



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

## **ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ CAD/CAM INVENTOR ΣΤΗΝ ΤΟΡΝΕΥΣΗ ΔΟΚΙΜΙΩΝ**



**ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ  
ΟΥΡΑΝΙΔΟΥ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	3
2. ΤΟΡΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ CNC.....	4
2.1 Τόρνευση.....	4
2.2 Εργαλειομηχανές και ψηφιακή καθοδήγηση.....	6
2.3 Προγράμματα ψηφιακής σχεδίασης και κατασκευής.....	7
3. INVENTOR CAM.....	9
3.1 Βιβλιοθήκη κοπτικών εργαλείων.....	9
3.2 Setup Προγράμματος.....	23
3.3 Turning Profile Roughing.....	37
3.4 Turning Profile Finishing.....	61
3.5 Turning Profile Face.....	65
3.6 Turning Part.....	71
3.7 Turning Profile Thread.....	78
3.8 Turning Groove & Single Groove.....	83
3.8.1 Turning Groove.....	83
3.8.2 Turning Single Groove.....	91
3.9 Turning Chamfer.....	95
3.10 Toolpath.....	98
3.10.1 Simulate.....	98
3.10.2 Generate.....	102
3.10.3 Setup Sheet.....	103
3.10.4 Post Process.....	105
4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ.....	107
4.1 Tool Library.....	107
4.2 Setup.....	114
4.3 Face.....	117
4.4 Profile Roughing.....	122
4.5 Chamfer.....	128
4.6 Single Groove.....	132
4.7 Drill.....	136
5. ΣΥΝΟΨΗ.....	141
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ.....	142

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία επεξηγείται ο ορισμός των κατεργασιών τόννευσης στο λογισμικό Autodesk CAM της Inventor και δίνονται κάποια παραδείγματα αυτών. Αναλύεται λεπτομερώς ο τρόπος παραμετροποίησης των κατεργασιών και τελικά, εξάγεται ο G κώδικας που θα εισαχθεί στην εργαλειομηχανή προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι κατεργασίες.

Στο δεύτερο Κεφάλαιο, επεξηγείται η τόννευση ως κατεργασία αποβολής υλικού και ορίζονται οι βασικές κατεργασίες τόννευσης. Ακόμη, παρατίθενται κάποια ιστορικά στοιχεία για τις εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης και τον τρόπο λειτουργίας τους. Τέλος, παρουσιάζεται η διαδρομή από τον σχεδιασμό ενός τεμαχίου σε πρόγραμμα CAD μέχρι την κατασκευή του σε μια εργαλειομηχανή ψηφιακής καθοδήγησης, μέσω προγράμματος CAM.

Στο Κεφάλαιο 3, αναπτύσσονται οι παράμετροι αρχικοποίησης ενός τεμαχίου καθώς και όλες οι κατεργασίες τόννευσης που μπορούν να πραγματοποιηθούν στο συγκεκριμένο λογισμικό CAM. Αρχικά, περιγράφονται τα στάδια παραμετροποίησης τόσο του αρχικού τεμαχίου προς κατεργασία όσο και των κοπτικών εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν για τις κατεργασίες. Στη συνέχεια, επεξηγούνται οι κατεργασίες τόννευσης και οι παράμετροί τους μια προς μια. Καταλήγοντας, αναλύεται ο τρόπος προσομοίωσης των κατεργασιών που έχουν οριστεί και η εξαγωγή του κώδικα καθοδήγησης.

Η διπλωματική εργασία συνεχίζεται με το Κεφάλαιο 4, το οποίο περιέχει τα παραδείγματα κατεργασιών που πραγματοποιήθηκαν. Παρουσιάζονται αναλυτικά οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν όπως επίσης και ο G κώδικας που προέκυψε για κάθε κατεργασία. Επιπλέον, φαίνονται τα αποτελέσματα των παραδειγμάτων στο δοκίμιο που κατεργάστηκε στο κέντρο τόννευσης CTX 301 eco του εργαστηρίου Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης (m3) του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Τελικά, η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με τα συμπεράσματα που προέκυψαν κατά την ανάλυση του λογισμικού CAM και την κατασκευή του δοκιμίου. Παράλληλα, τονίζονται κάποια σημεία και παράμετροι στις οποίες αξίζει να δοθεί προσοχή από τον χρήστη του λογισμικού.

## 2. ΤΟΡΝΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ CNC

Κατεργασία είναι η διαδικασία με την οποία οποιοδήποτε υλικό επεξεργάζεται και μεταποιείται προκειμένου να παραχθεί το τελικό προϊόν. Υπάρχουν διαφορετικές κατεργασίες και μέθοδοι κατεργασίας. Οι κατεργασίες διακρίνονται, κατά DIN, σε:

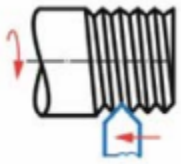
- Αρχέγονες κατεργασίες: Το υλικό αρχικά δεν έχει συγκεκριμένο σχήμα ή μορφή, αλλά αποκτά καθορισμένη γεωμετρία μετά τη μορφοποίηση (χύτευση, κονιομεταλλουργία, κ.λπ.).
- Διαμορφώσεις: Χαρακτηριστικό τους είναι η πλαστική παραμόρφωση και η διατήρηση της μάζας του υλικού. Διακρίνονται σε κατεργασίες διαμόρφωσης του συμπαγούς υλικού (σφυρηλάτηση, έλαση, διέλαση, ολκή, κ.λπ.).
- Κατεργασίες διαμόρφωσης του επιπέδου ελάσματος (κάμψη, απότμηση, βαθεία κοίλανση, κ.λπ.).
- Κοπές ή κατεργασίες αποβολής υλικού: Η μορφοποίηση επιτυγχάνεται με συνδυασμό πλαστικής παραμόρφωσης σε διάτμηση και αποβολή υλικού (τόρνευση, διάτρηση, φρεζάρισμα, λείανση κ.λπ.). Στις κατεργασίες αποβολής υλικού, μόνο μία στρώση υλικού της κατεργασμένης επιφάνειας σε μικρό ή σε μεγαλύτερο βάθος, ανάλογα με την περίπτωση κατεργασίας, υφίσταται πλαστική παραμόρφωση και αλλαγές ή και μετασχηματισμούς στην κρυσταλλική του δομή, άρα και σε ορισμένες ιδιότητές του σε πλήρη αντίθεση με τις κατεργασίες διαμόρφωσης, όπου τέτοιες μεταβολές πραγματοποιούνται στην όλη μάζα του κομματιού ή σε σημαντικό μέρος του.
- Επιφανειακές κατεργασίες: Δεν επιφέρουν αλλαγή σχήματος στο τεμάχιο αλλά μεταβολή στις ιδιότητες της κατεργασμένης επιφάνειας (ενίσχυση και προστασία). Διακρίνονται σε θερμικές, θερμοχημικές και επικαλύψεις.
- Κατεργασίες σύνδεσης: Διακρίνονται σε μεταλλουργικές συνδέσεις (συγκολλήσεις) και μηχανικές συνδέσεις (ηλώσεις, κοχλιώσεις, κ.λπ.).

### 2.1 Τόρνευση

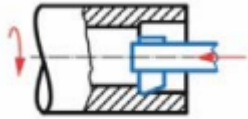
Οι κατεργασίες αποβολής υλικού ή κοπές, προκαλούν προοδευτική αφαίρεση υλικού από το τεμάχιο προς κοπή μέχρι να διαμορφωθεί το επιθυμητό δοκίμιο. Η τόρνευση που εξετάζεται στην παρούσα διπλωματική ανήκει στις κατεργασίες κοπής. Πιο συγκεκριμένα, τόρνευση καλείται η κατεργασία κατά την οποία αφαιρείται υλικό από ένα τεμάχιο, συνήθως με κυκλική διατομή, το οποίο περιστρέφεται γύρω από τον κεντρικό άξονά του. Η κύρια κίνηση στην τόρνευση είναι περιστροφική και πραγματοποιείται από την άτρακτο ή αλλιώς τσοκ στην οποία προσδένεται το τεμάχιο προς κοπή. Η ταχύτητα αυτή ονομάζεται ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου. Δευτερεύουσα κίνηση στην τόρνευση είναι αυτή του κοπτικού εργαλείου η οποία είναι μεταφορική και ονομάζεται πρόωση. Υπάρχουν διάφορα είδη τόρνευσης ανάλογα με τη διάταξη του άξονα τόρνευσης ή τη θέση της επιφάνειας προς κατεργασία. Στο Σχήμα 2.1.1, παρουσιάζονται οι βασικές κατεργασίες τόρνευσης.



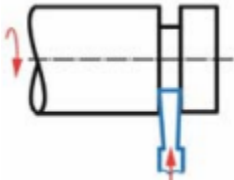
**Διάτρηση:** Η κατεργασία τόρνευσης στην οποία δημιουργείται μια τρύπα στο εσωτερικό του τεμαχίου.



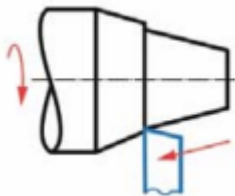
**Σπειρώματος:** Η κατεργασία τόννευσης στην οποία δημιουργείται σπείρωμα είτε εξωτερικά είτε εσωτερικά του τεμαχίου.



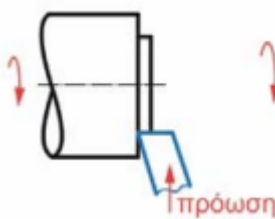
**Διάνοιξη:** Η κατεργασία τόννευσης στην οποία ανοίγει μια ήδη υπάρχουσα τρύπα στο τεμάχιο.



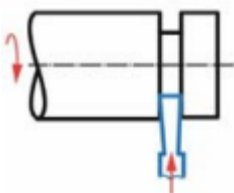
**Απότμηση:** Η κατεργασία τόννευσης στην οποία αποκόπτεται ένα τμήμα του τεμαχίου.



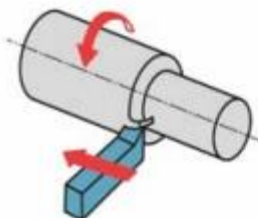
**Κωνική:** Η κατεργασία τόννευσης στην οποία δημιουργείται μια ομαλή μετάβαση από τη διάμετρο του τεμαχίου προς την επιθυμητή διάμετρο, με το αποτέλεσμα να προσομοιάζει με κώνο.



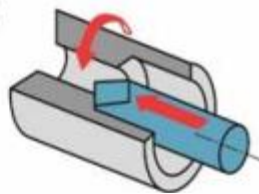
**Προφίλ:** Η κατεργασία τόννευσης στην οποία αφαιρείται ένα μικρό τμήμα του μπροστά κομματιού του τεμαχίου προκειμένου να δημιουργηθεί μια λεία επιφάνεια



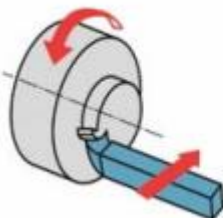
**Αυλάκωση:** Η κατεργασία κατά την οποία δημιουργείται μια 'αυλάκωση' στο τεμάχιο



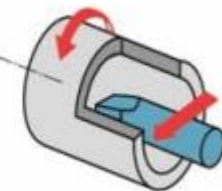
Διαμήκης τόννευση



**Διαμήκης:** Η κατεργασία τόννευσης στην οποία η κίνηση του κοπτικού εργαλείου είναι παράλληλη στον άξονα τόννευσης.



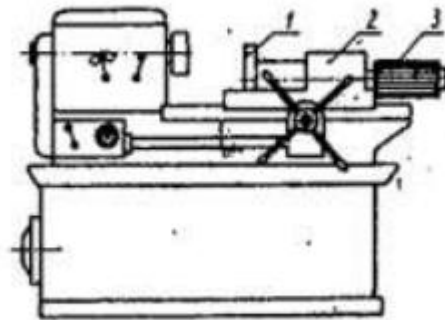
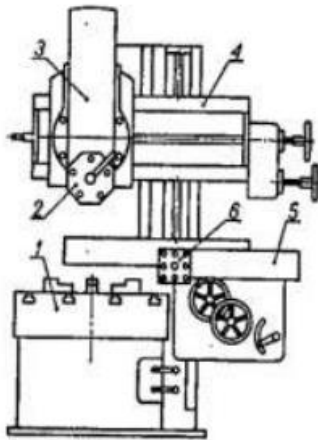
Εγκάρσια τόννευση



**Εγκάρσια:** Η κατεργασία τόννευσης στην οποία η κίνηση του κοπτικού εργαλείου είναι κάθετη στον άξονα τόννευσης.

## 2.2 Εργαλειομηχανές και ψηφιακή καθοδήγηση

Η εργαλειομηχανή είναι μια μηχανή που χρησιμοποιείται για την επεξεργασία μεταλλικών κομματιών, με μια σειρά, συνήθως επαναλαμβανόμενων, κοπών. Τόρνος ονομάζεται η εργαλειομηχανή που εκτελεί εργασίες κοπής με τórνευση. Οι εργαλειομηχανές τórνευσης διακρίνονται με βάση την κατεύθυνσή τους σε κάθετους και μετωπικούς, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.2.1.



Κάθετοι

Μετωπικοί

Σχήμα 2.2.1: Είδη τórνων με βάση την κατεύθυνσή τους

Με βάση τον τρόπο καθοδήγησής τους οι εργαλειομηχανές διαχωρίζονται σε συμβατικές και ψηφιακά καθοδηγούμενες. Συμβατικές εργαλειομηχανές είναι αυτές οι οποίες καθοδηγούνται χειροκίνητα από τον εκάστοτε χειριστή. Ψηφιακά καθοδηγούμενες ή CNC (Computerized Numerical Control) ονομάζονται οι εργαλειομηχανές στις οποίες η κοπή ενός τεμαχίου γίνεται με τη χρήση κώδικα από ηλεκτρονικό υπολογιστή που είναι ενσωματωμένος στην εργαλειομηχανή. Πέρα από τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή που είναι ενσωματωμένος στις μηχανές, οι εργαλειομηχανές CNC έχουν τη δυνατότητα να προγραμματιστούν για τις επιθυμητές κατεργασίες και μέσω οποιουδήποτε ηλεκτρονικού υπολογιστή, με τη χρήση των κατάλληλων προγραμμάτων CAM (Computer Aided Manufacturing).

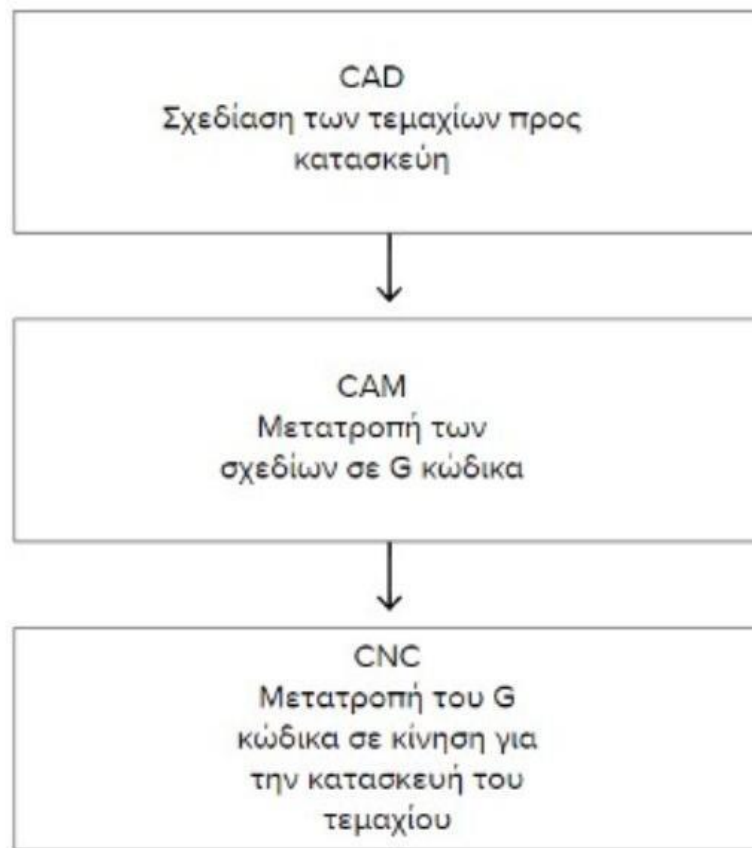
Η πρώτη εργαλειομηχανή CNC κατασκευάστηκε το 1949 από τον John T. Parsons και αναπτύχθηκε ως κομμάτι ενός ερευνητικού προγράμματος στην αεροναυπηγική που πραγματοποιήθηκε από το Massachusetts Institute of Technology (MIT). Η πρώτη πειραματική εργαλειομηχανή CNC ήταν μια φρέζα με στόχο να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ελίκων για ελικόπτερα και ανθεκτικών ελασμάτων για αεροσκάφη. Την περίοδο αυτή οι εργαλειομηχανές CNC χρησιμοποιούσαν αναλογικό προγραμματισμό για τη

λειτουργία τους. Μετά το 1960, εξελίχθηκαν σε μια παρόμοια μορφή με τη σημερινή τους, χρησιμοποιώντας ψηφιακές τεχνολογίες. Το 1976 σχεδιαστικά (CAD) και κατασκευαστικά (CAM) προγράμματα ενσωματώθηκαν στις μηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση. Στη σημερινή εποχή οι ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές έχουν απεριόριστες δυνατότητες και παρέχουν μεγάλη ευκολία και ευελιξία στον χειριστή τους. Η αυτοματοποίηση της παραγωγής τις καθιστά κατάλληλες ακόμη και για μονάδες παραγωγής. Πλέον, οι εργαλειομηχανές αυτές έχουν μεγάλη χρήση και εκτός της βαριάς βιομηχανίας, με χαρακτηριστικό παράδειγμα γνωστή εταιρεία τεχνολογίας, η οποία κατασκευάζει τον σκελετό των ηλεκτρονικών υπολογιστών της σε εργαλειομηχανή CNC.

## **2.3 Προγράμματα ψηφιακής σχεδίασης και κατασκευής**

Προγράμματα ψηφιακής σχεδίασης ή CAD (Computer Aid Design) προγράμματα ονομάζονται αυτά που χρησιμοποιούν λογισμικό ηλεκτρονικού υπολογιστή προκειμένου να βοηθήσουν τον χρήστη στην σχεδίαση του επιθυμητού τεμαχίου. Τα προγράμματα αυτά επιτρέπουν την δημιουργία σχεδίου σε δύο διαστάσεις και την σχεδίαση μοντέλου σε τρεις διαστάσεις. Επίσης, προσφέρουν γραφική απεικόνιση των μοντέλων και σχεδίων. Η σχεδίαση σε προγράμματα CAD δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να προσαρμόζει και να διαφοροποιεί με ευκολία τα σχέδια του και να τους δίνει τις επιθυμητές διαστάσεις. Ακόμη, επιτρέπουν την εφαρμογή ανοχών στα μοντέλα και επιλογή συγκεκριμένων υλικών.

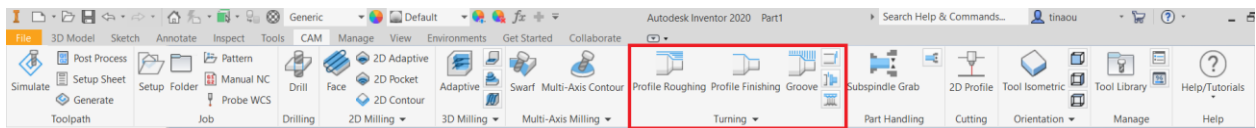
Προγράμματα ψηφιακής κατασκευής ή CAM προγράμματα (Computer Aided Manufacturing) ονομάζονται αυτά που συνδέουν το σχέδιο που προκύπτει από το πρόγραμμα CAD με την εργαλειομηχανή που θα κατασκευάσει το δοκίμιο. Τα προγράμματα CAM μετατρέπουν το σχέδιο που έχει προκύψει, μέσω της επιλογής κατάλληλων κατεργασιών, σε G κώδικα ο οποίος είναι κατανοητός από την εργαλειομηχανή. Με αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στον χρήστη να επιλέξει τις επιθυμητές κατεργασίες για την κατασκευή του τεμαχίου χωρίς απαραίτητα να έχει γνώση του κώδικα G. Το λογισμικό παράγει τον κώδικα έτοιμο να εισαχθεί στη μηχανή και να παραχθεί το τεμάχιο. Τα προγράμματα CAM διευκολύνουν σε μεγάλο βαθμό την επικοινωνία του χρήστη με την εργαλειομηχανή και παρέχουν αυτοματοποίηση στην παραγωγή. Σε επόμενο κεφάλαιο αναλύονται οι κατεργασίες τόννευσης στο πρόγραμμα Inventor CAM της Autodesk, καθώς και τα αποτελέσματα τα οποία παράγουν. Παρακάτω παρουσιάζεται ένα διάγραμμα ροής για την καλύτερη κατανόηση της σύνδεσης των προγραμμάτων με την εργαλειομηχανή.



Σχήμα 2.3.1: Διάγραμμα ροής

### 3. INVENTOR CAM

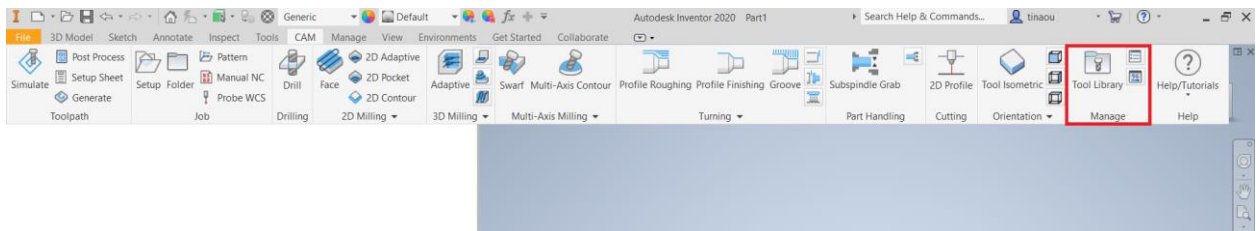
Το πρόγραμμα που θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα διπλωματική εργασία είναι το Inventor της Autodesk. Η εργαλειομηχανή που χρησιμοποιείται είναι το κέντρο τórνευσης CTX 301 eco. Στο αρχικό παράθυρο του προγράμματος επιλέγεται το εικονίδιο πάνω αριστερά με την ένδειξη CAM. Πιο συγκεκριμένα για την τórνευση δοκιμίων θα χρησιμοποιηθεί το τμήμα Turning όπως φαίνεται στο [Σχήμα 3.1](#). Πριν ξεκινήσει η δήλωση των κατεργασιών που θα πραγματοποιηθούν στο δοκίμιο πρέπει να γίνει δήλωση των κοπτικών εργαλείων καθώς και της εργαλειομηχανής που θα χρησιμοποιηθούν και κάποιων βασικών αρχών των κατεργασιών.



Σχήμα 3.1: CAM Turning

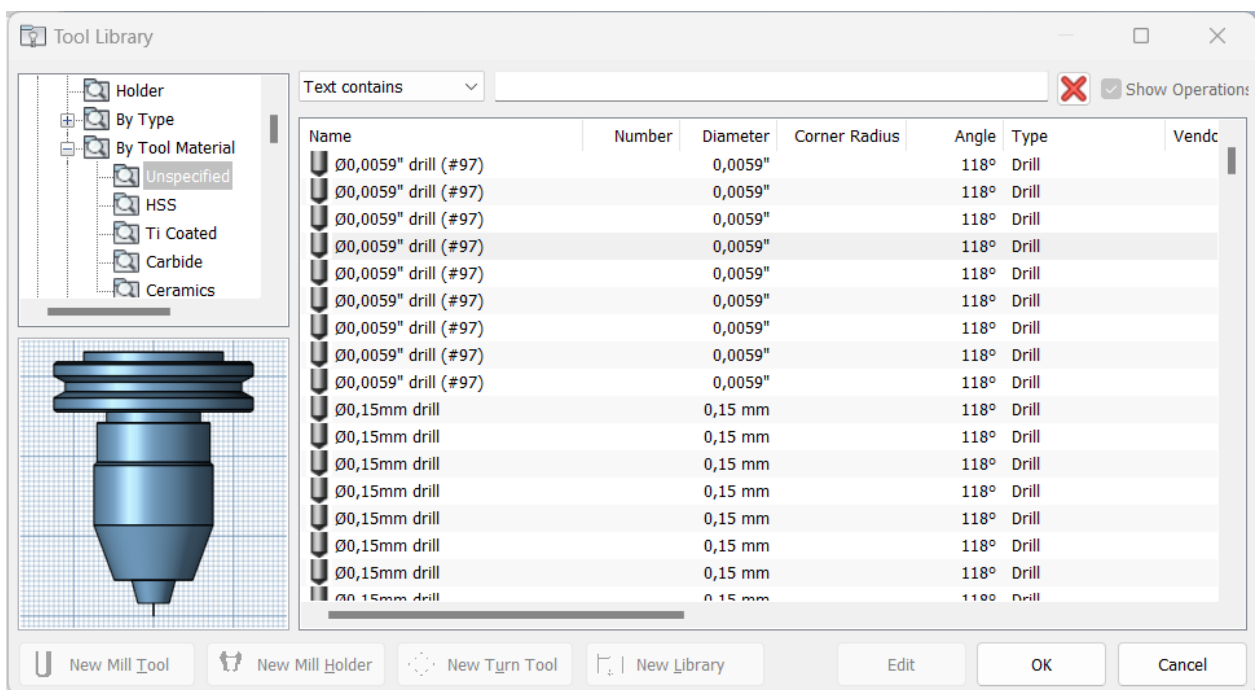
#### 3.1 Βιβλιοθήκη κοπτικών εργαλείων

Αρχικά, γίνεται δήλωση των κοπτικών εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν για τις κατεργασίες. Αυτό γίνεται επιλέγοντας το εικονίδιο **Tool Library** στο τμήμα Manage του CAM, όπως φαίνεται στο [Σχήμα 3.1.1](#).



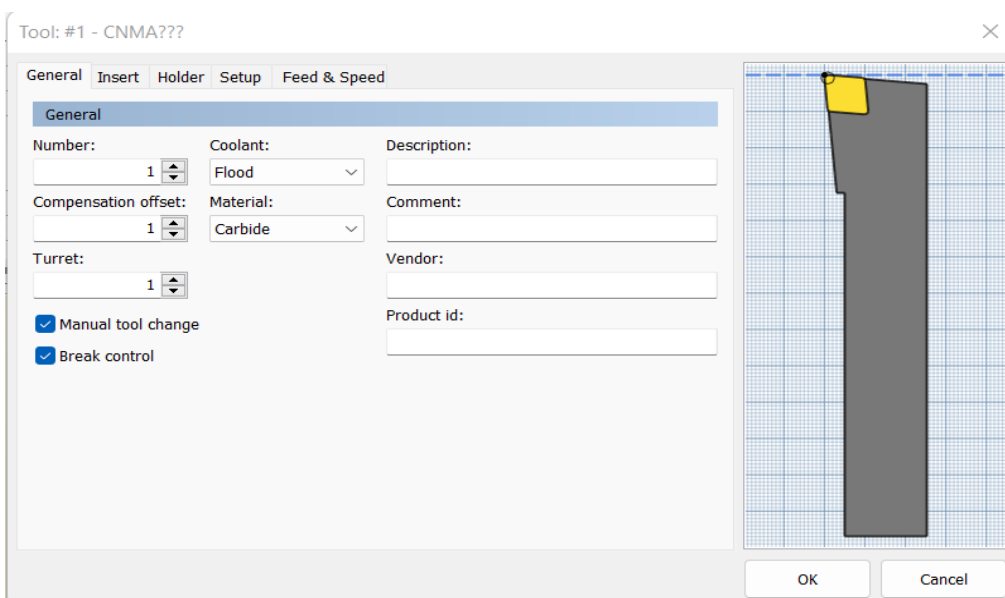
Σχήμα 3.1.1: Tool Library

Πατώντας το εικονίδιο ανοίγει ένα παράθυρο, το οποίο παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.1.2](#). Στο πρόγραμμα υπάρχουν ήδη αποθηκευμένα εργαλεία και κάποιες βιβλιοθήκες. Αυτές παρουσιάζονται στο αριστερό κομμάτι του παραθύρου. Εφόσον επιλεγεί μια βιβλιοθήκη, εμφανίζονται όλα τα εργαλεία που είναι αποθηκευμένα σε αυτήν και κάποια χαρακτηριστικά τους, όπως η διάμετρος και ο τύπος του εργαλείου. Στο κάτω αριστερά τμήμα του παραθύρου εμφανίζεται μια προεπισκόπηση του εργαλείου και του συγκρατητή του. Είναι χρήσιμο να γίνεται από τον χρήστη δημιουργία της δικής του βιβλιοθήκης με τα διαθέσιμα εργαλεία και τα χαρακτηριστικά τους, προκειμένου να μένουν αποθηκευμένα για όλες τις κατεργασίες και τα τεμάχια που επιθυμεί να κατεργαστεί. Για να δημιουργηθεί η βιβλιοθήκη μπορεί ο χρήστης είτε να επιλέξει από τα ήδη αποθηκευμένα εργαλεία είτε να τα δηλώσει εκ νέου καθορίζοντας όλα τα χαρακτηριστικά τους, όπως αναλύεται παρακάτω.



Σχήμα 3.1.2: Tool Library 2

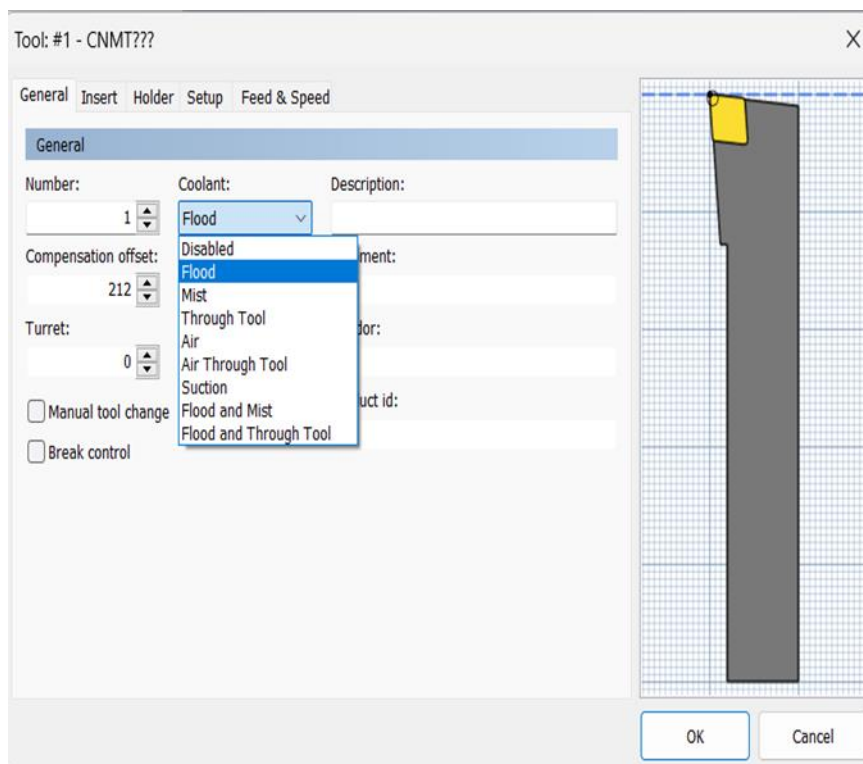
Για να γίνει η δήλωση ενός νέου εργαλείου, σε αυτό το παράθυρο που έχει ανοίξει, επιλέγεται το **New Turn Tool**, για κάθε νέο εργαλείο τórνευσης που δηλώνεται. Μόλις επιλεγεί το New Turn Tool ανοίγει ένα παράθυρο, το οποίο στην πρώτη καρτέλα περιέχει γενικές πληροφορίες για το κοπτικό εργαλείο όπως φαίνεται στο [Σχήμα 3.1.3](#). Στο δεξί κομμάτι του παραθύρου παρουσιάζεται το κοπτικό εργαλείο, το οποίο μεταβάλλεται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά που δίνει ο χρήστης.



Σχήμα 3.1.3: New Tool General

Στο πεδίο **Number**, ορίζεται ο αριθμός του εργαλείου που χρησιμοποιείται για να επιλεγεί το κοπτικό εργαλείο από την εργαλειομηχανή. Δηλαδή ο αριθμός της θέσης που έχει στον εργαλειοφορέα της μηχανής.

Στο πεδίο **Coolant**, ορίζεται ο τρόπος έγχυσης καθώς και το είδος του ψυκτικού υγρού που χρησιμοποιεί το συγκεκριμένο εργαλείο. Οι διαθέσιμες επιλογές σε αυτό το πεδίο παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1.4. Ο τόνος που χρησιμοποιείται στην παρούσα διπλωματική δίνει τη δυνατότητα παροχής ψυκτικού υγρού με υπερχείλιση, επομένως σε όλα τα κοπτικά επιλέγεται το flood.



#### Διαθέσιμες επιλογές Ψυκτικού Υγρού (Coolant)

##### **Disabled:**

Απενεργοποιημένο

**Flood:** Έγχυση με πλημμύρα

**Mist:** Έγχυση με ψεκασμό

**Through Tool:** Έγχυση ψυκτικού μέσα από το κοπτικό εργαλείο

**Air:** Παροχή αέρα

**Air Through Tool:** Παροχή αέρα μέσα από το κοπτικό εργαλείο

**Suction:** Αναρρόφηση

**Flood and Mist:** Έγχυση με ψεκασμό και πλημμύρα

##### **Flood and Through Tool:**

Έγχυση με πλημμύρα και μέσα από το κοπτικό εργαλείο

Σχήμα 3.1.4: Coolant

Στο πεδίο, **Compensation offset**, δίνεται ο δείκτης για την αντιστάθμιση του κάθε εργαλείου στην κατεργασία της τόννευσης.

Μετά, ορίζεται το υλικό του κάθε κοπτικού, στο πεδίο **Material**, από μία λίστα πιθανών υλικών που φαίνεται στο Σχήμα 3.1.5.

Tool: #1 - CNMT???

General Insert Holder Setup Feed & Speed

**General**

Number: 1 Coolant: Flood Description:

Compensation offset: 212 Material: Carbide Comment:

Turret: 0 Vendor:

☐ Manual tool change ☐ Break control

Product id:

OK Cancel

### Διαθέσιμες επιλογές Υλικών Κοπτικού (Material)

**HSS:** Χάλυβας υψηλής ταχύτητας

**Ti Coated:** Με επικάλυψη τιτανίου

**Carbide:** Καρβίδιο

**Ceramics:** Κεραμικό

**Unspecified:**  
Απροσδιόριστο

Σχήμα 3.1.5: Tool Material

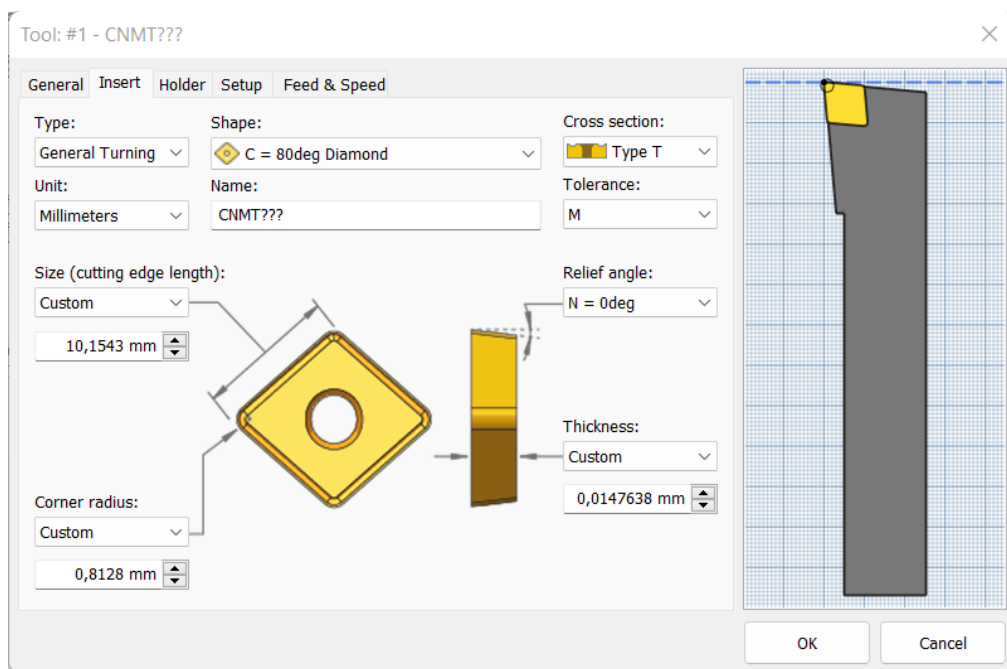
Το πεδίο **Turret** αναφέρεται στους εργαλειοφορείς του κέντρου τórνευσης, που στο συγκεκριμένο κέντρο κατεργασίας είναι ένας, οπότε για όλα τα κοπτικά που θα δηλωθούν θα παραμείνει 1.

Στα πεδία **Description** και **Comment** μπορεί να σημειωθεί μια περιγραφή του εργαλείου και κάποια σχόλια για την ευκολία του χειριστή.

Στο **Vendor**, σημειώνεται ο προμηθευτής του εργαλείου και στο **Product id** ο σειριακός αριθμός του εργαλείου που δίνεται από τον προμηθευτή, προκειμένου να είναι εύκολη η αντικατάσταση του εργαλείου σε περίπτωση φθοράς.

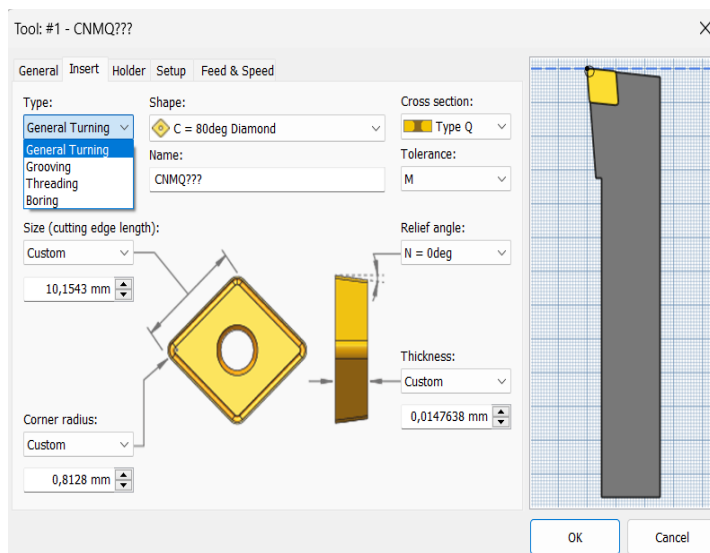
Το εικονίδιο **Manual tool change** εφόσον επιλεγεί, επιτρέπει την χειροκίνητη αλλαγή κοπτικών εργαλείων σε κέντρα κατεργασίας που γίνεται αυτόματα η αλλαγή και το **Break control** πραγματοποιεί έλεγχο στο τέλος της κατεργασίας και παρέχει πληροφορίες για το αν το κοπτικό έχει σπάσει ή όχι.

Στην δεύτερη καρτέλα του παραθύρου ορίζονται πληροφορίες για τις διαστάσεις και τον τύπο του εργαλείου, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.1.6.



Σχήμα 3.1.6: New Tool Insert

Στο πεδίο **Type** καθορίζεται ο τύπος του κοπτικού εργαλείου σύμφωνα με τις κατεργασίες για τις οποίες χρησιμοποιείται, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1.7.



#### Διαθέσιμες επιλογές Τύπου Εργαλείου (Type)

**General Turning:** Βασικές κατεργασίες τόννευσης όπως η τόννευση περιγράμματος, η κωνική τόννευση, η τόννευση προσώπου και άλλες

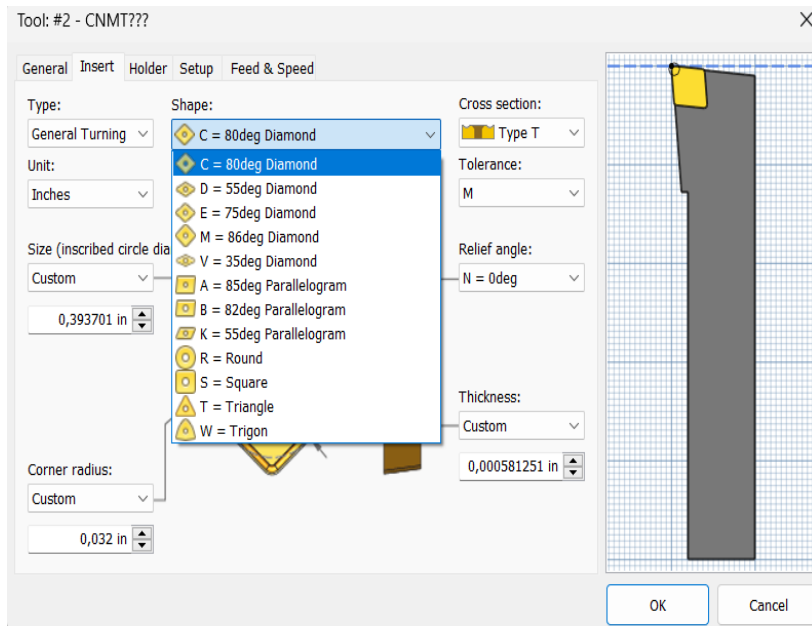
**Grooving:** Απότμηση

**Threading:** Τόννευση εξωτερικού σπειρώματος

**Boring:** Διάτρηση

Σχήμα 3.1.7: Tool Type

Στο πεδίο **Shape** δίνεται το σχήμα του κοπτικού εργαλείου από τις επιλογές που υπάρχουν διαθέσιμες, οι οποίες αναλύονται στο Σχήμα 3.1.8.

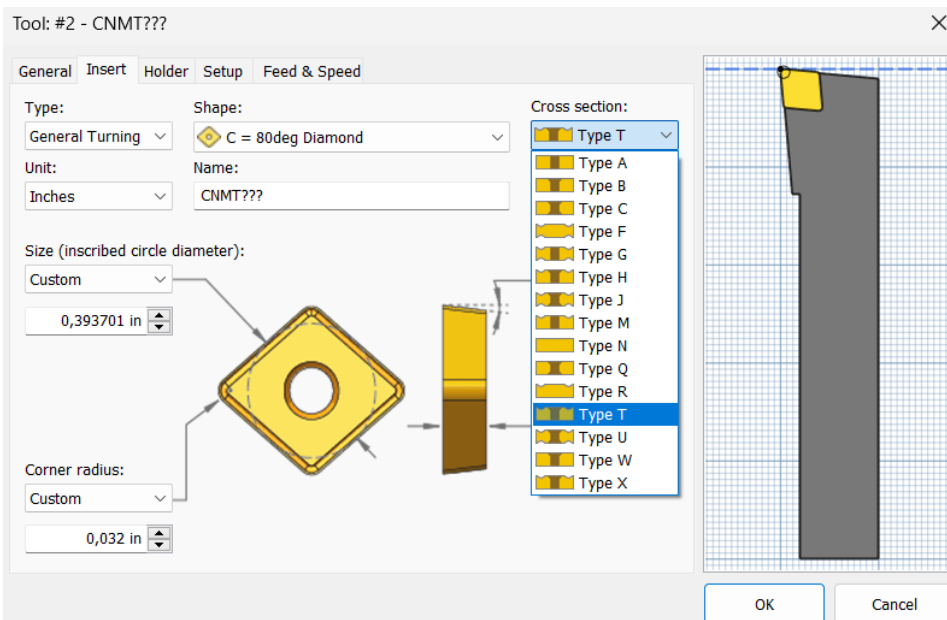


Διαθέσιμες επιλογές  
Σχήματος Εργαλείου  
(Shape)

- C:** Διαμάντι 80 μοιρών  
**D:** Διαμάντι 55 μοιρών  
**E:** Διαμάντι 75 μοιρών  
**M:** Διαμάντι 86 μοιρών  
**V:** Διαμάντι 35 μοιρών  
**A:** Παραλληλόγραμμο 85 μοιρών  
**B:** Παραλληλόγραμμο 82 μοιρών  
**K:** Παραλληλόγραμμο 55 μοιρών  
**R:** Κυκλικό  
**S:** Τετραγωνικό  
**T:** Τριγωνικό  
**W:** Τριγωνικό

Σχήμα 3.1.8: Tool Shape

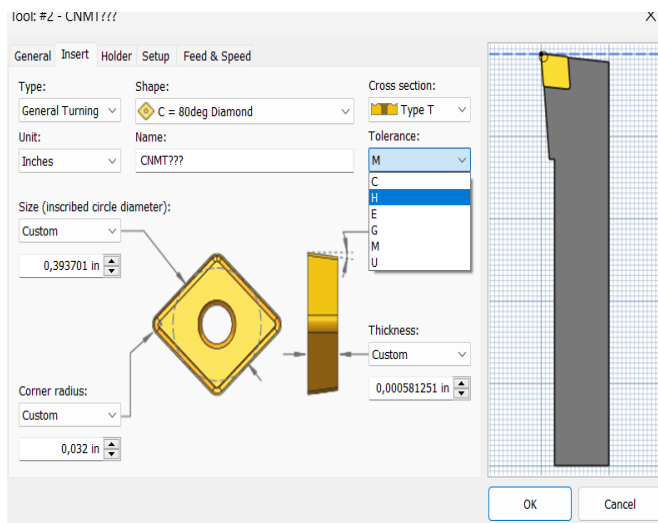
Στο **Cross section** δηλώνεται ο τύπος της τομής του κοπτικού, δηλαδή επιλέγεται το σχήμα του κοπτικού αν διατιμηθεί κάθετα στο μέσο του. Επιλέγεται μια από τις διαθέσιμες επιλογές που παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1.9.



Σχήμα 3.1.9 Tool Cross Section

Στη συνέχεια, στο **Unit** ορίζονται οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται, είτε σε ίντσες είτε σε millimeters. Στην προκειμένη περίπτωση για όλα τα εργαλεία χρησιμοποιούνται Millimeters.

Στο πεδίο **Name** ονομάζεται το κάθε εργαλείο και στο **Tolerance** επιλέγεται η αντοχή του εργαλείου, από τις διαθέσιμες επιλογές που παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1.10.



#### Διαθέσιμες επιλογές Αντοχής Κοπτικού (Tolerance)

**C**

**H**

**E**

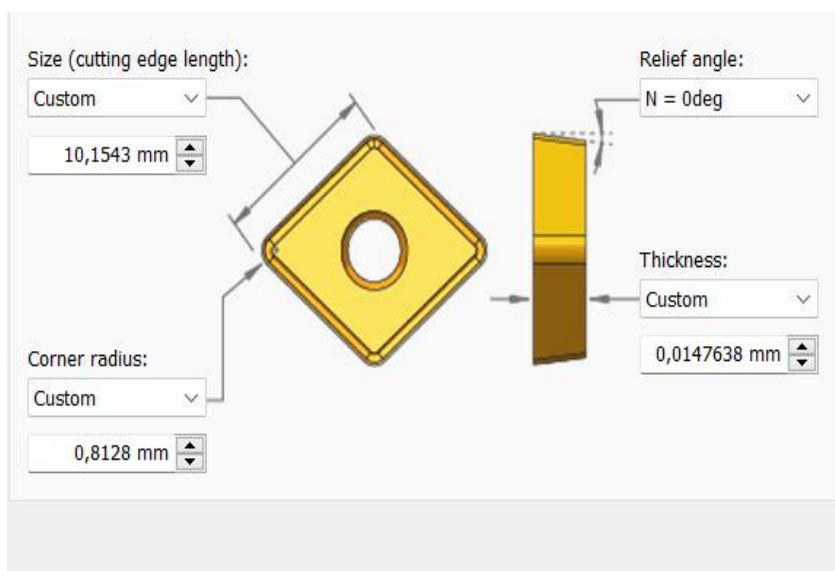
**G**

**M**

**U**

Σχήμα 3.1.10: Tool Tolerance

Έπειτα, καθορίζονται οι διαστάσεις του κοπτικού είτε χειροκίνητα με την επιλογή custom είτε από τις επιλογές που υπάρχουν διαθέσιμες, όπως παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1.11. Οι διαστάσεις καθώς και η αντοχή δίνονται από τον κατασκευαστή του εργαλείου και φαίνονται στην συσκευασία του κοπτικού ή σε αναζήτηση με τον σειριακό αριθμό του εργαλείου στο διαδίκτυο.



#### Διαστάσεις Κοπτικού Εργαλείου

##### **Cutting edge length:**

Μήκος της αιχμής

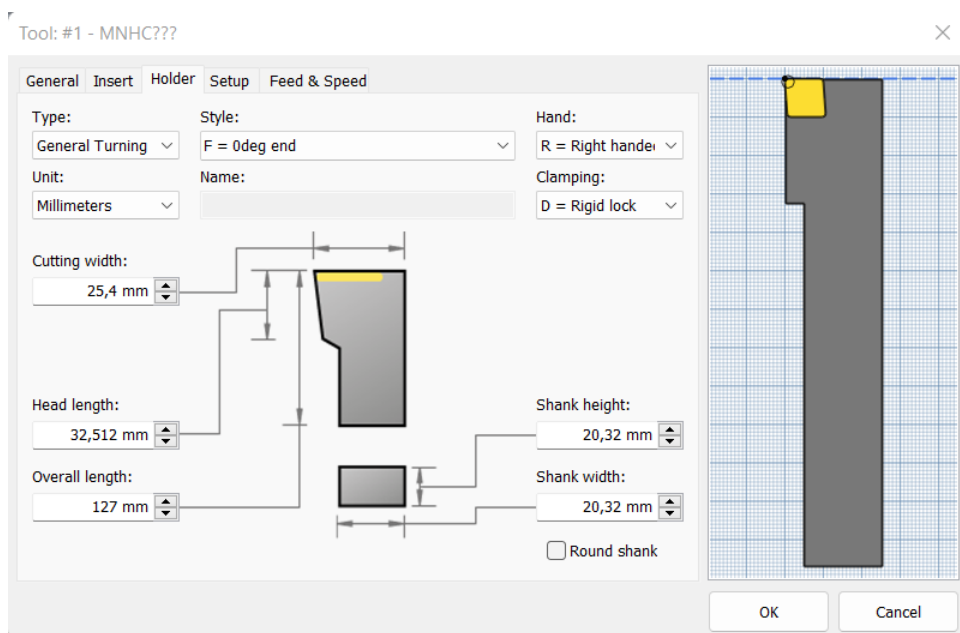
**Corner radius:** Γωνιακή ακτίνα

**Relief angle:** Γωνία μεταξύ του κοπτικού και της επιφάνειας που έχει μόλις κοπεί

**Thickness:** Πάχος του εργαλείου

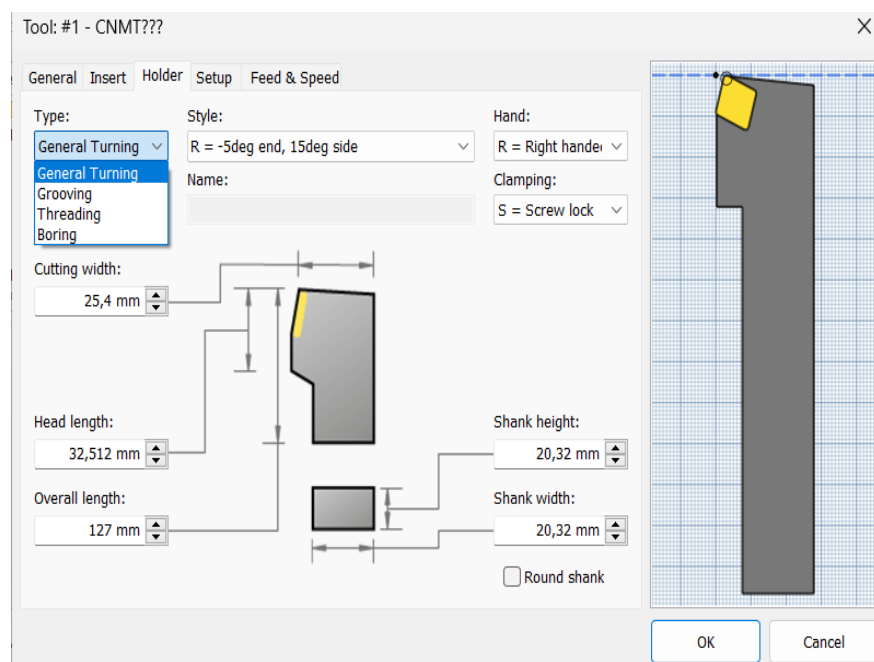
Σχήμα 3.1.11: Tool Size

Στην καρτέλα Holder όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.1.12, καθορίζεται αν υπάρχει μανέλα που συγκρατεί το εργαλείο κοπής.



Σχήμα 3.1.12: New Tool Holder

Όπως και στην προηγούμενη καρτέλα στο πεδίο **Type** δηλώνεται ο τύπος της τόνρευσης από τις επιλογές που παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1.13 και στο **Unit** ορίζονται οι μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιούνται, είτε σε ίντσες είτε σε millimeters. Στην προκειμένη περίπτωση για όλα τα εργαλεία χρησιμοποιούνται millimeters.



#### Διαθέσιμες επιλογές Τύπου Εργαλείου (Type)

##### **General Turning:**

Βασικές κατεργασίες τόνρευσης όπως η τόνρευση περιγράμματος, η κωνική τόνρευση, η τόνρευση προσώπου και άλλες

##### **Grooving:** Απότμηση

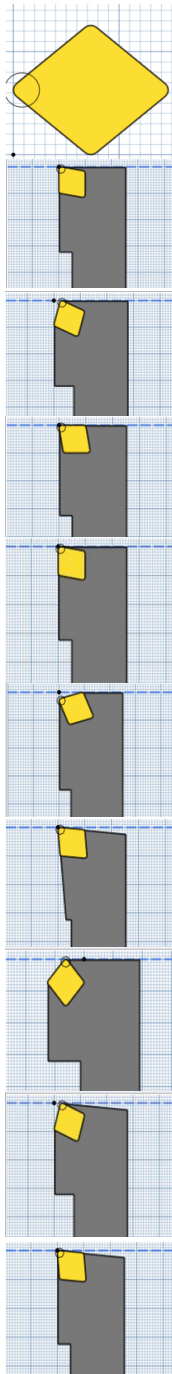
**Threading:** Τόνρευση σπειρώματος

##### **Boring:** Διάτρηση

Σχήμα 3.1.13: Tool Holder Type

Το πεδίο **Style** καθορίζει αν υπάρχει μανέλα και η γωνία στην οποία είναι δεμένο το εργαλείο σε αυτήν, από τις επιλογές που προτείνονται, οι οποίες φαίνονται στο Σχήμα 3.1.14.

