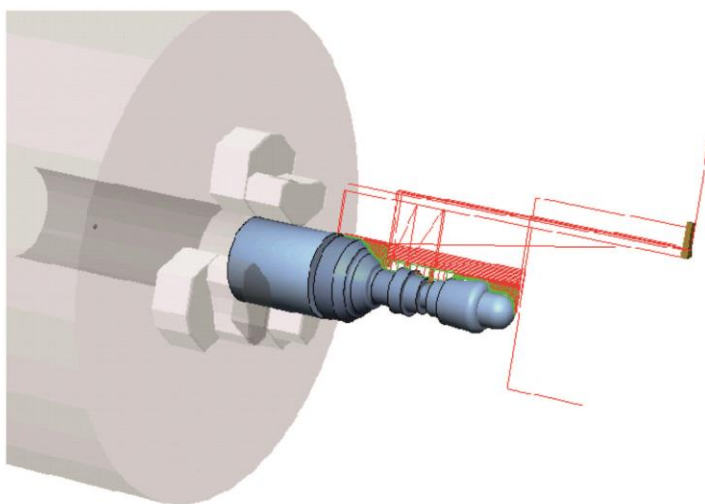




**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΟΠΗΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ  
ΤΕΜΑΧΙΩΝ ΤΟΡΝΕΥΣΗΣ  
ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΚΩΔΙΚΑ  
ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗΣ  
ΚΑΤΑ ISO**



**ΣΟΦΙΑΚΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ  
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**Στους γονείς μου, Στέλιο και Καίτη**

Πριν ακριβώς πέντε χρόνια δυσκολευόμουν να φανταστώ το συναίσθημα που δημιουργεί το γεγονός πως οι παρακάτω γραμμές πρόκειται να είναι οι τελευταίες μου ως προπτυχιακός φοιτητής του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Πέντε χρόνια γεμάτα συγκινήσεις, γνωριμίες, γνώσεις, σκληρή δουλειά και χαρές. Ήρθε λοιπόν η ώρα με την εκπόνηση της παρακάτω διπλωματικής εργασίας να ολοκληρωθεί ένας ακόμη γεμάτος κύκλος. Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους αυτούς που μου συμπαραστάθηκαν σε αυτά τα πέντε χρόνια και ιδιαίτερα τον υπεύθυνο και επιβλέποντα Καθηγητή για την παρακάτω διπλωματική εργασία κ. Αριστομένη Αντωνιάδη για την πολύτιμη καθοδήγηση και βοήθεια που μου προσέφερε, καθώς και για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον αντικείμενο. Ακόμη ευχαριστώ το φίλο και συνάδελφό μου Νανόπουλο Ιάσονα για την καθοδήγηση του και συνεργασία μας κατά τη διάρκεια της εργασίας. Τέλος, το λιγότερο που μπορώ να κάνω είναι να ευχαριστήσω τους ανθρώπους που χωρίς την συνεισφορά τους δεν θα μπορούσα να εκπληρώσω όλα τα παραπάνω και που μου έδειξαν τον δρόμο για νέους ορίζοντες στην ζωή μου. Αναφέρομαι φυσικά στην οικογένειά μου και στην οποία αφιερώνω τη συγκεκριμένη εργασία.

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>4</b>
<b>2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΕ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΡΝΕΥΣΗΣ.....</b>	<b>5</b>
2.1 Τόρνευση (Turning) και Διάνοιξη κυκλικής εσοχής (Boring).....	5
2.1.1 Βασικές κινήσεις τόρνευσης.....	5
2.1.2 Ταχύτητα κοπής στην εξωτερική και εσωτερική τόρνευση.....	5
2.1.3 Πρόωση και ταχύτητα πρόωσης.....	8
2.1.4 Βάθος κοπής.....	9
2.1.5 Ρυθμός αφαίρεσης υλικού.....	9
2.1.6 Συνισταμένη κίνηση.....	9
2.2 Διάτρηση και Γλείφανση.....	10
2.2.1 Βασικές κινήσεις διάτρησης.....	11
2.2.2 Μηχανικό Σύστημα.....	11
2.3 Δύναμη και ισχύς κοπής.....	12
2.3.1 Σύστημα δυνάμεων στην κοπή μετάλλων.....	12
2.3.2 Ισχύς κοπής.....	12
2.3.3 Πρακτική αξιολόγηση της δύναμης κοπής.....	13
	14
<b>3. ΚΩΔΙΚΑΣ ISO.....</b>	<b>20</b>
3.1 Εντολές κωδικών προγραμματισμού.....	20
3.1.1 Βασικές εντολές προγραμματισμού κινήσεων.....	21
3.1.2 Εντολές βοηθητικών λειτουργιών.....	21
3.1.3 Πρόσθετες βασικές εντολές.....	27
3.1.4 Κύκλοι κατεργασίας.....	28
	29
<b>4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΟΝ ΤΟΡΝΟ CTX 310 ECOLINE.....</b>	<b>57</b>
4.1 Δημιουργώντας ένα πρόγραμμα G-Code.....	57
4.2 Εισαγωγή προγράμματος με G-Code μέσω θύρας USB.....	57
4.3 Λειτουργία Ethernet.....	58
4.4 Δομή προγράμματος.....	59
4.5 Ολοκληρωμένο παράδειγμα G-code.....	59
4.5.1 Δημιουργία κυρίως προγράμματος "EXAMPLE".....	60
4.5.2 Δημιουργία υποπρογράμματος "CONTOUR".....	60
4.5.3 Προσομοίωση καί Εναρξη κατεργασίας.....	63
	64
<b>5. ΔΟΚΙΜΙΑ.....</b>	<b>69</b>
ΔΟΚΙΜΙΟ 1.....	69
ΔΟΚΙΜΙΟ 2.....	69
ΔΟΚΙΜΙΟ 3.....	73
ΔΟΚΙΜΙΟ 4.....	76
ΔΟΚΙΜΙΟ 5.....	80
ΔΟΚΙΜΙΟ 6.....	83
ΔΟΚΙΜΙΟ 7.....	86
ΔΟΚΙΜΙΟ 8.....	89
ΔΟΚΙΜΙΟ 9.....	92
ΔΟΚΙΜΙΟ 10.....	95
ΔΟΚΙΜΙΟ 11.....	98
	102
<b>6. ΣΥΝΟΨΗ.....</b>	<b>106</b>
<b>7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>107</b>

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην παρακάτω εργασία παρουσιάζεται ο προγραμματισμός μιας σύγχρονης εργαλειομηχανής με ψηφιακή καθοδήγηση (CNC) με στόχο τη βέλτιστη ψηφιακή καθοδήγηση της σε κατεργασίες με αφαίρεση υλικού. Ο προγραμματισμός πραγματοποιήθηκε στο σύγχρονο κέντρο τόννευσης CTX 310 ecoline, προϊόν της εταιρίας DMG.

Η εκπόνηση της εργασίας έλαβε χώρα στο εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης, στον τομέα Συστημάτων Παραγωγής του τμήματος Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης του Πολυτεχνείου Κρήτης. Ο προγραμματισμός της εργαλειομηχανής συντάχθηκε με χρήση G κώδικα, αποτέλεσμα του οποίου είναι η προσομοίωση της κατεργασίας τεμαχίων αλουμινίου επιλεγμένων μηχανολογικών κατασκευαστικών σχεδίων, προκειμένου να διερευνηθεί η χρήση της συγκεκριμένης εργαλειομηχανής και να μελετηθούν οι δυνατότητές της.

Κατά τη διάρκεια της εργασίας με τη συγκεκριμένη εργαλειομηχανή, με ολοκληρωμένα προγράμματα G κώδικα και προσομοιώσεις τεμαχίων, έγινε εφικτή η εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων, όσον αφορά τις δυνατότητες και τη λειτουργία των εντολών και των κύκλων κατεργασίας που χρησιμοποιήθηκαν για τον προγραμματισμό και συνεπώς για την ορθή λειτουργία της εργαλειομηχανής σε κατεργασίες εκχόνδρισης και αποπεράτωσης για οριζόντια και εγκάρσια τόννευση, αλλά και διάτρηση. Ως αποτέλεσμα έγινε εφικτή η κατανόηση βασικών δυνατοτήτων της εργαλειομηχανής, αλλά και η χρήση και αλληλεπίδραση με το συγκεκριμένο προγραμματιστικό περιβάλλον.

Συγκεκριμένα, στο **κεφάλαιο 2**, πραγματοποιείται περιγραφή και ανάλυση των βασικών κατεργασιών σε κέντρο τόννευσης, όπως εξωτερική και εσωτερική τόννευση, διάτρηση και γλείφανση.

Στο **κεφάλαιο 3** παρουσιάζονται οι βασικές εντολές προγραμματισμού (πχ G και M-code), όπως και οι σημαντικότεροι κύκλοι κατεργασίας.

Στο **κεφάλαιο 4** περιγράφεται ο τρόπος με τον οποίο γίνεται ο προγραμματισμός στο κέντρο τόννευσης CTX 310 ecoline, του εργαστηρίου Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης.

Στο **κεφάλαιο 5** φαίνονται τα δοκίμια που προσομοιώθηκαν μαζί με τα αντίστοιχα μηχανολογικά τους σχέδια και το πρόγραμμα κατεργασίας τους.

Στο **κεφάλαιο 6** παρουσιάζονται τα συμπεράσματα και οι παρατηρήσεις που προέκυψαν με την ολοκλήρωση της εργασίας.

## 2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΕ ΚΕΝΤΡΟ ΤΟΡΝΕΥΣΗΣ

### 2.1 Τόρνευση (Turning) και Διάνοιξη κυκλικής εσοχής (Boring)

#### 2.1.1 Βασικές κινήσεις τόρνευσης

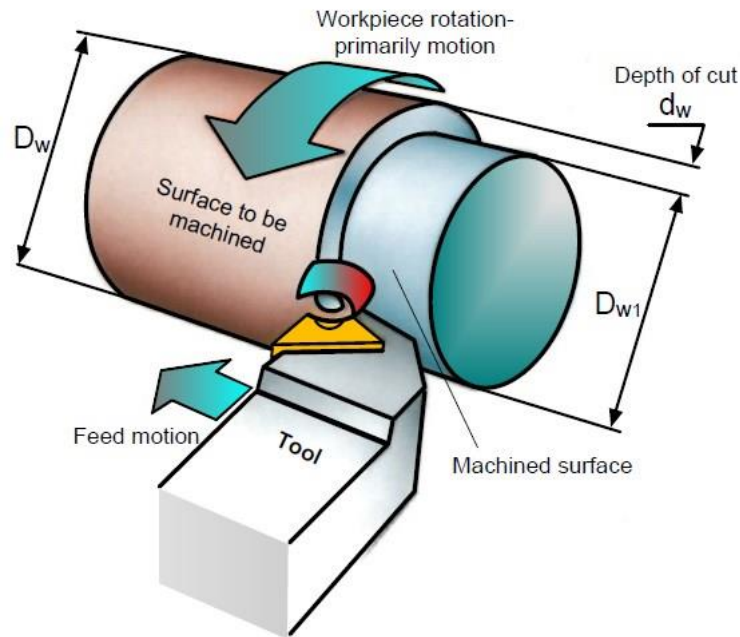
Η τόρνευση είναι ένας γενικός όρος μιας κατηγορίας κατεργασιών, κατά την οποία το τεμάχιο προς επεξεργασία εκτελεί περιστροφική κίνηση, ενώ το κοπτικό εργαλείο εκτελεί πρόωση. Οι παραπάνω κινήσεις είναι ικανές να πραγματοποιήσουν εσωτερική και εξωτερική τόρνευση. Μια κοινή διάταξη κατεργασίας τόρνευσης φαίνεται στο σχήμα 2.1. Το τεμάχιο τοποθετείται σε κεντραρισμένο τσोक που αποτελείται από 3 μάγουλα και είναι εγκατεστημένο στον άξονα της εργαλειομηχανής, ο οποίος παρέχει την περιστροφική κίνηση. Το κοπτικό εργαλείο είναι τοποθετημένο στο εργαλειοφορείο, το οποίο είναι εγκατεστημένο στο μύλο που δίνει την κίνηση πρόωσης στο κοπτικό εργαλείο.



Σχήμα 2.1: Διάταξη τόρνευσης

Η τόρνευση χρησιμοποιείται για την κατεργασία κυλινδρικών επιφανειών. Οι βασικές κινήσεις τόρνευσης φαίνονται στο σχήμα 2.2. Αυτές είναι:

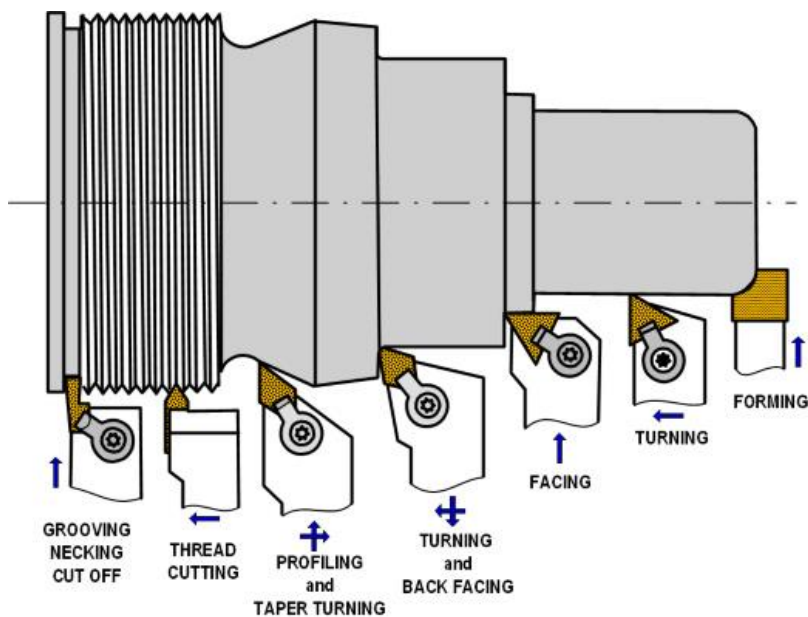
- Η κύρια κίνηση είναι η περιστροφική κίνηση του τεμαχίου γύρω από τον άξονα περιστροφής
- Η δευτερεύουσα κίνηση είναι η μεταφορική κίνηση του εργαλείου, που είναι γνωστή και ως πρόωση



Σχήμα 2.2: Βασικές κινήσεις τórνευσης

Βασικές λειτουργίες εξωτερικής τórνευσης ταξινομούνται ανάλογα με την κατεύθυνση της πρόωσης και σύμφωνα με τον άξονα περιστροφής (σχήμα 2.3):

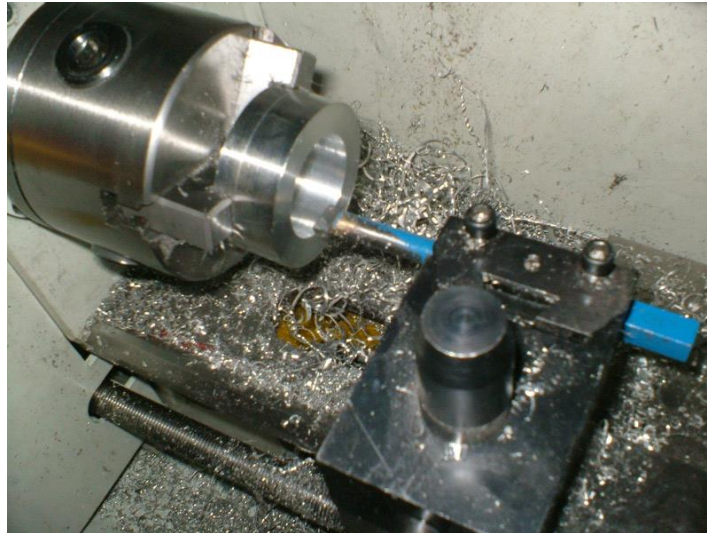
- Ευθεία τórνευση πραγματοποιείται όταν η κατεύθυνση της πρόωσης διατηρείται παράλληλη με τον άξονα περιστροφής
- Εγκάρσια τórνευση πραγματοποιείται όταν η κατεύθυνση της πρόωσης είναι κάθετη στον άξονα περιστροφής
- Τórνευση περιγράμματος πραγματοποιείται όταν η κατεύθυνση της πρόωσης αλλάζει σύμφωνα με το περίγραμμα του κατεργασμένου τεμαχίου λόγω συντονισμένων κινήσεων πρόωσης με βάση τους άξονες συντεταγμένων



Σχήμα 2.3: Λειτουργίες εξωτερικής τórνευσης



Η εσωτερική τórνευση, γνωστή και ως διάνοιξη κυκλικής εσοχής (boring), χρησιμοποιείται για να αυξήσει τη διάμετρο μιας οπής. Το σχήμα 2.4 δείχνει μια κοινή διάταξη εσωτερικής τórνευσης. Το τεμάχιο με οπή συσφίγγεται σε κεντραρισμένο τσοκ που αποτελείται από 3 μάγουλα και είναι εγκατεστημένο στον άξονα της εργαλειομηχανής, ο οποίος παρέχει την περιστροφική κίνηση και το κοπτικό εργαλείο εσωτερικής τórνευσης είναι τοποθετημένο στο εργαλειοφορείο, το οποίο είναι εγκατεστημένο στο μύλο που δίνει την κίνηση πρόωσης στο κοπτικό εργαλείο.



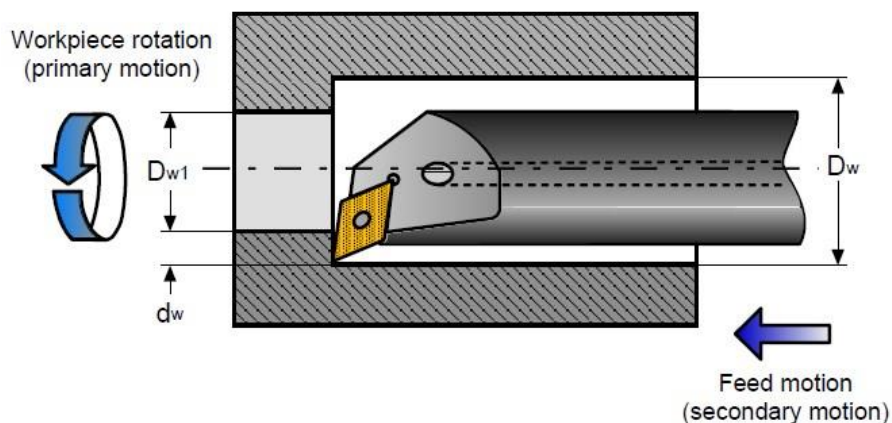
Σχήμα 2.4: Διάταξη εσωτερικής τórνευσης

Οι βασικές κινήσεις εσωτερικής τórνευσης είναι ίδιες με αυτές της εξωτερικής και φαίνονται στο σχήμα 2.5. Αυτές είναι:

- Η κύρια κίνηση είναι η περιστροφική κίνηση του τεμαχίου γύρω από το άξονα περιστροφής
- Η δευτερεύουσα κίνηση είναι η μεταφορική κίνηση του εργαλείου, που είναι γνωστή και ως πρόωση

Η διάνοιξη κυκλικής εσοχής επιτυγχάνει 3 βασικούς στόχους:

- Μεγέθυνση: Η εσωτερική τórνευση αυξάνει την διάμετρο οπής στο κατάλληλο μέγεθος και με φινιρισμένη επιφάνεια
- Ευθύτητα: Η εσωτερική τórνευση ισιώνει την αρχική οπή
- Ομοκεντρικότητα: Η εσωτερική τórνευση δημιουργεί ομόκεντρη οπή με τον άξονα περιστροφής

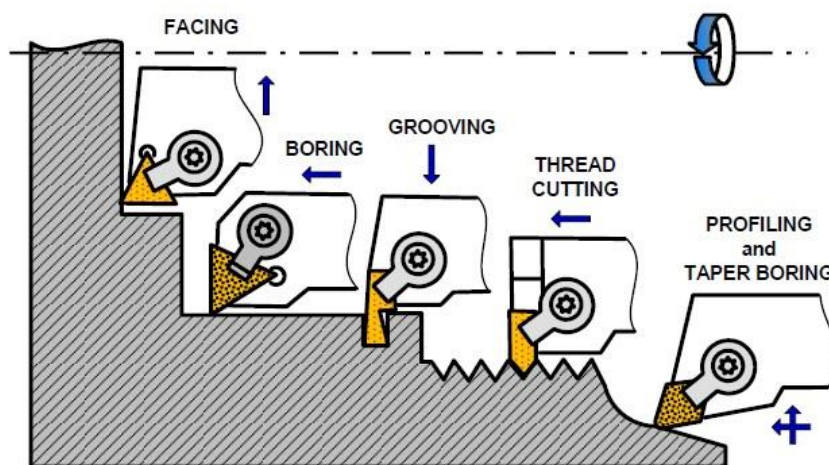


Σχήμα 2.5: Κινήσεις και παράμετροι εσωτερικής τórνευσης



Οι περισσότερες από τις κατεργασίες εσωτερικής τόννευσης μπορούν να πραγματοποιηθούν και με εξωτερική τόννευση, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.6. Με την εξωτερική τόννευση το μήκος του τεμαχίου δεν θα πρέπει να επηρεάζει την προεξοχή του κοπτικού εργαλείου και το μέγεθος της μανέλας. Ωστόσο με την διάνοιξη κυκλικής εσοχής, η επιλογή κοπτικού εργαλείου είναι πολύ περιορισμένη εξαιτίας του μεγέθους της διαμέτρου και του μήκους του τεμαχίου.

Ένας γενικός κανόνας που ισχύει για όλες τις κατεργασίες, είναι η ελαχιστοποίηση της προεξοχής του κοπτικού εργαλείου προκειμένου να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή σταθερότητα και συνεπώς ακρίβεια στην κατεργασία. Με εσωτερική τόννευση το βάθος της οπής καθορίζει την προεξοχή. Η σταθερότητα αυξάνεται, όταν χρησιμοποιείται ένα μεγαλύτερης διαμέτρου κοπτικό εργαλείο, αλλά περιορίζονται οι δυνατότητες κατεργασίας αφού ο χώρος που δημιουργείται από τη διάμετρο της οπής στο κατεργαζόμενο τεμάχιο, πρέπει να επιδέχεται τις όποιες πιθανές κινήσεις του κοπτικού εργαλείου, όπως για παράδειγμα ακτινικές κινήσεις.



Σχήμα 2.6: Λειτουργίες εσωτερικής τόννευσης

### 2.1.2 Ταχύτητα κοπής στην εξωτερική και εσωτερική τόννευση

Σε κάθε κατεργασία, η ταχύτητα κοπής είναι ο ρυθμός με τον οποίο η αιχμή του κοπτικού εργαλείου επεξεργάζεται την επιφάνεια του δοκιμίου. Η μονάδα μέτρησης είναι μέτρα ανά λεπτό (m/min) ή πόδια ανά λεπτό (συνήα αναφέρεται ως πόδια επιφάνειας ανά λεπτό, Surface Feet per Minute). Ο ορισμός της είναι παγκόσμιος και δεν έχει σημασία ποια είναι τα χαρακτηριστικά (χωρική τοποθεσία, κινήσεις, ταχύτητες, κλπ) των μεταβλητών ενός συγκεκριμένου συστήματος κατεργασίας. Να σημειωθεί ότι όταν βρίσκονται σε κίνηση τόσο το κοπτικό εργαλείο, όσο και το τεμάχιο (περιστροφή για παράδειγμα), η ταχύτητα κοπής αποτελεί την σχετική ταχύτητα του κοπτικού εργαλείου και του τεμαχίου αντίστοιχα σύμφωνα με αυτόν τον ορισμό.

Στο μετρικό σύστημα (SI system), η ταχύτητα κοπής υπολογίζεται ως

$$v = \frac{\pi \cdot D_w \cdot n}{1000} \left( \frac{\text{m}}{\text{min}} \right) \quad (2.1)$$

,όπου  $\pi=3.141$ ,  $D_w$  η διάμετρος του τεμαχίου σε χιλιοστά και  $n$  η ταχύτητα περιστροφής σε περιστροφές ανά λεπτό. Για παράδειγμα, αν  $D_w=76.2 \text{ mm}$  και  $n=670 \text{ rpm}$ , τότε:

$$v = \frac{3.141 \cdot 76.2 \cdot 670}{1000} = 160.4 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Στο αγγλοσαξονικό σύστημα, η ταχύτητα κοπής υπολογίζεται ως

$$v = \frac{\pi \cdot D_w \cdot n}{12} \left( \text{sfm or } \frac{\text{ft}}{\text{min}} \right) \quad (2.2)$$

,όπου  $\pi=3.141$ ,  $D_w$  η διάμετρος του τεμαχίου σε ίντσες και  $n$  η ταχύτητα περιστροφής σε περιστροφές ανά λεπτό. Για παράδειγμα, αν  $D_w=3$  in (76.2 mm) και  $n=670$  rpm, τότε:

$$v = \frac{3.141 \cdot 3 \cdot 670}{12} = 526.1$$

Στην πράξη, η ταχύτητα κοπής  $v$  συνήθως επιλέγεται σύμφωνα με το κοπτικό εργαλείο και το υλικό του, το υλικό του τεμαχίου και τις ιδιαιτερότητες μιας συγκεκριμένης κατεργασίας. Στη συνέχεια, η ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου θα πρέπει να υπολογιστεί χρησιμοποιώντας τη δοθείσα διάμετρο του τεμαχίου ως

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_w} \quad (2.3)$$

### 2.1.3 Πρόωση και ταχύτητα πρόωσης

Η κίνηση πρόωσης παρέχεται στο κοπτικό εργαλείο ή στο τεμάχιο, και όταν αποτελεί την κύρια κίνηση οδηγεί σε μια επαναλαμβανόμενη ή συνεχής αφαίρεση αποβλίπτου και στον σχηματισμό της επιθυμητής επιφάνειας τεμαχίου. Η πρόωση,  $f$  είναι η ταχύτητα στη διεύθυνση του άξονα περιστροφής, κατά την οποία το κοπτικό εργαλείο εισέρχεται εντός του τεμαχίου ανά μία περιστροφή. Γι αυτό η μονάδα μέτρησης είναι χιλιοστά ανά περιστροφή ή ίντσες ανά περιστροφή (mm/rev ή in/rev). Η ταχύτητα κοπής,  $v_f$  είναι η ταχύτητα του κοπτικού εργαλείου στη διεύθυνση της πρόωσης. Η μονάδα μέτρησης της είναι χιλιοστά ανά λεπτό (mm/min) ή ίντσες ανά λεπτό (ipm) και υπολογίζεται ως

$$v_f = f \cdot n \quad (2.4)$$

,όπου  $f$  η πρόωση (mm/rev ή inch/rev) και  $n$  η ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου (rpm).

#### Παράδειγμα

Πρόβλημα: Υπολογίστε την ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου και την ταχύτητα πρόωσης για κατεργασία τόννευσης, αν η ταχύτητα κοπής  $v=200$  m/min, η διάμετρος του τεμαχίου  $D_w=50$  mm και η πρόωση  $f=0.35$  mm/rev.

Επίλυση: Η ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου υπολογίζεται με την εξίσωση 2.3 ως  $n=(1000 \cdot v)/(\pi \cdot D_w)=(1000 \cdot 200)/(3.141 \cdot 50)=1273.48$  rpm. Η ταχύτητα πρόωσης υπολογίζεται με την εξίσωση 2.4 ως  $v_f=f \cdot n=0.35 \cdot 1273=445.55$  mm/min

### 2.1.4 Βάθος κοπής

Στην εξωτερική και εσωτερική τόννευση, το βάθος κοπής υπολογίζεται ως:

$$d_w = \frac{D_w - D_{w1}}{2} \quad (2.5)$$

,όπου  $D_{w1}$  η διάμετρος της κατεργασμένης επιφάνειας, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.2 και 2.5.

### 2.1.5 Ρυθμός αφαίρεσης υλικού

Ο ρυθμός αφαίρεσης υλικού είναι γνωστός ως MRR (mm<sup>3</sup>/min) στην εξωτερική τόννευση, ενώ στην εσωτερική τόννευση υπολογίζεται ως:

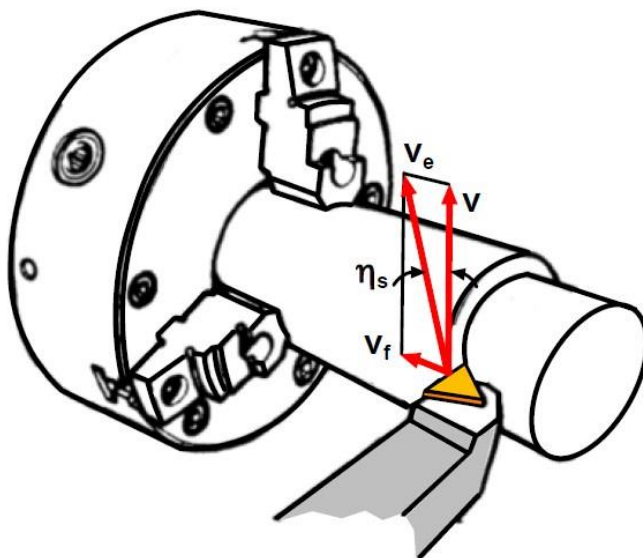
$$\text{MRR} = 1000 \cdot f \cdot v \cdot d_w \quad (2.6)$$

,όπου  $v$  σε m/min,  $f$  σε mm/rev,  $d_w$  σε mm

Η εξίσωση 2.6 δείχνει ότι προκειμένου να αυξηθεί το  $\eta$  MRR, θα πρέπει να αυξηθεί η ταχύτητα κοπής, η πρόωση και το βάθος κοπής υπό δεδομένους περιορισμούς που αφορούν το προσδόκιμο ζωής του κοπτικού εργαλείου, το φινίρισμα επιφάνειας, την ακρίβεια διαστάσεων, την διαθέσιμη δύναμη της εργαλειομηχανής, την αποδοτικότητα της κατεργασίας κτλ.

### 2.1.6 Συνισταμένη κίνηση

Επειδή η ταχύτητα κοπής και η πρόωση είναι ταχύτητες, μπορούν να αναλυθούν στα μεγέθη τους και τις κατευθύνσεις τους, δηλαδή από διανύσματα. Το αποτέλεσμα του αθροίσματος αυτών των διανυσμάτων είναι το μέγεθος και η κατεύθυνση της αποκαλούμενης συνισταμένης κίνησης  $v_e$ , όπως φαίνεται στο σχήμα 2.7. Παρόλο που υπάρχουν σε πολλά βιβλία και επιστημονικά άρθρα παρόμοιες εικόνες με αυτή του σχήματος 2.7, θα πρέπει να δοθεί μια περιγραφή.



Σχήμα 2.7: Συνισταμένη κίνηση

Το πρόβλημα είναι ότι το συνιστάμενο διάνυσμα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.7, δεν ανταποκρίνεται πλήρως στην πραγματικότητα εξαιτίας της απόκλισης της γωνίας  $\eta_s$ . Όπως συνεπάγεται από το σχήμα, η γωνία υπολογίζεται ως:

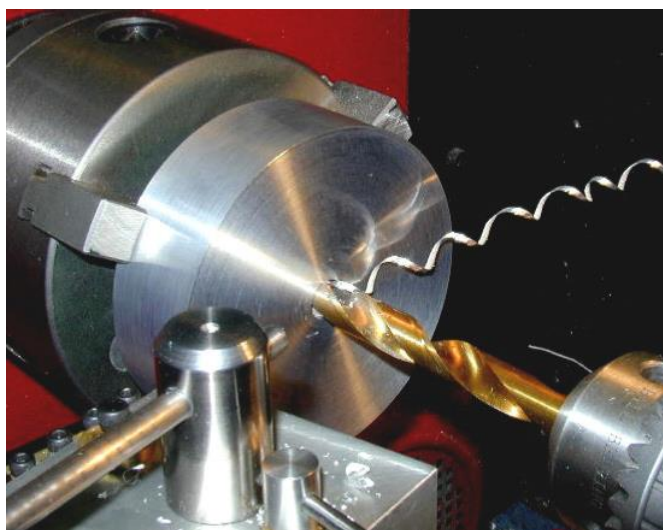
$$\tan(\eta_s) = \frac{v}{v_f} = \frac{f}{\pi \cdot D_w} \quad (2.7)$$

Για παράδειγμα, σε μια κατεργασία τεμαχίου διαμέτρου  $D_w=50\text{mm}$  με πρόωση  $f=0.5\text{mm/rev}$ , αυτή η γωνία  $0.18^\circ$ , η οποία τιμή είναι αρκετά μικρότερη της ακρίβειας στην τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου, πάνω στο εργαλειοφορείο σε πολλές μηχανές στην πράξη. Ως εκ τούτου, εκτός από λίγες ειδικές περιπτώσεις, η γωνία αυτή μπορεί να αγνοηθεί με ασφάλεια όταν γίνονται εκτιμήσεις πάνω στην κινηματική της κοπής μετάλλου.

## 2.2 Διάτρηση και Γλείφανση

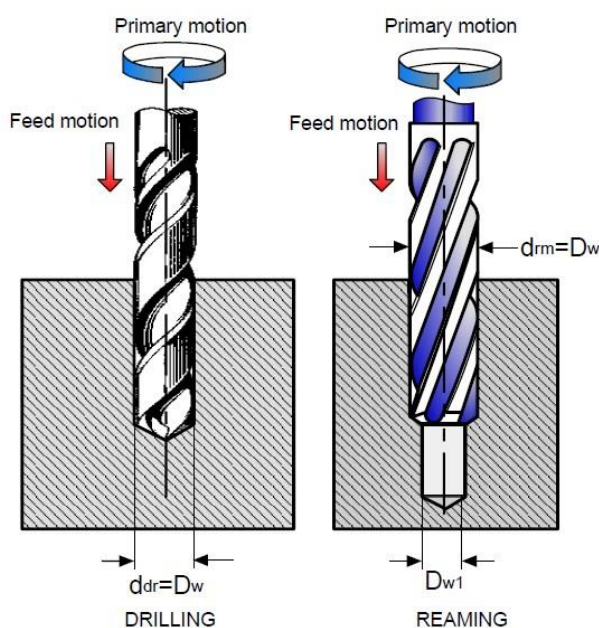
### 2.2.1 Βασικές κινήσεις διάτρησης

Η διάτρηση είναι μια λειτουργία κατεργασίας δημιουργίας οπής, όπου χρησιμοποιείται κοπτικό εργαλείο που ονομάζεται τρυπάνι. Στο [σχήμα 2.8](#) φαίνεται μια κοινή κατεργασία διάτρησης πάνω σε μια διάταξη τόννου. Το κατεργαζόμενο τεμάχιο τοποθετείται σε κεντραρισμένο τσοκ που αποτελείται από 3 μάγουλα και είναι εγκατεστημένο στον άξονα της εργαλειομηχανής, ο οποίος παρέχει την περιστροφική κίνηση και το κοπτικό εργαλείο είναι τοποθετημένο στο εργαλειοφορείο, το οποίο είναι εγκατεστημένο στο μύλο που δίνει την κίνηση πρόωσης στο κοπτικό εργαλείο.



Σχήμα 2.8: Διάταξη διάτρησης

Σε κατεργασίες διάτρησης, η κύρια κίνηση είναι η περιστροφή του τεμαχίου ή του κοπτικού εργαλείου ή και των δύο (αντίθετη περιστροφή) και μεταφορική κίνηση πρόωσης, η οποία μπορεί να περιγράψει την κίνηση του κοπτικού εργαλείου ή την κίνηση του τεμαχίου ανάλογα με τα εκάστοτε χαρακτηριστικά του εργαλείου, όπως φαίνεται στο [σχήμα 2.9](#). Βασικές λειτουργίες διάτρησης διακρίνονται στο [σχήμα 2.10](#).



Σχήμα 2.9: Κινήσεις στην διάτρηση και γλείφανση

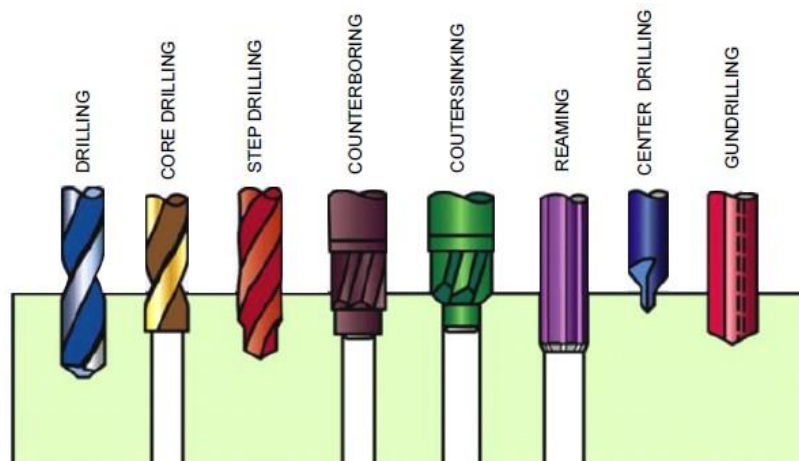
### 2.2.2 Μηχανικό Σύστημα

Η ταχύτητα κοπής στην διάτρηση υπολογίζεται χρησιμοποιώντας την εξίσωση 2.1. Η  $D_w$  παρουσιάζεται στο σχήμα 2.9. Κατά τη διάτρηση και γλείφανση στην πράξη, η ταχύτητα κοπής  $v$  επιλέγεται σύμφωνα με το κοπτικό εργαλείο και το υλικό του, το υλικό του τεμαχίου και τις ιδιαιτερότητες μιας συγκεκριμένης κατεργασίας. Η περιστροφική κίνηση της ατράκτου υπολογίζεται από την εξίσωση 2.3.

Η πρόωση παρέχεται στο κοπτικό εργαλείο ή το τεμάχιο και όταν προστίθεται στην κύρια κίνηση, οδηγεί σε μια επαναλαμβανόμενη ή συνεχή αφαίρεση αποβλήτου και στον σχηματισμό της επιθυμητής επιφάνειας. Η πρόωση  $f$  είναι η ταχύτητα στη διεύθυνση του άξονα περιστροφής, κατά την οποία το κοπτικό εργαλείο εισέρχεται εντός του τεμαχίου ανά μία περιστροφή. Γι αυτό η μονάδα μέτρησης είναι χιλιοστά ανά περιστροφή ή ίντσες ανά περιστροφή (mm/rev ή in/rev). Ο ρυθμός πρόωσης,  $v_f$  είναι η ταχύτητα του κοπτικού εργαλείου στην κατεύθυνση της πρόωσης. Συχνά αναφέρεται ρυθμός διείσδυσης και μετριέται σε χιλιοστά ανά λεπτό ή ίντσες ανά λεπτό (mm/rev ή in/rev). Ο ρυθμός διείσδυσης υπολογίζεται με την εξίσωση 2.4.

