημήτρης

Τίτλος:

3ο Τεμάχιο - Αντάπτορας
Κεντροφορέα

Ανοχές:

Γενικές ανοχές f - ISO2768 -1

Αριθμός:

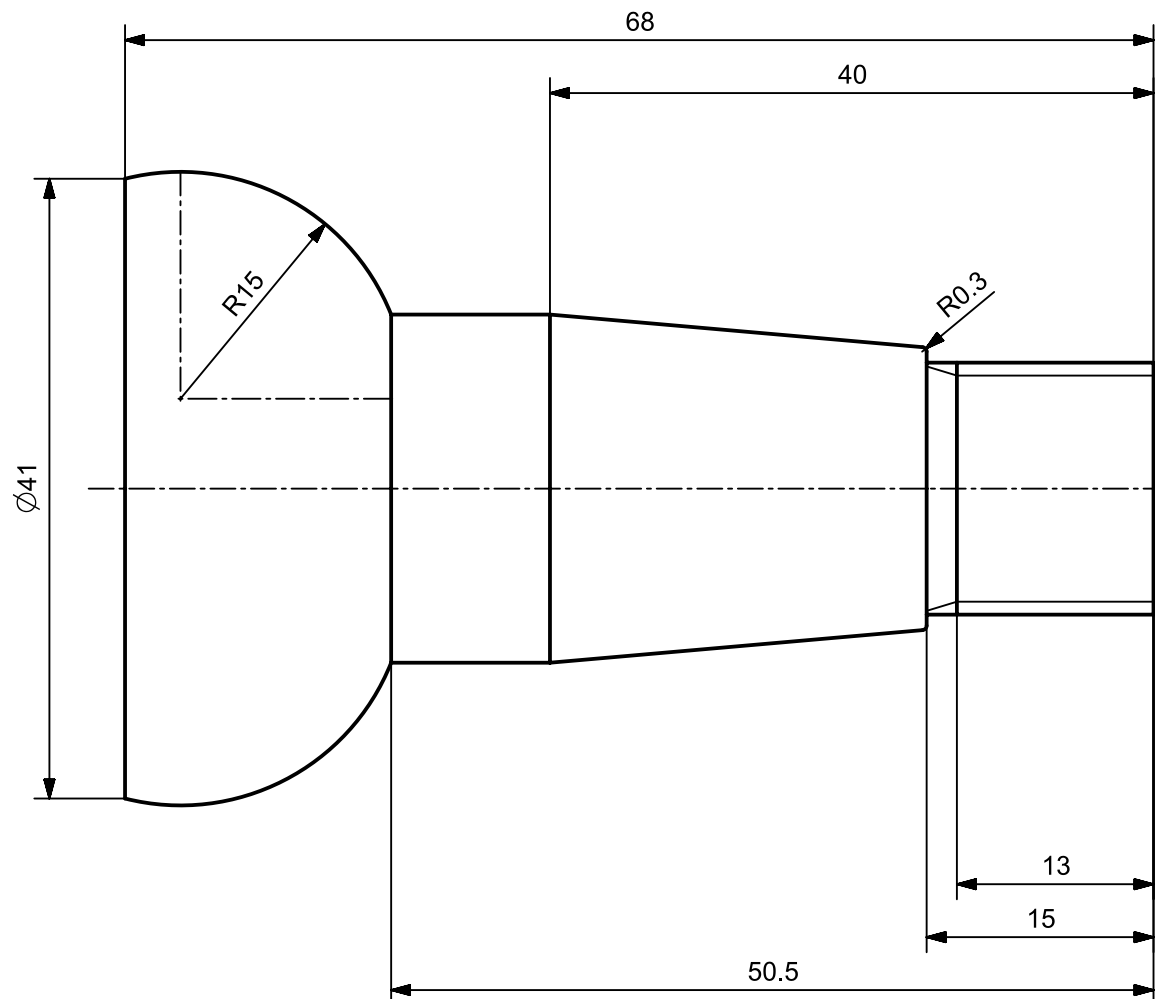
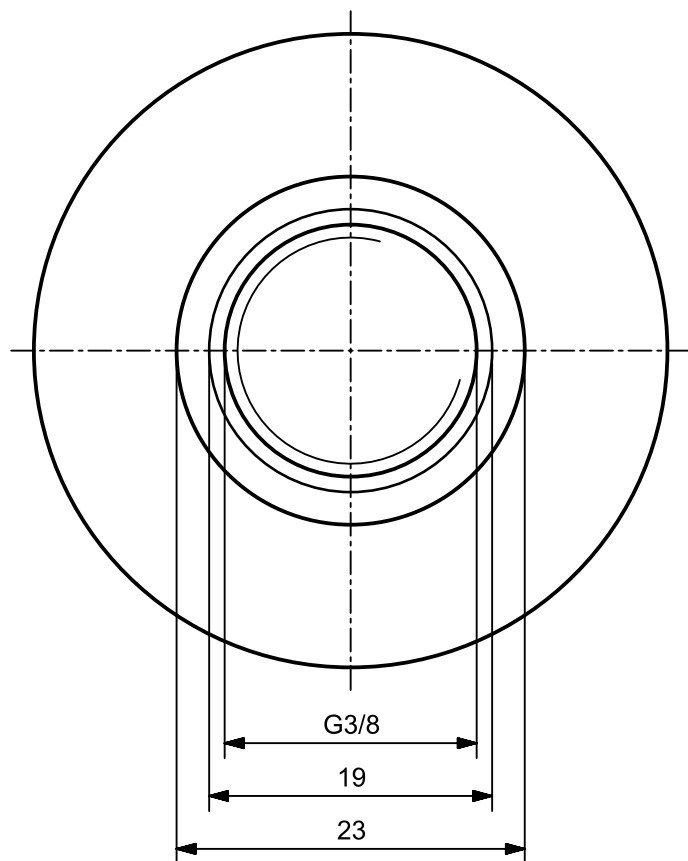
m3 700 3-0