Διαθέσιμες επιλογές γωνίας δεσίματος κοπτικού στη μανέλα (Style)



**No Holder:** Δεν υπάρχει μανέλα

**0deg side:** Η άνω γωνία του κοπτικού απέχει 0 μοίρες από την δεξιά πλευρά της μανέλας

**15deg side:** Η άνω γωνία του κοπτικού απέχει 15 μοίρες από την δεξιά πλευρά της μανέλας

**0deg end:** Η άνω γωνία του κοπτικού απέχει 0 μοίρες από την άνω πλευρά της μανέλας

**0deg side:** Η άνω γωνία του κοπτικού απέχει 0 μοίρες από την δεξιά πλευρά της μανέλας

**15deg end:** Η άνω γωνία του κοπτικού 15 μοίρες από την άνω πλευρά της μανέλας

**-5deg side:** Η άνω γωνία του κοπτικού απέχει -5 μοίρες και από τις δύο πλευρές της μανέλας

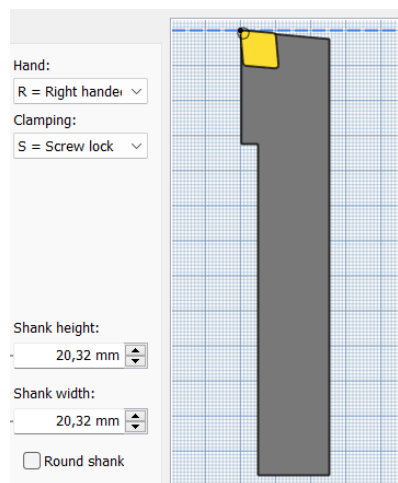
**40deg side:** Η άνω γωνία του κοπτικού απέχει 40 μοίρες από την δεξιά πλευρά της μανέλας

**-5deg end 15 side :** Η άνω γωνία του κοπτικού απέχει -5 μοίρες από την άνω πλευρά της μανέλας και 15 μοίρες από την δεξιά

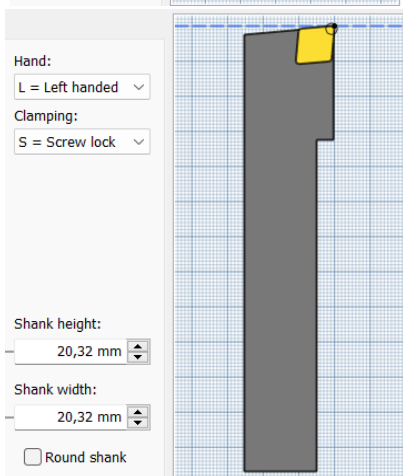
**5 deg end:** Η άνω γωνία του κοπτικού 5 μοίρες από την άνω πλευρά της μανέλας

Σχήμα 3.1.14: Tool Holder Style

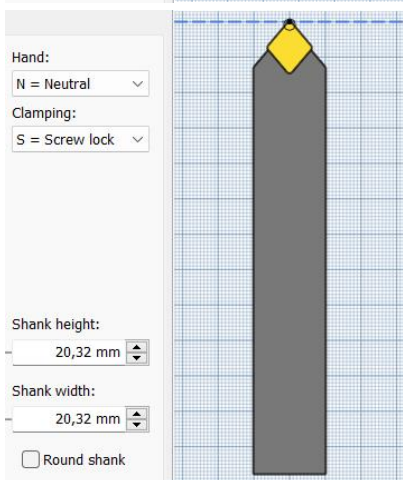
Στο πεδίο **Hand** επιλέγεται η κατεύθυνση που δένεται το εργαλείο στη μανέλα από τις τρεις επιλογές που καθορίζονται στο Σχήμα 3.1.15.



**Right handed:** Δεξιόχειρη χρήση



**Left handed:** Αριστερόχειρη χρήση

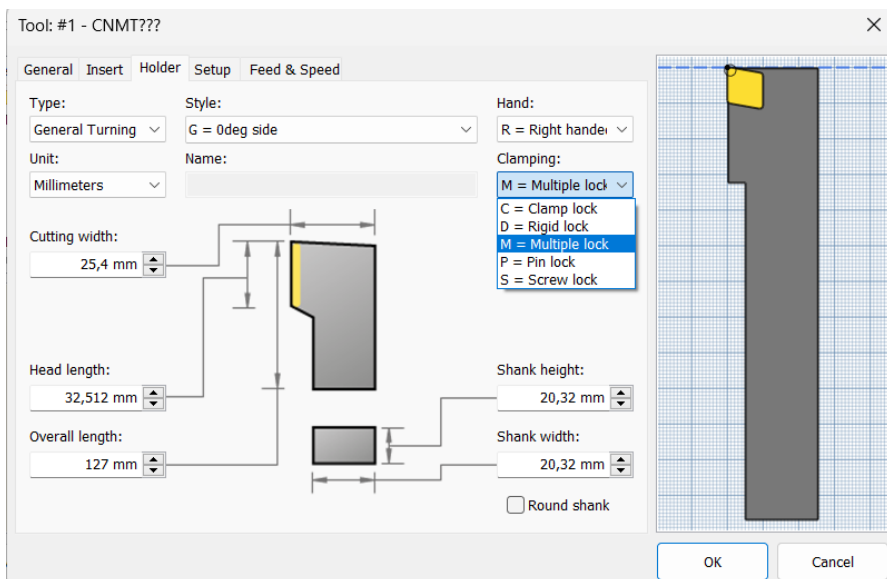


**Neutral:** Ουδέτερος

Σχήμα 3.1.15: Tool Holder Hand

Αξίζει να σημειωθεί σε αυτό το σημείο ότι στην περίπτωση που επιλεγεί το Neutral, δηλαδή ο ουδέτερος ή συμμετρικός τρόπος δεσίματος του εργαλείου στη μανέλα, οι διαθέσιμες

επιλογές (Style), δεν έχουν εφαρμογή. Το πεδίο **Clamping** αφορά τον τρόπο που είναι δεμένο το εργαλείο.



### Διαθέσιμες επιλογές πρόσδεσης κοπτικού (Clamping)

#### **Clamping lock:**

Ασφάλιση με σύσφιξη

#### **Rigid lock:**

#### **Multiple lock:**

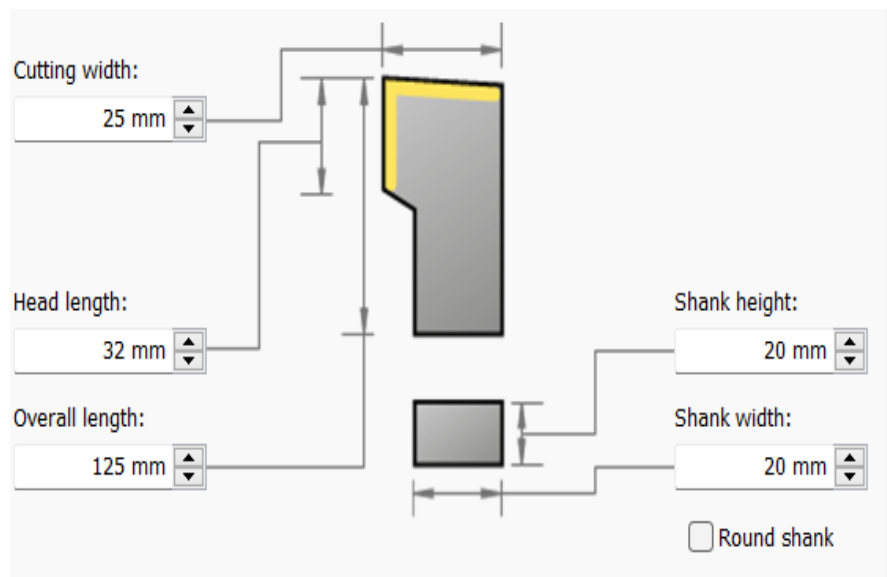
Ασφάλιση με πολλαπλούς τρόπους

**Pin lock:** Ασφάλιση με χωνευτό παξιμάδι

**Screw lock:** Ασφάλιση με βίδα

Σχήμα 3.1.16: Tool Holder Clamping

Στη συνέχεια, ορίζονται οι διαστάσεις της μανέλας, όπως παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1.17.



### Διαστάσεις μανέλας

#### **Cutting width:**

Συνολικό πλάτος

**Head length:** Μήκος κεφαλής

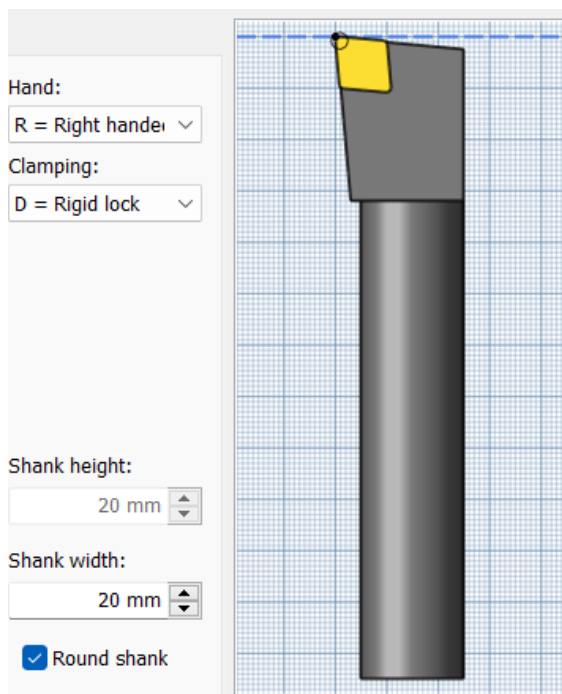
**Overall length:** Συνολικό μήκος

**Shank height:** Ύψος

**Shank width:** Πάχος

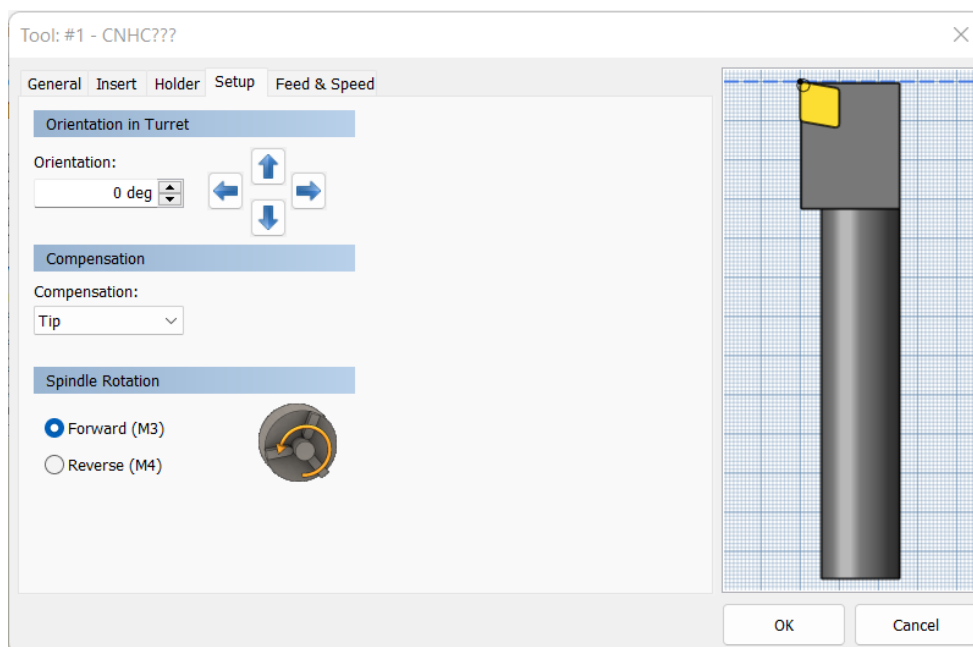
Σχήμα 3.1.17: Tool Holder Size

Οι τιμές αυτές δίνονται από τον κατασκευαστή. Αν η μανέλα είναι κυκλικής μορφής επιλέγεται το κουτί **Round shank**, στην τιμή shank width δηλώνεται η διάμετρός της και απενεργοποιείται αυτόματα το Shank height.

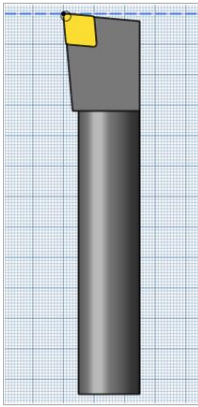


Σχήμα 3.1.18: New Tool Holder Round Shank

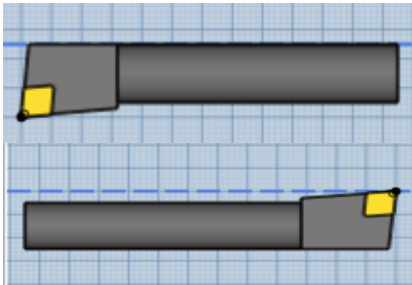
Στην καρτέλα Setup που παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.1.19](#), στο πεδίο **Orientation in Turret**, ορίζεται στο κενό πεδίο η γωνία στην οποία δένεται η μανέλα στον εργαλειοφορέα του κέντρου τórνευσης σε μοίρες, καθώς και η φορά της με τα βέλη.



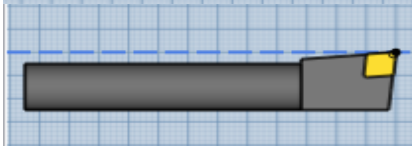
Σχήμα 3.1.19: New Tool Setup



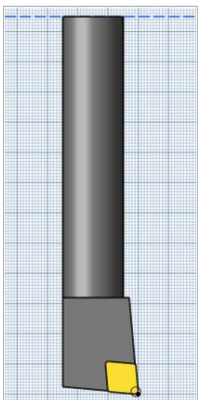
Επιλεγμένο το άνω βέλος



Επιλεγμένο το αριστερό βέλος



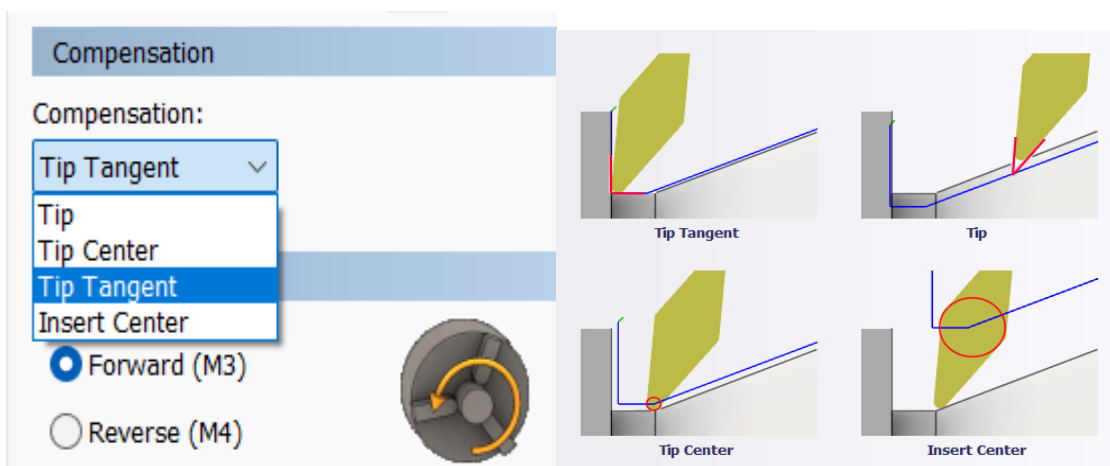
Επιλεγμένο το δεξί βέλος



Επιλεγμένο το κάτω βέλος

Σχήμα 3.1.20: New Tool Orientation

Στο πεδίο **Compensation** καθορίζεται το σημείο αναφοράς με βάση το οποίο γίνεται η αντιστάθμιση του κοπτικού από κάποιες επιλογές που παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.1.21.



Διαθέσιμες επιλογές σημείου αντιστάθμισης:

**Tip:** Το σημείο που αποτελεί το τέλος της μύτης του κοπτικού

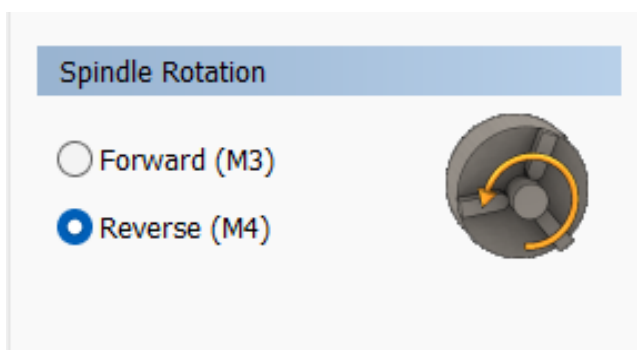
**Tip Center:** Το σημείο που ορίζεται ως το κέντρο της μύτης του κοπτικού

**Tip Tangent:** Το σημείο που η μύτη του κοπτικού εφάπτεται στο τεμάχιο

**Insert Center:** Το σημείο που ορίζεται ως κέντρο του κοπτικού

Σχήμα 3.1.21: New Tool Compensation

Στο πεδίο **Spindle Rotation** δίνεται ο τρόπος περιστροφής του τσok, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.1.22.



Διαθέσιμες επιλογές φοράς

**M3:** Φορά ίδια με τη φορά του ρολογιού

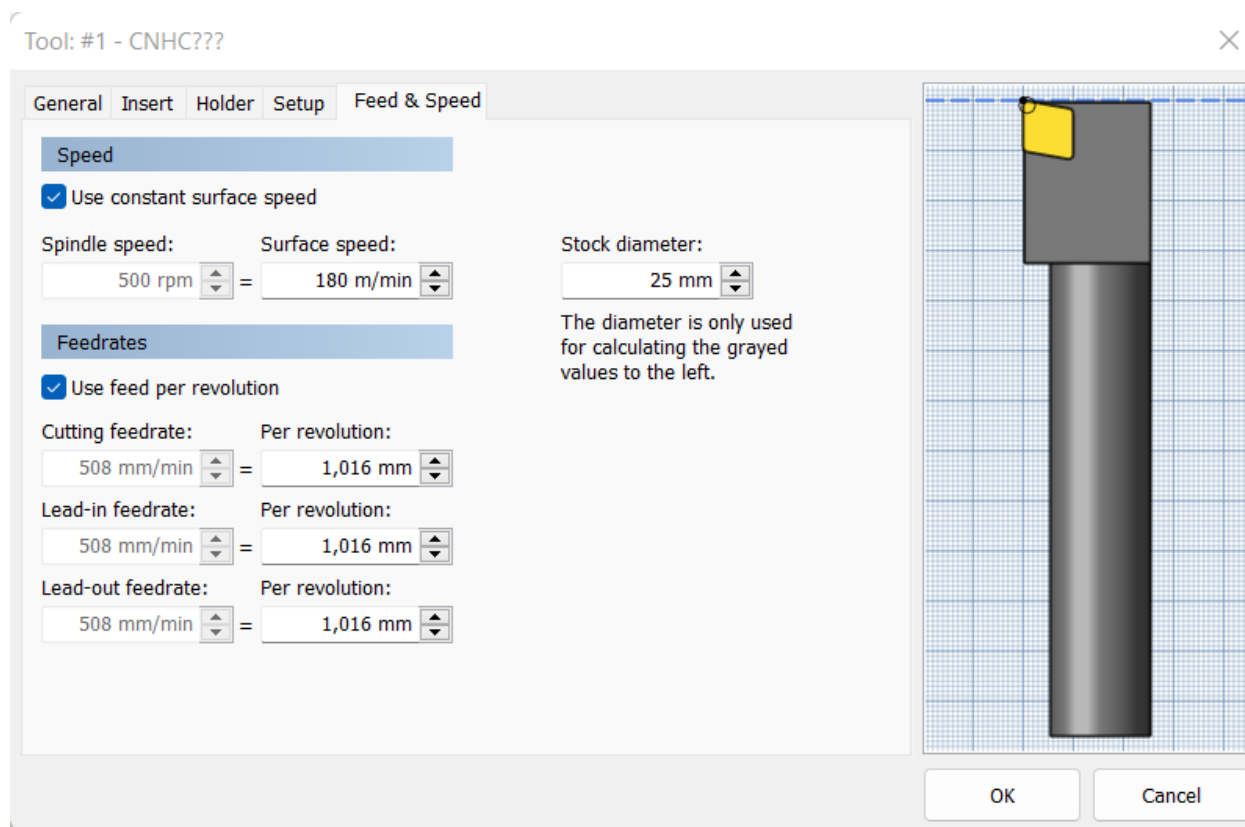
**M4:** Φορά αντίστροφη της φοράς του ρολογιού

Σχήμα 3.1.22: New Tool Spindle

Τέλος, για τη δήλωση των κοπτικών εργαλείων υπάρχει η καρτέλα Feed & Speed που φαίνεται στο Σχήμα 3.1.23. Στο πεδίο **Speed** και πιο συγκεκριμένα στο spindle speed ορίζεται η ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου με μονάδα μέτρησης περιστροφές ανά λεπτό (rpm). Η επιλογή Use constant surface speed επιτρέπει την προσαρμογή της ταχύτητας ανάλογα με τη διάμετρο κοπής, εφόσον είναι επιλεγμένη. Η επιλογή αυτή ενεργοποιεί μια δυνατότητα της εργαλειομηχανής να αυξάνει την ταχύτητα κοπής όσο μειώνεται η διάμετρος του τεμαχίου. Επομένως η ταχύτητα σε αυτήν την περίπτωση εξαρτάται από το πόσο γρήγορα επιθυμεί ο χειριστής να κινείται το υλικό στην ακμή του κοπτικού εργαλείου. Εφόσον ενεργοποιηθεί η συγκεκριμένη επιλογή η ταχύτητα ορίζεται ως Surface speed και μετριέται σε mm/min,

δηλαδή σε πόσα χιλιοστά ανά λεπτό πρέπει να κινείται το κοπτικό στην επιφάνεια του τεμαχίου. Stock diameter είναι η διάμετρος του τεμαχίου που έχουμε προς κατεργασία. Οι βέλτιστες ταχύτητες για κάθε κοπτικό δίνονται από τον κατασκευαστή και εξαρτώνται από την επιθυμητή κατεργασία καθώς και τη δύναμη της εργαλειομηχανής. Αξίζει να σημειωθεί ότι αν υπάρχει έλλειψη ψυκτικού υγρού, αδύναμη σύσφιξη του τεμαχίου στο τσοκ ή εργαλειομηχανή με χαμηλή ενεργειακή δύναμη, είναι προτιμότερο να μειώνεται η ταχύτητα περιστροφής.

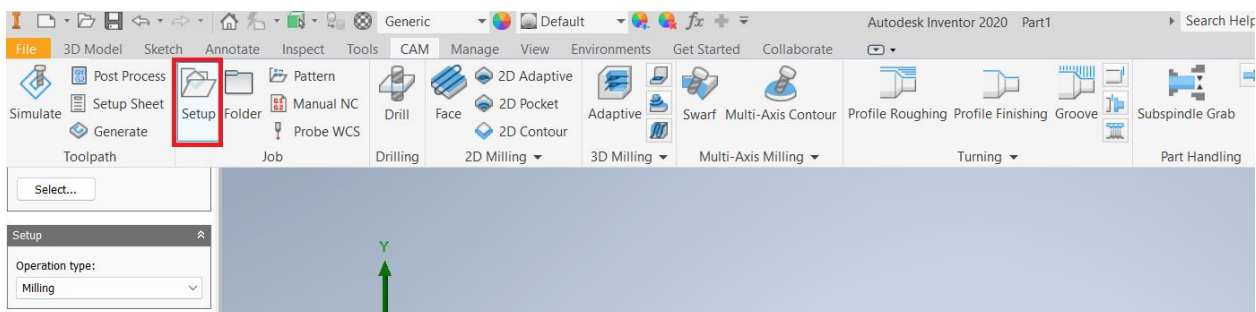
Στο πεδίο **Feedrates**, η επιλογή Use feed per revolution, δίνει τη δυνατότητα να μετριέται το feed είτε σε mm/min δηλαδή σε χιλιοστά που διανύει το κοπτικό σε ένα λεπτό είτε σε mm δηλαδή σε χιλιοστά που διανύει το κοπτικό ανά περιστροφή. Στην περίπτωση της τórνευσης είναι προτιμότερο να επιλέγεται το εικονίδιο και να μετριέται το feed σε mm/rev. Το βέλτιστο feed rate είναι 0,1-0,5 mm για εκχόνδριση και 0.05-0.1 για φινίρισμα.



Σχήμα 3.1.23: New Tool Feed & Speed

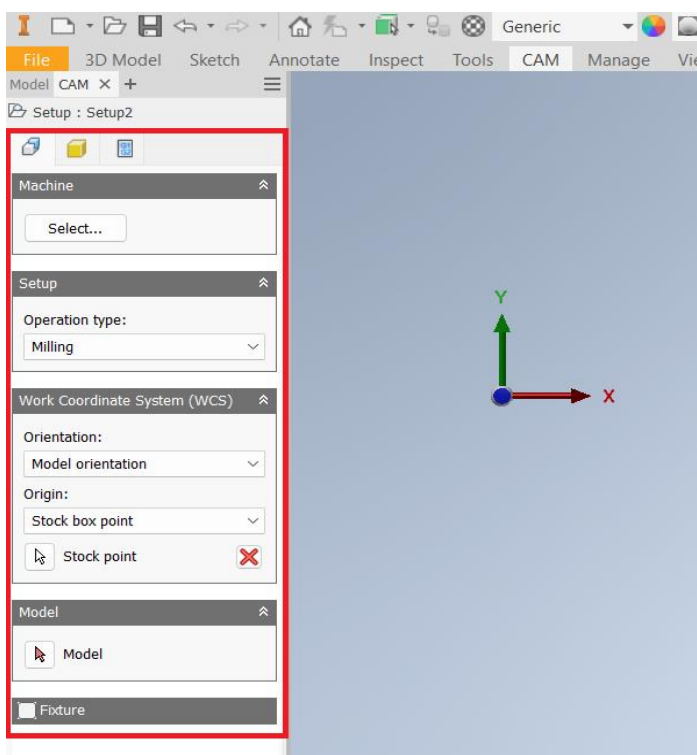
## 3.2 Setup Προγράμματος

Στη συνέχεια πραγματοποιείται το **Setup**, η δήλωση δηλαδή του τύπου εργαλειομηχανής που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και κάποιων βασικών αρχών για τις κατεργασίες που θα ακολουθήσουν. Αυτό πραγματοποιείται από τμήμα setup που βρίσκεται πάνω αριστερά στο κομμάτι του CAM, όπως φαίνεται στο [Σχήμα 3.2.1](#).

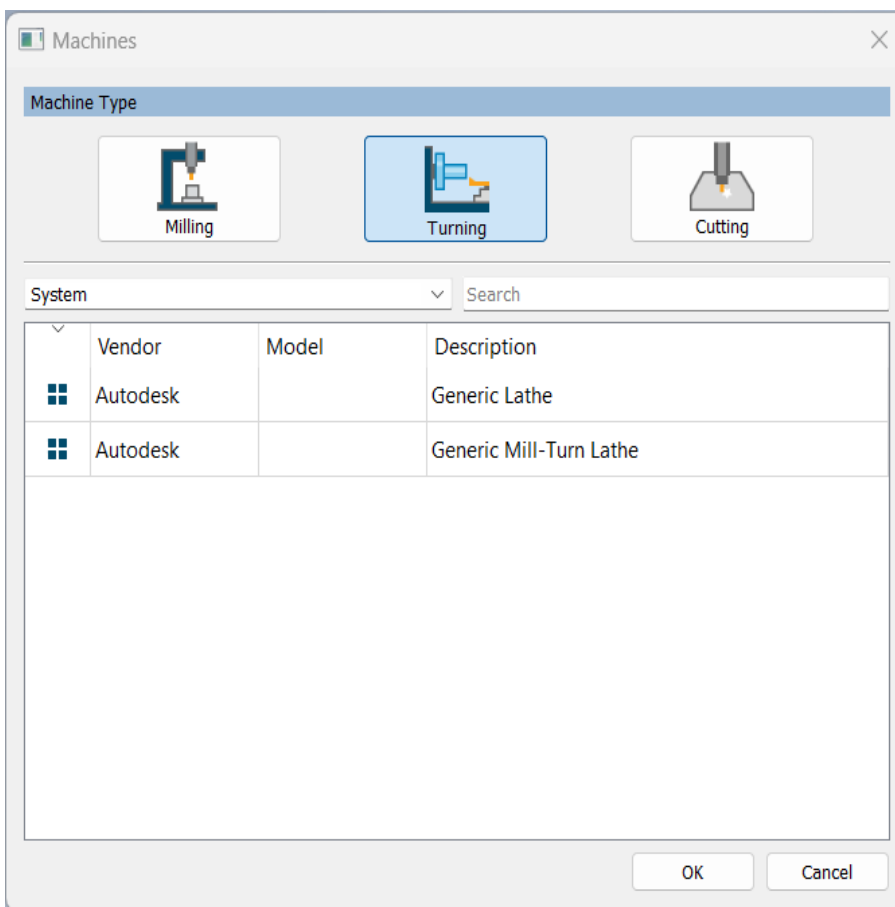


Σχήμα 3.2.1: CAM Setup

Επιλέγοντας το setup, αριστερά ανοίγει ένα παράθυρο το οποίο παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.2.2](#). Το παράθυρο αυτό έχει τρεις καρτέλες, που αναλύονται στη συνέχεια. Η πρώτη αφορά το Setup, η δεύτερη αφορά το αρχικό τεμάχιο προς κατεργασία ή στοκ (Stock) και η τρίτη την μετατροπή των εντολών που έχουν δοθεί στο περιβάλλον CAM σε κώδικα τον οποίο αντιλαμβάνεται η εργαλειομηχανή (Post process). Στην πρώτη καρτέλα, στο τμήμα **Machine** δηλώνεται η εργαλειομηχανή που θα χρησιμοποιηθεί. Μόλις επιλεγεί το select ανοίγει ένα νέο παράθυρο που εμφανίζει τις διαθέσιμες επιλογές εργαλειομηχανών, όπως απεικονίζονται στο [Σχήμα 3.2.3](#). Ανάλογα με την επιλογή κατεργασίας εμφανίζονται και οι διαθέσιμοι τύποι εργαλειομηχανών που υπάρχουν στο σύστημα. Για την τόνρευση υπάρχουν δύο τύποι εργαλειομηχανών, ο τόννος (Generic Lathe) και ένας τύπος μηχανήματος που συνδυάζει τόνρευση και φραιζάρισμα (Generic Mill Turn Lathe). Στην παρούσα διπλωματική η εργαλειομηχανή που χρησιμοποιείται είναι για απλή τόνρευση, επομένως επιλέγεται ο τόννος (Generic Lathe).



Σχήμα 3.2.2: CAM Setup 2



Διαθέσιμες επιλογές εργαλειομηχανών

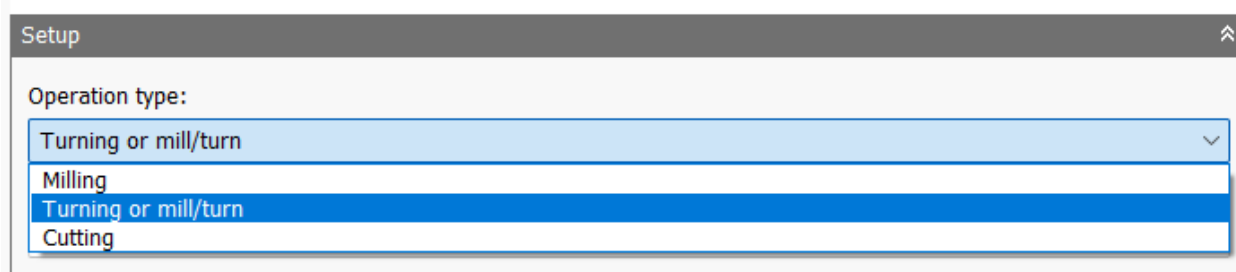
**Milling:** Φραιζάρισμα

**Turning:** Τόρνευση

**Cutting:** Κοπή

Σχήμα 3.2.3: Setup Machines

Στο τμήμα Setup δηλώνεται η κατεργασία που θα πραγματοποιηθεί (**Operation Type**) και η ταχύτητα περιστροφής του τσοκ (**Spindle**). Η επιλογή της δευτερεύουσας ταχύτητας περιστροφής του τσοκ αφορά κέντρα τόρνευσης που έχουν δύο τσοκ. Στην περίπτωση του τόρνου CTX 301 eco υπάρχει ένα τσοκ, για αυτό και επιλέγεται το Primary Spindle.

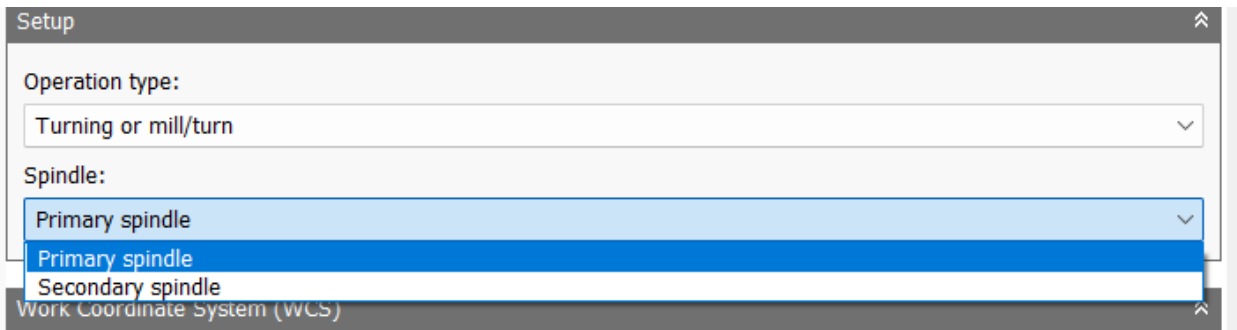


Διαθέσιμες επιλογές κατεργασίας

**Milling:** Φραιζάρισμα

**Turning or mill/turn:** Τόρνευση ή μηχανές που έχουν δυνατότητα τόρνευσης και φραιζαρίσματος

**Cutting:** Κοπή



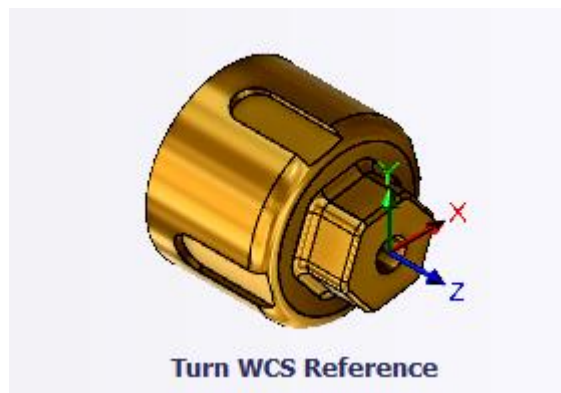
#### Διαθέσιμες επιλογές ταχύτητας περιστροφής του τσοκ

**Primary spindle:** Πρωτεύουσα ταχύτητα

**Secondary spindle:** Δευτερεύουσα ταχύτητα

Σχήμα 3.2.4: Setup Operation Type & Spindle

Στο κομμάτι **Work Coordinate System** ορίζεται η κατεύθυνση των αξόνων (Orientation), ο προσανατολισμός τους και η αρχή τους (Origin). Στην τόννευση, *z* ορίζεται ο άξονας που είναι στη διεύθυνση του προς κατεργασία τεμαχίου και *x* ο άξονας που είναι κάθετος στο προς κατεργασία τεμάχιο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.2.5. Επομένως στο πεδίο **Orientation** καθορίζεται η διεύθυνση των αξόνων σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα και το τεμάχιο προς κατεργασία.



Σχήμα 3.2.5: Άξονες τόννευσης *x*, *z*

#### Διαθέσιμες επιλογές προσανατολισμού αξόνων

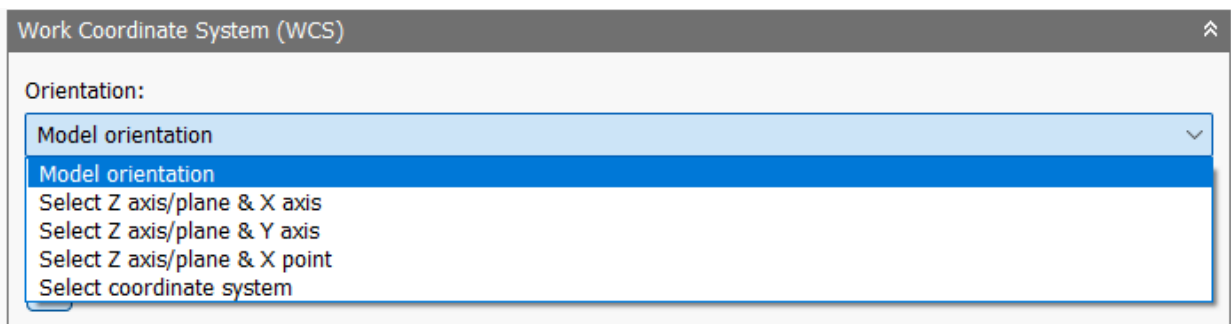
**Model orientation:** Οι άξονες έχουν ίδιο προσανατολισμό με αυτό του μοντέλου όπως έχει σχεδιαστεί

**Select Z axis/plane & X axis:** Επιλέγεται από τον χειριστή ένα σημείο ή μια επιφάνεια του μοντέλου ως άξονας *Z* και ένα σημείο ή επιφάνεια του μοντέλου ως άξονας *X*



**Select Z axis/plane & Y axis:** Επιλέγεται από τον χειριστή ένα σημείο ή μια επιφάνεια του μοντέλου ως άξονας *Z* και ένα σημείο ή επιφάνεια του μοντέλου ως άξονας *Y*

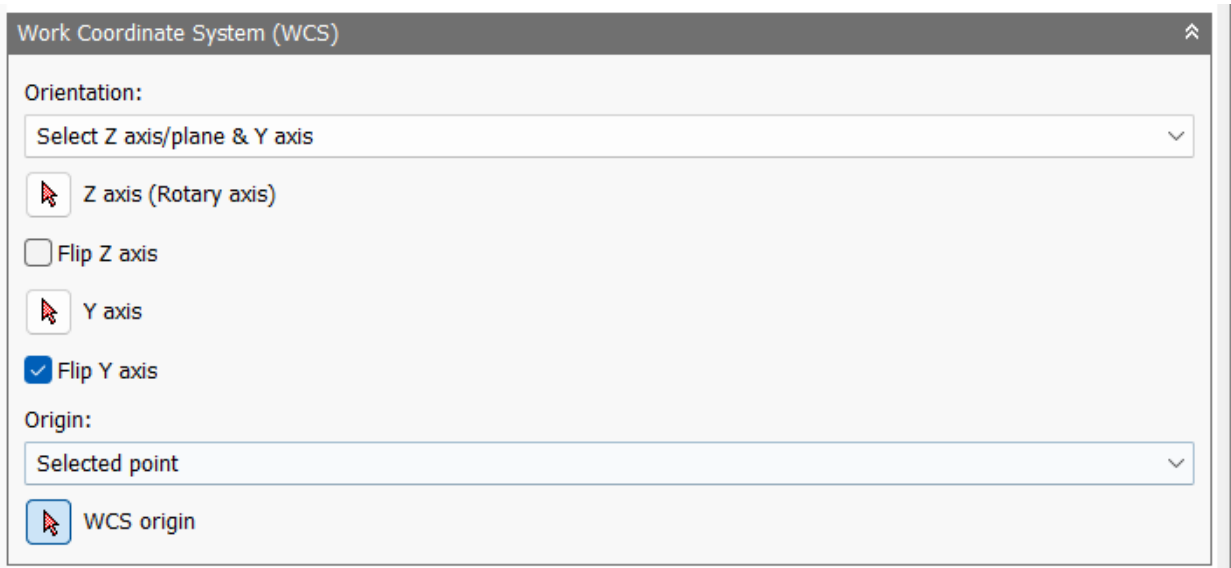
**Select Z axis/plane & X point:** Επιλέγεται από τον χειριστή ένα σημείο ή μια επιφάνεια του μοντέλου ως άξονας Z και ένα σημείο του μοντέλου ως άξονας X

**Select coordinate system:** Επιλέγονται οι άξονες από ένα καθορισμένο σύστημα αξόνων που έχει οριστεί κατά τη δημιουργία του μοντέλου



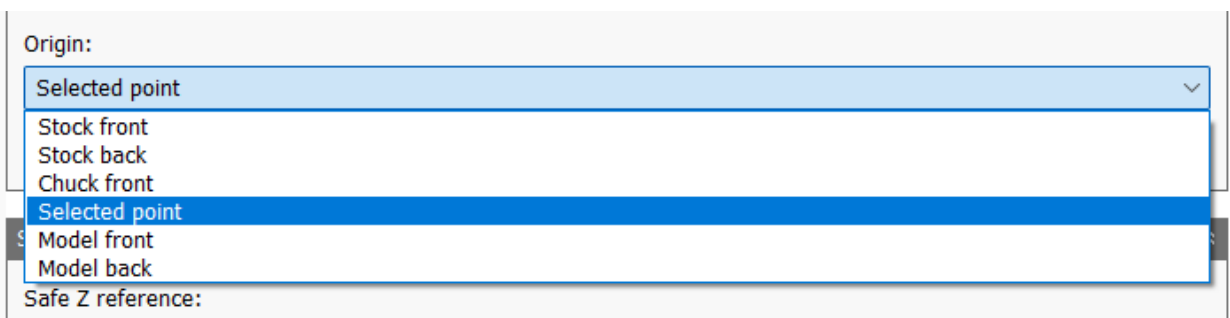
Σχήμα 3.2.6: Setup Orientation

Όλοι οι άξονες αφού επιλεγούν μπορούν να περιστραφούν 180 μοίρες αν επιλεγεί το εικονίδιο  **Flip Y axis**. Ακόμη με το εικονίδιο  μπορεί να επιλεγεί χειροκίνητα οποιοσδήποτε άξονας επιθυμεί ο χειριστής σε οποιοδήποτε σημείο. Οι επιλογές αυτές δεν είναι διαθέσιμες εφόσον έχει επιλεγεί το Model orientation ή το Select coordinate system, διότι οι άξονες καθορίζονται αυτόματα.



Σχήμα 3.2.7: Setup Orientation 2

Στο **Origin** επιλέγεται το σημείο που θα αποτελέσει την αρχή των αξόνων, από τις διαθέσιμες επιλογές που αναλύονται στο παρακάτω σχήμα. Οι επιλογές αυτές δεν είναι διαθέσιμες εφόσον έχει επιλεγεί το Select coordinate system, διότι η αρχή των αξόνων καθορίζεται αυτόματα.



#### Διαθέσιμες επιλογές αρχής των αξόνων

**Stock front:** Μπροστά τμήμα του προς κατεργασία τεμαχίου

**Stock back:** Πίσω τμήμα του προς κατεργασία τεμαχίου

**Chuck front:** Μπροστά σημείο του τσοκ

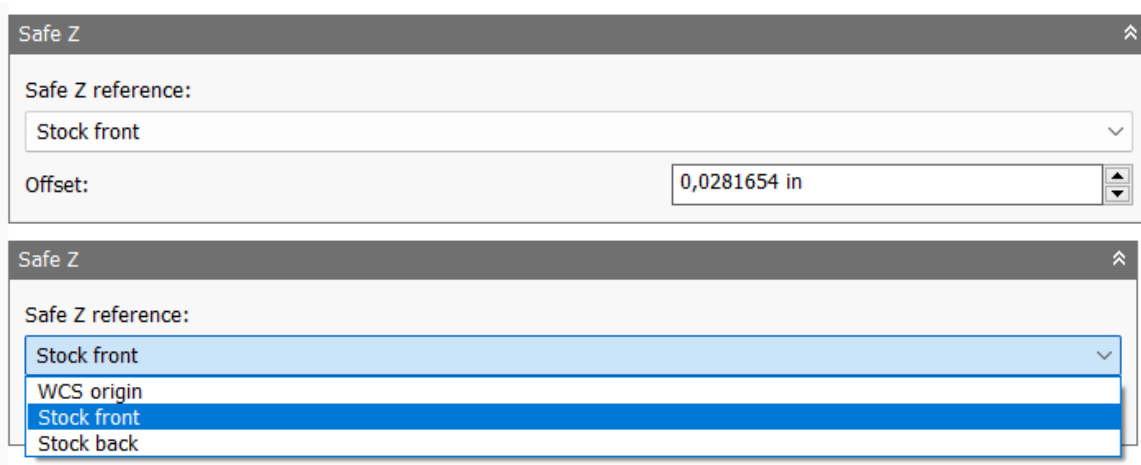
**Selected point:** Σημείο που επιλέγεται από τον χειριστή

**Model front:** Μπροστά τμήμα του τελικού δοκιμίου όπως έχει σχεδιαστεί

**Model back:** Πίσω τμήμα του τελικού δοκιμίου όπως έχει σχεδιαστεί

Σχήμα 3.2.8: Setup Origin

Το πεδίο **Safe z** χρησιμοποιείται για να δηλώνεται το σημείο αναφοράς και η απόσταση στην οποία θα πηγαίνει το κοπτικό εργαλείο στον άξονα z μετά το τέλος κάθε κατεργασίας. **Safe z reference** είναι το σημείο αναφοράς από το οποίο θα ξεκινά η απόσταση και δίνονται οι επιλογές που παρουσιάζονται παρακάτω. **Offset** δηλώνεται η απόσταση από το σημείο αναφοράς που έχει επιλεγεί.




#### Διαθέσιμες επιλογές σημείου αναφοράς

**WCS origin:** Αρχή των αξόνων όπως ορίστηκε παραπάνω

**Stock front:** Μπροστά τμήμα του προς κατεργασία τεμαχίου

**Stock back:** Πίσω τμήμα του προς κατεργασία τεμαχίου

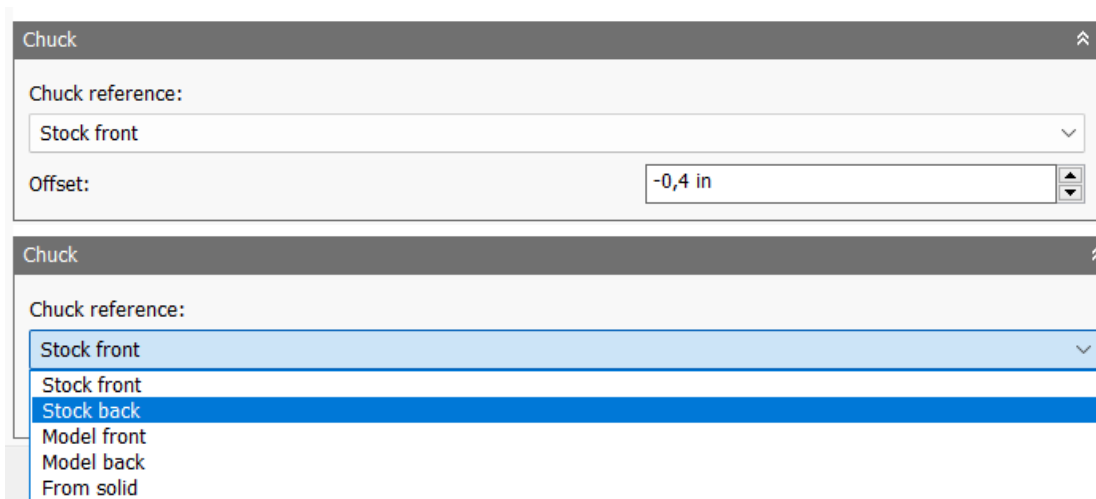
Σχήμα 3.2.9: Setup Safe Z

Στο πεδίο **Model** καθορίζεται ποια κομμάτια του τεμαχίου λαμβάνονται υπόψη για τον υπολογισμό της διαδρομής της κοπής. Επιλέγεται το εικονίδιο  με το ποντίκι και στη συνέχεια επιλέγονται τα τμήματα του μοντέλου που θα ληφθούν υπόψη. Η επιλογή spun profile χρειάζεται κυρίως για τα τεμάχια που χρειάζονται περισσότερα από ένα περάσματα προκειμένου να προκύψει το τελικό σχήμα. Η επιλογή αυτή επιτρέπει τη δημιουργία ενός σχεδίου δύο διαστάσεων που οπτικοποιεί το προφίλ μέχρι να ολοκληρωθούν τα περάσματα. Εφόσον επιλεγεί το Spun profile, δίνεται και η αντοχή για τη δημιουργία του. Αν επιθυμεί ο χειριστής να γίνεται πιο ομαλή η κοπή τότε επιλέγεται το Smoothing.



Σχήμα 3.2.10: Setup Model

Τέλος, το πεδίο **Chuck** αφορά το τσοκ. Σε αυτό ορίζεται το σημείο αναφοράς από το οποίο υπολογίζεται η απόσταση του μπροστά σημείου του τσοκ και η απόσταση αυτή. Στο πεδίο **Offset** δίνεται η απόσταση του μπροστά σημείου του τσοκ από το σημείο αναφοράς που έχει οριστεί. Αξίζει να σημειωθεί ότι αφού το τεμάχιο είναι πιασμένο στο τσοκ, αν έχει επιλεγεί ως σημείο αναφοράς το πίσω κομμάτι του μοντέλου ή του τεμαχίου, η απόσταση αυτή θα έχει αρνητική τιμή.



Διαθέσιμες επιλογές σημείου αναφοράς του τσοκ

**Stock front:** Μπροστά τμήμα του προς κατεργασία τεμαχίου

**Stock back:** Πίσω τμήμα του προς κατεργασία τεμαχίου

**Model front:** Μπροστά τμήμα του τελικού δοκιμίου όπως έχει σχεδιαστεί

**Model back:** Πίσω τμήμα του τελικού δοκιμίου όπως έχει σχεδιαστεί

**From solid:** Σημείο του στερεού που επιλέγεται από τον χειριστή

Σχήμα 3.2.11: Setup Chuck

Η δεύτερη καρτέλα, όπως έχει αναφερθεί, ορίζει κάποια βασικά χαρακτηριστικά και διαστάσεις για το αρχικό τεμάχιο προς κατεργασία. Η ακριβής απεικόνιση του αρχικού τεμαχίου προς κατεργασία βοηθά στον καλύτερο υπολογισμό και προγραμματισμό της κατεργασίας. Στην τόνρευση, ο στόχος είναι η αφαίρεση υλικού από το αρχικό τεμάχιο προκειμένου να προκύψει το τελικό μοντέλο. Επομένως, το αρχικό τεμάχιο θα έχει μεγαλύτερες διαστάσεις από το τελικό. Αρχικά, στο τμήμα Stock, καθορίζεται ο τύπος και το σχήμα (**Mode**) του τεμαχίου προς κατεργασία. Οι διαθέσιμες επιλογές παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.2.13 και αναλόγως με την επιλογή σε αυτό το πεδίο διαμορφώνεται και το υπόλοιπο παράθυρο του stock. Οι επιλογές που έχουν την ένδειξη Fixed αφορούν τον αυστηρό και σταθερό καθορισμό των διαστάσεων, ενώ οι επιλογές που έχουν την ένδειξη Relative αφορούν την απόκλιση του αρχικού τεμαχίου από το μοντέλο που έχει σχεδιαστεί.

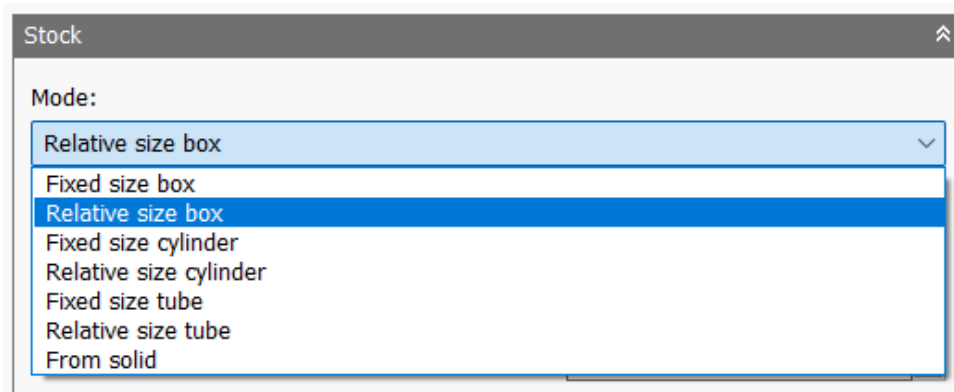
The image shows two panels from a software interface. The top panel is titled 'Stock' and contains the following settings:

- Mode:** A dropdown menu set to 'Relative size box'.
- Stock offset mode:** A dropdown menu set to 'Add stock to sides and top-bottom'.
- Side offset:** A text input field with '0,04 in' and a vertical spinner.
- Top offset:** A text input field with '0,04 in' and a vertical spinner.
- Bottom offset:** A text input field with '0 in' and a vertical spinner.
- Round up to nearest:** A text input field with '0 in' and a vertical spinner.

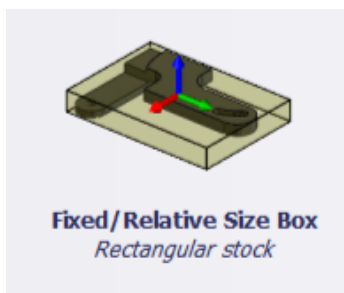
The bottom panel is titled 'Stock Dimensions' and contains the following settings:

- Width (X):** A text input field with '7,08 in'.
- Depth (Y):** A text input field with '25,08 in'.
- Height (Z):** A text input field with '25,04 in'.

Σχήμα 3.2.12: Setup Stock

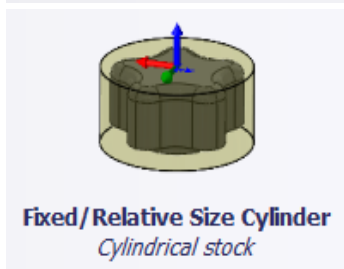


### Διαθέσιμες επιλογές Mode



**Fixed size box:** Τεμάχιο σε σχήμα κουτιού με σταθερές διαστάσεις που καθορίζονται στην συνέχεια

**Relative size box:** Τεμάχιο σε σχήμα κουτιού με σχετικές διαστάσεις που καθορίζονται στην συνέχεια



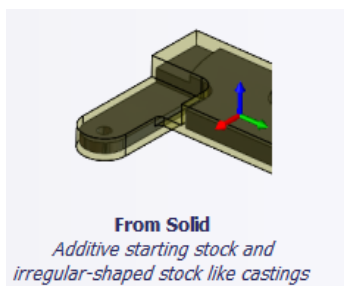
**Fixed size cylinder:** Τεμάχιο σε κυλινδρικό σχήμα με σταθερές διαστάσεις που καθορίζονται στην συνέχεια

**Relative size cylinder:** Τεμάχιο σε κυλινδρικό σχήμα με σχετικές διαστάσεις που καθορίζονται στην συνέχεια



**Fixed size tube:** Τεμάχιο σε σχήμα σωλήνα με επιπλέον εσωτερική διατομή και σταθερές διαστάσεις που καθορίζονται στην συνέχεια

**Relative size tube:** Τεμάχιο σε σχήμα σωλήνα με επιπλέον εσωτερική διατομή και σχετικές διαστάσεις που καθορίζονται στην συνέχεια



**From solid:** Το στοκ τεμάχιο αποκτά γεωμετρία παρόμοια με αυτή του μοντέλου που έχει σχεδιαστεί

Σχήμα 3.2.13: Setup Stock Mode

Στα παρακάτω σχήματα θα αναλυθεί πως διαμορφώνεται το παράθυρο stock για κάθε μια από τις παραπάνω επιλογές Mode.