Στη διάτρηση, το βάθος κοπής είναι ίσο με  $D_w/2$ . Στην γλείφανση, υπολογίζεται με την εξίσωση 2.5. Η  $D_{w1}$  φαίνεται στο σχήμα 2.9. Ο MRR στη διάτρηση υπολογίζεται αντικαθιστώντας  $d_w=D_w/2$  στην εξίσωση 2.6.

$$MRR = 500 \cdot f \cdot v \cdot D_w \quad (2.8)$$



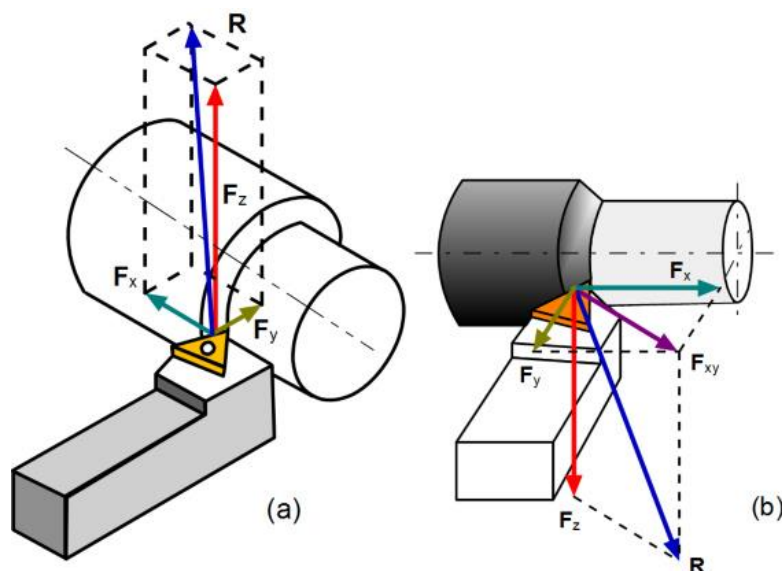
Σχήμα 2.10: Βασικές λειτουργίες διάτρησης

## 2.3 Δύναμη και Ισχύς Κοπής

### 2.3.1 Σύστημα δυνάμεων στην κοπή μετάλλων

Κατά την κοπή, το κοπτικό εργαλείο εφαρμόζει μια δύναμη στο στρώμα που αποβάλλεται μέσω της επαφής του με chip. Αυτή η δύναμη, γνωστή ως συνισταμένη δύναμη κοπής  $R$ , είναι ένα διάνυσμα 3 διαστάσεων με φορά που υπολογίζεται με τον κανόνα του δεξιού χεριού, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.11.a. Για ευκολία, αυτή η δύναμη συνήθως αναλύεται σε 3 συνιστώσες. Η κύρια συνιστώσα δύναμη,  $F_z$  (γνωστή και ως εφαπτόμενη δύναμη) βρίσκεται κατά μήκος του  $Z$  άξονα. Αποτελεί την σπουδαιότερη συνιστώσα. Η δύναμη στη διεύθυνση της πρόωσης κατά μήκος του  $X$  άξονα είναι γνωστή ως αξονική δύναμη  $F_x$ . Η συνιστώσα κατά μήκος του  $Y$  άξονα,  $F_y$  είναι γνωστή ως ακτινική συνιστώσα καθώς δρα στην ακτινική διεύθυνση του τεμαχίου.





Σχήμα 2.11: Δύναμη κοπής και οι συνιστώσες της: (a)εφαρμοσμένη στο τεμάχιο και (b)εφαρμοσμένη στο κοπτικό εργαλείο

Η ίση και αντίρροπη δύναμη  $R$  εφαρμόζεται στο κοπτικό εργαλείο ως μια δύναμη αντίδρασης από το τεμάχιο, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.11.b. Αυτή η δύναμη επίσης αναλύεται σε 3 ορθογώνιες συνιστώσες κατά μήκος των αξόνων συντεταγμένων με τον κανόνα του δεξιού χεριού. Η πρόσθετη συνιστώσα  $F_{xy}$  που δρα στα επίπεδα κατά μήκος του  $X$  και  $Y$  άξονα λαμβάνεται επίσης υπόψη.

### 2.3.2 Ισχύς κοπής

Η ισχύς ορίζεται ως το γινόμενο της συνισταμένης δύναμης και της ταχύτητας στη διεύθυνση της δύναμης αυτής. Σε κοπές μετάλλων, ωστόσο, οι συνιστώσες της δύναμης και οι αντίστοιχες ταχύτητες μπορούν να ληφθούν υπόψη. Καθώς η ταχύτητα στη διεύθυνση της ακτινικής δύναμης  $F_y$  διατηρείται 0, η συγκεκριμένη συνιστώσα δεν συμμετέχει στους υπολογισμούς δυνάμεων. Η αξονική δύναμη  $F_x$  συνήθως έχει πολύ μικρότερη τιμή από την επαπτόμενη δύναμη  $F_z$ . Όπως περιγράφηκε παραπάνω, η ταχύτητα στην αξονική κατεύθυνση (ταχύτητα πρόωσης), είναι πολύ μικρότερη από την ταχύτητα κοπής σε βαθμό που θεωρείται αμελητέα. Ως αποτέλεσμα, η συνεισφορά της ισχύς που οφείλεται στην αξονική δύναμη  $F_x$  προς την αντίστοιχη της συνολικής ισχύς, είναι μικρή. Η σημαντικότερη συνιστώσα δύναμης που δρα στη διεύθυνση της ταχύτητας κοπής είναι η  $F_z$ . Ως εκ τούτου, η ισχύς κοπής υπολογίζεται ως:

$$P_c = F_z \times v \quad (W) \quad (2.9)$$

,όπου  $F_z$  σε Newtons και  $v$  σε m/s.

Γι αυτό το λόγο η  $F_z$  αποκαλείται συνιστώσα ισχύος ή δύναμη κοπής. Αν η  $P_c$  διαιρεθεί με τον όγκο του υλικού που αφαιρείται ανά μονάδα χρόνου, δηλαδή με τον MMR, τότε η ισχύς που προκύπτει αντιστοιχεί σε αυτή που απαιτείται για να αφαιρεθεί μια μονάδα όγκου ανά μονάδα χρόνου (πχ mm<sup>3</sup>/s). Αυτή η ισχύς έχει ονομαστεί ως η ειδική ισχύς κοπής,  $P_{c-c}$ :

$$P_{c-c} = \frac{F_z \cdot v}{MMR} \quad (2.10)$$

Αντικαθιστώντας την εξίσωση 2.6 στην εξίσωση 2.10 και μετατρέποντας τις μονάδες, προκύπτει το αποτέλεσμα:



$$P_{c-c} = \frac{F_z \cdot v}{f \cdot v \cdot d_w} = \frac{F_z}{f \cdot d_w} \left( \frac{W}{\text{mm}^3} \right) \quad (2.11)$$

, όπου η πρόωση,  $f$  μετριέται σε mm/rev και το βάθος κοπής,  $d_w$  σε mm.

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να αναφερθούν οι συνήθεις αντιφάσεις που σχετίζονται με την εξίσωση 2.11. Όπως παρατηρείται, η σωστή μονάδα μέτρησης της  $P_{c-c}$  είναι  $W/\text{mm}^3$ . Δυστυχώς όμως, πολλοί ειδικοί στο χώρο δεν συνειδητοποιούν την φυσική σημασία της εξίσωσης. Έτσι ως επίσημη μονάδα μέτρησης έχει καθιερωθεί  $N/\text{mm}^2$ . Ως αποτέλεσμα, η  $P_{c-c}$  συχνά αποκαλείται ειδική πίεση κοπής ή ακόμη και ειδική δύναμη κοπής ( $k_c$ ). Στην πραγματικότητα, δεν αντιστοιχεί σε ένα τέτοιο μέγεθος.

Ακόμη θεωρείται ότι είναι ένα χαρακτηριστικό του υλικού κατεργασίας, που αντιπροσωπεύει τις μηχανικές του ιδιότητες και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστεί η δύναμη κοπής. Όλη η ιδέα μιας τέτοιας μηχανικής προσέγγισης σε κοπές μετάλλων βασίζεται σε αυτή τη λανθασμένη αντίληψη. Ο ρόλος της γεωμετρίας του κοπτικού εργαλείου, ως σημαντικός παράγοντας της πίεσης στη μηχανική ζώνη, έχει αγνοηθεί εντελώς. Η επιμήκυνση στη θραύση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την πίεση. Αυτή η επιμήκυνση καθορίζει την ενέργεια που απαιτείται για τη θραύση του υλικού που αφαιρείται, γεγονός που επηρεάζει άμεσα την δύναμη κοπής.

### 2.3.3 Πρακτική αξιολόγηση της δύναμης κοπής

Ο Astakhon ότι οι υπάρχουσες έννοιες του θεωρητικού προσδιορισμού του δύναμη κοπής είναι άκαρπες, καθώς δεν μπορούν να υποβληθούν σε ένα πειραματικό έλεγχο. Σε περίπτωση ενός τέτοιου ελέγχου, παρουσιάζονται 2 προβλήματα:

- Το πρώτο και κύριο είναι ότι η δύναμη κοπής δεν μπορεί να υπολογιστεί με εύλογη ακρίβεια. Ακόμη και αν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα, προκύπτει μια μεταβλητότητα της τάξης του 50%
- Δεύτερον, πολλά κοπτικά εργαλεία και κατασκευάστριες αυτών δεν διαθέτουν τον απαιτούμενο εξοπλισμό για ικανή μέτρηση των δυνάμεων κοπής. Πολλά δυναμόμετρα που χρησιμοποιούνται στον τομέα δεν είναι ορθώς βαθμονομημένα, επειδή οι γνωστές βιβλιογραφικές πηγές δεν παρέχουν ορθή πειραματική μεθοδολογία για μετρήσεις δυνάμεων κοπής, καθώς γίνεται χρήση πιεζοηλεκτρικών δυναμόμετρων.

Ως εκ τούτου, για να γίνει πρακτικός υπολογισμός των δυνάμεων κοπής και συνεπώς της ενέργειας που δαπανάται κατά την κατεργασία, πρέπει να βρεθεί μια άλλη προσέγγιση. Η προηγμένη μεθοδολογία βασίζεται στον καθορισμό της διαδικασίας κοπής μετάλλων που πρότεινε ο Astakhon και στο μοντέλο διαμερισμού της ενέργειας στο σύστημα κοπής μετάλλων που αναπτύχθηκε. Σύμφωνα με αυτό το μοντέλο, η ισχύς στο σύστημα κοπής μπορεί να γραφτεί ως

$$P_c = F_c \cdot v = P_{pd} + P_{fR} + P_{fF} + P_{ch} \quad (2.12)$$

,όπου η δύναμη κοπής υπολογίζεται ως

$$F_c = \frac{P_{pd} + P_{fR} + P_{fF} + P_{ch}}{v} \quad (2.13)$$

,όπου  $P_{pd}$  είναι η ισχύς που δαπανάται για την πλαστική παραμόρφωση του υλικού που αφαιρείται,  $P_{fR}$  είναι η ισχύς που δαπανάται κατά την αλληλεπίδραση κοπτικού εργαλείου και αποβλήτου,  $P_{fF}$  είναι η ισχύς που δαπανάται κατά την αλληλεπίδραση κοπτικού εργαλείου και τεμαχίου και  $P_{ch}$  είναι η ισχύς που δαπανάται για το σχηματισμό νέων επιφανειών.

Η ισχύς που δαπανάται για την πλαστική παραμόρφωση του στρώματος υλικού που αφαιρείται,  $P_{pd}$  μπορεί να υπολογιστεί γνωρίζοντας τον ρυθμό συμπίεσης του αποβλίττου και τις παραμέτρους της καμπύλης παραμόρφωσης του υλικού κατεργασίας ως

$$P_{pd} = \frac{K \cdot (1.15 \cdot \ln \zeta)^{n+1}}{n+1} \cdot v \cdot A_w \quad (2.14)$$

,όπου  $K$  ο συντελεστής αντοχής ( $N/m^2$ ) και  $n$  ο συντελεστής τραχύτητας του υλικού κατεργασίας,  $\zeta$  ο ρυθμός συμπίεσης του αποβλίττου και  $A_w$  η επιφάνεια διατομής αποβλίττου ( $m^2$ ):

$$A_w = d_w \cdot f \quad (2.15)$$

,όπου  $d_w$  το βάθος κοπής (m) και  $f$  η ταχύτητα κοπής (m/rev).

Η ισχύς που δαπανάται λόγω τριβής κοπτικού εργαλείου και αποβλίττου υπολογίζεται ως

$$P_{fR} = \tau_c \cdot l_c \cdot b_{1T} \cdot \frac{v}{\zeta} \quad (2.16)$$

,όπου  $\tau_c = 0.28 \cdot \sigma_{UTS}$  είναι η μέση διατμητική που αναπτύσσεται τάση κατά την επαφή κοπτικού και αποβλίττου ( $N/m^2$ ),  $\sigma_{UTS}$  είναι η τελική αντοχή σε εφελκυσμό ( $N/m^2$ ),  $l_c$  είναι το μήκος που εφάπτονται κοπτικό εργαλείο και απόβλιττο,  $b_{1T}$  είναι το πραγματικό πλάτος του αποβλίττου (m).

Το μήκος που εφάπτονται το κοπτικό εργαλείο και το απόβλιττο υπολογίζεται ως

$$l_c = t_{1T} \cdot \zeta^{1.5} \quad (2.17)$$

,όπου  $t_{1T}$  είναι το πραγματικό πάχος του αποβλίττου που δεν έχει κοπεί (m).

Το πραγματικό πάχος του αποβλίττου που δεν έχει κοπεί και το πραγματικό πάχος του αποβλίττου εξαρτώνται από τη διαμόρφωση της προεξοχής της ακμής κοπής στο κυρίως πεδίο αναφοράς.

Η ισχύς που δαπανάται λόγω της τριβής που αναπτύσσεται κατά την επαφή κοπτικού εργαλείου και τεμαχίου υπολογίζεται ως

$$P_{fF} = F_{fF} \cdot v \quad (2.18)$$

,όπου  $F_{fF}$  η δύναμη της τριβής που δρα κατά την επαφή κοπτικού εργαλείου και τεμαχίου

$$F_{fF} = 0.625 \cdot \tau_y \cdot \rho_{ce} \cdot l_{ac} \cdot \sqrt{\frac{Br}{\sin a^*}} \quad (2.19)$$

,όπου  $\tau_y$  η αντοχή διάτμησης του υλικού του κοπτικού εργαλείου ( $N/m^2$ ),  $\rho_{ce}$  η ακτίνα της ακμής κοπής (m),  $a^*$  είναι η γωνία της πλευράς ( $^\circ$ ) και  $l_{ac}$  είναι το μήκος του ενεργού μέρους στην γωνία κοπής (m).

Η πιο κοινή περίπτωση κατεργασίας είναι, όταν η γωνία της κοπτικής ακμής είναι  $K_r$  (cutting edge angle) και η μικρή γωνία κοπτικής ακμής είναι  $K_{r1}$  (minor cutting edge angle) και πραγματοποιείται με μύτη ακτίνας  $r_n$  (nose radius), έτσι ώστε το βάθος κοπής  $d_w$  να είναι μεγαλύτερο της ακτίνας της μύτης του κοπτικού εργαλείου. Αν οι ακόλουθες σχέσεις ικανοποιούνται:

$$d_w \geq r_n \cdot (1 - \cos K_r) , f \leq 2 \cdot r_n \cdot \sin K_{r1} \quad (2.20)$$

τότε

$$l_{ac} = r_n \cdot \left( 0.018 \cdot K_r + \frac{r_n + \cos K_r}{\sin K_r} \right) \quad (2.21)$$

Το μέγεθος  $B_r$  είναι το κριτήριο ομοιότητας του Brick

$$B_r = \frac{\cos \gamma_n}{\zeta - \sin \gamma_n} \quad (2.22)$$

,όπου  $\gamma_n$  η γωνία κλίσης ( $^\circ$ ).

Η ισχύς που δαπανάται για το σχηματισμό νέων επιφανειών,  $P_{ch}$  ορίζεται ως το γινόμενο της απαιτούμενης ενέργειας για το σχηματισμό ενός επιπέδου διάτμησης και τον αριθμό των επιπέδων διάτμησης που σχηματίζονται ανά δευτερόλεπτο, δηλαδή

$$P_{ch} = E_{fr} \cdot f_{cf} \quad (2.23)$$

,όπου  $f_{cf}$  είναι η συχνότητα σχηματισμού αποβλίπτου, δηλαδή ο αριθμός των επιπέδων διάτμησης που σχηματίζονται ανά δευτερόλεπτο και  $E_{fr}$  η ενέργεια θραύσης ανά ένα επίπεδο διάτμησης.

Η συχνότητα σχηματισμού chip καθορίζει πόσα επίπεδα διάτμησης σχηματίζονται ανά δευτερόλεπτο κατεργασίας. Αυτή η συχνότητα εξαρτάται κυρίως από το υλικό κατεργασίας και από την ταχύτητα κοπής, όπως περιγράφηκε από τον Astakhov. Στο σχήμα 2.12 παρέχονται κάποια δεδομένα για κοινά υλικά κατεργασιών.

Το έργο θραύσης ανά επίπεδο διάτμησης είναι

$$E_{fr} = E_{fr-u} \cdot A_{fr} \quad (2.24)$$

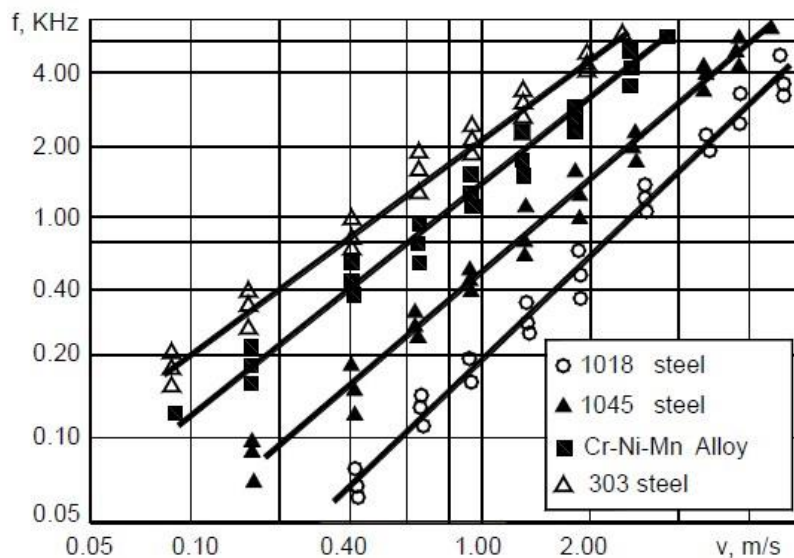
,όπου  $E_{ch}$  η συνεκτική ενέργεια ( $J/m^2$ ) και  $A_{ch}$  η επιφάνεια της θραύσης ( $m^2$ ).

Η επιφάνεια της θραύσης είναι η περιοχή όπου το επίπεδο διάτμησης υπολογίζεται ως

$$A_{fr} = L_{sh} \cdot b_{1T} \quad (2.25)$$

,όπου το μήκος επιπέδου διάτμησης  $L_{sh}$  υπολογίζεται ως

$$L_{sh} = \frac{t_{1T}}{\sin \arctan B_r} \quad (2.26)$$



Σχήμα 2.12: Διάγραμμα ταχύτητας κοπής-συχνότητα σχηματισμού chip (Astakhov)

Οι εξισώσεις 2.12 και 2.13 δεν χρησιμοποιούνται για την επίδραση κοπτικής ακμής. Μια ανάλυση ενός μεγάλου όγκου πειραματικών αποτελεσμάτων και τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τους Zoren και Astakhov έδειξαν ότι όταν η αιχμή του κοπτικού εργαλείου είναι γωνίας  $30^\circ \leq K_{r1} \leq 45^\circ$ , τότε η ισχύς θα πρέπει να αυξηθεί κατά 14%, για  $15^\circ \leq K_{r1} \leq 30^\circ$  κατά 17%, για  $10^\circ \leq K_{r1} \leq 15^\circ$  κατά 20% και για  $K_{r1} \leq 10^\circ$  κατά 23%.

Ο πίνακας 2.1 δείχνει ένα παράδειγμα υπολογιστικών αποτελεσμάτων της προτεινόμενης πρακτικής μεθοδολογίας, όπως και την συνολική ισχύ που απαιτείται από το σύστημα κοπής,  $P_{tot}$ .

Τα σχήματα 2.13 και 2.14 δείχνουν την επίδραση της κάθε ισχύς στις δυνάμεις κοπής κατά την κατεργασία χάλυβα 5210 και αλουμινίου 2420 σύμφωνα με την μεθοδολογία των δυνάμεων κοπής. Ο πίνακας 2.2 παρέχει τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στους υπολογισμούς. Το κύριο πλεονέκτημα της προτεινόμενης μεθοδολογίας είναι όχι μόνο ο υπολογισμός της συνολικής ισχύος και συνεπώς της δύναμης κοπής, αλλά και το πως καταμερίζεται η ενέργειας στο σύστημα κοπής.

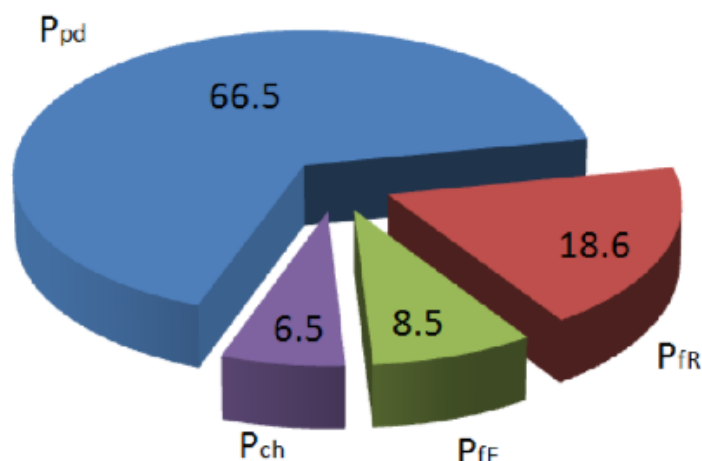
Τα αποτελέσματα που λήφθηκαν από τη χρήση αυτής της μεθοδολογίας είναι έγκυρα για νέα κοπτικά εργαλεία. Η φθορά του κοπτικού εργαλείου αυξάνει σημαντικά τη δύναμη κοπής. Για χάλυβα E52100,  $V_{BB}=0.45$  mm προκαλεί 2 - 2.5 φορές αύξηση της δύναμης κοπής, όταν δεν εμφανίζεται περαιτέρω μείωση πλαστικής παραμόρφωσης της κοπτικής ακμής (για ταχύτητες κοπής 1 και 1.5 m/s) και 3 - 3.5 φορές αύξηση όταν προκαλείται μείωση της πλαστικής παραμόρφωσης (για ταχύτητες κοπής 3 και 4 m/s).

Τα αποτελέσματα συνηγορούν ότι η ισχύς που απαιτείται για να επιτευχθεί πλαστική παραμόρφωση του στρώματος που αποβάλλεται κατά την μετατροπή του σε απόβλητο είναι η μεγαλύτερη από τις εμφανιζόμενες. Ως εκ τούτου, ο μείζων λόγος για την επιλογή βέλτιστης γεωμετρίας κοπτικού εργαλείου είναι η μείωση της ισχύος, γεγονός που διασφαλίζει κατεργασία με την ελάχιστη πλαστική παραμόρφωση του στρώματος που αφαιρείται. Σαν αποτέλεσμα είναι η αύξηση του προσδόκιμου ζωής του κοπτικού εργαλείου και η ακεραιότητα της κατεργασμένης επιφάνειας. Προφανώς, ο στόχος αυτός επιτυγχάνεται ταυτόχρονα με την επιλογή βέλτιστου μηχανικού συνθηκών κατεργασίας.

Πίνακας 2.1

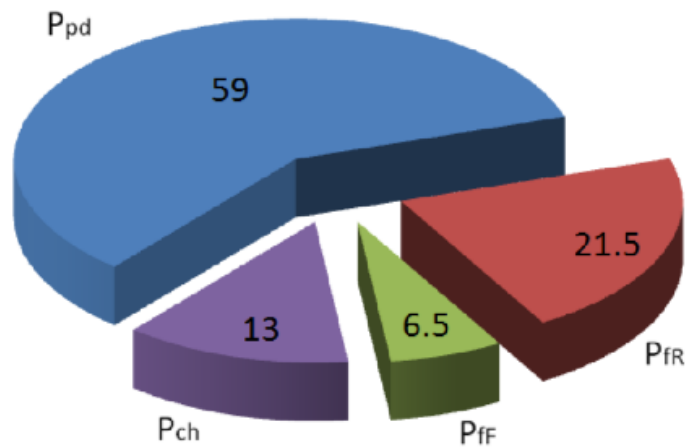
Παράδειγμα υπολογιστών: Υλικά κατεργασιών Κράμα αλουμινίου 2024 T6 (90.7–94.7%Al, 3.8–4.8%Cu, 1.2–1.8%Mg, 0.3–0.9%Mn), Σκληρότητα HB 125; Αντοχή εφελκυσμού, μέγιστη – 185 MPa, Αντοχή εφελκυσμού,... – 86 MPa, επιμήκυνση έως τη θραύση – 5%, Αντοχή διάτμησης 125 MPa,  $K=0.220$  GPa,  $n=0.16$ ; Κοπτικό εργαλείο – πρότυπα ένθετα SNMG 432-MF2 TP2500 Materials Group 4 (SECO Tools) εγκατεστημένο σε φορέα 453-120141 R1-1(Sandvik). Οι παράμετροι της γεωμετρίας του κοπτικού εργαλείου είναι: η γωνία της αιχμής του κοπτικού εργαλείου =  $45^\circ$ , μικρή γωνία αιχμής κοπτικού εργαλείου =  $45^\circ$ , ακτίνα μύτης = 1mm, ακτίνα αιχμής = 0.3 mm, γωνία ακτίνας πλευράς =  $7^\circ$ , γωνία κλίσης =  $-7^\circ$

Ταχύτητα κοπής (m/s)	Πρόωση (mm/rev)	Βάθος κοπής (mm)	CCR	$P_{pd}$ (kW)	$P_{fr}$ (kW)	$P_{pd}+P_{fr}$ (kW)	$P_{tot}$ (W)
1	0.45	4	4.96	1.242	0.284	1.526	1.596
3	0.45	4	3.84	1.702	0.539	2.241	2.595
5	0.45	4	2.65	1.954	0.746	2.700	3.270
7	0.45	4	1.92	1.716	0.889	2.605	3.458
3	0.75	4	2.82	2.093	0.758	2.851	3.544
3	0.50	3	3.75	1.397	0.439	1.836	2.290
3	0.50	2	3.82	0.940	0.291	1.231	1.539
3	0.50	4	3.94	1.169	0.366	1.535	1.984



Σχήμα 2.13: Επίδραση της ισχύος στη δύναμη κοπής σε χάλυβα 52100

Παρόλο που η απαιτούμενη ισχύς για την πλαστική παραμόρφωση είναι η μεγαλύτερη για κατεργασία όλκιμων υλικών, η σχετική της επίδραση μειώνεται με την ταχύτητα κοπής. Όσο μεγαλύτερη η ταχύτητα κοπής, τόσο μεγαλύτερη και η ποσότητα της ισχύος που δαπανάται στις πλευρές του κοπτικού εργαλείου. Όταν η ταχύτητα κοπής είναι 1 m/s, η ισχύς της πλαστικής παραμόρφωσης,  $P_{pd}$  είναι 67%, ενώ η ισχύς που δαπανάται κατά την επαφή κοπτικού εργαλείου chip,  $P_{fr}$  είναι 18% και η ισχύς που δαπανάται στην επαφή κοπτικού εργαλείου και τεμαχίου,  $P_{ff}$  είναι 9%. Όταν η ταχύτητα κοπής είναι 4 m/s, τότε η  $P_{pd}$  είναι 45%, η  $P_{fr}$  είναι 25% και η  $P_{ff}$  είναι 22%, δηλαδή η συνολική ισχύς που δαπανάται στην αλληλεπίδραση κοπτικού εργαλείου και αποβλίττου και κοπτικού εργαλείου και τεμαχίου είναι μεγαλύτερη από την ισχύ που δαπανάται για την πλαστική παραμόρφωση. Η ισχύς που δαπανάται για το σχηματισμό νέων επιφανειών είναι  $P_{ch}$  είναι 6% και στις δύο περιπτώσεις παρόλο που η συχνότητα του σχηματισμού αποβλίττου είναι πολύ μεγαλύτερη όταν η ταχύτητα κοπής είναι 4 m/s.



Σχήμα 2.14: Επίδραση της ισχύς στη δύναμη κοπής σε αλουμίνιο 2024

Πίνακας 2.2

Δεδομένα για χάλυβα 52100 και αλουμίνιο 2024 που χρησιμοποιήθηκαν για υπολογισμούς

Μεταβλητή	Συμβολισμός	Μονάδα μέτρησης	Τιμή (Χάλυβας 52100)	Τιμή (Αλουμίνιο 2024)
Βάθος κοπής	$d_w$	m	5.00E-03	4.00E-03
Πρόωση ανά περιστροφή	f	m/rev	2.00E-04	7.50E-04
Συντελεστής αντοχής	K	N/m <sup>2</sup>	1.34E+09	2.20E+08
Δείκτης σκληρότητας	n		2.50E-01	1.60E-01
Ρυθμός συμπίεσης chip	ζ		3.1	2.82E+00
Ταχύτητα κοπής	v	m/s	1.50E+00	3.00E+00
Ανώτατη αντοχή εφελκυσμού	$\sigma_{UTS}$	N/m <sup>2</sup>	8.50E+08	1.85E+08
Ακτίνα μύτης κοπτικού	$r_n$	m	1.00E-03	1.00E-03
Γωνία αιχμής κοπτικού	$K_r$	rad	7.85E-01	7.85E-01
Γωνία κλίσης	$\gamma_n$	rad	-1.22E-01	-1.22E-01
Ακτίνα αιχμής κοπτικού	$\rho_{ce}$	m	5.00E-05	1.00E-04
Διατμητική αντοχή	$\sigma_y$	N/m <sup>2</sup>	5.20E+08	1.25E+08
Γωνία πλευράς	$\alpha_n$	rad	1.22E-01	1.22E-01
Σχετική ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας θραύσης	$E_{fr-u}$	J/m <sup>2</sup>	4.00E+04	8.00E+03
Συχνότητα σχηματισμού chip	$f_{cr}$	Hz	1.60E+03	6.20E+03



### 3. ΚΩΔΙΚΑΣ ISO

Οι περισσότερες ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές (CNC) έχουν προγραμματιστεί στο πρότυπο ISO 6983, που περιλαμβάνει τον G και M κώδικα. Ο G κώδικας τοποθετεί κάθε φορά σε συγκεκριμένη θέση το εργαλείο για να εκτελέσει συγκεκριμένη διεργασία, σε αντίθεση με τον M κώδικα, που αποτελείται από βοηθητικές λειτουργίες της εργαλειομηχανής, τον T κώδικα που συνδέεται με το εργαλείο, τον S και τον F κώδικα που σχετίζονται με την περιστροφική ταχύτητα (Speed) και την πρόωση (Feed) του εργαλείου αντίστοιχα και τέλος τον D κώδικα που σχετίζεται με την αντιστάθμιση. Στην πραγματικότητα οι G κώδικες είναι ένα μόνο μέρος της NC – γλώσσας προγραμματισμού που ελέγχει τις κινήσεις του κοπτικού εργαλείου στις NC και τις CNC μηχανές.

Όταν ο G κώδικας καθιερώθηκε, τα CAM συστήματα είχαν περιορισμένες δυνατότητες, ενώ οι κατασκευαστές εργαλειομηχανών CNC προσπάθησαν να αντιμετωπίσουν τα προβλήματα συμβατότητας μεταξύ των διάφορων controls, ακολουθώντας τον τύπο της Fanuc.

Σήμερα ο κώδικας G χρησιμοποιείται για να καθορίσει το είδος κίνησης του εργαλείου, όπως:

- Ταχεία κίνηση
- Κίνηση με ελεγχόμενη πρόωση σε ευθύγραμμη και σε καμπυλόγραμμη τροχιά
- Πλήθος κινήσεων με ελεγχόμενη πρόωση που οδηγούν σε διάτρηση ή σε κοπή τεμαχίου με συγκεκριμένες διαστάσεις
- Πληροφορίες για την αντιστάθμιση

Οι παράμετροι των εντολών του G κώδικα είναι οι παρακάτω:

- **X** απόλυτη θέση
- **Y** απόλυτη θέση
- **Z** απόλυτη θέση
- **C** θέση (περιστροφικός άξονας γύρω από τον Z)
- **U** βοηθητικός άξονας ως προς τον X
- **V** βοηθητικός άξονας ως προς τον Y
- **W** βοηθητικός άξονας ως προς τον Z
- **M** κώδικας
- **F** πρόωση
- **S** ταχύτητα ατράκτου
- **N** αριθμός γραμμής
- **R** ακτίνα τόξου ή προαιρετική παράμετρος σε υποπρόγραμμα κύκλο / κατεργασίας
- **P** χρόνος καθυστέρησης ή προαιρετική παράμετρος σε υποπρόγραμμα / κύκλο κατεργασίας
- **T** επιλογή εργαλείου
- **I** δεδομένα τόξου στο X άξονα
- **J** δεδομένα τόξου στο Y άξονα
- **K** δεδομένα τόξου στο Z άξονα. Προαιρετική παράμετρος σε υποπρόγραμμα / κύκλο κατεργασίας
- **D** αντιστάθμιση διαμέτρου ή ακτίνας κοπτικού εργαλείου
- **H** αντιστάθμιση μήκους κοπτικού εργαλείου

### Ψηφιακές καθοδηγήσεις τόνου

Ο προγραμματισμός και ο έλεγχος της κάθε κατεργασίας κοπής γίνεται με τη χρήση των μονάδων ελέγχου. Οι μονάδες ελέγχου εγκαθίστανται σε κάθε ψηφιακά καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή και ελέγχουν κάθε κίνησή της. Επίσης, μέσω αυτής της μονάδας ο χειριστής μπορεί να εισάγει το πρόγραμμα στη μηχανή, να το δει οπτικά στην οθόνη της μονάδας κάνοντας προσομοίωση των κινήσεων της εργαλειομηχανής και να επιβλέπει την προγραμματιζόμενη κατεργασία. Στο σχήμα 2.7 παρουσιάζεται μονάδες ελέγχου ψηφιακής καθοδήγησης της Siemens.



Σχήμα 3.1: Μονάδες ελέγχου ψηφιακής καθοδήγησης, της Siemens

## 3.1 Εντολές κωδικών προγραμματισμού

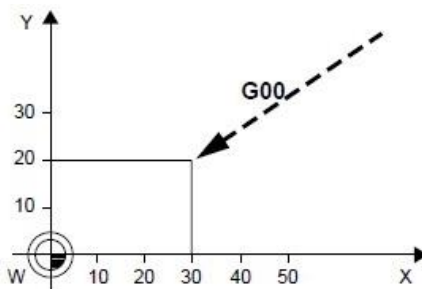
Οι εντολές που θα αναφερθούν παρακάτω είναι βασισμένες στο σύστημα αυτοματισμού για εργαλειομηχανές SINUMERIK της SIEMENS.

### 3.1.1 Βασικές εντολές προγραμματισμού κινήσεων

- **Γρήγορη ευθεία κίνηση (G00)**

Η εντολή αυτή κινεί ευθύγραμμα το κοπτικό εργαλείο, με γρήγορη κίνηση από τη θέση που βρίσκεται σε μια νέα θέση. Επειδή εκτελείται με τη μέγιστη πρόωση που διαθέτει η εργαλειομηχανή, η θέση πρέπει να προγραμματίζεται με προσοχή ώστε να αποφεύγονται οι συγκρούσεις εργαλείου-τεμαχίου(σχήμα 3.2).

Παράδειγμα (σχήμα 3.2): G00 G90 X30 Y20

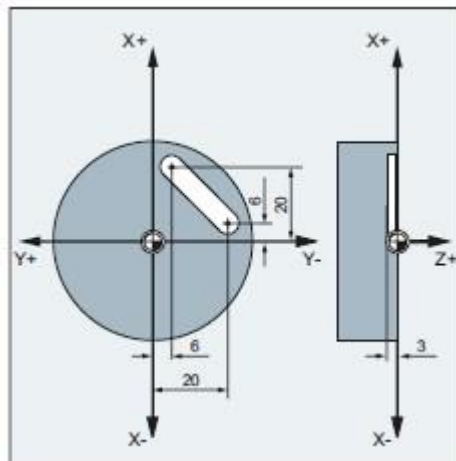


Σχήμα 3.2: Παράδειγμα G00

- **Ευθεία κίνηση με κοπή (G01)**

Η εντολή αυτή κινεί ευθύγραμμα το εργαλείο από τη θέση που βρίσκεται σε μια νέα θέση με συγκεκριμένη πρόωση (feedrate). Η πρόωση (F) που έχει δοθεί θα παραμείνει ενεργή μέχρι να καταχωρηθεί νέα τιμή πρόωσης και οι μονάδες της είναι πρόωση ανά λεπτό (feed per minute), δηλαδή [mm/min] ή [inch/min], ή πρόωση γύρω από τους άξονες (feed per spindle revolution), δηλαδή [mm/rev] ή [inch/rev].