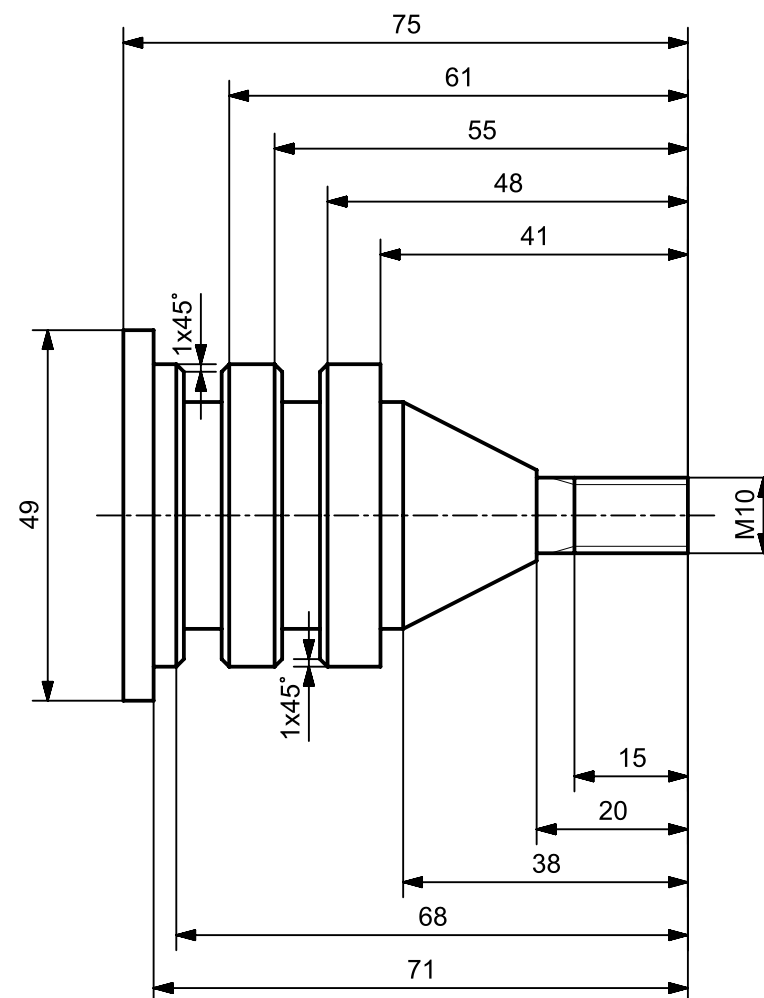
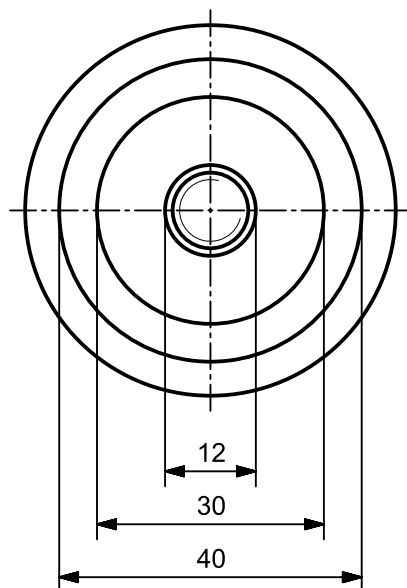
Κλίμ.
1:1