#### Διαθέσιμες επιλογές Fixed size box

**Width:** Ορίζεται το πλάτος (X)

**Depth:** Ορίζεται το βάθος (Y)

**Height:** Ορίζεται το ύψος (Z)

**Round up to nearest:** Καθορίζει την στρογγυλοποίηση των τιμών. Παίρνει μόνο θετικές τιμές

#### Διαθέσιμες επιλογές τοποθέτησης μοντέλου στο στοκ

**Offset from left side:**  
Μετακίνηση κατά απόσταση (offset) προς τα αριστερά

**Center:** Τοποθέτηση στο κέντρο

**Offset from right side:** Μετακίνηση κατά απόσταση (offset) προς τα δεξιά

**Offset from model origin:** Μετακίνηση κατά απόσταση (offset) από την αρχή των αξόνων

#### Ground stock at model origin

Όταν επιλεγεί το στοκ ξεκινάει από την αρχή των αξόνων και το παράθυρο διαμορφώνεται ώστε να δίνονται οι διαστάσεις σχετικά με την αρχή των αξόνων

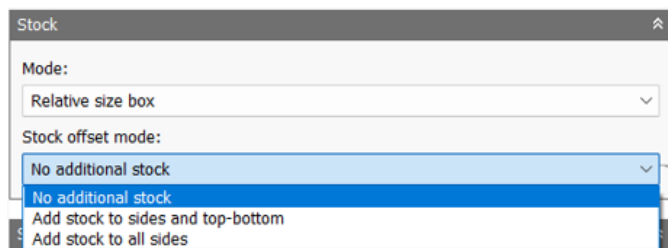
**Width:** Ορίζεται το πλάτος στον άξονα (X)

**Depth:** Ορίζεται το βάθος στον άξονα (Y)

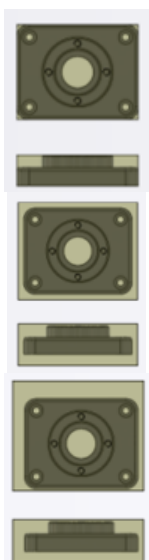
**Height:** Ορίζεται το ύψος στον άξονα (Z)

**Offset:** Απόσταση του εκάστοτε άξονα από την αρχή των αξόνων

**Round up to nearest:** Καθορίζει την στρογγυλοποίηση των τιμών. Παίρνει μόνο θετικές τιμές



### Διαθέσιμες επιλογές Relative size box

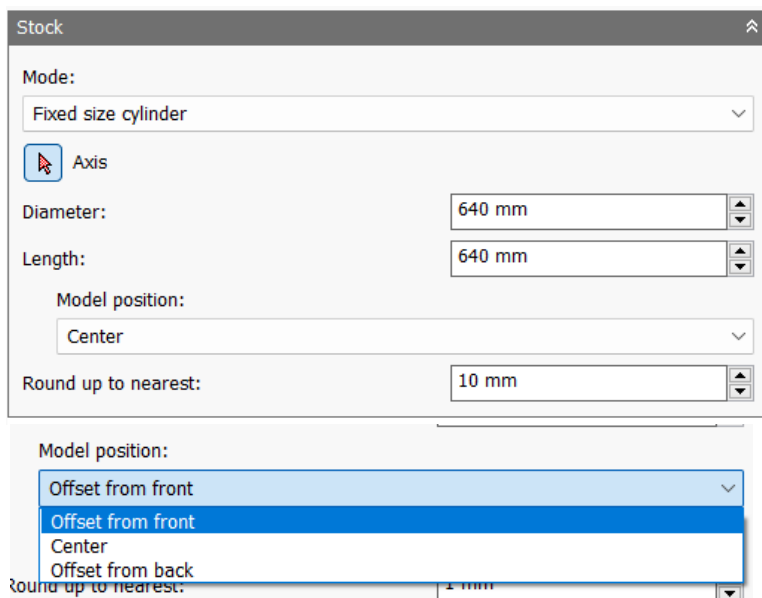


**No additional stock:** Το stock είναι ακριβώς ίσο με το μοντέλο

**Add stock to sides and top-bottom:** Ορίζει ο χρήστης την τιμή του stock που θα προστεθεί στα πλάγια (sides), το άνω τμήμα (top) και το κάτω τμήμα (bottom), του μοντέλου

**Add stock to all sides:** Ορίζει ο χρήστης την τιμή του stock που θα προστεθεί σε όλους τους άξονες και στα θετικά και αρνητικά του κάθε άξονα, του μοντέλου

**Round up to nearest:** Καθορίζει την στρογγυλοποίηση των τιμών. Παίρνει μόνο θετικές τιμές



### Διαθέσιμες επιλογές Fixed size cylinder

**Axis:** Επιλέγεται με το ποντίκι από τον χρήστη το σημείο του τεμαχίου με βάση το οποίο θα οριστεί ο άξονας περιστροφής

**Diameter:** Διάμετρος

**Length:** Μήκος

### Διαθέσιμες επιλογές τοποθέτησης μοντέλου στο στοκ

**Offset from front:** Απομάκρυνση του στοκ από την μπροστινή πλευρά του τεμαχίου

**Center:** Τοποθέτηση στο κέντρο

**Offset from back:** Απομάκρυνση του στοκ από την πισινή πλευρά του τεμαχίου

**Round up to nearest:** Καθορίζει την στρογγυλοποίηση των τιμών. Παίρνει μόνο θετικές τιμές

The 'Stock' dialog box is shown with the 'Mode' dropdown set to 'Relative size cylinder'. Below it, the 'Axis' button is selected with a mouse cursor icon. There are four input fields with up/down arrows: 'Radial offset' is set to 1 mm, 'Frontside offset' is 0 mm, 'Backside offset' is 0 mm, and 'Round up to nearest' is 0 mm.

#### Διαθέσιμες επιλογές Relative size cylinder

**Axis:** Επιλέγεται με το ποντίκι από τον χρήστη το σημείο του τεμαχίου με βάση το οποίο θα οριστεί ο άξονας περιστροφής

**Radial offset:** Ακτινική απόσταση

**Frontside offset:** Μπροστινή απόσταση

**Backside offset:** Πίσω απόσταση

**Round up to nearest:** Καθορίζει την στρογγυλοποίηση των τιμών. Παίρνει μόνο θετικές τιμές

The 'Stock' dialog box is shown with the 'Mode' dropdown set to 'Fixed size tube'. Below it, the 'Axis' button is selected with a mouse cursor icon. There are three input fields with up/down arrows: 'Diameter' is set to 640 mm, 'Inner Diameter' is 0 mm, and 'Length' is 640 mm. Below these is a 'Model position' dropdown set to 'Center'. At the bottom, there is a 'Round up to nearest' input field set to 10 mm. Below the main dialog, a separate dropdown menu for 'Model position' is shown with options: 'Offset from front', 'Offset from front', 'Center' (highlighted), and 'Offset from back'.

#### Διαθέσιμες επιλογές Fixed size tube

**Axis:** Επιλέγεται με το ποντίκι από τον χρήστη το σημείο του τεμαχίου με βάση το οποίο θα οριστεί ο άξονας περιστροφής

**Diameter:** Διάμετρος

**Inner diameter:** Εσωτερική διάμετρος

**Length:** Μήκος

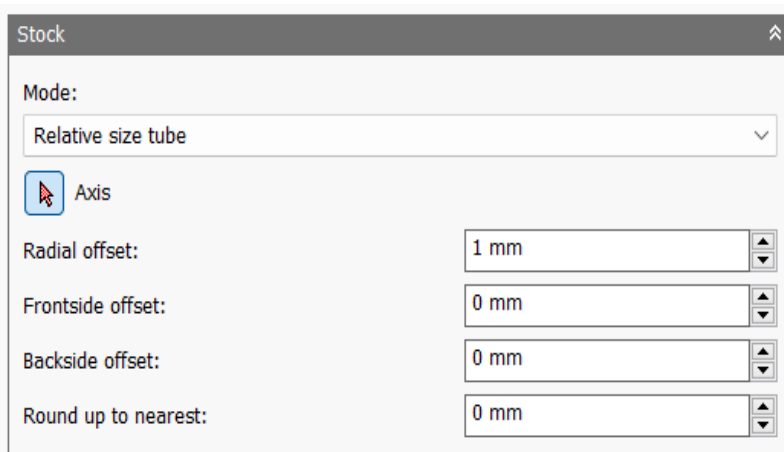
### Διαθέσιμες επιλογές τοποθέτησης μοντέλου στο στοκ

**Offset from front:** Απομάκρυνση του στοκ από την μπροστινή πλευρά του τεμαχίου

**Center:** Τοποθέτηση στο κέντρο

**Offset from back:** Απομάκρυνση του στοκ από την πισινή πλευρά του τεμαχίου

**Round up to nearest:** Καθορίζει την στρογγυλοποίηση των τιμών. Παίρνει μόνο θετικές τιμές



#### Διαθέσιμες επιλογές Relative size tube

**Axis:** Επιλέγεται με το ποντίκι από τον χρήστη το σημείο του τεμαχίου με βάση το οποίο θα οριστεί ο άξονας περιστροφής

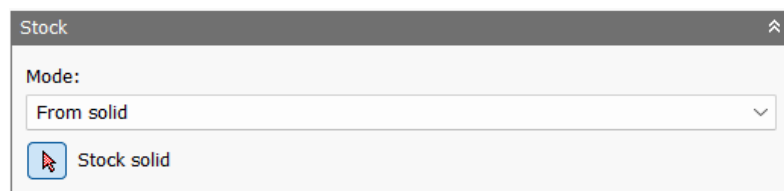
**Radial offset:** Ακτινική απόσταση

**Frontside offset:** Μπροστινή απόσταση

**Backside offset:** Πισινή απόσταση

**Round up to nearest:** Καθορίζει την

στρογγυλοποίηση των τιμών. Παίρνει μόνο θετικές τιμές



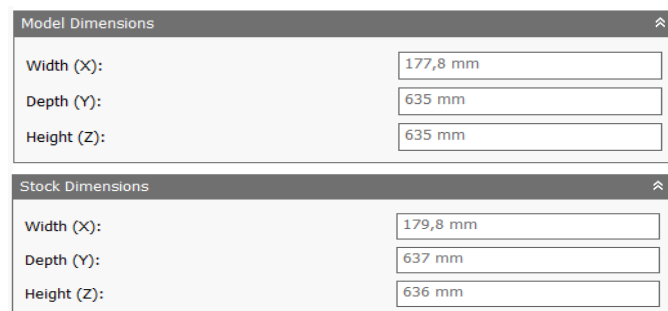
#### Διαθέσιμες επιλογές From solid

**Stock solid:** Επιλέγεται με το ποντίκι από τον χρήστη το τμήμα του τεμαχίου που

πρέπει να ληφθεί υπόψη για να δημιουργηθεί το stock

Σχήμα 3.2.14: Setup Stock Mode 2

Το επόμενο τμήμα του παραθύρου απεικονίζει τις διαστάσεις του μοντέλου (Model Dimensions) για τις επιλογές Mode που έχουν οριστεί Fixed και τις διαστάσεις του stock (Stock Dimensions) για τις επιλογές που έχουν οριστεί Relative ή From solid. Για τα τετραγωνικά ή ορθογώνια σχήματα, καθώς και για την επιλογή From solid οι διαστάσεις που απεικονίζονται παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.2.15.



#### Fixed

**Width:** Πλάτος

**Depth:** Βάθος

**Height:** Ύψος

#### Relative

**Width:** Πλάτος

**Depth:** Βάθος

**Height:** Ύψος

Σχήμα 3.2.15: Setup Stock Dimensions box/from solid

Για τα κυλινδρικά ή σωληνοειδή σχήματα οι διαστάσεις απεικονίζονται στο Σχήμα 3.2.16.

Model Dimensions	
Diameter:	635,508 mm
Length:	635 mm

Stock Dimensions	
Diameter:	637,508 mm
Length:	635 mm

**Fixed**  
**Diameter:** Διάμετρος  
**Length:** Μήκος

**Relative**  
**Diameter:** Διάμετρος  
**Length:** Μήκος

Σχήμα 3.2.16: Setup Stock Dimensions cylinder/tube

Η τελευταία καρτέλα Post Process αφορά την ονομασία του προγράμματος που θα δημιουργηθεί, καθώς και κάποια σχόλια που μπορεί να επιθυμεί να δώσει ο χρήστης. Αξίζει να σημειωθεί πως το όνομα του προγράμματος θα πρέπει να αποτελείται από λατινικούς χαρακτήρες, αριθμούς και την κάτω παύλα (\_), καθώς το πρόγραμμα δεν μπορεί να αναγνωρίσει άλλους χαρακτήρες. Επίσης το πεδίο Machine WCS ορίζει το πως θα επιλεγεί το σημείο μηδέν για την εργαλειομηχανή. Το WCS offset ορίζεται 0 ή 1 αν ο χρήστης επιθυμεί να δηλώσει το πρώτο σημείο ως σημείο μηδέν, αυτό αντιστοιχεί στην εντολή G54. Αν ο χρήστης επιθυμεί να έχει πολλαπλά σημεία μηδέν επιλέγει την ένδειξη Multiple WCS offsets.

Program	
Program name/number:	1001
Program comment:	

Machine WCS	
WCS offset:	0
<input checked="" type="checkbox"/> Multiple WCS offsets	
Number of instances:	1
WCS offset increment:	1
Operation order:	Preserve order

**Program name/number:** Όνομα του προγράμματος

**Program comment:**  
Σχόλια του προγράμματος

**WCS offset:** Τι ορίζεται ως σημείο μηδέν

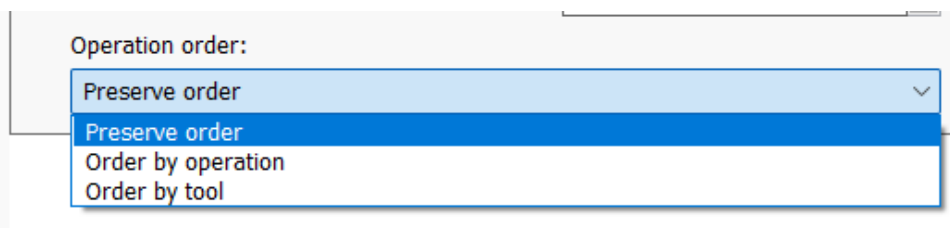
**Number of instances:**  
Ο αριθμός αντιγράφων του τεμαχίου

**WCS offset increment:**  
Ο αριθμός βημάτων που

θα πραγματοποιείται για κάθε αντιγραφή

Σχήμα 3.2.17: Setup Post Processor

Στο πεδίο Operation order καθορίζεται η σειρά με την οποία θα πραγματοποιηθούν οι κύκλοι κατεργασιών. Στην επιλογή της σειράς με βάση το εργαλείο, πραγματοποιούνται οι κατεργασίες που χρησιμοποιούν το ίδιο εργαλείο πρώτα και στη συνέχεια οι υπόλοιπες.



#### Διαθέσιμες επιλογές σειράς

**Preserve order:** Θα πραγματοποιηθούν με τη σειρά που έχουν επιλεγεί

**Order by operation:** Θα πραγματοποιηθούν με βάση τις επιμέρους λειτουργίες

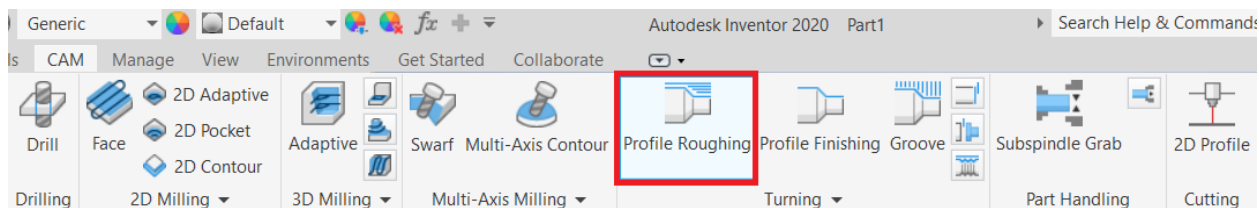
**Order by tool:** Θα πραγματοποιηθούν με βάση το εργαλείο που χρησιμοποιούν

Σχήμα 3.2.18: Setup Post Processor Operation order

Αφού έχουν οριστεί όλα τα παραπάνω επιλέγεται το εικονίδιο που αναγράφει OK και έχει πραγματοποιηθεί το Setup της εργαλειομηχανής, επομένως ο χρήστης είναι έτοιμος να ξεκινήσει την δήλωση και τον προγραμματισμό των επιθυμητών κατεργασιών. Το στοκ του τεμαχίου προς κατεργασία πλέον παρουσιάζεται με ημιδιάφανο κίτρινο όγκο γύρω από το μοντέλο που έχει σχεδιαστεί.

### 3.3 Turning Profile Roughing

Εκχόνδριση στην τόννευση (Turning Profile Roughing) ονομάζεται η κατεργασία κατά την οποία αφαιρείται το μεγαλύτερο κομμάτι υλικού, προκειμένου το τεμάχιο να προσομοιάζει περισσότερο στο τελικό μοντέλο. Μετά από αυτήν την κατεργασία το τεμάχιο είναι κοντά στην τελική γεωμετρία, χωρίς να έχει ακόμη τις τελικές διαστάσεις και την τελική ποιότητα επιφάνειας. Η εκχόνδριση μπορεί να πραγματοποιηθεί στο εξωτερικό ή εσωτερικό του τεμαχίου και σε οριζόντια ή κάθετη διεύθυνση κοπής. Η επιλογή αυτή βρίσκεται στο τμήμα Turning του CAM, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.3.1.



Σχήμα 3.3.1: Turning Profile Roughing

Αφού επιλεγεί το συγκεκριμένο εικονίδιο ανοίγει στο αριστερό κομμάτι της οθόνης ένα παράθυρο στο οποίο ορίζονται οι λεπτομέρειες της κατεργασίας. Σε αυτό το παράθυρο υπάρχουν καρτέλες για τα εργαλεία (Tool), τη γεωμετρία του τεμαχίου (Geometry), την ακτίνα (Radii), τα περάσματα (Passes) και τη σύνδεση με τις υπόλοιπες κατεργασίες (Linking).

Profile Roughing : Profile Roughing1

Tool
 Geometry
 Radii
 Passes
 Linking

---

Tool: None

Tool

Coolant:

Flood

☐ Use tailstock

---

Mode

Mode:

Outside profiling

---

Tool Settings

Tool orientation: 0 deg

Tool clearance back: 0 deg

Tool clearance front: 0 deg

---

Feed & Speed

☐ Use constant surface speed

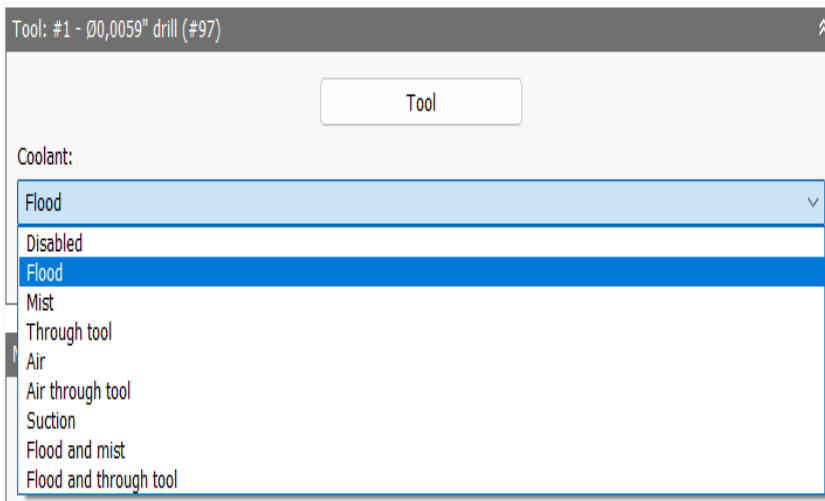
Spindle speed: 500 rpm

☐ Use feed per revolution

Cutting feedrate: 40 in/min

Σχήμα 3.3.2: Turning Profile Roughing 2

Στο πρώτο παράθυρο, αυτό των εργαλείων, αφού επιλεγεί το εικονίδιο **Tool** ανοίγει η βιβλιοθήκη που βρίσκονται αποθηκευμένα όλα τα εργαλεία που έχουν δηλωθεί όπως έχει αναλυθεί στο κεφάλαιο 3.1. Εφόσον δεν έχουν δηλωθεί κάποια εργαλεία μπορεί να γίνει επιλογή από κάποια ήδη υπάρχοντα στην βιβλιοθήκη ή να δηλωθεί κάποιο νέο εργαλείο. Στη συνέχεια, επιλέγεται ο τρόπος διάχυσης και το είδος του ψυκτικού υγρού που χρησιμοποιείται. Σημειώνεται ότι αν γίνει επιλογή κοπτικού εργαλείου που έχει δηλωθεί στη βιβλιοθήκη η επιλογή του ψυκτικού υγρού ανανεώνεται αυτόματα ανάλογα με την επιλογή που έχει δώσει ο χρήστης κατά τη δήλωση του κοπτικού εργαλείου.



### Διαθέσιμες επιλογές Ψυκτικού Υγρού (Coolant)

#### **Disabled:**

Απενεργοποιημένο

**Flood:** Έγχυση με  
πλημμύρα

**Mist:** Έγχυση με ψεκασμό

**Through Tool:** Έγχυση  
ψυκτικού μέσα από το  
κοπτικό εργαλείο

**Air:** Παροχή αέρα

**Air Through Tool:**

Παροχή αέρα μέσα από το  
κοπτικό εργαλείο

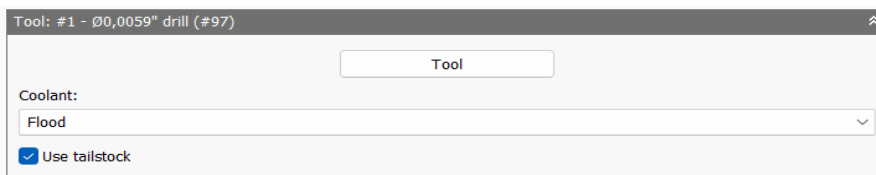
**Suction:** Αναρρόφηση

**Flood and Mist:** Έγχυση με ψεκασμό και πλημμύρα

**Flood and Through Tool:** Έγχυση με πλημμύρα και μέσα από το κοπτικό εργαλείο

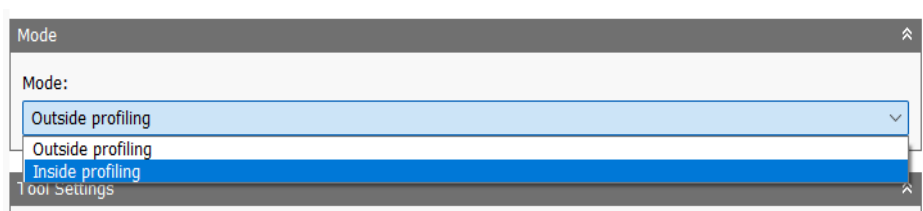
Σχήμα 3.3.3: Turning Profile Roughing Tool Coolant

Τέλος, επιλέγεται το εικονίδιο **Use Tailstock**, σε περίπτωση που γίνεται χρήση κεντροφορέα (κουκουβάγιας). Ο κεντροφορέας χρησιμοποιείται στην περίπτωση κατεργασίας τεμαχίων μεγάλου μήκους και παρέχει τη δυνατότητα συγκράτησης από την αντίθετη πλευρά από αυτήν που δένεται το τεμάχιο στο τσοκ.



Σχήμα 3.3.4: Turning Profile Roughing Tool Tailstock

Στο επόμενο τμήμα του παραθύρου (**Mode**), καθορίζεται ο τρόπος που θα πλησιάσει το κοπτικό εργαλείο το τεμάχιο και αν η εκχόνδριση θα πραγματοποιηθεί εξωτερικά ή εσωτερικά του τεμαχίου.



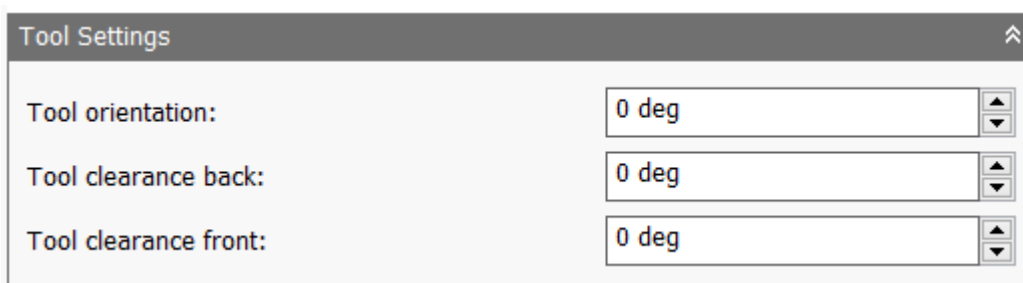
### Διαθέσιμες επιλογές κοπής (Mode)

**Outside profiling:** Εξωτερικό τμήμα του τεμαχίου

**Inside profiling:** Εσωτερικό τμήμα του τεμαχίου

Σχήμα 3.3.5: Turning Profile Roughing Tool Mode

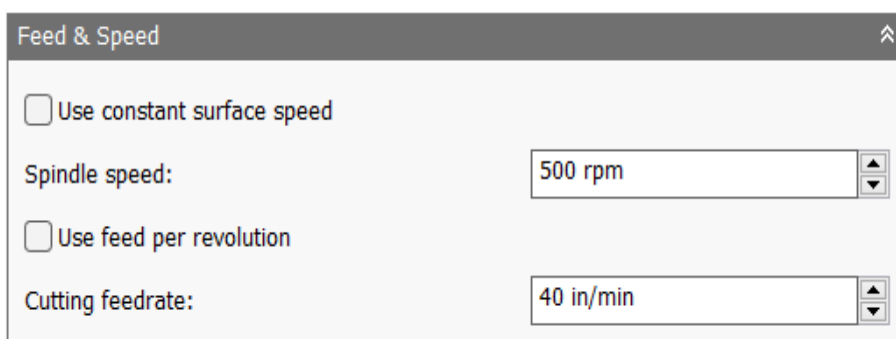
Στο κομμάτι **Tool Settings**, καθορίζεται η γωνία κοπής του εργαλείου (**Tool orientation**), η γωνία που απέχει το πίσω μέρος του κοπτικού από το τεμάχιο (**Tool clearance back**) και το μπροστά τμήμα του κοπτικού (**Tool clearance front**) από το τεμάχιο. Ο καθορισμός της γωνίας κοπής του εργαλείου έχει νόημα για τις εργαλειομηχανές που έχουν τη δυνατότητα μετακίνησης και στον άξονα B. Σε κάθε άλλη περίπτωση στο πεδίο Tool orientation δηλώνεται η γωνία στην οποία είναι δεμένο το κοπτικό. Στο πεδίο Tool clearance back ορίζεται η γωνία ελευθερίας που θα υπάρχει μεταξύ του κοπτικού και του τεμαχίου. Η γωνία αυτή επιτρέπει τη σταδιακή και ομαλή είσοδο του κοπτικού στο τεμάχιο, με αποτέλεσμα να ασκείται μικρότερη πίεση στο εργαλείο κοπής. Αν οριστεί αυτή η γωνία τότε καθορίζεται αυτόματα ορίζεται ως ίση και η γωνία Tool clearance front. Σε περίπτωση που ο χειριστής επιθυμεί διαφορετική τιμή για την μπροστινή γωνία έχει τη δυνατότητα να την προσαρμόσει χειροκίνητα.



Tool Settings	
Tool orientation:	0 deg
Tool clearance back:	0 deg
Tool clearance front:	0 deg

Σχήμα 3.3.6: Turning Profile Roughing Tool Settings

Το πεδίο **Feed & Speed** αφορά την απόσταση που διανύει το κοπτικό εργαλείο ανάλογα με την περιστροφή του τεμαχίου (Feed) και την ταχύτητα περιστροφής του τσοκ (Speed).



Feed & Speed	
<input type="checkbox"/> Use constant surface speed	
Spindle speed:	500 rpm
<input type="checkbox"/> Use feed per revolution	
Cutting feedrate:	40 in/min

Διαθέσιμες επιλογές  
ταχυτήτων

**Spindle speed:**

Ταχύτητα  
περιστροφής του  
τσοκ. Μετρίεται σε  
περιστροφές ανά  
λεπτό

**Cutting feedrate:**

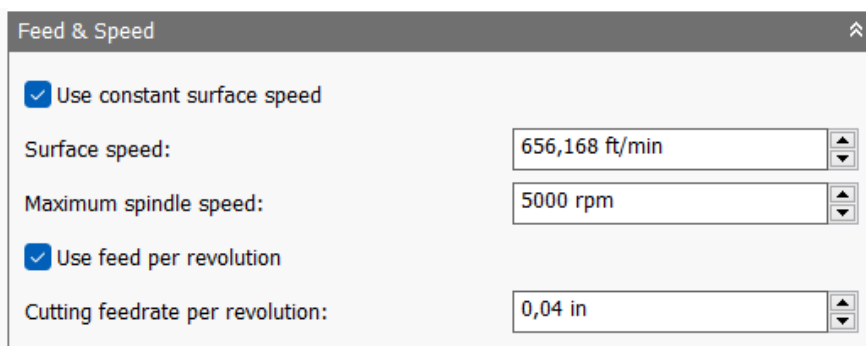
Απόσταση που διανύει το κοπτικό σε ένα λεπτό. Μετρίεται σε χιλιοστά ή ίντσες ανά λεπτό.

Σχήμα 3.3.7: Turning Profile Roughing Feed & Speed

Οι παραπάνω ταχύτητες συνήθως δίνονται από τον κατασκευαστή για κάθε κοπτικό εργαλείο και αναγράφονται στη συσκευασία του. Είναι προτιμότερο να επιλέγονται οι συγκεκριμένες ταχύτητες για βέλτιστες συνθήκες κοπής και ελάχιστη φθορά του κοπτικού εργαλείου. Οι ταχύτητες είναι σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια κοπής με το συγκεκριμένο εργαλείο. Αξίζει να

σημειωθεί ότι στις περιπτώσεις που υπάρχει έλλειψη ψυκτικού υγρού, μικρή πίεση πρόσδεσης του τεμαχίου στο τσοκ ή εργαλειομηχανή με μικρή δύναμη θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί μικρότερη ταχύτητα περιστροφής (spindle speed) από αυτήν που ορίζεται.

Αν στο παραπάνω σχήμα επιλεγούν τα εικονίδια **Use constant surface speed** και **Use feed per revolution**, τότε το παράθυρο μετατρέπεται όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.3.8. Η επιλογή Use constant surface speed επιλέγεται σε περίπτωση που η εργαλειομηχανή έχει τη δυνατότητα εναλλαγής της ταχύτητας περιστροφής του τσοκ. Η ταχύτητα περιστροφής εξαρτάται από την κίνηση του υλικού στην ακμή του κοπτικού εργαλείου.



Διαθέσιμες επιλογές  
ταχυτήτων

**Surface speed:**

Ταχύτητα ροής του υλικού στο κοπτικό. Μετριέται σε απόσταση ανά λεπτό.


**Maximum spindle**

**speed:** Η μέγιστη ταχύτητα περιστροφής.

Μετριέται σε περιστροφές ανά λεπτό.

**Cutting feedrate per revolution:** Απόσταση που διανύει το κοπτικό σε ένα λεπτό. Μετριέται σε χιλιοστά ή ίντσες ανά περιστροφή.

Σχήμα 3.3.8: Turning Profile Roughing Feed & Speed 2

Η επόμενη καρτέλα αφορά τη γεωμετρία του τεμαχίου (**Geometry**). Αρχικά, επιλέγεται το εικονίδιο δίπλα στο **Model** για να οριστεί το μοντέλο που θα ληφθεί υπόψη. Στη συνέχεια αφού επιλεγεί το  καθορίζεται το μοντέλο που επιθυμεί ο χρήστης να ληφθεί υπόψη.



Σχήμα 3.3.9: Turning Profile Roughing Geometry Model

Έπειτα, υπάρχουν δύο πεδία, τα οποία καθορίζουν το μπροστά (**Front**) και το πίσω (**Back**) τμήμα του τεμαχίου. Παρατηρείται ότι το μπροστά τμήμα του τεμαχίου σημειώνεται με πορτοκαλί, ενώ το πίσω με πράσινες γραμμές που παρουσιάζουν τα πεδία αναφοράς. Τόσο στο μπροστά όσο και στο πίσω τμήμα δηλώνεται από ποιο μέρος του τεμαχίου ορίζεται το πεδίο καθώς και η απόσταση από αυτό το σημείο.

Front

Model front

Front offset: 0 in

Tangential extension: 0 in

Back

Model back

Back offset: 0 in

Tangential extension: 0 in

Σχήμα 3.3.10: Turning Profile Roughing Geometry Front - Back

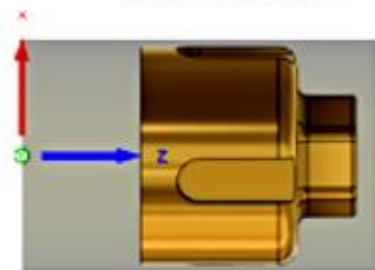
Οι διαθέσιμες επιλογές των σημείων αναφοράς είναι ίδιες για το μπροστά και το πίσω όριο του τεμαχίου και φαίνονται στο [Σχήμα 3.3.11](#). Στα πεδία **Front** και **Back Offset** δηλώνεται η απόσταση στην οποία ο χρήστης επιθυμεί να ορίσει το σημείο αναφοράς από το τμήμα του τεμαχίου που έχει επιλεγεί.

#### Διαθέσιμες επιλογές σημείου αναφοράς



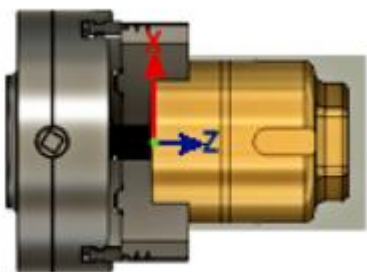
**Stock Front**

**Stock front:** Μπροστά τμήμα του προς κατεργασία τεμαχίου



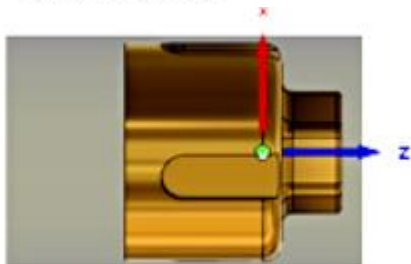
**Stock Back**

**Stock back:** Πίσω τμήμα του προς κατεργασία τεμαχίου



**Chuck front:** Μπροστά σημείο του τσοκ όπως αυτό έχει δηλωθεί στο Setup της εργαλειομηχανής στο τμήμα Chuck

Chuck Front



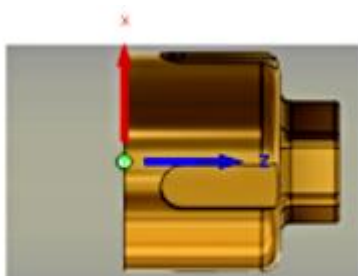
**Selection:** Σημείο που επιλέγεται από τον χειριστή

User Selected Point



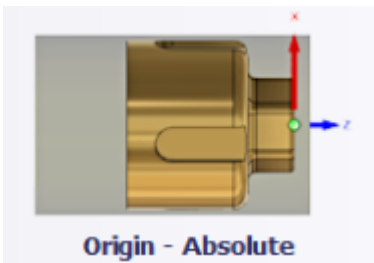
**Model front:** Μπροστά τμήμα του τελικού δοκιμίου όπως έχει σχεδιαστεί

Model Front



**Model back:** Πίσω τμήμα του τελικού δοκιμίου όπως έχει σχεδιαστεί

Model Back

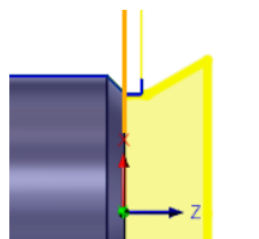


**Origin (absolute):** Το σημείο της αρχής των αξόνων όπως έχει οριστεί στο Setup της εργαλειομηχανής στο τμήμα Work Coordinate System

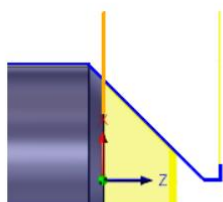
Origin - Absolute

Σχήμα 3.3.11: Turning Profile Roughing Geometry Front - Back Options

Στο πεδίο **Tangential extension** ορίζεται η απόσταση της εφαπτομένης προέκτασης που επιθυμεί ο χειριστής να δηλώσει από το μπροστά (Front) και το πίσω (Back) σημείο αναφοράς αντίστοιχα. Η προέκταση αυτή ακολουθεί τη γεωμετρία του τεμαχίου και έχει ως στόχο να μπορεί να γνωρίζει ο χρήστης την ακριβή τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου σε σχέση με τη γεωμετρία του τεμαχίου προς κοπή. Στο Σχήμα 3.3.12 δίνονται κάποια παραδείγματα εφαπτομένης προέκτασης στο μπροστά τμήμα του τεμαχίου και πως αυτά απεικονίζονται σε αυτό. Η πορτοκαλί γραμμή δηλώνει το σημείο που έχει οριστεί ως σημείο αναφοράς και η μπλε γραμμή σε συνδυασμό με την κίτρινη ορίζει την εφαπτομένη απόσταση.



Tangent extension of 0.0



Tangent extension of 0.300

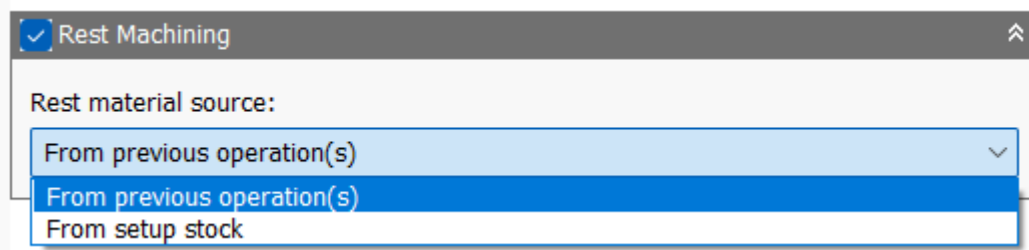
#### Παραδείγματα εφαπτομένης προέκτασης

Εφαπτόμενη προέκταση ίση με 0

Εφαπτόμενη προέκταση ίση με 0.3

Σχήμα 3.3.12: Turning Profile Roughing Geometry Tangent Extension

Το τμήμα **Rest Machining**, εφόσον ενεργοποιηθεί επιτρέπει τον καθορισμό του τεμαχίου που έχει απομείνει προς κατεργασία. Η ενεργοποίηση αυτής της επιλογής έχει νόημα όταν γίνονται αλληπάλληλες κατεργασίες του τεμαχίου ή κατεργασίες που χρειάζονται περάσματα. Αυτή η επιλογή οριοθετεί το μονοπάτι της κατεργασίας και αποτρέπει την εργαλειομηχανή από άσκοπες διαδρομές, επομένως μειώνει και το χρόνο και τον κύκλο κατεργασίας. Στο συγκεκριμένο πεδίο ορίζεται από που θα οριοθετηθεί και θα αξιολογηθεί το τεμάχιο που έχει απομείνει προς κατεργασία.



#### Διαθέσιμες επιλογές οριοθέτησης στοκ

**From previous operation(s):** Υπολογίζεται το υλικό που έχει αφαιρεθεί από τα μονοπάτια προηγούμενων κατεργασιών και καθορίζεται το εναπομείναν υλικό προς κατεργασία

**From setup stock:** Υπολογίζεται το υλικό όπως έχει δηλωθεί στο Setup της εργαλειομηχανής και καθορίζεται το εναπομείναν υλικό

Σχήμα 3.3.13: Turning Profile Roughing Geometry Rest Machining

Η καρτέλα **Radii** επιτρέπει στον χρήστη του προγράμματος να δίνει κάποιους ακτινικούς περιορισμούς στο πεδίο κατεργασίας που θα ενεργήσει η εργαλειομηχανή. Η καρτέλα αυτή προσαρμόζεται ανάλογα με το αν έχει επιλεγεί εξωτερική ή εσωτερική τórνευση στο πεδίο Mode της καρτέλας Tool, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.3.14. Και στις δύο περιπτώσεις με πορτοκαλί επισημαίνεται η γραμμή που ορίζεται το clearance, με μπλε η γραμμή που ορίζεται η εξωτερική ακτίνα και με γαλάζιο η εσωτερική ακτίνα.

Clearance

Model OD

Clearance offset: 0,500004 in

Outer Radius

Model ID

Outer radius offset: 0,18 in

Inner Radius

Stock ID

Inner radius offset: 0,03 in

tool limit: Contact point

Distance to cut below inner radius: 0 in

#### Εξωτερική τórνευση

**Clearance:** Οριοθετεί μέχρι που γίνεται η γρήγορη προσέγγιση του κοπτικού στην αρχή του κάθε κύκλου κατεργασίας και που πηγαίνει το κοπτικό αφού τελειώσει έναν κύκλο κατεργασιών

**Outer Radius:** Οριοθετεί την μέγιστη ακτίνα της πραγματικής επιφάνειας του τεμαχίου προς κατεργασία

**Inner Radius:** Οριοθετεί το μέγιστο βάθος κοπής

Outer Radius

Model ID

Outer radius offset: 0,18 in

tool limit: Contact point

Inner Radius

Stock ID

Inner radius offset: 0,03 in

Distance to cut below inner radius: 0 in

Clearance

Stock ID

Clearance offset: -0,4 in

#### Εσωτερική τórνευση

**Outer Radius:** Οριοθετεί το μέγιστο βάθος κοπής

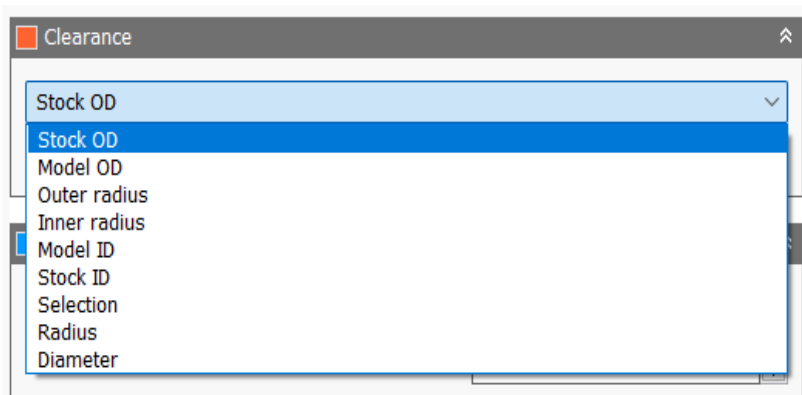
**Inner Radius:** Οριοθετεί την μέγιστη ακτίνα της πραγματικής επιφάνειας του τεμαχίου προς κατεργασία

**Clearance:** Οριοθετεί μέχρι που γίνεται η γρήγορη προσέγγιση του κοπτικού στην αρχή του κάθε κύκλου κατεργασίας και που πηγαίνει το κοπτικό αφού τελειώσει έναν κύκλο κατεργασιών

Σχήμα 3.3.14: Turning Profile Roughing Radii

Σε κάθε πεδίο (**Clearance**, **Inner radius**, **Outer radius**) θα πρέπει να καθοριστεί το σημείο αναφοράς από το οποίο θα ξεκινά η απόσταση (**Offset**), έτσι ώστε να οριοθετηθεί το αντίστοιχο πεδίο το οποίο θα αποτελεί το ακτινικό όριο. Η απόσταση μπορεί να πάρει είτε θετικές είτε αρνητικές τιμές, σε σχέση με το σημείο που έχει επιλεγεί ως σημείο αναφοράς, έτσι ώστε να ρυθμιστεί το όριο με ακρίβεια. Οι επιλογές οι οποίες δίνονται στον χρήστη για να οριστεί το σημείο αναφοράς παρουσιάζονται στα επόμενα σχήματα. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην περίπτωση εξωτερικής τόννευσης, το όριο του Clearance πρέπει να είναι μεγαλύτερο από αυτό του Inner και του Outer Radius και ότι το όριο του Outer Radius πρέπει να είναι μεγαλύτερο από αυτό του Inner Radius.

Στην περίπτωση εσωτερικής τόννευσης ισχύει ότι το όριο του Clearance πρέπει να είναι μικρότερο από αυτό του Inner και του Outer Radius και το όριο του Outer Radius πρέπει να είναι μεγαλύτερο από αυτό του Inner Radius. Οι παραπάνω συνθήκες είναι προϋποθέσεις για να δημιουργηθεί ένας έγκυρος κύκλος κατεργασίας.



#### Διαθέσιμες επιλογές σημείου αναφοράς

**Stock OD:** Εξωτερική διάμετρος του τεμαχίου προς κοπή

**Model OD:** Εξωτερική διάμετρος του μοντέλου όπως έχει σχεδιαστεί

**Outer radius:** Εξωτερική μέγιστη ακτίνα του τεμαχίου

**Model ID:** Εσωτερική διάμετρος του μοντέλου

όπως έχει σχεδιαστεί

**Stock ID:** Εσωτερική διάμετρος του τεμαχίου προς κοπή

**Selection:** Επιλέγεται σημείο ή επιφάνεια του μοντέλου από τον χειριστή

**Radius:** Ορίζεται συγκεκριμένη ακτίνα στο πεδίο Offset

**Diameter:** Ορίζεται συγκεκριμένη διάμετρος στο πεδίο Offset



**Clearance:** Ορίζεται το ίδιο σημείο που έχει οριστεί και ως σημείο αναφοράς στο πεδίο Clearance

**Stock OD:** Εξωτερική διάμετρος του τεμαχίου προς κοπή

**Model OD:** Εξωτερική διάμετρος του μοντέλου όπως έχει σχεδιαστεί

**Inner radius:** Εσωτερική μέγιστη ακτίνα του τεμαχίου

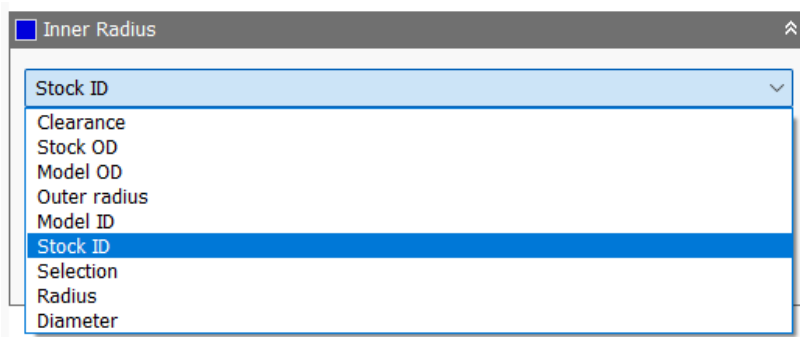
**Model ID:** Εσωτερική διάμετρος του μοντέλου όπως έχει σχεδιαστεί

**Stock ID:** Εσωτερική διάμετρος του τεμαχίου προς κοπή

**Selection:** Επιλέγεται σημείο ή επιφάνεια του μοντέλου από τον χειριστή

**Radius:** Ορίζεται συγκεκριμένη ακτίνα στο πεδίο Offset, η οποία έχει ως κέντρο του κύκλου τον κεντρικό άξονα συμμετρίας του τεμαχίου

**Diameter:** Ορίζεται συγκεκριμένη διάμετρος στο πεδίο Offset, η οποία έχει ως κέντρο του κύκλου τον κεντρικό άξονα συμμετρίας του τεμαχίου



**Clearance:** Ορίζεται το ίδιο σημείο που έχει οριστεί και ως σημείο αναφοράς στο πεδίο Clearance

**Stock OD:** Εξωτερική διάμετρος του τεμαχίου προς κοπή

**Model OD:** Εξωτερική διάμετρος του μοντέλου όπως έχει σχεδιαστεί

**Outer radius:** Εξωτερική μέγιστη ακτίνα του τεμαχίου

**Model ID:** Εσωτερική διάμετρος του μοντέλου όπως έχει σχεδιαστεί

**Stock ID:** Εσωτερική διάμετρος του τεμαχίου προς κοπή

**Selection:** Επιλέγεται σημείο ή επιφάνεια του μοντέλου από τον χειριστή

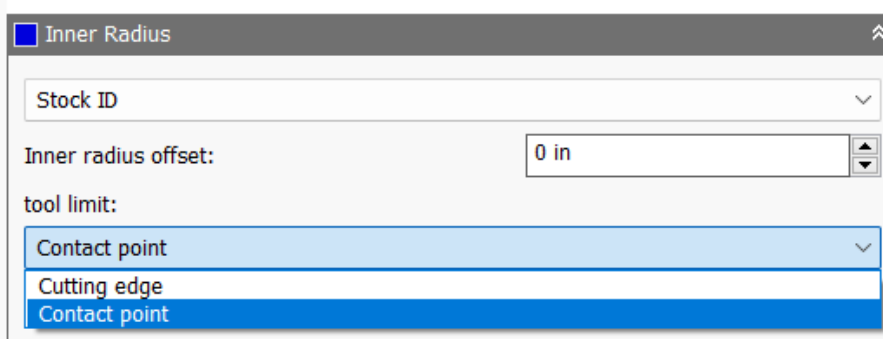
**Radius:** Ορίζεται συγκεκριμένη ακτίνα στο πεδίο Offset, η οποία έχει ως κέντρο του κύκλου τον κεντρικό άξονα συμμετρίας του τεμαχίου

**Diameter:** Ορίζεται συγκεκριμένη διάμετρος στο πεδίο Offset, η οποία έχει ως κέντρο του κύκλου τον κεντρικό άξονα συμμετρίας του τεμαχίου

Σχήμα 3.3.15: Turning Profile Roughing Radii Outside

Στην περίπτωση που έχει επιλεγεί εξωτερική τόννευση του τεμαχίου, στο τμήμα Inner Radius του παραθύρου, όπως φαίνεται και στο [Σχήμα 3.3.16](#), υπάρχει η ένδειξη **tool limit**. Αυτή η ένδειξη οριοθετεί τον άξονα x με βάση τα προηγούμενα όρια που έχουν τεθεί. Οι διαθέσιμες επιλογές για την οριοθέτηση παρουσιάζονται στο παρακάτω σχήμα.

Το τμήμα Distance to cut below inner radius αφορά την απόσταση που επιθυμεί ο χειριστής να κινηθεί το κοπτικό εργαλείο. Χρησιμοποιείται εφόσον είναι απαραίτητο να ξεπεραστεί ο κεντρικός άξονας συμμετρίας. Στην περίπτωση που έχει επιλεγεί εσωτερική τόννευση του τεμαχίου, η ένδειξη **tool limit** παρουσιάζεται στο τμήμα Outer Radius, ενώ το τμήμα Distance to cut below inner radius παραμένει στο τμήμα Inner Radius. Οι ενδείξεις αυτές έχουν τις ίδιες χρήσεις και τις ίδιες διαθέσιμες επιλογές σημείου αναφοράς όπως στην εξωτερική τόννευση.



Διαθέσιμες επιλογές  
tool limit

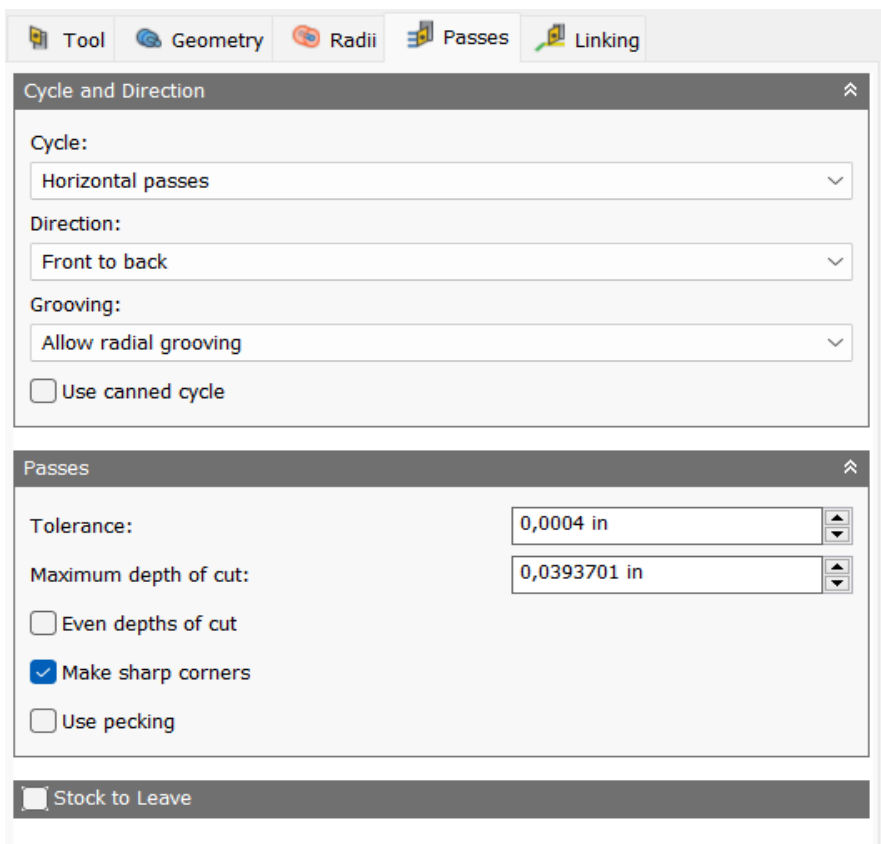
**Cutting edge:** Το όριο καθορίζεται από την εσωτερική ακτίνα (Inner radius)

**Contact point:** Τοποθετεί την ακμή του κοπτικού στο

εφαπτόμενο σημείο κοπής

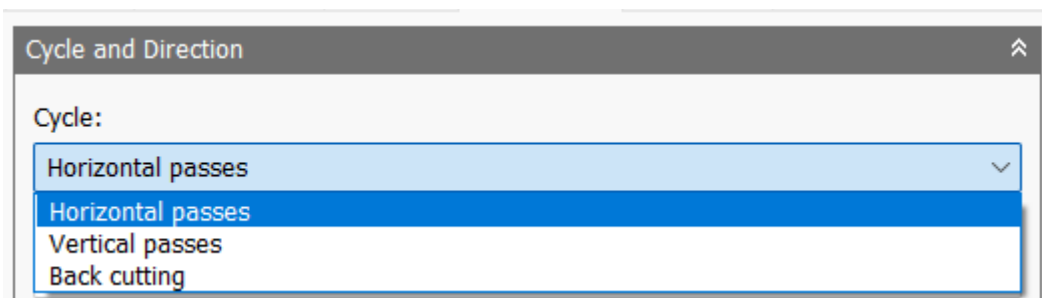
Σχήμα 3.3.16: Turning Profile Roughing Radii Outside Tool Limit

Η επόμενη καρτέλα (**Passes**) αφορά τον κύκλο κατεργασίας, τα περάσματα που πρέπει να κάνει το κοπτικό εργαλείο και τον τρόπο που θα τα κάνει, προκειμένου να πετύχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Στο πρώτο τμήμα της καρτέλας (**Cycle and Direction**) δίνονται οδηγίες από τον χειριστή για τον κύκλο κατεργασίας (**Cycle**), την κατεύθυνση κίνησης του κοπτικού (**Direction**) και το πως πρέπει να κινηθεί το κοπτικό σε περίπτωση που συναντήσει αυλακώσεις (**Grooving**).

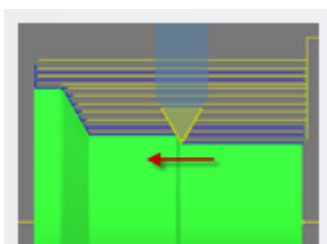


Σχήμα 3.3.17: Turning Profile Roughing Passes

Στο πεδίο **Cycle** καθορίζεται η κατεύθυνση κίνησης του κοπτικού εργαλείου από τις επιλογές που υπάρχουν διαθέσιμες, όπως παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.3.18. Ανάλογα με την επιλογή σε αυτό το πεδίο διαμορφώνονται και οι επιλογές στα επόμενα δύο πεδία **Direction** και **Grooving**. Αξίζει να επισημανθεί ότι προκειμένου να επιλεγούν οι σωστές συνθήκες κύκλου κατεργασίας πρέπει να ληφθεί υπόψη η γεωμετρία του κοπτικού και οι αιχμές κοπής του.