Παράδειγμα (σχήμα 3.3): N10 G17 S400 M3 ; Επιλογή επιπέδου κατεργασίας  
 N20 G0 X40 Y-6 Z2 ; Προσέγγιση σημείου εκκίνησης  
 N30 G1 Z-3 F40 ; Έναρξη κοπής τεμαχίου με συγκεκριμένη πρόωση  
 N40 X12 Y-20 ; Συνέχεια κοπής  
 N50 G0 Z100 M30 ; Απομάκρυνση κοπτικού εργαλείου



Σχήμα 3.3: Παράδειγμα G01

- **Δεξιόστροφη κίνηση με κοπή (G02)**

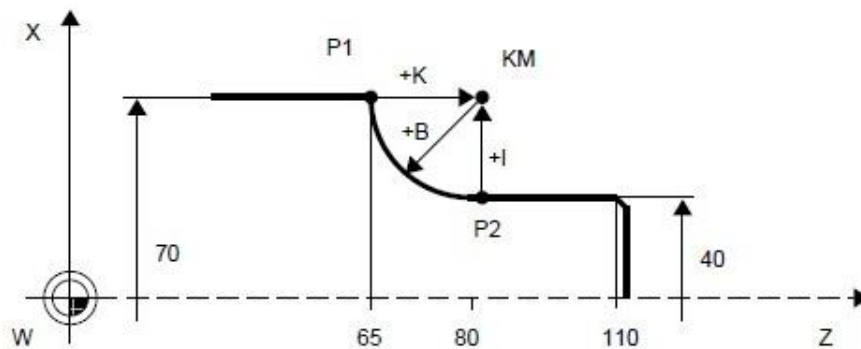
Η εντολή αυτή κινεί το κοπτικό εργαλείο δεξιόστροφα από τη θέση που βρίσκεται με τόξο συγκεκριμένης ακτίνας και συγκεκριμένη πρόωση. Για την εντολή αυτή, εκτός από τις συντεταγμένες του σημείου που θα μετακινηθεί το εργαλείο (X, Y, Z), χρειάζεται και ο προσδιορισμός της ακτίνας του τόξου ή τις συντεταγμένες του κέντρου του (I, J, K), όπου I η απόσταση από τον X άξονα, J η απόσταση από τον Y άξονα και K η απόσταση από τον Z άξονα και, την πρόωση (F) σε [mm/min]. Η πρόωση (F) που έχει δοθεί θα παραμείνει ενεργή μέχρι να καταχωρηθεί νέα τιμή πρόωσης.

Παράδειγμα (σχήμα 3.4): G02 X40 Z80 K0 I15 ; Από το P2 στο P1

- **Αριστερόστροφη κίνηση με κοπή (G03)**

Η εντολή αυτή κινεί το κοπτικό εργαλείο σε αριστερόστροφη κίνηση από τη θέση που βρίσκεται σε μια νέα θέση, με τόξο συγκεκριμένης ακτίνας και συγκεκριμένη πρόωση. Και σε αυτήν την εντολή πρέπει να προσδιοριστεί η ακτίνα του τόξου ή οι συντεταγμένες του κέντρου του και η πρόωση σε [mm/min].

Παράδειγμα (σχήμα 3.4): G03 G90 X70 Z65 K15 I0 F500 ; Από το P1 στο P2



Σχήμα 3.4: Παράδειγμα G02/G03

- **Χρονική καθυστέρηση (G04)**

Ο κωδικός αυτός χρησιμοποιείται για να προκαλέσει καθυστέρηση σε εντολές του προγράμματος. Αναστολή των εντολών κίνησης του άξονα για συγκεκριμένη χρονική περίοδο απαιτείται προκειμένου η εργαλειομηχανή να ανακτήσει τις απαιτούμενες στροφές, στην περίπτωση της διάτρησης που απαιτείται χρόνος για να καθαρίσει η τρύπα από τα απόβλητα που δημιουργούνται κατά την κοπή και, σε άλλες περιπτώσεις που χρειάζεται η μηχανή χρόνο από τη μία εντολή στην άλλη.

Παράδειγμα: G04 X2.5 ; αναστολή κατεργασίας για 2.5 seconds

Παράδειγμα: G04 S50 ; αναστολή περιστροφή της ατράκτου για 50 περιστροφές

- **Επιλογή XY επιπέδου κατεργασίας (G17)**

Η εντολή G17 χρησιμοποιείται για να επιλέξει το επίπεδο XY για την κυκλική κίνηση. Είναι τροποποιήσιμη εντολή και ισχύει για όλες τις κυκλικές κινήσεις, έως ότου προγραμματιστεί μία άλλη εντολή της ίδιας ομάδας εντολών. Η προγραμματισμένη κίνηση δεν επηρεάζεται από την επιλογή του επιπέδου.

Παράδειγμα: G17

- **Επιλογή XZ επιπέδου κατεργασίας (G18)**

Η εντολή G18 χρησιμοποιείται για να επιλέξει το επίπεδο XZ για την κυκλική κίνηση. Είναι τροποποιήσιμη εντολή και ισχύει για όλες τις κυκλικές κινήσεις, έως ότου προγραμματιστεί μία άλλη εντολή της ίδιας ομάδας εντολών. Η προγραμματισμένη κίνηση δεν επηρεάζεται από την επιλογή του επιπέδου.

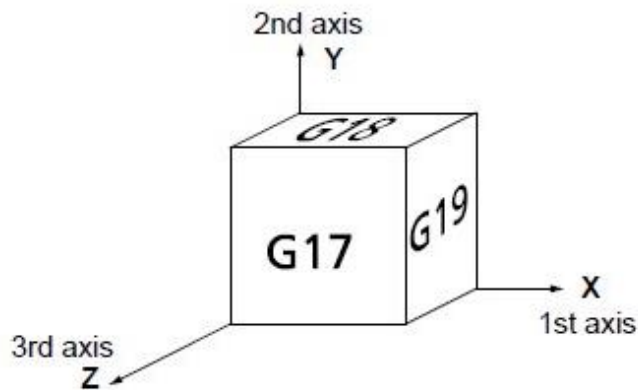
Παράδειγμα: G18

- **Επιλογή YZ επιπέδου κατεργασίας (G19)**

Η εντολή G19 χρησιμοποιείται για να επιλέξει το επίπεδο YZ για την κυκλική κίνηση. Είναι τροποποιήσιμη εντολή και ισχύει για όλες τις κυκλικές κινήσεις, έως ότου προγραμματιστεί μία άλλη εντολή της ίδιας ομάδας εντολών. Η προγραμματισμένη κίνηση δεν επηρεάζεται από την επιλογή του επιπέδου.

Παράδειγμα: G19

Τα επίπεδα κατεργασίας παρουσιάζονται στο σχήμα 3.5.

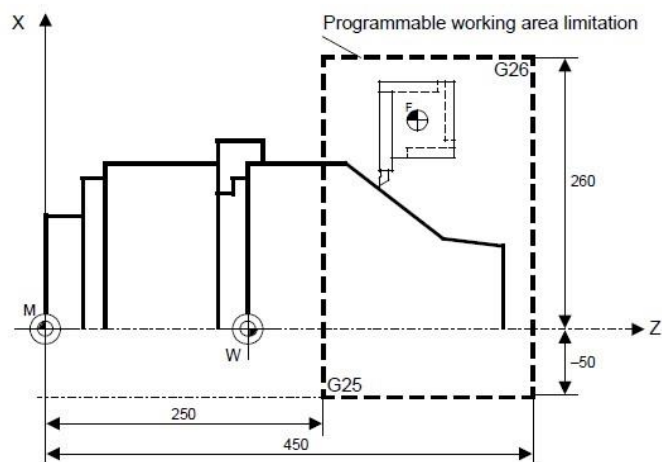


Σχήμα 3.5: Επίπεδα κατεργασίας

- **Καθορισμός ορίων στο επίπεδο κατεργασίας (G25/G26)**

Η συγκεκριμένη εντολή παρέχει προστασία της μηχανής σε περίπτωση λαθών προγραμματισμού και λειτουργίας. Με την εντολή G25 ορίζεις το minimum σημείο περιοχής κατεργασίας και με την εντολή G26 το maximum σημείο. Στο παρακάτω παράδειγμα η περιοχή κατεργασίας περιορίζεται στα όρια του διακεκομμένου σχήματος.

Παράδειγμα (σχήμα 3.6): G25 X-50 Z250  
G26 X260 Z450



Σχήμα 3.6: Παράδειγμα G25/G26

Επίσης η συγκεκριμένη εντολή μπορεί να καθορίσει την μέγιστη περιστροφή της ατράκτου. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε περίπτωση που είναι ενεργή η εντολή G96 όπου η ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου αυξομειώνεται, προκειμένου να υπάρχει έλεγχος και προστασία της μηχανής. Στο παρακάτω παράδειγμα έχει τοποθετηθεί ένα όριο 2000 rpm στην ταχύτητα περιστροφής.

Παράδειγμα: G26 S2000

- **Ρύθμιση τοπικού συστήματος συντεταγμένων (G52)**

Ο μηδενισμός του τεμαχίου ορίζει την αρχή των αξόνων για τον προγραμματισμό των κινήσεων και προσδιορίζεται σε σχέση με το μηδενικό σημείο της μηχανής. Αυτή η επιλογή θέτει την αρχή του τοπικού συστήματος συντεταγμένων στην επιλεγμένη θέση με το τρέχον αρχικό σύστημα και παραμένει σε λειτουργία για όλα τα λειτουργικά συστήματα έως ότου ακυρωθεί.

Παράδειγμα: G52

- **Σύστημα συντεταγμένων της εργαλειομηχανής (G53)**

Η εντολή αυτή αποτελείται από ένα σύστημα συντεταγμένων μαζί με την αρχική θέση μηδέν της μηχανής και είναι μη τροποποιήσιμη, επομένως η επόμενη ακολουθία εντολών θα επιστρέψει στις προηγούμενες συνθήκες που επιλέχθηκαν προηγουμένως. Η θέση μηδέν αντιπροσωπεύει τη θέση που είναι συγκεκριμένη για τη μηχανή και είναι το σημείο αναφοράς της.

Παράδειγμα: G53

- **Επιλογή συστήματος συντεταγμένων για μηδέν κομματιού (G54- G59)**

Οι εντολές αυτές χρησιμοποιούν ένα από τα έξι συστήματα συντεταγμένων που είναι αποθηκευμένα στη μνήμη offset. Στο παρακάτω παράδειγμα επιλέγεται το σύστημα συντεταγμένων που είναι αποθηκευμένο στην πρώτη θέση του offset της εργαλειομηχανής.

Παράδειγμα: G54

- **Επιλογή μέτρησης σε ίντσες (G70)**

Ο κωδικός αυτός χρησιμοποιείται για να ορίσει στην μηχανή το γεγονός ότι οι κινήσεις της θα εκτελούνται με βάση το αγγλοσαξονικό σύστημα, δηλαδή σε ίντσες (inch).

Παράδειγμα: G70

- **Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά (G71)**

Ο κωδικός αυτός χρησιμοποιείται για να ορίσει στην μηχανή το γεγονός ότι οι κινήσεις της θα εκτελούνται με βάση το μετρικό σύστημα, δηλαδή σε χιλιοστά (mm).

Παράδειγμα: G71

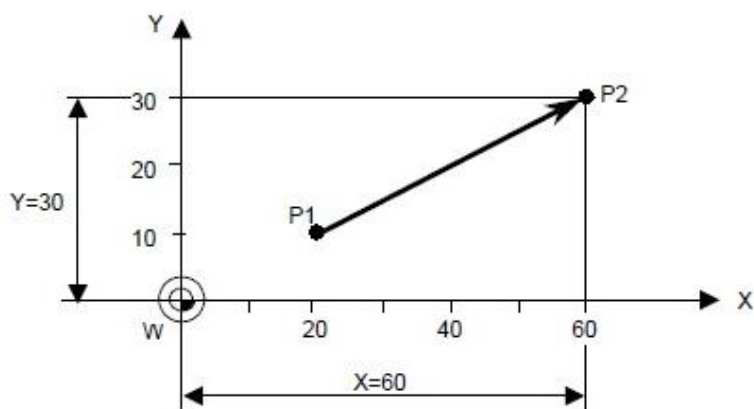
- **Απόλυτο και σχετικό σύστημα συντεταγμένων (G90/G91)**

Η εντολή G90 ενεργοποιεί τον απόλυτο τρόπο καθορισμού συντεταγμένων, όπου οι συντεταγμένες κάθε σημείου δίνονται ως προς το αρχικό σύστημα συντεταγμένων (X, Z, C, Y). Η εντολή G91 ενεργοποιεί το σχετικό τρόπο καθορισμού των συντεταγμένων, όπου οι συντεταγμένες κάθε σημείου δίνονται ως προς την προηγούμενη θέση (U, W, H, V). Αν δεν δηλωθεί στο πρόγραμμα ο τρόπος καθορισμού των συντεταγμένων, η εργαλειομηχανή έχει εξ ορισμού τον απόλυτο τρόπο (G90).

Παράδειγμα (σχήμα 3.7): G90 X60 Y30 ; Το κοπτικό εργαλείο βρίσκεται στη θέση (P1) X20 Y10 και θα μετακινηθεί στη θέση (P2) X60 Y30



Παράδειγμα (σχήμα 3.7): G91 X40 Y20 ; Το κοπτικό εργαλείο βρίσκεται στη θέση (P1) X20 Y10 και θα μετακινηθεί στη θέση (P2) X60 Y30



Σχήμα 3.7: Παράδειγμα G90/G91

- **Μεταφορά συστήματος συντεταγμένων (G92)**

Ειδικές διαμορφώσεις στο κατεργαζόμενο τεμάχιο, όπου ο προγραμματισμός τους δεν είναι τόσο εύκολος βάσει των συντεταγμένων του αρχικού συστήματος συντεταγμένων, απαιτούν μεταφορά του αρχικού αυτού συστήματος σε ένα νέο σημείο που ήδη βρίσκεται το τεμάχιο. Η μεταφορά αυτή γίνεται με την εντολή G92, η οποία συνοδεύεται από τις συντεταγμένες της νέας θέσης και ακυρώνει κάθε ενεργοποιημένη εντολή G52 για τους άξονες.

Παράδειγμα: G92 X50 Z40

Μια **υποπερίπτωση** της εντολής G92 είναι η εντολή G92.1 , με την οποία μηδενίζεται το offset πριν μεταφερθεί το σύστημα συντεταγμένων. Με τον τρόπο αυτόν ορίζεται εκ νέου μέσα στο πρόγραμμα ένα από τα ήδη αποθηκευμένα συστήματα συντεταγμένων των κωδικών G54 - G59. Σε περίπτωση που δεν υπάρχει αποθηκευμένο σύστημα συντεταγμένων για να ενεργοποιηθεί, η λειτουργία ορίζεται στο σημείο αναφοράς.

- **Μέθοδος πρόωσης ανά λεπτό (G94)**

Επιστρέφει τον έλεγχο στην κατάσταση λειτουργίας Feed Per Minute (πρόωση ανά λεπτό).

Παράδειγμα: G94

- **Μέθοδος πρόωσης ανά περιστροφή (G95)**

Επιστρέφει τον έλεγχο στην κατάσταση λειτουργίας Feed Per Revolution (πρόωση ανά περιστροφή).

Παράδειγμα: G95

- **Σταθερή ταχύτητα κοπής (G96, G97)**

Στην κοπή, με ψηφιακή καθοδήγηση δίνεται η δυνατότητα διατήρησης σταθερών στροφών στη διάρκεια μιας κατεργασίας, αλλά και διατήρηση σταθερής ταχύτητας κοπής. Η σταθερή ταχύτητα κοπής απαιτεί, για τις περιπτώσεις εγκάρσιας ή πλάγιας μετατόπισης

του κοπτικού εργαλείου, τη διαρκή ρύθμιση των στροφών περιστροφής του τεμαχίου. Επειδή κατά την τόννευση ενός κομματιού η διάμετρος συνεχώς μεταβάλλεται θα έπρεπε κάθε φορά που αλλάζει η διάμετρος να αναπροσαρμόζονται συνεχώς και οι στροφές της ατράκτου με την άμεση εισαγωγή στροφών κάθε φορά στη μονάδα ελέγχου της μηχανής. Η σταθερή ταχύτητα επιφανείας ελέγχει συνεχώς τις στροφές της μηχανής αυξομειωνοντάς τις ανάλογα με την διάμετρο που κατεργαζόμαστε. Οι εντολές που ενεργοποιούν και απενεργοποιούν τη λειτουργία αυτή είναι οι G96 και G97, αντίστοιχα. Οι εντολές αυτές συνοδεύονται από τη διεύθυνση **S**, με την οποία στην περίπτωση της G96 δηλώνεται η επιθυμητή ταχύτητα κοπής (V), ενώ στην περίπτωση της G97 δηλώνεται η ταχύτητα που θα συνεχίσει η άτρακτος να περιστρέφεται απενεργοποιώντας την εντολή G96. Η ταχύτητα περιστροφής εξαρτάται από την ταχύτητα κοπής V και υπολογίζεται ως:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{D}$$

όπου n οι περιστροφές που κινείται η άτρακτος το λεπτό και V η ταχύτητα κοπής σε m/min, όταν η ταχύτητα πρόωσης είναι προγραμματισμένη σε mm / rev. Στο παρακάτω παράδειγμα επιλέγεται ταχύτητα κοπής 700 m/min για πρόωση προγραμματισμένη σε mm / rev. Στη συνέχεια απενεργοποιείται η ταχύτητα κοπής και επιλογής σταθερής περιστροφής της ατράκτου σε 1500 rpm.

Παράδειγμα: S1500  
G96 S700  
....  
G97

### 3.1.2 Εντολές βοηθητικών λειτουργιών

Οι εντολές προγραμματισμού M ανήκουν στα τεχνολογικά δεδομένα ενός προγράμματος, που δίνουν πληροφορίες σχετικά με τις συνθήκες κοπής και τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν, ή και εντολές λειτουργίας της εργαλειομηχανής .

- **Λήξη προγράμματος (M00)**

Με τη χρήση του κωδικού αυτού το πρόγραμμα διακόπτεται και όλα τα μέχρι τότε υπάρχοντα δεδομένα του προγράμματος παραμένουν αμετάβλητα, μέχρι να ξεκινήσει ξανά η εργαλειομηχανή.

- **Προαιρετικό σταμάτημα προγράμματος (M01)**

Ο κωδικός αυτός μοιάζει αρκετά με τον M00 με τη διαφορά ότι για να σταματήσει το πρόγραμμα με τον M01 θα πρέπει να έχει πατηθεί πρώτα το πλήκτρο που γράφει OPTIONAL STOP (προαιρετικό σταμάτημα).

- **Τέλος προγράμματος χωρίς επανεκκίνηση (M02)**

Ο κωδικός αυτός τελειώνει ένα πρόγραμμα και πρέπει να ορίζεται στο τέλος του προγράμματος. Αν οριστεί στη διάρκεια εκτέλεσης του προγράμματος, αυτό θα σταματήσει πριν την ολοκλήρωσή του, αν και είναι προτιμότερο το τέλος ενός προγράμματος να δίνεται από τον κωδικό M30.

- **Δεξιόστροφη περιστροφή του άξονα (M03)**

Η εντολή αυτή περιστρέφει δεξιόστροφα το τεμάχιο του τόννου και χρειάζεται ως δεδομένο τις στροφές (S), εκφρασμένες σε [rpm], δηλαδή στροφές / λεπτό.

- **Αριστερόστροφη περιστροφή του άξονα (M04)**

Η εντολή αυτή περιστρέφει αριστερόστροφα το τεμάχιο του τόννου και χρειάζεται ως δεδομένο τις στροφές (S), εκφρασμένες σε [rpm], δηλαδή στροφές / λεπτό.

- **Σταμάτημα στροφών (M05)**

Με την εντολή αυτή ακυρώνονται οι εντολές M03 και M04 και σταματάει η περιστροφή του τεμαχίου.

- **Αλλαγή κοπτικού εργαλείου (M06)**

Με την εντολή αυτή δίδεται η δυνατότητα περιστροφής του εργαλειοφορείου προκειμένου να επιλεγεί το κοπτικό εργαλείο που επέλεξε ο χρήστης με την εντολή T.

- **Παροχή/Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού (M08/M09)**

Οι εντολές M08 και M09 ενεργοποιούν και απενεργοποιούν την αντλία παροχής ψυκτικού υγρού. Η κατεύθυνση του ψυκτικού υγρού ρυθμίζεται χειροκίνητα, ώστε τα ακροφύσια να σημαδεύουν τη θέση κοπής.

- **Τέλος του υποπρογράμματος (M17)**

Η εντολή M17 υποδηλώνει το τέλος ενός υποπρογράμματος και την επιστροφή του κυρίως προγράμματος.

- **Τέλος προγράμματος (M30)**

Ο κωδικός αυτός χρησιμοποιείται στο τέλος ενός προγράμματος και δηλώνει πως τελείωσε το πρόγραμμα. Όταν η μηχανή διαβάσει την εντολή αυτή, σταματάει την κίνηση της ατράκτου και του εργαλείου και μεταφέρει το πρόγραμμα στην αρχή για νέα εκτέλεση.

### 3.1.3 Πρόσθετες βασικές εντολές

- **Επιλογή κοπτικού εργαλείου (T εντολή)**

Η εντολή T συνοδεύεται από έναν ακέραιο αριθμό, ο οποίος δηλώνει τη θέση του κοπτικού εργαλείου πάνω στο εργαλειοφόριο της μηχανής, με το οποίο κοπτικό επιθυμεί ο χρήστης να πραγματοποιηθεί η κατεργασία.

Παράδειγμα: T01

- **Αντιστάθμιση κοπτικού εργαλείου (D εντολή)**

Η εντολή D καλείται για την ενεργοποίηση της offset αντιστάθμισης του κοπτικού εργαλείου (συμπεριλαμβάνεται και τα δεδομένα offset του μήκους του κοπτικού εργαλείου). Ο αριθμός μετά το γράμμα D δηλώνει την αποθηκευμένη προεπιλογή των χαρακτηριστικών κοπής αλλά και της γεωμετρίας του συγκεκριμένου εργαλείου που έχει επιλεγεί (πχ η αριστερή ή η δεξιά ακμή με την οποία κατεργάζεται ένα κοπτικό εργαλείο). Εάν η εντολή D συνοδεύεται από τον αριθμό 0 τότε απενεργοποιούνται τα προεπιλεγμένα δεδομένα (offset) για το ενεργό εργαλείο.

Παράδειγμα: D1

- **Ορισμός ταχύτητας πρόωσης (F εντολή)**

Η εντολή F συνοδεύεται από έναν πραγματικό αριθμό, ο οποίος δηλώνει την ταχύτητα που πραγματοποιείται η πρόωση κατά την κατεργασία. Οι μονάδες μέτρησης της πρόωσης (απόσταση ανά μονάδα χρόνου) είναι συνήθως mm ανά λεπτό, mm ανά περιστροφή, inch ανά λεπτό και inch ανά περιστροφή. Για κατεργασίες σε μετρικό (mm) ή αγγλοσαξονικό (inch) σύστημα συντεταγμένων χρησιμοποιούνται οι εντολές G71 ή G70 αντίστοιχα. Για πρόωση ανά περιστροφή καλείται η G95 και ανά λεπτό η G94. Στο παρακάτω παράδειγμα η πρόωση πραγματοποιείται σε 0.3 mm ανά περιστροφή της ατράκτου.

Παράδειγμα: G71 G95 F0.3

- **Ορισμός ταχύτητας ατράκτου (S εντολή)**

Η εντολή S συνοδεύεται από έναν ακέραιο αριθμό, ο οποίος δηλώνει την ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου κατά την κατεργασία. Στην λειτουργία G97, η οποία συνήθως είναι και προεπιλογή, ένας ακέραιος μετά την εντολή S ερμηνεύεται ως αριθμός στροφών ανά λεπτό (rpm). Στην λειτουργία G96 μετά την S εντολή, ερμηνεύεται ως επιφανειακή ταχύτητα Surface Feet per Minute (SFM) (G70) ή m ανά λεπτό (G71).

Παράδειγμα: S200

### 3.1.4 Κύκλοι κατεργασίας

Μια χρήσιμη και συνήθης επιλογή στα προγράμματα με G-code, διαθέσιμη στις περισσότερες μηχανές CNC είναι η ικανότητά του να εκτελεί κύκλους κατεργασίας. Οι κύκλοι κατεργασίας δίνουν στον προγραμματιστή τη δυνατότητα εκτέλεσης πολύπλοκων κατεργασιών, συντάσσοντας απλές συναρτήσεις. Συγκεκριμένα αποτελούν μια ακολουθία εντολών που περιέχονται μέσα σε μια συνάρτηση. Αυτή η δυνατότητα απλοποιεί σε μεγάλο βαθμό τα προγράμματα, προσφέροντας έτσι ευελιξία και εξοικονόμηση χρόνου.

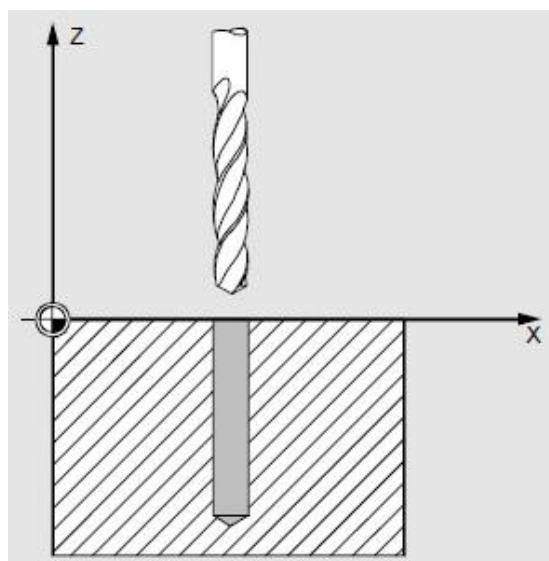
Για παράδειγμα, αν ο προγραμματιστής επιθυμεί τη δημιουργία οπής, μπορεί να το πράξει, καλώντας την αντίστοιχη συνάρτηση (κύκλος κατεργασίας), δίνοντας τα κατάλληλα ορίσματα, προκειμένου να εισάγει τα χαρακτηριστικά της οπής και τις συνθήκες κατεργασίας της. Χωρίς τη χρήση ενός προκατασκευασμένου κύκλου κατεργασίας, ο χρήστης θα έπρεπε να συντάξει περισσότερες από 20-30 γραμμές κώδικα ανά τύπο κατεργασίας.

Οι κύκλοι κατεργασίας, όπως περιγράφηκε προσφέρουν ευελιξία. Οποιαδήποτε από τις μεταβλητές / παραμέτρους (ορίσματα) που ακολουθούν την συνάρτηση μπορούν να τροποποιηθούν ανά πάσα στιγμή.

Οι βασικότεροι κύκλοι κατεργασίας αναλύονται στη συνέχεια:

- **Διάτρηση με κεντραρίσμα (CYCLE81)**

Ο συγκεκριμένος κύκλος κατεργασίας εκτελεί μια απλού τύπου διάτρηση με προγραμματισμένη ταχύτητα περιστροφής ατράκτου και ταχύτητα πρόωσης στο επιθυμητό βάθος οπής. Ένα παράδειγμα με άνοιγμα οπής φαίνεται στο σχήμα 3.8.



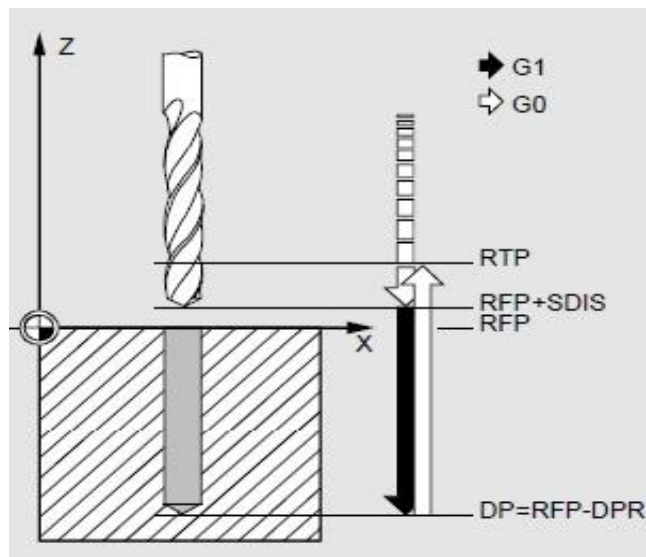
Σχήμα 3.8: Διάτρηση

Σύνταξη: CYCLE81(RTP ,RFP ,SDIS ,DP ,DPR ,DTB ,GMODE ,DMODE ,AMODE)

Παράμετροι:

No.	Όρισμα	Μεταβλητή	Μορφή	Επεξήγηση
1	RTP	RP	Πραγματικός	Απόσταση που βγαίνει το κοπτικό από την οπή
2	RFP	Z0	Πραγματικός	Σημείο αναφοράς στον Z άξονα (απόλυτες)
3	SDIS	SC	Πραγματικός	Απόσταση ασφάλειας
4	DP	Z1/∅	Πραγματικός	Βάθος οπής (απόλυτες), κεντραρισμένη διάμετρο (απόλυτες), βλέπε GMODE
5	DPR	Z1	Πραγματικός	Βάθος οπής, σχετικές συντεταγμένες
6	DTB	DT	Πραγματικός	Χρόνος παραμονής στο τελικό βάθος οπής, βλέπε AMODE
7	GMODE		Ακέραιος	Μονάδες: κενό Δεκάδες: Κεντράρισμα σύμφωνα με το βάθος/διάμετρο, 0: Βάθος 1: Διάμετρος
8	DMODE		Ακέραιος	Επίπεδο κατεργασίας: 0:για το επίπεδο που έχει οριστεί πριν την κλήση του κύκλου 1:G17 2:G18 3:G19
9	AMODE		Ακέραιος	Μονάδες: Βάθος οπής Z1 (απόλυτες/σχετικές) 0:Συμβατότητα, από προγραμματισμό του DP/DPR 1:Σχετικές 2:Απόλυτες Δεκάδες: Χρόνος παραμονής μέχρι το τελικό βάθος οπής DT 0:Συμβατότητα, από DTB ένδειξη (>0 seconds ή <0 επαναλήψεις) 1:Σε δευτερόλεπτα 2:Σε επαναλήψεις

Τα βασικότερα ορίσματα, καθώς και η διαδικασία εκτέλεσης του κύκλου κατεργασίας CYCLE81 διακρίνονται στο σχήμα 3.9. Τα ορίσματα RFP και RTP παίρνουν διαφορετικές τιμές. Ο κύκλος κατεργασίας θεωρεί ότι το επίπεδο επιστροφής του κοπτικού (καθώς βγαίνει από την οπή) προηγείται του επιπέδου αναφοράς.



Σχήμα 3.9: Ορίσματα RTP, RFP, SDIS, DP,DPR και διαδικασία εκτέλεσης

- **Διάτρηση με σπείρωμα (CYCLE840)**

Ο συγκεκριμένος κύκλος κατεργασίας εκτελεί διάτρηση με εσωτερικό σπείρωμα με προγραμματισμένη ταχύτητα περιστροφής ατράκτου και ταχύτητα πρόωσης στο επιθυμητό βάθος οπής.

**Σύνταξη:** CYCLE840 (RTP ,RFP ,SDIS ,DP ,DPR ,DTB ,SDR ,SDAC ,ENC ,MPIT ,PIT ,AXN ,PITA ,TECHNO ,PITM ,PTAB ,PTABA ,GMODE ,DMODE ,AMODE)

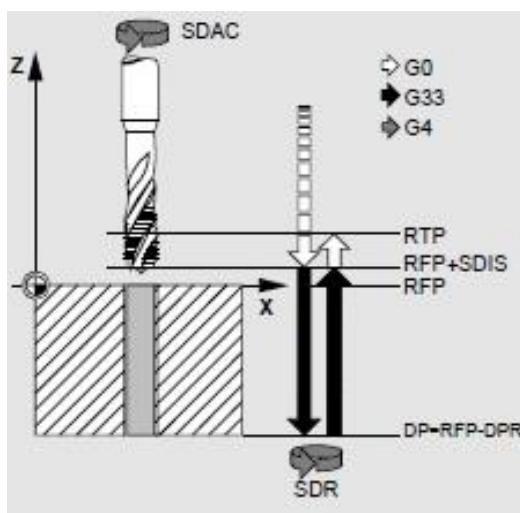
Παράμετροι:

No.	Όρισμα	Μεταβλητή	Μορφή	Επεξήγηση
1	RTP	RP	Πραγματικός	Απόσταση που βγαίνει το κοπτικό από την οπή
2	RFP	Z0	Πραγματικός	Σημείο αναφοράς στον Z άξονα (απόλυτες)
3	SDIS	SC	Πραγματικός	Απόσταση ασφάλειας
4	DP	Z1	Πραγματικός	Βάθος οπής (απόλυτες), κεντραρισμένη διάμετρο (απόλυτες), βλέπε AMODE
5	DPR	Z1	Πραγματικός	Βάθος οπής, σχετικές συντεταγμένες, βλέπε AMODE
6	DTB	DT	Πραγματικός	Χρόνος παραμονής στο τελικό βάθος οπής/στο σημείο απόστασης ασφαλείας, βλέπε ENC
7	SDR		Ακέραιος	Διεύθυνση περιστροφής ανάκλησης κοπτικού εργαλείου
8	SDAC	SDE	Ακέραιος	Διεύθυνση περιστροφής μετά το τέλος του κύκλου
9	ENC		Ακέραιος	Τρύπημα με/χωρίς κωδικοποιητή Τιμές: 0=με κωδικοποιητή, χωρίς DT (χρόνο παραμονής) 1=χωρίς κωδικοποιητή, πρώτα προγραμματίζει τον κύκλο και μετά την κοπή 11=χωρίς κωδικοποιητή, υπολογίζει την κοπή στον κύκλο 20=με κωδικοποιητή, με DT(χρόνο



				παραμονής)
10	MPIT		Πραγματικός	Μέγεθος σπειρώματος για "ISO metric" μόνο(το βήμα υπολογίζεται κατά την εκτέλεση). Εύρος τιμών: 3 έως 48(M3-M48), εναλλακτικά του βήματος
11	PIT		Πραγματικός	Βήμα σπειρώματος(τιμή), για μονάδες μέτρησης βλέπε PITA Εύρος τιμών: >0
12	AXN		Ακέραιος	Άξονας διάτρησης: 0: 3ος γεωμετρικός άξονας 1: 1ος γεωμετρικός άξονας 2: 2ος γεωμετρικός άξονας 3: 3ος γεωμετρικός άξονας
13	PITA		Ακέραιος	Μονάδες μέτρησης βήματος σπειρώματος(εκτίμηση PIT και/ή MPIT) 0:Βήμα σε mm - MPIT/PIT εκτίμηση 1:Βήμα σε mm - PIT εκτίμηση 2:Βήμα σε TPI - εκτίμηση PIT (σπείρωμα σε inch) 3:Βήμα σε inch - PIT εκτίμηση 4:εκτίμηση σε PIT
14	TECHNO		Ακέραιος	Τεχνολογία Μονάδες: 0:Ακριβές σταμάτημα ενεργό 1:Ακριβές σταμάτημα G601 2:Ακριβές σταμάτημα G602 3:Ακριβές σταμάτημα G603 Δεκάδες: 0:Με/χωρίς προώθηση κοπής 1:Με προώθηση κοπής 2:Χωρίς προώθηση κοπής
15	PITM		STRING[15]	Δείκτης για το βήμα
16	PTAB		STRING[5]	Δείκτης για τον πίνακα σπειρωμάτων
17	PTABA		STRING[20]	Δείκτης για την επιλογή στον πίνακα σπειρωμάτων
18	GMODE		Ακέραιος	Κενό
19	DMODE		Ακέραιος	Μονάδες: Επίπεδο κατεργασίας 0:για το επίπεδο που έχει οριστεί πριν την κλήση του κύκλου 1:G17 2:G18 3:G19 Δεκάδες: Κενό Εκατοντάδες: Κενό Χιλιάδες: 0: TECHNO όρισμα ενεργό 1: TECHNO όρισμα ανενεργό
20	AMODE		Ακέραιος	Μονάδες: Βάθος οπής Z1 (απόλυτες/σχετικές) 0:Συμβατότητα, από προγραμματισμό του DP/DPR 1:Σχετικές 2:Απόλυτες

Τα βασικότερα ορίσματα, καθώς και η διαδικασία εκτέλεσης του κύκλου κατεργασίας CYCLE840 διακρίνονται στο σχήμα 3.10. Τα ορίσματα RFP και RTP παίρνουν διαφορετικές τιμές. Ο κύκλος κατεργασίας θεωρεί ότι το επίπεδο επιστροφής του κοπτικού (καθώς βγαίνει από την οπή) προηγείται του επιπέδου αναφοράς.



Σχήμα 3.10: Ορίσματα SDAC, RTP,RFP, SDIS DP, DPR, SDR και διαδικασία εκτέλεσης

Το βήμα του σπειρώματος μπορεί να δοθεί είτε από το χρήστη (όρισμα PIT) είτε συμπληρώνεται αυτόματα σύμφωνα με το αντίστοιχο σπείρωμα κατά DIN που επιθυμεί ο χρήστης.

- **Αποκοπή τεμαχίου (CYCLE92)**

Αυτός ο κύκλος κατεργασίας χρησιμοποιείται για την αποκοπή του τεμαχίου που επεξεργαστήκαμε. Προφανώς χρησιμοποιείται προς το τέλος του προγράμματος, αφού μετά την χρήση του, ο χρήστης δεν μπορεί να προβεί σε περαιτέρω κατεργασία του δοκιμίου. Άρα συνίσταται το κάλεσμα του κύκλου στο σημείο εκείνο που ο χειριστής είναι βέβαιος ότι το δοκίμιο του είναι ολοκληρωμένο και έτοιμο να αποχωρήσει από το κέντρο τόννευσης.