Ημερομηνία:
15/4/2019

Γλώσσα:
ΕΛ

Φύλλο:
1/1





www.m3.tuc.gr

Σχεδίαση:

Ευστράτιος Μουντάκης

Τίτλος:

5ο Τεμάχιο

Ανοχές:

Γενικές ανοχές f - ISO2768 -1

Αριθμός:

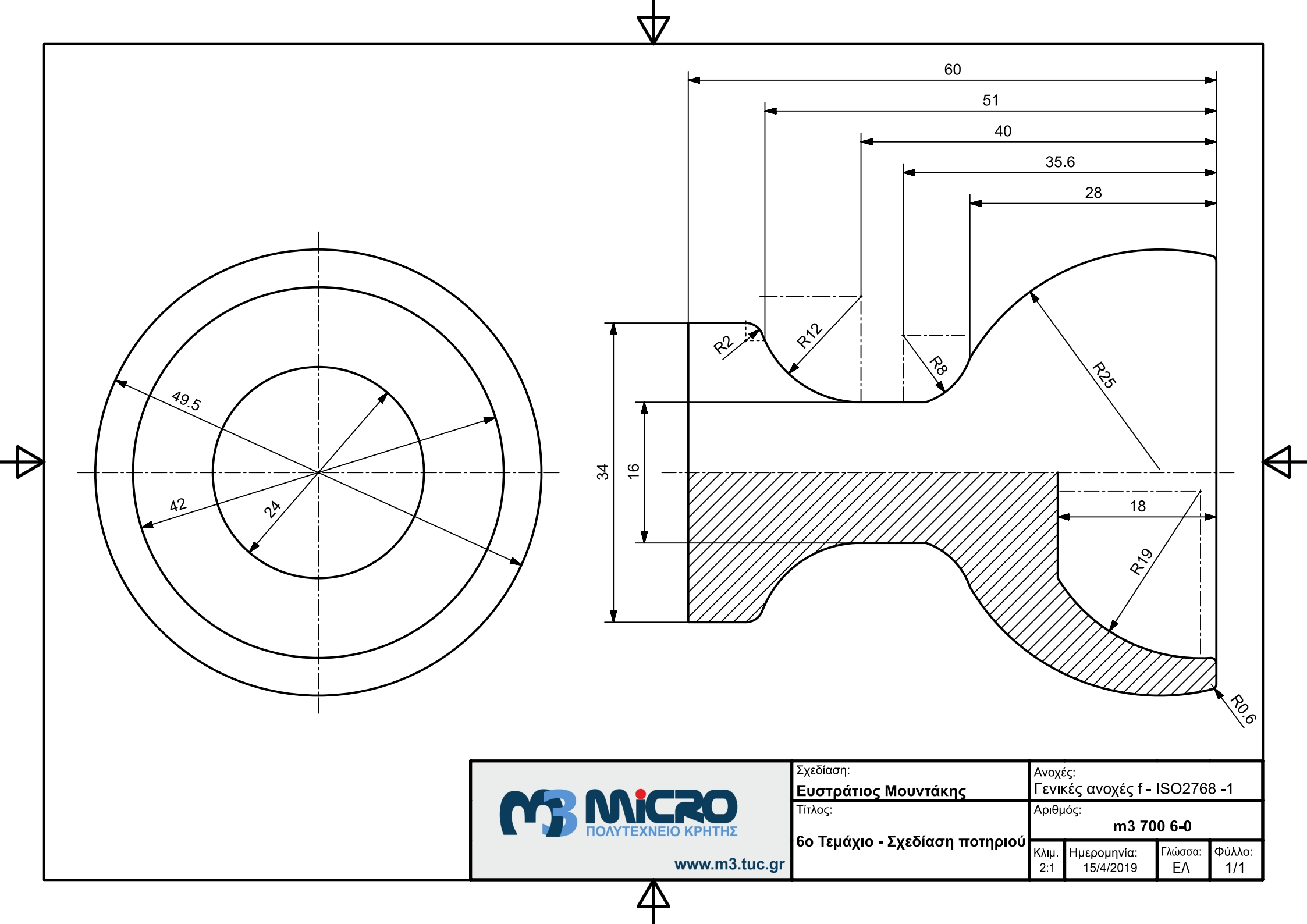
m3 700 5-0

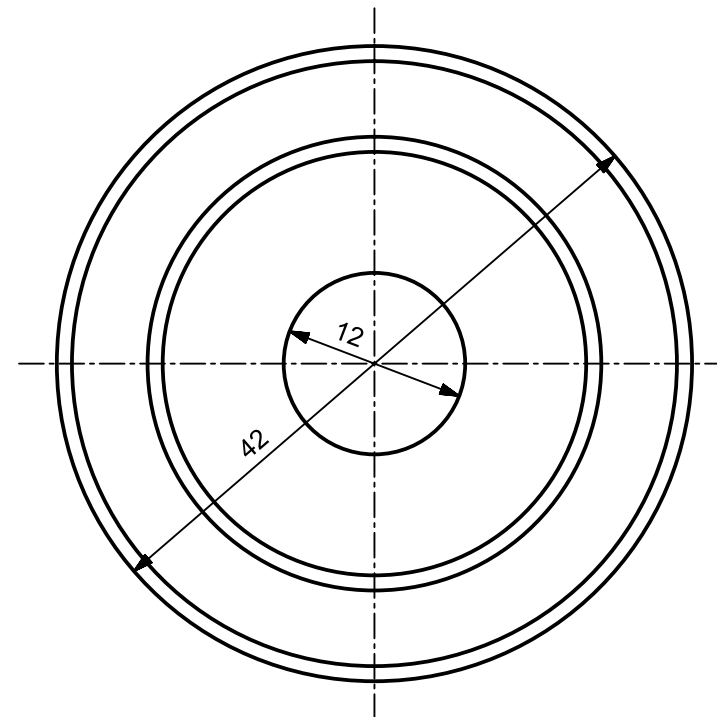
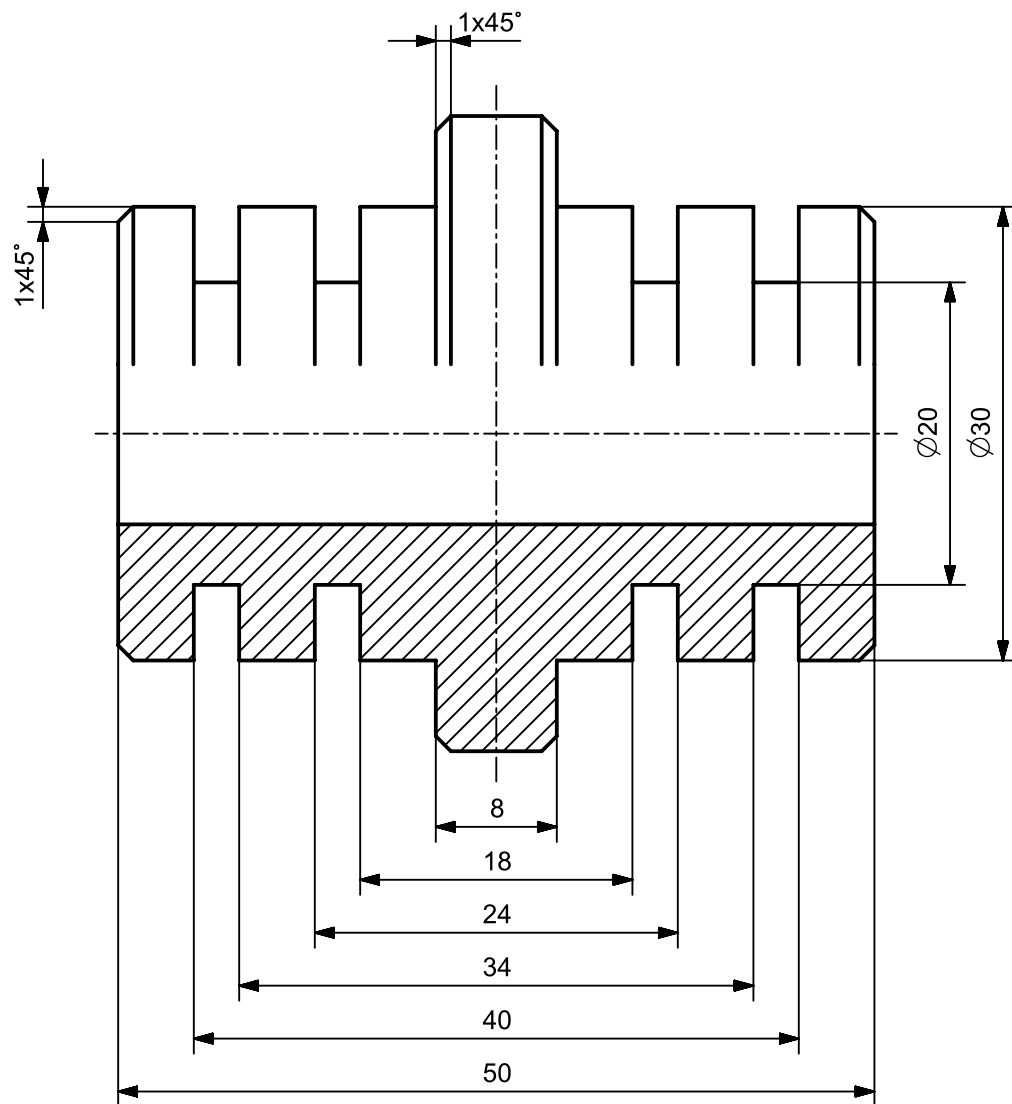
Κλιμ.
1:1