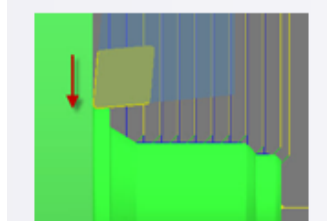


Διαθέσιμες επιλογές κίνησης κοπτικού



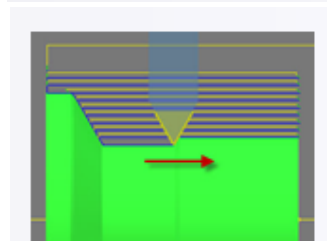
**Horizontal Passes**

**Horizontal passes:** Η κοπή γίνεται με οριζόντια περάσματα, από το μπροστά τμήμα του τμήμα του τεμαχίου προς τα πίσω, ή αντίστροφα.



**Vertical Passes**

**Vertical passes:** Η κοπή γίνεται με κάθετα περάσματα, από το εξωτερικό τμήμα προς το κέντρο του τεμαχίου, ή αντίστροφα.



**Back Cutting**

**Back cutting:** Η κοπή γίνεται με οριζόντια περάσματα, από το πίσω τμήμα του τμήμα του τεμαχίου προς τα μπροστά, όπως φαίνεται στην εικόνα.

Σχήμα 3.3.18: Turning Profile Roughing Cycle

Στο πεδίο **Direction** δηλώνεται η κατεύθυνση που θα κινηθεί το κοπτικό ανάλογα με τη διεύθυνση κίνησης που έχει επιλεγεί. Στην περίπτωση που επιλεγεί το Back cutting, η κατεύθυνση είναι αυστηρά καθορισμένη οπότε αυτό το πεδίο δεν υπάρχει. Παρακάτω παρουσιάζονται οι επιλογές όπως διαμορφώνονται για τις άλλες δύο διευθύνσεις κοπής.

Συνήθως στην κάθετη διεύθυνση επιλέγεται για την εξωτερική τόννευση το Outside to inside και για την εσωτερική τόννευση το Inside to outside.

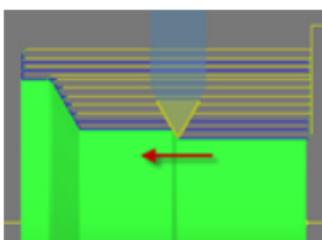
**Cycle and Direction**

Cycle:  
Horizontal passes

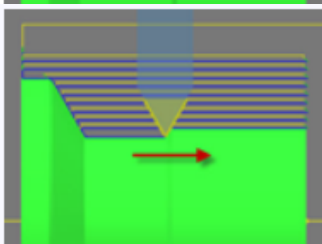
Direction:  
Front to back  
Front to back  
Back to front  
Both ways

☐ Use canned cycle

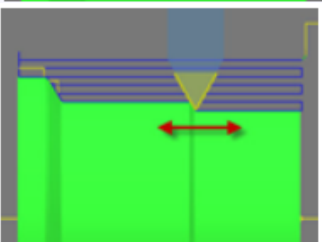
Διαθέσιμες επιλογές κατεύθυνσης στην οριζόντια κίνηση



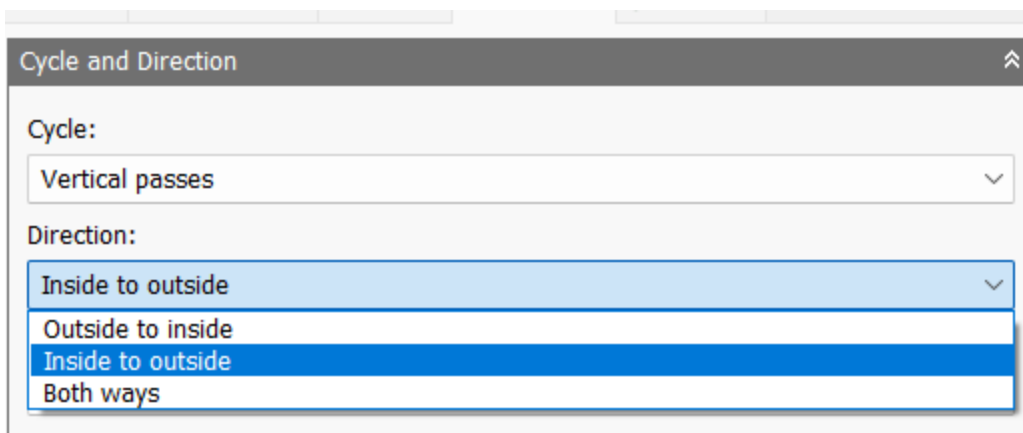
**Front to back:** Από το μπροστά τμήμα του τεμαχίου προς τα πίσω



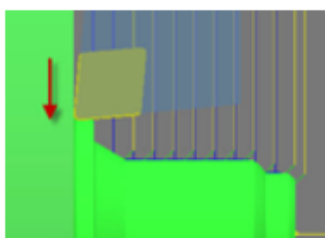
**Back to front:** Από το πίσω τμήμα του τεμαχίου, αυτό που δένεται στο τσοκ προς τα μπροστά



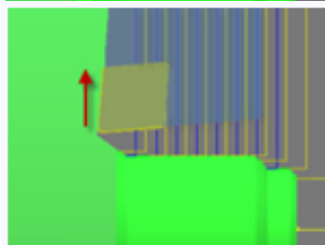
**Both ways:** Το κοπτικό κινείται και στις δύο κατευθύνσεις



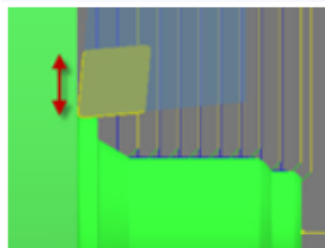
Διαθέσιμες επιλογές κατεύθυνσης κάθετη κίνηση



**Outside to inside:** Από το εξωτερικό τμήμα του τεμαχίου προς το εσωτερικό, δηλαδή τον κεντρικό άξονα συμμετρίας



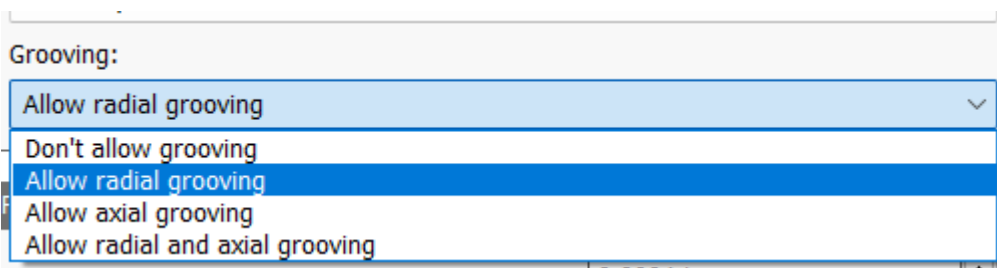
**Inside to outside:** Από το εσωτερικό τμήμα του τεμαχίου, τον κεντρικό άξονα συμμετρίας, προς το εξωτερικό



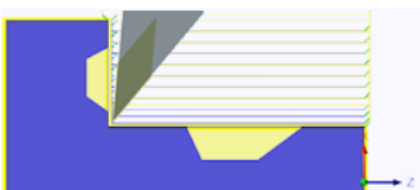
**Both ways:** Το κοπτικό κινείται και στις δύο κατευθύνσεις

Σχήμα 3.3.19: Turning Profile Roughing Direction

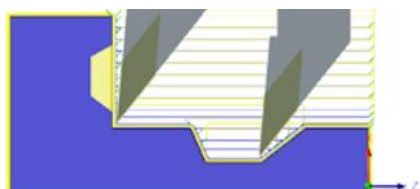
Το πεδίο **Grooving** αφορά τη συμπεριφορά του κοπτικού εργαλείου, σε περίπτωση που συναντήσει αυλακώσεις στα περάσματά του. Για την οριζόντια και κάθετη διεύθυνση κοπής οι διαθέσιμες επιλογές παραμένουν ίδιες, ενώ για την επιλογή Back cutting αλλάζουν.



Διαθέσιμες επιλογές για οριζόντια και κάθετη διεύθυνση



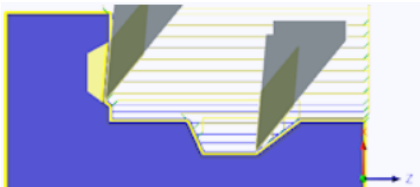
**Don't allow grooving:** Το κοπτικό δεν θα εισχωρήσει στις αυλακώσεις σε περίπτωση που τις συναντήσει



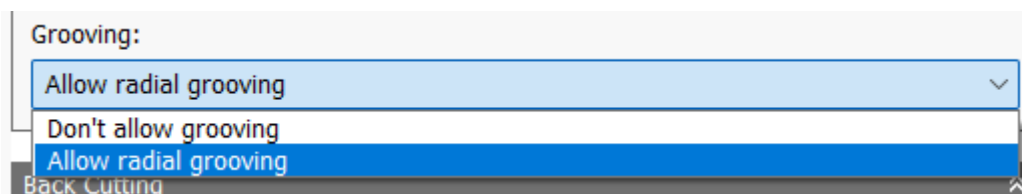
**Allow radial grooving:** Το κοπτικό θα εισχωρήσει σε περίπτωση που συναντήσει αυλακώσεις στον άξονα z



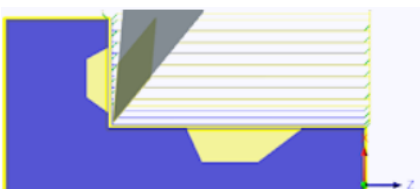
**Allow axial grooving:** Το κοπτικό θα εισχωρήσει σε περίπτωση που συναντήσει αυλακώσεις στον άξονα x



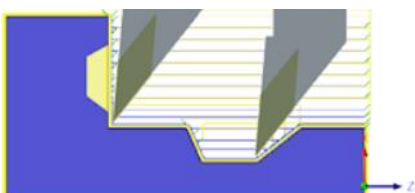
**Allow radial and axial grooving:** Το κοπτικό θα εισχωρήσει σε περίπτωση που συναντήσει αυλακώσεις και στους δύο άξονες



Διαθέσιμες επιλογές για Back cutting:



**Don't allow grooving:** Το κοπτικό δεν θα εισχωρήσει στις αυλακώσεις σε περίπτωση που τις συναντήσει



**Allow radial grooving:** Το κοπτικό θα εισχωρήσει σε περίπτωση που συναντήσει αυλακώσεις στον άξονα z

Σχήμα 3.3.20: Turning Profile Roughing Grooving

Εφόσον επιλεγεί το Back cutting στις επιλογές κίνησης του κοπτικού εμφανίζεται ένα νέο πεδίο το οποίο ονομάζεται Back cutting και ορίζει κάποιες παραμέτρους για διευκολυνθεί ο προγραμματισμός της κατεργασίας. Ο χρήστης μπορεί να συμβουλευτεί και τον προμηθευτή του εκάστοτε κοπτικού για τη δήλωση των παρακάτω παραμέτρων.

Back Cutting	
Entry radius:	1 mm
Entry linear length:	1 mm
Entry feedrate:	20,32 mm/min
Exit distance:	2 mm
Exit linear length:	1 mm
Exit feedrate:	20,32 mm/min

#### Διαθέσιμες επιλογές Back cutting

**Entry radius:** Η ακτίνα με την οποία το κοπτικό θα εισέλθει στην κοπή ώστε να δημιουργηθεί ομοιόμορφη επιφάνεια

**Entry linear length:** Το μήκος με το οποίο το κοπτικό θα εισέλθει στην κοπή ώστε να δημιουργηθεί ομοιόμορφη επιφάνεια

**Entry feedrate:** Η ταχύτητα του κοπτικού κατά την είσοδό του στο σημείο κοπής

**Exit distance:** Η απόσταση από το τέλος της επιφάνειας κοπής κατά την οποία πρέπει να ξεκινήσει να μειώνεται η ταχύτητα του κοπτικού

**Exit linear length:** Το μήκος από το τέλος της επιφάνειας κοπής κατά την οποία πρέπει να ξεκινήσει να μειώνεται η ταχύτητα του κοπτικού

**Exit feedrate:** Η ταχύτητα του κοπτικού κατά την έξοδό του από το σημείο κοπής

Σχήμα 3.3.21: Turning Profile Roughing Back cutting

Μόνο στην περίπτωση της οριζόντιας κίνησης κοπτικού εμφανίζεται ένα εικονίδιο κάτω από το πεδίο Grooving με την ένδειξη **Use canned style** που είτε μπορεί να το επιλέξει ο χρήστης είτε όχι. Αν επιλεγεί η ένδειξη αυτή μετατρέπει τον κύκλο κατεργασίας που έχει δημιουργηθεί σε έναν από τους καθορισμένους κύκλους κατεργασίας που υπάρχουν διαθέσιμοι στις εργαλειομηχανές CNC. Η επιλογή αυτή μειώνει το μέγεθος του κώδικα που δημιουργείται, περιορίζει όμως σημαντικά τις λεπτομέρειες της κατεργασίας και απενεργοποιεί κάποια χαρακτηριστικά του προγράμματος CAM. Επίσης, να επισημανθεί ότι αυτή η επιλογή μπορεί να απαιτεί κάποιες αλλαγές στον Post Processor, δηλαδή στο πρόγραμμα το οποίο μετατρέπει το CAD/CAM σε κώδικα που καταλαβαίνει η εργαλειομηχανή. Επιπλέον ισχύει ότι η ενεργοποίηση αυτής της επιλογής αλλάζει τη διαμόρφωση του επόμενου πεδίου (Passes), το οποίο αναλύεται εκτενώς παρακάτω.

Στο επόμενο πεδίο (**Passes**), ορίζονται οι παράμετροι που θα χρησιμοποιηθούν για να πραγματοποιηθούν τα περάσματα του κοπτικού εργαλείου στη συγκεκριμένη κατεργασία. Για την κάθετη και οριζόντια κίνηση του κοπτικού το παράθυρο αυτό έχει την ίδια μορφή, ενώ για την επιλογή Back cutting διαφέρει.

**Passes**

Tolerance: 0,01 mm

Maximum depth of cut: 1 mm

☒ Even depths of cut

☒ Make sharp corners

☒ Use pecking

Pecking depth: 10 mm

Pecking retract: 2 mm

Vertical/Horizontal Passes

**Passes**

Tolerance: 0,01 mm

Maximum depth of cut: 1 mm

☒ Even depths of cut

☒ Use pecking

Pecking depth: 10 mm

Pecking retract: 2 mm

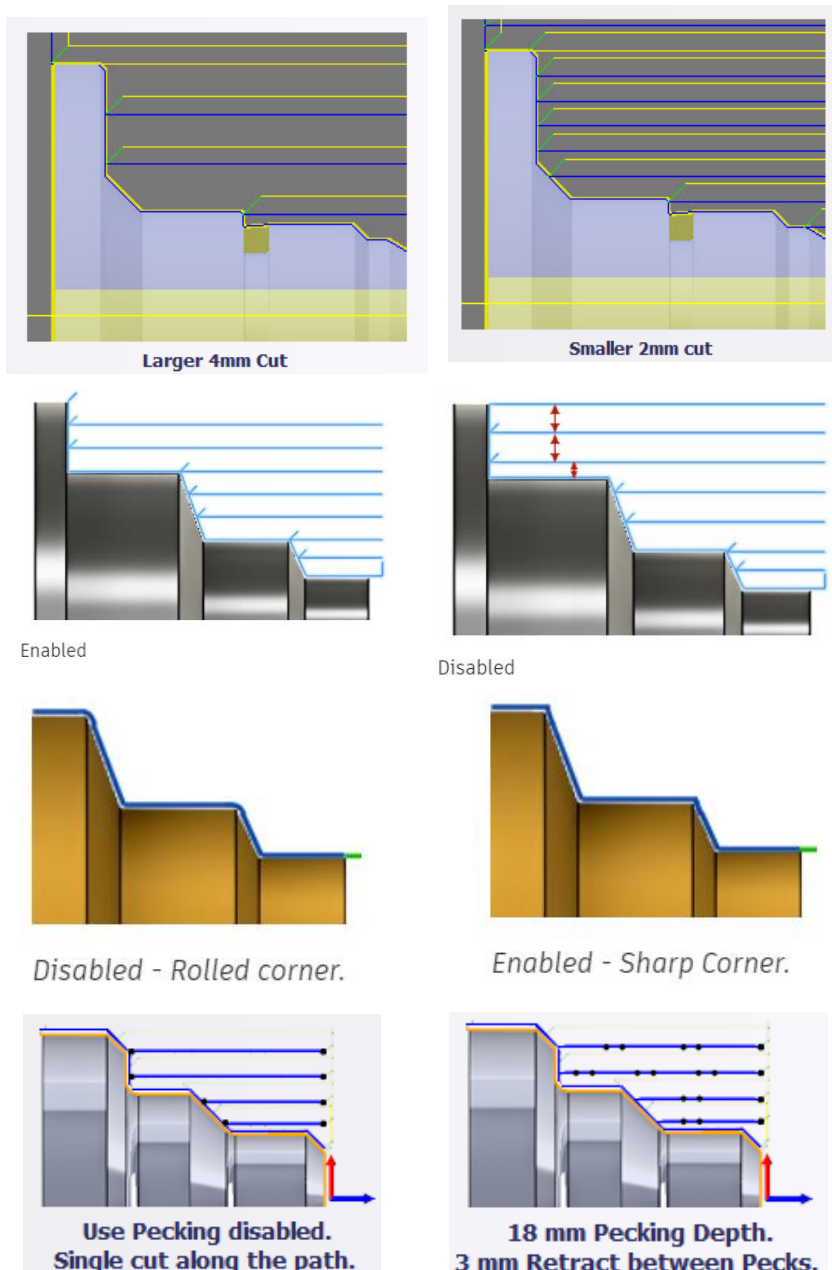
Back cutting



**Tolerance:** Το πρόγραμμα προκειμένου να υπολογίσει την κυκλική κίνηση του κοπτικού την γραμμικοποιεί. Δηλαδή, τεμαχίζει την καμπύλη σε μικρές ευθείες γραμμές που προσομοιάζουν το επιθυμητό σχήμα. Όσο περισσότερες και μικρότερες είναι οι γραμμές τόσο πιο ακριβής είναι η απεικόνιση της

καμπύλης. Επομένως, όσο πιο μικρή τιμή δίνεται στο πεδίο αυτό τόσο πιο ακριβές είναι το αποτέλεσμα. Ο χρήστης, όμως πρέπει να λαμβάνει παράλληλα υπόψη του ότι όσο μικρότερη είναι η τιμή τόσο μεγαλύτερος σε μέγεθος είναι ο κώδικας που δημιουργείται και ο χρόνος υπολογισμού του μονοπατιού καθώς και πιο μικρές είναι οι κινήσεις του κοπτικού. Οπότε

προτού επιλέξει την τιμή του Tolerance, θα πρέπει να υπολογίζει και τις δυνατότητες της εργαλειομηχανής που διαθέτει και αν θα μπορεί να ανταπεξέλθει σε αυτές τις εντολές.



#### Maximum depth of cut:

Είναι το μέγιστο βάθος κοπής σε κάθε πέρασμα του κοπτικού. Μεγάλο βάθος κοπής αφαιρεί περισσότερο υλικό σε κάθε πέρασμα, όπου όμως αυξάνει την καταπόνηση του κοπτικού.

#### Even depths of cut:

Η επιλογή αυτή, εφόσον ενεργοποιηθεί, ορίζει πως το βάθος κοπής πρέπει να είναι ίσο σε κάθε πέρασμα. Το λογισμικό λαμβάνει υπόψη τη γεωμετρία του μοντέλου και προσαρμόζει το βάθος κοπής που έχει επιλέξει ο χρήστης ώστε να έχουν όλα τα περάσματα το ίδιο βάθος.

**Make sharp corners:** Αν ενεργοποιηθεί η συγκεκριμένη επιλογή, οι εξωτερικές γωνίες του τεμαχίου δεν στρογγυλοποιούνται.

**Use pecking:** Η συγκεκριμένη επιλογή, αν ενεργοποιηθεί επιτρέπει στο κοπτικό να κινείται σταδιακά και όχι με μια μονοκόμμη κίνηση. Το κοπτικό κινείται όσο έχει οριστεί το βάθος κοπής (pecking depth) και

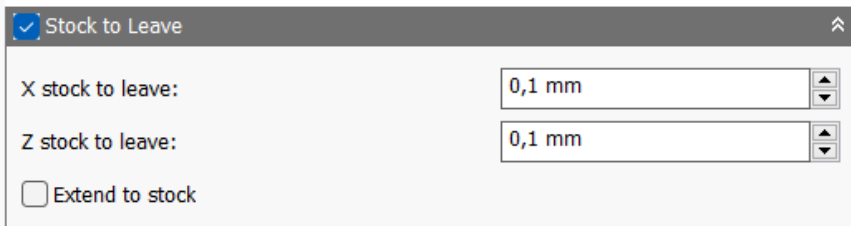
στη συνέχεια αποσύρεται από το τεμάχιο. Στις εικόνες με μαύρες τελείες σημειώνονται τα σημεία από τα οποία ξεκινάει και σε ποια σημεία σταματάει η κίνηση του κοπτικού. Αυτός ο τρόπος κοπής προτιμάται για τεμάχια που έχουν μακριά και συνεχή αποβολή υλικού, για να μην κολλάει το υλικό στο κοπτικό και δυσχεραίνει τις συνθήκες κοπής.

**Pecking depth:** Η απόσταση που διανύει το κοπτικό πριν αποσυρθεί.

**Pecking retract:** Η απόσταση που αποσύρεται το κοπτικό αφού πραγματοποιήσει το πρώτο στάδιο κοπής.

Σχήμα 3.3.22: Turning Profile Roughing Passes

Το τελευταίο πεδίο της καρτέλας ονομάζεται **Stock to Leave** και ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να το επιλέξει ή όχι. Αν το επιλέξει, ορίζει αν η κατεργασία πρέπει να αφήσει υλικό (stock) για επόμενες κατεργασίες και ανοίγει η καρτέλα που θα δοθεί πόσο υλικό πρέπει να απομείνει σε κάθε άξονα. Οι τιμές αυτές είναι συνήθως θετικές, καθώς αρνητική τιμή θα αφαιρέσει περισσότερο από το επιθυμητό υλικό.



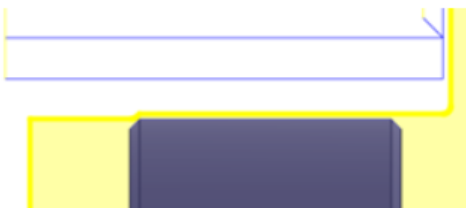

*X Stock to Leave*

**X stock to leave:** Ορίζει το πόσο υλικό θα παραμείνει στον άξονα x, είτε στο εξωτερικό του τεμαχίου, αν έχουμε εξωτερική τórνευση, είτε στο εσωτερικό αν έχουμε εσωτερική τórνευση.



*Z Stock to Leave*

**Z stock to leave:** Ορίζει το πόσο υλικό θα παραμείνει στον άξονα z.



Enabled



Disabled

**Extend to stock:** Όταν είναι ενεργοποιημένη η συγκεκριμένη επιλογή εφαρμόζει το περιθώριο φινιρίσματος (που ορίζεται παραπάνω) στο stock και όχι στο μοντέλο. Αυτό σημαίνει ότι η διαδρομή του εργαλείου δεν βυθίζεται και αντ' αυτού συνεχίζει σε ευθεία γραμμή, αφήνοντας ένα περιθώριο φινιρίσματος στο stock. Όταν είναι απενεργοποιημένη, το περιθώριο φινιρίσματος ορίζεται με βάση το μοντέλο.

Σχήμα 3.3.23: Turning Profile Roughing Stock to Leave

Η τελευταία καρτέλα (**Linking**) της κατεργασίας εκχόνδρισης αφορά τη σύνδεση των περασμάτων στην συγκεκριμένη κατεργασία και τη θέση του κοπτικού στην αρχή και το τέλος της.

Linking

High feedrate mode:

Preserve rapid movement

☐ Rapid to next cutting depth

Approach & Retract

Approach Z:

Safe Z

Retract Z:

Safe Z

☐ Override setup safe Z

Clearance

Z clearance:

0,5 mm

X clearance:

0,5 mm

☐ Angled Entry

Retract

Retract distance:

1 mm

Σχήμα 3.3.24: Turning Profile Roughing Linking

Το πρώτο πεδίο της καρτέλας **Linking** ορίζει πως θα ενωθούν τα περάσματα του κοπτικού εργαλείου. Πιο συγκεκριμένα το πεδίο **High feedrate mode** καθορίζει πότε οι γρήγορες κινήσεις του κοπτικού εργαλείου θα πραγματοποιούνται ως G0 (κίνηση με μέγιστη πρόωση) ή ως G01 (κίνηση με υψηλή πρόωση).

Linking

High feedrate mode:

Preserve rapid movement

Preserve rapid movement

Always use high feed

#### Διαθέσιμες επιλογές High feedrate mode

**Preserve rapid movement:** Διατηρούνται όλες οι κινήσεις με μέγιστη πρόωση

**Always use high feed:** Όλες οι κινήσεις με γρήγορη πρόωση μετατρέπονται σε κινήσεις G01 με υψηλή πρόωση

**Rapid to next cutting depth:** Εφόσον ενεργοποιηθεί ισχύει ότι η κίνηση του κοπτικού από το αρχικό βάθος κοπής στο τελικό, στο συγκεκριμένο πέρασμα, γίνεται με υψηλή πρόωση

Σχήμα 3.3.25: Turning Profile Roughing Linking Options

Αν επιλεγεί να μη διατηρηθεί η μέγιστη πρόωση (Preserve rapid movement), τότε εμφανίζεται ακόμη ένα πεδίο στο οποίο ορίζεται η υψηλή πρόωση που επιθυμεί ο χρήστης να χρησιμοποιηθεί.

Το επόμενο πεδίο (**Approach & Retract**), ορίζει τη θέση του κοπτικού εργαλείου στην αρχή και το τέλος της κατεργασίας.

#### Approach

**Z:** Το σημείο στον άξονα Z που θα τοποθετηθεί το κοπτικό εργαλείο πριν την αρχή της κατεργασίας.

#### Retract Z:

Το σημείο

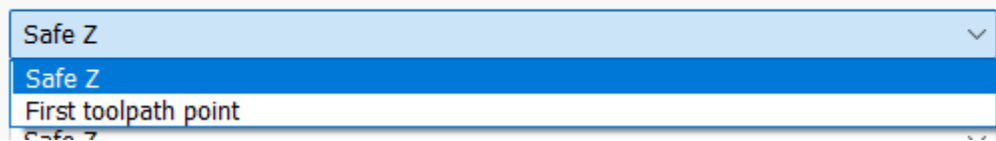
στον άξονα Z που θα τοποθετηθεί το κοπτικό εργαλείο στο τέλος της κατεργασίας.

**Override setup safe Z:** Εφόσον επιλεγεί, επιτρέπει να επαναπροσδιοριστεί το σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό του σημείου στον άξονα Z που θα τοποθετηθεί το κοπτικό εργαλείο στο τέλος της κατεργασίας.

**Safe Z reference:** Είναι το σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό του σημείου στον άξονα Z που θα τοποθετηθεί το κοπτικό εργαλείο στο τέλος της κατεργασίας.

**Safe Z offset:** Ορίζει την απόσταση από το σημείο αναφοράς για την τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου στο τέλος της κατεργασίας.

Approach Z:

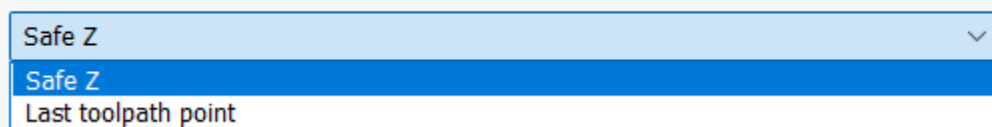


Διαθέσιμες επιλογές Approach Z

**Safe Z:** Το σημείο στο οποίο θα τοποθετηθεί το κοπτικό πριν την αρχή της κατεργασίας είναι το σημείο που έχει οριστεί ως Safe Z στο Setup της εργαλειομηχανής

**First toolpath point:** Το σημείο στο οποίο θα τοποθετηθεί το κοπτικό πριν την αρχή της κατεργασίας είναι το σημείο στον άξονα Z που ξεκινά η συγκεκριμένη κατεργασία

Retract Z:

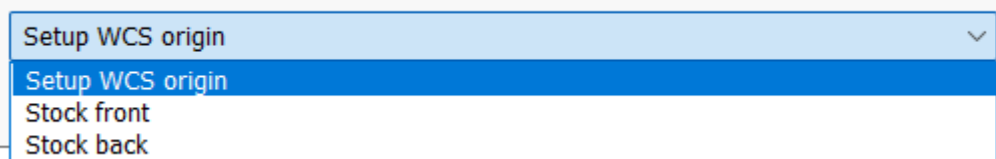


Διαθέσιμες επιλογές Retract Z

**Safe Z:** Το σημείο στο οποίο θα τοποθετηθεί το κοπτικό στο τέλος της κατεργασίας είναι το σημείο που έχει οριστεί ως Safe Z στο Setup της εργαλειομηχανής

**Last toolpath point:** Το σημείο στο οποίο θα τοποθετηθεί το κοπτικό στο τέλος της κατεργασίας είναι το σημείο στον άξονα Z που τελειώνει η συγκεκριμένη κατεργασία

Safe Z reference:



Διαθέσιμες επιλογές Safe Z reference:

**Setup WCS origin:** Ορίζεται η αρχή των αξόνων ως σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό του σημείου στον άξονα Z που θα τοποθετηθεί το κοπτικό εργαλείο στο τέλος της κατεργασίας.

**Stock front:** Ορίζεται το μπροστινό σημείο του stock ως σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό του σημείου στον άξονα Z που θα τοποθετηθεί το κοπτικό εργαλείο στο τέλος της κατεργασίας.

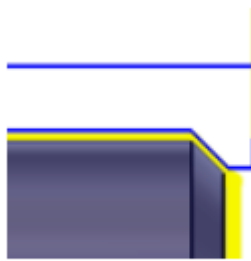
**Stock back:** Ορίζεται το πίσω σημείο του stock ως σημείο αναφοράς για τον υπολογισμό του σημείου στον άξονα Z που θα τοποθετηθεί το κοπτικό εργαλείο στο τέλος της κατεργασίας.

Σχήμα 3.3.26: Turning Profile Roughing Approach & Retract

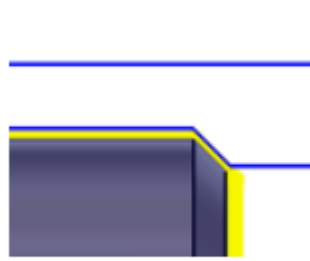
Στο πεδίο **Clearance** προσδιορίζεται η απόσταση στους άξονες X και Z από την οποία θα προσεγγίσει το κοπτικό εργαλείο το τεμάχιο, ανάλογα με τη διεύθυνση κοπής.

Clearance	
Z clearance:	0,5 mm
X clearance:	0,5 mm

Διαθέσιμες επιλογές Clearance



0.030 in. Z clearance

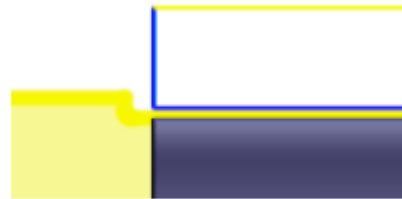


0.090 in. Z clearance

**Z clearance:** Η απόσταση στον άξονα Z σε σχέση με το σημείο αρχής της κοπής.



0.030 in. X clearance



0.090 in. X clearance

**X clearance:** Η απόσταση στον άξονα X σε σχέση με την πιο μακρινή τομή στο τεμάχιο.

Σχήμα 3.3.27: Turning Profile Roughing Clearance

Το επόμενο πεδίο (**Angled Entry**) δίνει τη δυνατότητα επιλογής. Επιλέγεται αν το κοπτικό εισέρχεται με κάποια γωνία στο τεμάχιο. Εφόσον επιλεγεί, το πεδίο διευρύνεται και δίνονται τα στοιχεία για την είσοδο του κοπτικού.

Διαθέσιμες επιλογές Angled Entry

Angled Entry	
Entry angle:	45 deg
Entry clearance:	2 mm
Entry feedrate:	14,32 mm/min

**Entry angle:** Η γωνία με βάση τον θετικό άξονα Z με την οποία εισέρχεται το κοπτικό στην αρχή της κατεργασίας.

**Entry clearance:** Η σταδιακή απόσταση από το τεμάχιο στην

οποία ξεκινάει η κίνηση κοπής σε κάθε πέρασμα

**Entry feedrate:** Η ταχύτητα με την οποία το κοπτικό εισέρχεται στην κίνηση

Σχήμα 3.3.28: Turning Profile Roughing Angled Entry

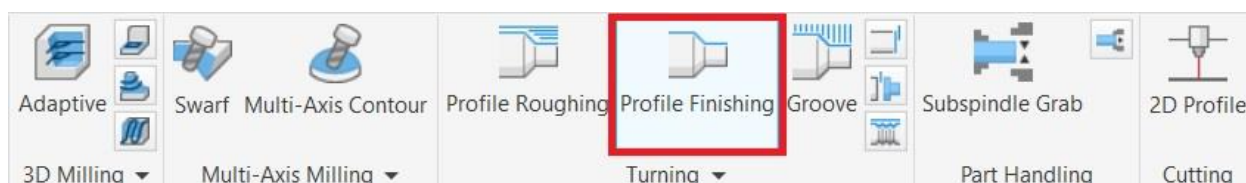
Στο τελευταίο πεδίο της καρτέλας (**Retract**), ορίζεται η απόσταση στην οποία απομακρύνεται το κοπτικό εργαλείο αφού πραγματοποιήσει την κατεργασία (**Retract distance**).



Σχήμα 3.3.29: Turning Profile Roughing Retract

### 3.4 Turning Profile Finishing

Φινίρισμα στην τόννευση (Turning Profile Finishing) ονομάζεται η κατεργασία κατά την οποία αφαιρείται μικρό κομμάτι υλικού, προκειμένου το τεμάχιο που έχει υποστεί εκχόνδριση να φτάσει στην τελική του μορφή. Μετά από αυτήν την κατεργασία το τεμάχιο αποκτά την τελική του γεωμετρία, τις τελικές διαστάσεις και την τελική ποιότητα επιφάνειας. Η αποπεράτωση (φινίρισμα), ουσιαστικά, ακολουθεί τη διαδρομή της εκχόνδρισης και έπεται αυτής. Για τον λόγο αυτό πολλές από τις καρτέλες και τις επιλογές είναι ακριβώς οι ίδιες ή παρόμοιες. Η επιλογή αυτή βρίσκεται στο τμήμα Turning του CAM, όπως παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.4.1](#).



Σχήμα 3.4.1: Turning Profile Finishing

Αφού επιλεγεί το συγκεκριμένο εικονίδιο ανοίγει στο αριστερό κομμάτι της οθόνης ένα παράθυρο στο οποίο ορίζονται οι λεπτομέρειες της κατεργασίας. Σε αυτό το παράθυρο υπάρχουν καρτέλες για τα εργαλεία (Tool), τη γεωμετρία του τεμαχίου (Geometry), την ακτίνα (Radii), τα περάσματα (Passes) και τη σύνδεση με τις υπόλοιπες κατεργασίες (Linking), όπως ακριβώς και στην εκχόνδριση (Profile Roughing). Στο πρώτο παράθυρο Tool, τα πεδία είναι ακριβώς ίδια και με τις ίδιες επιλογές όπως στην εκχόνδριση. Η μόνη διαφοροποίηση είναι στο πεδίο **Feed & Speed**, όπως παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.4.2](#), όπου υπάρχει το **Lead-in feedrate** και **Lead-out feedrate**. Οι υπόλοιπες επιλογές στις ταχύτητες παραμένουν οι ίδιες.

Feed & Speed

☐ Use constant surface speed

Spindle speed: 500 rpm

☐ Use feed per revolution

Cutting feedrate: 1000 mm/min

Lead-in feedrate: 900 mm/min

Lead-out feedrate: 1000 mm/min

### Διαθέσιμες επιλογές Feed & Speed

**Lead-in federate:** Η ταχύτητα με την οποία προσεγγίζει το κοπτικό το σημείο κοπής

**Lead-out federate:** Η ταχύτητα με την οποία

απομακρύνεται το κοπτικό από το σημείο κοπής

Σχήμα 3.4.2: Turning Profile Finishing Feed & Speed

Οι παραπάνω ταχύτητες είναι προτιμότερο να δηλώνονται ίδιες με την ταχύτητα κοπής χάριν εξοικονόμησης χρόνου στον κύκλο κοπής. Σε περίπτωση που υπάρχει μεγάλο βάθος κοπής ή προκειμένου να είναι πιο ασφαλείς οι συνθήκες κοπής τότε η ταχύτητα Lead-in feedrate δηλώνεται μικρότερη από την ταχύτητα κοπής (Cutting feedrate). Αντίστοιχα, η ταχύτητα Lead-out feedrate μπορεί να δηλωθεί μεγαλύτερη από την ταχύτητα κοπής (Cutting feedrate), όταν υπάρχει σχετικά χαμηλή ταχύτητα κοπής για να γίνει πιο γρήγορη έξοδος του κοπτικού εργαλείου όταν το κοπτικό εργαλείο δεν συμμετέχει πια σε κοπή.

Η καρτέλα που αφορά τη γεωμετρία του τεμαχίου (**Geometry**) στην αποπεράτωση είναι ακριβώς ίδια με αυτή της εκχόνδρισης. Επομένως, οι επιλογές της παρουσιάζονται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 3.3.

Η καρτέλα **Radii**, που αφορά τους ακτινικούς περιορισμούς του κοπτικού εργαλείου είναι ίδια με αυτή της εκχόνδρισης, επομένως έχει αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3.3.

Η καρτέλα **Passes** που αφορά τα περάσματα που κάνει το κοπτικό εργαλείο για να πραγματοποιήσει την κοπή παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.4.3. Είναι παρόμοια με την αντίστοιχη καρτέλα στην εκχόνδριση.

Στο τμήμα **Cycle and Direction** υπάρχει μόνο το πεδίο που ορίζει την κατεύθυνση κίνησης του κοπτικού (**Direction**) και το πως πρέπει να κινηθεί το κοπτικό σε περίπτωση που συναντήσει αυλακώσεις (**Grooving**). Οι επιλογές στα συγκεκριμένα πεδία παραμένουν οι ίδιες με το Κεφάλαιο 3.3.

Σχήμα 3.4.3: Turning Profile Finishing Passes

Στο τμήμα **Passes**, που αφορά τα περάσματα που κάνει το κοπτικό στην κάθε κατεργασία, το πεδίο **Tolerance** παραμένει το ίδιο. Το **Compensation Type** αφορά τον τρόπο με τον οποίο υπολογίζεται η αντιστάθμιση του κοπτικού εργαλείου. Οι διαθέσιμες επιλογές παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.4.4.

Διαθέσιμες επιλογές τύπου αντιστάθμισης

In computer: Στον υπολογιστή

In control: Στην εργαλειομηχανή

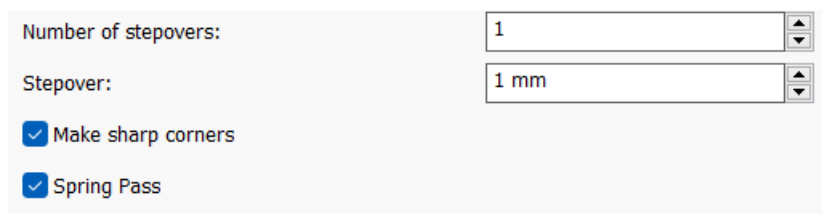
Wear: Στον υπολογιστή αλλά υπάρχει η επιλογή

μορφοποίησης και στην εργαλειομηχανή εισάγοντας την διαφορά στο μέγεθος εργαλείου ως αρνητικό αριθμό

Inverse wear: Στον υπολογιστή αλλά υπάρχει η επιλογή μορφοποίησης και στην εργαλειομηχανή εισάγοντας την διαφορά στο μέγεθος εργαλείου ως θετικό αριθμό

Σχήμα 3.4.4: Turning Profile Finishing Compensation Type

Το επόμενο πεδίο **Number of stepovers** ορίζει τον αριθμό των βημάτων (περασμάτων) για να γίνει το φινίρισμα. Εφόσον δηλωθεί ο αριθμός, καθορίζεται και πόσα χιλιοστά θα είναι το κάθε πέρασμα στο επόμενο πεδίο, **Stepover**. Στη συνέχεια, η επιλογή **Make sharp corners**, αν επιλεγεί κάνει οποιοσδήποτε γωνίες υπάρχουν στο μοντέλο αιχμηρές. Αν δεν επιλεγεί οι γωνίες θα στρογγυλευθούν. Τέλος, το πεδίο **Spring Pass**, αφορά ένα τελικό πέρασμα στο μοντέλο με μηδενική αφαίρεση υλικού, προκειμένου να τελειοποιηθεί η ποιότητα της επιφάνειας και να αφαιρεθούν τυχόν υπολείμματα υλικού.



Number of stepovers: 1

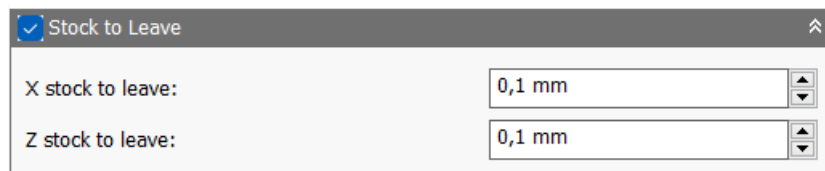
Stepover: 1 mm

☒ Make sharp corners

☒ Spring Pass

Σχήμα 3.4.5: Turning Profile Finishing Stepovers

Το τελευταίο πεδίο που υπάρχει στην καρτέλα **Passes** είναι αυτό που φαίνεται στο [Σχήμα 3.4.6](#) και υπάρχει η δυνατότητα να μην επιλεγεί από τον χρήστη. Η επιλογή του πεδίου έχει νόημα αν πρέπει να μείνει υλικό για περεταίρω κατεργασίες και είναι χρήσιμη κυρίως στην εκχόνδριση. Εφόσον ο χρήστης επιθυμεί να μείνει υλικό προς κατεργασία, ορίζει στο πεδίο **X stock to leave** πόσο υλικό να μείνει στον άξονα X και στο πεδίο **Y stock to leave** πόσο υλικό να μείνει στον άξονα Y.



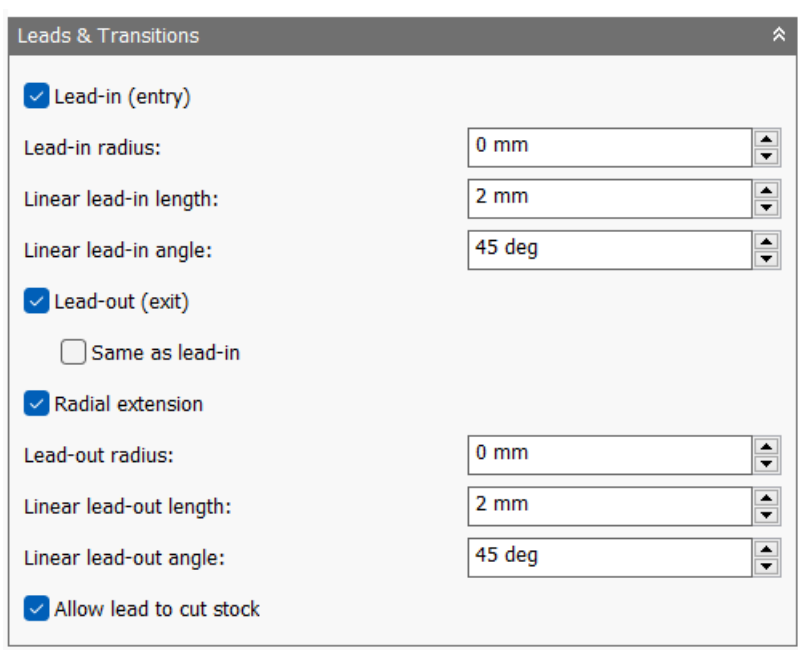
☒ Stock to Leave

X stock to leave: 0,1 mm

Y stock to leave: 0,1 mm

Σχήμα 3.4.6: Turning Profile Finishing Stock to Leave

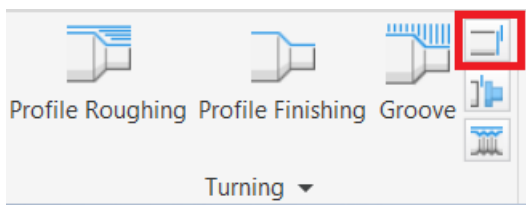
Η τελευταία καρτέλα, **Linking**, όπως και στην εκχόνδριση καθορίζει την σύνδεση των περασμάτων στην συγκεκριμένη κατεργασία. Τα πρώτα δύο πεδία **Linking** και **Approach & Retract** παραμένουν ακριβώς ίδια και έχουν αναλυθεί στο [Κεφάλαιο 3.3](#). Το τελευταίο πεδίο, **Leads & Transitions**, αφορά τον τρόπο με τον οποίο το κοπτικό εργαλείο θα πλησιάσει το σημείο κοπής και τον τρόπο που θα απομακρυνθεί από αυτό. Στο **Lead-in** (entry), δηλώνεται η ακτίνα (**radius**), το μήκος (**length**) και η γωνία (**angle**) με τις οποίες θα προσεγγίσει το σημείο κοπής το κοπτικό εργαλείο. Αντίστοιχα, αν επιλεγεί διαφορετικός τρόπος απομάκρυνσης του κοπτικού από αυτόν με τον οποίο πλησιάζει δηλώνεται στο πεδίο **Radial extension**. Αν ο χρήστης επιθυμεί να επιλέξει τον ίδιο τρόπο επιλέγει το εικονίδιο **Same as lead-in**. Τέλος, το εικονίδιο **Allow lead to cut stock**, αν επιλεγεί, επιτρέπει στο πρόγραμμα που θα δημιουργηθεί να αφαιρέσει κομμάτι του στοκ κατά την είσοδο ή έξοδο του κοπτικού εργαλείου στο σημείο κοπής.



Σχήμα 3.4.7: Turning Profile Finishing Linking

### 3.5 Turning Profile Face

Η κατεργασία τórνευσης στην οποία αφαιρείται ένα μικρό τμήμα του μπροστά κομματιού του τεμαχίου, προκειμένου να δημιουργηθεί μια λεία επιφάνεια, ονομάζεται προφίλ ή πρόσωπο (Face). Κάποια τεμάχια πριν κατεργαστούν με τórνευση μπορεί να έχουν κοπεί σε πριόνι ή να έχουν υποστεί κάποια άλλη κατεργασία. Επομένως, η κατεργασία προφίλ χρησιμοποιείται για να αυξηθεί η ποιότητα επιφάνειας και το τεμάχιο να είναι έτοιμο για την τórνευση. Όπως παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.5.1](#), η παραπάνω κατεργασία βρίσκεται σε ένα εικονίδιο, στο τμήμα Turning του CAM.



Σχήμα 3.5.1: Turning Profile Face

Αφού επιλεγεί το παραπάνω εικονίδιο, ανοίγει στο αριστερά τμήμα της οθόνης ένα παράθυρο με διάφορες καρτέλες, στις οποίες ορίζονται οι παράμετροι της κατεργασίας. Σε αυτό το παράθυρο υπάρχουν καρτέλες για τα εργαλεία (Tool), τη γεωμετρία του τεμαχίου (Geometry), την ακτίνα (Radii), τα περάσματα (Passes) και τη σύνδεση με τις υπόλοιπες κατεργασίες (Linking), όπως και στις προηγούμενες κατεργασίες. Στην πρώτη καρτέλα, **Tool**, καθορίζεται το εργαλείο με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η κατεργασία και η ταχύτητά του. Η καρτέλα αυτή είναι ακριβώς ίδια με αυτή του φινιρίσματος, επομένως έχει αναλυθεί στο [Κεφάλαιο 3.4](#).

Η μόνη διαφοροποίηση είναι ότι δεν υπάρχει το πεδίο **Mode** που καθορίζει το αν είναι εσωτερική ή εξωτερική τórνευση.

The image shows two panels from a software interface. The top panel is titled 'Tool: #11 - turning grooving OD Grooving' and contains a 'Tool' button, a 'Coolant:' dropdown menu set to 'Flood', and a 'Tool orientation:' dropdown menu set to '0 deg'. The bottom panel is titled 'Feed & Speed' and contains a checkbox for 'Use constant surface speed' (unchecked), a 'Spindle speed:' dropdown menu set to '300 rpm', a checked checkbox for 'Use feed per revolution', and three dropdown menus for 'Cutting feedrate per revolution:', 'Lead-in feedrate per revolution:', and 'Lead-out feedrate per revolution:', all set to '0,127 mm'.

Σχήμα 3.5.2: Turning Profile Face Tool

Η δεύτερη καρτέλα που αφορά τη γεωμετρία του τεμαχίου (**Geometry**), όπως θα αναλυθεί στο Σχήμα 3.5.3, διαμορφώνεται έτσι ώστε να λαμβάνεται υπόψη μόνο το μπροστινό τμήμα του. Οι διαθέσιμες επιλογές σημείου αναφοράς για το μπροστινό τμήμα, παρουσιάζονται αναλυτικά στο [Σχήμα 3.3.11](#). Στο πεδίο **Front offset** ορίζεται η απόσταση στην οποία ο χρήστης επιθυμεί να ορίσει το σημείο αναφοράς από το τμήμα του τεμαχίου που έχει επιλεγεί.

The image shows a panel titled 'Front' with a red square icon. It contains a 'Model front' dropdown menu and a 'Front offset:' dropdown menu set to '0 mm'.

Σχήμα 3.5.3: Turning Profile Face Geometry

Η καρτέλα **Radii** επιτρέπει στον χρήστη του προγράμματος να δίνει κάποιους ακτινικούς περιορισμούς στο πεδίο κατεργασίας που θα ενεργήσει η εργαλειομηχανή. Σε αυτήν την καρτέλα, με πορτοκαλί επισημαίνεται η γραμμή που ορίζεται το clearance, με μπλε η γραμμή που ορίζεται η εσωτερική ακτίνα, με λαδί η ακτίνα στην οποία θα απομακρύνεται το εργαλείο και με γαλάζιο η εξωτερική ακτίνα. Οι επιλογές του πεδίου αυτού έχουν αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.14](#). Ειδικότερα, δίνεται προσοχή στο κομμάτι του σχήματος που αφορά την εξωτερική τórνευση, καθώς η κατεργασία αφαίρεσης προφίλ είναι από τις πρώτες κατεργασίες που λαμβάνουν χώρα και πραγματοποιείται σε όλη την επιφάνεια του τεμαχίου. Το πεδίο **Retract** που δεν αναλύεται στο σχήμα, οριοθετεί το σημείο, στο οποίο επιστρέφει το κοπτικό στο

τέλος κάθε κύκλου κατεργασίας. Σε αυτό το πεδίο, όπως και στα υπόλοιπα, υπάρχουν επιλογές για το τι θα οριστεί ως σημείο αναφοράς και την απόσταση από αυτό.

Clearance

Retract

Clearance offset: 10 mm

Retract

Stock OD

Retract offset: 5 mm

Outer Radius

Stock OD

Outer radius offset: 0 mm

Inner Radius

Stock ID

Inner radius offset: 0 mm

Distance to cut below inner radius: 0 mm

Σχήμα 3.5.4: Turning Profile Face Radii

Η επόμενη καρτέλα είναι αυτή που αφορά τα περάσματα του κοπτικού εργαλείου για να πραγματοποιήσει την κατεργασία (**Passes**).

Passes

Tolerance: 0,01 mm

☐ Use reduced feed

Compensation type: In computer

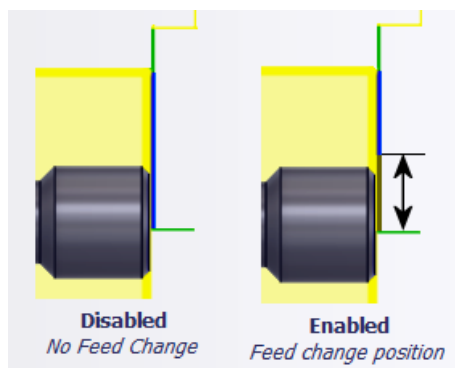
☐ Multiple passes

☐ Stock to Leave

Σχήμα 3.5.5: Turning Profile Face Passes

Όπως και στις προηγούμενες κατεργασίες στην καρτέλα αυτή δηλώνεται το **Tolerance**, το οποίο έχει αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3.3. Στη συνέχεια δίνεται η επιλογή στον χειριστή να

επιλέξει το **Use reduced feed**. Αν επιλεγεί, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.5.6, μειώνεται αυτόματα η πρόωση πριν το κοπτικό εργαλείο φτάσει το τελικό σημείο κοπής.



#### Διαθέσιμες επιλογές πρόωσης

**Disabled:** Δεν μεταβάλλεται η πρόωση

**Enabled:** Μειώνεται η πρόωση

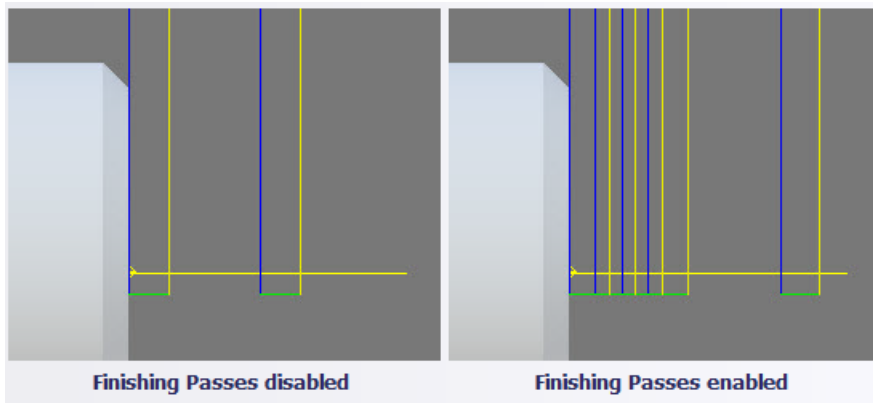
Σχήμα 3.5.6: Turning Profile Face Use Reduced Feed

Έπειτα, στο πεδίο **Compensation type**, δηλώνεται ο τρόπος με τον οποίο υπολογίζεται η αντιστάθμιση του κοπτικού εργαλείου. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι οι ίδιες με το φινίρισμα και παρουσιάζονται στο Σχήμα 3.4.4. Η επιλογή **Multiple passes**, που φαίνεται στο Σχήμα 3.5.7, είναι για να δίνει τη δυνατότητα πραγματοποίησης περισσότερων από ένα περάσματα, προκειμένου να ολοκληρωθεί η επιθυμητή κατεργασία. Αφού επιλεγεί από τον χρήστη, το παράθυρό επεκτείνεται και εμφανίζεται η επιλογή **Calculate number of stepovers**. Αυτή, αφορά τον αυτόματο υπολογισμό του αριθμού των περασμάτων που θα γίνουν για να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Αν επιλεγεί, μένει μόνο το πεδίο **Stepover**, όπου καθορίζεται πόσα χιλιοστά επιθυμεί ο χειριστής να είναι το κάθε πέρασμα. Επομένως, αφού το πρόγραμμα γνωρίζει τα χιλιοστά υλικού που θα αφαιρεθούν συνολικά, αφού του δοθούν τα χιλιοστά κάθε περάσματος, υπολογίζει πόσα περάσματα πρέπει να γίνουν για να ολοκληρωθεί η κατεργασία. Αν δεν επιλεγεί ο αυτόματος υπολογισμός τότε εκτός από τα χιλιοστά κάθε περάσματος, πρέπει να οριστεί και ο αριθμός των περασμάτων (**Number of stepovers**).