Σύνταξη: CYCLE92( SPD ,SPL ,DIAG1 ,DIAG2 ,RC , SDIS ,SV1 ,SV2 ,SDAC ,FF1 ,FF2 ,SS2 ,DIAGM ,VARI , DN ,DMODE ,AMODE)

Παράμετροι:

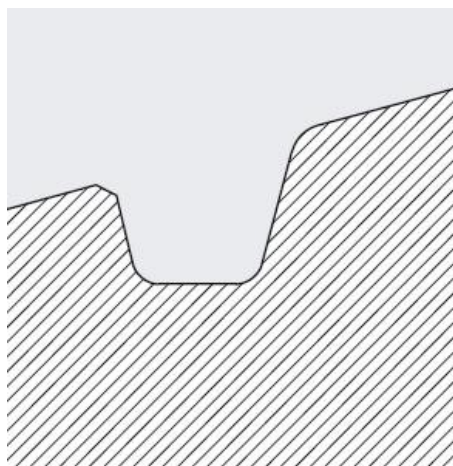
No.	Όρισμα	Μεταβλητή	Μορφή	Επεξήγηση
1	SPD	X0	Πραγματικός	Σημείο αναφοράς στον X άξονα (απόλυτες, διάμετρος)
2	SPL	Z0	Πραγματικός	Σημείο αναφοράς στον Z άξονα (απόλυτες)
3	DIAG1	X1	Πραγματικός	Βάθος για ελάττωση ταχύτητας πρόωσης, βλέπε _AMODE (μονάδες)
4	DIAG2	X2	Πραγματικός	Τελικό βάθος, βλέπε _AMODE (δεκάδες)
5	RC	R/FS	Πραγματικός	Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής, βλέπε _AMODE (χιλιάδες)
6	SDIS	SC	Πραγματικός	Απόσταση ασφαλείας (ως προς το σημείο αναφοράς), αλλιώς κενό
7	SV1	S/V	Πραγματικός	Ταχύτητα περιστροφής ατράκτου (rpm), βλέπε _AMODE (δεκάδες χιλιάδες)/συνεχής ταχύτητα κοπής
8	SV2	SV	Πραγματικός	Μέγιστη τιμή της ταχύτητας κοπής

9	SDAC	DIR	Ακέραιος	Κατεύθυνση περιστροφής ατράκτου (3 για M3, 4 για M4)
10	FF1	F	Πραγματικός	Ταχύτητα πρόωσης
11	FF2	FR	Πραγματικός	Μειωμένη ταχύτητα πρόωσης έως το τελικό βάθος
12	SS2	SR	Πραγματικός	Μειωμένη ταχύτητα κοπής/περιστροφής ατράκτου έως το τελικό βάθος
13	DIAGM	XM	Πραγματικός	
14	VARI		Ακέραιος	Μονάδες: 0 για εφαρμογή του SPD+SDIS, 1 για μη τελική ανάκληση Δεκάδες: Μέρη αρπάγης. 0: ΟΧΙ, 1:ΝΑΙ
15	DN		Ακέραιος	D αριθμός για κοπτικό εργαλείο: κενό: αν έχει προγραμματιστεί
16	DMODE		Ακέραιος	Επίπεδο κατεργασίας: 0:για το επίπεδο που έχει οριστεί πριν την κλήση του κύκλου 1:G17 2:G18 3:G19
17	AMODE		Ακέραιος	Μονάδες: Βάθος για ελάτπωση ταχύτητας πρόωσης(DIAG1) 0: Απόλυτες(διάμετρος) 1:Σχετικές(ακτίνα) Δεκάδες: Τελικό βάθος(DIAG2) 0: Απόλυτες(διάμετρος) 1:Σχετικές(ακτίνα) Εκατοντάδες: Κενό Χιλιάδες: Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής(RC) 0: Στρογγύλεμα 1:Πάχος λοξοτομής Δεκάδες Χιλιάδες: Ταχύτητα περιστροφής ατράκτου/συνεχής ταχύτητα κοπής 0:ταχύτητα περιστροφής ατράκτου 1:συνεχής ταχύτητα κοπής

Μία πολύ σημαντική δυνατότητα που προσφέρει ο συγκεκριμένος κύκλος κατεργασίας είναι ο καθορισμός ενός σημείου (βάθος), από το οποίο και έπειτα οι ταχύτητες πρόωσης και περιστροφής ατράκτου/ταχύτητα κοπής μειώνονται έως μια τιμή προκειμένου να γίνει ασφαλέστερη και πιο ανώδυνη η αποκοπή του τεμαχίου. Το βάθος προσδιορίζεται με το όρισμα DIAG1 και οι μειωμένες ταχύτητες πρόωσης και περιστροφής ατράκτου/ταχύτητα κοπής με τα ορίσματα FF2 και SS2 αντίστοιχα.

#### • Αυλάκωση (CYCLE930)

Ο συγκεκριμένος κύκλος κατεργασίας χρησιμοποιείται για την πραγματοποίηση συμμετρικών και ασύμμετρων αυλακώσεων σε ευθεία τμήματα του περιγράμματος του τεμαχίου προς επεξεργασία.Είναι δυνατή η επεξεργασία εσωτερικών και εξωτερικών αυλακώσεων. Παράδειγμα αυλάκωσης φαίνεται στο σχήμα 3.11.



Σχήμα 3.11: Αυλάκωση

Σύνταξη: CYCLE930( SPD , SPL , WIDG , WIDG2 , DIAG , DIAG2 , STA , ANG1 , ANG2 , RCO1 , RCI1 , RCI2 , RCO2 , FAL , IDEP1 , SDIS , VARI , DN , NUM , DBH , FF1 , NR , FALX , FALZ , DMODE , AMODE )

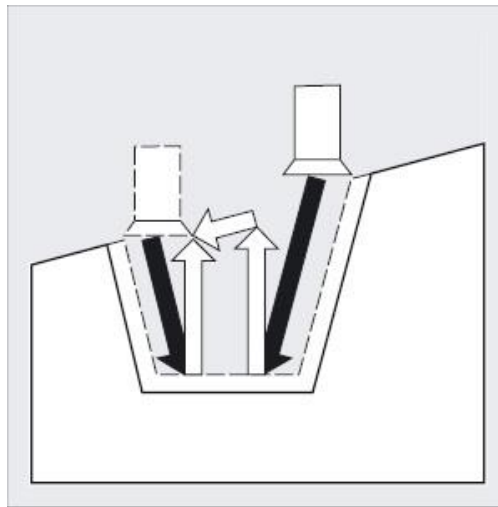
Παράμετροι:

No.	Όρισμα	Μεταβλητή	Μορφή	Επεξήγηση
1	SPD	X0	Πραγματικός	Σημείο αναφοράς στον X άξονα (απόλυτες, διάμετρος)
2	SPL	Z0	Πραγματικός	Σημείο αναφοράς στον Z άξονα (απόλυτες)
3	WIDG	B1	Πραγματικός	Πλάτος στο κάτω μέρος του αυλακιού
4	WIDG2	B2	Πραγματικός	Πλάτος στο πάνω μέρος του αυλακιού
5	DIAG	T1	Πραγματικός	Βάθος κοπής στην πλευρά του σημείου αναφοράς (απόλυτες, διάμετρος, ή σχετικές ως προς το X0,Z0)
6	DIAG2	T2	Πραγματικός	Βάθος κοπής στην απέναντι πλευρά του σημείου αναφοράς (απόλυτες, διάμετρος, ή σχετικές)
7	STA	α0	Πραγματικός	Κλίση ως προς την επιφάνεια του τεμαχίου(-180 ≤ _STA ≤ 180)
8	ANG1	α1	Πραγματικός	Κλίση της κάθετης πλευράς του σημείου αναφοράς ως προς το σημείο αναφοράς
9	ANG1	α2	Πραγματικός	Κλίση της κάθετης πλευράς απέναντι του σημείου αναφοράς ως προς το σημείο απέναντι του σημείου αναφοράς
10	RCO1	R1/FS1	Πραγματικός	Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής 1, εξωτερικά του σημείου αναφοράς
11	RCI1	R2/FS2	Πραγματικός	Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής 2, εσωτερικά του σημείου αναφοράς
12	RCI2	R3/FS3	Πραγματικός	Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής 2, εσωτερικά απέναντι πλευράς του σημείου αναφοράς
13	RCO2	R4/FS4	Πραγματικός	Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής 2, εξωτερικά απέναντι πλευράς του σημείου αναφοράς

14	FAL	U	Πραγματικός	Ανοχή φινιρίσματος στους X και Z άξονες, βλέπε VARI (δεκάδες χιλιάδες), αλλιώς κενό
15	IDEP1	D	Πραγματικός	Μέγιστο βάθος πρόωσης κατά την είσοδο, 0: πρώτη κοπή απευθείας στο βάθος κοπής, > 0: πρώτη κοπή _IDEP1, δεύτερη κοπή 2 _IDEP1 κτλ., αλλιώς κενό
16	SDIS	SC	Πραγματικός	Απόσταση ασφαλείας (ως προς το σημείο αναφοράς)
17	VARI		Ακέραιος	Μονάδες: κενό Δεκάδες: Τύπος κατεργασίας. 1:εκχόνδριση, 2φινίρισμα, 3:εκχόνδριση και φινίρισμα Εκατοντάδες: Κίνηση κοπτικού: 1:διαμήκης εξωτερική +Z, 2:κάθετη εσωτερική +X, 3:διαμήκης εσωτερική +Z, 4:κάθετη εσωτερική +X, 5:διαμήκης εξωτερική -Z, 6:κάθετη εξωτερική -X, 7:διαμήκης εσωτερική -Z, 8:διαμήκης εξωτερική +X Χιλιάδες: Θέση σημείου αναφοράς, 0:άνω σημείο αναφοράς, 1:κάτω σημείο αναφοράς Δεκάδες χιλιάδες: Τύπος ανοχής φινιρίσματος, 0: ανοχή U παράλληλα του περιγράμματος, 1:ανοχή UX και UZ (ανοχές ως προς τους άξονες)
18	DN		Ακέραιος	D αριθμός για κοπτικό εργαλείο: κενό:αν έχει προγραμματιστεί
19	NUM	N	Ακέραιος	Αριθμός αυλακιών(0:1 αυλάκι)
20	DBH	DP	Πραγματικός	Απόσταση μεταξύ 2 διαδοχικών αυλακώσεων(μόνο εάν NUM>1)
21	FF1	F	Πραγματικός	Ταχύτητα πρόωσης
22	NR		Ακέραιος	Τύπος αυλάκωσης: 0:πλευρές κάθετες χωρίς στρογγυλέματα ή λοξοτομές, 1:γυρτές πλευρές με στρογγυλέματα ή λοξοτομές(χωρίς α0), 2:ομοίως με 1(με α0)
23	FALX	UX	Πραγματικός	Ανοχή φινιρίσματος στον X άξονα, βλέπε VARI (δεκάδες χιλιάδες), αλλιώς κενό
24	FALZ	UZ	Πραγματικός	Ανοχή φινιρίσματος στον Z άξονα, βλέπε VARI (δεκάδες χιλιάδες), αλλιώς κενό
25	DMODE		Ακέραιος	Επίπεδο κατεργασίας: 0:για το επίπεδο που έχει οριστεί πριν την κλήση του κύκλου 1:G17 2:G18 3:G19
26	AMODE		Ακέραιος	Μονάδες: Τρόπος διαστασιολόγησης 0:Από σημείο αναφοράς 1:Από το απέναντι σημείο του σημείου αναφοράς

			<p>Δεκάδες: Συντεταγμένες βάθους  0: Απόλυτες(διάμετρος)  1:Σχετικές(ακτίνα)  Εκατοντάδες: Διαστασιολόγηση πάχους αυλάκωσης  0:Εξωτερική διάμετρος(πάνω)  1:Εσωτερική διάμετρος(κάτω)  Χιλιάδες: Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής(RCO1)  0: Στρογγύλεμα  1:Πάχος λοξοτομής  Δεκάδες Χιλιάδες: Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής(RCI1)  0: Στρογγύλεμα  1:Πάχος λοξοτομής  Εκατοντάδες χιλιάδες: Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής(RCI2)  0: Στρογγύλεμα  1:Πάχος λοξοτομής  Εκατομμύρια: Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής(RCO2)  0: Στρογγύλεμα  1:Πάχος λοξοτομής</p>
--	--	--	--

Η διαδικασία εκτέλεσης του κύκλου κατεργασίας CYCLE930 διακρίνεται στο σχήμα 3.12.

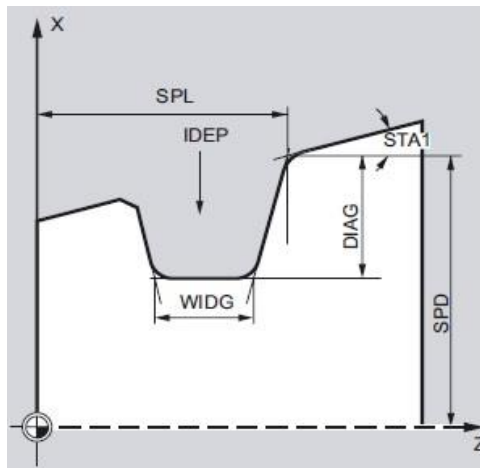


Σχήμα 3.12: Διαδικασία εκτέλεσης κύκλου κατεργασίας

Ο χρήστης ορίζει το σημείο εκκίνησης της αυλάκωσης (SPL και SPD ορίσματα), από το οποίο ο κύκλος υπολογίζει το σχήμα (σχήμα 3.13), χρησιμοποιώντας αυτές τις συντεταγμένες (σημείο αναφοράς).

Αυλακώσεις σε κυρτά τμήματα περιγράμματος διαφέρουν στους υπολογισμούς του κύκλου. Είναι αναγκαίο να καθοριστούν από το χρήστη οι λοξοτομές και οι κλίσεις στις ακμές της αυλάκωσης.

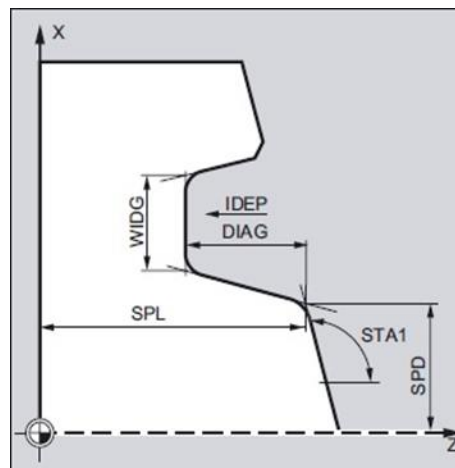




Σχήμα 3.13: Ορίσματα SPL,SPD,IDEP,DIAG,STA1,WIDG

Το σχήμα της αυλάκωσης καθορίζεται από το πάχος της (WIDG) και το βάθος της (DIAG). Σαφώς πάντα τα συγκεκριμένα ορίσματα (σχήμα 3.14) δίδονται από το χρήστη σύμφωνα με το σημείο αναφοράς (SPLκαι SPD).

Εάν το πάχος της αυλάκωσης είναι μεγαλύτερο από αυτό του κοπτικού εργαλείου, τότε το υλικό αφαιρείται με διαδοχικά περάσματα. Εάν είναι μικρότερο τότε η κατεργασία είναι αδύνατη και εμφανίζεται σφάλμα κατά τον προγραμματισμό του κύκλου.



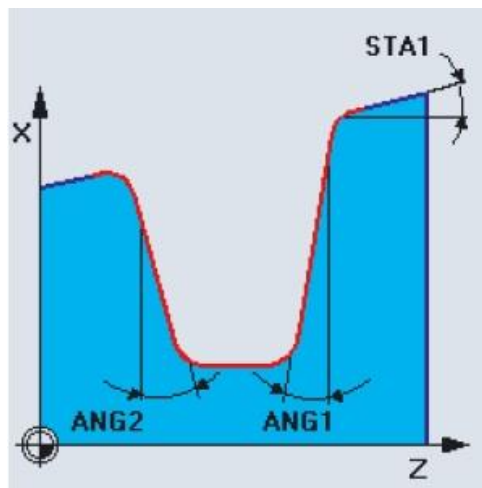
Σχήμα 3.14: Ορίσματα SPL,SPD,IDEP,DIAG,STA1,WIDG

Το όρισμα VARI προσδιορίζει τον τύπο κατεργασίας της αυλάκωσης (εκχόνδριση, φινίρισμα ή και τα δύο), τον τρόπο εκτέλεσης της κοπής (οριζόντια , κάθετη, εσωτερική, εξωτερική κτλ), την θέση του σημείου αναφοράς, καθώς και το πως θα εκτελέσει το κοπτικό το φινίρισμα. Τα παραπάνω φαίνονται ξεκάθαρα στο σχήμα 3.15.

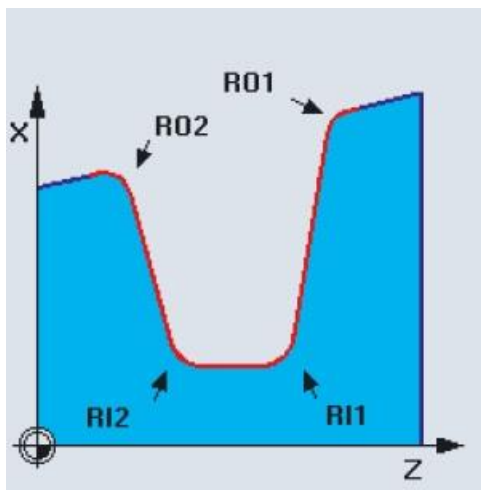
VARI		Selection in cycle support
1/11		longitudinal, outside, left
5/15		longitudinal, outside, right
3/13		longitudinal, inside, left
7/17		longitudinal, inside, right
6/16		face, outside, top
8/18		face, outside, bottom
2/12		face, inside, top
4/14		face, inside, bottom

Σχήμα 3.15: Όρισμα VARI

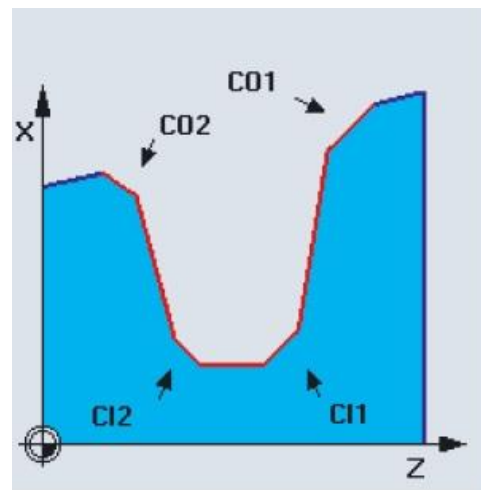
Το όρισμα STA1 αναφέρεται στην κλίση ως προς την οριζόντια επιφάνεια του τεμαχίου που θα πραγματοποιηθεί η αυλάκωση. Για τη δημιουργία κυρτών αυλακώσεων είναι αναγκαίος ο προσδιορισμός των ορισμάτων ANG1 και ANG2 (σχήμα 3.16). Το σχήμα μιας αυλάκωσης μπορεί να διαφοροποιηθεί, εισάγωντας λοξοτομές ή στρογγυλέματα στις γωνίες ή στη βάση της αυλάκωσης (σχήμα 3.17 και 3.18).



Σχήμα 3.16:Όρισματα STA1,ANG 1,ANG2

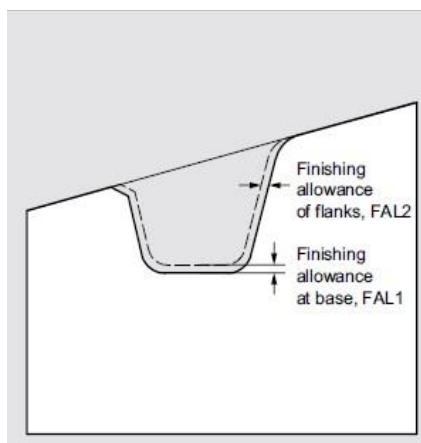


Σχήμα 3.17:Ορίσματα:R01,R02,RI1,RI2



Σχήμα 3.18:Ορίσματα CIO1,CIO2,CI1,CI2

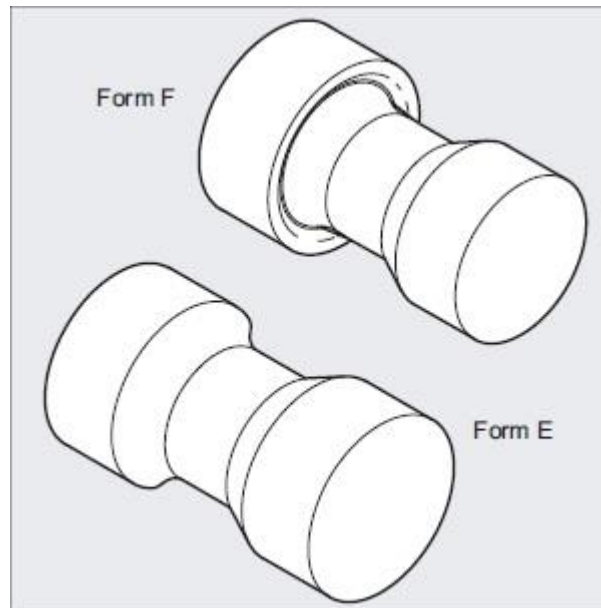
Ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να εισάγει δύο ξεχωριστές μεταβλητές ανοχών φινιρίσματος, μία που αναφέρεται στις πλευρές των αυλακώσεων και μια που αναφέρεται στη βάση (ορίσματα FAL 1 και FAL 2). Η εκχόνδριση πραγματοποιείται σύμφωνα με τις συγκεκριμένες ανοχές. Το ίδιο κοπτικό εργαλείο στο τέλος χρησιμοποιείται για το φινίρισμα παράλληλα σε αυτές τις ανοχές ([σχήμα 3.19](#)).



Σχήμα 3.19: Ορίσματα FAL1,FAL2

- **Δημιουργία λαιμού (CYCLE940)**

Ο συγκεκριμένος κύκλος κατεργασίας δημιουργεί λαιμό σε σημεία ενός τεμαχίου. Υπάρχουν διάφορα είδη λαιμού κατά DIN τα οποία έχουν τα δικά τους χαρακτηριστικά. Τα βασικότερα είναι τα τύπου “E” και “F”, τα οποία διακρίνονται στο [σχήμα 3.20](#).



Σχήμα 3.20: Λαιμοί τύπου “Ε” και “F”

Σύνταξη: CYCLE940(SPD ,SPL ,FORM ,LAGE ,SDIS ,FFP ,VARI ,EPD ,EPL ,R1 ,R2 ,STA ,VRT ,MID ,FAL ,FALX ,FALZ ,PITI ,PTAB ,PTABA ,INT \_DMODE ,INT \_AMODE)

Παράμετροι:

No.	Όρισμα	Μεταβλητή	Μορφή	Τύπος				Επεξήγηση
				E	F	A-D	T	
1	SPD	X0	Πραγματικός	X	X	X	X	Σημείο αναφοράς στον X άξονα (απόλυτες, διάμετρος)
2	SPL	Z0	Πραγματικός	X	X	X	X	Σημείο αναφοράς στον Z άξονα (απόλυτες)
3	FORM	FORM	Χαρακτήρας	X	X	X	X	Τύπος σκαψίματος Επιλογή πίνακα από τον οποίο λαμβάνονται τα χαρακτηριστικά του σκαψίματος A: Εξωτερικό, DIN76, κανονικό B: Εξωτερικό, DIN76, κοντό C: Εσωτερικό, DIN76, κανονικό D: Εσωτερικό, DIN76, κοντό E: DIN509 F: DIN509 T: ελεύθερη φόρμα
4	LAGE	Position	Ακέραιος	X	X	X	X	Θέση σκαψίματος (παράλληλα στον Z άξονα) 0: Εξωτερικά +Z: \____  1: Εξωτερικά -Z:  ____/ 2: Εσωτερικά +Z: /-----  3: Εσωτερικά -Z:  -----\
5	SDIS	SC	Πραγματικός	X	X	X	X	Ταχύτητα πρόωσης (mm ανά περιστροφή)
6	FFP	F	Πραγματικός	X	X	X	X	

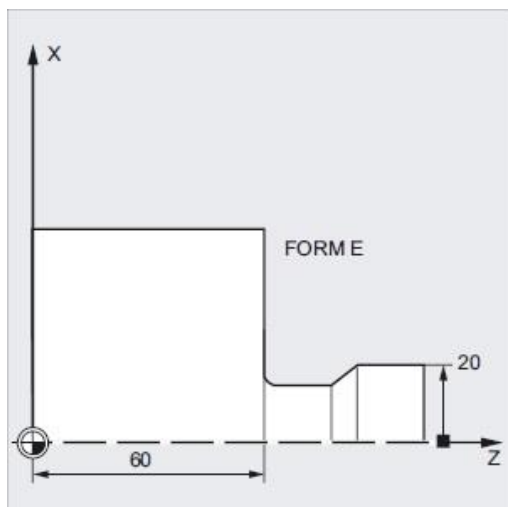
7	VARI		Ακέραιος			X	X	Μονάδες: Τύπος κατεργασίας 1: εκχόνδριση 2: φινίρισμα 3: εκχόνδριση και φινίρισμα Δεκάδες: Τρόπος κοπής 0: Παράλληλα στο περίγραμμα 1: Διαμήκης **Τα σκαψίματα τύπου Ε και F πάντα εκτελούνται με ένα πέρασμα όπως το φινίρισμα
8	EPD	X1	Πραγματικός	X	X		X	Ανοχή στον Χ άξονα, βλέπε AMODE Βάθος σκαλίσματος, βλέπε AMODE
9	EPL	Z1	Πραγματικός		X		X	Ανοχή στον Ζ άξονα Πάχος σκαλίσματος, βλέπε AMODE
10	R1	R1	Πραγματικός				X	Ακτίνα στρογγυλέματος στο πλάγισμα
11	R2	R2	Πραγματικός				X	Ακτίνα στρογγυλέματος στην γωνία
12	STA	α	Πραγματικός			X	X	Γωνία που εισέρχεται το κοπτικό
13	VRT	VX	Πραγματικός	X	X		X	Απόσταση του σκαλίσματος από την ανώτερη επιφάνεια του τεμαχίου, βλέπε AMODE Απόσταση του σκαλίσματος από την ανώτερη επιφάνεια του τεμαχίου κατά το φινίρισμα, βλέπε AMODE
14	MID	D	Πραγματικός			X	X	Βάθος πρόωσης
15	FAL	U	Πραγματικός			X	X	Ανοχή φινιρίσματος παράλληλα του περιγράμματος, βλέπε AMODE
16	FALX	UX	Πραγματικός			X	X	Ανοχή φινιρίσματος στον Χ άξονα
17	FALZ	UZ	Πραγματικός			X	X	Ανοχή φινιρίσματος στον Ζ άξονα
18	PITI	P	Ακέραιος	X	X			Επιλογή στρογγυλέματος/βάθους: 0 : 0.6 · 0.3 1 : 1.0 · 0.4 2 : 1.0 · 0.2 3 : 1.6 · 0.3 4 : 2.5 · 0.4 5 : 4.0 · 0.5 6 : 0.4 · 0.2 7 : 0.6 · 0.2 8 : 0.1 · 0.1 9 : 0.2 · 0.1

								Επιλογή βήματος, τύπου A-D, σύμφωνα με M1...M68 0 : 0.20 1 : 0.25 2 : 0.30 3 : 0.35 4 : 0.40 5 : 0.45 6 : 0.50 7 : 0.60 8 : 0.70 9 : 0.75 10 : 0.80 11 : 1.00 12 : 1.25 13 : 1.50 14 : 1.75 15 : 2.00 16 : 2.50 17 : 3.00 18 : 3.50 19 : 4.00 20 : 4.50 21 : 5.00 22 : 5.50 23 : 6.00
19	PTAB		STRING[5]				X	Επιλογή πίνακα σπειρώματος: ("", "ISO", "BSW", "BSP", "UNC")
20	PTABA		PTABA					Επιλογή στοιχείου από πίνακα σπειρώματος: ("M 10", "M 12", ...)
21	DMODE		Ακέραιος	X	X	X	X	Επίπεδο κατεργασίας: 0:για το επίπεδο που έχει οριστεί πριν την κλήση του κύκλου 1:G17 2:G18 3:G19
				X	X		X	Μονάδες: Όρισμα EPD 0:Απόλυτες(διάμετρος) 1:Σχετικές(ακτίνα)
				X	X		X	Δεκάδες: Όρισμα EPL 0: Απόλυτες 1:Σχετικές
22	AMODE		Ακέραιος	X	X	X	X	Εκατοντάδες: Όρισμα VRT 0:Απόλυτες(διάμετρος) 1:Σχετικές(ακτίνα)
						X	X	Χιλιάδες: Ανοχή φινιρίσματος 0:Ανοχή φινιρίσματος παράλληλα του περιγράμματος (FAL) 1:Ανοχή φινιρίσματος στον X και

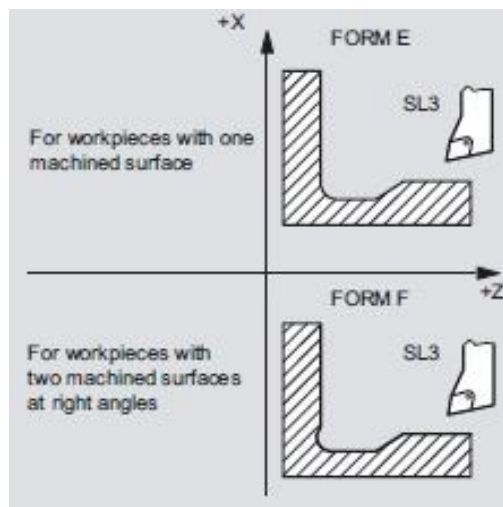


								Z άξονα (FALX,FALZ)
--	--	--	--	--	--	--	--	---------------------

Παρακάτω παρουσιάζεται ένα παράδειγμα τύπου “Ε” λαιμού (σχήμα 3.21) και ένα ακόμη παράδειγμα για να γίνουν κατανοητές οι διαφορές τύπου “Ε” και “F” λαιμού. Οι τύποι του λαιμού καθορίζονται από το όρισμα FORM (σχήμα 3.22)

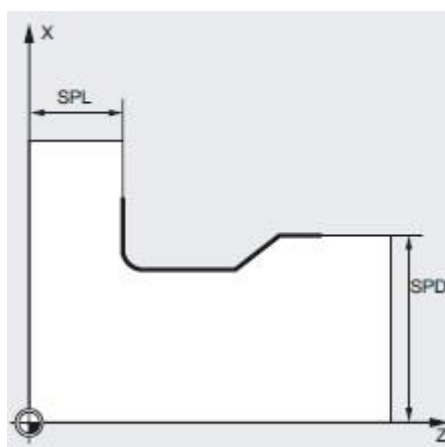


Σχήμα 3.21:Λαιμός τύπου “Ε”



Σχήμα 3.22:Όρισμα FORM

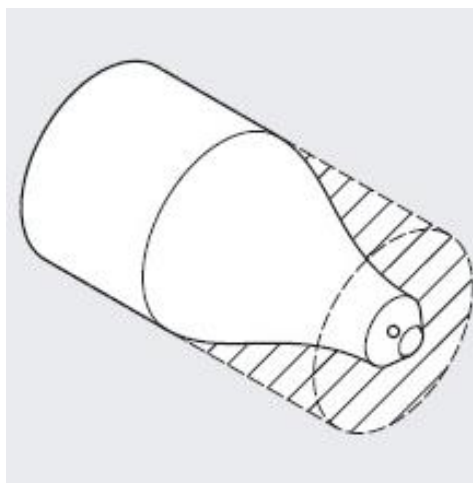
Η ολοκληρωμένη διάμετρος του τεμαχίου εισάγεται με το όρισμα SPD και η τελική διάσταση στον οριζόντιο άξονα με το όρισμα SPL (σχήμα 3.23).



Σχήμα 3.23: Ορίσματα SPL και SPD

- **Κοπή περιγράμματος (CYCLE95)**

Ο συγκεκριμένος κύκλος κατεργασίας χρησιμοποιείται για τον σχηματισμό και την κοπή του τελικού περιγράμματος του τεμαχίου (σχήμα 3.24). Ο σχηματισμός του περιγράμματος επιτυγχάνεται με κλήση ενός υποπρογράμματος το οποίο περιέχει εντολές G-κώδικα, σχηματίζοντας με αυτόν τον τρόπο γραμμή γραμμή το επιθυμητό περίγραμμα του δοκιμίου.



Σχήμα 3.24: Περίγραμμα τεμαχίου

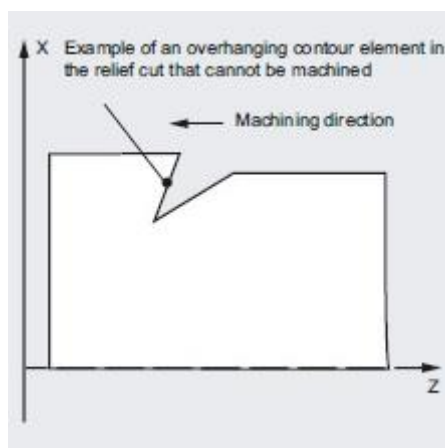
Σύνταξη: CYCLE95(NPP , MID , FALZ ,FALX ,FAL ,FF1 ,FF2 ,FF3 ,VARI ,DT ,DAM ,VRT ,GMODE ,DMODE)

Παράμετροι:

No.	Όρισμα	Μεταβλητή	Μορφή	Επεξήγηση
1	NPP	CON	STRING[140]	Όνομα υποπρογράμματος
2	MID	D	Πραγματικός	Μέγιστο βάθος πρόωσης κατά την εκχόνδριση, βλέπε GMODE
3	FALZ	UZ	Πραγματικός	Ανοχή φινιρίσματος στον Z άξονα
4	FALX	UX	Πραγματικός	Ανοχή φινιρίσματος στον X άξονα
5	FAL	U	Πραγματικός	Ανοχή φινιρίσματος παράλληλα του περιγράμματος
6	FF1	F	Πραγματικός	Ταχύτητα πρόωσης κατά την εκχόνδριση
7	FF2	FY	Πραγματικός	Ταχύτητα πρόωσης κατά την είσοδο του κοπτικού
8	FF3	FS	Πραγματικός	Ταχύτητα πρόωσης φινιρίσματος
9	VARI		Ακέραιος	<p><i>Μονάδες και Δεκάδες:</i></p> <p>1:Εκχόνδριση διαμήκης εξωτερική,  2:Εκχόνδριση κάθετη εξωτερική,  3:Εκχόνδριση διαμήκης εσωτερική,  4:Εκχόνδριση κάθετη εσωτερική,  5:Φινίρισμα διαμήκης εξωτερικό,  6:Φινίρισμα κάθετο εξωτερικό,  7:Φινίρισμα διαμήκης εσωτερικό,  8:Φινίρισμα κάθετο εσωτερικό,  9:Εκχόνδριση και Φινίρισμα διαμήκης εξωτερικό, 10:Εκχόνδριση και Φινίρισμα κάθετο εξωτερικό, 11:Εκχόνδριση και Φινίρισμα διαμήκης εσωτερικό,  12: Εκχόνδριση και Φινίρισμα κάθετο εσωτερικό</p> <p><i>Εκατοντάδες:</i></p> <p>0:στρογγύλεμα περιγράμματος χωρίς υπολειμματικές γωνίες,  1:χωρίς στρογγύλεμα περιγράμματος,  2:στρογγύλεμα μόνο σε προηγούμενη διατομή, υπολειμματικές γωνίες μπορεί να</p>

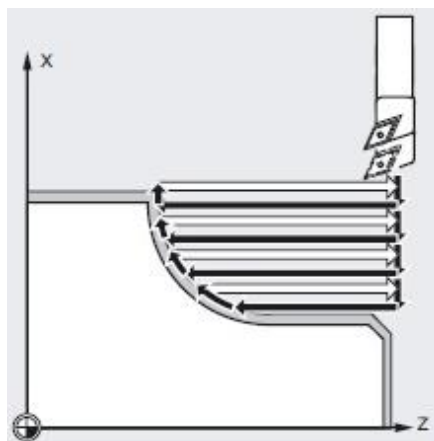
				εμφανιστούν
10	DT	DT	Πραγματικός	Χρονική καθυστέρηση για παρέμβαση κατά την πρόωση
11	DAM	DT	Πραγματικός	Απόσταση μεταξύ των χρονικών παρεμβάσεων
12	VRT	VRT	Πραγματικός	Ανασήκωση κοπτικού απο το περίγραμμα: 0:πραγματοποιείται ανασήκωση ενός mm εσωτερικά ανεξαρτήτως μονάδων μέτρησης (inch,mm, κτλ.) >0: απόσταση ανασήκωσης
13	GMODE		Ακέραιος	0:βάθος κοπής σύμφωνα με το G group DIAMON/DIAMOF (δηλαδή απόλυτα) 1: βάθος κοπής ανεξάρτητα από το G group DIAMON/DIAMOF (δηλαδή σχετικά)
14	DMODE		Ακέραιος	Μονάδες: Επίπεδο κατεργασίας: 0:για το επίπεδο που έχει οριστεί πριν την κλήση του κύκλου 1:G17 2:G18 3:G19 Χιλιάδες: Συμβατότητα 0:Το περίγραμμα περιέχεται στο υποπρόγραμμα του ορίσματος NPP 1:Το υποπρόγραμμα που περιέχει το περίγραμμα καλείται από τον κύκλο CYCLE62 και μεταφέρεται στο SC_CONT_NAME

Όπως είναι λογικό δεν μπορεί να δημιουργηθεί οποιοδήποτε περίγραμμα επιθυμεί ο χρήστης. Υπάρχουν πάντα περιορισμοί, οι οποίοι θέτονται από πολλούς παράγοντες όπως τα χαρακτηριστικά και τις δυνατότητες της εργαλειομηχανής, τα χαρακτηριστικά των κοπτικών εργαλείων που έχει ο χειριστής στη διάθεση του κτλ. Ένα τέτοιο παράδειγμα φαίνεται στο σχήμα 3.25.



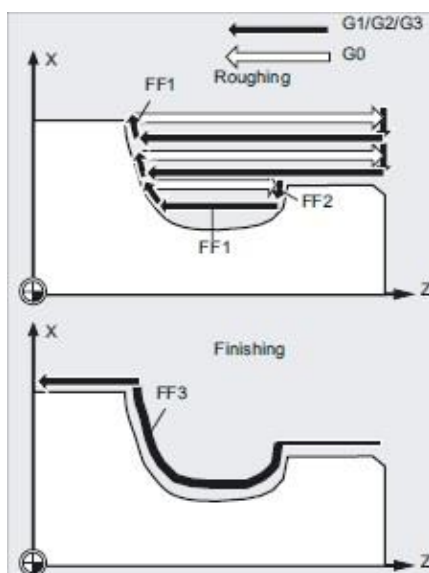
Σχήμα 3.25: Παράδειγμα αδύνατης κοπής

Ο κύκλος κατεργασίας CYCLE95 εκτελεί διαδοχικά περάσματα κοπής τα οποία σταδιακά δίνουν το επιθυμητό περίγραμμα, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.26.



Σχήμα 3.26: Διαδικασία εκτέλεσης κύκλου κατεργασίας

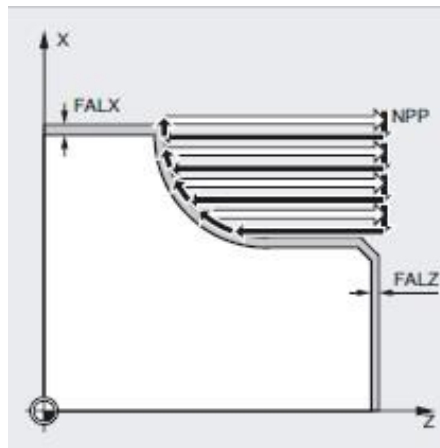
Ο χρήστης έχει την ευχέρεια να καθορίσει διαφορετικές ταχύτητες πρόωσης για κάθε διαφορετικό τρόπο κατεργασίας. Συγκεκριμένα καθορίζονται οι τιμές της ταχύτητας πρόωσης κατά την εκχόνδριση, η ταχύτητα πρόωσης κατά την εισχώρηση του κοπτικού εργαλείου και την ταχύτητα πρόωσης κατά το φινιρίσμα του δοκιμίου, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.27.