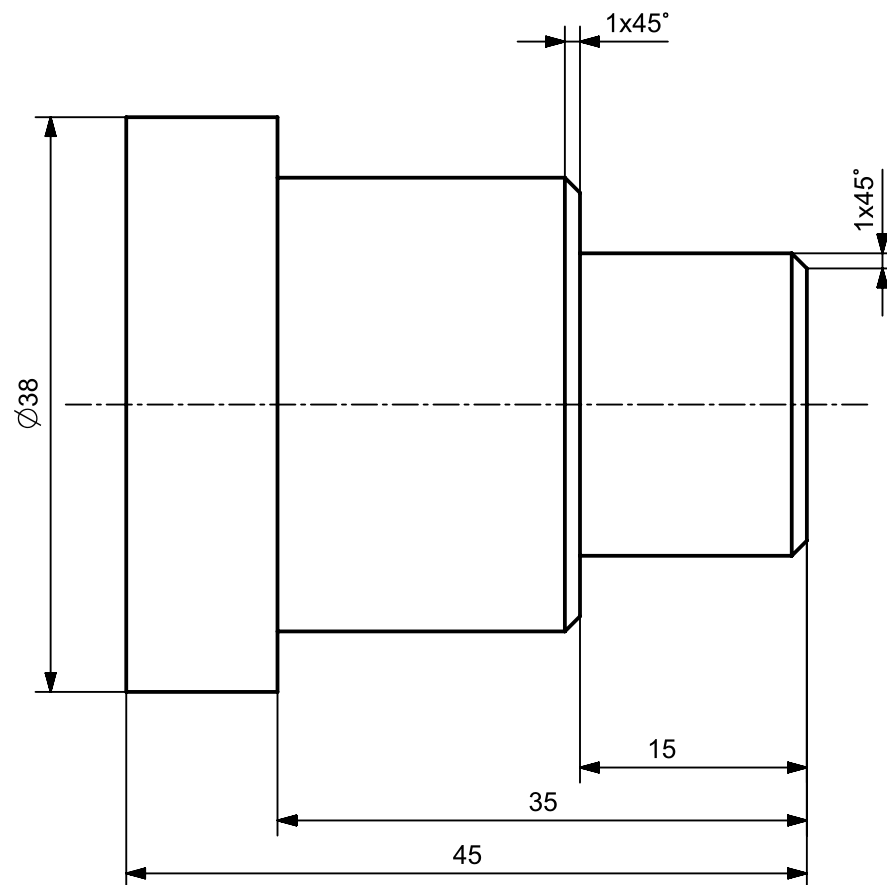
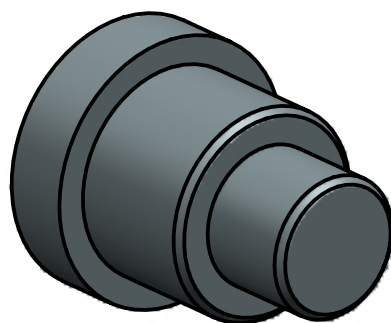
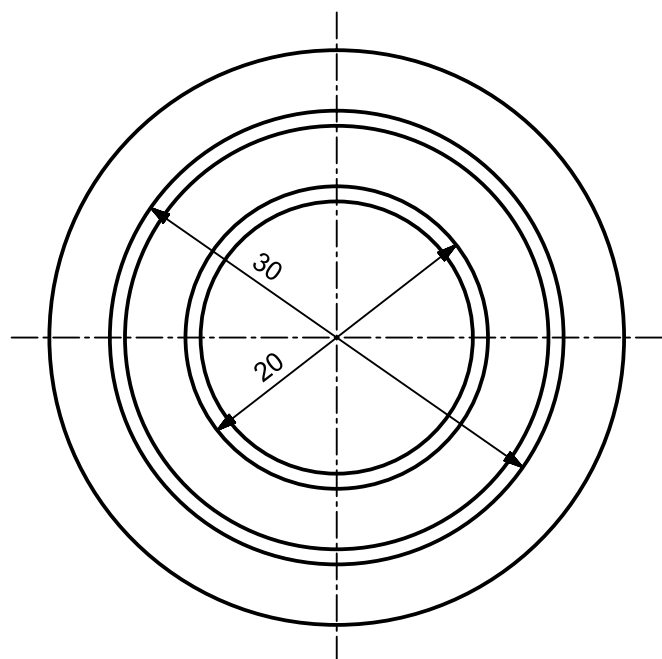
Ημερομηνία:
21/2/2019