The image shows a software interface for configuring machining parameters. At the top, there is a checkbox labeled 'Multiple passes' which is checked with a blue square. Below it is an unchecked checkbox labeled 'Calculate number of stepovers'. Under this checkbox, there are two input fields: 'Number of stepovers:' with a value of '1' and 'Stepover:' with a value of '1 mm'. At the bottom, there is another unchecked checkbox labeled 'Finishing passes'.

Σχήμα 3.5.7: Turning Profile Face Multiple passes

Τέλος, υπάρχει η επιλογή **Finishing passes**, η οποία εφόσον ενεργοποιηθεί επιτρέπει να πραγματοποιηθεί ο καθορισμένος αριθμός περασμάτων για το φινίρισμα του τεμαχίου.



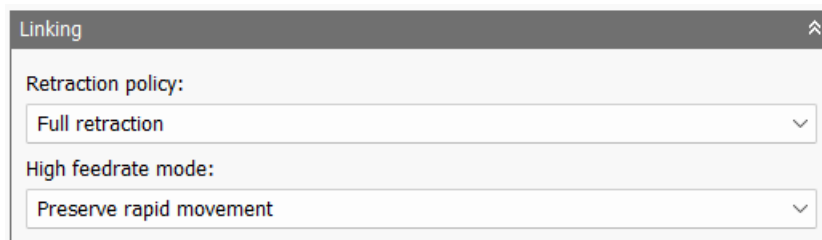
Σχήμα 3.5.8: Turning Profile Face Finishing passes

Στο τέλος της καρτέλας, υπάρχει το πεδίο **Stock to Leave**. Αν είναι επιθυμητό να παραμείνουν κάποια χιλιοστά υλικού για το τελικό φινίρισμα, ή επόμενη κατεργασία, επιλέγεται το πεδίο αυτό και καθορίζονται τα χιλιοστά υλικού που θα παραμείνουν στην αξονική διεύθυνση.



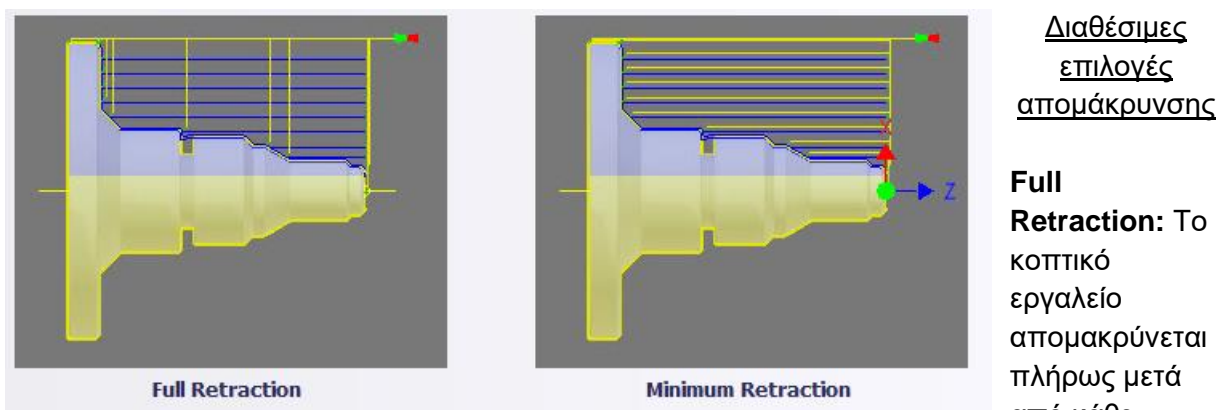
Σχήμα 3.5.9: Turning Profile Face Stock to Leave

Η τελευταία καρτέλα (**Linking**), αφορά την σύνδεση των περασμάτων στην συγκεκριμένη κατεργασία. Το πρώτο τμήμα της καρτέλας, **Linking**, έχει το πεδίο **Retraction policy**.



Σχήμα 3.5.10: Turning Profile Face Linking

Το πεδίο αυτό είναι για να οριστεί η απομάκρυνση του κοπτικού εργαλείου κατά τη διάρκεια του κύκλου κατεργασίας. Οι διαθέσιμες επιλογές απομάκρυνσης αναλύονται στο [Σχήμα 3.5.11](#).

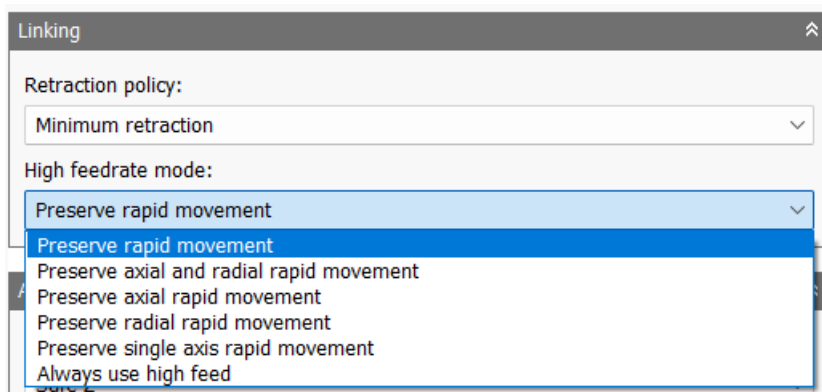


πέρασμα, δηλαδή απομακρύνεται στην απόσταση που έχει δηλωθεί στο clearance στην καρτέλα Radii

**Minimum Retraction:** Το κοπτικό εργαλείο απομακρύνεται σε μια μικρή απόσταση μετά από κάθε πέρασμα, δηλαδή απομακρύνεται στην απόσταση που έχει δηλωθεί ως Safe distance

Σχήμα 3.5.11: Turning Profile Face Retraction policy

Το επόμενο πεδίο της καρτέλας είναι το **High federate mode**. Αυτό καθορίζει πότε οι γρήγορες κινήσεις του κοπτικού εργαλείου θα πραγματοποιούνται ως G0 (κίνηση με μέγιστη πρόωση) ή ως G01 (κίνηση με υψηλή πρόωση).



Διαθέσιμες επιλογές High federate mode

**Preserve rapid movement:**

Διατηρούνται όλες οι κινήσεις με μέγιστη πρόωση

**Preserve axial and radial rapid movement:**

Διατηρούνται οι ακτινικές (οριζόντια) και αξονικές

(κάθετα) κινήσεις με μέγιστη πρόωση

**Preserve axial rapid movement:** Διατηρούνται οι αξονικές κινήσεις με μέγιστη πρόωση

**Preserve radial rapid movement:** Διατηρούνται οι ακτινικές κινήσεις με μέγιστη πρόωση

**Preserve single axis rapid movement:** Διατηρούνται οι κινήσεις σε έναν άξονα (X,Y,Z) με μέγιστη πρόωση

**Always use high feed:** Όλες οι κινήσεις με γρήγορη πρόωση μετατρέπονται σε κινήσεις G01 με υψηλή πρόωση

Σχήμα 3.5.12: Turning Profile Face High federate mode

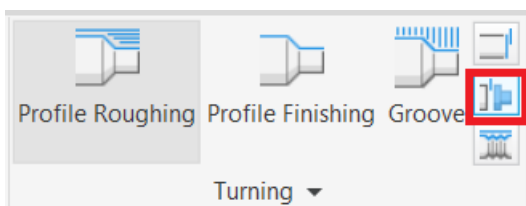
Αν επιλεγεί να μη διατηρηθεί η μέγιστη πρόωση (Preserve rapid movement), τότε εμφανίζεται ακόμη ένα πεδίο στο οποίο ορίζεται η υψηλή πρόωση που επιθυμεί ο χρήστης να χρησιμοποιηθεί.

Στη συνέχεια υπάρχει το πεδίο **Approach & Retract**, το οποίο παραμένει ίδιο με την εκχόνδριση και την αποπεράτωση και έχει αναλυθεί λεπτομερώς στο Σχήμα 3.3.26.

Τέλος, το πεδίο **Leads & Transitions**, είναι παρόμοιο με το αντίστοιχο πεδίο στην κατεργασία φινιρίσματος. Οι επιλογές του πεδίου αυτού έχουν παρουσιαστεί στο Σχήμα 3.4.7. Η μόνη διαφορά είναι πως στην κατεργασία δημιουργίας ορίζονται μόνο η γωνία (**angle**) και το μήκος (**length**), με τα οποία θα προσεγγίσει το κοπτικό εργαλείο το σημείο κοπής, ή θα απομακρυνθεί από αυτό αφού τελειώσει το πέρασμα.

### 3.6 Turning Profile Part

Η κατεργασία τórνευσης στην οποία το τεμάχιο ή τμήμα αυτού αποκόπτεται από το αρχικό στοκ, ονομάζεται απότμηση (Part). Η συγκεκριμένη κατεργασία χρησιμοποιείται κυρίως όταν κατεργάζεται τεμάχιο, το οποίο είναι αρκετά μικρό ή με γεωμετρία τέτοια που καθιστά δύσκολο το να δεθεί στο τσοκ. Όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.6.1, η παραπάνω κατεργασία βρίσκεται σε ένα εικονίδιο, στο τμήμα Turning του CAM.



Σχήμα 3.6.1: Turning Part

Αφού επιλεγεί το παραπάνω εικονίδιο, ανοίγει στο αριστερά τμήμα της οθόνης ένα παράθυρο με διάφορες καρτέλες, στις οποίες ορίζονται οι παράμετροι της κατεργασίας. Σε αυτό το παράθυρο υπάρχουν καρτέλες για τα εργαλεία (Tool), τη γεωμετρία του τεμαχίου (Geometry), την ακτίνα (Radii), τα περάσματα (Passes) και τη σύνδεση με τις υπόλοιπες κατεργασίες (Linking), όπως και στις προηγούμενες κατεργασίες. Στην πρώτη καρτέλα, **Tool**, καθορίζεται το εργαλείο με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η κατεργασία και η ταχύτητά του. Η καρτέλα αυτή είναι ακριβώς ίδια με αυτή της κατεργασίας προσώπου, επομένως έχει αναλυθεί στο Κεφάλαιο 3.4. Με τη μόνη διαφορά να έγκειται στο ότι δεν ορίζονται οι ταχύτητες **Lead-in feedrate** και **Lead-out feedrate**.

Tool: #11 - turning grooving OD Grooving

Tool

Coolant:  
Flood

☐ Use part catcher

Feed & Speed

☐ Use constant surface speed

Spindle speed: 300 rpm

☒ Use feed per revolution

Cutting feedrate per revolution: 0,127 mm

Σχήμα 3.6.2: Turning Part Tool

Η επόμενη καρτέλα, **Geometry**, αφορά τη γεωμετρία του προς κατεργασία τεμαχίου. Στη δεδομένη κατεργασία, λαμβάνεται υπόψη μόνο το πίσω μέρος του τεμαχίου, εφόσον πρόκειται για απότμηση. Επομένως, η καρτέλα διαμορφώνεται όπως παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.6.3](#). Στο πεδίο **Back**, καθορίζεται ποιο σημείο θα ληφθεί ως σημείο αναφοράς για το πίσω τμήμα του τεμαχίου. Οι επιλογές παραμένουν οι ίδιες με τις προηγούμενες κατεργασίες και έχουν αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.11](#). Στο πεδίο **Back offset**, ορίζεται η απόσταση από το σημείο αναφοράς για να οριστεί το πίσω τμήμα του τεμαχίου.

Back

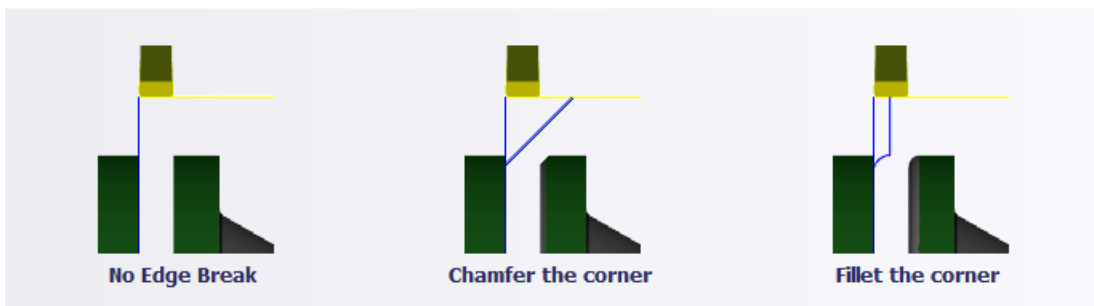
Model back

Back offset: 0 mm

☐ Edge Break

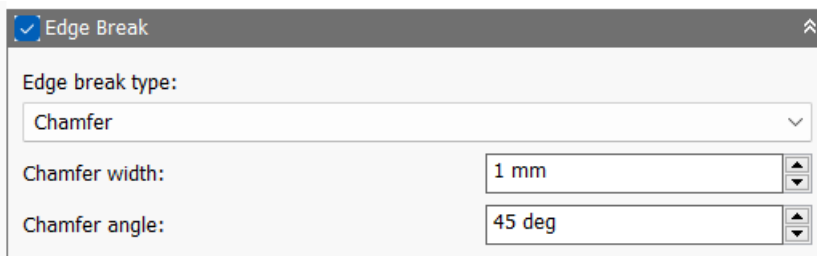
Σχήμα 3.6.3: Turning Part Geometry

Το επόμενο πεδίο, **Edge Break**, είναι για να δοθεί ο τρόπος με τον οποίο θα γίνει η απότμηση. Αν επιλεγεί, ανοίγει το πεδίο και φαίνονται οι διαθέσιμες επιλογές. Το τμήμα, **Edge break type**, εφόσον επιλεγεί, έχει δύο εκδοχές. Στο [Σχήμα 3.6.4](#), παρουσιάζονται οι διαφορές των επιλογών, καθώς και η διαφορά της επιλογής ή όχι του πεδίου αυτού.

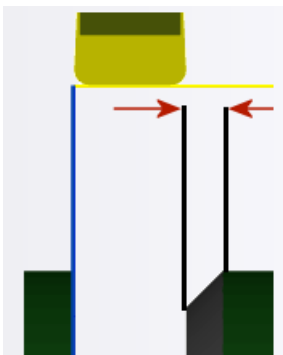


Σχήμα 3.6.4: Turning Part Edge Break

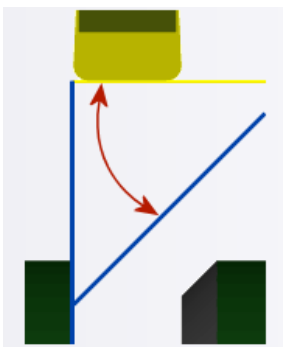
Η πρώτη επιλογή ονομάζεται **Chamfer** και διαμορφώνει το παράθυρο όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.6.5. Το chamfer ή λοξότμηση, είναι η τομή ενός τεμαχίου υπό κάποια γωνία. Επομένως, έχει ως αποτέλεσμα να προκύπτει μια πιο ομαλή ακμή στο σημείο που γίνεται η κοπή.



Διαθέσιμες επιλογές Chamfer



**Chamfer width:** Ορίζεται το πλάτος που θα γίνει η λοξότμηση



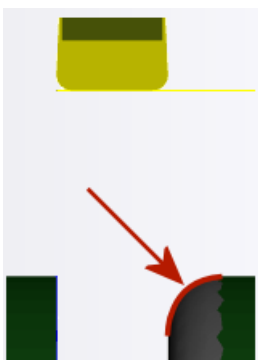
**Chamfer angle:** Ορίζεται η γωνία που θα γίνει η λοξότμηση

Σχήμα 3.6.5: Turning Part Chamfer

Η δεύτερη επιλογή ονομάζεται **Fillet**, όπως φαίνεται στο [Σχήμα 3.6.6](#). Το Fillet είναι η στρογγύλευση της ακμής στο σημείο απότμησης του τεμαχίου. Το αποτέλεσμα αυτής της επιλογής είναι μια στρογγυλευμένη ακμή εκεί που γίνεται η απότμηση του τεμαχίου.



#### Διαθέσιμες επιλογές Fillet



**Fillet radius:** Ορίζεται η ακτίνα που θα γίνει η στρογγύλευση

Σχήμα 3.6.6: Turning Part Fillet

Η επόμενη καρτέλα, **Radii**, είναι αυτή στην οποία καθορίζονται τα όρια στο πεδίο κατεργασίας που θα ενεργήσει η εργαλειομηχανή. Στην συγκεκριμένη κατεργασία η καρτέλα παραμένει η ίδια με την αντίστοιχη της κατεργασίας προφίλ. Επομένως, έχει αναλυθεί λεπτομερώς στο [Σχήμα 3.3.14](#) και για το πεδίο **Retract** στο [Σχήμα 3.5.4](#). Δίνεται έμφαση στο τμήμα των σχημάτων που αφορά την εξωτερική τόννευση, διότι η απότμηση γίνεται σε ολόκληρο το τμήμα του στοκ.

Η καρτέλα **Passes**, αφορά τα περάσματα του κοπτικού εργαλείου για να πραγματοποιήσει την κατεργασία απότμησης και παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.6.7](#). Το πρώτο πεδίο της καρτέλας αλλάζει διαμόρφωση ανάλογα με το ποιες από τις διαθέσιμες επιλογές θα επιλέξει ο χειριστής της εργαλειομηχανής. Το **Tolerance**, παραμένει το ίδιο όπως στα αντίστοιχα πεδία των προηγούμενων κατεργασιών που έχει αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.22](#). Το **Transfer stock**, επιλέγεται αν ο χειριστής της εργαλειομηχανής επιθυμεί να αλλάξει την πρόσδεση του τεμαχίου προς απότμηση. Αυτή η επιλογή προτείνεται όταν χρησιμοποιείται εργαλειομηχανή που παρέχει τη δυνατότητα να δεθεί το τεμάχιο σε διαφορετικό τσοκ.

Passes

Tolerance:

0,01 mm

☐ Transfer stock
 ☐ Use pecking
 ☐ Use reduced feed and speed
 ☐ Allow rapid retract

Compensation type:

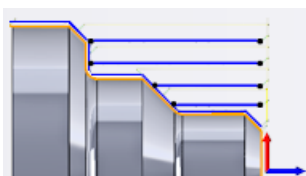
In computer

☐ Make sharp corners
 ☐ Finishing passes

☐ Stock to Leave

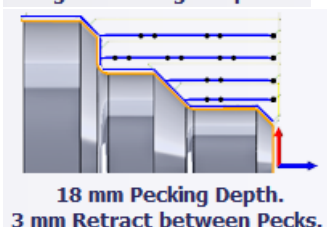
Σχήμα 3.6.7: Turning Part Passes

Η επιλογή **Use pecking**, εφόσον ενεργοποιηθεί, πραγματοποιεί την απότμηση με πολλαπλά περάσματα και επεκτείνει το παράθυρο ώστε να μπορούν να δοθούν οι παράμετροι της κοπής. Τα περάσματα αυτά πραγματοποιούν την απότμηση σταδιακά. Το κοπτικό εργαλείο διεισδύει στο υλικό όσο έχει οριστεί στο πεδίο **Pecking depth** και στη συνέχεια απομακρύνεται όσο ορίζεται στο πεδίο **Pecking retract**. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειαστεί μέχρι να πραγματοποιηθεί η απότμηση. Στην απότμηση είναι πολύ σημαντικό να γίνονται πολλαπλά περάσματα, ώστε να αποφευχθεί να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερο βάθος κοπής για ένα εργαλείο από αυτό που προτείνεται από τον κατασκευαστή. Το Pecking έχει αναλυθεί λεπτομερώς και στο [Σχήμα 3.3.22](#).



Use Pecking disabled.  
Single cut along the path.

**Use pecking disabled:** Απενεργοποιημένη επιλογή πολλαπλών περασμάτων



**Use pecking enabled:** Ενεργοποιημένη επιλογή πολλαπλών περασμάτων

### Διαθέσιμες επιλογές Pecking

☒ Use pecking

Pecking depth:

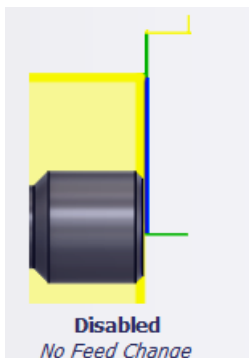
Pecking retract:

**Pecking depth:** Βάθος κοπής του κάθε περάσματος  
**Pecking retract:** Απόσταση που θα απομακρυνθεί το κοπτικό εργαλείο μετά από

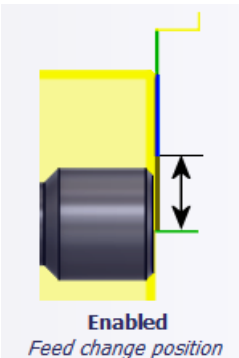
κάθε πέρασμα

Σχήμα 3.6.8: Turning Part Passes Use Pecking

Η επιλογή, **Use reduced feed and speed**, επιτρέπει την χρήση μειωμένης πρόωσης και ταχύτητας περιστροφής του τσοκ. Αν ενεργοποιηθεί επεκτείνεται το παράθυρο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.6.9.



**Use reduced feed and speed disabled:** Απενεργοποιημένη η χρήση μειωμένης πρόωσης και ταχύτητας περιστροφής του τσοκ.



**Use reduced feed and speed enabled:** Ενεργοποιημένη η χρήση μειωμένης πρόωσης και ταχύτητας περιστροφής του τσοκ.

### Διαθέσιμες επιλογές Use reduced feed and speed enabled

☒ Use reduced feed and speed

Reduced parting feed and speed radius:

Reduced feed:

Reduced spindle speed:

**Reduced parting feed and speed radius:** Η ακτίνα όπου θα ξεκινήσει να εφαρμόζεται η μείωση στην πρόωση και την ταχύτητα  
**Reduced feed:** Ορίζεται η

μειωμένη πρόωση

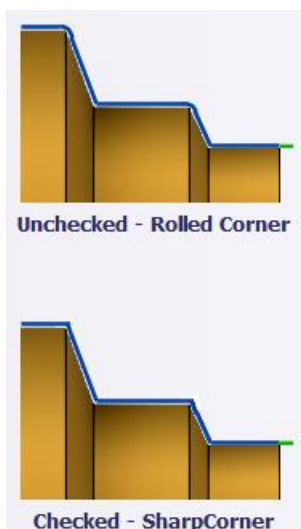
**Reduced spindle speed:** Ορίζεται η μειωμένη ταχύτητα περιστροφής του τσοκ

Σχήμα 3.6.9: Turning Part Passes Use reduced feed and speed

Η επόμενη επιλογή, όπως φαίνεται στο [Σχήμα 3.6.7](#), είναι το **Allow rapid retract**. Αυτή η επιλογή όταν ενεργοποιηθεί επιτρέπει στην εργαλειομηχανή να πραγματοποιεί τις κινήσεις retract, δηλαδή την απομάκρυνση του κοπτικού εργαλείου από το σημείο κοπής, ως κινήσεις με μέγιστη ταχύτητα κοπής (G0). Όταν είναι απενεργοποιημένη, οι κινήσεις αυτές γίνονται με τη δεδομένη ταχύτητα κοπής.

Το πεδίο **Compensation type**, είναι αυτό στο οποίο ορίζεται ο τρόπος που γίνεται η αντιστάθμιση του κοπτικού εργαλείου και οι επιλογές του παραμένουν ίδιες με αυτές που αναλύονται στο [Σχήμα 3.4.4](#).

Η επιλογή **Make sharp corners**, αναγκάζει το κοπτικό εργαλείο να κάνει τις γωνίες που θα προκύψουν από την απότμηση αιχμηρές και όχι στρογγυλοποιημένες.



**Make sharp corners disabled:** Απενεργοποιημένη η επιλογή αιχμηρών γωνιών

**Make sharp corners enabled:** Ενεργοποιημένη η επιλογή αιχμηρών γωνιών

Σχήμα 3.6.10: Turning Part Passes Make sharp corners

Η τελευταία επιλογή είναι το **Finishing passes**. Εφόσον ενεργοποιηθεί αυτή η επιλογή δίνει την δυνατότητα δημιουργίας τελικών περασμάτων φινιρίσματος στην απότμηση.

☒ Finishing passes

Stepover:	<input type="text" value="1 mm"/>	▲▼
Rough stock to leave:	<input type="text" value="6 mm"/>	▲▼
Finish feedrate:	<input type="text" value="0,127 mm"/>	▲▼

Διαθέσιμες επιλογές Finishing passes

**Stepover:** Το μέγιστο βάθος κοπής κάθε περάσματος

**Rough stock to leave:** Χιλιοστά του στοκ που θα

παραμείνουν για επόμενες κατεργασίες

**Finish feedrate:** Η πρόωση για τα περάσματα φινιρίσματος

Σχήμα 3.6.11: Turning Part Passes Finishing Passes

Το τελευταίο πεδίο της καρτέλας είναι το **Stock to Leave**. Αν ο χειριστής της εργαλειομηχανής δεν επιθυμεί να παραμείνει κάποιο στοκ στο τεμάχιο για επόμενες κατεργασίες, η επιλογή παραμένει αποεπιλεγμένη. Αν επιλεγεί, ανοίγει το παράθυρο που παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.6.12](#), όπου ορίζεται πόσα χιλιοστά υλικού θα παραμείνουν αξονικά, στο πεδίο **Axial stock to leave**.

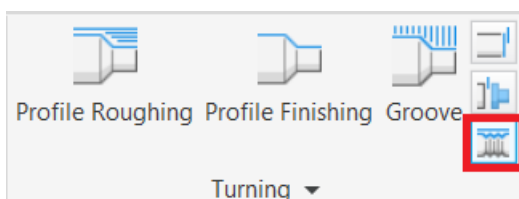


Σχήμα 3.6.12: Turning Part Passes Stock To Leave

Η τελευταία καρτέλα, **Linking**, είναι αυτή που ορίζει πως θα γίνει η σύνδεση των περασμάτων και των κύκλων κοπής στην συγκεκριμένη κατεργασία. Αυτή είναι ίδια με την αντίστοιχη καρτέλα στην κατεργασία δημιουργίας προφίλ. Η μόνη διαφοροποίηση είναι πως στο πρώτο τμήμα, υπάρχει μόνο το πεδίο **High feedrate mode**. Οι επιλογές αυτού του πεδίου είναι οι ίδιες και έχουν αναλυθεί στο [Σχήμα 3.5.12](#). Το επόμενο πεδίο, είναι ίδιο με τις προηγούμενες κατεργασίες και έχει παρουσιαστεί στο [Σχήμα 3.3.26](#).

### 3.7 Turning Thread

Η κατεργασία δημιουργίας σπειρώματος ή Thread, υπάρχει στο εικονίδιο του τμήματος Turning του CAM όπως φαίνεται στο [Σχήμα 3.7.1](#). Υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας σπειρώματος τόσο στο εξωτερικό τμήμα του τεμαχίου (εξωτερική τórνευση), όσο και στο εσωτερικό (εσωτερική τórνευση). Το σπείρωμα αποτελεί μια ελικοειδή αυλάκωση και συναντάται συνήθως σε βίδες και παξιμάδια. Η δημιουργία σπειρώματος είναι μια πολύπλοκη κατεργασία που απαιτεί καλή γνώση των κοπτικών εργαλείων και των προδιαγραφών τους, προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό σπείρωμα.



Σχήμα 3.7.1: Turning Thread

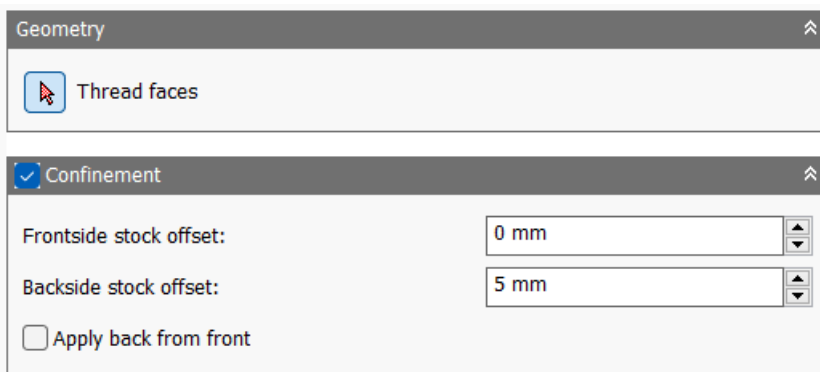
Αφού επιλεγεί το παραπάνω εικονίδιο, ανοίγει στο αριστερά τμήμα της οθόνης ένα παράθυρο με διάφορες καρτέλες, στις οποίες ορίζονται οι παράμετροι της κατεργασίας. Σε αυτό το παράθυρο υπάρχουν καρτέλες για τα εργαλεία (Tool), τη γεωμετρία του τεμαχίου (Geometry), την ακτίνα (Radii), τα περάσματα (Passes) και τη σύνδεση με τις υπόλοιπες κατεργασίες (Linking), όπως και στις προηγούμενες κατεργασίες. Στην πρώτη καρτέλα, **Tool**, καθορίζεται το εργαλείο με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η κατεργασία, το είδος της τórνευσης και η ταχύτητά του. Η καρτέλα είναι παρόμοια με την αντίστοιχη των προηγούμενων κατεργασιών όπως φαίνεται στο [Σχήμα 3.7.2](#). Στο πρώτο πεδίο, επιλέγεται το κοπτικό εργαλείο με το οποίο θα πραγματοποιηθεί η κατεργασία (**Tool**), καθώς και ο τρόπος έκχυσης του ψυκτικού υγρού

(**Coolant**). Οι επιλογές έκχυσης ψυκτικού υγρού παραμένουν οι ίδιες και έχουν αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.3](#). Το δεύτερο πεδίο (**Mode & Direction**), είναι αυτό όπου ορίζεται το είδος της τórνευσης. Στο **Mode**, υπάρχουν δύο διαθέσιμες επιλογές. Αν γίνεται δημιουργία εσωτερικού σπειρώματος επιλέγεται το **Inside threading**, αν γίνεται δημιουργία εξωτερικού σπειρώματος επιλέγεται το **Outside threading**. Παρατηρείται ότι η επιλογή της δημιουργίας εξωτερικού σπειρώματος δίνει την δυνατότητα να επιλέξει ο χρήστης αν υπάρχει κεντροφορέας ή όχι (**Use tailstock**) στο παράθυρο **Tool**. Τέλος, στο πεδίο **Feed & Speed**, καθορίζεται η ταχύτητα περιστροφής του τσοκ στο **Spindle speed**.

The image shows a software interface for configuring a turning thread tool. The title bar reads 'Tool: #11 - turning grooving OD Grooving'. Below the title bar, there is a 'Tool' button. The 'Coolant' section has a dropdown menu currently showing 'Flood'. The 'Mode & Direction' section has a dropdown menu currently showing 'Inside threading'. The 'Feed & Speed' section has a 'Spindle speed' input field with '300 rpm' entered.

Σχήμα 3.7.2: Turning Thread Tool

Το δεύτερο παράθυρο είναι αυτό που αφορά την γεωμετρία του τεμαχίου (**Geometry**). Όπως παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.7.3](#), στο αρχικό πεδίο επιλέγεται το **Thread faces** δίπλα στο **Thread faces** και επιλέγονται με τον κέρσορα, από το τεμάχιο που έχει σχεδιαστεί, οι επιφάνειες στις οποίες θα δημιουργηθούν σπειρώματα. Το επόμενο πεδίο, **Confinement**, επιλέγεται για να δηλωθούν τυχόν περιορισμοί στην δημιουργία σπειρώματος. Αφού επιλεγεί ανοίγει το παράθυρο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.7.3 και καθορίζονται οι παράμετροι των περιορισμών. Στο πεδίο **Frontside stock offset**, δηλώνεται η απόσταση από το σημείο που έχει δηλωθεί ως μπροστινό τμήμα του τεμαχίου, ενώ στο **Backside stock offset** δηλώνεται η απόσταση από το σημείο που έχει δηλωθεί ως πίσω τμήμα του τεμαχίου. Εφόσον ορίζονται αυτές οι αποστάσεις, τώρα η δημιουργία σπειρώματος θα γίνει μόνο ανάμεσα στις δύο αυτές αποστάσεις. Πρέπει να δοθεί προσοχή στη δήλωση της πίσω απόστασης. Αν οριστεί θετική τιμή σε αυτή την απόσταση τότε το όριο προεκτείνεται προς την πίσω μεριά του τεμαχίου. Τέλος, η επιλογή **Apply back from front**, αν επιλεγεί, η απόσταση από το πίσω σημείο ορίζεται πλέον από το μπροστινό σημείο.



Σχήμα 3.7.3: Turning Thread Geometry

Η επόμενη καρτέλα, **Radii**, είναι αυτή που δηλώνονται οι ακτινικοί περιορισμοί για την κατεργασία δημιουργίας σπειρώματος. Στην συγκεκριμένη κατεργασία, αυτή η καρτέλα περιέχει μόνο το πεδίο **Clearance**. Το πεδίο αυτό, οριοθετεί μέχρι που γίνεται η γρήγορη προσέγγιση του κοπτικού στην αρχή του κάθε κύκλου κατεργασίας και που πηγαίνει το κοπτικό αφού τελειώσει έναν κύκλο κατεργασιών. Οι επιλογές για να δοθεί το συγκεκριμένο όριο έχουν αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.5](#). Στο πεδίο **Clearance offset**, ορίζεται η απόσταση που θα καθορισθεί το όριο από το σημείο αναφοράς που έχει επιλεγεί.



Σχήμα 3.7.4: Turning Thread Radii

Η καρτέλα, **Passes**, αφορά τα περάσματα του κοπτικού εργαλείου για να πραγματοποιήσει την κατεργασία δημιουργίας σπειρώματος και παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.6.5](#). Το **Tolerance**, παραμένει το ίδιο όπως στα αντίστοιχα πεδία των προηγούμενων κατεργασιών που έχει αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.22](#).

**Passes**

Tolerance: 0,01 mm

Threading hand: Right handed

Thread depth: 1 mm

Number of stepdowns: 5

Thread pitch: 1 mm

☒ Do multiple threads

Number of threads: 2

Infeed mode: Constant infeed

Infeed angle: 0 deg

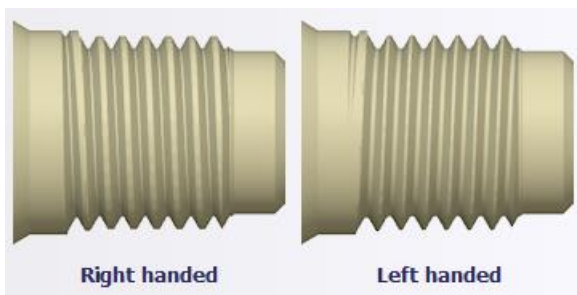
☒ Fade thread end

☒ Spring Pass

☐ Use cycle

Σχήμα 3.7.5: Turning Thread Passes

Το πεδίο **Threading hand**, έχει δύο επιλογές και είναι για την φορά της δημιουργίας σπειρώματος, όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.7.6.



Διαθέσιμες επιλογές Threading hand

**Right handed:** Δεξιόχειρη φορά

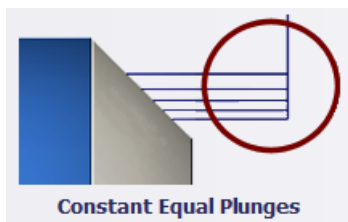
**Left handed:** Αριστερόχειρη φορά

Σχήμα 3.7.6: Turning Thread Passes Threading hand

Στο πεδίο **Thread depth**, ορίζεται το επιθυμητό βάθος για τη δημιουργία σπειρώματος. Το βάθος σπειρώματος υπολογίζεται αν διαιρεθεί η διαφορά της μέγιστης με την ελάχιστη διάμετρο δια δύο. Στο πεδίο **Number of stepdowns**, Στο πεδίο **Thread pitch**, δηλώνεται η απόσταση μεταξύ του κάθε σπειρώματος από το επόμενο. Η επιλογή **Do multiple threads**, επιλέγεται αν ο χρήστης επιθυμεί να πραγματοποιήσει περισσότερα από ένα σπειρώματα. Μόλις επιλεγεί, εμφανίζεται από κάτω ένα πεδίο το οποίο ονομάζεται **Number of threads**

όπου δηλώνεται ο αριθμός των σπειρωμάτων που επιθυμεί να πραγματοποιήσει ο χρήστης. Το παρακάτω πεδίο είναι το **Infeed mode**. Σε αυτό ορίζεται ο τρόπος που θα εισχωρήσει το κοπτικό εργαλείο στο τεμάχιο και θα ξεκινήσει η δημιουργία σπειρώματος. Υπάρχουν τρεις διαθέσιμες επιλογές που θα αναλυθούν στο Σχήμα 3.7.7. Είναι προτιμότερο να επιλέγεται να μειώνεται το βάθος κοπής με κάθε πέρασμα (**Reduced feed**), διότι αποφεύγεται να δημιουργηθούν μεγάλες δυνάμεις κοπής και μεγάλος ρυθμός αφαίρεσης υλικού όσο αυξάνονται τα περάσματα. Στην πρώτη και την τελευταία επιλογή εμφανίζεται ακόμη ένα πεδίο το **Infeed angle**, όπου δηλώνεται η γωνία υπό την οποία θα εισχωρήσει το κοπτικό εργαλείο για να ξεκινήσει η δημιουργία σπειρώματος.

#### Διαθέσιμες επιλογές Infeed mode



**Constant infeed:** Σταθερό και συνεχές βάθος κοπής



**Alternate flanking:** Το βάθος κοπής μειώνεται και εναλλάσσεται η δεξιόχειρη με την αριστερόχειρη εισχώρηση του κοπτικού

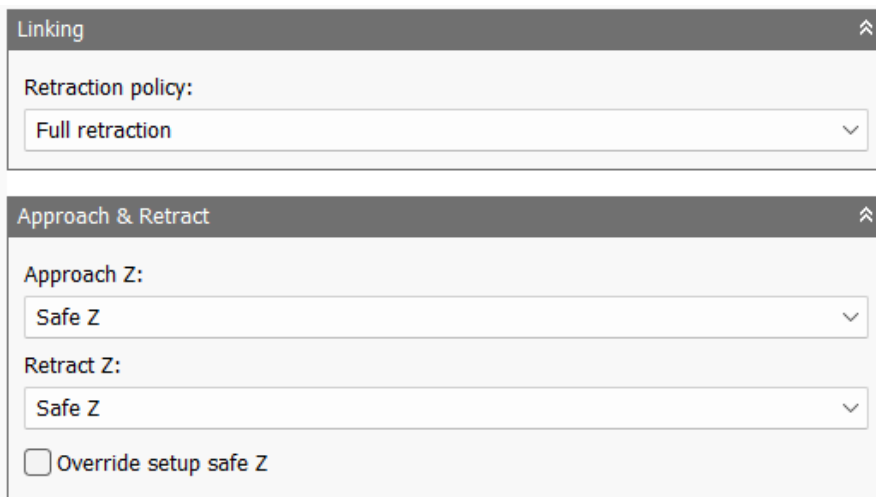


**Reduced infeed:** Το βάθος κοπής μειώνεται με κάθε πέρασμα

Σχήμα 3.7.7: Turning Thread Passes Infeed mode

Η επόμενη επιλογή **Fade thread end**, επιλέγεται προκειμένου το σπείρωμα στο τελευταίο σημείο του τεμαχίου να ξεθωριάσει σιγά σιγά. Το **Spring Pass**, ενεργοποιείται για να γίνει δύο φορές το τελικό πέρασμα για το φινιρίσμα του τεμαχίου, έτσι ώστε να αφαιρεθούν τυχόν υπολείμματα υλικού και να προκύψει ένα πιο ακριβές σπείρωμα. Η τελευταία επιλογή, **Use cycle**, επιλέγεται για να εξαχθεί η κατεργασία δημιουργίας σπειρώματος σαν έτοιμος κύκλος κατεργασίας από αυτούς που υπάρχουν αποθηκευμένοι στις εργαλειομηχανές. Αυτή η επιλογή μειώνει τον κώδικα που θα προκύψει για την συγκεκριμένη κατεργασία και εξαφανίζει την επιλογή **Fade thread end**.

Τέλος, η καρτέλα **Linking**, είναι αυτή που ορίζει πως θα γίνει η σύνδεση των περασμάτων και των κύκλων κοπής στην συγκεκριμένη κατεργασία. Αυτή είναι παρόμοια με τις αντίστοιχες καρτέλες στις προηγούμενες κατεργασίες. Μια διαφοροποίηση είναι πως στο πρώτο τμήμα, υπάρχει μόνο το πεδίο **Retraction policy**. Οι επιλογές αυτού του πεδίου είναι οι ίδιες και έχουν αναλυθεί στο Σχήμα 3.5.11. Το επόμενο πεδίο, είναι ίδιο με τις προηγούμενες κατεργασίες και έχει παρουσιαστεί στο Σχήμα 3.3.26.

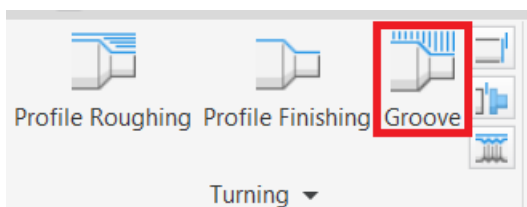


Σχήμα 3.7.8: Turning Thread Linking

## 3.8 Turning Groove & Single Groove

### 3.8.1 Turning Groove

Η κατεργασία δημιουργίας αυλακώσεων ή Groove, υπάρχει στο εικονίδιο του τμήματος Turning του CAM όπως φαίνεται στο [Σχήμα 3.8.1.1](#). Υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας αυλακώσεων τόσο στο εξωτερικό τμήμα του τεμαχίου (εξωτερική τórνευση), όσο και στο εσωτερικό (εσωτερική τórνευση). Αυλάκωση είναι μια βαθιά εσοχή που δημιουργείται στην εσωτερική ή εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου.



Σχήμα 3.8.1.1: Turning Groove

Αφού επιλεγεί το παραπάνω εικονίδιο, ανοίγει στο αριστερά τμήμα της οθόνης ένα παράθυρο με διάφορες καρτέλες, στις οποίες ορίζονται οι παράμετροι της κατεργασίας. Σε αυτό το παράθυρο υπάρχουν καρτέλες για τα εργαλεία (Tool), τη γεωμετρία του τεμαχίου (Geometry), την ακτίνα (Radii), τα περάσματα (Passes) και τη σύνδεση με τις υπόλοιπες κατεργασίες (Linking), όπως και στις προηγούμενες κατεργασίες.

Στο πρώτο πεδίο της καρτέλας **Tool**, όπως παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.8.1.2](#), επιλέγεται το κοπτικό εργαλείο που θα χρησιμοποιηθεί στην κατεργασία (**Tool**), ο τρόπος έκχυσης του ψυκτικού υγρού (**Coolant**) και το αν θα χρησιμοποιηθεί κεντροφορέας ή όχι (**Use tailstock**). Αυτό το πεδίο της καρτέλας είναι ίδιο με το αντίστοιχο στην κατεργασία εκχόνδρισης,

επομένως έχει αναλυθεί λεπτομερώς στα [Σχήματα 3.3.3. και 3.3.4.](#) Το επόμενο πεδίο, **Mode & Direction**, αφορά το είδος της τόννευσης (**Mode**), την κατεύθυνσή της (**Direction**) και τον προσανατολισμό του κοπτικού εργαλείου (**Tool orientation**). Όπως έχει επισημανθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, στο πεδίο **Mode** για τη δημιουργία εξωτερικών αυλακώσεων επιλέγεται το **Outside grooving**, ενώ για τη δημιουργία εσωτερικών το **Inside grooving**. Οι διαθέσιμες επιλογές του πεδίου **Direction** έχουν αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.19.](#) Για τη δημιουργία αυλακώσεων, δίνεται μεγαλύτερη προσοχή στο κομμάτι που αναλύει την κατεύθυνση κοπής στην κάθετη διεύθυνση, διότι οι αυλακώσεις δημιουργούνται κάθετα στην επιφάνεια του τεμαχίου. Το πεδίο για τον προσανατολισμό του κοπτικού εργαλείου έχει νόημα αν ο τόννος που χρησιμοποιείται διαθέτει κίνηση στον Β άξονα και μπορεί να αλλάξει η γωνία του κοπτικού εργαλείου. Τέλος, το πεδίο **Feed & Speed** είναι ίδιο με το αντίστοιχο πεδίο στην κατεργασία αποπεράτωσης, που έχει παρουσιαστεί στο [Σχήμα 3.4.2.](#)

Tool: #11 - turning grooving OD Grooving

Tool

Coolant:  
Flood

☐ Use tailstock

Mode & Direction

Mode:  
Outside grooving

Direction:  
Front to back

Tool orientation:  
0 deg

Feed & Speed

☐ Use constant surface speed

Spindle speed:  
300 rpm


☒ Use feed per revolution

Cutting feedrate per revolution:  
0,127 mm

Lead-in feedrate per revolution:  
0,127 mm

Lead-out feedrate per revolution:  
0,127 mm

Σχήμα 3.8.1.2: Turning Groove Tool

Η επόμενη καρτέλα είναι αυτή που αφορά την γεωμετρία του προς κατεργασία τεμαχίου (**Geometry**). Το πρώτο πεδίο της καρτέλας, **Model**, παρέχει τη δυνατότητα επιλογής του ή όχι. Αν επιλεγεί, το παράθυρο επεκτείνεται και ο χειριστής επιλέγει το  και με τον κέρσορά του κάνει κλικ στα τμήματα του μοντέλου που επιθυμεί να ληφθούν υπόψη για την κατεργασία. Αν δεν επιλέξει αυτό το παράθυρο τότε θα ληφθεί υπόψη ολόκληρο το μοντέλο.

Στα επόμενα πεδία δηλώνεται το σημείο αναφοράς για το μπροστινό (**Front**) και το πίσω (**Back**) τμήμα του τεμαχίου. Οι διαθέσιμες επιλογές αυτών των σημείων έχουν περιγραφεί στο [Σχήμα 3.3.11](#). Στη συνέχεια και στα δύο πεδία καθορίζεται η απόσταση που θα οριστούν το μπροστινό και το πίσω σημείο, στα πεδία **Front offset** και **Back offset** αντίστοιχα. Αφού ολοκληρωθεί αυτή η δήλωση εμφανίζονται στο μοντέλο με πορτοκαλί χρώμα το πεδίο όπου έχει οριστεί το μπροστινό σημείο και με λαδί χρώμα το πεδίο που έχει οριστεί το πίσω σημείο του μοντέλου. Το τελευταίο πεδίο της καρτέλας (**Rest Machining**), αφού επιλεγεί, δίνει την δυνατότητα να οριστεί ο καθορισμός του τεμαχίου που έχει απομείνει προς κατεργασία. Η ενεργοποίηση αυτής της επιλογής έχει νόημα όταν γίνονται αλληπάλληλες κατεργασίες του τεμαχίου ή κατεργασίες που χρειάζονται περάσματα. Αυτή η επιλογή οριοθετεί το μονοπάτι της κατεργασίας και αποτρέπει την εργαλειομηχανή από άσκοπες διαδρομές, επομένως μειώνει και το χρόνο και τον κύκλο κατεργασίας. Το πεδίο αυτό έχει αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.13](#).

The image shows a software interface with four tabs: 'Model', 'Front', 'Back', and 'Rest Machining'. The 'Model' tab is selected and shows a 'Model contour' button. The 'Front' tab shows a 'Stock front' dropdown and a 'Front offset: 0 mm' input field. The 'Back' tab shows a 'Model back' dropdown and a 'Back offset: 0 mm' input field. The 'Rest Machining' tab is selected and shows a 'Rest material source: From previous operation(s)' dropdown.

Σχήμα 3.8.1.3: Turning Groove Geometry

Η καρτέλα **Radii**, είναι ακριβώς ίδια με την αντίστοιχη της κατεργασίας δημιουργίας προφίλ, επομένως έχει αναλυθεί στα [Σχήματα 3.5.4 και 3.3.14](#).

Η καρτέλα **Passes**, αφορά τον κύκλο κατεργασίας, τα περάσματα που πρέπει να κάνει το κοπτικό εργαλείο και τον τρόπο που θα τα κάνει, προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το πρώτο πεδίο της καρτέλας, το **Tolerance**, έχει αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.22](#). Το επόμενο πεδίο, **Use reduced feedrate**, αφού επιλεγεί, παρέχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί μειωμένη πρόωση στα περάσματα εκχόνδρισης, κατά τη δημιουργία αυλακώσεων. Όταν επιλεγεί, το παράθυρο επεκτείνεται και στο πεδίο **Reduced feedrate** δηλώνεται η τιμή της μειωμένης πρόωσης που θα χρησιμοποιηθεί. Το **Allow rapid retract**, όταν ενεργοποιηθεί επιτρέπει στην εργαλειομηχανή να πραγματοποιεί τις κινήσεις retract,

δηλαδή την απομάκρυνση του κοπτικού εργαλείου από το σημείο κοπής, ως κινήσεις με μέγιστη ταχύτητα κοπής (G0). Όταν είναι απενεργοποιημένη, οι κινήσεις αυτές γίνονται με τη δεδομένη ταχύτητα κοπής.

Passes

Tolerance: 0.01 mm

☒ Use reduced feedrate

Reduced feed: 0.03175 mm

☐ Allow rapid retract

Up/down direction: Up and down

Pass overlap: 0 mm

Compensation type: In computer

Backoff distance: 1 mm

☒ Finishing passes

Number of stepovers: 1

Stepover: 1 mm

Finish feedrate: 0.127 mm

☒ Repeat finishing pass

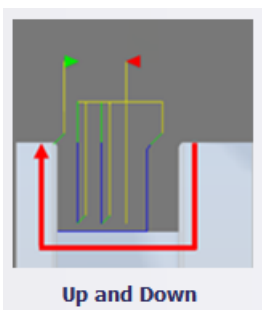
Σχήμα 3.8.1.4: Turning Groove Passes

Το πεδίο **Up/down direction**, καθορίζει την κατεύθυνση με την οποία θα πραγματοποιηθούν τα τελικά περάσματα φινιρίσματος στην δημιουργία αυλακώσεων. Οι διαθέσιμες επιλογές του πεδίου παρουσιάζονται στο [Σχήμα 3.8.1.5](#). Αξίζει να σημειωθεί ότι για να υπάρχει συνεχές και ομοιόμορφο αποτέλεσμα στη δημιουργία αυλακώσεων είναι προτιμότερο να επιλέγεται το **Up and down**.

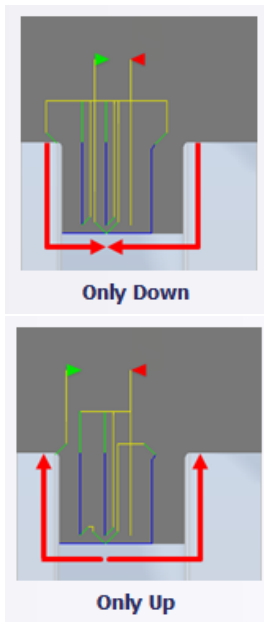
Up/down direction:

- Up and down
- Up and down
- Only down
- Only up

Διαθέσιμες επιλογές Up/down direction



**Up and Down:** Το κοπτικό εργαλείο πραγματοποιεί κοπή τόσο εισερχόμενο στο σημείο δημιουργίας της αυλάκωσης όσο και εξερχόμενο από αυτό



**Only Down:** Το κοπτικό εργαλείο πραγματοποιεί κοπή εισερχόμενο στο σημείο δημιουργίας της αυλάκωσης

**Only Up:** Το κοπτικό εργαλείο πραγματοποιεί κοπή εξερχόμενο από το σημείο δημιουργίας της αυλάκωσης

Σχήμα 3.8.1.5: Turning Groove Passes Up/down direction

Στο πεδίο **Pass overlap**, ορίζεται η απόσταση στην οποία επιθυμεί ο χρήστης να επικαλύπτονται τα περάσματα του κοπτικού εργαλείου στην δημιουργία αυλακώσεων, προκειμένου να μην υπάρχουν υπολείμματα υλικού. Το πεδίο αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία όταν επιλέγεται το Only Up ή το Only Down για να δημιουργηθεί ομοιόμορφη αυλάκωση.

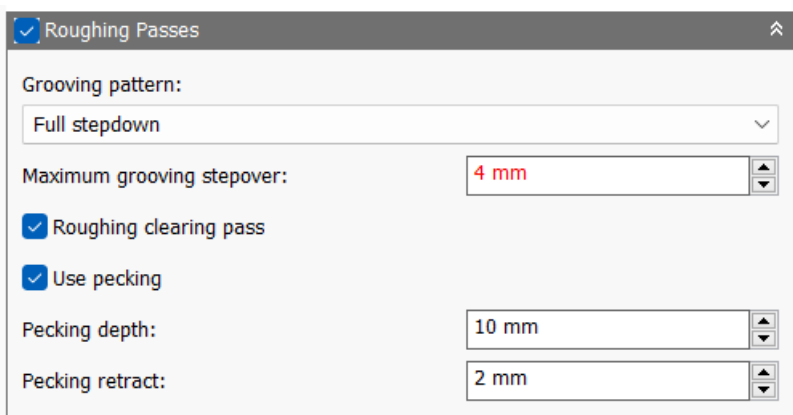
Το πεδίο **Compensation type**, είναι αυτό στο οποίο ορίζεται ο τρόπος που γίνεται η αντιστάθμιση του κοπτικού εργαλείου και οι επιλογές του παραμένουν ίδιες με αυτές που αναλύονται στο [Σχήμα 3.4.4](#).

Στο **Backoff distance**, δηλώνεται η επιθυμητή απόσταση στην οποία θα απομακρυνθεί το εργαλείο δημιουργίας αυλακώσεων από το στοκ προτού ξεκινήσει την κίνηση απομάκρυνσης, retract.

Τέλος, αν γίνει κλικ στην επιλογή **Finishing passes**, το παράθυρο επεκτείνεται, όπως φαίνεται στο [Σχήμα 3.8.1.4](#) και γίνονται επιπλέον περάσματα φινιρίσματος στην δημιουργία αυλακώσεων. Το πεδίο αυτό είναι παρόμοιο με το αντίστοιχο στην απότμηση που έχει παρουσιαστεί στο [Σχήμα 3.6.11](#). Οι διαφορές είναι ότι στη δημιουργία αυλακώσεων υπάρχει ένα επιπλέον πεδίο, στο οποίο ορίζεται ο αριθμός των περασμάτων (**Number of stepovers**) μέχρι να επιτευχθεί το βάθος της τελικής αυλάκωσης. Στο **Stepover**, δηλώνεται το πόσο υλικό θα παραμείνει για επόμενα περάσματα. Η τελευταία επιλογή, **Repeat finishing pass**, είναι ίδια με αυτή του Spring pass, δηλαδή κάνει ένα επιπλέον πέρασμα χωρίς αφαίρεση υλικού για να κοπούν τυχόν υπολείμματα υλικού.