Σχήμα 3.27: Ορίσματα FF1, FF2, FF3 και διαδικασία εκτέλεσης

Οι τελικές ανοχές φινιρίσματος μπορούν να δοθούν είτε με τα ορίσματα FALZ και FALX, αν ο χρήστης επιθυμεί να εισάγει τις ανοχές και στους δύο άξονες είτε με το όρισμα FAL, αν ο χρήστης επιθυμεί να εισάγει μία ανοχή, η οποία ακολουθεί το περίγραμμα (σχήμα 3.28).

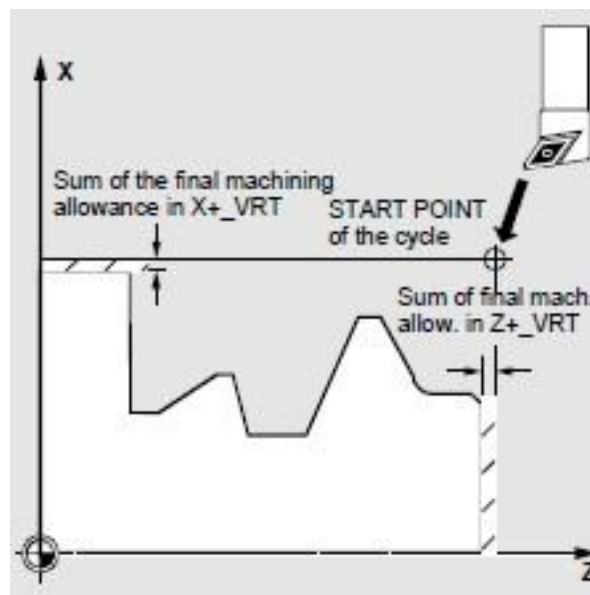
Το περίγραμμα που θα κατεργαστεί περιέχεται στο υποπρόγραμμα, το οποίο καλείται με την εισαγωγή του ορίσματος NPP. Συγκεκριμένα το NPP αντιστοιχεί στο όνομα του υποπρογράμματος.



Σχήμα 3.28: Ορίσματα FALX, NPP, FALZ

Ο κύκλος κατεργασίας υπολογίζει το σημείο εκκίνησης αυτόματα. Το σημείο εκκίνησης τοποθετείται στο σημείο όπου αρχίζει η είσοδος του κοπτικού εργαλείου σε κάθε άξονα για αφαίρεση υλικού με μια μικρή απόσταση ασφαλείας, η οποία αντιστοιχεί στην απόσταση ανάκλησης του κοπτικού έπειτα από κάθε πέρασμα (όρισμα VRT), όπως φαίνεται στο σχήμα 3.29.

Το τελευταίο σημείο που προσεγγίζει το κοπτικό εργαλείο πριν την έναρξη του κύκλου κατεργασίας, θα πρέπει να είναι προγραμματισμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος σύγκρουσης και να υπάρχει χώρος για την αντιστάθμιση κίνησης του κοπτικού εργαλείου.



Σχήμα 3.29: Ορίσματα VRT και σημείο εκκίνησης

- **Αφαίρεση υλικού (CYCLE951)**

Ο συγκεκριμένος κύκλος κατεργασίας χρησιμοποιείται για την κοπή μεγάλου όγκου περιττού υλικού του τεμαχίου. Καλείται συνήθως πριν τον κύκλο CYCLE95 προκειμένου να αφαιρεθεί ο περισσότερος όγκος υλικού μέχρι μια κοντινή απόσταση από το επιθυμητό περίγραμμα του τεμαχίου. Η σειρά που αναφέρθηκε στο κάλεσμα των κύκλων πραγματοποιείται έτσι, διότι ο κύκλος CYCLE95 αρχίζει την αφαίρεση του υλικού, για να σχηματιστεί το περίγραμμα, από μια κοντινή παράλληλη απόσταση του περιγράμματος.

Αυτό έχει σαν συνέπεια, σε περίπτωση χρήσης μόνο του κύκλου CYCLE95 και για παράδειγμα όταν το ακατέργαστο τεμάχιο είναι Φ50 και ο χρήστης επιθυμεί την κοπή περιγράμματος μέγιστης διαμέτρου Φ20, το κοπτικό εργαλείο να πραγματοποιεί βίαιες κινήσεις για την αφαίρεση του υλικού με κίνδυνο την ταχύτατη φθορά του ή και αστοχία του αλλά και την αστοχία του δοκιμίου ή πιθανότητα ατυχήματος.

Σύνταξη: CYCLE951(SPD ,SPL ,EPD ,EPL ,ZPD ,ZPL ,LAGE ,MID ,FALX ,FALZ ,VARI ,RF1 ,RF2 ,RF3 ,SDIS ,FF1 ,NR ,DMODE ,AMODE)

Παράμετροι:

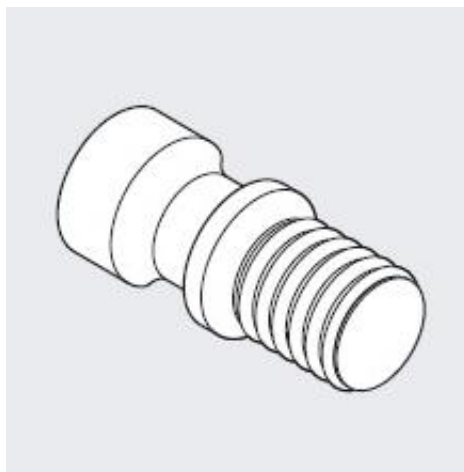
No.	Όρισμα	Μεταβλητή	Μορφή	Επεξήγηση
1	SPD	X0	Πραγματικός	Σημείο αναφοράς στον X άξονα (απόλυτες, διάμετρος)
2	SPL	Z0	Πραγματικός	Σημείο αναφοράς στον Z άξονα (απόλυτες)
3	EPD	X1	Πραγματικός	Τελικό σημείο στον X άξονα
4	EPL	Z1	Πραγματικός	Τελικό σημείο στον Z άξονα
5	ZPD	XM α1 α2	Πραγματικός	Ενδιάμεσο σημείο στον X άξονα, βλέπε DMODE(δεκάδες)
6	ZPL	ZM α1 α2	Πραγματικός	Ενδιάμεσο σημείο στον Z άξονα, βλέπε DMODE(δεκάδες)
7	LAGE		Ακέραιος	Θέση γωνίας αφαίρεσης υλικού 0:εξωτερικά πίσω 1:εξωτερικά μπροστά 2:εσωτερικά πίσω 3:εσωτερικά μπροστά
8	MID	D	Πραγματικός	Μέγιστο βάθος πρόωσης
9	FALX	UX	Πραγματικός	Ανοχή φινιρίσματος στον X άξονα
10	FALZ	UZ	Πραγματικός	Ανοχή φινιρίσματος στον Z άξονα
11	VARI		Ακέραιος	Μονάδες: Κατεύθυνση αφαίρεσης υλικού 1:Διαμήκης 2:Κάθετη Δεκάδες: 1:Εκχόνδριση μέχρι ανοχή φινιρίσματος 2:Φινίρισμα Εκατοντάδες: 0:στρογγύλεμα περιγράμματος χωρίς υπολειμματικές γωνίες, 1:χωρίς στρογγύλεμα περιγράμματος, Χιλιάδες: 0:Στρογγύλεμα ή λοξοτομή στη γωνία 2 1:Σκάψιμο στη γωνία 2 Δεκάδες Χιλιάδες: 0:ακίνητο μετά την κατεργασία 1:επιστροφή στο σημείο εκκίνησης
12	RF1	R1/FS1	Πραγματικός	Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής 1 ,βλέπε AMODE(δεκάδες χιλιάδες)
13	RF2	R2/FS2	Πραγματικός	Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής 2



14	RF3	R3/FS3	Πραγματικός	,βλέπε AMODE(εκατοντάδες χιλιάδες) Στρογγύλεμα ή πάχος λοξοτομής 3
15	SDIS	SC	Πραγματικός	,βλέπε AMODE(εκατομμύρια) Απόσταση ασφαλείας
16	FF1	F	Πραγματικός	Ταχύτητα πρόωσης για εκχόνδριση/φινίρισμα
17	NR		Ακέραιος	0:Αφαίρεση υλικού 1, 90 μοίρες γωνία χωρίς λοξοτομές/στρογγυλέματα 1:Αφαίρεση υλικού 2, 90 μοίρες γωνία με λοξοτομές/στρογγυλέματα 2: Αφαίρεση υλικού 3, όλες οι γωνίες με στρογγυλέματα/λοξοτομές  Μονάδες: Επίπεδο κατεργασίας 0:για το επίπεδο που έχει οριστεί πριν την κλήση του κύκλου 1:G17 2:G18 3:G19
18	DMODE		Ακέραιος	Δεκάδες: Μορφή ορίσματος ZPD/ZPL 0: Xm/Zm 1:Xm/α1 2:Xm/α2 3:α1/Zm 4:α2/Zm 5:α1/α2
19	AMODE		Ακέραιος	Μονάδες: Ενδιάμεσο σημείο στον X άξονα 0:Απόλυτες συντεταγμένες 1:Σχετικές συντεταγμένες Δεκάδες: Ενδιάμεσο σημείο στον Z άξονα 0:Απόλυτες συντεταγμένες 1:Σχετικές συντεταγμένες Εκατοντάδες: Τελικό σημείο στον X άξονα 0:Απόλυτες συντεταγμένες 1:Σχετικές συντεταγμένες Χιλιάδες: Τελικό σημείο στον Z άξονα 0:Απόλυτες συντεταγμένες 1:Σχετικές συντεταγμένες Δεκάδες Χιλιάδες: Στρογγύλεμα/λοξοτομή 1 0: Στρογγύλεμα 1:Λοξοτομή Εκατοντάδες χιλιάδες: Στρογγύλεμα/λοξοτομή 2 0: Στρογγύλεμα 1:Λοξοτομή Εκατομμύρια: Στρογγύλεμα/λοξοτομή 3 0: Στρογγύλεμα 1:Λοξοτομή

- **Σπείρωμα (CYCLE99)**

Ο συγκεκριμένος κύκλος κατεργασίας χρησιμοποιείται για την δημιουργία σπειρώματος (σχήμα 3.30). Ο χρήστης έχει την ευχέρεια πληθώρα επιλογών όσον αφορά το είδος του σπειρώματος, τον αριθμό των σπειρωμάτων αλλά και τις προδιαγραφές του σπειρώματος. Έχει τη δυνατότητα 3 βασικών τύπων σπειρώματος. Αυτά είναι το οριζόντιο σπείρωμα, το εμπρόσθιο σπείρωμα (πάνω στη διατομή) αλλά και το κωνικό σπείρωμα. Ακόμη είναι δυνατή η κοπή τόσο μονού σπειρώματος όσο και πολλαπλών σπειρωμάτων. Σε αυτή την περίπτωση τα σπειρώματα δημιουργούνται το ένα μετά το άλλο.



Σχήμα 3.30: Τεμάχιο με σπείρωμα

Σύνταξη: CYCLE99 (SPL ,SPD ,FPL ,FPD ,APP ,ROP ,TDEP ,FAL ,IANG ,NSP ,NRC ,NID ,PIT ,VARI ,NUMTH ,SDIS ,MID ,GDEP ,PIT1 ,FDEP ,GST ,GUD ,IFLANK ,PITA ,PITM ,PTAB ,PTABA ,DMODE ,AMODE)

Παράμετροι:

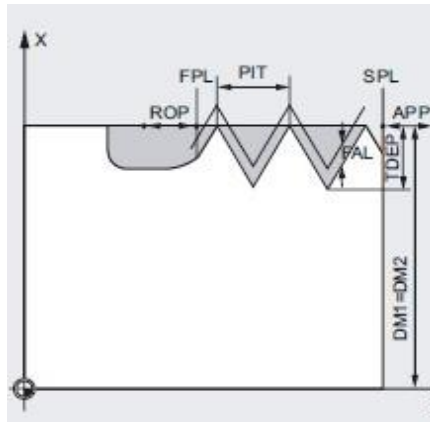
No.	Όρισμα	Μεταβλητή	Μορφή	Επεξήγηση
1	SPL	Z0	Πραγματικός	Σημείο αναφοράς στον Z άξονα (απόλυτες)
2	SPD	X0	Πραγματικός	Σημείο αναφοράς στον X άξονα (απόλυτες)
3	FPL	Z1	Πραγματικός	Τελικό σημείο στον Z άξονα, βλέπε AMODE(μονάδες)
4	FPD	X1	Πραγματικός	Τελικό σημείο στον X άξονα, βλέπε AMODE(δεκάδες)
5	APP	LW/LW2	Πραγματικός	Προσέγγιση σπειρώματος (οριζόντια απόσταση που βγαίνει έξω το κοπτικό), βλέπε AMODE(εκατοντάδες)
6	ROP	LR	Πραγματικός	Απόσταση εξόδου κοπτικού από το σπείρωμα (καθώς κόβει το σπείρωμα)
7	TDEP	H1	Πραγματικός	Βάθος σπειρώματος
8	FAL	U	Πραγματικός	Ανοχή φινιρίσματος παράλληλα του περιγράμματος
9	IANG	DP αP	Πραγματικός	Κλίση δοντιού σπειρώματος ως γωνία (αP)
10	NSP	α0	Πραγματικός	Αντιστάθμιση γωνίας εκκίνησης (μόνο εάν

				υπάρχει “single start”)
11	NRC	ND	Ακέραιος	Αριθμός κοπών εκχόνδρισης, σε συνδυασμό με VARI(δεκάδες χιλιάδες)
12	NID	NN	Ακέραιος	Αριθμός περασμάτων χωρίς κοπή
13	PIT	P	Πραγματικός	Βήμα σπειρώματος, βλέπε PITA
14	VARI		Ακέραιος	<p><i>Μονάδες:</i> Τεχνολογία σπειρώματος  1:Εξωτερικό σπείρωμα με γραμμική κοπή  2:Εσωτερικό σπείρωμα με γραμμική κοπή  3:Εξωτερικό σπείρωμα με φθίνουσα κοπή με σταθερή διατομή κοπών  4:Εσωτερικό σπείρωμα με φθίνουσα κοπή με σταθερή διατομή κοπών  <i>Δεκάδες:</i> Κενό  <i>Εκατοντάδες:</i> Τύπος πρόωσης  1:Πρόωση σε μια πλευρά  2:Πρόωση σε διαδοχικές πλευρές  <i>Χιλιάδες:</i> Κενό  <i>Δεκάδες Χιλιάδες:</i>  0:Ορισμός αριθμού κοπών εκχόνδρισης (NRC)  1:Ορισμός βάθους πρώτης κοπής (MID)  <i>Εκατοντάδες χιλιάδες:</i>  1:Εκχόνδριση  2:Φινίρισμα  3:Εκχόνδριση και Φινίρισμα  <i>Εκατομμύρια:</i> Ακολουθία κατεργασίας σπειρώματος  1:σε αύξουσα σειρά  2:σε φθίνουσα σειρά</p>
15	NUMTH	N	Ακέραιος	Αριθμός σπειρωμάτων
16	SDIS	VR	Πραγματικός	Κάθετη απόσταση επιστροφής κοπτικού, σχετικές συντεταγμένες ως προς το σημείο αναφοράς
17	MID	D1	Πραγματικός	Βάθος πρώτης πρόωσης, βλέπε VARI(δεκάδες χιλιάδες)
18	GDEP	DA	Πραγματικός	Εναλλασσόμενο βάθος σπειρώματος 0:παρατήρηση εναλλαγής βάθους σπειρώματος >0:μη παρατήρηση εναλλαγής βάθους σπειρώματος
19	PIT1	G	Πραγματικός	Εναλλαγή βήματος ανά περιστροφή 0:βήμα σταθερό (G33) >0:αυξανόμενο βήμα (G34) <0:μειούμενο βήμα (G35)
20	FDEP		Πραγματικός	Βάθος εισχώρησης (αλλιώς κενό)
21	GST	N1	Ακέραιος	Αρχικό σπείρωμα N=1...N, βλέπε AMODE(εκατοντάδες χιλιάδες)
22	GUD		Ακέραιος	κενό

23	IFLANK		Πραγματικός	Κλίση δοντιού σπειρώματος ως απόσταση
24	PITA		Ακέραιος	Μονάδες μέτρησης βήματος σπειρώματος(εκτίμηση PIT και/ή MPIT) 0:Βήμα σε mm - MPIT/PIT εκτίμηση 1:Βήμα σε mm - PIT εκτίμηση 2:Βήμα σε TPI - εκτίμηση PIT (σπείρωμα σε inch) 3:Βήμα σε inch - PIT εκτίμηση 4:εκτίμηση σε PIT
25	PITM		String[20]	Δείκτης για το βήμα
26	PTAB		STRING[20]	Δείκτης για τον πίνακα σπειρώματος
27	PTABA		STRING[20]	Δείκτης για την επιλογή στον πίνακα σπειρωμάτων
28	DMODE		Ακέραιος	Μονάδες:Επίπεδο κατεργασίας 0:για το επίπεδο που έχει οριστεί πριν την κλήση του κύκλου 1:G17 2:G18 3:G19 Δεκάδες: Τύπος σπειρώματος 0:διαμήκες σπείρωμα 1:εμπρόσθιο σπείρωμα 2:κωνικό σπείρωμα
29	AMODE		Ακέραιος	Μονάδες: Μήκος σπειρώματος στον Z 0:απόλυτες 1:σχετικές Δεκάδες: Μήκος σπειρώματος στον X 0:απόλυτες 1:σχετικές Εκατοντάδες: Καθορισμός αποστάσεων κατά την είσοδο και την έξοδο του κοπτικού από το σπείρωμα 0:Προσέγγιση APP 1:APP=-ROP 2:APP=-APP Χιλιάδες: Εκτίμηση κλίσης δοντιού σπειρώματος 0:γωνία (IANG) 1:απόσταση (IFLANK) Δεκάδες Χιλιάδες: 0:Μονό σπείρωμα 1:Πολλαπλό σπείρωμα Εκατοντάδες χιλιάδες: Αρχικό σπείρωμα GST 0:πλήρης εκτέλεσης 1:έναρξη κατεργασίας από αυτό το σπείρωμα 2:Κατεργασία μόνο αυτού του σπειρώματος

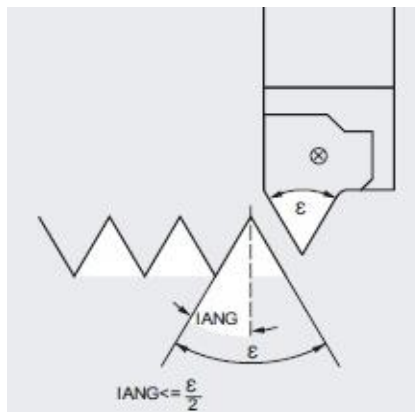
Το προγραμματισμένο αρχικό σημείο (όρισμα SPL) και τελικό σημείο (όρισμα FPL) καθορίζουν το μήκος του σπειρώματος. Παρόλα αυτά το σημείο εκκίνησης του κύκλου δεν αντιστοιχεί στο αρχικό σημείο του σπειρώματος. Το σημείο εκκίνησης του κύκλου αντιστοιχεί στο αρχικό σημείο του σπειρώματος συν μια απόσταση την οποία ακολουθεί μετά από κάθε πέρασμα κοπής (όρισμα APP). Ομοίως στο τέλος του σπειρώματος υπάρχει μια απόσταση κατά την οποία το κοπτικό εργαλείο αποχωρεί ομαλά από την επιφάνεια του τεμαχίου (όρισμα ROP). Το βήμα του σπειρώματος μπορεί να δοθεί είτε

από το χρήστη (όρισμα PIT) είτε συμπληρώνεται αυτόματα σύμφωνα με το αντίστοιχο σπείρωμα κατά DIN που επιθυμεί ο χρήστης. Το βάθος του σπειρώματος καθορίζεται με την παράμετρο TDEP. Ακόμη μπορεί να δοθεί η ανοχή για το φινίρισμα, η οποία ακολουθεί το περίγραμμα του σπειρώματος με το όρισμα FAL. Οι παραπάνω παράμετροι διακρίνονται στο σχήμα 3.31.



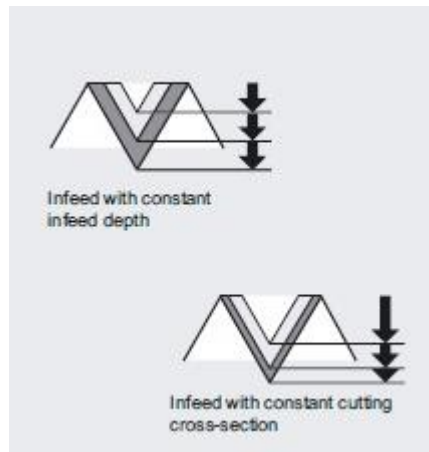
Σχήμα 3.31:Ορίσματα SPL,FPL,PIT,ROP,FAL,APP,TDEP

Με το όρισμα IANG καθορίζεται η γωνία του σπειρώματος. Εάν το σπείρωμα έχει καταχωρηθεί από τους πίνακες τότε λαμβάνει αυτόματα την τιμή 0. Διαφορετικά δεν θα πρέπει να υπερβαίνει η τιμή του IANG το μισό της τιμής της γωνίας της πλευράς του κοπτικού εργαλείου  $\epsilon$ , όπως φαίνεται στο σχήμα 3.32.



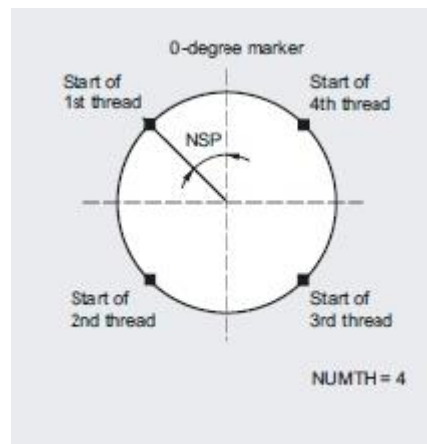
Σχήμα 3.32: Ορίσμα IANG

Άλλη μια πρόσθετη επιλογή είναι η κοπή να πραγματοποιηθεί είτε με σταθερό διαδοχικό βάθος εισχώρησης, είτε με διαδοχικό βάθος κοπής με φθίνουσα τιμή (σχήμα 3.33).



Σχήμα 3.33: Τρόπος κοπής

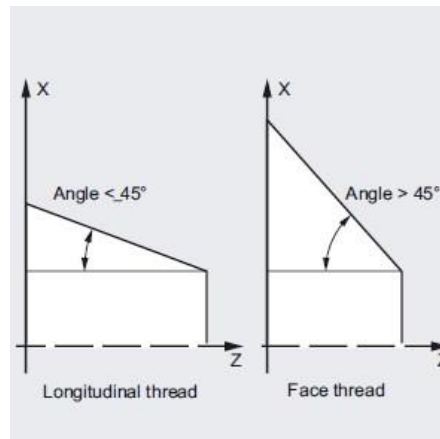
Με το όρισμα NUMT, ο χρήστης καθορίζει την πραγματοποίηση ή όχι πολλαπλών σπειρωμάτων. Εάν επιθυμείται η κοπή μονού σπειρώματος, το όρισμα λαμβάνει την τιμή 0 ή 1, διαφορετικά τιμή  $>1$ . Εάν επιλεγεί η κατεργασία πολλαπλού σπειρώματος θα πρέπει να οριστεί ποιο σπείρωμα θα εκτελεστεί πρώτο. Αυτό πραγματοποιείται με το όρισμα NSP. Τα διαδοχικά σπειρώματα κατανέμονται στη διατομή ομοιόμορφα, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.34.



Σχήμα 3.34: Διαδοχικά σπειρώματα

Το είδος του σπειρώματος που θα πραγματοποιηθεί επιλέγεται με το όρισμα DMODE (Δεκάδες). Όπως φαίνεται και στο σχήμα 3.35 η γωνία ενός οριζόντιου (και κωνικού) σπειρώματος φτάνει έως και τις 45 μοίρες. Εάν ξεπερνάει την τιμή αυτή, τότε το σπείρωμα που πραγματοποιείται αυτόματα είναι το εμπρόσθιο (στη διατομή του τεμαχίου).






Σχήμα 3.35:Γωνία οριζόντιου και εμπρόσθιου σπειρώματος

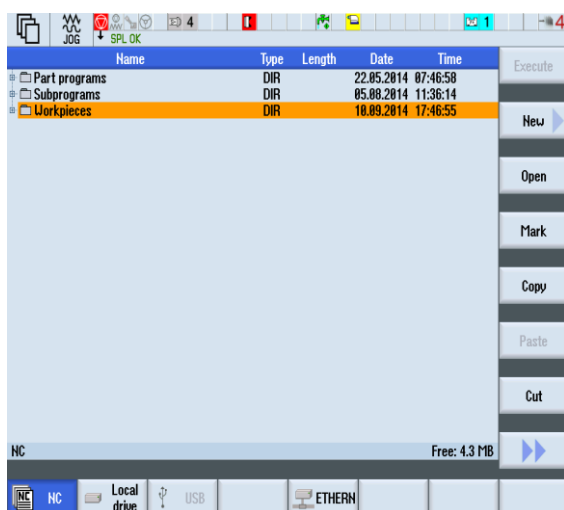
## 4. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΟΝ ΤΟΡΝΟ CTX 310 ECOLINE

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η διερεύνηση του προγραμματισμού και λειτουργίας σύγχρονης εργαλειομηχανής CNC με στόχο τη βέλτιστη ψηφιακή καθοδήγησή της σε κατεργασίες με αφαίρεση υλικού. Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται αναλυτικά η διαδικασία δημιουργίας προγραμμάτων G-code.

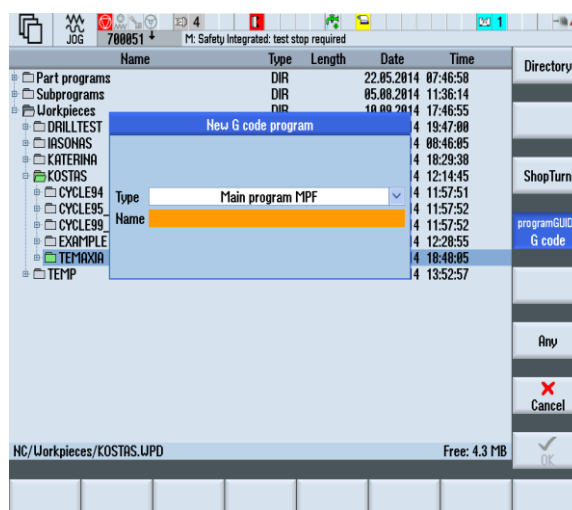
### 4.1 Δημιουργώντας ένα πρόγραμμα G-Code

Η εργαλειομηχανή παρέχει τη δυνατότητα δημιουργίας προγράμματος με χρήση G-κώδικα, το οποίο σαν αποτέλεσμα μπορεί να κόψει ένα ολοκληρωμένο τεμάχιο με επιθυμητό σχήμα και διαστάσεις.

Για τη δημιουργία ενός προγράμματος με G κώδικα ο χρήστης χρησιμοποιεί το πλήκτρο , στη συνέχεια επιλέγει **New** και **program Guide G Code** όπως φαίνεται στο [σχήμα 4.1](#) και [4.2](#) στα δεξιά της οθόνης και τον τίτλο του ονόματος του προγράμματος, το οποίο αποθηκεύεται σε μορφή MPF. Αφού πατηθεί το **OK** ο χρήστης βρίσκεται πλέον μέσα στο πρόγραμμα που μόλις δημιούργησε ([σχήμα 4.3](#)), όπου μπορεί να συντάξει τον κώδικα που θα τον εξυπηρετήσει χρησιμοποιώντας τις αναγκαίες εντολές σειρά σειρά.

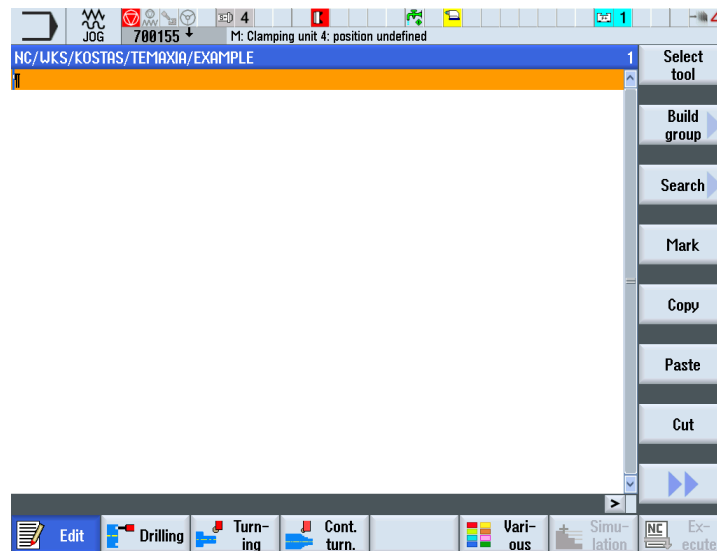


Σχήμα 4.1: Δημιουργία προγράμματος



Σχήμα 4.2: Ονομασία προγράμματος


**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Αν ο χρήστης επιθυμεί να καλέσει ένα υποπρόγραμμα, θα πρέπει το υποπρόγραμμα που θα δημιουργήσει με τον ίδιο τρόπο που περιγράφηκε παραπάνω, να συμπεριλαμβάνεται στον ίδιο φάκελο που είναι αποθηκευμένο το κυρίως πρόγραμμα (ίδια διεύθυνση προορισμού).

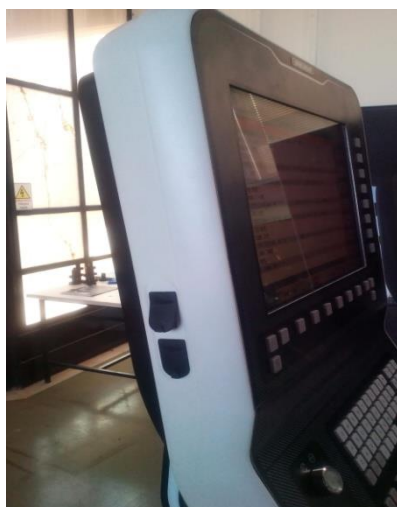


Σχήμα 4.3: Περιβάλλον προγράμματος

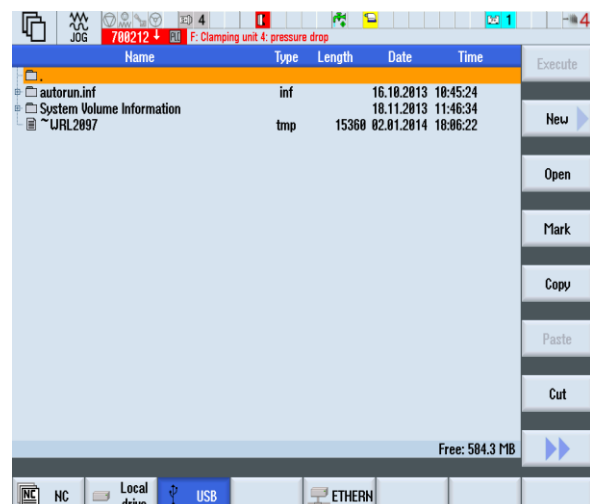
## 4.2 Εισαγωγή προγράμματος με G-Code μέσω θύρας USB

Ένας εναλλακτικός τρόπος δημιουργίας ενός προγράμματος G-Code είναι με εισαγωγή του αρχείου που περιέχει το πρόγραμμα με χρήση της θύρας usb. Συγκεκριμένα παρέχεται η δυνατότητα στο χρήστη να συντάξει τον κώδικα που επιθυμεί δημιουργώντας ένα αρχείο μορφής txt ή ακόμη και φάκελο που περιέχει παραπάνω από ένα προγράμματα, υποπρογράμματα και υποφακέλους σε ηλεκτρονικό υπολογιστή και εν συνεχεία μεταφέροντας τα με ένα φλασάκι usb μπορεί να τα αποθηκεύσει στη μνήμη της εργαλειομηχανής.

Ειδικότερα αφού τοποθετηθεί το φλασάκι στη θύρα usb αριστερά της οθόνης του control panel, η οποία διακρίνεται στο [σχήμα 4.4](#), ο χειριστής πιέζει το πλήκτρο  και έπειτα στο κάτω μέρος της οθόνης την επιλογή **USB**, όπως φαίνεται στο [σχήμα 4.5](#). Αυτή τη στιγμή είναι σε θέση να επιλέξει το αρχείο που επιθυμεί με το αντίστοιχο πρόγραμμα G κώδικα, όπως επίσης και να το επεξεργαστεί είτε να κάνει τροποποιήσεις εντός του προγράμματος.



Σχήμα 4.4:Θύρα USB



Σχήμα 4.5:Ενεργοποίηση USB

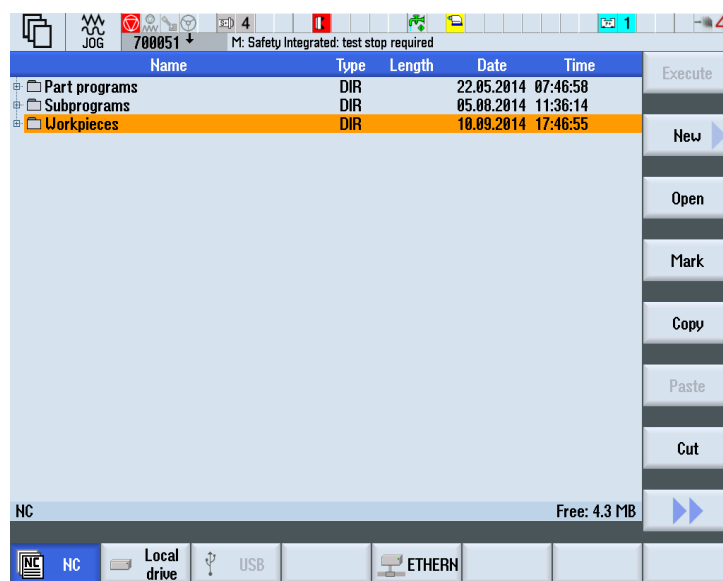
**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Τα αρχεία που επιθυμεί να εισάγει ο χρήστης στην εργαλειομηχανή, προκειμένου να διαβαστούν θα πρέπει να είναι οπωσδήποτε σε **μορφή txt**.

### 4.3 Λειτουργία Ethernet

Η εργαλειομηχανή παρέχει μία ακόμη χρήσιμη και εύχρηστη λειτουργία. Αυτή είναι η επιλογή Ethernet. Συγκεκριμένα δίδεται η δυνατότητα επικοινωνίας της εργαλειομηχανής με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή μέσω σύνδεσης ethernet.

Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, καθώς ο χρήστης μπορεί πλέον να δημιουργήσει ή και να επεξεργαστεί τα όποια προγράμματα επιθυμεί να εισάγει στην εργαλειομηχανή μέσω αυτής της υπηρεσίας από τον ηλεκτρονικό υπολογιστή του, στον οποίο έχει δημιουργήσει το μονοπάτι προορισμού στον σκληρό δίσκο του υπολογιστή, όπου υπάρχει ο κοινός φάκελος που επικοινωνεί ο υπολογιστής με την εργαλειομηχανή. Ακόμη, υπάρχει η δυνατότητα να εξάγει αρχεία από την εργαλειομηχανή μεταφέροντας τα αρχεία που επιθυμεί στο φάκελο προορισμού αντίστοιχα της εργαλειομηχανής. Δηλαδή η επεξεργασία μπορεί πλέον να γίνει από και προς την εργαλειομηχανή δίχως τη χρήση της θύρας USB.

Ο χειριστής πιέζει το πλήκτρο **PROGRAM MANAGER** και έπειτα στο κάτω μέρος της οθόνης την επιλογή **ETHERNET**, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.6. Αυτή τη στιγμή είναι σε θέση να επιλέξει το αρχείο που επιθυμεί με το αντίστοιχο πρόγραμμα G κώδικα, όπως επίσης και να το επεξεργαστεί είτε να κάνει τροποποιήσεις εντός του προγράμματος.



Σχήμα 4.6:Ενεργοποίηση Ethernet

Ομοίως θα πρέπει τα αρχεία που θα εισάγει ο χρήστης στην εργαλειομηχανή να είναι σε **μορφή txt**.

### 4.4 Δομή προγράμματος

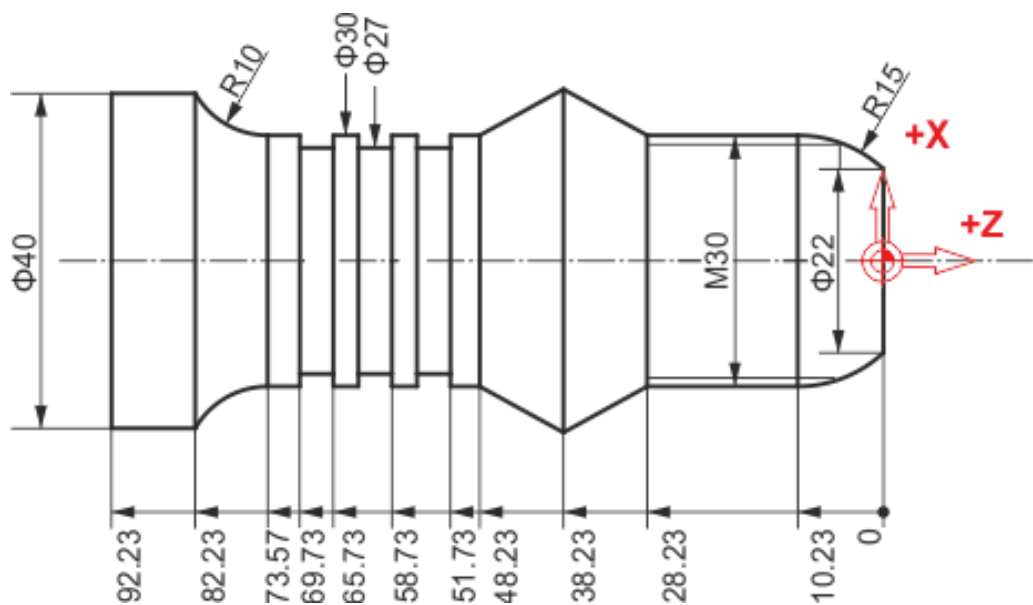
Τα προγράμματα G-κώδικα σαφώς και μπορούν να συνταχθούν ελεύθερα από το χρήστη. Ο κύριος κορμός όμως που κατά κύριο λόγο ακολουθείται σε κάθε πρόγραμμα G-κώδικα είναι:

- Ορισμός επίπεδου λειτουργίας
- Κλήση κοπτικού εργαλείου (T και D εντολές)

- Καθορισμός τιμών σε τεχνολογικά μεγέθη της κατεργασίας όπως η ταχύτητα πρόωσης, τύπος πρόωσης (G94,G95...), ταχύτητα και διεύθυνση περιστροφής της ατράκτου (S και M εντολές)
- Θέσεις και κλήσεις κύκλων κατεργασίας (CYCLES)
- Κλείσιμο προγράμματος

#### 4.5 Ολοκληρωμένο παράδειγμα G-Code

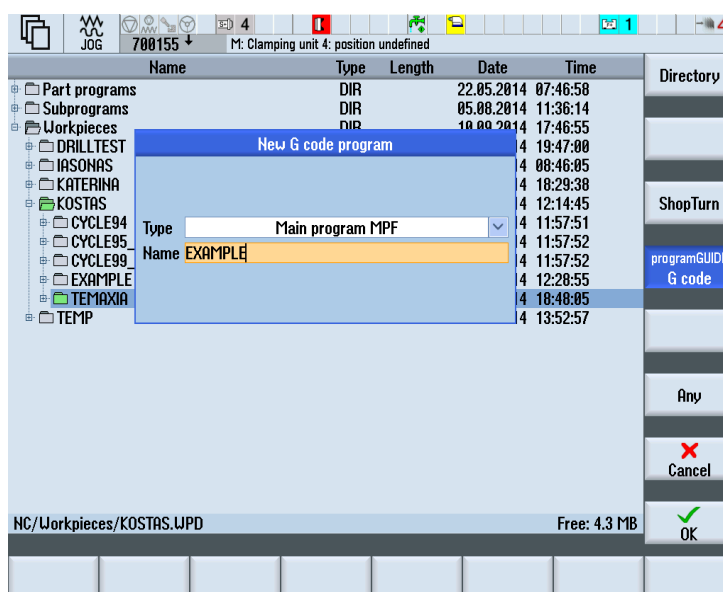
Παρακάτω θα παρουσιαστεί ολοκληρωμένα η διαδικασία προγραμματισμού στην εργαλειομηχανή CTX 310 ecoline του τεμαχίου που διακρίνεται στο σχήμα 4.7.