Γλώσσα:
ΕΛ

Φύλλο:
1/1







m3 MICRO
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

www.m3.tuc.gr

Σχεδίαση:

Ευστράτιος Μουντάκης

Τίτλος:

8ο Τεμάχιο

Ανοχές:

Γενικές ανοχές f - ISO2768 -1

Αριθμός:

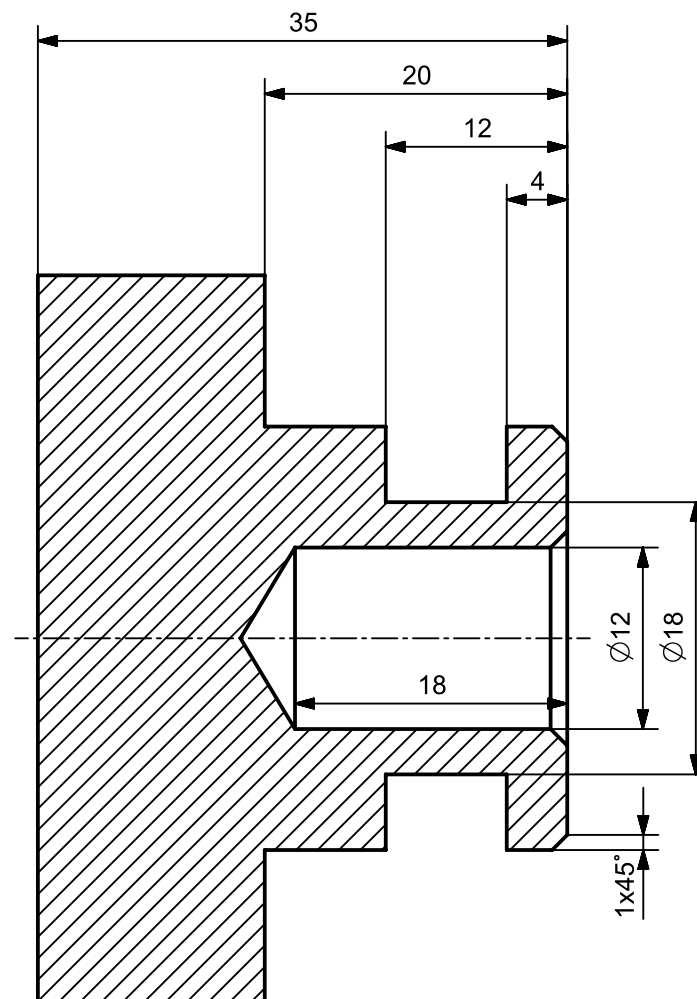
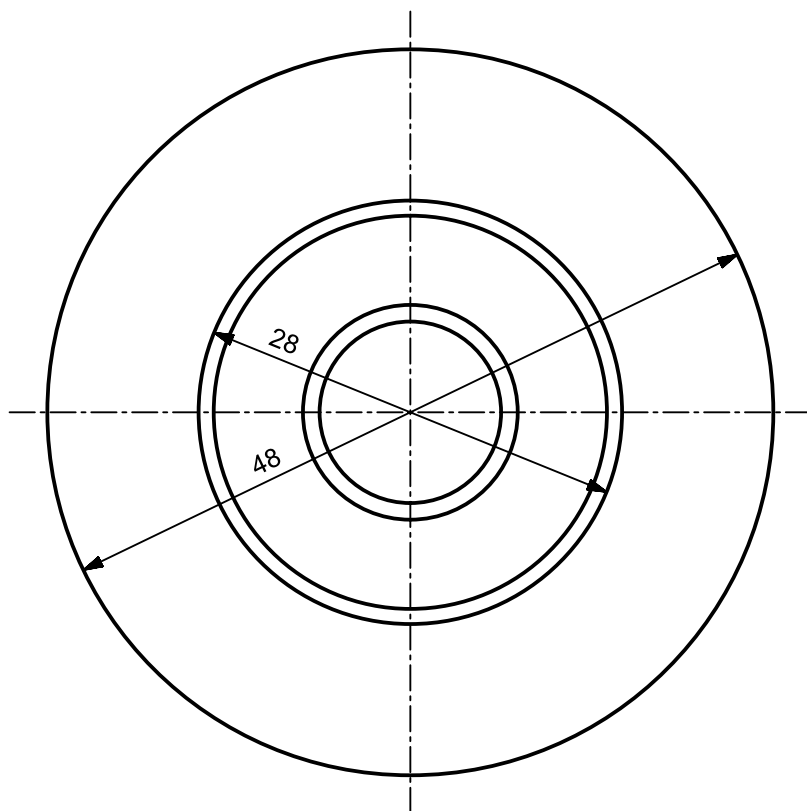
m3 700 8-0