Το επόμενο πεδίο ονομάζεται **Roughing Passes** και μπορεί να ενεργοποιηθεί ή όχι. Εφόσον επιλεγεί, το παράθυρο διαμορφώνεται όπως στο [Σχήμα 3.8.1.6](#). Ο χρήστης ενεργοποιεί το συγκεκριμένο παράθυρο όταν θέλει να δηλώσει ο ίδιος τις παραμέτρους για τα περάσματα

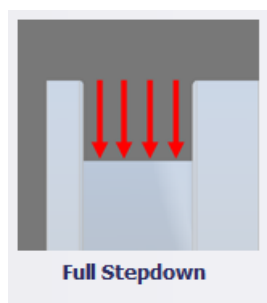
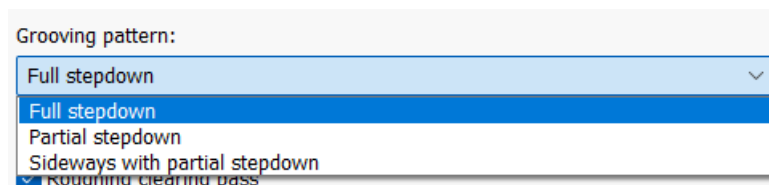
εκχόνδρισης στην δημιουργία αυλακώσεων. Αν δεν ενεργοποιηθεί, οι παράμετροι και τα περάσματα υπολογίζονται αυτόματα από το πρόγραμμα ανάλογα με το δεδομένο πλάτος της αυλάκωσης.



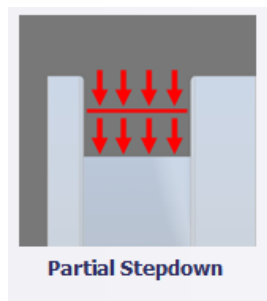
Σχήμα 3.8.1.6: Turning Groove Passes Roughing Passes

Η επιλογή του **Grooving pattern**, καθορίζει τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η δημιουργία αυλακώσεων. Οι διαθέσιμες επιλογές του πεδίου αυτού αναλύονται στο Σχήμα 3.8.1.7.

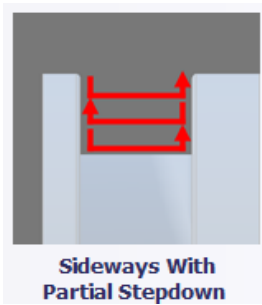
#### Διαθέσιμες επιλογές Grooving pattern



**Full Stepdown:** Αφαιρεί το όλο το υλικό με διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια του τεμαχίου μέχρι το μέγιστο βάθος κοπής που έχει οριστεί πριν συνεχίσει οριζόντια την κίνηση για την επίτευξη του επιθυμητού πλάτους αυλάκωσης



**Partial Stepdown:** Αφαιρεί ένα κομμάτι υλικού με διεύθυνση κάθετη στην επιφάνεια του τεμαχίου μέχρι το βάθος κοπής που έχει οριστεί πριν συνεχίσει οριζόντια την κίνηση για την επίτευξη του επιθυμητού πλάτους αυλάκωσης. Επαναλαμβάνει αυτή τη διαδικασία μέχρι να φτάσει το τελικό βάθος της αυλάκωσης



**Sideways With Partial Stepdown:** Αφαιρεί ένα κομμάτι υλικού με διεύθυνση οριζόντια στην επιφάνεια του τεμαχίου μέχρι το επιθυμητό πλάτος αυλάκωσης πριν συνεχίσει κάθετα την κίνηση μέχρι το ορισμένο βάθος κοπής. Επαναλαμβάνει αυτή τη διαδικασία μέχρι να φτάσει το τελικό βάθος της αυλάκωσης

Σχήμα 3.8.1.7: Turning Groove Passes Grooving pattern

Σε κάποια υλικά είναι προτιμότερη η χρήση του τελευταίου τρόπου δημιουργίας αυλακώσεων καθώς αυξάνει τη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου και επιτυγχάνει δημιουργία καλύτερης επιφάνειας. Επίσης στην περίπτωση που το πλάτος της αυλάκωσης είναι αρκετά μεγαλύτερο σε σχέση με το βάθος της, η συγκεκριμένη επιλογή μειώνει τον χρόνο κατεργασίας. Αξίζει να επισημανθεί πως αν επιλεγεί αυτός ο τρόπος στην καρτέλα **Tool** της κατεργασίας αυτής, στο πεδίο **Direction** πρέπει να επιλεγεί το **Both Ways**.

Στην επιλογή του **Full Stepdown**, υπάρχει ένα παράθυρο από κάτω που ονομάζεται **Maximum grooving stepover**. Στο πεδίο αυτό ορίζεται το μέγιστο βάθος κοπής στο οποίο θα καταλήξει το κοπτικό εργαλείο πριν μετακινηθεί οριζόντια για την επίτευξη του επιθυμητού πλάτους αυλάκωσης.

Στις επιλογές **Partial Stepdown** και **Sideways With Partial Stepdown**, υπάρχουν δύο παράθυρα από κάτω που ονομάζονται **Maximum grooving stepover** και **Maximum groove stepdown**. Στο πρώτο πεδίο ορίζεται το μέγιστο βάθος κοπής, το οποίο θα είναι και το τελικό βάθος της αυλάκωσης, ενώ στο δεύτερο πεδίο δηλώνεται το μέγιστο βάθος κοπής στο οποίο μπορεί να κινηθεί το εργαλείο σε κάθε πέρασμα.

Η επόμενη επιλογή, **Roughing clearing pass**, δίνει τη δυνατότητα στον χρήστη, εφόσον την επιλέξει, να πραγματοποιήσει ένα επιπλέον πέρασμα για να αφαιρεθούν τυχόν ακμές που έχουν δημιουργηθεί. Η επιλογή αυτή είναι χρήσιμη για να αποφευχθεί η αφαίρεση περισσότερου υλικού από το αναμενόμενο στα προηγούμενα περάσματα.

Η επιλογή **Use Pecking**, επιτρέπει στο κοπτικό να κινείται σταδιακά και όχι με μια μονοκόμμη κίνηση. Το κοπτικό κινείται όσο έχει οριστεί το βάθος κοπής (**Pecking depth**) και στη συνέχεια αποσύρεται από το τεμάχιο όσο έχει οριστεί στο **Pecking retract**. Έχει αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.22](#).

Το πεδίο **Stock to Leave**, έχει νόημα να επιλεγεί, αν πρέπει να μείνει υλικό για περεταίρω κατεργασίες. Εφόσον ο χρήστης επιθυμεί να μείνει υλικό προς κατεργασία, ορίζει στο πεδίο **Radial stock to leave** πόσο υλικό να μείνει ακτινικά και στο πεδίο **Axial stock to leave** πόσο υλικό να μείνει αξονικά στο στοκ.

Σχήμα 3.8.1.8: Turning Groove Passes Stock To Leave

Το τελευταίο πεδίο της καρτέλας **Passes**, είναι το **Smoothing**. Η λογική του Tolerance έχει αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.22](#). Στο **Smoothing tolerance** δηλώνεται η ακρίβεια που επιθυμεί ο χειριστής να χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία καμπυλών.

Σχήμα 3.8.1.9: Turning Groove Passes Smoothing

Η τελευταία καρτέλα (**Linking**), είναι αυτή που ορίζει πως θα γίνει η σύνδεση των περασμάτων και των κύκλων κοπής στην συγκεκριμένη κατεργασία. Το πρώτο πεδίο της καρτέλας (**Linking**) είναι ίδιο με το αντίστοιχο της καρτέλας στην κατεργασία δημιουργίας προφίλ, επομένως έχει παρουσιαστεί στα [Σχήματα 3.5.11 και 3.5.12](#). Η επιλογή **Pull away before retract**, παρέχει τη δυνατότητα το κοπτικό να απομακρυνθεί, κατά μια σχετικά μικρή απόσταση, από το σημείο κοπής πριν γίνει η πλήρης απομάκρυνση. Η μικρή απόσταση στην οποία θα απομακρυνθεί το κοπτικό εργαλείο έχει δοθεί στο **Backoff distance**. Στο πεδίο **Safe distance** ορίζεται η ελάχιστη απόσταση που θα έχει το εργαλείο από την επιφάνεια του τεμαχίου κατά την διάρκεια κινήσεων απομάκρυνσης.

Σχήμα 3.8.1.10: Turning Groove Linking

Το επόμενο πεδίο, **Approach & Retract**, είναι ακριβώς το ίδιο με τα αντίστοιχα των προηγούμενων κατεργασιών και έχει αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.26](#).

Το τελευταίο πεδίο, **Leads & Transitions**, είναι παρόμοιο με το αντίστοιχο στην κατεργασία φινιρίσματος, επομένως έχει παρουσιαστεί στο [Σχήμα 3.4.7](#). Οι διαφορές είναι, όπως φαίνεται από το [Σχήμα 3.8.1.11](#), η αρχική επιλογή που δίνεται στον χρήστη (**Use fixed lead direction**)

και τα πεδία **Lead-in extension** και **Lead-out extension**. Η επιλογή **Use fixed lead direction**, όταν ενεργοποιηθεί καθορίζει την κύρια διεύθυνση κίνησης του κοπτικού εργαλείου σύμφωνα με το σημείο 0 των αξόνων, όπως έχει οριστεί από τον χρήστη. Όταν είναι απενεργοποιημένη η κύρια διεύθυνση του κοπτικού εργαλείου καθορίζεται από το εκάστοτε μεμονωμένο πέρασμα. Στα πεδία **Lead-in extension** και **Lead-out extension**, ορίζεται η προέκταση της κίνησης του κοπτικού εργαλείου καθώς εισέρχεται και εξέρχεται, αντίστοιχα, στο το σημείο κοπής και από αυτό. Τα πεδία αυτά καθιστούν πιο ομαλή την εισχώρηση και εκχώρηση του εργαλείου στο σημείο κοπής.

Leads & Transitions

☐ Use fixed lead direction

☒ Lead-in (entry)

Lead-in radius: 0 mm

Linear lead-in length: 2 mm

Lead-in extension: 0 mm

Linear lead-in angle: 45 deg

☒ Lead-out (exit)

☐ Same as lead-in

Lead-out extension: 0 mm

Lead-out radius: 0 mm

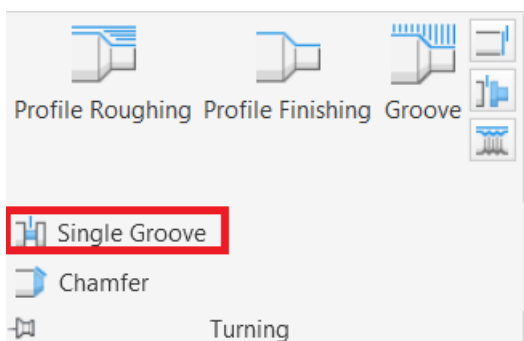
Linear lead-out length: 2 mm

Linear lead-out angle: 45 deg

Σχήμα 3.8.1.11: Turning Groove Linking Leads & Transitions

### 3.8.2 Turning Single Groove


Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, αυλάκωση είναι μια βαθιά εσοχή που δημιουργείται στην εσωτερική ή εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου. Η κατεργασία **Groove**, που αναλύθηκε προηγουμένως, χρησιμοποιείται όταν ο χειριστής θέλει να δημιουργήσει περισσότερες από μια αυλακώσεις στο τεμάχιο προς κατεργασία. Όταν χρειάζεται η δημιουργία μιας αυλάκωσης είναι προτιμότερο να επιλέγεται η κατεργασία **Single Groove**, που βρίσκεται στο εικονίδιο που παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.8.2.1](#). Στο σημείο Turning του CAM, επιλέγεται με το ποντίκι το Turning, το παράθυρο επεκτείνεται και επιλέγεται το εικονίδιο. Η κατεργασία μιας αυλάκωσης μπορεί να γίνει και με τις δύο επιλογές. Προτιμάται η δεύτερη διότι παρόλο που έχει σχεδόν τις ίδια παραμέτρους με την πρώτη, είναι πιο απλοποιημένη.

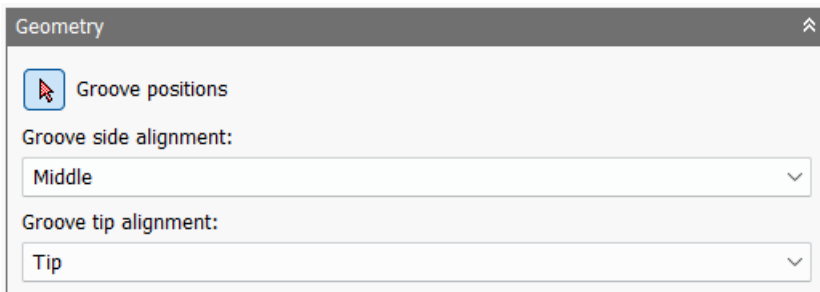


Σχήμα 3.8.2.1: Turning Single Groove

Αφού επιλεγεί το παραπάνω εικονίδιο, ανοίγει στο αριστερά τμήμα της οθόνης ένα παράθυρο με διάφορες καρτέλες, στις οποίες ορίζονται οι παράμετροι της κατεργασίας. Σε αυτό το παράθυρο υπάρχουν καρτέλες για τα εργαλεία (Tool), τη γεωμετρία του τεμαχίου (Geometry), την ακτίνα (Radii), τα περάσματα (Passes) και τη σύνδεση με τις υπόλοιπες κατεργασίες (Linking), όπως και στις προηγούμενες κατεργασίες.

Η καρτέλα **Tool**, είναι παρόμοια με την αντίστοιχη στην κατεργασία Groove. Οι παράμετροί της έχουν αναλυθεί πριν το [Σχήμα 3.8.1.2](#). Η μόνη διαφορά είναι στο πεδίο **Mode & Direction**, όπου δεν υπάρχει το πεδίο Direction, καθώς δημιουργείται μια μόνο αυλάκωση, επομένως δεν υπάρχει νόημα να δίνεται η κατεύθυνση κίνησης του κοπτικού εργαλείου στην κατεργασία.

Η καρτέλα **Geometry**, είναι αυτή που αφορά τη γεωμετρία του τεμαχίου. Στην επιλογή **Groove positions**, επιλέγεται το  και με τον κέρσορα γίνεται κλικ στα επιθυμητά τμήματα του μοντέλου που θα ληφθούν υπόψη για την δημιουργία της αυλάκωσης. Στο πεδίο **Groove side alignment**, ορίζεται ο τρόπος που θα γίνει η ευθυγράμμιση του κοπτικού εργαλείου στο σημείο που θα κοπεί η αυλάκωση. Δηλαδή, επιλέγεται που θα τοποθετηθεί το κοπτικό εργαλείο σε σχέση με την αυλάκωση που πρόκειται να δημιουργήσει. Στο πεδίο **Groove tip alignment**, προσδιορίζεται αν το κοπτικό εργαλείο θα υπερβεί ή όχι την δεδομένη ακτινική απόσταση.



### Διαθέσιμες επιλογές Groove side alignment

Groove side alignment:

Middle	▼
Back	
Middle	
Front	

**Back:** Το κοπτικό εργαλείο εκτείνεται προς το πίσω μέρος του στοκ του τεμαχίου  
**Middle:** Το κοπτικό εργαλείο

ευθυγραμμίζεται στο κέντρο της επιλεγμένης αυλάκωσης

**Front:** Το κοπτικό εργαλείο εκτείνεται προς το μπροστινό μέρος του στοκ του τεμαχίου

### Διαθέσιμες επιλογές Groove tip alignment

Groove tip alignment:

Tip	▼
Cut-through	
Tip	

**Cut-through:** Η ακμή του κοπτικού εργαλείου θα υπερβεί τη δεδομένη ακτινική

απόσταση

**Tip:** Η ακμή του κοπτικού εργαλείου θα σταματήσει μόλις φτάσει τη δεδομένη ακτινική απόσταση

### Σχήμα 3.8.2.2: Turning Single Groove Geometry

Η καρτέλα **Radii**, επιτρέπει στον χρήστη του προγράμματος να δίνει κάποιους ακτινικούς περιορισμούς στο πεδίο κατεργασίας που θα ενεργήσει η εργαλειομηχανή. Η καρτέλα αυτή προσαρμόζεται ανάλογα με το αν έχει επιλεγεί εξωτερική ή εσωτερική τórνευση στο πεδίο **Mode** της καρτέλας **Tool**. Η καρτέλα αυτή είναι ακριβώς ίδια με την αντίστοιχη της κατεργασίας **Groove** επομένως έχει αναλυθεί στα Σχήματα 3.5.4 και 3.3.14, τόσο για την εσωτερική όσο και για την εξωτερική δημιουργία αυλακώσεων.

Η καρτέλα **Passes**, αφορά τον κύκλο κατεργασίας, τα περάσματα που πρέπει να κάνει το κοπτικό εργαλείο και τον τρόπο που θα τα κάνει, προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το πρώτο πεδίο της καρτέλας, το **Tolerance**, έχει αναλυθεί στο Σχήμα 3.3.22. Η επιλογή **Use pecking**, εφόσον ενεργοποιηθεί, πραγματοποιεί την αυλάκωση με πολλαπλά περάσματα και επεκτείνει το παράθυρο ώστε να μπορούν να δοθούν οι παράμετροι της κοπής. Τα περάσματα αυτά πραγματοποιούν την αυλάκωση σταδιακά. Το κοπτικό εργαλείο διεισδύει στο υλικό όσο έχει οριστεί στο πεδίο **Pecking depth** και στη συνέχεια απομακρύνεται όσο ορίζεται στο πεδίο **Pecking retract**. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειαστεί μέχρι να πραγματοποιηθεί η αυλάκωση. Στην δημιουργία αυλακώσεων είναι πολύ σημαντικό να γίνονται πολλαπλά περάσματα, ώστε να αποφευχθεί να χρησιμοποιηθεί μεγαλύτερο βάθος κοπής για ένα εργαλείο από αυτό που προτείνεται από τον κατασκευαστή. Το Pecking έχει αναλυθεί λεπτομερώς και στα Σχήματα 3.3.22 και 3.6.8. Η επιλογή **Dwell before retract**, όταν επιλεγεί, καθυστερεί την κίνηση του κοπτικού εργαλείου, όταν αυτό φτάνει στο τελικό σημείο κοπής. Η καθυστέρηση αυτή καθιστά ακίνητο το κοπτικό εργαλείο για τα δευτερόλεπτα που δίνονται στο πεδίο **Dwelling period**, ενώ το τσοκ συνεχίζει να περιστρέφεται. Αυτή η επιλογή χρησιμοποιείται για να αποφευχθεί η δημιουργία ακμών στην αυλάκωση από τυχόν υλικό που έχει απομείνει. Η επιλογή **Allow rapid retract**, όταν ενεργοποιηθεί επιτρέπει στην εργαλειομηχανή να πραγματοποιεί τις κινήσεις retract, δηλαδή την απομάκρυνση του κοπτικού εργαλείου από το σημείο κοπής, ως κινήσεις με μέγιστη

ταχύτητα κοπής (G0). Όταν είναι απενεργοποιημένη, οι κινήσεις αυτές γίνονται με τη δεδομένη ταχύτητα κοπής. Τέλος, το πεδίο **Stock to Leave**, έχει νόημα να επιλεγεί, αν πρέπει να μείνει υλικό για περεταίρω κατεργασίες. Εφόσον ο χρήστης επιθυμεί να μείνει υλικό προς κατεργασία, ορίζει στο πεδίο **Radial stock to leave** πόσο υλικό να μείνει ακτινικά στο ΣΤΟΚ.

The image shows two panels from a CNC control software. The top panel, titled 'Passes', contains several settings: 'Tolerance' is set to '0,01 mm'; 'Use pecking' is checked; 'Pecking depth' is '10 mm'; 'Pecking retract' is '2 mm'; 'Dwell before retract' is checked; 'Dwelling period' is '0 s'; and 'Allow rapid retract' is checked. The bottom panel, titled 'Stock to Leave', has 'Stock to Leave' checked and 'Radial stock to leave' set to '0,1 mm'. Both panels have expand/collapse arrows on the right side.

Σχήμα 3.8.2.3: Turning Single Groove Passes

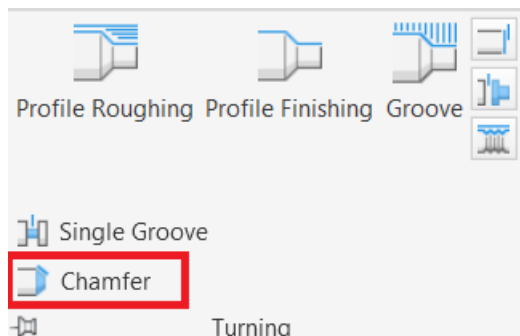
Τέλος, η καρτέλα **Linking**, είναι αυτή που ορίζει πως θα γίνει η σύνδεση των περασμάτων και των κύκλων κοπής στην συγκεκριμένη κατεργασία. Αυτή είναι ίδια με την αντίστοιχη καρτέλα στην κατεργασία δημιουργίας σπειρωμάτων. Στο πρώτο τμήμα, στο πεδίο **Retraction policy**, οι επιλογές έχουν αναλυθεί στο [Σχήμα 3.5.11](#). Το επόμενο πεδίο, **Approach & Retract**, είναι ίδιο με τις προηγούμενες κατεργασίες και έχει παρουσιαστεί στο [Σχήμα 3.3.26](#).

The image shows two panels from a CNC control software. The top panel, titled 'Linking', has 'High feedrate mode' set to 'Preserve rapid movement'. The bottom panel, titled 'Approach & Retract', has 'Approach Z' set to 'Safe Z', 'Retract Z' set to 'Safe Z', and an unchecked checkbox for 'Override setup safe Z'. Both panels have expand/collapse arrows on the right side.

Σχήμα 3.8.2.4: Turning Single Groove Linking

### 3.9 Turning Chamfer

Η κατεργασία Chamfer ή λοξότμηση, είναι η τομή ενός τεμαχίου υπό κάποια γωνία. Επομένως, έχει ως αποτέλεσμα να προκύπτει μια πιο ομαλή ακμή στο σημείο που γίνεται η κοπή. Η συγκεκριμένη κατεργασία χρησιμοποιείται για να γίνουν πιο ομαλές και στρογγυλεμένες οι ακμές που υπάρχουν στην εσωτερική ή εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου. Στο σημείο Turning του CAM, επιλέγεται με το ποντίκι το Turning, το παράθυρο επεκτείνεται και επιλέγεται το εικονίδιο, που φαίνεται στο [Σχήμα 3.9.1](#).




Σχήμα 3.9.1: Turning Chamfer

Αφού επιλεγεί το παραπάνω εικονίδιο, ανοίγει στο αριστερά τμήμα της οθόνης ένα παράθυρο με διάφορες καρτέλες, στις οποίες ορίζονται οι παράμετροι της κατεργασίας. Σε αυτό το παράθυρο υπάρχουν καρτέλες για τα εργαλεία (Tool), τη γεωμετρία του τεμαχίου (Geometry), την ακτίνα (Radii), τα περάσματα (Passes) και τη σύνδεση με τις υπόλοιπες κατεργασίες (Linking), όπως και στις προηγούμενες κατεργασίες.

Στην καρτέλα **Tool** δίνονται οι πληροφορίες για το κοπτικό εργαλείο που θα χρησιμοποιηθεί, την ταχύτητα κοπής και την διεύθυνση κίνησης. Η καρτέλα αυτή, είναι παρόμοια με την αντίστοιχη στην κατεργασία Groove. Οι παράμετροί της έχουν αναλυθεί πριν το [Σχήμα 3.8.1.2](#). Η μόνη διαφορά είναι ότι δεν υπάρχει το πεδίο **Direction** στο σημείο **Mode & Direction**.

Σχήμα 3.9.2: Turning Chamfer Tool

Η επόμενη καρτέλα αφορά την γεωμετρία του τεμαχίου προς κοπή, (**Geometry**). Η καρτέλα αυτή διαμορφώνεται όπως παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.9.3](#). Ο χειριστής επιλέγει το  στο πεδίο **Chamfers** και κάνει κλικ στις ακμές του τεμαχίου που επιθυμεί να στρογγυλευθούν.

Σχήμα 3.9.3: Turning Chamfer Geometry

Η καρτέλα **Radii**, επιτρέπει στον χρήστη του προγράμματος να δίνει κάποιους ακτινικούς περιορισμούς στο πεδίο κατεργασίας που θα ενεργήσει η εργαλειομηχανή. Η καρτέλα αυτή προσαρμόζεται ανάλογα με το αν έχει επιλεγεί εξωτερική ή εσωτερική τórνευση στο πεδίο **Mode** της καρτέλας **Tool**. Η καρτέλα αυτή είναι ακριβώς ίδια με την αντίστοιχη της κατεργασίας **Groove** επομένως έχει αναλυθεί στα [Σχήματα 3.5.4 και 3.3.14](#), τόσο για την εσωτερική όσο και για την εξωτερική στρογγύλευση των ακμών.

Η καρτέλα **Passes**, αφορά τα περάσματα και τις παραμέτρους τους, που θα πραγματοποιήσει το κοπτικό εργαλείο μέχρι να ολοκληρωθεί η κατεργασία. Το πρώτο πεδίο της καρτέλας, το **Tolerance**, έχει αναλυθεί στο [Σχήμα 3.3.22](#). Η επιλογή **Multiple passes** είναι για να δίνει τη δυνατότητα πραγματοποίησης περισσότερων από ένα περάσματα, προκειμένου να ολοκληρωθεί η επιθυμητή κατεργασία. Αφού επιλεγεί από τον χρήστη, το παράθυρό επεκτείνεται και εμφανίζεται το πεδίο **Stepover**, όπου καθορίζεται πόσα χιλιοστά

επιθυμεί ο χειριστής να είναι το κάθε πέρασμα. Η επιλογή **Reverse chamfer pass**, είναι αν ο χρήστης επιθυμεί να αντιστρέψει την κατεύθυνση πραγματοποίησης της κατεργασίας. Στο πεδίο **Chamfer width**, ορίζεται το πλάτος που θα γίνει η λοξότμηση. Στο πεδίο **Chamfer extension**, επιλέγεται η απόσταση που θα κινηθεί το κοπτικό εργαλείο αφού πραγματοποιήσει την στρογγύλευση, προκειμένου να έχει καλύτερη ποιότητα η επιφάνεια κοπής και να αφαιρεθούν τυχόν υπολείμματα υλικού. Στο πεδίο **Chamfer angle**, καθορίζεται η γωνία υπό την οποία θα γίνει η λοξότμηση

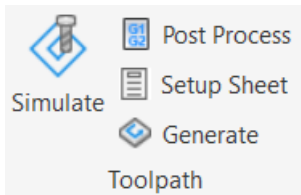
Σχήμα 3.9.4: Turning Chamfer Passes

Η τελευταία καρτέλα, (**Linking**), είναι αυτή που ορίζει πως θα γίνει η σύνδεση των περασμάτων και των κύκλων κοπής στην συγκεκριμένη κατεργασία. Το πρώτο πεδίο της καρτέλας (**Linking**) είναι ίδιο με το αντίστοιχο της καρτέλας στην κατεργασία δημιουργίας προφίλ, επομένως έχει παρουσιαστεί στα [Σχήματα 3.5.11 και 3.5.12](#). Το δεύτερο πεδίο, **Approach & Retract**, είναι ίδιο με τις προηγούμενες κατεργασίες και έχει παρουσιαστεί στο [Σχήμα 3.3.26](#).

Σχήμα 3.9.5: Turning Chamfer Linking

### 3.10 Toolpath

Αφού σχεδιαστεί το τεμάχιο και οριστούν οι παράμετροι των κατεργασιών του μένει να μετατραπούν όσα έχουν καθοριστεί σε G κώδικα, τον οποίο θα μπορεί να διαβάσει η εργαλειομηχανή, προκειμένου να πραγματοποιήσει τις κοπές. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.10.1, υπάρχει ξεχωριστό τμήμα στο CAM για αυτή τη διαδικασία.



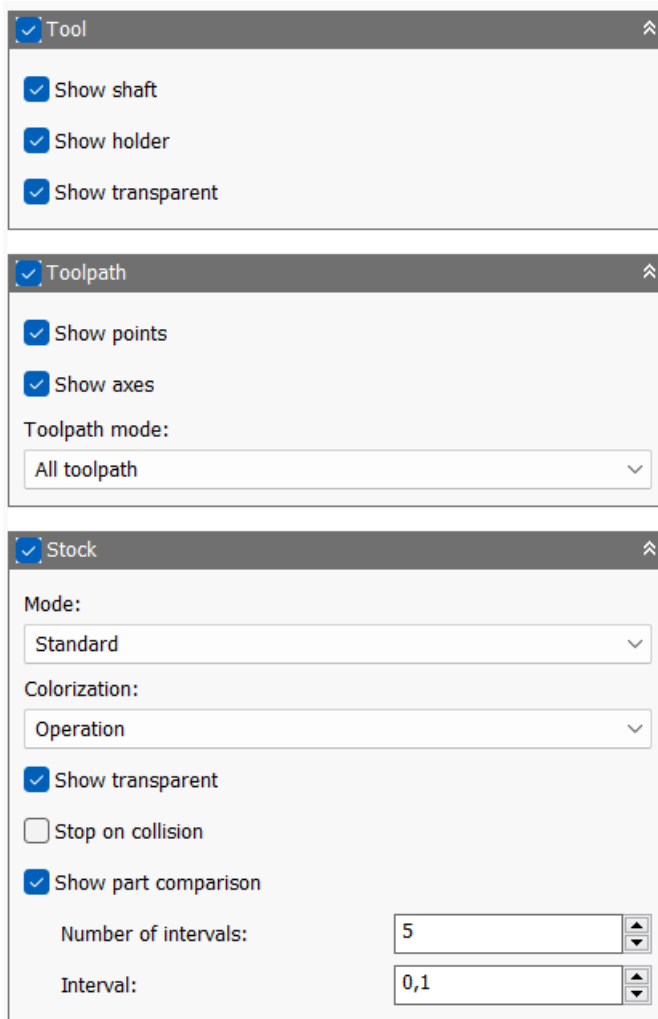
Σχήμα 3.10.1: Toolpath

Στο πεδίο αυτό υπάρχουν τέσσερις διαφορετικές επιλογές.

#### 3.10.1 Simulate

Η πρώτη επιλογή, το **Simulate**, παρέχει στον χρήστη του λογισμικού τη δυνατότητα να κάνει προσομοίωση των κατεργασιών και της διαδρομής που θα πραγματοποιήσει το κοπτικό εργαλείο. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει είτε μια κατεργασία είτε πολλές προκειμένου να γίνει προσομοίωση. Αφού επιλέξει, ανοίγει στο αριστερό τμήμα της οθόνης ένα νέο παράθυρο με τρεις καρτέλες για να οριστούν οι επιλογές της προσομοίωσης.

Η πρώτη καρτέλα ονομάζεται **Display** και αφορά την απεικόνιση κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης. Η καρτέλα αυτή περιέχει τρία πεδία που υπάρχει η δυνατότητα να επιλεγούν ή όχι. Το πρώτο πεδίο ορίζει την απεικόνιση του κοπτικού εργαλείου (**Tool**), το δεύτερο την απεικόνιση της διαδρομής του κοπτικού εργαλείου (**Toolpath**) και το τρίτο το στοκ, δηλαδή το τεμάχιο προς κοπή (**Stock**). Ο χειριστής επιλέγει ποια πεδία επιθυμεί προς απεικόνιση και επεκτείνονται οι αντίστοιχες καρτέλες.



#### Διαθέσιμες επιλογές Tool

**Show shaft:** Ενεργοποιείται η απεικόνιση του άξονα του εργαλείου κοπής

**Show holder:** Ενεργοποιείται η απεικόνιση του τεμαχίου συγκράτησης του εργαλείου κοπής

**Show transparent:** Το κοπτικό εργαλείο, ο άξονας και η μανέλα συγκράτησης εμφανίζονται με διάφανη όψη

#### Διαθέσιμες επιλογές Toolpath

**Show points:** Ενεργοποιείται η απεικόνιση με μαύρες κουκίδες, των σημείων που αλλάζει η ταχύτητα ή η κίνηση στην κοπή

**Show axes:** Ενεργοποιείται η απεικόνιση των αξόνων X, Y, Z

**Toolpath mode:** Επιλέγεται ο τρόπος απεικόνισης της διαδρομής

#### Διαθέσιμες επιλογές Stock

**Mode:** Καθορίζεται ο τρόπος πραγματοποίησης των κατεργασιών

**Colorization:** Καθορίζεται ο χρωματισμός του στοκ κατά τη διάρκεια των κατεργασιών

**Show transparent:** Το στοκ που

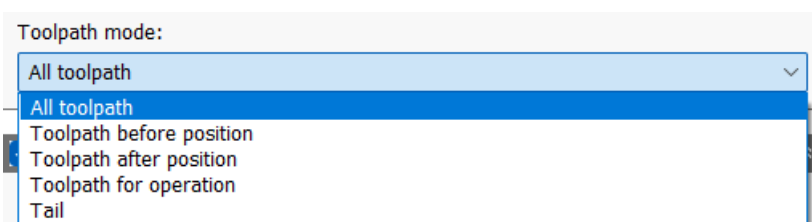
απομένει εμφανίζεται με διάφανη όψη

**Stop on collision:** Η προσομοίωση σταματά αυτόματα όταν υπάρξει σύγκρουση

**Show part comparison:** Ενεργοποιείται η απεικόνιση της σύγκρισης του στοκ (πράσινο χρώμα) με τα σημεία προς αφαίρεση (μπλε χρώμα) και το τελικό τεμάχιο (ασημί χρώμα)

Σχήμα 3.10.1.1: Display

Στο Σχήμα 3.10.1.2 αναλύονται οι επιλογές στο πεδίο **Toolpath mode**.



#### Διαθέσιμες επιλογές

##### Toolpath mode

**All toolpath:** Απεικονίζονται όλες οι διαδρομές του κοπτικού εργαλείου

**Toolpath before position:**

Απεικονίζονται οι διαδρομές του κοπτικού εργαλείου κατά τη διάρκεια που πραγματοποιείται η κοπή

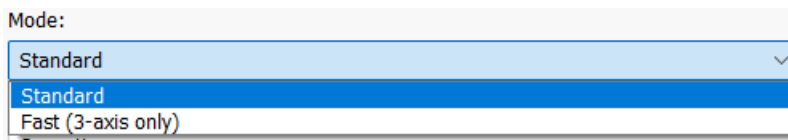
**Toolpath after position:** Απεικονίζονται οι διαδρομές του κοπτικού εργαλείου πριν πραγματοποιηθεί η κοπή και στη συνέχεια εξαφανίζονται

**Toolpath for operation:** Απεικονίζονται οι διαδρομές του κοπτικού εργαλείου μόνο για την συγκεκριμένη κατεργασία που πραγματοποιείται

**Tail:** Απεικονίζονται οι διαδρομές του κοπτικού εργαλείου καθώς κόβει και εξαφανίζονται στη συνέχεια

Σχήμα 3.10.1.2: Toolpath mode

Στο Σχήμα 3.10.1.3 αναλύονται οι επιλογές στο πεδίο **Mode**.



Διαθέσιμες επιλογές Mode

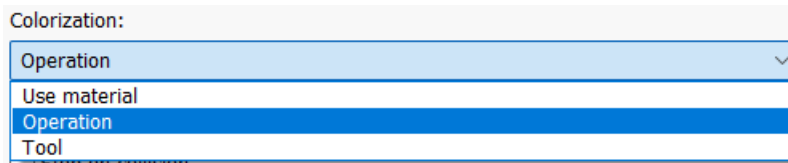
**Standard:** Προεπιλογή απεικόνισης που υποστηρίζει δισδιάστατες και πολυαξονικές

κατεργασίες

**Fast:** Γρήγορη απεικόνιση για μεγάλες διαδρομές που δεν υποστηρίζει πολυαξονικές κατεργασίες

Σχήμα 3.10.1.3: Mode

Στο Σχήμα 3.10.1.4 αναλύονται οι επιλογές στο πεδίο **Colorization**.



Διαθέσιμες επιλογές

Colorization

**Use material:** Το στοκ απεικονίζεται με το χρώμα του υλικού που ορίζεται στο πεδίο

που εμφανίζεται

**Operation:** Το στοκ απεικονίζεται με χρώμα ανάλογο με την κατεργασία που πραγματοποιείται

**Tool:** Το στοκ απεικονίζεται με το ίδιο χρώμα για τις κατεργασίες που χρησιμοποιούν το ίδιο εργαλείο, κάθε εργαλείο έχει και ένα χρώμα

Σχήμα 3.10.1.4: Colorization

Η δεύτερη καρτέλα, **Info**, παρέχει πληροφορίες σχετικά με την κίνηση του κοπτικού εργαλείου για την εκάστοτε κατεργασία που πραγματοποιείται. Το πεδίο **Position**, αφορά τη θέση του κοπτικού εργαλείου την κάθε στιγμή και τις παραμέτρους κίνησής του. Το πεδίο **Operation**, δίνει πληροφορίες για την κατεργασία που πραγματοποιείται, το κοπτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται και τις παραμέτρους του. Το πεδίο **Machine**, παρέχει πληροφορίες για τους άξονες στους οποίους γίνεται η κατεργασία. Τέλος, το πεδίο **Verification**, αφορά τον όγκο του αρχικού και τελικού τεμαχίου και την ύπαρξη ή όχι συγκρούσεων.

Position	
X position:	0 mm
Y position:	0 mm
Z position:	80 mm
Spindle speed:	400 rpm CW
Feedrate:	Rapid
Movement:	Rapid

Operation	
Description:	Drill1
Type:	Drill
Tool:	#3 - Ø6mm drill
Work offset:	#0
Setup:	Setup1
Time:	0:00:00 (0,0%) New tool

**Time:** Χρόνος κατεργασίας

#### Διαθέσιμες επιλογές Position

**X position:** Θέση στον X άξονα

**Y position:** Θέση στον Y άξονα

**Z position:** Θέση στον Z άξονα

**Spindle speed:** Ταχύτητα περιστροφής τσοκ

**Feedrate:** Πρόωση

**Movement:** Κίνηση κοπτικού

#### Διαθέσιμες επιλογές Operation

**Description:** Ονομασία κοπτικού

**Type:** Είδος κοπτικού

**Tool:** Τύπος κοπτικού

**Work offset:** Πεδίο αναφοράς που χρησιμοποιείται

**Setup:** Setup κατεργασίας

Machine	
Description:	3-axis
Tilt:	0,000°
Turn:	0,000°

Verification	
Detected collisions:	1
Volume:	298,468 cm <sup>3</sup> (88,0%)
Start volume:	339,292 cm <sup>3</sup>
Distance:	Unavailable

**Start volume:** Όγκος αρχικού τεμαχίου

**Distance:** Απόσταση

#### Διαθέσιμες επιλογές Machine

**Description:** Περιγραφή αξόνων κατεργασίας (2 ή 3 άξονες)

**Tilt:** Κλίση κατεργασίας

**Turn:** Στροφή κατεργασίας

#### Διαθέσιμες επιλογές

##### Verification

**Detected collisions:**

Συγκρούσεις που εντοπίστηκαν

**Volume:** Όγκος τελικού τεμαχίου

Σχήμα 3.10.1.5: Info

Η τελευταία καρτέλα, **Statistics**, παρέχει πληροφορίες για όλες τις κατεργασίες που έχουν επιλεγεί για προσομοίωση.

Statistics	
Machining time:	0:00:00
Machining distance:	1,28426 m
Operations:	5
Tool changes:	3

### Διαθέσιμες επιλογές

#### Statistics

**Machining time:** Συνολικός χρόνος κατεργασίας

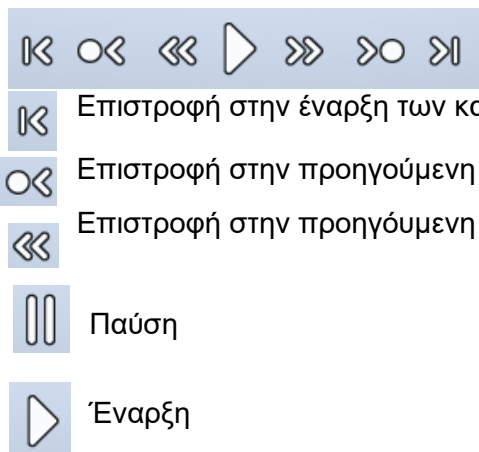
**Machining distance:** Συνολική απόσταση που διανύεται από τα κοπτικά εργαλεία

**Operations:** Αριθμός κατεργασιών

**Tool changes:** Αλλαγές κοπτικών εργαλείων

Σχήμα 3.10.1.6: Statistics

Τέλος, κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης εμφανίζεται στην οθόνη του υπολογιστή η μπάρα που παρουσιάζεται στο [Σχήμα 3.10.1.7](#) που ελέγχει την πορεία της προσομοίωσης. Επεξηγούνται οι επιλογές μόνο για τη μια κατεύθυνση. Στην μπροστά κατεύθυνση, οι επιλογές είναι οι ίδιες απλά προχωράει η προσομοίωση στην επόμενη φάση.



Επιστροφή στην έναρξη των κατεργασιών

Επιστροφή στην προηγούμενη κατεργασία

Επιστροφή στην προηγούμενη φάση κατεργασίας

Παύση

Έναρξη

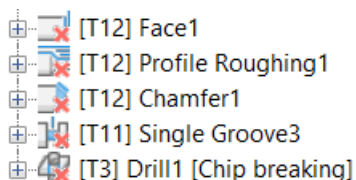
Με την μετακίνηση του κύκλου προς τα δεξιά αυξάνεται η ταχύτητα αναπαραγωγής της προσομοίωσης

Σχήμα 3.10.1.7: Επιλογές προσομοίωσης

### 3.10.2 Generate

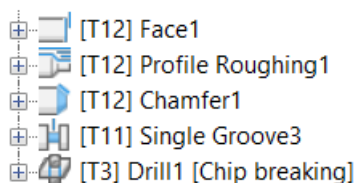
Η επιλογή **Generate**, παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα να επαναπροσδιορίσει την γεωμετρία που θα ληφθεί υπόψη στις επιλεγμένες κατεργασίες, σε περίπτωση που πραγματοποιήσει κάποια αλλαγή στην γεωμετρία του τεμαχίου. Όταν ο χρήστης σχεδιάζει το τεμάχιο που επιθυμεί και στη συνέχεια καθορίζει τις παραμέτρους και τις κατεργασίες με τις οποίες θα επιτευχθεί το αποτέλεσμα που έχει σχεδιαστεί, τότε η γεωμετρία του τεμαχίου προς κατεργασία πριν την έναρξη κάθε κατεργασίας, λαμβάνεται υπόψη αυτόματα. Αν όμως γίνει κάποια αλλαγή στην γεωμετρία του τεμαχίου, τότε πρέπει να προσαρμοστεί εκ νέου η

γεωμετρία που θα ληφθεί υπόψη για τις κατεργασίες που επηρεάζονται από την αλλαγή αυτή. Οι κατεργασίες που πρέπει να επαναπροσαρμοστούν εμφανίζονται όπως φαίνεται στο Σχήμα 3.10.2.1.



Σχήμα 3.10.2.1: Κατεργασίες προς Generate

Είναι απαραίτητο να γίνει το Generate στις κατεργασίες που έχουν την παραπάνω μορφή προκειμένου να μπορέσει να παραχθεί ο κώδικας για την πραγματοποίησή τους. Όταν οι κατεργασίες έχουν την μορφή που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.10.2.2, τότε είναι έτοιμες για να μετατραπούν σε G κώδικα.



Σχήμα 3.10.2.2: Κατεργασίες μετά το Generate


### 3.10.3 Setup Sheet

Η επιλογή **Setup Sheet** επιτρέπει στον χρήστη να εξάγει ένα φύλλο, είτε σαν HTML είτε με τη μορφή Sheet στο Excel, στο οποίο θα περιέχονται όλες οι πληροφορίες για την κατεργασία του τεμαχίου και το τελικό αποτέλεσμα που προκύπτει. Αφού ο χρήστης επιλέξει το Setup Sheet, ανοίγει ένα παράθυρο στο οποίο καλείται να επιλέξει τον φάκελο όπου θα αποθηκευτεί το φύλλο που θα δημιουργηθεί. Στη συνέχεια, αφού το αποθηκεύσει, το φύλλο ανοίγει αυτόματα στον προεπιλεγμένο Internet Browser. Εφόσον επιθυμεί, ο χρήστης μπορεί να εκτυπώσει το φύλλο. Στο Σχήμα 3.10.3.1, παρουσιάζεται ένα Setup Sheet. Στο φύλλο, στο τμήμα **Setup** υπάρχουν πληροφορίες για τις διαστάσεις του αρχικού και τελικού τεμαχίου, καθώς και την μεγαλύτερη και μικρότερη απόσταση στους άξονες. Στο τμήμα **Total**, παρέχονται πληροφορίες όπως ο συνολικός αριθμός των κατεργασιών, των εργαλείων που χρησιμοποιούνται, η ταχύτητα, η πρόωση και ο συνολικός χρόνος κατεργασίας του τεμαχίου. Στο πεδίο **Tools**, φαίνονται όλες οι παράμετροι των εργαλείων και των μανέλων που θα χρησιμοποιηθούν. Τέλος, στο τμήμα **Operations** παρουσιάζονται όλες οι παράμετροι για την κάθε κατεργασία.

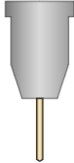


## Setup Sheet for Program 1001





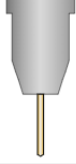
JOB DESCRIPTION: Setup1

DOCUMENT PATH: C:\Users\TINA\OneDrive\Eγγραφα\Inventor\Content Center Files\Turning  
ex.ipt

Setup	
<p>WCS: #0</p> <p>STOCK:</p> <p>DX: 60mm</p> <p>DY: 60mm</p> <p>DZ: 120mm</p> <p>PART:</p> <p>DX: 60mm</p> <p>DY: 60mm</p> <p>DZ: 89mm</p> <p>STOCK LOWER IN WCS #0:</p> <p>X: -30mm</p> <p>Y: -30mm</p> <p>Z: -120mm</p> <p>STOCK UPPER IN WCS #0:</p> <p>X: 30mm</p> <p>Y: 30mm</p> <p>Z: 0mm</p>	

Total
<p>NUMBER OF OPERATIONS: 5</p> <p>NUMBER OF TOOLS: 3</p> <p>TOOLS: T3 T11 T12</p> <p>MAXIMUM Z: 80mm</p> <p>MINIMUM Z: -40mm</p> <p>MAXIMUM FEEDRATE: 38.1mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 433.05mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 846.21mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 15m:3s</p>

Tools			
<p><b>T3 D3 L3</b></p> <p>TYPE: drill LIVE</p> <p>DIAMETER: 6mm</p> <p>TIP ANGLE: 118°</p> <p>LENGTH: 62mm</p> <p>FLUTES: 1</p>	<p>MINIMUM Z: -11mm</p> <p>MAXIMUM FEED: 24mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 400rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 16.11mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 232.64mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 43s (4.8%)</p>	<p>HOLDER: WENDEL</p> <p>PRODUCT: 309.15.16.K</p>	
<p><b>T11 D0</b></p> <p>TYPE: groove turning</p> <p>INSERT: Square</p> <p>WIDTH: 3mm</p> <p>NOSE RADIUS: 0.3mm</p> <p>COMPENSATION: Tip</p> <p>DESCRIPTION: OD Grooving</p>	<p>MINIMUM Z: -40mm</p> <p>MAXIMUM FEED: 38.1mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 62mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 90mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:39s (10.9%)</p>	<p>HOLDER: External Left</p>	
<p><b>T12 D0</b></p> <p>TYPE: general turning</p> <p>INSERT: ISO C 80deg</p> <p>EDGE LENGTH: 9.27mm</p> <p>NOSE RADIUS: 0.4mm</p> <p>CROSS SECTION: A</p> <p>TOLERANCE: C</p> <p>RELIEF: N 0deg</p> <p>COMPENSATION: Tip tangent</p> <p>DESCRIPTION: CNMT Right Hand</p>	<p>MINIMUM Z: -27.82mm</p> <p>MAXIMUM FEED: 30mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 5000rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 354.94mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 523.57mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 11m:56s (79.3%)</p>	<p>HOLDER: ISO L Left</p>	

Operations			
Operation 1/5 DESCRIPTION: Face1 STRATEGY: Turning Face WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -1mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 300rpm FEEDRATE PER REV: 0.1mm CUTTING DISTANCE: 37.98mm RAPID DISTANCE: 63.15mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:17s (8.5%) COOLANT: Flood	<b>T12 D0</b> TYPE: general turning INSERT: ISO C 80deg EDGE LENGTH: 9.27mm NOSE RADIUS: 0.4mm CROSS SECTION: A TOLERANCE: C RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: CNMT Right Hand	
Operation 2/5 DESCRIPTION: Profile Roughing1 WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm MAXIMUM STEPOVER: 1mm	MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -26.1mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 300rpm FEEDRATE PER REV: 0.1mm CUTTING DISTANCE: 306.37mm RAPID DISTANCE: 308.67mm ESTIMATED CYCLE TIME: 10m:16s (68.3%) COOLANT: Flood	<b>T12 D0</b> TYPE: general turning INSERT: ISO C 80deg EDGE LENGTH: 9.27mm NOSE RADIUS: 0.4mm CROSS SECTION: A TOLERANCE: C RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: CNMT Right Hand	
Operation 3/5 DESCRIPTION: Chamfer1 STRATEGY: Turning Chamfer WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -27.82mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 300rpm FEEDRATE PER REV: 0.1mm CUTTING DISTANCE: 10.59mm RAPID DISTANCE: 151.75mm ESTIMATED CYCLE TIME: 23s (2.5%) COOLANT: Flood	<b>T12 D0</b> TYPE: general turning INSERT: ISO C 80deg EDGE LENGTH: 9.27mm NOSE RADIUS: 0.4mm CROSS SECTION: A TOLERANCE: C RELIEF: N 0deg COMPENSATION: Tip tangent DESCRIPTION: CNMT Right Hand	
Operation 4/5 DESCRIPTION: Single Groove3 STRATEGY: Turning Groove WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm STOCK TO LEAVE: 0mm	MAXIMUM Z: 5mm MINIMUM Z: -40mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 300rpm FEEDRATE PER REV: 0.127mm CUTTING DISTANCE: 62mm RAPID DISTANCE: 90mm ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:39s (10.9%) COOLANT: Flood	<b>T11 D0</b> TYPE: groove turning INSERT: Square WIDTH: 3mm NOSE RADIUS: 0.3mm COMPENSATION: Tip DESCRIPTION: OD Grooving	
Operation 5/5 DESCRIPTION: Drill1 STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM Z: 80mm MINIMUM Z: -11mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 400rpm MAXIMUM FEEDRATE: 24mm/min CUTTING DISTANCE: 16.11mm RAPID DISTANCE: 232.64mm ESTIMATED CYCLE TIME: 43s (4.8%) COOLANT: Off	<b>T3 D3 L3</b> TYPE: drill LIVE DIAMETER: 6mm TIP ANGLE: 118° LENGTH: 62mm FLUTES: 1	

Σχήμα 3.10.3.1: Setup Sheet

### 3.10.4 Post Process

Η επιλογή **Post Process**, είναι το τελικό στάδιο πριν την εισαγωγή του G κώδικα που έχει παραχθεί στην εργαλειομηχανή, προκειμένου να κοπεί το τεμάχιο. Όπως έχει αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, post process είναι η μετατροπή των εντολών που έχουν δοθεί στο περιβάλλον CAM σε κώδικα τον οποίο αντιλαμβάνεται η εργαλειομηχανή. Post processor είναι ο μεταφραστής που θα χρησιμοποιηθεί για να μετατραπούν οι κατεργασίες CAM σε G κώδικα. Στο συγκεκριμένο περιβάλλον υπάρχουν αρκετοί post processors ήδη περασμένοι, αρκεί ο χρήστης να επιλέξει αυτόν που ταιριάζει καλύτερα στις κατεργασίες που επιθυμεί να πραγματοποιήσει. Υπάρχει όμως και η δυνατότητα να εισαχθεί στο πρόγραμμα κάποιος εξωτερικός μεταφραστής, αν οι διαθέσιμοι δεν καλύπτουν τις ανάγκες του χρήστη.

Property	Value
Max spindle speed	5000
Separate words with space	Yes
Sequence number increment	1
Start sequence number	10
Show notes	No
Use sequence numbers	Yes
Write machine	No
Write tool list	No
G53 home position X	100
G53 home position Z	200
Safe retract style	Both X then Z

## Διαθέσιμες επιλογές

### Post Process

#### **Configuration**

**Folder:** Επιλέγεται ο φάκελος που περιέχει τον post processor

#### **Post Configuration:**

Επιλέγεται ο επιθυμητός post processor

#### **Output Folder:**

Επιλέγεται ο φάκελος που θα αποθηκευτεί ο G κώδικας που θα παραχθεί

**Program name or number:** Το διακριτικό όνομα ή αριθμός του προγράμματος που εμφανίζεται στην αρχή του κώδικα

**Program comment:**

Σχόλια που θα εμφανιστούν στον κώδικα αν το επιθυμεί ο χρήστης

**Unit:** Η μονάδα μέτρησης που θα εξαχθεί ο κώδικας

**Reorder to minimize tool changes:** Η επιλογή του ανακατατάσσει τις κατεργασίες έτσι ώστε οι κατεργασίες που χρησιμοποιούν το ίδιο κοπτικό να γίνονται μαζί για να ελαχιστοποιηθούν οι αλλαγές κοπτικών εργαλείων

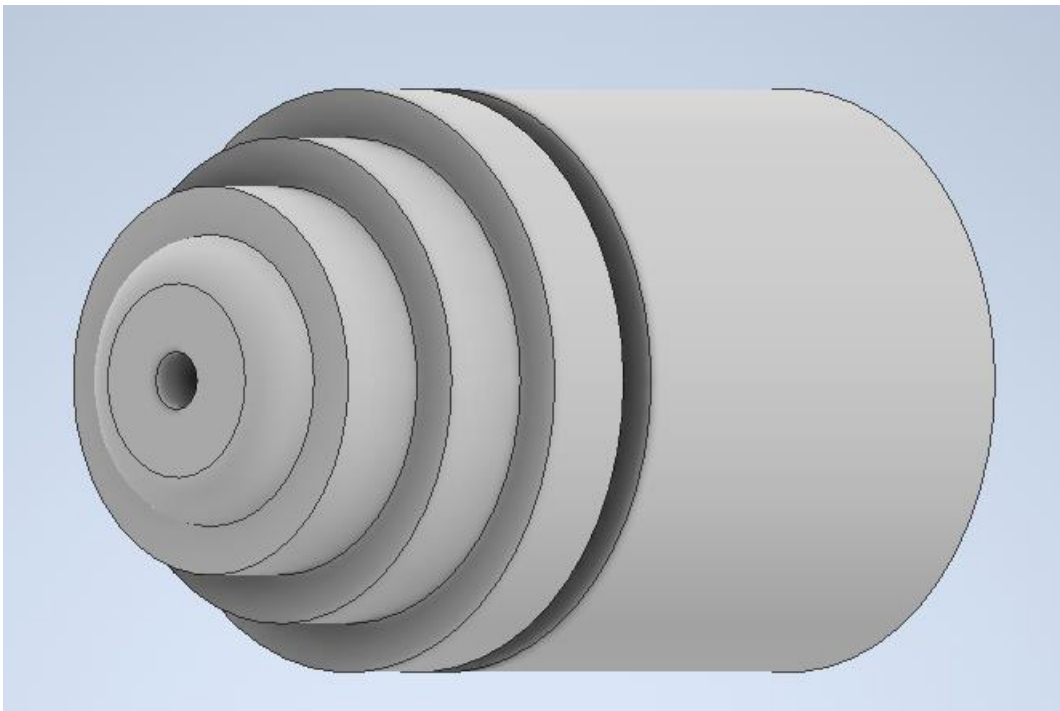
**Open NC file in editor:** Η επιλογή του ανοίγει τον κώδικα που έχει παραχθεί σε νέο παράθυρο έτσι ώστε ο χρήστης να πραγματοποιήσει επιθυμητές αλλαγές

Σχήμα 3.10.4.1: Post Process

Αφού ολοκληρωθεί η δήλωση παραμέτρων, ο χρήστης επιλέγει το πεδίο Post και τότε παράγεται ο G κώδικας που θα δοθεί στην εργαλειομηχανή. Ο χρήστης αποθηκεύει σε μια φορητή συσκευή αποθήκευσης το αρχείο που προκύπτει και το εισάγει στην εργαλειομηχανή για να παραχθεί το επιθυμητό τεμάχιο.