Σχήμα 4.7: Μηχανολογικό σχέδιο τεμαχίου

##### 4.5.1 Δημιουργία κυρίως προγράμματος "EXAMPLE"

Αρχικά δημιουργείται ένα πρόγραμμα G-code όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 4.1 δίνοντας το όνομα EXAMPLE (σχήμα 4.8).



Σχήμα 4.8: Δημιουργία προγράμματος EXAMPLE

Στη συνέχεια ο χρήστης συντάσσει γραμμή-γραμμή τον κώδικα που θα του δώσει το τελικό αποτέλεσμα που επιθυμεί. Ο πλήρης κώδικας του προγράμματος είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα			Περιγραφή
N10	G71	G54	G18	Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά Σύστημα μηδενισμού τεμαχίου Επιλογή ΧΖ επιπέδου κατεργασίας
N20	G90	G95	F0.3	Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων Πρόωση ανά περιστροφή Ορισμός πρόωσης στα 0.3 mm/rev
N30	WORKPIECE(,,"CYLI NDER",0,0,-180,-150 ,50)			Συνάρτηση που καλείται για την εμφάνιση του δοκιμίου κατά την προσομοίωση της κατεργασίας
N40	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N50	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N60	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N70			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N80	T02	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (εκχόνδρισης)
N90	G00	X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N100			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N110	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N120	CYCLE951(50,0,41.5, -92.23,41.5,-92.23,1 ,0.8,0,0,11,0,0,0,1,0.4 ,0,2,1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N130	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N140	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N150			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N160	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N170	G00		Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N180		X40		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N190	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N200	CYCLE95("CONTOUR ,0.6,0.2,0.2,0.2,0.4,0.3 ,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N210	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N220	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N230			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N240	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N250	G00		Z-68	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N260		X34		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N270	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N280	CYCLE930(30,-65.73 ,4,4,1.5,,0,0,0,0,0,0,0 ,0.2,0.6,1,10530,,3,7			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία των 3 διαδοχικών αυλακώσεων στην επιφάνεια του τεμαχίου.

	,0.1,2, 0.1,0,2 ,1111110)			
N290	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N300	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N310			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N320	T05	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T5 (για σπείρωμα)
N330	G97	S1500	M03	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα Δεξιόστροφη περιστροφή άξονα
N340	G00	X33		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N350			Z2	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N360	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N370	CYCLE99(-5.38,30, -28.23,,2,2 ,0.9,0.1,30 ,0,3,0,2,1110101,4,1,0. 3,0.5,0,0,1,0,0.519615, 1,,,,2,1)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία οριζοντίου σπειρώματος στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N380	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N390	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N400			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N410	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αποκοπή)
N420		S2000	M04	Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N430	G00		Z-96	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N440		X53		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N450	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N460	CYCLE92(49,-92.23,7,- 2,0,1 ,2000,1000,4,0.1 ,0.05,700,0.2,0,,2,0)			Κύκλος κατεργασίας. Αποκοπεί του κατεργασμένου τεμαχίου από το υπόλοιπο δοκίμιο.
N470	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N480	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N490			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N500	M02			Τερματισμός προγράμματος

Ο ολοκληρωμένος κώδικας του προγράμματος "EXAMPLE" φαίνεται στο σχήμα 4.9, 4.10 και 4.11.

**ΣΗΜΕΙΩΣΗ:** Ο χρήστης επιλέγει σε κάθε κύκλο τον τρόπο με τον οποίο θα γίνει η κατεργασία, είτε εκχόνδριση, είτε φινίρισμα, είτε και τις 2 δυνατότητες μαζί. Ακόμη ορίζει τις αντίστοιχα τις ταχύτητες πρόωσης, περιστροφής ατράκτου, πάχη περάσματος και φορά περάσματος του κοπτικού εργαλείου όπως επίσης και τα πάχη ασφαλείας για να πραγματοποιηθεί το φινίρισμα. Όλα τα παραπάνω καταχωρούνται ως ορίσματα σε κάθε ένα ξεχωριστά κύκλο κατεργασίας όπως περιγράφηκε στην ενότητα 3.1.4.

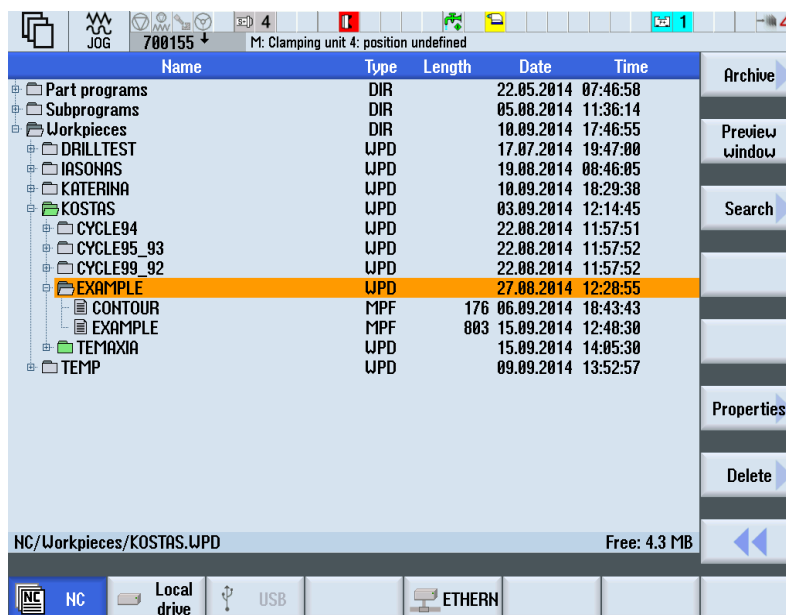
**Μεγάλη βάση να δοθεί** στην πραγματοποίηση προσομοίωσης (simulation) σε κάθε σύνταξη νέας γραμμής κώδικα ή αλλαγής κάποιας παραμέτρου ή ορίσματος ή όπου ο χρήστης το κρίνει απαραίτητο. Η κάθε τροποποίηση του κώδικα μπορεί να επηρεάσει όλο το πρόγραμμα ή ακόμη και την εμφάνιση μηνύματος ύπαρξης σφαλμάτων. Με αυτόν τον



τρόπο παρακολουθεί κάθε αλλαγή που λαμβάνει μέρος στην κατεργασία του τεμαχίου, ώστε να διατηρεί στην κατοχή του τον απόλυτο έλεγχο και συνεπώς να αποφεύγονται τυχόν ατυχήματα ή αστοχίες. Η προσομοίωση της κατεργασίας εκτελείται με την επιλογή **simulation** στο κάτω και δεξιά μέρος της οθόνης.

#### 4.5.2 Δημιουργία υποπρογράμματος "CONTOUR"

Αρχικά δημιουργείται ένα πρόγραμμα G-code όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 4.1 δίνοντας το όνομα CONTOUR (σχήμα 4.12), το οποίο εισάγει στον κύκλο κατεργασίας CYCLE95 το περίγραμμα του τεμαχίου προς επεξεργασία. Όπως αναφέρθηκε επίσης στην παράγραφο 4.1 θα πρέπει το υποπρόγραμμα να βρίσκεται στον ίδιο φάκελο με το κυρίως πρόγραμμα.



Σχήμα 4.12: Θέση αποθήκευσης προγραμμάτων

Στην πρώτη γραμμή του κώδικα ορίζεται το απόλυτο σύστημα συντεταγμένων που εργάζεται ο χρήστης. Με τις απαραίτητες G-εντολές καταχωρείται το περίγραμμα που θα κατεργαστεί ο αντίστοιχος κύκλος κατεργασίας στις υπόλοιπες γραμμές του κώδικα και στην τελευταία γραμμή του κώδικα επιλέγεται η εντολή M17 προκειμένου να επιστραφούν οι καταχωρήσεις στον κύκλο.

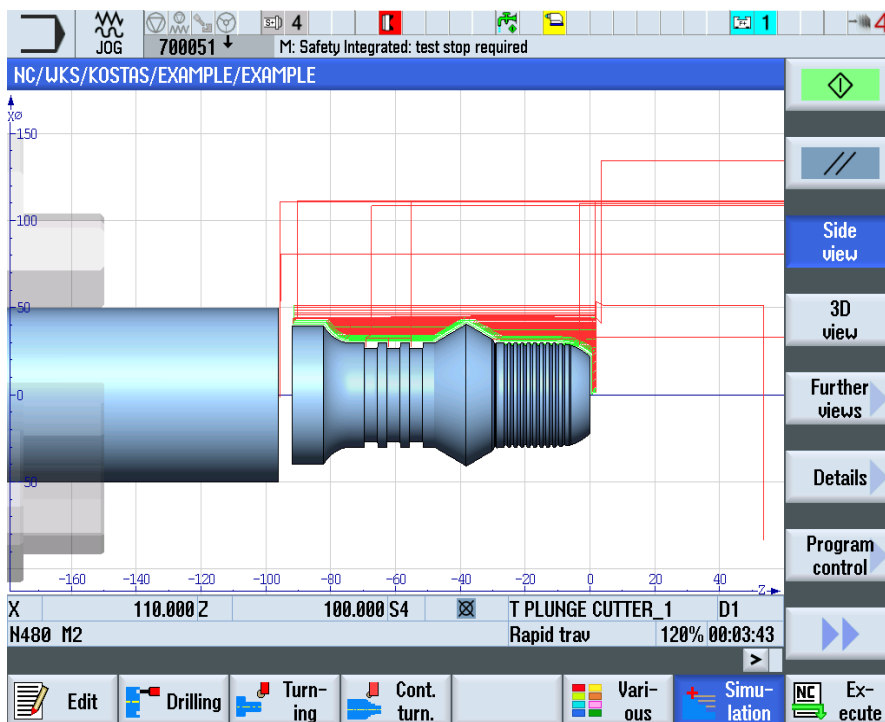
Ο πλήρης κώδικας του υποπρογράμματος είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα					Περιγραφή
N10	G01	G90	X0	Z0		Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20			X22			Ευθεία κίνηση με κοπή
N30	G03	X30	Z-10.23	I-11	K-10.23	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N40	G01		Z-28.23			Ευθεία κίνηση με κοπή
N50		X41	Z-38.23			Ευθεία κίνηση με κοπή
N60		X30	Z-48.23			Ευθεία κίνηση με κοπή
N70			Z-73.57			Ευθεία κίνηση με κοπή
N80	G02	X40	Z-82.23	I10	K0	Δεξιόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N90	G01		Z-92.23			Ευθεία κίνηση με κοπή
N100	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

#### 4.5.3 Προσομοίωση καίΕναρξη κατεργασίας

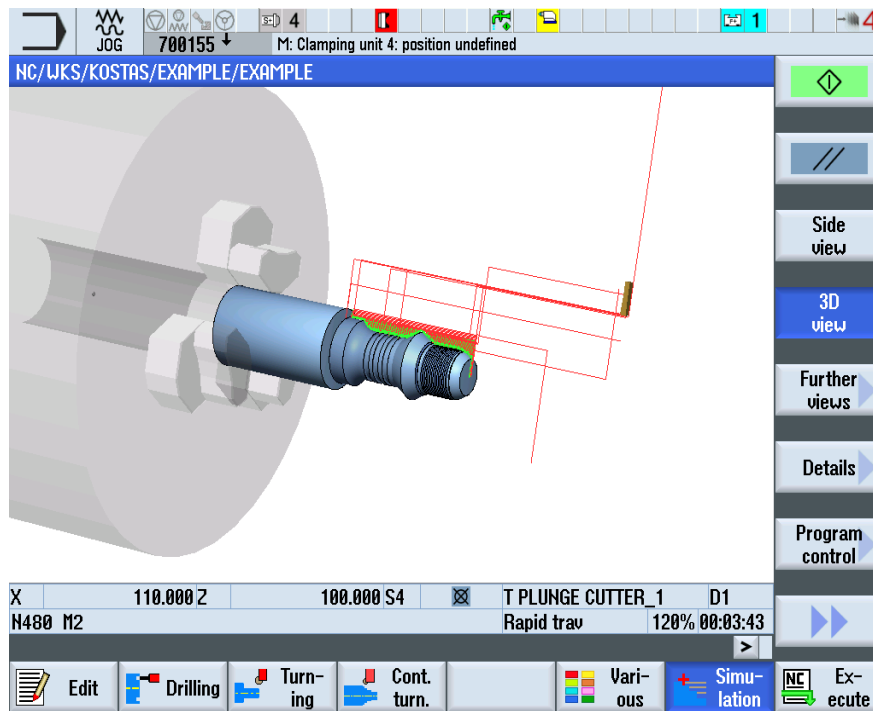
Κρίνεται απαραίτητη η τελική προσομοίωση του τεμαχίου, ώστε να βεβαιωθεί σε μεγάλο βαθμό ότι όλα θα κυλήσουν ομαλά κατά την κατεργασία του τεμαχίου και να επιβεβαιωθεί ότι έχει συνταχθεί ορθά ο κώδικας. Υπάρχουν διάφορες επιλογές στη λειτουργία της προσομοίωσης, οι οποίες είναι ιδιαίτερα χρήσιμες και βοηθούν στα μέγιστα ως ότου κρίνει ο χρήστης πως το τεμάχιο μπορεί να οδηγηθεί στην επεξεργασία του.

Αφού επιλεγεί η λειτουργία **simulation** στο κάτω και δεξιό μέρος της οθόνης ελέγχου εμφανίζονται οι διαθέσιμες επιλογές, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.13.



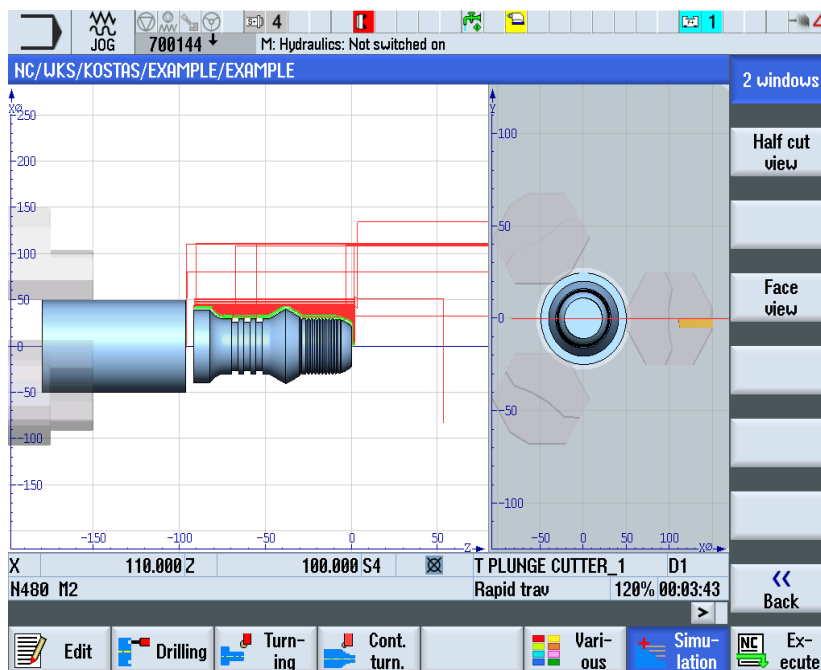
Σχήμα 4.13: Ολοκληρωμένη προσομοίωση κατεργασίας side view

Οι επιλογές αυτές είναι **side view** (σχήμα 4.13), **3D view** (σχήμα 4.14), **further views**, **details** και **program control**.

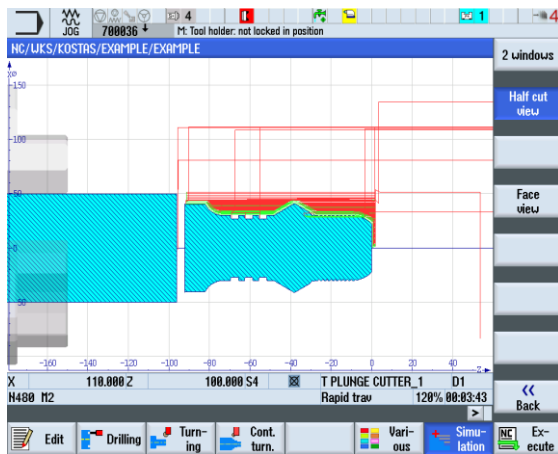


Σχήμα 4.14: Επιλογή προσομοίωσης 3D view

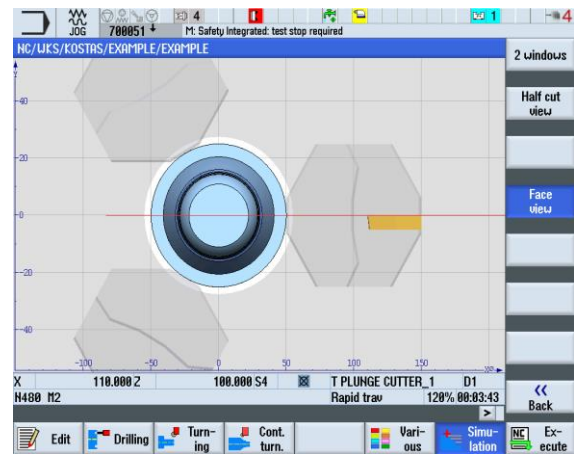
Στην επιλογή **further view** εμφανίζονται οι υποεπιλογές **2 windows** (σχήμα 4.15), όπου στην οθόνη φαίνεται η πλάγια όψη, αλλά και η κάτοψη του τεμαχίου, **half cut view** (σχήμα 4.16), όπου στην οθόνη φαίνεται η τομή στο μέσο του τεμαχίου και **face view** (σχήμα 4.17), όπου στην οθόνη φαίνεται η κάτοψη του τεμαχίου.



Σχήμα 4.15: Επιλογή προσομοίωσης 2 windows

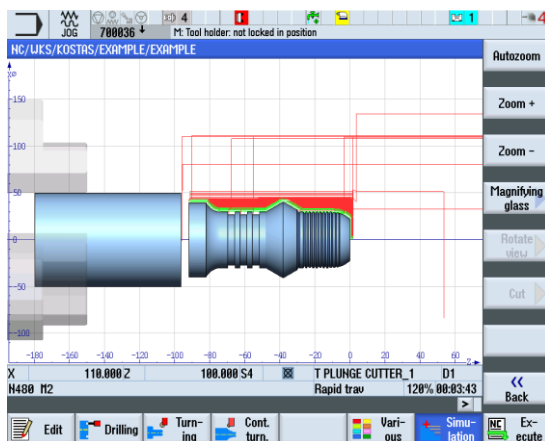


Σχήμα 4.16:Half Cut View

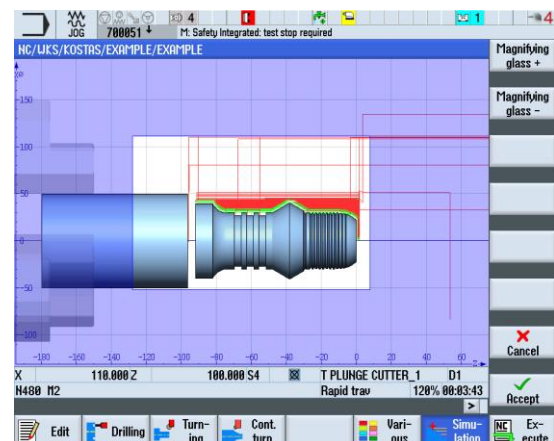


Σχήμα 4.17:Face view

Ακόμη επιλέγοντας **details** υπάρχουν οι δυνατότητες **zoom in** και **zoom out** (σχήμα 4.18) κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης όπως και **magnifying glass in** και **magnifying glass out**, όπου μπορεί ο χρήστης να δει ένα συγκεκριμένο κομμάτι της εικόνας του τεμαχίου (σχήμα 4.19).

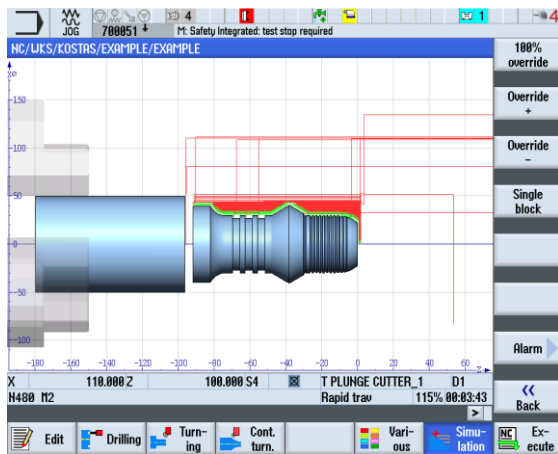


Σχήμα 4.18:Επιλογή Zoom

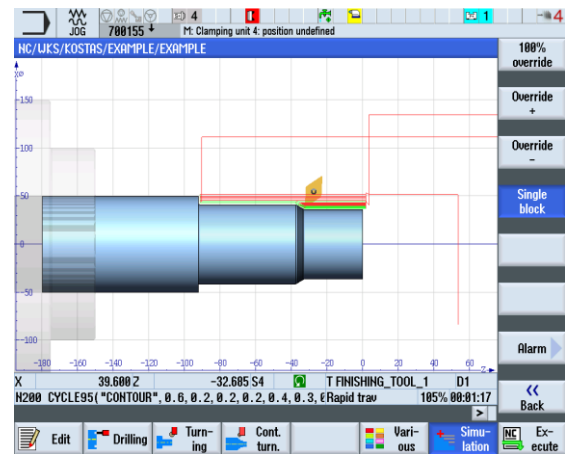


Σχήμα 4.19: Επιλογή Magnifying glass

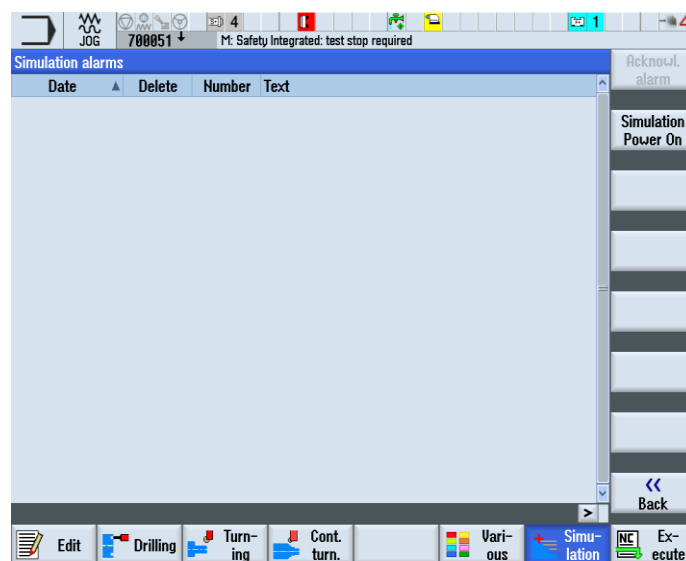
Άλλη μια δυνατότητα που παρέχεται είναι να επιταχύνεις, αλλά και να επιβραδύνεις την ταχύτητα με την οποία πραγματοποιείται η προσομοίωση μέσω της επιλογής **program control** και **override +** και **override -** (σχήμα 4.20). Ακόμη ο χρήστης μπορεί να τρέχει την προσομοίωση της κατεργασίας με την επιλογή **program control** και **single block** (σχήμα 4.21), όπου δίδεται η δυνατότητα εκτέλεσης γραμμής-γραμμής του προγράμματος. Τέλος με την επιλογή **program control** και **Alarm** (σχήμα 4.22), εμφανίζεται μια λίστα, όπου καταγράφονται τα προειδοποιητικά μηνύματα που τυχόν εμφανίστηκαν κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.




Σχήμα 4.20: Override

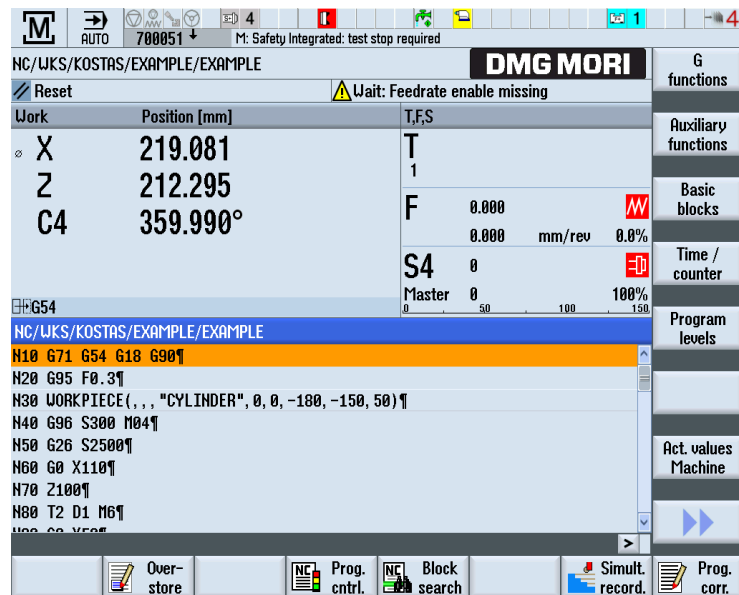


Σχήμα 4.21: Single Block



Σχήμα 4.22: Alarm

Αφού ο χρήστης εκτέλεση την τελική προσομοίωση μπορεί πλέον να περάσει στο τελευταίο βήμα που είναι η επιλογή **EXECUTE** στα δεξιά της οθόνης ελέγχου και να οδηγηθεί οθόνη που εμφανίζεται η διαδικασία κατεργασίας (σχήμα 4.23). Στη συνέχεια ο χειριστής πιέζει το πλήκτρο εκκίνησης  διατηρώντας τον περιστρεφόμενο διακόπτη της ταχύτητας πρόωσης κλειστό. Έπειτα ανοίγει το διακόπτη με την έναρξη της διαδικασία κατεργασίας. Ο έλεγχος της πρόωσης είναι εφικτός καθ όλη τη διάρκεια της κατεργασίας.

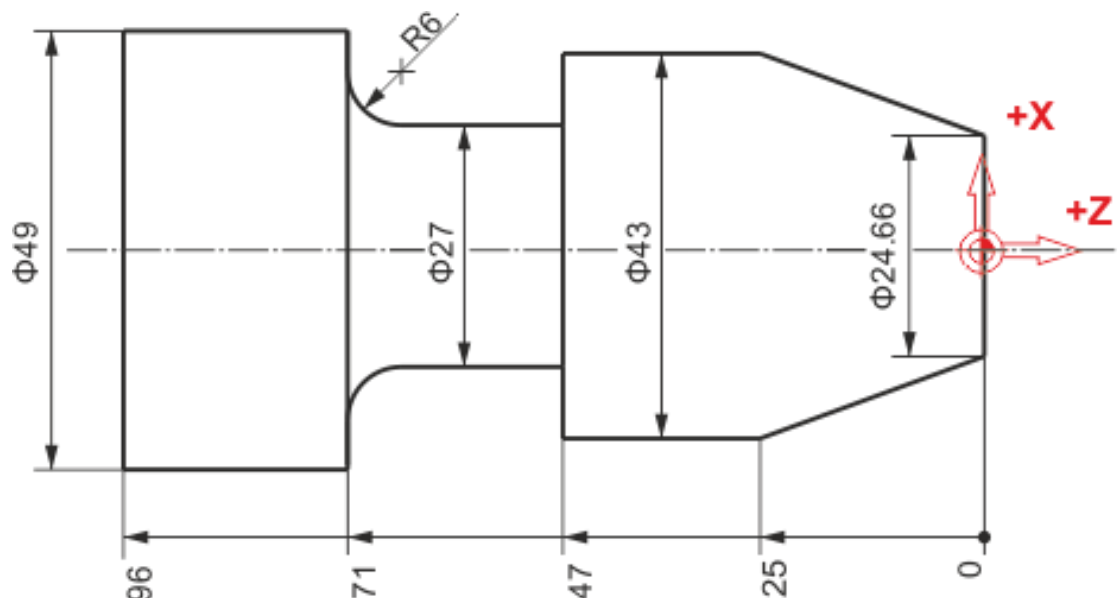


Σχήμα 4.23: Οθόνη κατεργασίας

## 5. ΔΟΚΙΜΙΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν ενδεικτικά τα τεμάχια διαφόρων σχημάτων και προδιαγραφών που προγραμματίστηκαν με G-code στο κέντρο τórνευσης CTX 310 ecoline.

### 1° Δοκίμιο



### Προγραμματισμός G-code

Το κυρίως πρόγραμμα με το όνομα "TEMAXIO1" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα			Περιγραφή
N10	G71	G54	G18	Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά Σύστημα μηδενισμού τεμαχίου Επιλογή XZ επιπέδου κατεργασίας
N20	G90	G95	F0.3	Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων Πρόωση ανά περιστροφή Ορισμός πρόωσης στα 0.3 mm/rev
N30	WORKPIECE(,, "CYLINDER", 0, 0, -180, -150, 50)			Συνάρτηση που καλείται για την εμφάνιση του δοκιμίου κατά την προσομοίωση της κατεργασίας
N40	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N50	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N60	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N70			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N80	T02	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (εκχόνδρισης)
N90	G0	X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N100			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N110	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N120	CYCLE951(50,0,49.5,-96.04			Κύκλος κατεργασίας.



	,49.5,-96.04,1,0.8,0.1,0.1,11,0,0,0,1,0.4,0,2,1110000)			Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N130	CYCLE951(49.5,0,43.482, -70.54,43.482,-70.54,1,0.8,0.1,0.1,11,0,0,0,1,0.4,0,2,1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N140	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N150	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N160			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N170	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N180	G00	X43		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N190			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N200	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N210	CYCLE95("PERIG1",0.6,0.2,0.2,0.2,0.4,0.3,0.2,9,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N220	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N230	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N240			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N250	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N260	G00		Z-52	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N270		X45		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N280	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N290	CYCLE930(42.982,-47,18,18,8,,0,0,0,0,0,0,0.2,0.6,1,10530,,1,0,0.1,2,0.1,0.1,2,1110110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N300	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N310	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N320			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N330	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N340	G00		Z-62	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N350		X49		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N360	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N370	CYCLE95("PERIG1_2",0.6,0.2,0.2,0.2,0.4,0.3,0.2,9,,0,0,0,0)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N380	M09			Τερματισμός παροχής

				ψυκτικού υγρού
N390	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N400			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N410	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αποκοπή)
N420	G97	S2000		Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N430	G00		Z-100.04	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N440		X52		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N450	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N460	CYCLE92(49,-96.04,7,-2,0,1,2000,1000,4,0.1,0.05,700,0.2,0,,2,0)			Κύκλος κατεργασίας. Αποκοπεί του κατεργασμένου τεμαχίου από το υπόλοιπο δοκίμιο
N470	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N480	G00	X100		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N490			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N500	M02			Τερματισμός προγράμματος

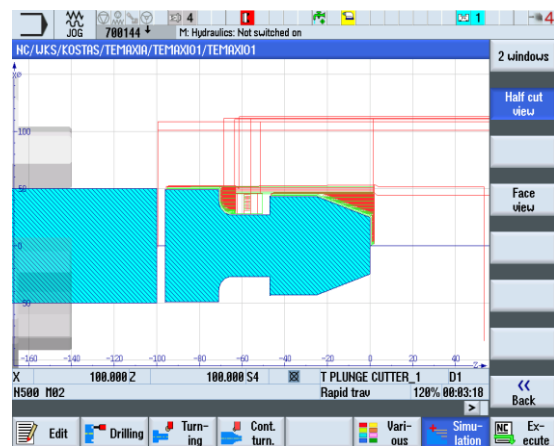
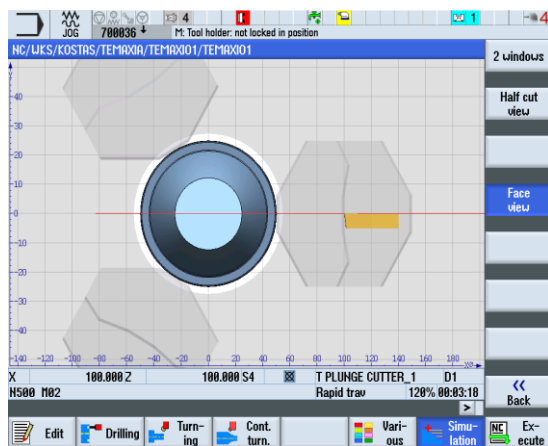
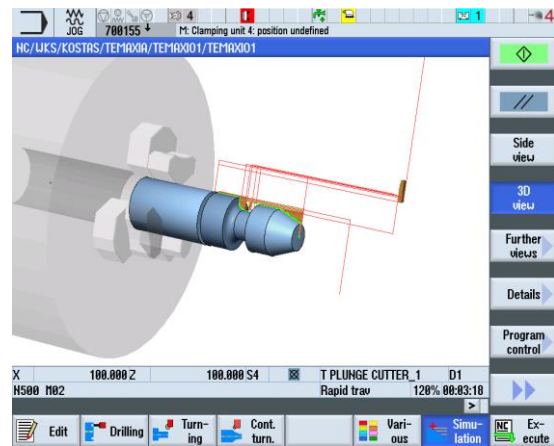
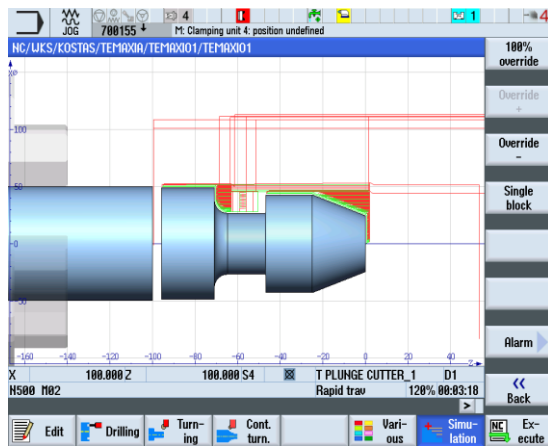
Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG1" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα				Περιγραφή
N10	G01	G90	X0	Z0	Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20			X24.64		Ευθεία κίνηση με κοπή
N30			X42.982	Z-25	Ευθεία κίνηση με κοπή
N40			Z-47		Ευθεία κίνηση με κοπή
N50	M17				Τερματισμός υποπρογράμματος

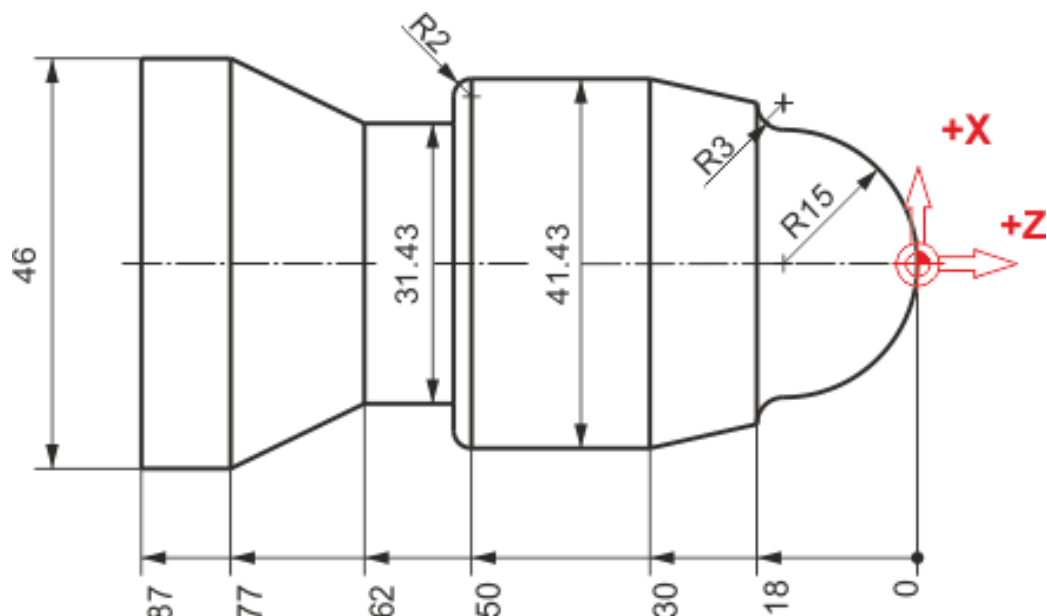
Το υποπρόγραμμα με το όνομα " PERIG1\_2" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα					Περιγραφή
N10	G01	X26.982	Z-65			Ευθεία κίνηση με κοπή
N20	G02	X38.982	Z-71	I6	K0	Δεξιόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N30	G01	X49				Ευθεία κίνηση με κοπή
N40			Z-96.04			Ευθεία κίνηση με κοπή
N50	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