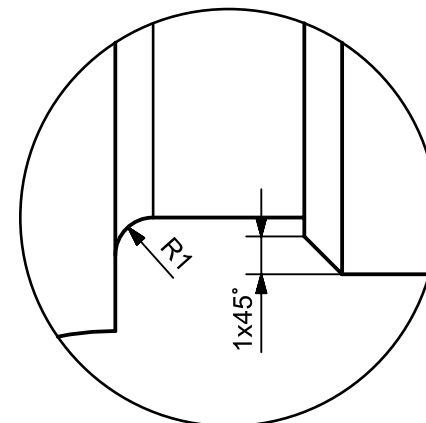
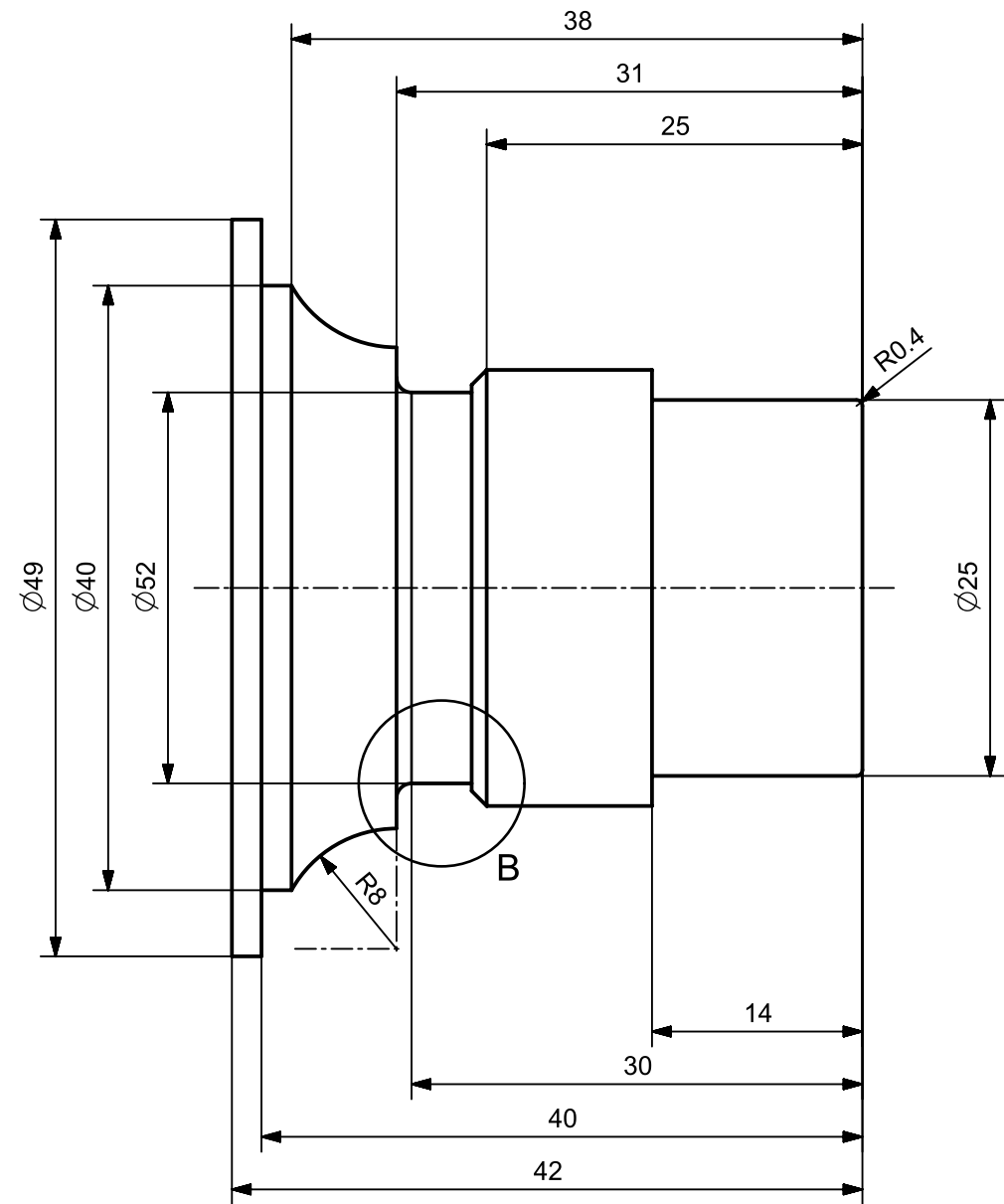
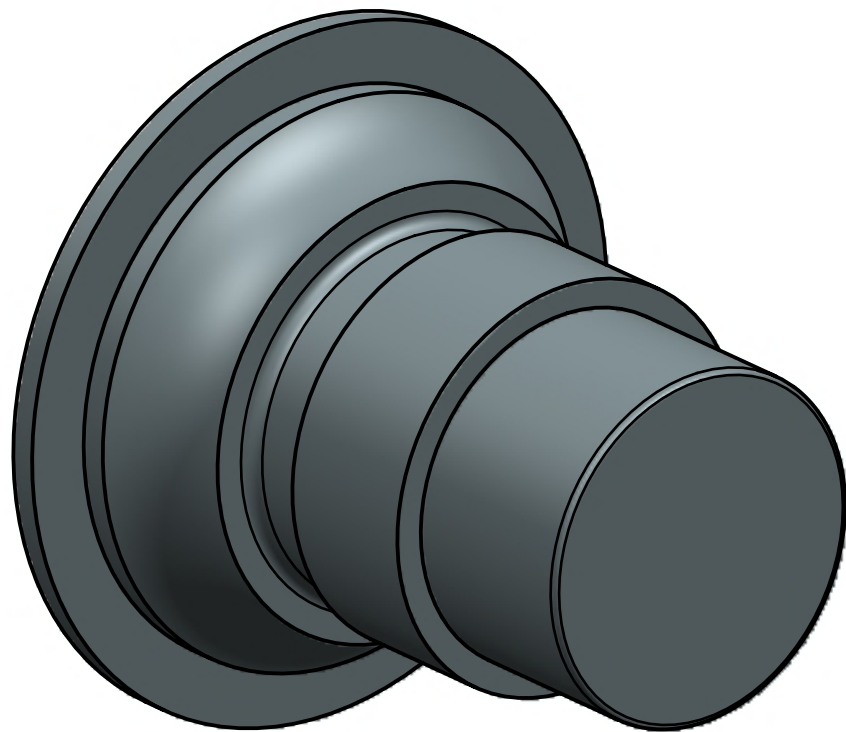
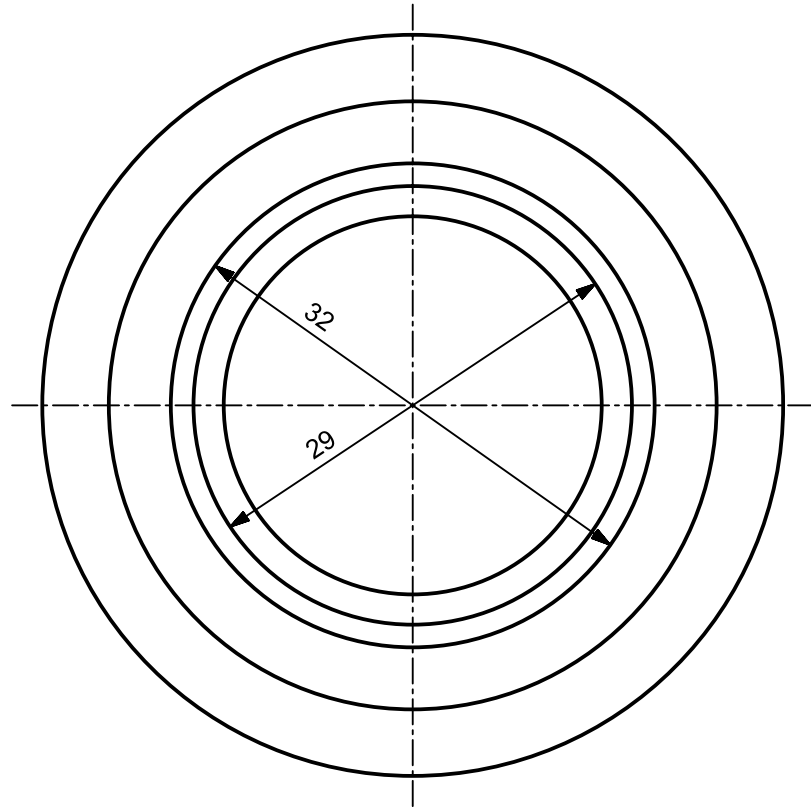
Κλιμ.
2:1

Ημερομηνία:
15/4/2019

Γλώσσα:
ΕΛ

Φύλλο:
1/1





DETAIL B
SCALE 5:1



www.m3.tuc.gr

Σχεδίαση: Ευστράτιος Μουντάκης		Ανοχές: Γενικές ανοχές f - ISO2768 -1	
Τίτλος: 10ο Τεμάχιο		Αριθμός: m3 700 10-0	
Κλιμ. 2:1	Ημερομηνία: 15/4/2019	Γλώσσα: ΕΛ	Φύλλο: 1/1