## 4. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΔΟΚΙΜΙΟΥ

Σε συνέχεια της επεξήγησης του λογισμικού Inventor CAM της Autodesk για την τόννευση θα κατασκευαστεί ένα δοκίμιο με τη χρήση κάποιων από τις κατεργασίες που αναλύθηκαν στο Κεφάλαιο 3. Το δοκίμιο που έχει σχεδιαστεί παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.1. Οι κατεργασίες που θα χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή του παρακάτω τεμαχίου είναι η κατεργασία αφαίρεσης προφίλ (**Face**), η εκχόνδριση (**Profile Roughing**), η αυλάκωση (**Single Groove**), η λοξότμηση (**Chamfer**) και η δημιουργία οπής (**Drill**).



Σχήμα 4.1: Δοκίμιο προς κατασκευή

### 4.1 Tool Library

Αρχικά, δηλώνονται τα κοπτικά εργαλεία και οι μανέλες που θα χρησιμοποιηθούν για τις κατεργασίες στην βιβλιοθήκη εργαλείων του λογισμικού. Θα χρησιμοποιηθούν τρία κοπτικά εργαλεία. Ένα εργαλείο εκχόνδρισης, ένα εργαλείο για τη δημιουργία αυλακώσεων και ένα τρυπάνι. Ανοίγει η βιβλιοθήκη εργαλείων όπως έχει υποδειχθεί στο Κεφάλαιο 3.1, επιλέγεται από τον χρήστη η δήλωση νέου κοπτικού εργαλείου και οι παράμετροι που θα δηλωθούν δίνονται από τον κατασκευαστή, τόσο για το κοπτικό εργαλείο όσο και για τη μανέλα που το συγκρατεί. Το κοπτικό εργαλείο που θα δηλωθεί πρώτο είναι αυτό με κωδικό Sandvik CNMG PM 4225 που πραγματοποιεί εκχόνδριση. Οι παράμετροί για την δήλωση του κοπτικού εργαλείου σε όλες τις καρτέλες παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.1.1.

Tool: #12 - CNCA703? CNMT Right Hand

General Insert Holder Setup Feed & Speed

**General**

Number: 12 Coolant: Flood Description: CNMT Right Hand

Compensation offset: 0 Material: Ti Coated Comment:

Turret: 0 Vendor:

☐ Manual tool change

☐ Break control

Product id:

OK Cancel

Tool: #12 - CNCA1204? CNMT Right Hand

General Insert Holder Setup Feed & Speed

Type: General Turning Shape: C = 80deg Diamond Cross section: Type A

Unit: Millimeters Name: CNCA1204? Tolerance: C

Size (cutting edge length): Custom 12,896 mm Relief angle: N = 0deg

Corner radius: Custom 0,794 mm Thickness: 04 = 4,76mm

OK Cancel

Tool: #12 - CNCA703? CNMT Right Hand

General Insert Holder Setup Feed & Speed

Type: General Turning Style: L = -5deg side (both) Hand: L = Left handed

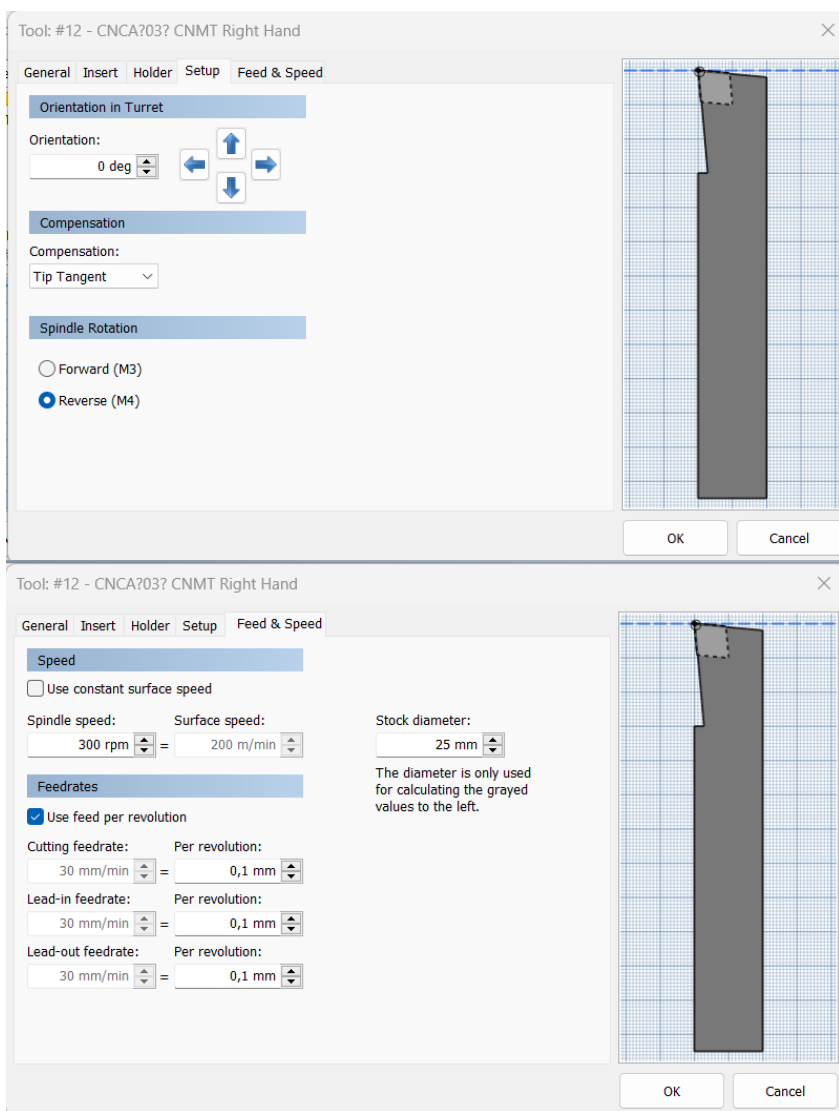
Unit: Millimeters Name: Clamping: D = Rigid lock

Cutting width: 20 mm Head length: 30 mm Overall length: 125 mm

Shank height: 20 mm Shank width: 20 mm

☐ Round shank

OK Cancel



Σχήμα 4.1.1: Δήλωση κοπτικού εκχόνδρισης

Έπειτα δηλώνεται το κοπτικό με κωδικό Sandvik TF1125, που πραγματοποιεί τη δημιουργία αυλακώσεων. Οι παράμετροι για την δήλωση του κοπτικού εργαλείου σε όλες τις καρτέλες παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.1.2.

Tool: #11 - turning grooving OD Grooving

General Insert Holder Setup Feed & Speed

General

Number: 11 Coolant: Flood Description: OD Grooving

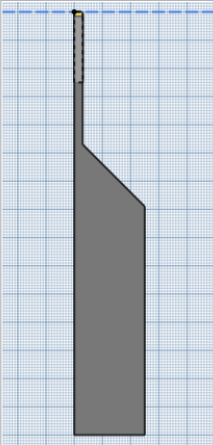
Compensation offset: 0 Material: Ti Coated Comment:

Turret: 0 Vendor:

☐ Manual tool change

☐ Break control

Product id:



OK Cancel

Tool: #11 - turning grooving OD Grooving

General Insert Holder Setup Feed & Speed

Type: Grooving Shape: Square

Unit: Millimeters Name:

Corner radius: 0,3 mm

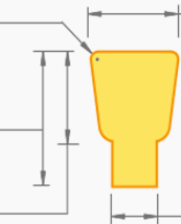
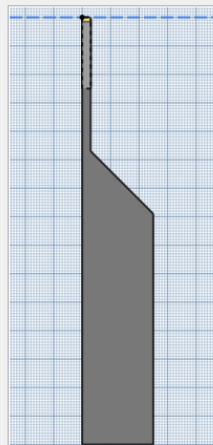
Overall length: 25 mm

Head length: 1,8 mm

Groove width: 3 mm

Width: 3 mm

Thickness: 4,3321 mm

OK Cancel

Tool: #11 - turning grooving OD Grooving

General Insert Holder Setup Feed & Speed

Type: Grooving Style: External Grooving Hand: L = Left handed

Unit: Millimeters Name: Clamping: C = Clamp lock

Cutting width: 25 mm

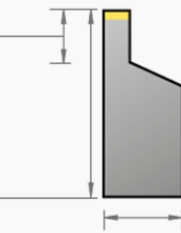
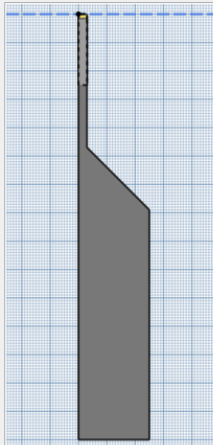
Head length: 47 mm

Overall length: 150 mm

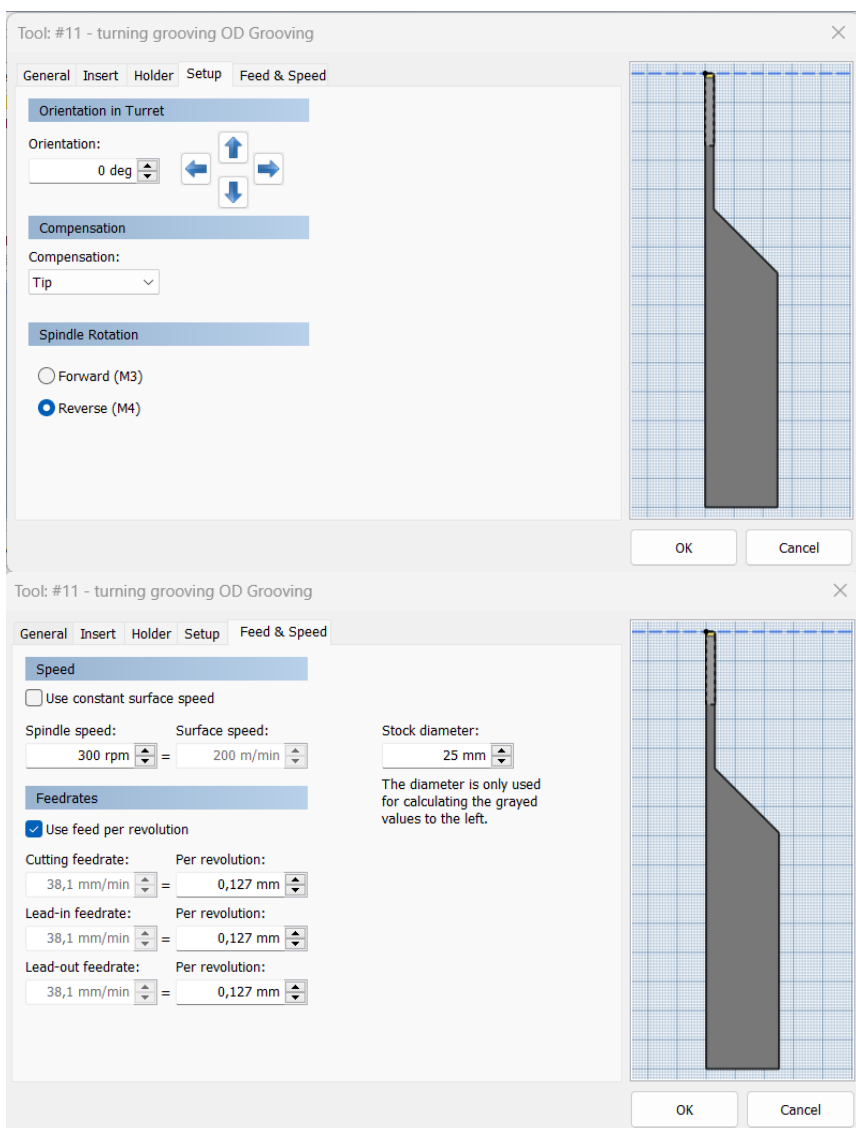
Shank height: 25 mm

Shank width: 25 mm

☐ Round shank

OK Cancel



Σχήμα 4.1.2: Δήλωση κοπτικού αυλακώσεων

Τέλος, ορίζονται οι παράμετροι για το τρυπάνι που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και τον συγκρατητή του. Επιλέγεται από τα ήδη υπάρχοντα εργαλεία το τρυπάνι 6mm και θα αλλαχθούν κάποιες από τις παραμέτρους του. Το συγκεκριμένο τρυπάνι έχει κωδικό Werko HSS 6.0mm. Επειδή για το συγκεκριμένο τρυπάνι δεν υπήρχαν ακριβείς πληροφορίες για τις διαστάσεις, οι απαραίτητες παράμετροι μετρήθηκαν τόσο για το τρυπάνι όσο και για τον συγκρατητή και φαίνονται στο Σχήμα 4.1.3.

Tool: #3 - Ø6mm drill

General Cutter Shaft Holder Holder Geometry Feed & Speed

**General**

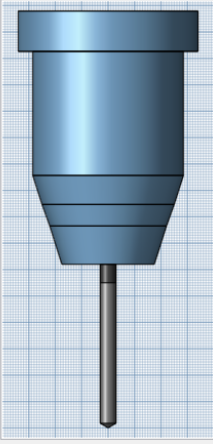
Number: 3 Coolant: Disabled Description:

Length offset: 3 Material: Unspecified Comment:

Diameter offset: 3 Vendor:

Turret: 0 Product id:

☐ Manual tool change  
☐ Break control  
☒ Live tool



OK Cancel

Tool: #3 - Ø6mm drill

General Cutter Shaft Holder Holder Geometry Feed & Speed

Type: Drill

Tip angle: 118 deg

Diameter: 6 mm

Unit: Millimeters

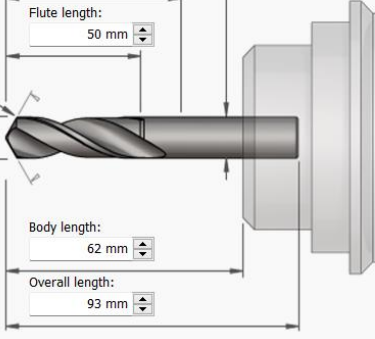
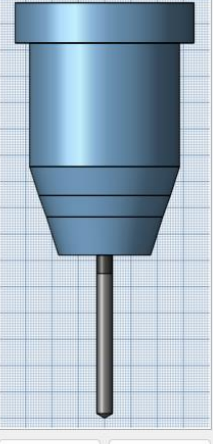
Shoulder length: 55 mm

Flute length: 50 mm

Body length: 62 mm

Overall length: 93 mm

Shaft diameter: 6 mm

OK Cancel

Tool: #3 - Ø6mm drill

General Cutter Shaft Holder Holder Geometry Feed & Speed

**Shaft Geometry**

#	Height	Lower Dia...	Upper Dia...

Segment height: 3,5 mm

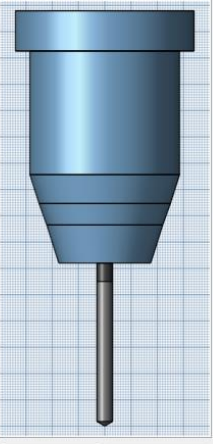
Upper diameter: 6 mm

Lower diameter: 6 mm

Add Segment

Remove Segment

Remove All



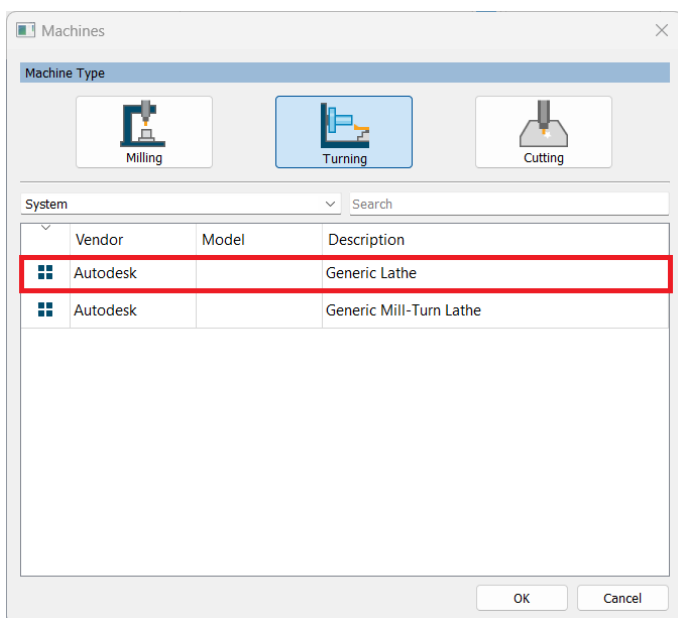
OK Cancel



Αφού ολοκληρωθεί η δήλωση των κοπτικών εργαλείων επιλέγεται το OK και η βιβλιοθήκη με τα εργαλεία είναι έτοιμη.

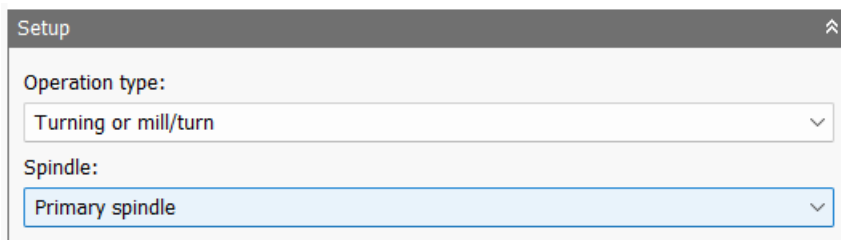
## 4.2 Setup

Σειρά έχει το Setup, η δήλωση δηλαδή του τύπου εργαλειομηχανής που θα χρησιμοποιηθεί καθώς και κάποιων βασικών αρχών για τις κατεργασίες που θα ακολουθήσουν. Αυτό γίνεται επιλέγοντας το εικονίδιο, όπως έχει αναλυθεί στο [Κεφάλαιο 3.2](#). Αρχικά, στην πρώτη καρτέλα, επιλέγεται η εργαλειομηχανή που θα χρησιμοποιηθεί για τις κατεργασίες πατώντας το **Select** στο πεδίο Machine. Στο παράθυρο που ανοίγει, επιλέγεται το Generic Lathe από το πεδίο Turning, όπως φαίνεται στο [Σχήμα 4.2.1](#).



Σχήμα 4.2.1: Setup Machine

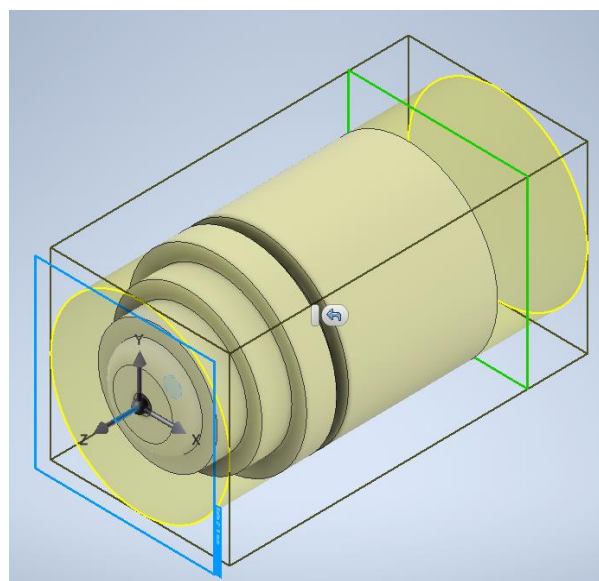
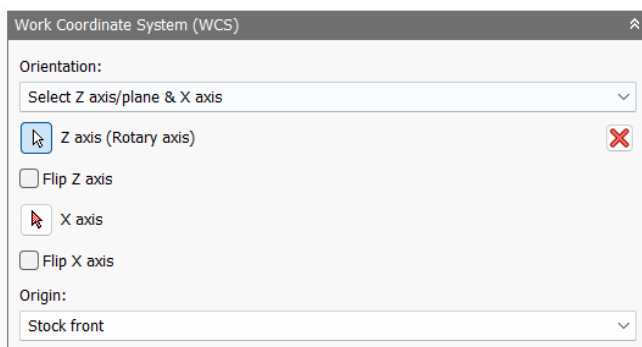
Στη συνέχεια, στο πεδίο **Setup**, καθορίζονται το είδος κατεργασίας (Turning or mill/turn) και η ταχύτητα περιστροφής του τσοκ (Primary spindle).



Σχήμα 4.2.2: Setup

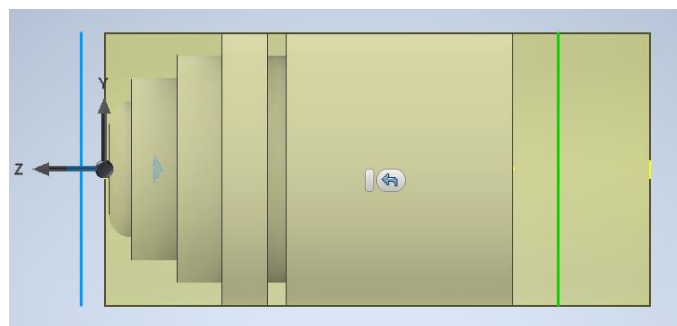
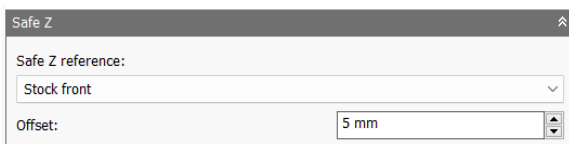
Στο επόμενο πεδίο, επιλέγεται να οριστεί η κατεύθυνση των αξόνων X και Z, καθώς και το σημείο αναφοράς τους για να οριστεί το πεδίο αναφοράς. Ο χρήστης επιλέγει με τον κέρσορα

την κατεύθυνση των αξόνων ώστε να επιτευχθεί το πεδίο αναφοράς όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.2.3. Η σωστή κατεύθυνση των αξόνων στο Setup είναι πολύ σημαντική στην τórνευση.



Σχήμα 4.2.3: Setup WCS

Στο πεδίο **Safe Z**, δηλώνεται ως σημείο αναφοράς για την απόσταση ασφαλείας στον Z άξονα, το μπροστά τμήμα του τεμαχίου και ορίζεται η απόσταση 5mm. Παρατηρείται ότι εμφανίζεται το πεδίο Safe Z με μπλε χρώμα στο σχεδιασμένο τεμάχιο.



Σχήμα 4.2.4: Setup Safe Z

Ακόμη, στο πεδίο **Model**, επιλέγεται με τον κέρσορα το μοντέλο που θα ληφθεί υπόψη για τον υπολογισμό της διαδρομής στις κατεργασίες. Στην προκειμένη περίπτωση επιλέγεται όλο το τεμάχιο που έχει σχεδιαστεί. Τέλος, ορίζεται το σημείο αναφοράς του τσοκ, όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.2.5.

Model

☒ Model
☐ Spun profile

Chuck

Chuck reference:  
Model back

Offset:  
-10 mm

Σχήμα 4.2.5: Setup Model & Chuck

Στην επόμενη καρτέλα, περιγράφονται οι αρχικές διαστάσεις του τεμαχίου προς κοπή και παρουσιάζονται με κίτρινο χρώμα γύρω από το μοντέλο που έχει σχεδιαστεί. Το τεμάχιο που θα προσδεθεί στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει αρχική διάμετρο 60mm και μήκος 120mm.

Stock

Mode:  
Fixed size cylinder

☐ Continue rest machining

Diameter:  
60 mm

Length:  
120 mm

Model position:  
Offset from front

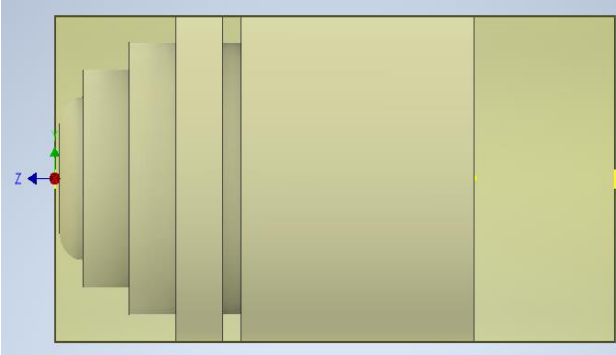
Offset:  
1 mm

Round up to nearest:  
10 mm

Model Dimensions

Diameter:  
60 mm

Length:  
89 mm



Σχήμα 4.2.6: Setup Stock

Στην τελευταία καρτέλα, δηλώνεται το όνομα του προγράμματος που θα παραχθεί και τυχόν σχόλια όπως φαίνεται στο [Σχήμα 4.2.7](#). Τέλος επιλέγεται το OK και το Setup έχει ολοκληρωθεί.

Program

Program name/number:  
1001

Program comment:

Machine WCS

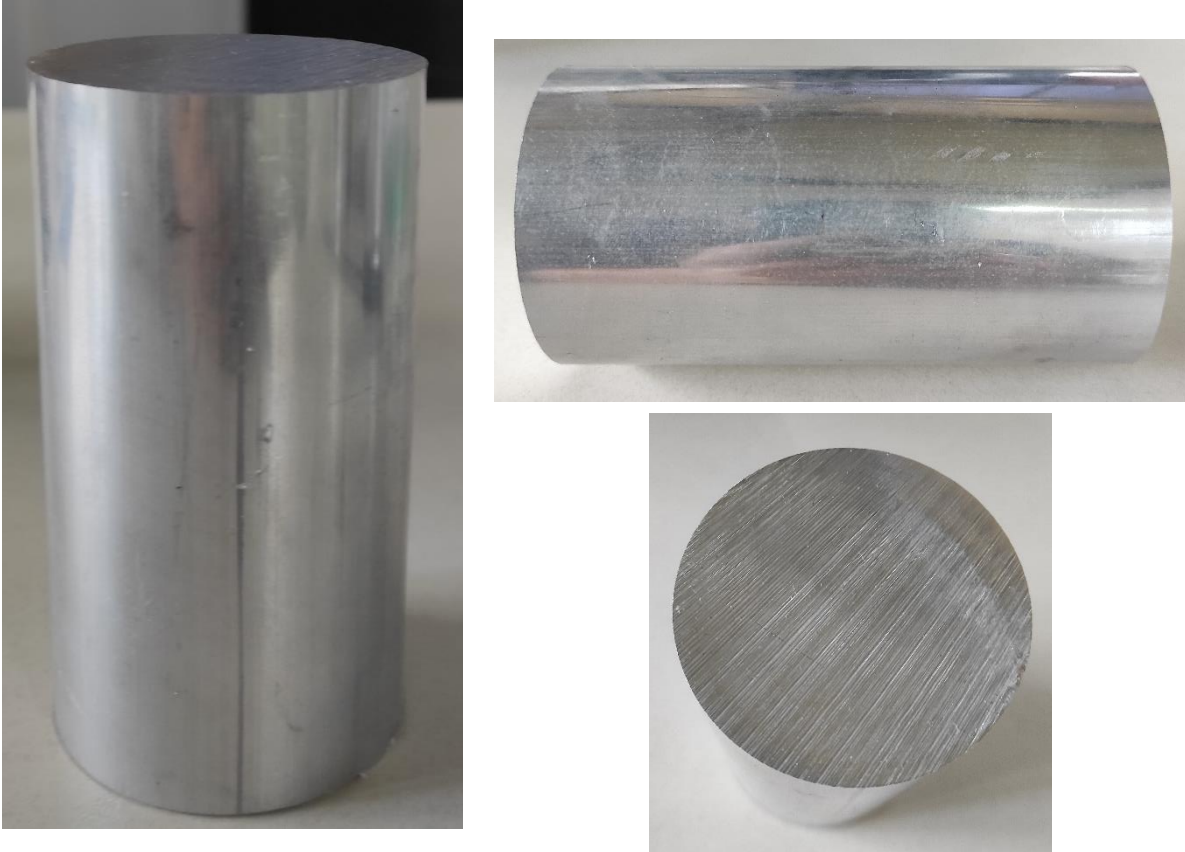
WCS offset:  
0

☐ Multiple WCS offsets

Σχήμα 4.2.7: Setup Program

### 4.3 Face

Η πρώτη κατεργασία που θα γίνει στο τεμάχιο είναι αυτή της αφαίρεσης προφίλ. Το αρχικό στοκ παρουσιάζεται στο [Σχήμα 4.3.1](#). Επομένως, για τη δημιουργία επιφάνειας καλύτερης ποιότητας είναι χρήσιμο να αφαιρεθεί το πρόσωπό του.



Σχήμα 4.3.1: Αρχικό τεμάχιο

Επιλέγεται η κατεργασία Face, όπως έχει υποδειχθεί στο [Κεφάλαιο 3.5](#) και ορίζονται οι παράμετροί της. Στην πρώτη καρτέλα (**Tool**), ο χρήστης επιλέγει το εργαλείο που έχει δηλώσει στην βιβλιοθήκη ως εργαλείο εκχόνδρισης και ορίζει τον τρόπο έκχυσης του ψυκτικού υγρού. Ακόμη, καθορίζει την ταχύτητα κίνησης του τσοκ. Αν έχει οριστεί σταθερή ταχύτητα κίνησης του τσοκ για το κοπτικό εργαλείο, τότε ενημερώνεται αυτόματα. Οι παράμετροι της καρτέλας παρουσιάζονται στο [Σχήμα 4.3.2](#).

Tool: #12 - CNCA?03? CNMT Right Hand

Tool

Coolant:  
Flood

Tool orientation:  
0 deg

---

Feed & Speed

☐ Use constant surface speed

Spindle speed:  
300 rpm

☒ Use feed per revolution

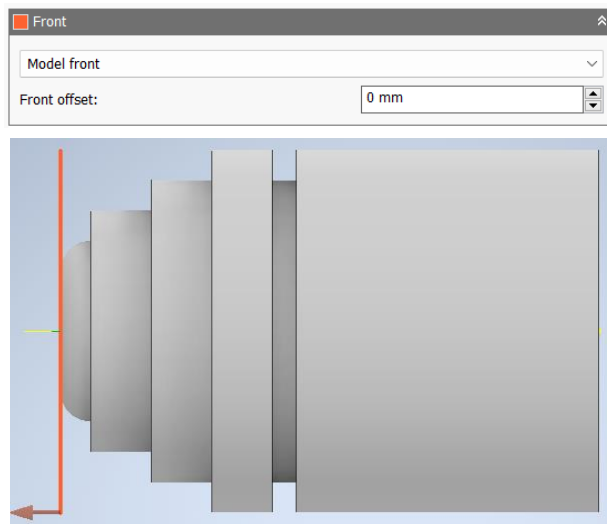
Cutting feedrate per revolution:  
0,1 mm

Lead-in feedrate per revolution:  
0,1 mm

Lead-out feedrate per revolution:  
0,1 mm

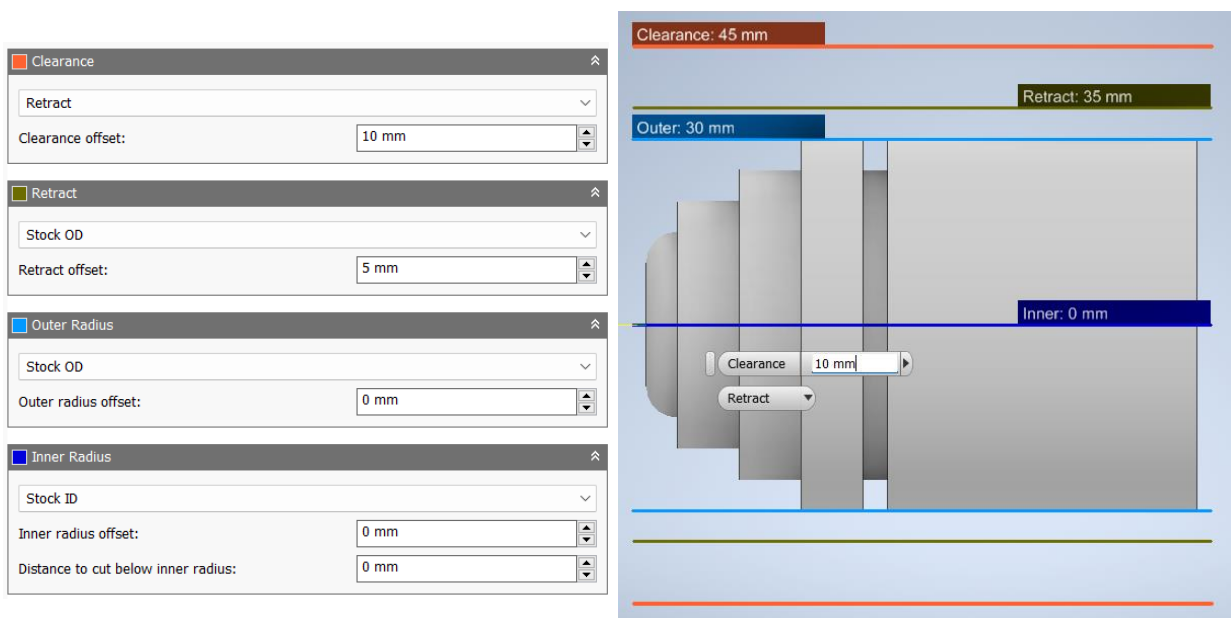
Σχήμα 4.3.2: Face Tool

Στην επόμενη καρτέλα (**Geometry**), δηλώνεται το μπροστά τμήμα του τεμαχίου και σημειώνεται με μια πορτοκαλί γραμμή, όπως προκύπτει και από το [Σχήμα 4.3.3](#).



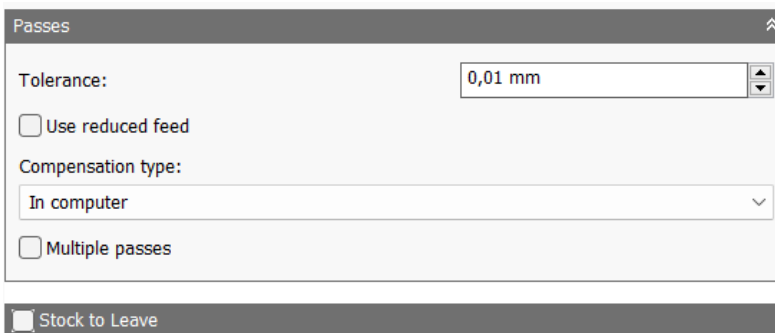
Σχήμα 4.3.3: Face Geometry

Στην καρτέλα **Radii**, καθορίζονται κάποιοι ακτινικοί περιορισμοί για το πεδίο κατεργασίας που θα ενεργήσει η εργαλειομηχανή. Σε αυτήν την καρτέλα, με πορτοκαλί επισημαίνεται η γραμμή που ορίζεται το clearance, με μπλε η γραμμή που ορίζεται η εσωτερική ακτίνα, με λαδί η ακτίνα στην οποία θα απομακρύνεται το εργαλείο και με γαλάζιο η εξωτερική ακτίνα. Οι περιορισμοί αυτοί παρουσιάζονται στο [Σχήμα 4.3.4](#).



Σχήμα 4.3.4: Face Radii

Η καρτέλα **Passes** δεν θα παρουσιάσει ιδιαίτερες μεταβολές, καθώς στην συγκεκριμένη κατεργασία θα έχουμε μόνο ένα πέρασμα και δεν επιθυμούμε να παραμείνει στοκ για επόμενες κατεργασίες, επομένως δεν θα επιλεγεί στο Stock to Leave.



Σχήμα 4.3.5: Face Passes

Η τελευταία καρτέλα (**Linking**) για την σύνδεση με τις υπόλοιπες κατεργασίες θα διαμορφωθεί όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.3.6. Αφού ολοκληρωθεί και η παραμετροποίηση αυτής της καρτέλας, επιλέγεται το OK και η κατεργασία Face έχει οριστεί.

**Linking**

Retraction policy:  
Full retraction

High feedrate mode:  
Preserve rapid movement

**Approach & Retract**

Approach Z:  
Safe Z

Retract Z:  
Safe Z

☐ Override setup safe Z

**Leads & Transitions**

☒ Lead-in (entry)

Linear lead-in length: 2 mm

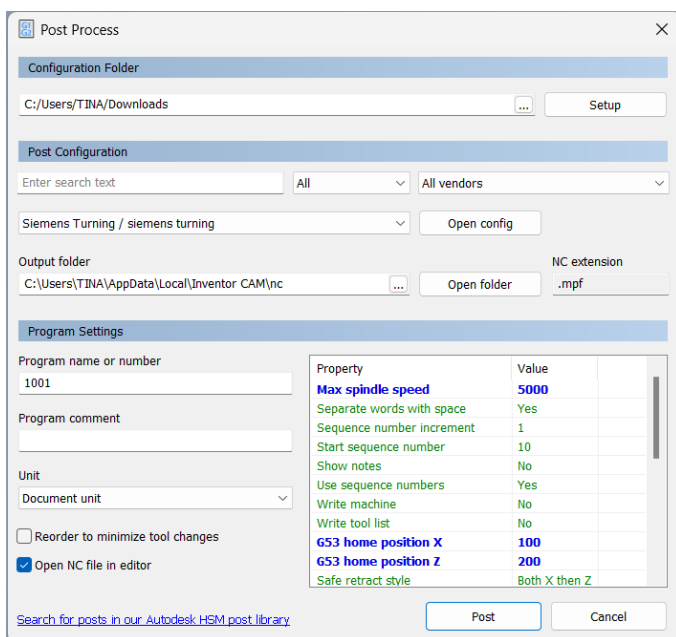
Linear lead-in angle: 45 deg

☒ Lead-out (exit)

☒ Same as lead-in


Σχήμα 4.3.6: Face Linking

Μετά την παραμετροποίηση της κατεργασίας, ελέγχεται αν η γεωμετρία του τεμαχίου που πρέπει να ληφθεί υπόψη είναι σωστά ορισμένη, όπως υποδεικνύεται στο [Κεφάλαιο 3.10.2](#). Αν δεν είναι σωστά ορισμένη επιλέγεται το **Generate**. Στη συνέχεια είναι χρήσιμο να πραγματοποιείται προσομοίωση της κατεργασίας μέσω του **Simulation** για να ελεγχθεί η διαδρομή του κοπτικού εργαλείου και να αποφευχθούν τυχόν λάθη και συγκρούσεις. Εφόσον έχουν ολοκληρωθεί οι παραπάνω ενέργειες και ο χρήστης είναι βέβαιος ότι δεν υπάρχει κάποια σύγκρουση ή κάποια αστοχία προχωράει στο **Post Process**. Στο παράθυρο που ανοίγει επιλέγεται ο Post processor **Siemens Turning**, όπως φαίνεται στο [Σχήμα 4.3.7](#) και στη συνέχεια το **Post**. Η εργαλειομηχανή που χρησιμοποιείται στο συγκεκριμένο παράδειγμα είναι το κέντρο τόννευσης CTX 301 eco και το λογισμικό της είναι το Sinumerik 840d Turning. Ο Post processor για το συγκεκριμένο λογισμικό δεν υπάρχει στην βιβλιοθήκη, οπότε για όλες τις κατεργασίες θα χρησιμοποιηθεί αυτός που αναφέρθηκε πιο πάνω με κάποιες μικρές μετατροπές. Αφού γίνει το Post Process και αποθηκευτεί το αρχείο με το επιθυμητό όνομα ανοίγει μια καρτέλα με τον G κώδικα που έχει παραχθεί για την κατεργασία. Η παραπάνω διαδικασία πραγματοποιείται για όλες τις κατεργασίες.



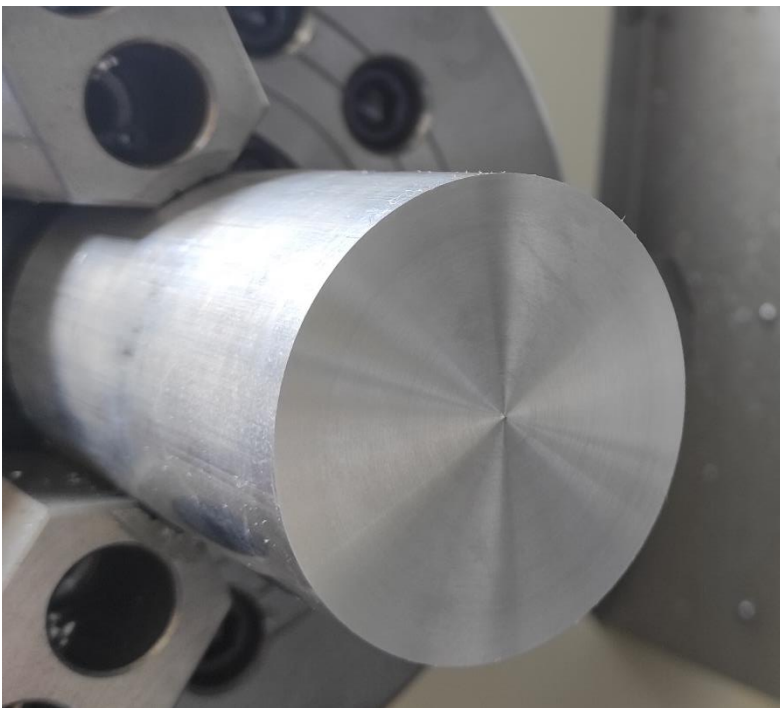
Σχήμα 4.3.7: Face Post Process

Ο G κώδικας που παράγεται για την κατεργασία αφαίρεσης προσώπου παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.3.8. Λόγω της διαφοράς του Post processor στον κώδικα που παράγεται πρέπει να αφαιρεθούν όλες οι εντολές G53. Η μετατροπή στον κώδικα μπορεί να γίνει είτε στο παράθυρο που έχει ανοίξει είτε στην εργαλειομηχανή αφού έχει εισαχθεί ο κώδικας. Στο παράδειγμα αυτό επιλέγεται να γίνει στο παράθυρο που ανοίγει. Ο τελικός G κώδικας αποθηκεύεται σε μια φορητή συσκευή αποθήκευσης USB και εισάγεται στην εργαλειομηχανή.

<pre> 1 ; % N 1001 MPF 2 N10 G90 G94 G18 3 N11 G71 4 N12 LIMS=5000 5 N13 G53 G0 X200. 6 N14 G53 G0 Z200. 7 8 ; Face1 9 N15 T12 D1 10 N16 G90 G95 G18 11 N17 G54 12 N18 M8 13 N19 G97 S300 M4 14 N20 G0 X90. Z5. 15 N21 G0 Z0.414 16 N22 X70. 17 N23 G1 X62.828 F0.1 18 N24 X60. Z-1. 19 N25 X-0.794 20 N26 X2.035 Z0.414 21 N27 G0 X90. 22 N28 Z5. 23 24 N29 M9 25 N30 G53 G0 X200. 26 N31 G53 G0 Z200. 27 N32 M30 28 </pre>		<pre> 1 ; % N 1001 MPF 2 N10 G90 G94 G18 3 N11 G71 4 N12 LIMS=5000 5 6 7 ; Face1 8 N15 T12 D1 9 N16 G90 G95 G18 10 N17 G54 11 N18 M8 12 N19 G97 S300 M4 13 N20 G0 X90. Z5. 14 N21 G0 Z0.414 15 N22 X70. 16 N23 G1 X62.828 F0.1 17 N24 X60. Z-1. 18 N25 X-0.794 19 N26 X2.035 Z0.414 20 N27 G0 X90. 21 N28 Z5. 22 23 N29 M9 24 N32 M30 25 </pre>
--	---	---

Σχήμα 4.3.8: Face G Code

Στον τόρνο αφού ανοίξει το αρχείο μένει να δηλωθεί το αρχικό τεμάχιο προς κατεργασία. Δηλώνεται μέσω της επιλογής *Various*, επιλέγεται ο κύλινδρος και ορίζονται η διάμετρος και οι διαστάσεις που έχει προσδεθεί το τεμάχιο στο τσοκ. Επομένως στην δεύτερη γραμμή του προγράμματος που φορτώθηκε εμφανίζεται η εντολή *WORKPIECE* με τις παραμέτρους της. Τέλος, γίνεται ακόμη μια φορά προσομοίωση, αυτή τη φορά στην εργαλειομηχανή. Αν στην προσομοίωση δεν προκύπτει κάποιο σφάλμα ο κώδικας εκτελείται και προκύπτει το αποτέλεσμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.3.9.



Σχήμα 4.3.9: Face Τελικό τεμάχιο

#### 4.4 Profile Roughing

Η επόμενη κατεργασία που θα γίνει στο τεμάχιο είναι η εκχόνδριση προκειμένου να παραχθεί το μοντέλο που έχει σχεδιαστεί. Επιλέγεται η κατεργασία *Profile Roughing*, όπως έχει υποδειχθεί στο Κεφάλαιο 3.3 και ορίζονται οι παράμετροί της. Στην πρώτη καρτέλα (**Tool**), ο χρήστης επιλέγει το εργαλείο που έχει δηλώσει στην βιβλιοθήκη ως εργαλείο εκχόνδρισης, ορίζει τον τρόπο έκχυσης του ψυκτικού υγρού και επιλέγει αν γίνεται χρήση κεντροφορέα ή όχι. Ακόμη, καθορίζει την ταχύτητα κίνησης του τσοκ. Αν έχει οριστεί σταθερή ταχύτητα κίνησης του τσοκ για το κοπτικό εργαλείο, τότε ενημερώνεται αυτόματα. Επίσης, δηλώνει ότι πρόκειται για εξωτερική τórνευση. Οι παράμετροι της καρτέλας παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.4.1.

Tool: #12 - CNCA703? CNMT Right Hand

Tool

Coolant:  
Flood

☐ Use tailstock

Mode

Mode:  
Outside profiling

Tool Settings

Tool orientation: 0 deg

Tool clearance back: 0 deg

Tool clearance front: 0 deg

Feed & Speed

☐ Use constant surface speed

Spindle speed: 300 rpm

☒ Use feed per revolution

Cutting feedrate per revolution: 0,1 mm

Σχήμα 4.4.1: Profile Roughing Tool

Στην επόμενη καρτέλα (**Geometry**), δηλώνεται το μπροστά και το πίσω τμήμα του τεμαχίου τα οποία σημειώνονται με πορτοκαλί και λαδί γραμμή αντίστοιχα, όπως προκύπτει και από το Σχήμα 4.4.2. Σημειώνεται ότι δηλώνεται η γεωμετρία του τεμαχίου που θα ληφθεί υπόψη για τη συγκεκριμένη κατεργασία. Για αυτό δηλώνεται ως πίσω τμήμα του τεμαχίου το σημείο πριν τη δημιουργία της αυλάκωσης.

Model

Front

Selection

Front reference

Front offset: 0 mm

Tangential extension: 0 mm

Back

Selection

Back reference

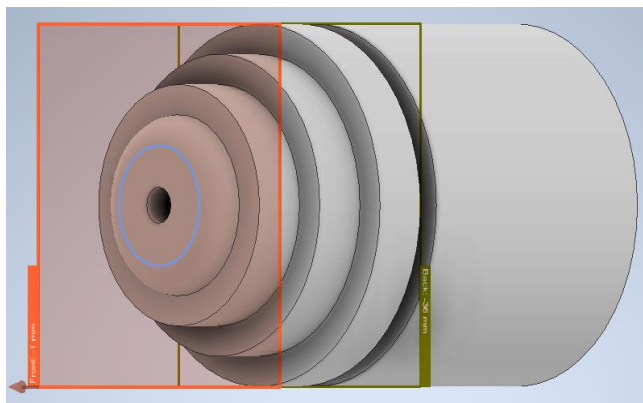
Back offset: 0 mm

tool limit:

Contact point

Tangential extension: 0 mm

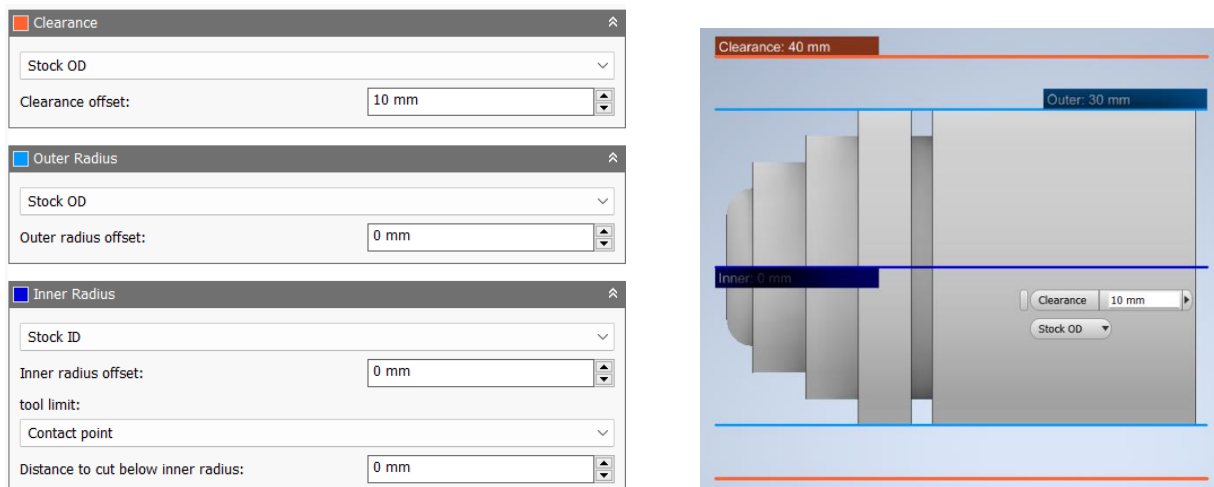
Rest Machining



Σχήμα 4.4.2: Profile Roughing Geometry

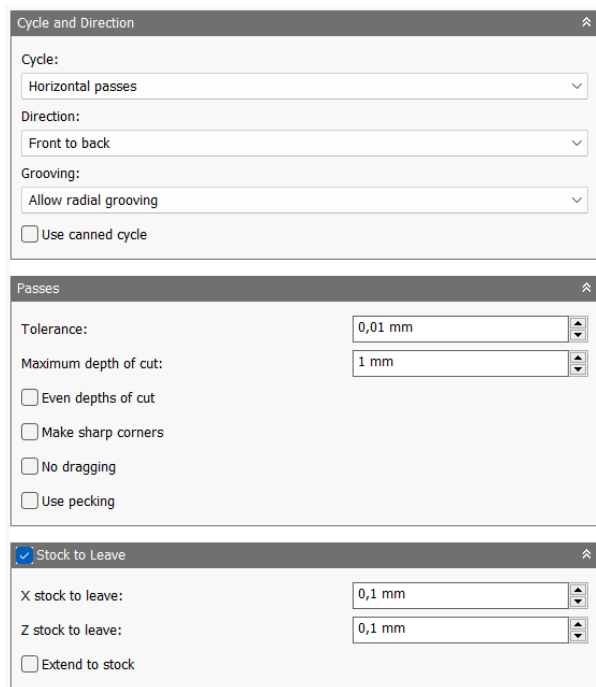
Στην καρτέλα **Radii**, καθορίζονται κάποιοι ακτινικοί περιορισμοί για το πεδίο κατεργασίας που θα ενεργήσει η εργαλειομηχανή. Σε αυτήν την καρτέλα, με πορτοκαλί επισημαίνεται η γραμμή

που ορίζεται το clearance, με μπλε η γραμμή που ορίζεται η εσωτερική ακτίνα και με γαλάζιο η εξωτερική ακτίνα. Οι περιορισμοί αυτοί παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.4.3.



Σχήμα 4.4.3: Profile Roughing Radii

Η καρτέλα **Passes** διαμορφώνεται όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4.4. Στην εκχόνδριση επειδή πραγματοποιείται αφαίρεση μεγάλης ποσότητας υλικού είναι επιθυμητά τα πολλαπλά περάσματα με μικρότερο βάθος κοπής. Στο παράδειγμα αυτό το μέγιστο βάθος κοπής ορίζεται 1mm, επομένως υπολογίζονται αυτόματα τα περάσματα που θα γίνουν για να παραχθεί το αποτέλεσμα όπως έχει σχεδιαστεί. Επίσης επιλέγεται να παραμείνει μια ποσότητα υλικού στο στοκ για το φινίρισμα. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα δεν θα παρουσιαστεί η κατεργασία του φινιρίσματος.



Σχήμα 4.4.4: Profile Roughing Passes

Η τελευταία καρτέλα (**Linking**) για την σύνδεση με τις υπόλοιπες κατεργασίες θα διαμορφωθεί όπως φαίνεται στο Σχήμα 4.4.5. Αφού ολοκληρωθεί και η παραμετροποίηση αυτής της καρτέλας, επιλέγεται το OK και η κατεργασία Profile Roughing έχει οριστεί.

The image shows a 'Linking' dialog box with several sections:

- Linking**: High feedrate mode: Preserve rapid movement (dropdown), ☐ Rapid to next cutting depth.
- Approach & Retract**: Approach Z: Safe Z (dropdown), Retract Z: Safe Z (dropdown), ☐ Override setup safe Z.
- Clearance**: Z clearance: 0,5 mm (spinbox), X clearance: 0,5 mm (spinbox).
- Angled Entry**: ☐ Angled Entry.
- Retract**: Retract distance: 1 mm (spinbox).