## Προσομοίωση



## 2° Δοκίμιο



## Προγραμματισμός G-code

Το κυρίως πρόγραμμα με το όνομα "TEMAXIO2" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα			Περιγραφή
N10	G71	G54	G18	Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά Σύστημα μηδενισμού τεμαχίου Επιλογή XZ επιπέδου κατεργασίας
N20	G90	G95	F0.3	Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων Πρόωση ανά περιστροφή Ορισμός πρόωσης στα 0.3 mm/rev
N30	WORKPIECE(,,, "CYLINDER", 0,0,-180,-150,50)			Συνάρτηση που καλείται για την εμφάνιση του δοκιμίου κατά την προσομοίωση της κατεργασίας
N40	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N50	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N60	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N70			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N80	T02	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (εκχόνδρισης)
N90	G00		Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N100		X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N110	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N120	CYCLE951(50,0,41.93, - 62,41.93,-62,1,0.8,0,0 ,11,0,0,0,1,0.4,0,2 ,1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N130	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N140	G00	X100		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N150			Z-59	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N160		X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N170	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N180	CYCLE951(50,-62,46.5, - 87,46.5,-87,1,0.8,0,0 ,11 ,0,0,0,1,0.4,0,2 ,1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N190	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού

				υγρού
N200	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N210	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N220			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N230	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N240	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N250	CYCLE95("PERIG2",0.6, 0.2,0.2,0.2,0.4,0.3,0.2,209,,0 0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N260	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N270	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N280	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N290			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N300	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N310	G00		Z-58	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N320		X48		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N330	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N340	CYCLE930(41.43,-52,10 ,10,5,,0,0,0,2,0,0,0,,0.6,1,10 530,,1,,0.1,2,0.2,0.2,2,110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N350	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N360	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N370	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N380			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N390	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N400	G00		Z-59	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N410		X46.5		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N420	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N430	CYCLE95("PERIG2_1",0.6,0 .2,0.2,0.2,0.4,0.3,0.2,209,,0, 0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N440		S1500	M04	Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N450	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N460	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N470			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N480	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αποκοπή)
N490	G97	S2000		Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N500	G00		Z-91	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N510		X51		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N520	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N530	CYCLE92(50,-87,7,-2,0			Κύκλος κατεργασίας. Αποκοπεί του

	,1,2000,1000,4,0.1,0.05 ,700,0.2,0,,2,0)			κατεργασμένου τεμαχίου από το υπόλοιπο δοκίμιο
N540	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N550	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N560			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N570	M02			Τερματισμός προγράμματος

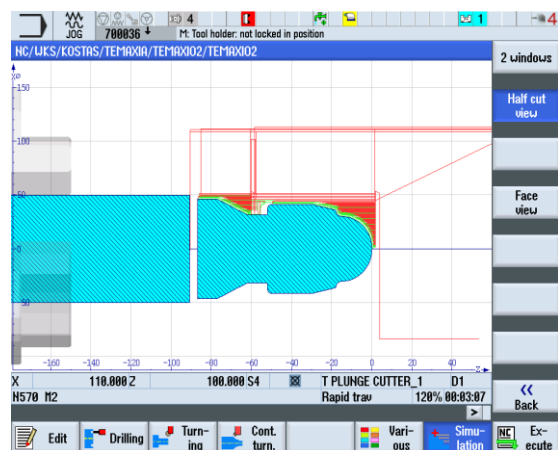
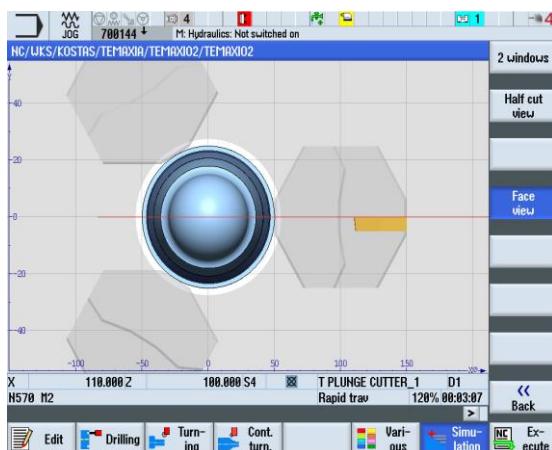
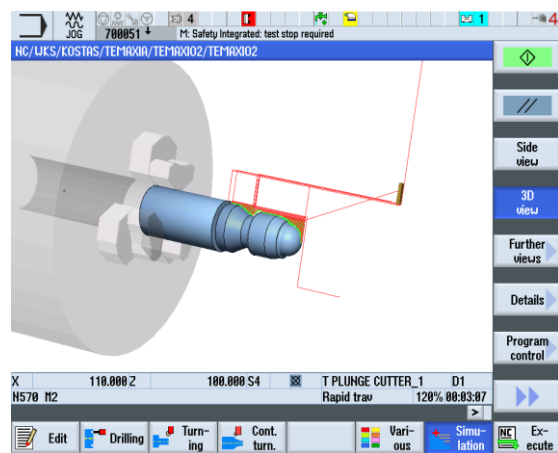
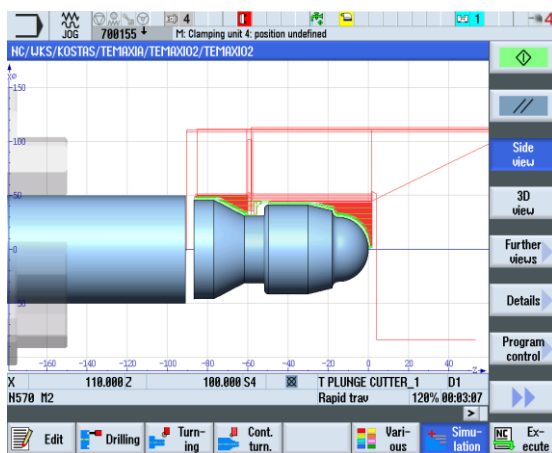
Το υποπρόγραμμα με το όνομα “PERIG2” είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα					Περιγραφή
N10	G01	G90	X0	Z0		Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20	G03	X30	Z-15	I0	K-15	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N30	G02	X36	Z-18	I3	K0	Δεξιόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N40	G01	X41.43	Z-30			Ευθεία κίνηση με κοπή
N50			Z-50			Ευθεία κίνηση με κοπή
N60	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

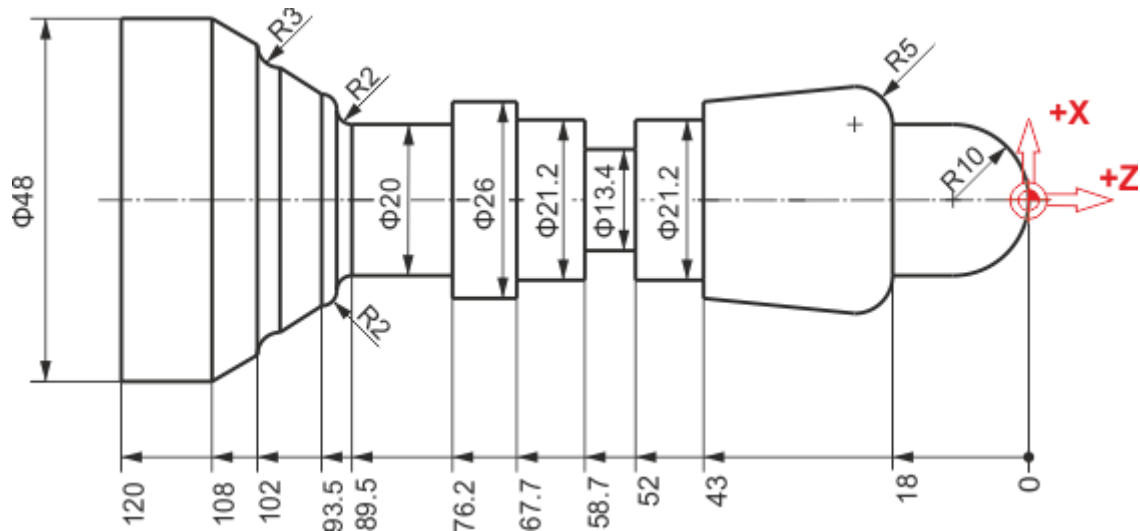
Το υποπρόγραμμα με το όνομα “PERIG2\_1” είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα				Περιγραφή
N10	G01	G90	X31.43	Z-62	Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20			X46	Z-77	Ευθεία κίνηση με κοπή
N30				Z-87	Ευθεία κίνηση με κοπή
N40	M17				Τερματισμός υποπρογράμματος

## Προσομοίωση



### 3<sup>ο</sup> Δοκίμιο



### Προγραμματισμός G-code

Το κυρίως πρόγραμμα με το όνομα "TEMAXIO3" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα			Περιγραφή
N10	G71	G54	G18	Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά Σύστημα μηδενισμού τεμαχίου Επιλογή ΧΖ επιπέδου κατεργασίας
N20	G90	G95	F0.3	Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων Πρόωση ανά περιστροφή Ορισμός πρόωσης στα 0.3 mm/rev
N30	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-180,-150,50)			Συνάρτηση που καλείται για την εμφάνιση του δοκιμίου κατά την προσομοίωση της κατεργασίας
N40	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N50	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N60	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N70			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N80	T02	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (εκχόνδρισης)
N90	G00		Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N100		X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N110	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N120	CYCLE951(50,0,30.5,-89.5,30.5,-89.5,1,0.8,0,0,11,0,0,0,1,0.4,0,2, 1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N130	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N140	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N150			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N160	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N170	G00		Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N180		X26		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N190	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N200	CYCLE95("PERIG3",0.6,0.2,0.2,0.2,0.4,0.3,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του



				κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N210	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N220	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N230			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N240	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για αυλάκωση)
N250	G97	S2000		Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N260	G00		Z-55	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N270		X40		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N280	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N290	CYCLE930(31,-43,24.7,24.7,4.9,,0,0,0,0,0,0,0.2,0.6,1,10530,,1,7,0.1,2,0.1,0.1,2, 1111110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N300	CYCLE930(22,-52,6.7,6.7,4.3,,0,0,0,0,0,0,0.2,0.6,1,10530,,1,7,0.1,2,0.1,0.1,2, 1111110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N310	G00	X100		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N320	CYCLE930(31,-67.7,8.5,8.5,2.5,,0,0,0,0,0,0,0.2,0.6,1,10530,,1,7,0.1,2,0.1,0.1,2, 1110110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N330	G00	X100		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N340	CYCLE930(33,-76.2,13.3,13.3,6.5,,8,0,0,0,0,0,0.2,0.6,1,10530,,1,7,0.1,2,0.1,0.1,2, 1110110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N350	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N360	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N370			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N380	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N390	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N400	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N410	G00		Z-87	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N420		X48		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N430	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N440	CYCLE95("PERIG3_1",0.6,0.2,0.2,0.2,0.4,0.3,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N450	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N460	G00	X110	Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N470	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αποκοπή)
N480	G97	S2000		Τερματισμός εντολής G96

				Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N490	G00		Z-123	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N500		X51		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N510	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N520	CYCLE92(48,-120,7,-2,0,1,2000,1000,4,0.1,0.05,700,0.2,0,,2,0)			Κύκλος κατεργασίας. Αποκοπεί του κατεργασμένου τεμαχίου από το υπόλοιπο δοκίμιο
N530	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N540	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N550			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N560	M02			Τερματισμός προγράμματος

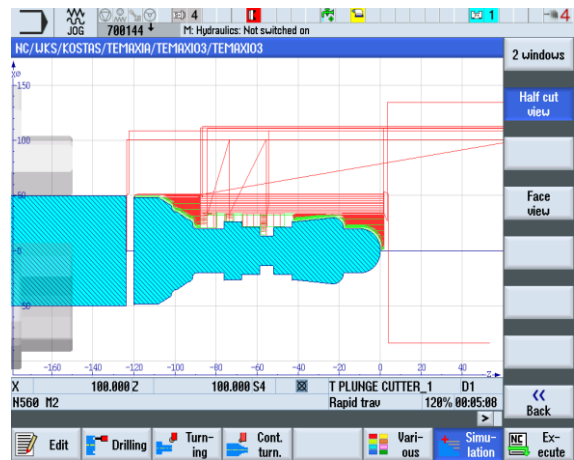
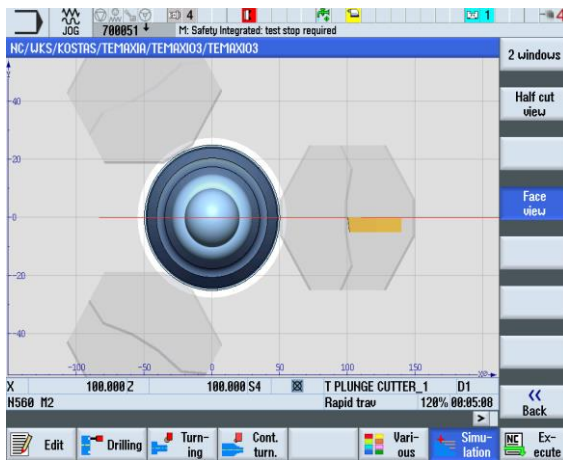
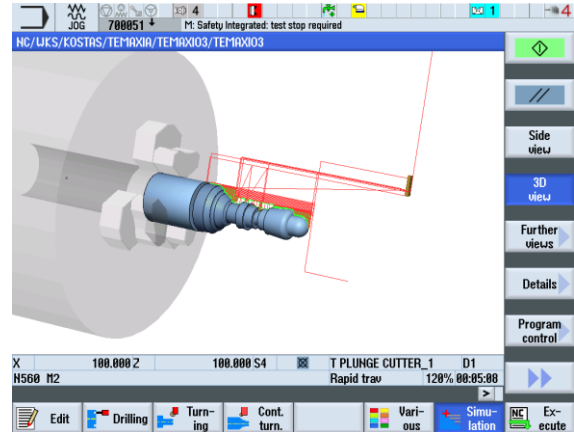
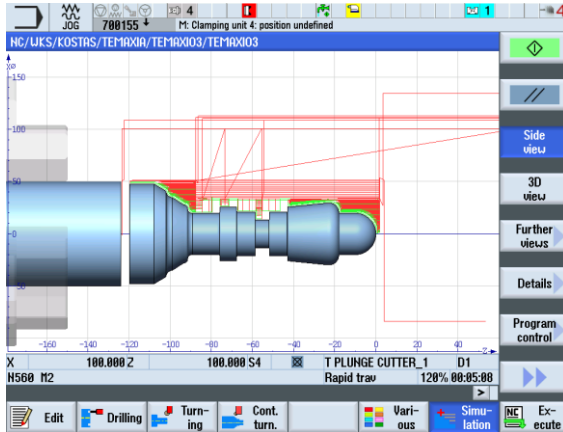
Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG3" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα					Περιγραφή
N10	G01	G90	X0	Z0		Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20	G03	X20	Z-10	I0	K-10	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N30	G01		Z-18			Ευθεία κίνηση με κοπή
N40	G03	X30	Z-23	I0	K-5	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N50	G01	X26	Z-43			Ευθεία κίνηση με κοπή
N60	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

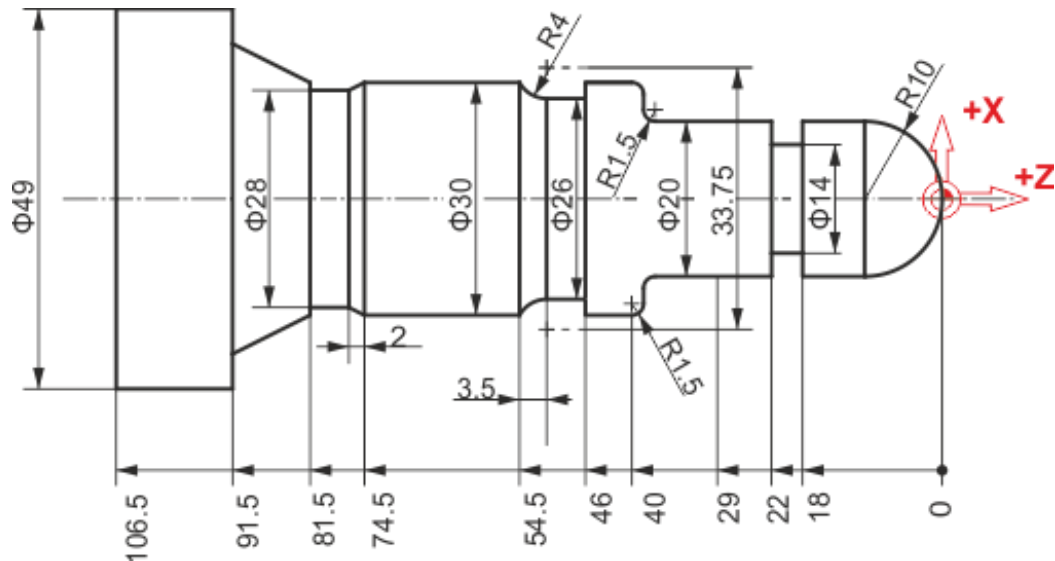
Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG3\_1" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα					Περιγραφή
N10	G01	G90				Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20			X20	Z-89.5		Ευθεία κίνηση με κοπή
N30	G02	X24	Z-91.5	I2	K0	Δεξιόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N40	G03	X28	Z-93.5	I0	K-2	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N50	G01	X35	Z-99			Ευθεία κίνηση με κοπή
N60	G02	X41	Z-102	I3	K0	Δεξιόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N70	G01	X48	Z-108			Ευθεία κίνηση με κοπή
N80			Z-120			Ευθεία κίνηση με κοπή
N90	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

## Προσομοίωση



#### 4° Δοκίμιο



#### Προγραμματισμός G-code

Το κυρίως πρόγραμμα με το όνομα "TEMAXIO" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα			Περιγραφή
N10	G71	G54	G18	Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά Σύστημα μηδενισμού τεμαχίου Επιλογή XZ επιπέδου κατεργασίας
N20	G90	G95	F0.3	Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων Πρόωση ανά περιστροφή Ορισμός πρόωσης στα 0.3 mm/rev
N30	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-180, -150,50)			Συνάρτηση που καλείται για την εμφάνιση του δοκιμίου κατά την προσομοίωση της κατεργασίας
N40	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N50	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N60	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N70			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N80	T02	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (εκχόνδρισης)
N90	G00		Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N100		X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N110	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N120	CYCLE951(50,0,30.5,-81.5,30.5,-81.5,1,0.8,0,0,11,0,0,0,1,0.4,0,2,1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N130	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N140	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N150			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N160	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N170	G00	X30		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N180			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N190	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N200	CYCLE95("PERIG44",0.6,0.2,0.2,0.2,0.4,0.3,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου,

				ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N210	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N220	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N230	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N240			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N250	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (για αυλάκωση)
N260	G00		Z-50	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N270		X31		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N280	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N290	CYCLE930(30,-46 ,5,5,2,,0,0,0,0,0,0,0. 2,0.6,1,10530,,1,7,0.1, 2,0.1,0.1,2, 1111110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N300	G00	X60		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N310			Z-22	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N320		X25		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N330	CYCLE930(20,-18 ,4,4,3,,0,0,0,0,0,0,0. 2,0.6,1,10530,,1,7,0.1, 2,0.1,0,2, 1111110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N340	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N350	G96	S300	M4	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N360	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N370	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N380			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N390	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (για φινίρισμα)
N400	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N410	CYCLE95("PERIG442 ,0.6,0.2,0.2,0.2, 0.4,0.3,0.2,209,,0,0,0, 2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N420	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N430	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N440	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N450			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N460	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (για αυλάκωση)
N470	G00		Z-110.5	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N480		X53		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N490	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N500	CYCLE92(49,-106.5 ,7,-2,0,1,2000,1000 ,4,0.1,0.05,700,0.2,0,, 2,0)			Κύκλος κατεργασίας. Αποκοπεί του κατεργασμένου τεμαχίου από το υπόλοιπο δοκίμιο
N510	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N520	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N530			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N540	M02			Τερματισμός προγράμματος

Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG44" είναι:

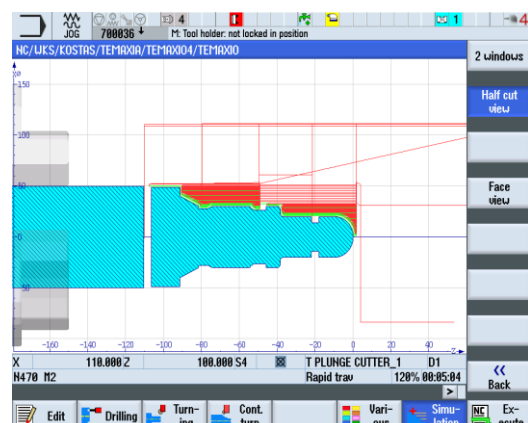
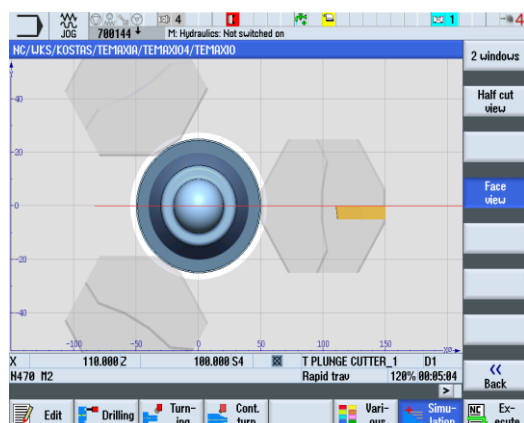
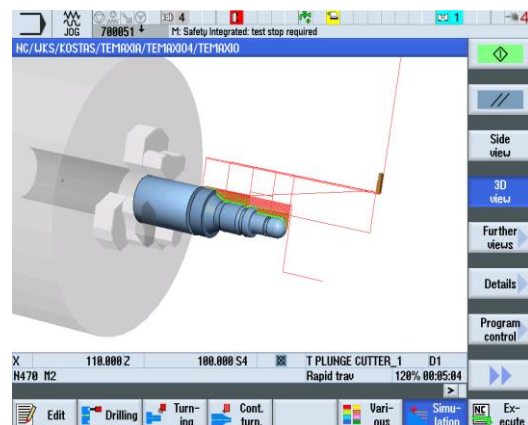
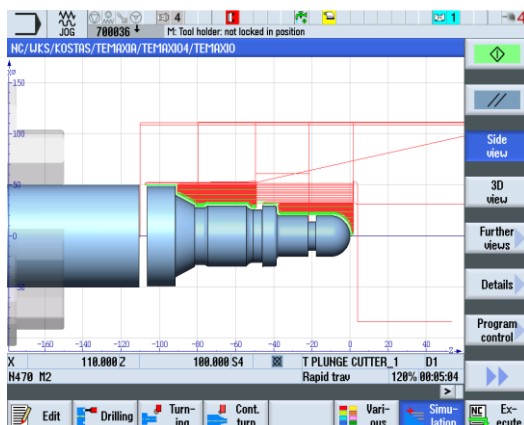
Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα					Περιγραφή
N10	G01	G90	X0	Z0		Ευθεία κίνηση με κοπή

						Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20	G03	X20	Z-10	I0	K-10	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N30	G01		Z-37			Ευθεία κίνηση με κοπή
N40	G02	X23	Z-38.5	I1.5	K0	Δεξιόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N50	G01	X27				Ευθεία κίνηση με κοπή
N60	G03	X30	Z-40	I0	K-1.5	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N70	G01		Z-46			Ευθεία κίνηση με κοπή
N80	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

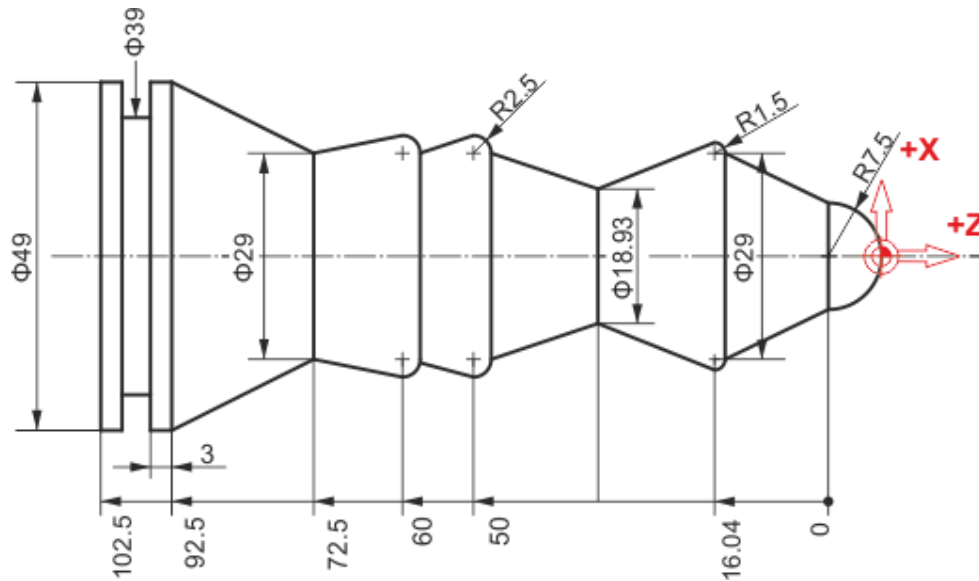
Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG442" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα					Περιγραφή
N10	G01	G90	X26	Z-51		Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20	G2	X30	Z-54.5	I4	K0	Δεξιόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N30	G1		Z-74.5			Ευθεία κίνηση με κοπή
N40		X28	Z-76.5			Ευθεία κίνηση με κοπή
N50			Z-81.5			Ευθεία κίνηση με κοπή
N60		X30				Ευθεία κίνηση με κοπή
N70		X40	Z-91.5			Ευθεία κίνηση με κοπή
N80		X49				Ευθεία κίνηση με κοπή
N90			Z-108			Ευθεία κίνηση με κοπή
N100	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

## Προσομοίωση



## 5° Δοκίμιο



## Προγραμματισμός G-code

Το κυρίως πρόγραμμα με το όνομα "TEMAXIO5" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα			Περιγραφή
N10	G71	G54	G18	Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά Σύστημα μηδενισμού τεμαχίου Επιλογή XZ επιπέδου κατεργασίας
N20	G90	G95	F0.3	Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων Πρόωση ανά περιστροφή Ορισμός πρόωσης στα 0.3 mm/rev
N30	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-180,-150,50)			Συνάρτηση που καλείται για την εμφάνιση του δοκιμίου κατά την προσομοίωση της κατεργασίας
N40	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N50	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N60	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N70			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N80	T02	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (εκχόνδρισης)
N90	G00		Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N100		X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N110	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N120	CYCLE951(50,0,34.5, -80,34.5,-80,1,0.8,0,0,11,0,0,0,1,0.4,0,2,1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N130	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N140	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N150			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N160	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N170	G00		Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N180		X49		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N190	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N200	CYCLE95("PERIG5",0.4,0.2,0.2,0.2,0.4,0.3,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον

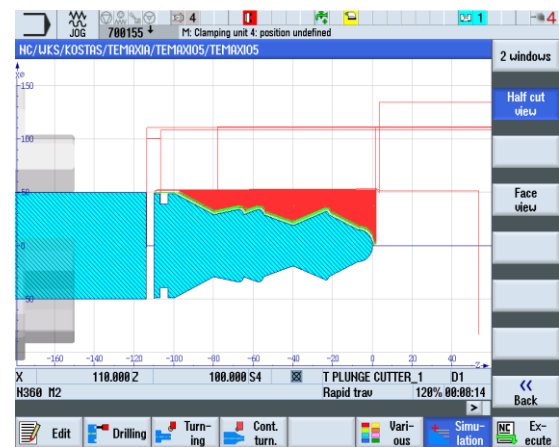
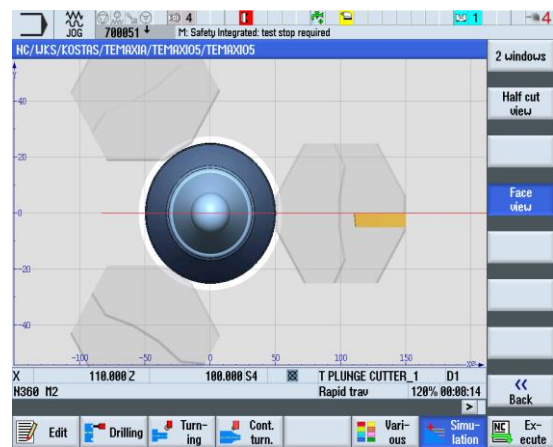
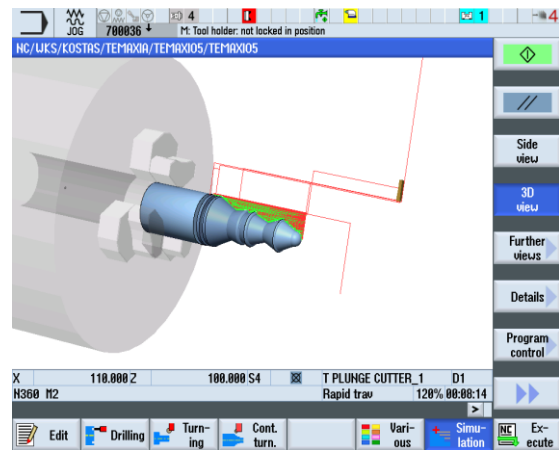
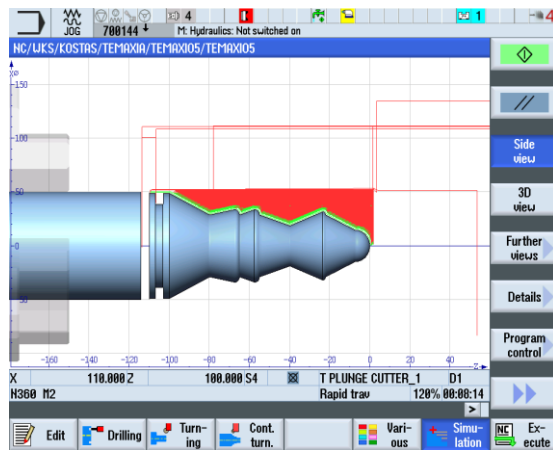


				κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N210	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N220	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N230			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N240	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N250	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N260	G00		Z-107	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N270		X53		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N280	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N290	CYCLE930(49,-103,4 ,4,5,,0,0,0,0,0,0,0,0,2,0. 6,1,10530,,1,7,0.1,2,0.1, 0,2,1110110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N300	G00	X100		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N310			Z-114	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N320		X53		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N330	CYCLE92(49,-110,7, - 2,0,1,2000,1000,4 ,0.1,0.05,700,0.2,0,,2 ,0)			Κύκλος κατεργασίας. Αποκοπεί του κατεργασμένου τεμαχίου από το υπόλοιπο δοκίμιο
N340	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N350	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N360			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N370	M02			Τερματισμός προγράμματος

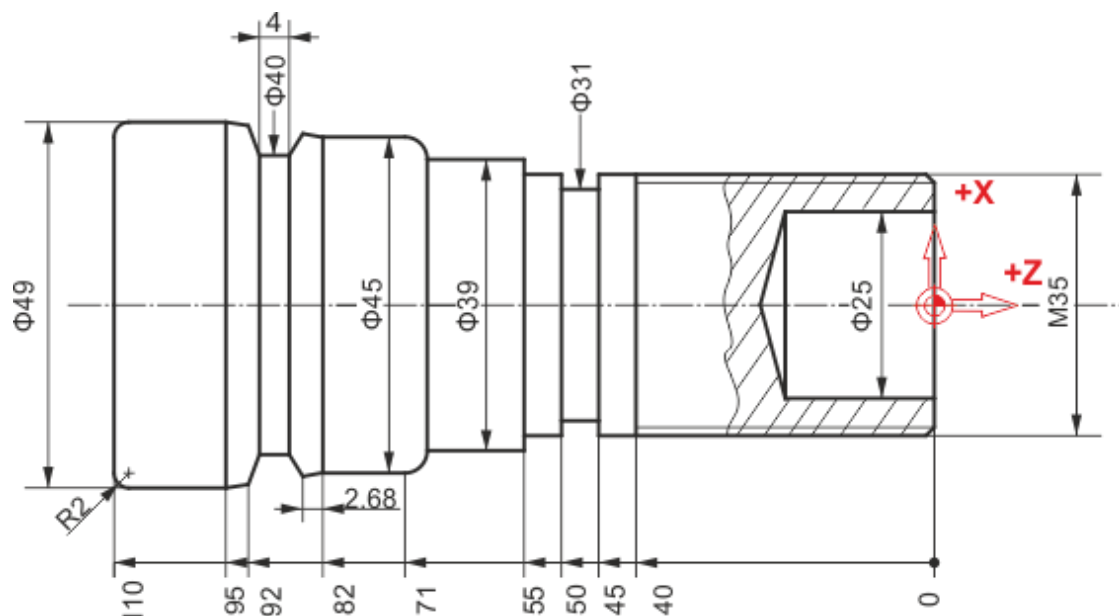
Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG5" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα					Περιγραφή
N10	G01	G90	X0	Z0		Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20	G03	X15	Z-7.5	I0	K-7.5	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N30	G01	X29	Z-22.042			Ευθεία κίνηση με κοπή
N40	G03	X32	Z-23.542	I0	K-1.5	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N50	G01	X18.93	Z-39.955			Ευθεία κίνηση με κοπή
N60		X29	Z-55			Ευθεία κίνηση με κοπή
N70	G03	X34	Z-57.5	I0	K-2.5	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N80	G01	X29	Z-65			Ευθεία κίνηση με κοπή
N90	G03	X34	Z-67.5	I0	K-2.5	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N100	G01	X29	Z-80			Ευθεία κίνηση με κοπή
N110		X49	Z-100			Ευθεία κίνηση με κοπή
N120			Z-110			Ευθεία κίνηση με κοπή
N130	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

## Προσομίωση



## 6° Δοκίμιο



## Προγραμματισμός G-code

Το κυρίως πρόγραμμα με το όνομα "TEMAXIO6" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα			Περιγραφή
N10	G71	G54	G18	Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά Σύστημα μηδενισμού τεμαχίου Επιλογή XZ επιπέδου κατεργασίας
N20	G90	G95	F0.3	Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων Πρόωση ανά περιστροφή Ορισμός πρόωσης στα 0.3 mm/rev
N30	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-180,-150,50)			Συνάρτηση που καλείται για την εμφάνιση του δοκιμίου κατά την προσομοίωση της κατεργασίας
N40	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N50	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N60	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N70			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N80	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N90	G00	X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N100			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N110	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N120	CYCLE95("PERIG6",0.5,0.1,0.1,0.1,0.4,0.3,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N130	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N140	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N150	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N160			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N170	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N180	G00		Z-92	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή

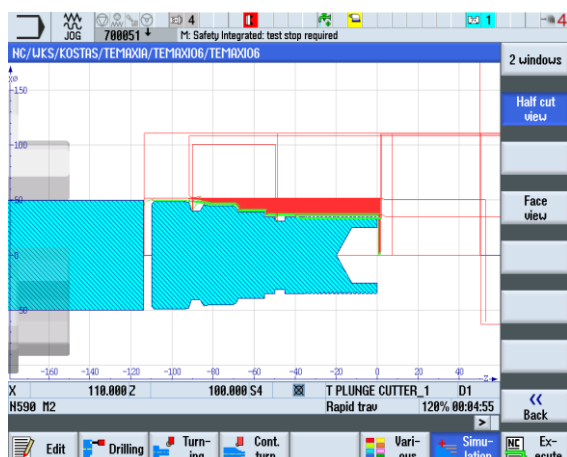
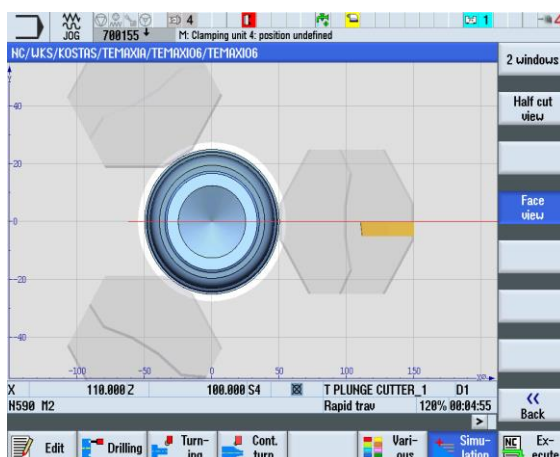
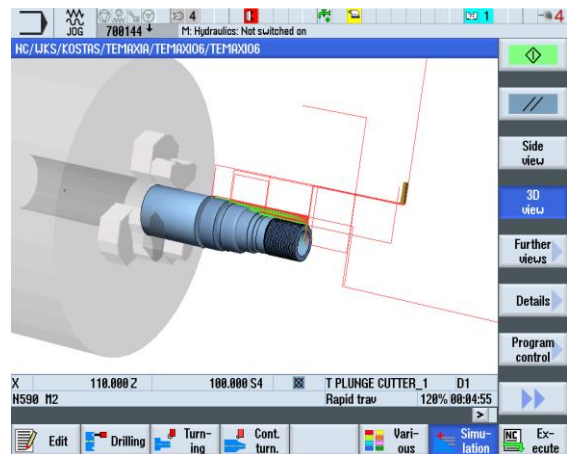
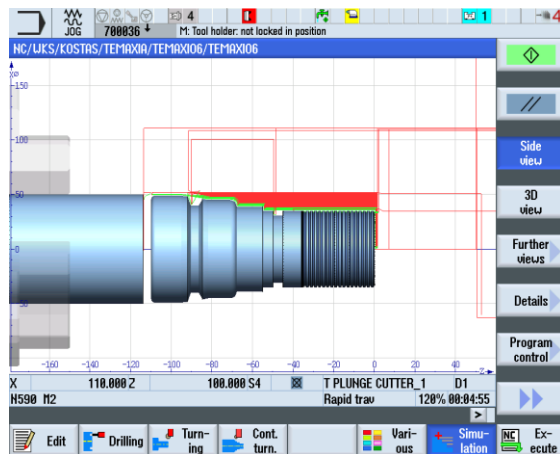
N190		X53		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N200	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N210	CYCLE930(48.068,-92,4,8.94033,4,9.65,20.56,31.93,0,0,0,0,0,2,0.2,1,10130,,1,7,0.1,2,0.1,0.1,2,1111110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N220	G00	X100		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N230			Z-50	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N240		X39		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N250	CYCLE930(35,-45,5,5,2,,0,0,0,0,0,0,0,0.2,0.5,1,10530,,1,7,0.1,2,0.1,0.1,2,1110110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N260	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N270	G97	S1500	M03	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N280	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N290			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N300	T05	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T5 (για σπείρωμα)
N310	G00	X35		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N320			Z4	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N330	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N340	CYCLE99(0,35,-40,2,2,0.9,0.1,30,0,3,0,2,1110101,4,1,0.3,0.5,0,0,1,0,0.519615,1,,,2,1)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία οριζόντιου σπειρώματος στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N350	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N360	G97	S1000	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N370	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N380			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N390	T07	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T7 (για διάτρηση)
N400	G00		Z50	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N410		X0		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N420			Z4	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N430	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N440	CYCLE81(7,0,2,, -20,10,0,1,11)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία οπής στο κέντρο της διατομής του τεμαχίου.
N450	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N460	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N470	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N480			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N490	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αποκοπή)
N500	G00		Z50	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N510		X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N520			Z-114	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N530		X53		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N540	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N550	CYCLE92(49,-110,7, -2,2,1,2000,1000,4,0.1,0.05,700,0.2,0,,2,0)			Κύκλος κατεργασίας. Αποκοπεί του κατεργασμένου τεμαχίου από το υπόλοιπο δοκίμιο