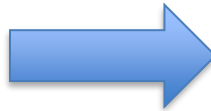
Σχήμα 4.4.5: Profile Roughing Linking

Μετά την παραμετροποίηση της κατεργασίας, πραγματοποιείται η διαδικασία που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 4.3, αφού ορίστηκε η κατεργασία Face. Ο κώδικας που προκύπτει παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.4.6 πριν και μετά τις απαραίτητες μετατροπές.

```

1 ; % N 1001 MPF
2 N10 G90 G94 G18
3 N11 G71
4 N12 LIMS=5000
5 N13 G53 G0 X200.
6 N14 G53 G0 Z200.
7
8 ; Profile Roughing1
9 N15 T12 D1
10 N16 G90 G95 G18
11 N17 G54
12 N18 M8
13 N19 G97 S300 M4
14 N20 G0 X80. Z5.
15 N21 G0 Z-0.5
16 N22 X60.
17 N23 G1 X58. F0.1
18 N24 Z-25.9
19 N25 X59.206
20 N26 G3 X60. Z-26.098 K-0.497
21 N27 G1 X62. Z-25.098
22 N28 G0 Z-0.5
23 N29 X58.
24 N30 G1 X56. F0.1
25 N31 Z-25.9
26 N32 X58.
27 N33 X60. Z-24.9
28 N34 G0 Z-0.5
29 N35 X56.
30 N36 G1 X54. F0.1
31 N37 Z-25.9
32 N38 X56.
33 N39 X58. Z-24.9
34 N40 G0 Z-0.5
35 N41 X54.
36 N42 G1 X52. F0.1
37 N43 Z-25.9
38 N44 X54.
39 N45 X56. Z-24.9
40 N46 G0 Z-0.5
41 N47 X52.
42 N48 G1 X50. F0.1
43 N49 Z-16.098
44 N50 G3 X50.2 Z-16.397 I-0.397 K-0.299
45 N51 G1 Z-25.9
46 N52 X52.
47 N53 X54. Z-24.9
48 N54 G0 Z-0.5
49 N55 X50.
50 N56 G1 X48. F0.1
51 N57 Z-15.9
52 N58 X49.206
53 N59 G3 X50. Z-16.098 K-0.497
54 N60 G1 X52. Z-15.098
55 N61 G0 Z-0.5
56 N62 X48.
57 N63 G1 X46. F0.1
58 N64 Z-15.9
59 N65 X48.
60 N66 X50. Z-14.9
61 N67 G0 Z-0.5
62 N68 X46.
63 N69 G1 X44. F0.1
64 N70 Z-15.9
65 N71 X46.
66 N72 X48. Z-14.9
67 N73 G0 Z-0.5

```



```

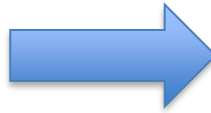
1 ; % N 1001 MPF
2 N10 G90 G94 G18
3 N11 G71
4 N12 LIMS=5000
5
6
7 ; Profile Roughing1
8 N15 T12 D1
9 N16 G90 G95 G18
10 N17 G54
11 N18 M8
12 N19 G97 S300 M4
13 N20 G0 X80. Z5.
14 N21 G0 Z-0.5
15 N22 X60.
16 N23 G1 X58. F0.1
17 N24 Z-25.9
18 N25 X59.206
19 N26 G3 X60. Z-26.098 K-0.497
20 N27 G1 X62. Z-25.098
21 N28 G0 Z-0.5
22 N29 X58.
23 N30 G1 X56. F0.1
24 N31 Z-25.9
25 N32 X58.
26 N33 X60. Z-24.9
27 N34 G0 Z-0.5
28 N35 X56.
29 N36 G1 X54. F0.1
30 N37 Z-25.9
31 N38 X56.
32 N39 X58. Z-24.9
33 N40 G0 Z-0.5
34 N41 X54.
35 N41 X54.
36 N42 G1 X52. F0.1
37 N43 Z-25.9
38 N44 X54.
39 N45 X56. Z-24.9
40 N46 G0 Z-0.5
41 N47 X52.
42 N48 G1 X50. F0.1
43 N49 Z-16.098
44 N50 G3 X50.2 Z-16.397 I-0.397 K-0.299
45 N51 G1 Z-25.9
46 N52 X52.
47 N53 X54. Z-24.9
48 N54 G0 Z-0.5
49 N55 X50.
50 N56 G1 X48. F0.1
51 N57 Z-15.9
52 N58 X49.206
53 N59 G3 X50. Z-16.098 K-0.497
54 N60 G1 X52. Z-15.098
55 N61 G0 Z-0.5
56 N62 X48.
57 N63 G1 X46. F0.1
58 N64 Z-15.9
59 N65 X48.
60 N66 X50. Z-14.9
61 N67 G0 Z-0.5
62 N68 X46.
63 N69 G1 X44. F0.1
64 N70 Z-15.9
65 N71 X46.
66 N72 X48. Z-14.9
67 N73 G0 Z-0.5

```

```

68 N74 X44.
69 N75 G1 X42. F0.1
70 N76 Z-15.9
71 N77 X44.
72 N78 X46. Z-14.9
73 N79 G0 Z-0.5
74 N80 X42.
75 N81 G1 X40. F0.1
76 N82 Z-6.098
77 N83 G3 X40.2 Z-6.397 I-0.397 K-0.299
78 N84 G1 Z-15.9
79 N85 X42.
80 N86 X44. Z-14.9
81 N87 G0 Z-0.5
82 N88 X40.
83 N89 G1 X38. F0.1
84 N90 Z-5.9
85 N91 X39.206
86 N92 G3 X40. Z-6.098 K-0.497
87 N93 G1 X42. Z-5.098
88 N94 G0 Z-0.5
89 N95 X38.
90 N96 G1 X36. F0.1
91 N97 Z-5.9
92 N98 X38.
93 N99 X40. Z-4.9
94 N100 G0 Z-0.5
95 N101 X36.
96 N102 G1 X34. F0.1
97 N103 Z-5.9
98 N104 X36.
99 N105 X38. Z-4.9
100 N106 G0 Z-0.5
101 N107 X34.
102 N108 G1 X32. F0.1
103 N109 Z-5.9
104 N110 X34.
105 N111 X36. Z-4.9
106 N112 G0 Z-0.5
107 N113 X32.
108 N114 G1 X30. F0.1
109 N115 Z-5.353
110 N116 G3 X30.155 Z-5.9 I-5.397 K-1.044
111 N117 G1 X32.
112 N118 X34. Z-4.9
113 N119 G0 Z-0.5
114 N120 X30.
115 N121 G1 X28. F0.1
116 N122 Z-3.098
117 N123 G3 X30. Z-5.353 I-4.397 K-3.299
118 N124 G1 X32. Z-4.353
119 N125 G0 Z-0.5
120 N126 X28.
121 N127 G1 X26. F0.1
122 N128 Z-2.075
123 N129 G3 X28. Z-3.098 I-3.397 K-4.322
124 N130 G1 X30. Z-2.098
125 N131 G0 Z-0.5
126 N132 X26.
127 N133 G1 X24. F0.1
128 N134 Z-1.45
129 N135 G3 X26. Z-2.075 I-2.397 K-4.947
130 N136 G1 X28. Z-1.075
131 N137 G0 Z-0.5
132 N138 X24.
133 N139 G1 X22.686 F0.1
134 N140 Z-1.183
135 N141 G3 X24. Z-1.45 I-1.74 K-5.214
136 N142 G1 X26. Z-0.45
137 N143 G0 Z-0.5
138 N144 X22.686
139 N145 G1 X21.373 F0.1
140 N146 Z-1.008
141 N147 G3 X22.686 Z-1.183 I-1.083 K-5.389
142 N148 G1 X24.686 Z-0.183
143 N149 G0 X80.
144 N150 Z5.
145
146 N151 M9
147 N152 G53 G0 X200.
148 N153 G53 G0 Z200.
149 N154 M30

```



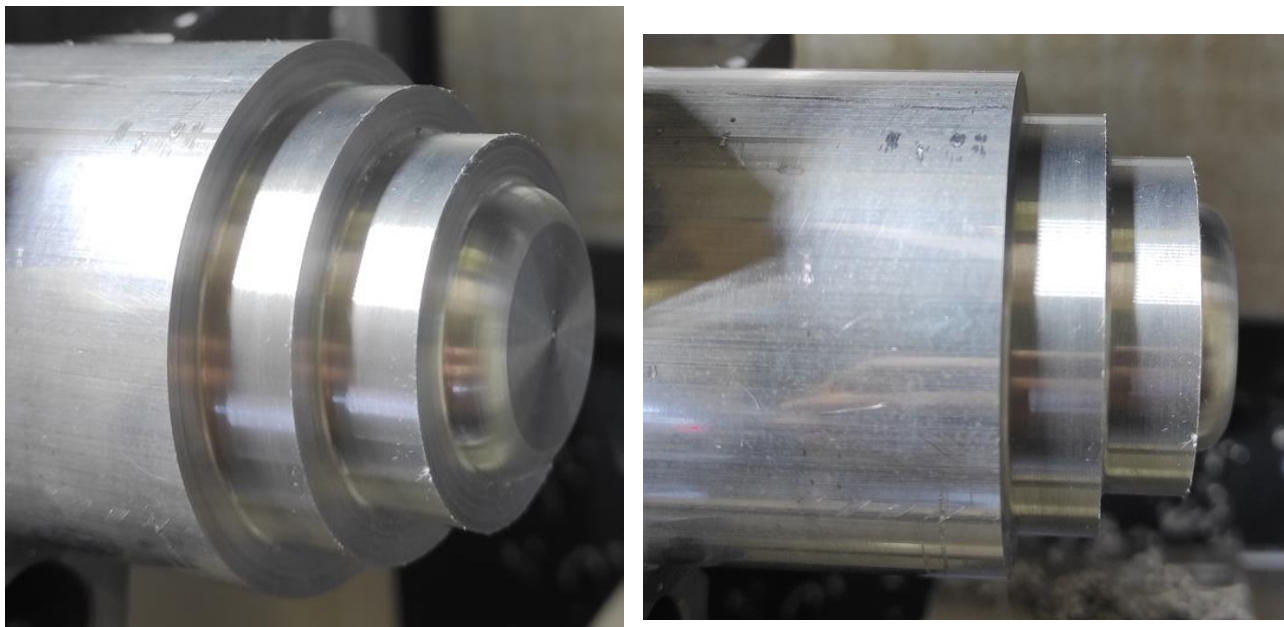
```

68 N74 X44.
69 N75 G1 X42. F0.1
70 N76 Z-15.9
71 N77 X44.
72 N78 X46. Z-14.9
73 N79 G0 Z-0.5
74 N80 X42.
75 N81 G1 X40. F0.1
76 N82 Z-6.098
77 N83 G3 X40.2 Z-6.397 I-0.397 K-0.299
78 N84 G1 Z-15.9
79 N85 X42.
80 N86 X44. Z-14.9
81 N87 G0 Z-0.5
82 N88 X40.
83 N89 G1 X38. F0.1
84 N90 Z-5.9
85 N91 X39.206
86 N92 G3 X40. Z-6.098 K-0.497
87 N93 G1 X42. Z-5.098
88 N94 G0 Z-0.5
89 N95 X38.
90 N96 G1 X36. F0.1
91 N97 Z-5.9
92 N98 X38.
93 N99 X40. Z-4.9
94 N100 G0 Z-0.5
95 N101 X36.
96 N102 G1 X34. F0.1
97 N103 Z-5.9
98 N104 X36.
99 N105 X38. Z-4.9
100 N106 G0 Z-0.5
101 N107 X34.
102 N108 G1 X32. F0.1
103 N109 Z-5.9
104 N110 X34.
105 N111 X36. Z-4.9
106 N112 G0 Z-0.5
107 N113 X32.
108 N114 G1 X30. F0.1
109 N115 Z-5.353
110 N116 G3 X30.155 Z-5.9 I-5.397 K-1.044
111 N117 G1 X32.
112 N118 X34. Z-4.9
113 N119 G0 Z-0.5
114 N120 X30.
115 N121 G1 X28. F0.1
116 N122 Z-3.098
117 N123 G3 X30. Z-5.353 I-4.397 K-3.299
118 N124 G1 X32. Z-4.353
119 N125 G0 Z-0.5
120 N126 X28.
121 N127 G1 X26. F0.1
122 N128 Z-2.075
123 N129 G3 X28. Z-3.098 I-3.397 K-4.322
124 N130 G1 X30. Z-2.098
125 N131 G0 Z-0.5
126 N132 X26.
127 N133 G1 X24. F0.1
128 N134 Z-1.45
129 N135 G3 X26. Z-2.075 I-2.397 K-4.947
130 N136 G1 X28. Z-1.075
131 N137 G0 Z-0.5
132 N138 X24.
133 N139 G1 X22.686 F0.1
134 N140 Z-1.183
135 N141 G3 X24. Z-1.45 I-1.74 K-5.214
136 N142 G1 X26. Z-0.45
137 N143 G0 Z-0.5
138 N144 X22.686
139 N145 G1 X21.373 F0.1
140 N146 Z-1.008
141 N147 G3 X22.686 Z-1.183 I-1.083 K-5.389
142 N148 G1 X24.686 Z-0.183
143 N149 G0 X80.
144 N150 Z5.
145
146 N151 M9
147
148 N154 M30

```

Σχήμα 4.4.6: Profile Roughing G Code

Στον τόρνο αφού ανοίξει το αρχείο μένει να δηλωθεί το αρχικό τεμάχιο προς κατεργασία. Δηλώνεται μέσω της επιλογής *Various*, επιλέγεται ο κύλινδρος και ορίζονται η διάμετρος και οι διαστάσεις που έχει προσδεθεί το τεμάχιο στο τσοκ. Επομένως στην δεύτερη γραμμή του προγράμματος που φορτώθηκε εμφανίζεται η εντολή *WORKPIECE* με τις παραμέτρους της. Τέλος, γίνεται ακόμη μια φορά προσομοίωση, αυτή τη φορά στην εργαλειομηχανή. Αν στην προσομοίωση δεν προκύπτει κάποιο σφάλμα ο κώδικας εκτελείται και προκύπτει το αποτέλεσμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.4.7.



Σχήμα 4.4.7: Profile Roughing Τελικό τεμάχιο

## 4.5 Chamfer

Η επόμενη κατεργασία που θα γίνει στο τεμάχιο είναι η λοξότμηση. Η κατεργασία αυτή πραγματοποιείται για να γίνουν πιο ομαλές οι ακμές του τεμαχίου που έχουν προκύψει στην εξωτερική επιφάνεια του τεμαχίου. Επιλέγεται η κατεργασία *Chamfer*, όπως έχει υποδειχθεί στο Κεφάλαιο 3.9 και ορίζονται οι παράμετροί της. Στην πρώτη καρτέλα (**Tool**), ο χρήστης επιλέγει το εργαλείο που έχει δηλώσει στην βιβλιοθήκη ως εργαλείο εκχόνδρισης, ορίζει τον τρόπο έκχυσης του ψυκτικού υγρού και επιλέγει αν γίνεται χρήση κεντροφορέα ή όχι. Ακόμη, καθορίζει την ταχύτητα κίνησης του τσοκ. Αν έχει οριστεί σταθερή ταχύτητα κίνησης του τσοκ για το κοπτικό εργαλείο, τότε ενημερώνεται αυτόματα. Επίσης, δηλώνει ότι πρόκειται για εξωτερική τόννευση. Οι παράμετροι της καρτέλας παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.5.1.

Tool: #12 - CNCA703? CNMT Right Hand

Tool

Coolant:

Flood

☐ Use tailstock

---

Mode & Direction

Mode:

Outside chamfering

Tool orientation:

0 deg

---

Feed & Speed

☐ Use constant surface speed

Spindle speed:

300 rpm

☒ Use feed per revolution

Cutting feedrate per revolution:

0,1 mm

Lead-in feedrate per revolution:

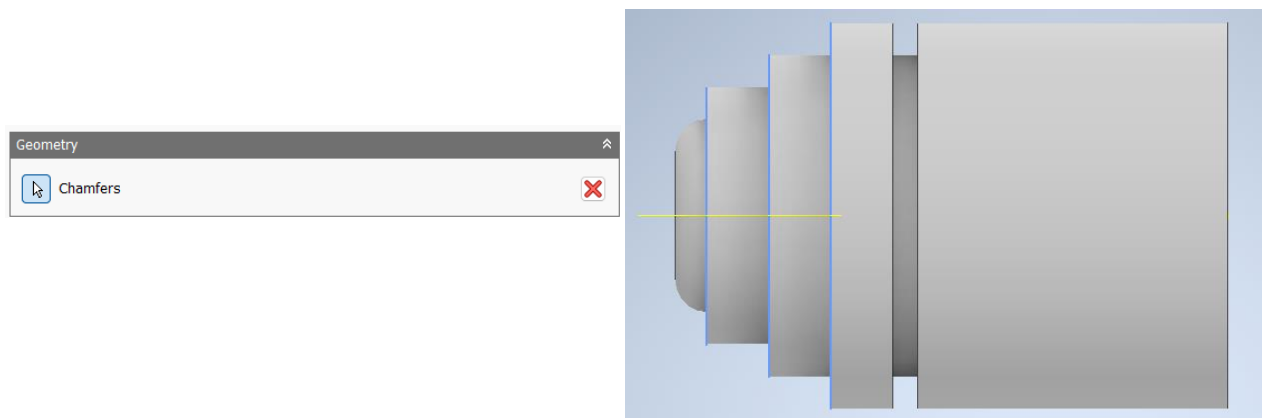
0,1 mm

Lead-out feedrate per revolution:

0,1 mm

Σχήμα 4.5.1: Chamfer Tool

Στην επόμενη καρτέλα (**Geometry**), δηλώνεται η γεωμετρία του τεμαχίου που θα ληφθεί υπόψη για τη συγκεκριμένη κατεργασία. Επομένως επιλέγονται με τον κέρσορα οι γωνίες προς στρογγύλευση, οι οποίες σημειώνονται με μπλε χρώμα, όπως φαίνεται στο [Σχήμα 4.5.2](#).



Σχήμα 4.5.2: Chamfer Geometry

Στην καρτέλα **Radii**, καθορίζονται κάποιοι ακτινικοί περιορισμοί για το πεδίο κατεργασίας που θα ενεργήσει η εργαλειομηχανή. Σε αυτήν την καρτέλα, με πορτοκαλί επισημαίνεται η γραμμή που ορίζεται το clearance, με μπλε η γραμμή που ορίζεται η εσωτερική ακτίνα, με λαδί η ακτίνα στην οποία θα απομακρύνεται το εργαλείο και με γαλάζιο η εξωτερική ακτίνα. Οι περιορισμοί αυτοί παρουσιάζονται στο [Σχήμα 4.5.3](#).

Clearance

Stock OD

Clearance offset: 10 mm

Retract

Clearance

Retract offset: 0 mm

Outer Radius

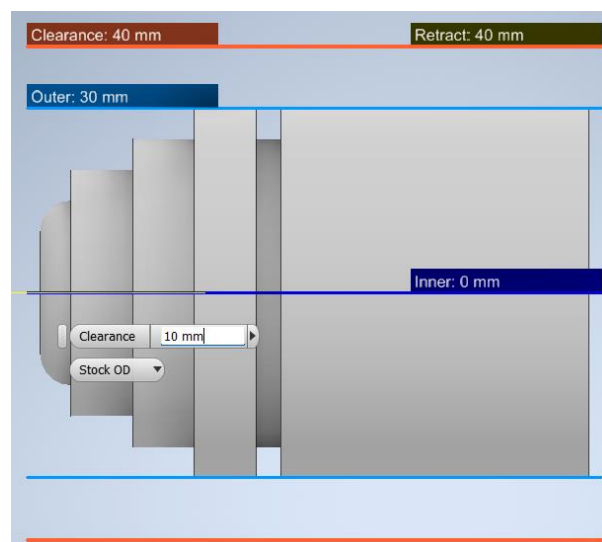
Stock OD

Outer radius offset: 0 mm

Inner Radius

Stock ID

Inner radius offset: 0 mm



Σχήμα 4.5.3: Chamfer Radii

Η καρτέλα **Passes** είναι αυτή στην οποία ορίζονται οι διαστάσεις και η γωνία του Chamfer. Στην προκειμένη περίπτωση είναι μικρή η γωνιά και οι διαστάσεις, επομένως πραγματοποιείται ένα πέρασμα σε κάθε γωνιά.

Passes

Tolerance: 0,01 mm

☐ Multiple passes
 ☐ Reverse chamfer pass

Chamfer width: 1 mm

Chamfer extension: 1 mm

Chamfer angle: 45 deg

Σχήμα 4.5.4: Chamfer Passes

Η τελευταία καρτέλα (**Linking**) για την σύνδεση με τις υπόλοιπες κατεργασίες θα διαμορφωθεί όπως φαίνεται στο [Σχήμα 4.5.5](#). Αφού ολοκληρωθεί και η παραμετροποίηση αυτής της καρτέλας, επιλέγεται το OK και η κατεργασία Chamfer έχει οριστεί.

Linking

Retraction policy:

Full retraction

High feedrate mode:

Preserve rapid movement

Approach & Retract

Approach Z:

Safe Z

Retract Z:

Safe Z

☐ Override setup safe Z

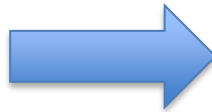
Σχήμα 4.5.5: Chamfer Linking

Μετά την παραμετροποίηση της κατεργασίας, πραγματοποιείται η διαδικασία που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 4.3, αφού ορίστηκε η κατεργασία Face. Ο κώδικας που προκύπτει παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.5.6 πριν και μετά τις απαραίτητες μετατροπές.

```

1 ; %_N_1001_MPF
2 N10 G90 G94 G18
3 N11 G71
4 N12 LIMS=5000
5 N13 G53 G0 X200.
6 N14 G53 G0 Z200.
7
8 ; Chamfer1
9 N15 T12 D1
10 N16 G90 G95 G18
11 N17 G54
12 N18 M8
13 N19 G97 S300 M4
14 N20 G0 X80. Z5.
15 N21 G0 Z-5.293
16 N22 X36.353
17 N23 G1 Z-5.409 F0.1
18 N24 X41.182 Z-7.823
19 N25 G0 X80.
20 N26 Z-15.293
21 N27 X46.353
22 N28 G1 Z-15.409 F0.1
23 N29 X51.182 Z-17.823
24 N30 G0 X80.
25 N31 Z-25.293
26 N32 X56.353
27 N33 G1 Z-25.409 F0.1
28 N34 X61.182 Z-27.823
29 N35 G0 X80.
30 N36 Z5.
31
32 N37 M9
33 N38 G53 G0 X200.
34 N39 G53 G0 Z200.
35 N40 M30

```



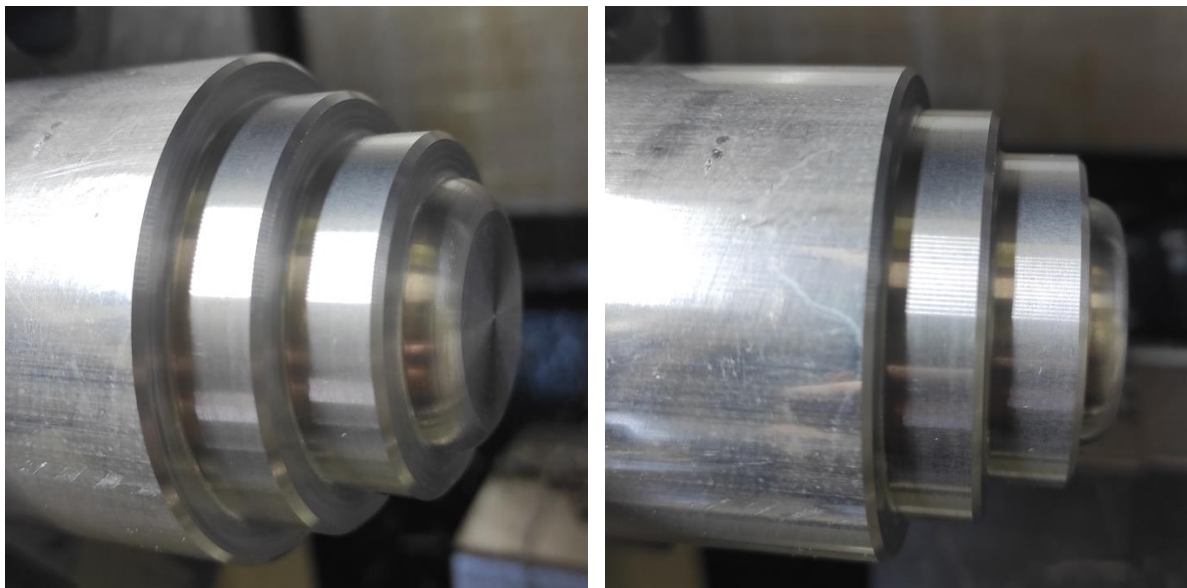
```

1 ; %_N_1001_MPF
2 N10 G90 G94 G18
3 N11 G71
4 N12 LIMS=5000
5
6
7 ; Chamfer1
8 N15 T12 D1
9 N16 G90 G95 G18
10 N17 G54
11 N18 M8
12 N19 G97 S300 M4
13 N20 G0 X80. Z5.
14 N21 G0 Z-5.293
15 N22 X36.353
16 N23 G1 Z-5.409 F0.1
17 N24 X41.182 Z-7.823
18 N25 G0 X80.
19 N26 Z-15.293
20 N27 X46.353
21 N28 G1 Z-15.409 F0.1
22 N29 X51.182 Z-17.823
23 N30 G0 X80.
24 N31 Z-25.293
25 N32 X56.353
26 N33 G1 Z-25.409 F0.1
27 N34 X61.182 Z-27.823
28 N35 G0 X80.
29 N36 Z5.
30
31 N37 M9
32
33 N40 M30

```

Σχήμα 4.5.6: Chamfer G Code

Στον τόρνο αφού ανοίξει το αρχείο μένει να δηλωθεί το αρχικό τεμάχιο προς κατεργασία. Δηλώνεται μέσω της επιλογής *Various*, επιλέγεται ο κύλινδρος και ορίζονται η διάμετρος και οι διαστάσεις που έχει προσδεθεί το τεμάχιο στο τσοκ. Επομένως στην δεύτερη γραμμή του προγράμματος που φορτώθηκε εμφανίζεται η εντολή *WORKPIECE* με τις παραμέτρους της. Τέλος, γίνεται ακόμη μια φορά προσομοίωση, αυτή τη φορά στην εργαλειομηχανή. Αν στην προσομοίωση δεν προκύπτει κάποιο σφάλμα ο κώδικας εκτελείται και προκύπτει το αποτέλεσμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.5.7.



Σχήμα 4.5.7: Chamfer Τελικό τεμάχιο

## 4.6 Single Groove

Η επόμενη κατεργασία που θα γίνει στο τεμάχιο είναι η δημιουργία αυλάκωσης. Θα χρησιμοποιηθεί η κατεργασία *Single Groove*, όπως έχει υποδειχθεί στο Κεφάλαιο 3.8.2 και θα οριστούν οι παράμετροί της. Στην πρώτη καρτέλα (**Tool**), ο χρήστης επιλέγει το εργαλείο που έχει δηλώσει στην βιβλιοθήκη ως εργαλείο δημιουργίας αυλακώσεων, ορίζει τον τρόπο έκχυσης του ψυκτικού υγρού και επιλέγει αν γίνεται χρήση κεντροφορέα ή όχι. Ακόμη, καθορίζει την ταχύτητα κίνησης του τσοκ. Αν έχει οριστεί σταθερή ταχύτητα κίνησης του τσοκ για το κοπτικό εργαλείο, τότε ενημερώνεται αυτόματα. Επίσης, δηλώνει ότι πρόκειται για εξωτερική δημιουργία αυλάκωσης. Οι παράμετροι της καρτέλας παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.6.1.

Tool: #11 - turning grooving OD Grooving

Tool

Coolant:

Flood

☐ Use tailstock

Mode & Direction

Mode:

Outside grooving

Feed & Speed

☐ Use constant surface speed

Spindle speed: 300 rpm

☒ Use feed per revolution

Cutting feedrate per revolution: 0,127 mm

Lead-in feedrate per revolution: 0,127 mm

Lead-out feedrate per revolution: 0,127 mm

Σχήμα 4.6.1: Single Groove Tool

Στην επόμενη καρτέλα (**Geometry**), δηλώνεται η γεωμετρία του τεμαχίου που θα ληφθεί υπόψη για τη συγκεκριμένη κατεργασία. Επομένως επιλέγεται με τον κέρσορα το σημείο δημιουργίας της αυλάκωσης, καθώς και ο τρόπος δημιουργίας της, όπως φαίνεται στο [Σχήμα 4.6.2](#).

Geometry

Groove positions

Groove side alignment:

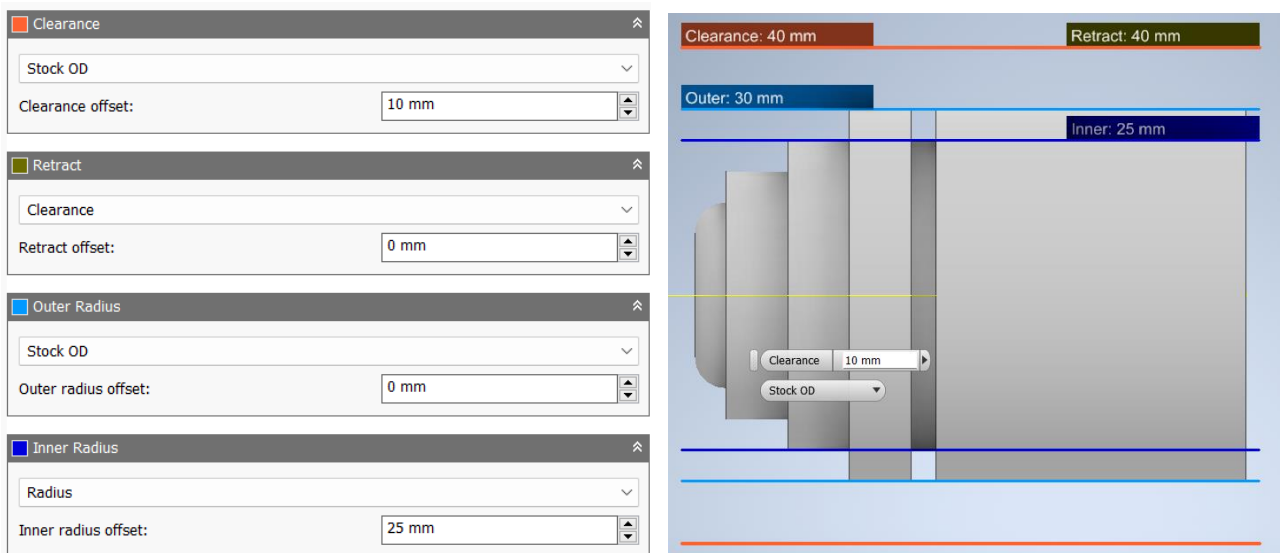
Front

Groove tip alignment:

Tip

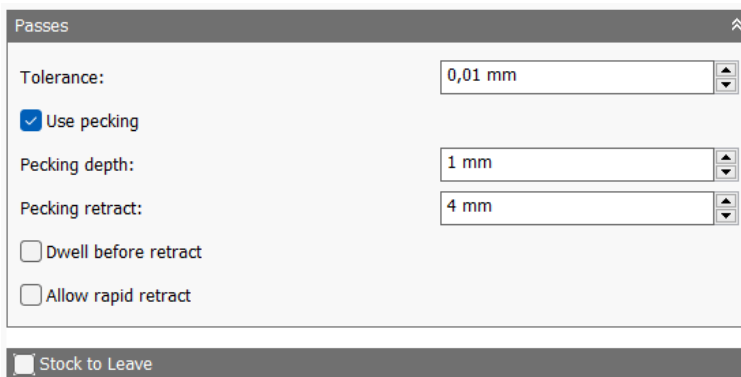
Σχήμα 4.6.2: Single Groove Geometry

Στην καρτέλα **Radii**, καθορίζονται κάποιοι ακτινικοί περιορισμοί για το πεδίο κατεργασίας που θα ενεργήσει η εργαλειομηχανή. Σε αυτήν την καρτέλα, με πορτοκαλί επισημαίνεται η γραμμή που ορίζεται το clearance, με μπλε η γραμμή που ορίζεται η εσωτερική ακτίνα, με λαδί η ακτίνα στην οποία θα απομακρύνεται το εργαλείο και με γαλάζιο η εξωτερική ακτίνα. Οι περιορισμοί αυτοί παρουσιάζονται στο [Σχήμα 4.6.3](#).



Σχήμα 4.6.3: Single Groove Radii

Η καρτέλα **Passes** διαμορφώνεται όπως φαίνεται στο [Σχήμα 4.6.4](#). Στην δημιουργία αυλακώσεων επειδή πραγματοποιείται αφαίρεση υλικού σε μεγάλο βάθος κοπής, είναι προτιμότερα το πολλαπλά περάσματα. Στο παράδειγμα αυτό το μέγιστο βάθος κοπής ορίζεται 1mm και η απομάκρυνση του κοπτικού στα 4mm, επομένως υπολογίζονται αυτόματα τα περάσματα που θα γίνουν για να παραχθεί το αποτέλεσμα όπως έχει σχεδιαστεί.



Σχήμα 4.6.4: Single Groove Passes

Η τελευταία καρτέλα (**Linking**) για την σύνδεση με τις υπόλοιπες κατεργασίες θα διαμορφωθεί όπως φαίνεται στο [Σχήμα 4.6.5](#). Αφού ολοκληρωθεί και η παραμετροποίηση αυτής της καρτέλας, επιλέγεται το OK και η κατεργασία Single Groove έχει οριστεί.

Linking

High feedrate mode:

Preserve rapid movement

Approach & Retract

Approach Z:

Safe Z

Retract Z:

Safe Z

☐ Override setup safe Z

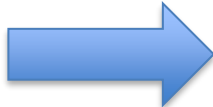
Σχήμα 4.6.5: Single Groove Linking

Μετά την παραμετροποίηση της κατεργασίας, πραγματοποιείται η διαδικασία που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 4.3, αφού ορίστηκε η κατεργασία Face. Ο κώδικας που προκύπτει παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.6.6 πριν και μετά τις απαραίτητες μετατροπές.

```

1 ; %_N_1001_MPF
2 N10 G90 G94 G18
3 N11 G71
4 N12 LIMS=5000
5 N13 G53 G0 X200.
6 N14 G53 G0 Z200.
7
8 ; Single Groove3
9 N15 T11 D1
10 N16 G90 G95 G18
11 N17 G54
12 N18 M8
13 N19 G97 S300 M4
14 N20 G0 X80. Z5.
15 N21 G0 Z-40.
16 N22 G1 X58. F0.127
17 N23 X66.
18 N24 X56.
19 N25 X64.
20 N26 X54.
21 N27 X62.
22 N28 X52.
23 N29 X60.
24 N30 X50.
25 N31 X80.
26 N32 G0 Z5.
27
28 N33 M9
29 N34 G53 G0 X200.
30 N35 G53 G0 Z200.
31 N36 M30

```



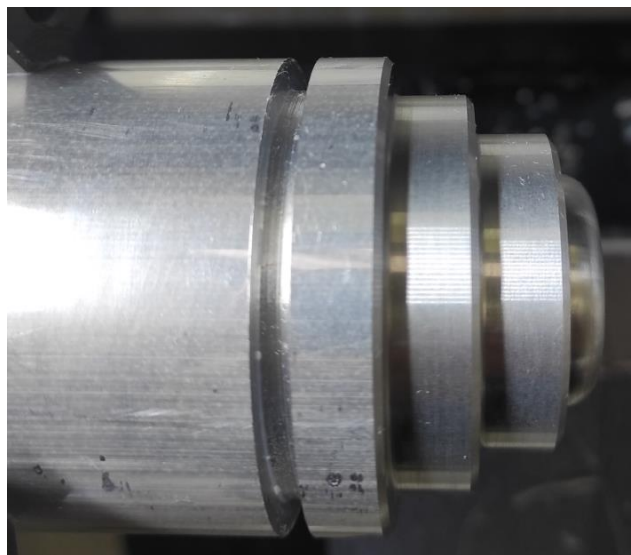
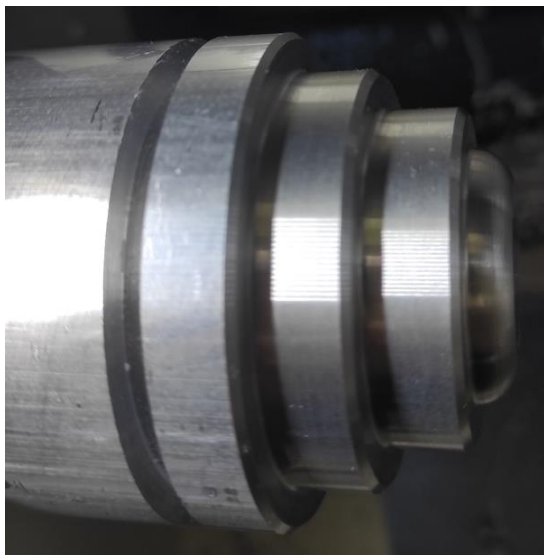
```

1 ; %_N_1001_MPF
2 N10 G90 G94 G18
3 N11 G71
4 N12 LIMS=5000
5
6
7 ; Single Groove3
8 N15 T11 D1
9 N16 G90 G95 G18
10 N17 G54
11 N18 M8
12 N19 G97 S300 M4
13 N20 G0 X80. Z5.
14 N21 G0 Z-40.
15 N22 G1 X58. F0.127
16 N23 X66.
17 N24 X56.
18 N25 X64.
19 N26 X54.
20 N27 X62.
21 N28 X52.
22 N29 X60.
23 N30 X50.
24 N31 X80.
25 N32 G0 Z5.
26
27 N33 M9
28
29 N36 M30

```

Σχήμα 4.6.6: Single Groove G Code

Στον τόρνο αφού ανοίξει το αρχείο μένει να δηλωθεί το αρχικό τεμάχιο προς κατεργασία. Δηλώνεται μέσω της επιλογής *Various*, επιλέγεται ο κύλινδρος και ορίζονται η διάμετρος και οι διαστάσεις που έχει προσδεθεί το τεμάχιο στο τσοκ. Επομένως στην δεύτερη γραμμή του προγράμματος που φορτώθηκε εμφανίζεται η εντολή *WORKPIECE* με τις παραμέτρους της. Τέλος, γίνεται ακόμη μια φορά προσομοίωση, αυτή τη φορά στην εργαλειομηχανή. Αν στην προσομοίωση δεν προκύπτει κάποιο σφάλμα ο κώδικας εκτελείται και προκύπτει το αποτέλεσμα που φαίνεται στο Σχήμα 4.6.7.



Σχήμα 4.6.7: Single Groove Τελικό τεμάχιο

## 4.7 Drill

Η τελευταία κατεργασία που θα γίνει στο τεμάχιο είναι η δημιουργία οπής. Θα χρησιμοποιηθεί η κατεργασία *Drill*. Η συγκεκριμένη κατεργασία δεν έχει αναλυθεί στην παρούσα διπλωματική, καθώς έχει παρουσιαστεί λεπτομερώς στην διπλωματική εργασία «Φαιζάρισμα 2.5 αξόνων με τη βοήθεια λογισμικού CAD/CAM» του Ευάγγελου Θεοχάρη. Στην πρώτη καρτέλα (**Tool**), ο χρήστης επιλέγει το εργαλείο που έχει δηλώσει στην βιβλιοθήκη ως εργαλείο δημιουργίας οπών και ορίζει τον τρόπο έκχυσης του ψυκτικού υγρού. Ακόμη, καθορίζει την ταχύτητα κίνησης του τσοκ και του κοπτικού εργαλείου. Αν έχει οριστεί σταθερή ταχύτητα κίνησης του τσοκ για το κοπτικό εργαλείο, τότε ενημερώνεται αυτόματα. Οι παράμετροι της καρτέλας παρουσιάζονται στο Σχήμα 4.7.1.

Tool: #3 - Ø6mm drill

Tool

Coolant:

Disabled

Feed & Speed

Spindle speed:

400 rpm

Surface speed:

7,53982 m/min

Plunge feedrate:

24 mm/min

Feed per revolution:

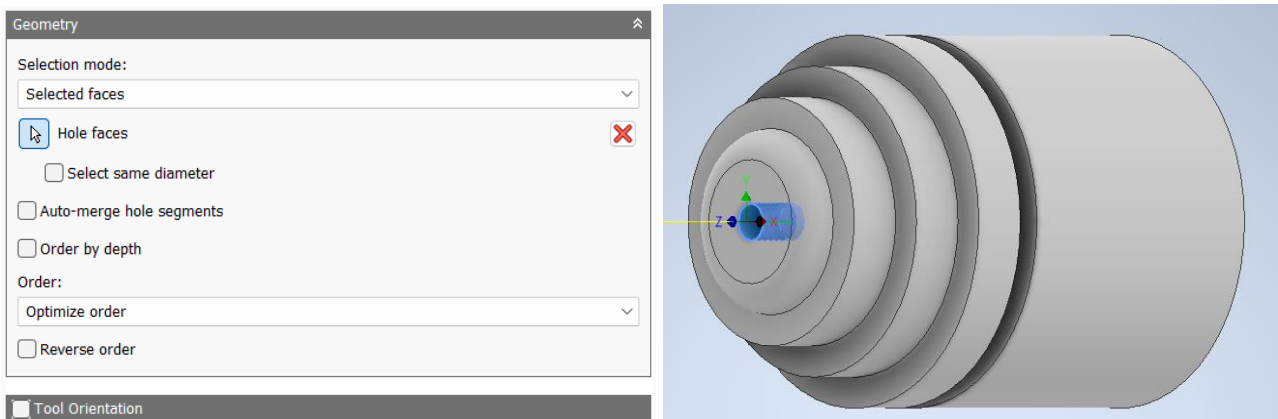
0,06 mm

Retract feedrate:

1000 mm/min

Σχήμα 4.7.1: Drill Tool

Στην επόμενη καρτέλα (**Geometry**), δηλώνεται η γεωμετρία του τεμαχίου που θα ληφθεί υπόψη για τη συγκεκριμένη κατεργασία. Επομένως επιλέγεται με τον κέρσορα το σημείο δημιουργίας της οπής, όπως φαίνεται στο [Σχήμα 4.7.2](#).



Σχήμα 4.7.2: Drill Geometry

Στην καρτέλα **Heights**, καθορίζονται κάποιοι ακτινικοί περιορισμοί για το πεδίο κατεργασίας που θα ενεργήσει η εργαλειομηχανή. Σε αυτήν την καρτέλα, με πορτοκαλί επισημαίνεται η γραμμή που ορίζεται το clearance height, με μπλε η γραμμή που ορίζεται το κατώτερο ύψος, με λαδί το ύψος στο οποίο θα απομακρύνεται το εργαλείο, με πράσινο το ύψος όπου το τρυπάνι ξεκινάει την κίνηση με την οποία θα προσεγγίσει το σημείο κοπής και με γαλάζιο το ανώτερο ύψος. Οι περιορισμοί αυτοί παρουσιάζονται στο [Σχήμα 4.7.3](#).

Clearance Height

Retract height

Clearance height offset: 10 mm

Retract Height

Stock top

Retract height offset: 70 mm

Feed Height

Top height

Feed height offset: 5 mm

Top Height

Hole top

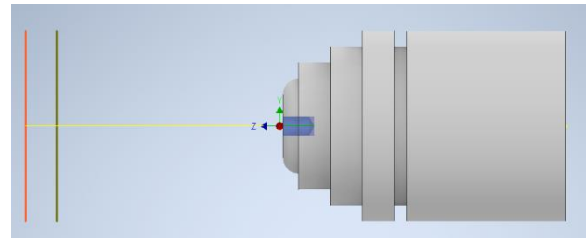
Top offset: 0 mm

Bottom Height

Hole bottom

Bottom offset: 0 mm

☐ Drill tip through bottom



Σχήμα 4.7.3: Drill Heights

Στην τελευταία καρτέλα (**Cycle**) επιλέγεται ο κύκλος διάτρησης που θα πραγματοποιηθεί. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα επιλέγεται ο κύκλος Chip breaking - partial retract. Ο κύκλος αυτός πραγματοποιεί πολλαπλές εισχωρήσεις και απομακρύνσεις του κοπτικού εργαλείου ώστε να υπάρχει καλύτερος καθαρισμός της οπής από υπολείμματα του στοκ. Αφού ολοκληρωθεί και η παραμετροποίηση αυτής της καρτέλας, επιλέγεται το OK και η κατεργασία Drill έχει οριστεί.

Cycle

Cycle type: Chip breaking - partial retract

Pecking depth: 1,5 mm

Pecking depth reduction: 3 mm

Minimum pecking depth: 1,5 mm

Accumulated pecking depth: 2 mm

Chip break distance: 0,12 mm

☐ Dwell before retract

Dwelling period: 0 s

Σχήμα 4.7.4: Drill Cycle

Μετά την παραμετροποίηση της κατεργασίας, πραγματοποιείται η διαδικασία που αναλύθηκε στο Κεφάλαιο 4.3, αφού ορίστηκε η κατεργασία Face. Ο κώδικας που προκύπτει παρουσιάζεται στο Σχήμα 4.7.5 πριν και μετά τις απαραίτητες μετατροπές.

```

1 ; %_N_1001_MPF
2 N10 G90 G94 G18
3 N11 G71
4 N12 LIMS=5000
5 N13 G53 G0 X200.
6 N14 G53 G0 Z200.
7
8 ; Drill1
9 N15 T3 D1
10 N16 G90 G94 G18
11 N17 G54
12 N18 G97 S400 M3
13 N19 G0 X0. Z80.
14 N20 F24.
15 N21 G0 Z70.
16 N22 Z4.
17 N23 Z1.
18 N24 G1 Z-2.5 F24.
19 N25 G0 Z-2.38
20 N26 G1 Z-4. F24.
21 N27 G0 Z-3.88
22 N28 G1 Z-5.5 F24.
23 N29 G0 Z70.
24 N30 Z-3.5
25 N31 G1 Z-7. F24.
26 N32 G0 Z-6.88
27 N33 G1 Z-8.5 F24.
28 N34 G0 Z-8.38
29 N35 G1 Z-10. F24.
30 N36 G0 Z70.
31 N37 Z-8.
32 N38 G1 Z-11. F24.
33 N39 G0 Z70.
34 N40 Z80.
35
36 N41 G53 G0 X200.
37 N42 G53 G0 Z200.
38 N43 M30

```



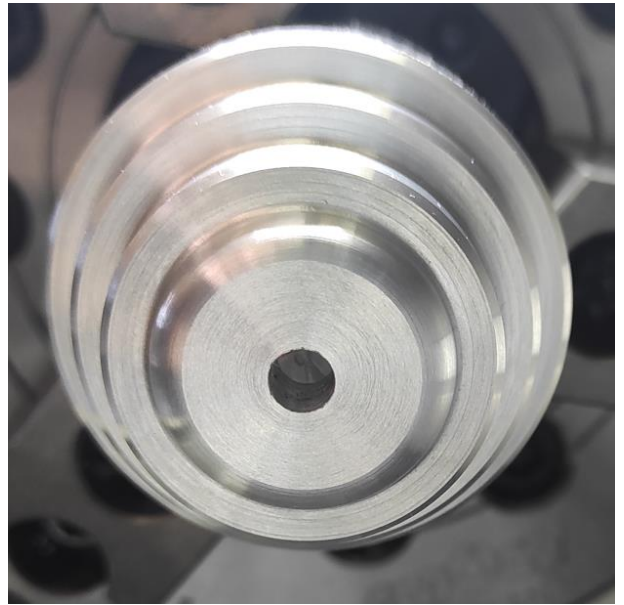
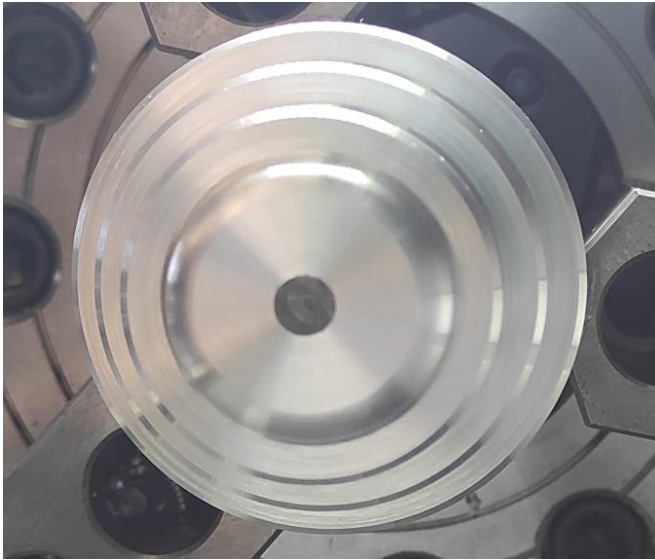
```

1 ; %_N_1001_MPF
2 N10 G90 G94 G18
3 N11 G71
4 N12 LIMS=5000
5
6 ; Drill1
7 N15 T3 D1
8 N16 G90 G94 G18
9 N17 G54
10 N18 G97 S400 M3
11 N19 G0 X0. Z80.
12 N20 F24.
13 N21 G0 Z70.
14 N22 Z4.
15 N23 Z1.
16 N24 G1 Z-2.5 F24.
17 N25 G0 Z-2.38
18 N26 G1 Z-4. F24.
19 N27 G0 Z-3.88
20 N28 G1 Z-5.5 F24.
21 N29 G0 Z70.
22 N30 Z-3.5
23 N31 G1 Z-7. F24.
24 N32 G0 Z-6.88
25 N33 G1 Z-8.5 F24.
26 N34 G0 Z-8.38
27 N35 G1 Z-10. F24.
28 N36 G0 Z70.
29 N37 Z-8.
30 N38 G1 Z-11. F24.
31 N39 G0 Z70.
32 N40 Z80.
33
34 N43 M30

```

Σχήμα 4.7.5: Drill G Code

Στον τόρνο αφού ανοίξει το αρχείο μένει να δηλωθεί το αρχικό τεμάχιο προς κατεργασία. Δηλώνεται μέσω της επιλογής Various, επιλέγεται ο κύλινδρος και ορίζονται η διάμετρος και οι διαστάσεις που έχει προσδεθεί το τεμάχιο στο τσοκ. Επομένως στην δεύτερη γραμμή του προγράμματος που φορτώθηκε εμφανίζεται η εντολή WORKPIECE με τις παραμέτρους της. Στην προκειμένη κατεργασία επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί η χειροκίνητη έκχυση ψυκτικού υγρού από τα κουμπιά της εργαλειομηχανής, για το λόγο αυτό απενεργοποιείται η έκχυση ψυκτικού υγρού στην δήλωση της κατεργασίας. Τέλος, γίνεται ακόμη μια φορά προσομοίωση, αυτή τη φορά στην εργαλειομηχανή. Αν στην προσομοίωση δεν προκύπτει κάποιο σφάλμα ο κώδικας εκτελείται και προκύπτει το αποτέλεσμα που φαίνεται στο [Σχήμα 4.7.6](#).



Σχήμα 4.7.6: Drill G Τελικό τεμάχιο

Στο Σχήμα 4.7.7 παρουσιάζεται το τελικό τεμάχιο όπως έχει προκύψει μετά από όλες τις κατεργασίες.



Σχήμα 4.7.7: Τελικό τεμάχιο

## 5. ΣΥΝΟΨΗ

Καταλήγοντας, βασικός σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας ήταν η αναλυτική παρουσίαση και επεξήγηση της διαδικασίας παραμετροποίησης κατεργασιών στο λογισμικό Autodesk Inventor CAM για την τόννευση. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει στον χρήστη του λογισμικού να ορίζει τις επιθυμητές κατεργασίες για το τεμάχιο που έχει σχεδιαστεί. Ακόμη, παρέχει τη δυνατότητα στον χρήστη να παρακολουθεί σε προσομοίωση τις κατεργασίες που έχει δηλώσει, καθώς και την κίνηση και διαδρομή των κοπτικών εργαλείων. Τέλος, μέσω του συγκεκριμένου λογισμικού ο χρήστης μετατρέπει τις κατεργασίες που έχει ορίσει σε G κώδικα για να μπορέσει να τις εισάγει απευθείας στην εργαλειομηχανή για την πραγματοποίησή τους. Για την καλύτερη κατανόηση της διαδικασίας παραμετροποίησης, στο τελευταίο Κεφάλαιο παρατίθενται παραδείγματα κάποιων κατεργασιών, όπως αυτές ορίστηκαν στο Autodesk Inventor CAM. Τα παραδείγματα αυτά υλοποιήθηκαν στο κέντρο τόννευσης CTX 301 eco, που βρίσκεται στο εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης (m3) του Πολυτεχνείου Κρήτης.

Παρακάτω, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που λήφθηκαν κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Αρχικά, ο χρήστης του λογισμικού είναι χρήσιμο να έχει κάποια γνώση χειρισμού κέντρου τόννευσης ή εργαλειομηχανών γενικότερα, προτού χρησιμοποιήσει κάποιο λογισμικό CAM. Έπειτα, είναι ζωτικής σημασίας η σωστή αρχικοποίηση τόσο του τεμαχίου (Stock) όσο και του Setup και της βιβλιοθήκης εργαλείων του προγράμματος. Για την σωστή αρχικοποίηση και την επίτευξη του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος πρέπει να ληφθούν υπόψη οι παράμετροι των κατασκευαστών για τα κοπτικά εργαλεία. Στη συνέχεια, αξίζει να δοθεί προσοχή στην σειρά παραμετροποίησης και πραγματοποίησης των κατεργασιών, προκειμένου να παραχθεί το επιθυμητό τεμάχιο με την βέλτιστη ποιότητα επιφάνειας. Συμπληρωματικά, πρέπει να σημειωθεί η σημασία της επιλογής του κατάλληλου Post processor ή η σωστή μετατροπή του G κώδικα έτσι ώστε να διαβάζεται ορθά από την εργαλειομηχανή.

Τελικά, η πιο σημαντική παράμετρος για την σωστή χρήση του λογισμικού είναι η χρήση κατάλληλων συνθηκών κοπής για όλες τις κατεργασίες. Αυτή συμβάλλει τόσο στην επίτευξη του καλύτερου δυνατού αποτελέσματος όσο και στην ασφάλεια του χειριστή της εργαλειομηχανής.

## 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ – ΠΗΓΕΣ

- [1] Autodesk, Inventor CAM, “Turning Functionality”,  
link: <https://help.autodesk.com/view/INVCAM/2020/ENU/?guid=GUID-7B7A2457-8EE9-4AE0-839B-6271340A396C>
- [2] Turntech precision, “Turning Operations you need to know”, link:  
<https://turntechprecision.com/clueless-machinist/2020/8/25/10-machining-operations-performed-on-a-lathe>
- [3] Laszeray Technology, “The History of CNC Machinery”,  
link: <https://laszeray.com/the-history-of-cnc-machinery/>
- [4] Sandvik, “Coromant TF 1125”,  
link: <https://www.sandvik.coromant.com/en-gb/product-details?c=QI-NG-0300-0003-TF%20%201125&m=7937610>
- [5] Sandvik, “Coromant CNMG 12 04 08-PM 4225”,  
link: <https://www.toolsunited.com/App/EN/Article/ArticleDetailsPage/191125115744054?dataSource=toolsUnited&classificationType=DIN4000&print=False>
- [6] Siemens, SINUMERIK 802D sl/840D/ 840D sl 840Di/840Di sl/810D, “Programming Manual ISO Turning”, Edition 04, 2007
- [7] Ιάσωνας Κωνσταντίνος Νανόπουλος , “ Εγκατάσταση λειτουργία & προγραμματισμός ψηφιακά καθοδηγούμενου κέντρου τórνευσης”, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Ελλάς, 2014
- [8] Αριστομένης Θ. Αντωνιάδης, “Μηχανουργική Τεχνολογία”, Τόμος Β': Κατεργασίες Κοπής 2η Έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, 2015
- [9] Αριστομένης Θ. Αντωνιάδης, “Μηχανουργική Τεχνολογία”, 3 η έκδοση, Εκδόσεις Τζιόλα, 2017
- [10] Νικόλαος Τιριακίδης , “ Ψηφιακή καθοδήγηση εργαλειομηχανών μέσω συστήματος CAD/CAM σχεδιομελέτη και παραγωγή ακραζόνων”, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Ελλάς, 2019
- [11] Ευάγγελος Θεοχάρης, “ Φαιζάρισμα 2.5 αξόνων με τη βοήθεια λογισμικού CAD/CAM ”, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης, Πολυτεχνείο Κρήτης, Ελλάς, 2023