N560	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N570	G00		X110	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N580			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N590	M2			Τερματισμός προγράμματος

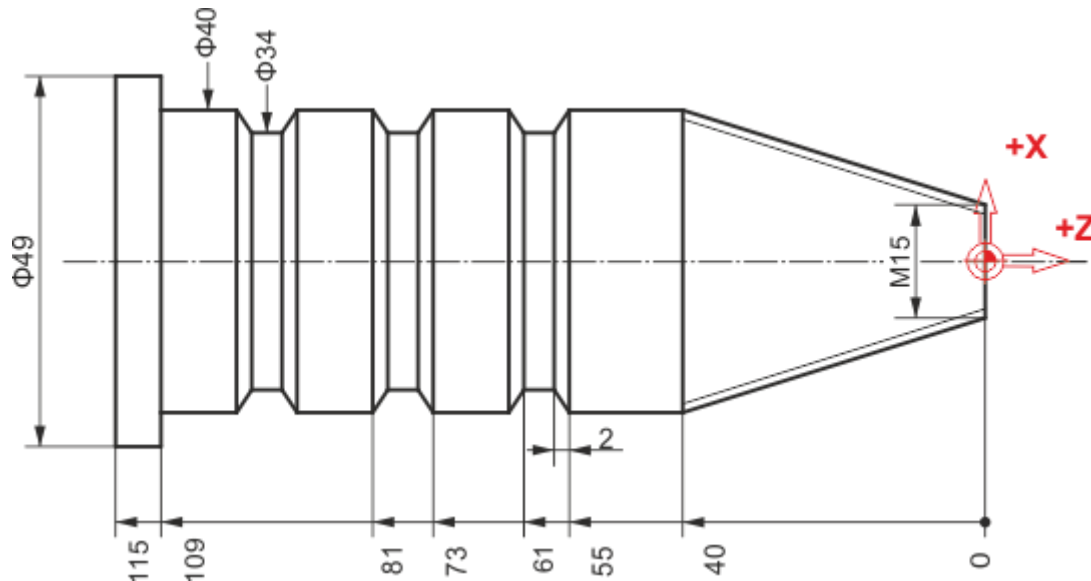
Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG6" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα					Περιγραφή
N10	G01	G90	X0	Z0		Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20		X35	X35			Ευθεία κίνηση με κοπή
N30			Z-55			Ευθεία κίνηση με κοπή
N40		X39				Ευθεία κίνηση με κοπή
N50			Z-68			Ευθεία κίνηση με κοπή
N60	G03	X45	Z-71	I0	K-3	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N70	G01		Z-82			Ευθεία κίνηση με κοπή
N80		X46	Z-84.68			Ευθεία κίνηση με κοπή
N90		X48.068	Z-92			Ευθεία κίνηση με κοπή
N100		X49	Z-95			Ευθεία κίνηση με κοπή
N110			Z-110			Ευθεία κίνηση με κοπή
N120	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

## Προσομοίωση



## 7<sup>ο</sup> Δοκίμιο



## Προγραμματισμός G-code

Το κυρίως πρόγραμμα με το όνομα "TEMAXIO7" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα			Περιγραφή
N10	G71	G54	G18	Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά Σύστημα μηδενισμού τεμαχίου Επιλογή XZ επιπέδου κατεργασίας
N20	G90	G95	F0.3	Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων Πρόωση ανά περιστροφή Ορισμός πρόωσης στα 0.3 mm/rev
N30	WORKPIECE(,,,"CYLINDER",0,0,-180,-150,50)			Συνάρτηση που καλείται για την εμφάνιση του δοκιμίου κατά την προσομοίωση της κατεργασίας
N40	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N50	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N60	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N70			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N80	T02	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N90	G00	X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N100			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N110	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N120	CYCLE951(50,0,40.5,-108.5,40.5,-108.5,1,0.8,0,0,11,0,0,0,1,0.4,0,2,1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N130	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N140	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N150			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N160	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N170	G0	X49		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N180			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N190	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N200	CYCLE95("PERIG7",0.6,0.2,0.2,0.2,0.4,0.3,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον

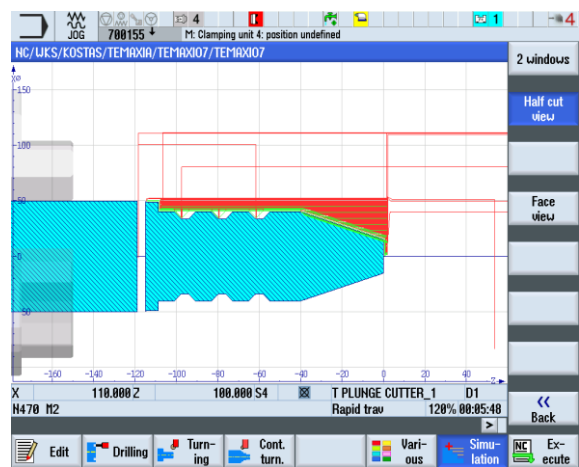
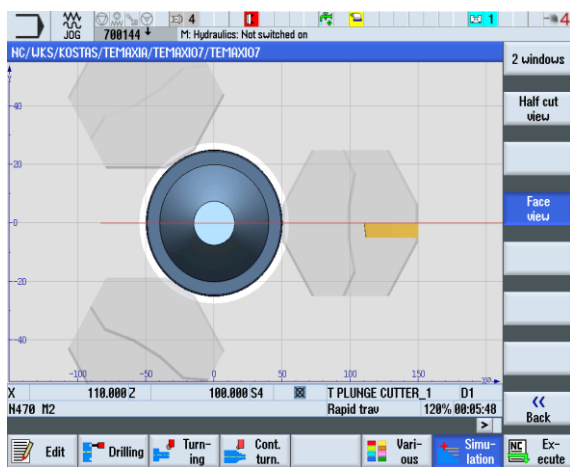
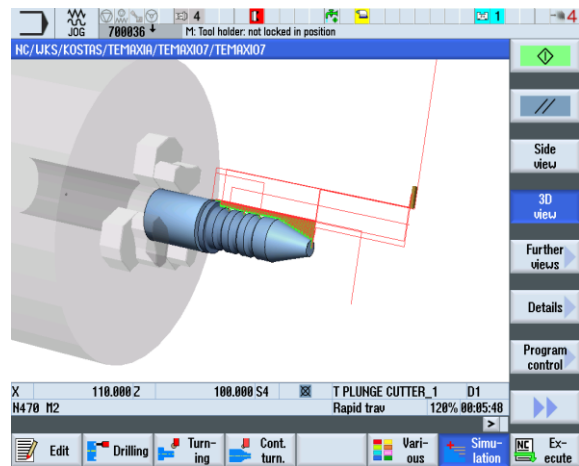
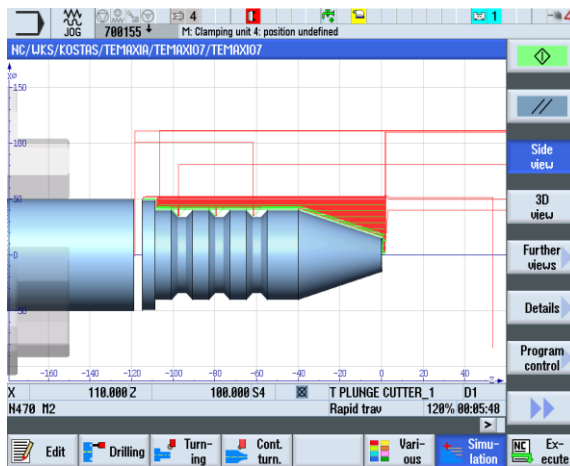
				κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N210	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N220	G97	S1500	M03	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N230	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N240			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N250	T05	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T5 (για σπείρωμα)
N260	G00	X40		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N270			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N280	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N290	CYCLE99(0,15,-40,40,2,2,0.9,0.1,30,0,3,0,2,1310101,4,1,0.3,0.5,0,0,1,0,0.519615,1,,,22,0)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία κωνικού σπειρώματος στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N300	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N310	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N320	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N330			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N340	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N350	G00		Z-98	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N360		X45		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N370	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N380	CYCLE930(40,-91,4,10,3,,0,45,45,0,0,0,0,0,2,0,4,1,10530,,3,18,0.1,2,0,1,0.1,2,1110110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N390	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N400	G00	X100		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N410			Z-119	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N420	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N430	CYCLE92(49,-115,7,-2,0,1,2000,1000,4,0.1,0.05,700,0.2,0,,2,0)			Κύκλος κατεργασίας. Αποκοπεί του κατεργασμένου τεμαχίου από το υπόλοιπο δοκίμιο
N440	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N450	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N460			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N470	M02			Τερματισμός προγράμματος

Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG7" είναι:

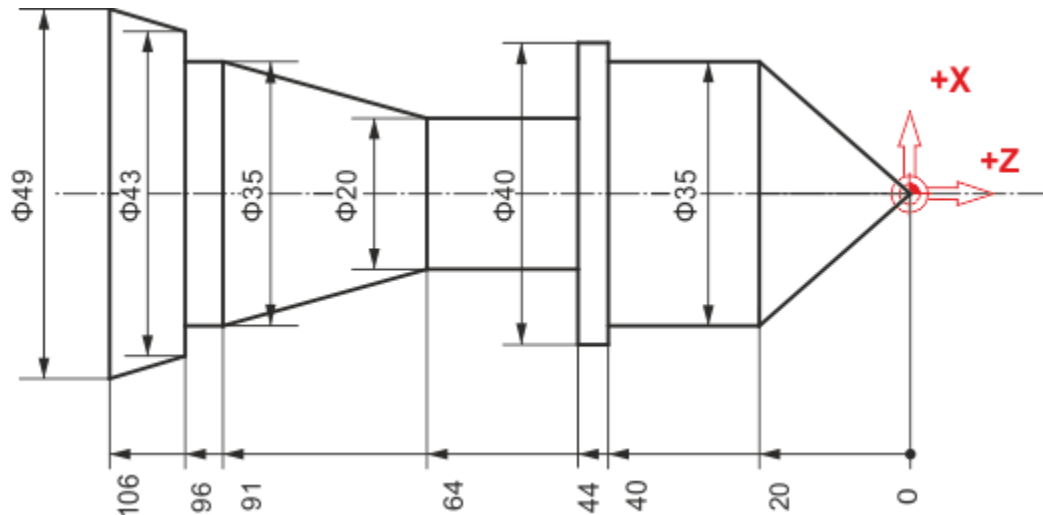
Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα				Περιγραφή
N10	G01	G90	X0	Z0	Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20			X15		Ευθεία κίνηση με κοπή
N30			X40	Z-40	Ευθεία κίνηση με κοπή
N40				Z-109	Ευθεία κίνηση με κοπή
N50			X49		Ευθεία κίνηση με κοπή
N60				Z-115	Ευθεία κίνηση με κοπή
N70	M17				Τερματισμός υποπρογράμματος



## Προσομοίωση



## 8° Δοκίμιο



## Προγραμματισμός G-code

Το κυρίως πρόγραμμα με το όνομα "TEMAXIO8" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα			Περιγραφή
N10	G71	G54	G18	Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά Σύστημα μηδενισμού τεμαχίου Επιλογή XZ επιπέδου κατεργασίας
N20	G90	G95	F0.3	Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων Πρόωση ανά περιστροφή Ορισμός πρόωσης στα 0.3 mm/rev
N30	WORKPIECE(...,"CYLINDER",0,0,-180,-150,50)			Συνάρτηση που καλείται για την εμφάνιση του δοκιμίου κατά την προσομοίωση της κατεργασίας
N40	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N50	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N60	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N70			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N80	T02	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (εκχόνδρισης)
N90	G00	X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N100			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N110	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N120	CYCLE951(50,0,40.5, - 64,40.5,-64,1,0.8,0,0,11,0,0,0,1,0.4,0,2,1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N130	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N140	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N150			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N160	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινιρίσμα)
N170	G00	X44		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N180			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N190	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N200	CYCLE95("PERIG8",0.6,0.2,0.2,0.2,0.4,0.3,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινιρίσμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το

				τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N210	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N220	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N230	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N240			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N250	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N260	G00		Z-48	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N270		X44		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N280	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N290	CYCLE930(40,-44,20 ,20,10,,0,0,0,0,0,0,0.2,0. 6,1,10530,,1,19,0.1,2,0.1,0 .1,2,1110110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N300	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N310	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N320	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N330	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N340			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N350	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N360	G00		Z-60	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N370		X49		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N380	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N390	CYCLE95("PERIG8_1",0.6 ,0.2,0.2,0.2,0.4,3,0.2,209,, 0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N400	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N410	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N420	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N430			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N440	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αποκοπή)
N450	G00		Z-110	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N460		X53		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N470	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N480	CYCLE92(49,-106,7,-2 ,0,1,2000,1000,4,0.1, 0.05,700,0.2,0,,2,0)			Κύκλος κατεργασίας. Αποκοπεί του κατεργασμένου τεμαχίου από το υπόλοιπο δοκίμιο
N490	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N500	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N510			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N520	M02			Τερματισμός προγράμματος

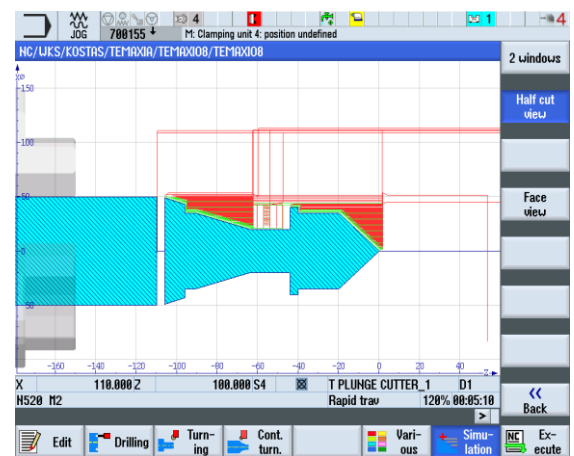
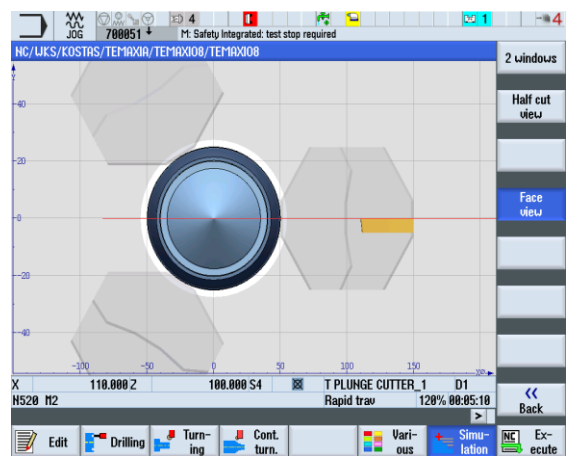
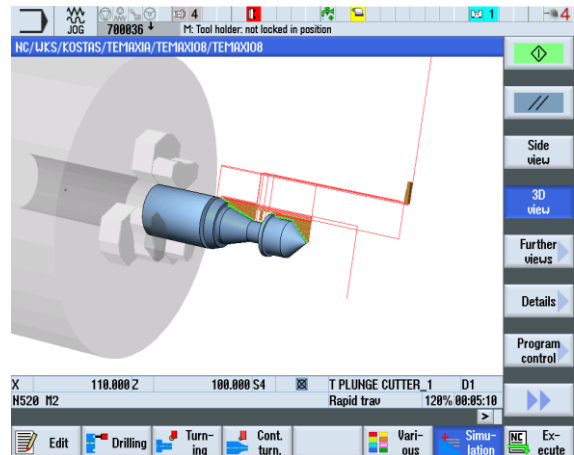
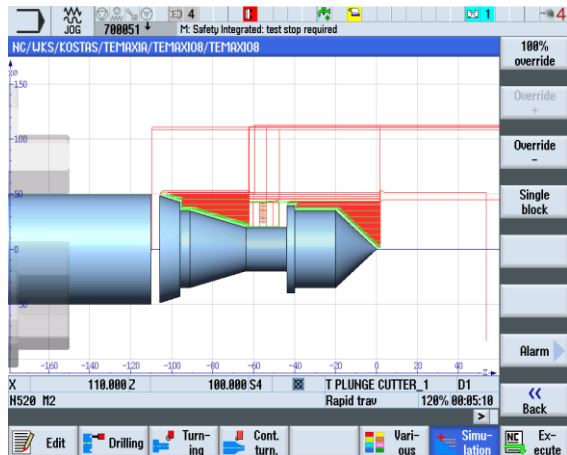
Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG8" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα				Περιγραφή
N10	G01	G90	X0	Z0	Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20			X35	Z-20	Ευθεία κίνηση με κοπή
N30				Z-40	Ευθεία κίνηση με κοπή
N40			X40		Ευθεία κίνηση με κοπή
N50				Z-44	Ευθεία κίνηση με κοπή
N60	M17				Τερματισμός υποπρογράμματος

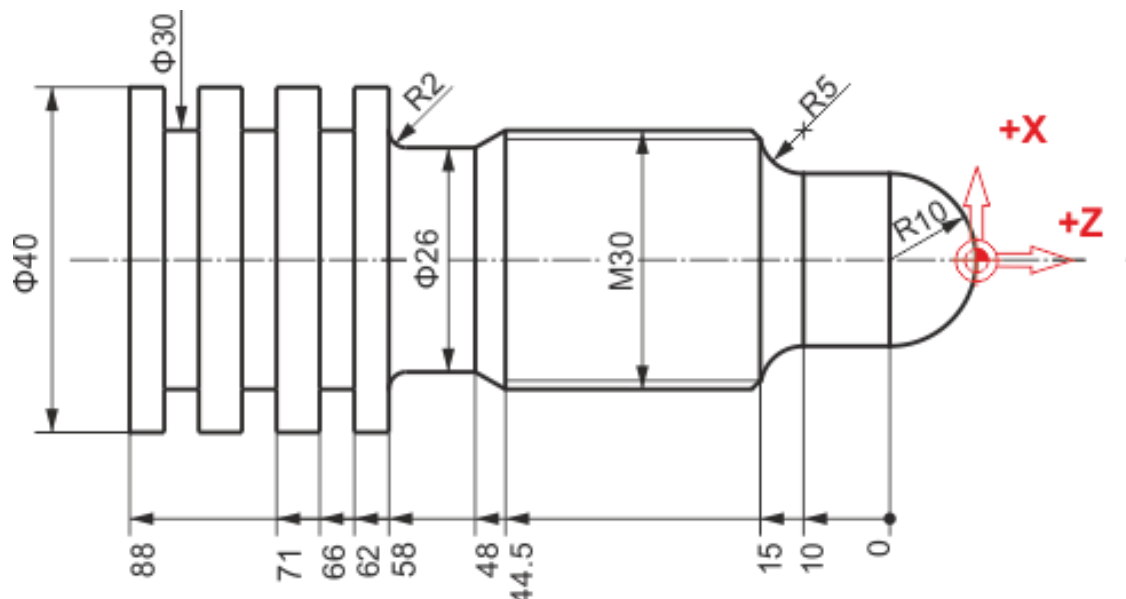
Το υποπρόγραμμα με το όνομα “PERIG8\_1” είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα				Περιγραφή
N10	G01	G90	X20	Z-64	Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20			X35	Z-91	Ευθεία κίνηση με κοπή
N30				Z-96	Ευθεία κίνηση με κοπή
N40			X43		Ευθεία κίνηση με κοπή
N50			X49	Z-106	Ευθεία κίνηση με κοπή
N60	M17				Τερματισμός υποπρογράμματος

## Προσομοίωση



## 9° Δοκίμιο



## Προγραμματισμός G-code

Το κυρίως πρόγραμμα με το όνομα "TEMAXIO9" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα			Περιγραφή
N10	G71	G54	G18	Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά Σύστημα μηδενισμού τεμαχίου Επιλογή XZ επιπέδου κατεργασίας
N20	G90	G95	F0.3	Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων Πρόωση ανά περιστροφή Ορισμός πρόωσης στα 0.3 mm/rev
N30	WORKPIECE(,,,"CYLINDE R",0,0,-180,-150 ,50)			Συνάρτηση που καλείται για την εμφάνιση του δοκιμίου κατά την προσομοίωση της κατεργασίας
N40	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N50	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N60	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N70			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N80	T02	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (εκχόνδρισης)
N90	G00	X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N100			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N110	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N120	CYCLE951(50,0,40.5,-98 ,40.5,-98,1,0.8,0,0,11,0 ,0,0,1,0.4,0,2,1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N130	G00	X100		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N140			Z4	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N150		X30		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N160	CYCLE951(40.5,0,30.5, - 67.5,30.5,-67.5,1,0.8,0 ,0,11,0,0,0,1,0.4,0,2, 1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N170	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N180	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N190			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N200	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για

				φινίρισμα)
N210	G00	X30		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N220			Z4	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N230	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N240	CYCLE95("PERIG9",0.6,0.2,0.2,0.2,0.4,0.3,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N250	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N260	G97	S1500	M03	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N270	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N280			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N290	T05	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T5 (για σπείρωμα)
N300	G00	X30		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N310			Z-15	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N320	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N330	CYCLE99(-25,30,-54.5,2,2,0.9,0.1,30,0,4,0,2,1310101,4,1,0.2,0.5,0,0,1,0,0.519615,1,,,,2,0)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία οριζόντιου σπειρώματος στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N340	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N350	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N360	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N370	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N380			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N390	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N400	G00		Z-55	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N410		X34		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N420	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N430	CYCLE940(30,-68,"T",1,1,0.2,13,26,-54.5,2,1,30,5,0.5,0.1,0.1,0.1,,,,2,1100)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αίμου στην επιφάνεια του τεμαχίου
N440	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N450	G00	X100		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N460			Z-64	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N470		X41		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N480	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N490	CYCLE951(40.5,-68,40,-98,40,-98,1,0.4,0,0,21,0,0,0,1,0.2,0,2,1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με φινίρισμα μέχρι το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N500	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N510	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N520	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N530			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N540	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N550	G00		Z-94	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή

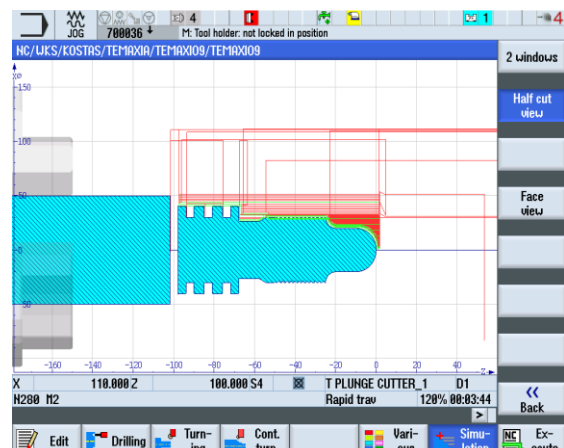
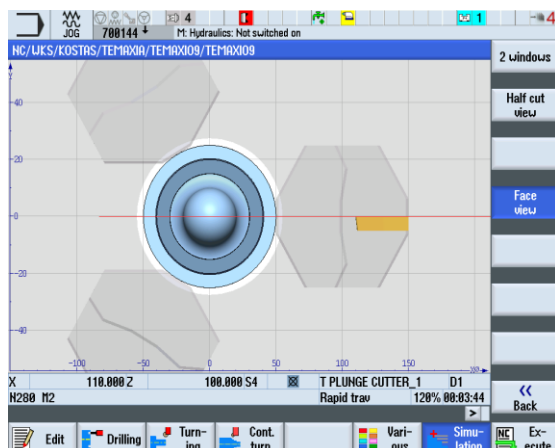
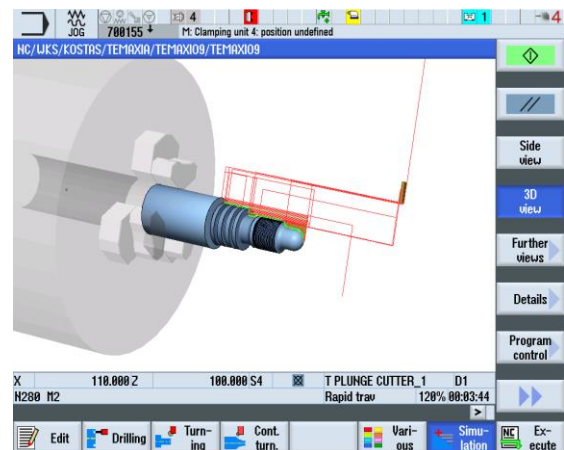
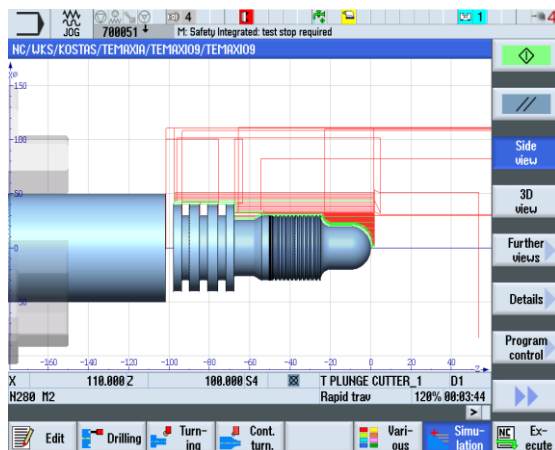


N560		X44		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N570	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N580	CYCLE930(40,-90,4,4,5 ,,0,0,0,0,0,0,0,0,2,0.6,1,105 30,,3,9,0.1,2,0.1,0,2, 1110110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N590	G00	X100		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N600			Z-102	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N610		X54		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N620	CYCLE92(50,-98,7,-2,0 ,1,2000,1000,4,0.1,0.05,70 0,0.2,0,,2,0)			Κύκλος κατεργασίας. Αποκοπεί του κατεργασμένου τεμαχίου από το υπόλοιπο δοκίμιο
N630	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N640	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N650			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N660	M02			Τερματισμός προγράμματος

Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG9" είναι:

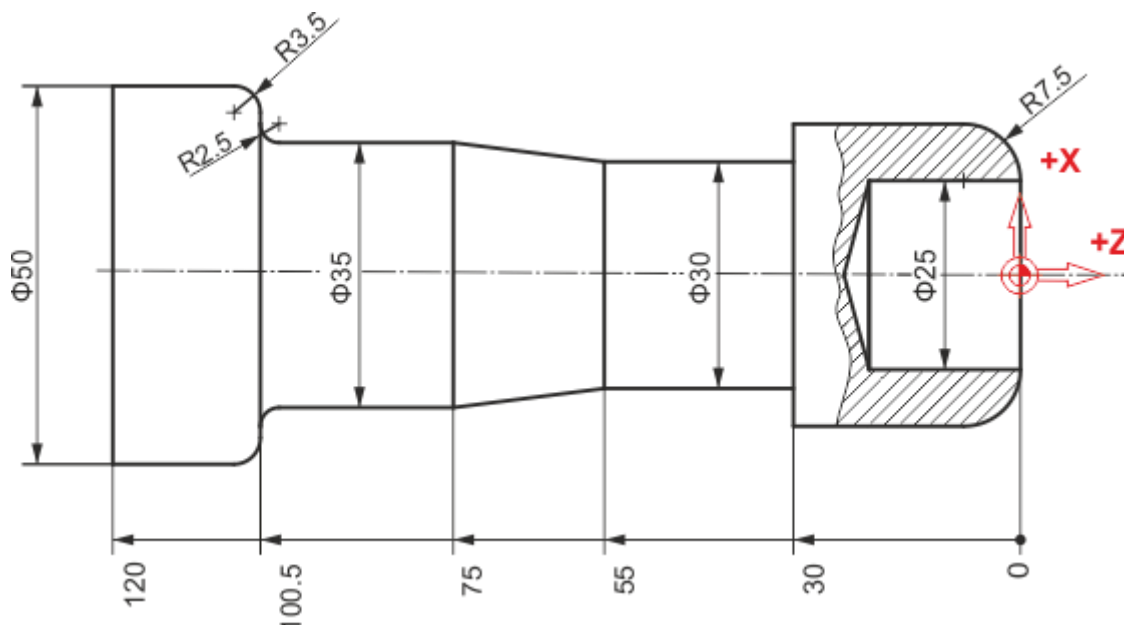
Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα					Περιγραφή
N10	G01	G90	X0	Z0		Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20	G03	X20	Z-10	I0	K-10	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N30	G01		Z-20			Ευθεία κίνηση με κοπή
N40	G02	X30	Z-25	I5	K0	Δεξιόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N50	G01		Z-54.5			Ευθεία κίνηση με κοπή
N60	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

## Προσομοίωση





## 10° Δοκίμιο



## Προγραμματισμός G-code

Το κυρίως πρόγραμμα με το όνομα "TEMAXIO10" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα			Περιγραφή
N10	G71	G54	G18	Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά Σύστημα μηδενισμού τεμαχίου Επιλογή XZ επιπέδου κατεργασίας
N20	G90	G95	F0.3	Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων Πρώση ανά περιστροφή Ορισμός πρώσης στα 0.3 mm/rev
N30	WORKPIECE(,,, "CYLINDER", 0,0,-180,-150,50)			Συνάρτηση που καλείται για την εμφάνιση του δοκιμίου κατά την προσομοίωση της κατεργασίας
N40	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N50	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N60	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N70			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N80	T02	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (εκχόνδρισης)
N90	G00	X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N100			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N110	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N120	CYCLE951(50,0,40.5, -100,40.5,-100,1,0.8,0,0,11,0,0,0,1,0.4,0,2,1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N130	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N140	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N150			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N160	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινιρίσμα)
N170	G00	X40		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N180			Z4	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N190	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N200	CYCLE95("PERIG10", 0.6,0.1,0.1,0.1,0.4,0.3,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινιρίσμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το

				υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N210	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N220	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N230	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N240			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N250	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N260	G00		Z-34	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N270		X44		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N280	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N290	CYCLE930(40.5,-30,25,25,5.5,,0,0,0,0,0,0,,0.6,1,10530,,1,,0.2,2,0.1,0.1,2,110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N300	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N310	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N320	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N330	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N340			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N350	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N360	G00	X43		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N370			Z-33	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N380	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N390	CYCLE95("PERIG10_1",0.6,0.1,0.1,0.1,0.4,0.3,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N400	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N410	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N420	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N430			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N440	T07	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T7 (για διάτρηση)
N450	G00		Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N460		X0		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N470			Z10	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N480	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N490	CYCLE81(7,0,2,,,-20,10,0,1,11)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία οπής στο κέντρο της διατομής του τεμαχίου.
N500	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N510	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N520	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N530			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N540	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N550	G00		Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N560		X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N570			Z-124	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N580		X54		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N590	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού

N600	CYCLE92(50,-120,7,-2,0,1,2000,1000,4,0.1,0.05,700,0.2,0,,2,0)			Κύκλος κατεργασίας. Αποκοπεί του κατεργασμένου τεμαχίου από το υπόλοιπο δοκίμιο
N610	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N620	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N630			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N640	M02			Τερματισμός προγράμματος

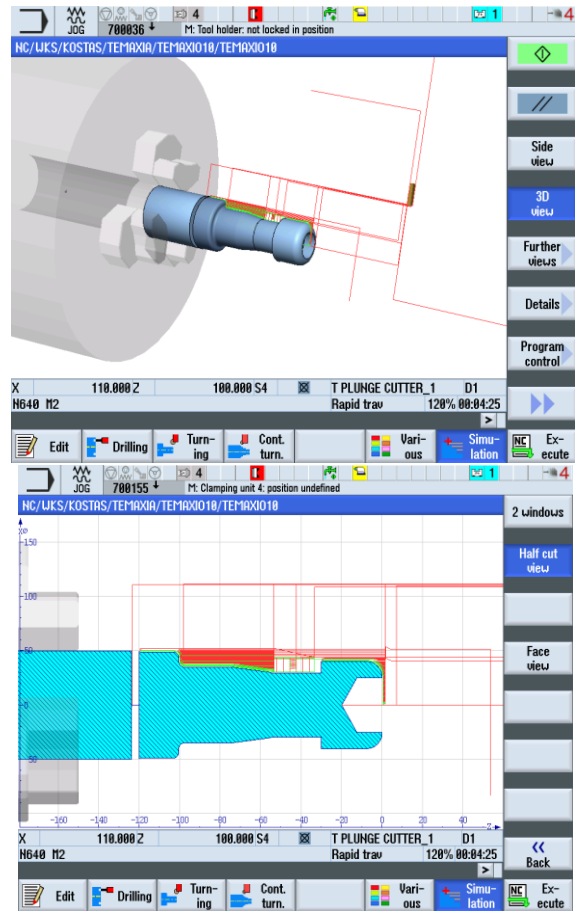
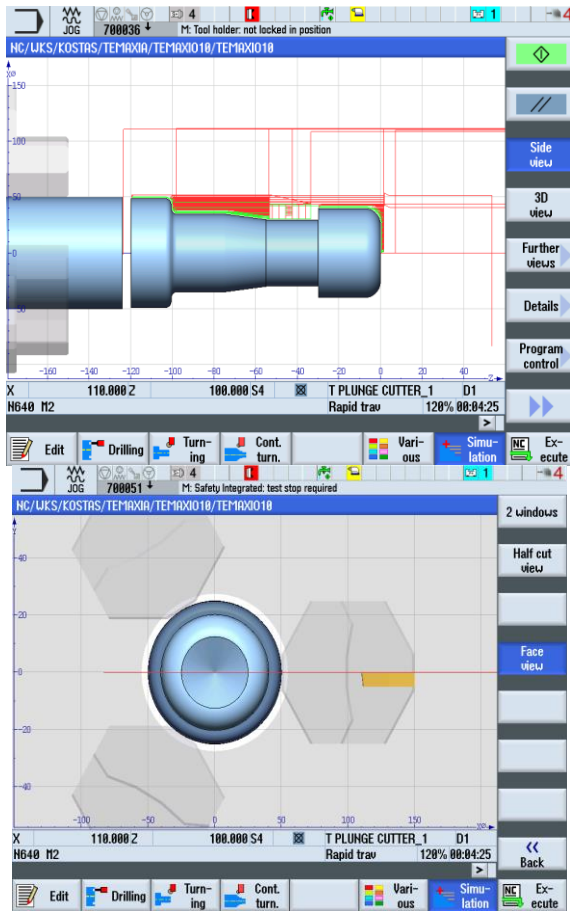
Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG10" είναι:

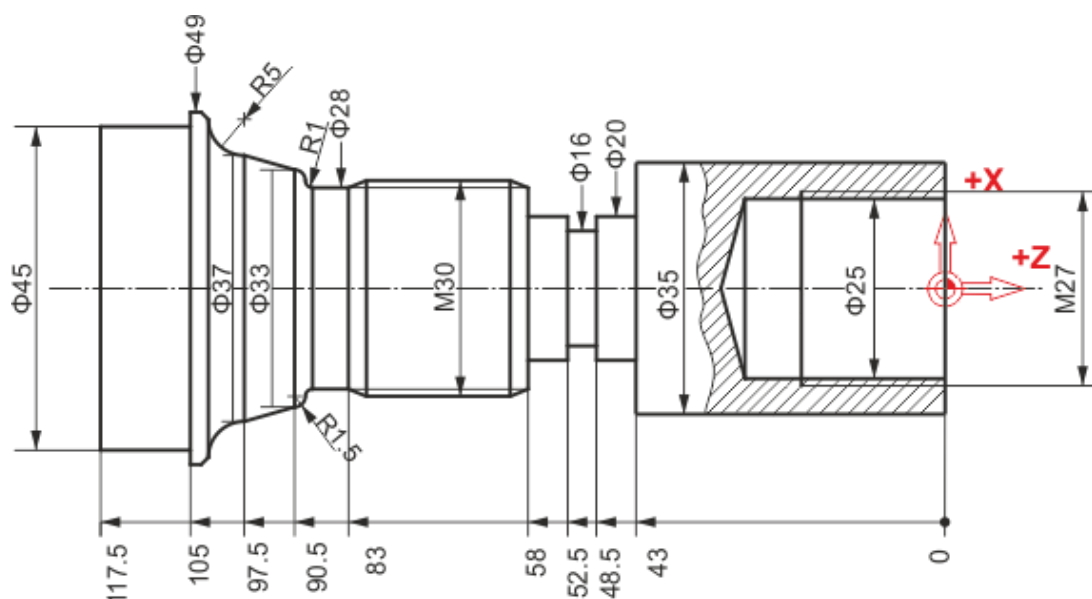
Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα					Περιγραφή
N10	G01	G90	X0	Z0		Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20		X25				Ευθεία κίνηση με κοπή
N30	G03	X40	Z-7.5	I0	K-7.5	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N40	G01		Z-30			Ευθεία κίνηση με κοπή
N50	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG10\_1" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα					Περιγραφή
N10	G01	G90	X30	Z-55		Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20		X35	Z-75			Ευθεία κίνηση με κοπή
N30			Z-98			Ευθεία κίνηση με κοπή
N40	G02	X40	Z-100.5	I2.5	K0	Δεξιόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N50	G01	X43				Ευθεία κίνηση με κοπή
N60	G03	X49	Z-103.5	I0	K-3	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N70	G01		Z-120			Ευθεία κίνηση με κοπή
N80	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

## Προσομοίωση





### Προγραμματισμός G-code

Το κυρίως πρόγραμμα με το όνομα "TEMAXIO11" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα			Περιγραφή
N10	G71	G54	G18	Επιλογή μέτρησης σε χιλιοστά Σύστημα μηδενισμού τεμαχίου Επιλογή XZ επιπέδου κατεργασίας
N20	G90	G95	F0.3	Απόλυτο σύστημα συνεταγμένων Πρόωση ανά περιστροφή Ορισμός πρόωσης στα 0.3 mm/rev
N30	WORKPIECE(,,, "CYLINDER", 0,0,-180,-150,50)			Συνάρτηση που καλείται για την εμφάνιση του δοκιμίου κατά την προσομοίωση της κατεργασίας
N40	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N50	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N60	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N70			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N80	T02	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T2 (εκχόνδρισης)
N90	G00	X50		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N100			Z3	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N110	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N120	CYCLE951(50,0,35.5, -83,35.5,-83,1,0.2,0.1,0.1,11,0,0,0,1,0.2,0.2,1110000)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση μέχρι κοντινή απόσταση από το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N130	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N140	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N150			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N160	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινιρίσμα)
N170	G00	X35		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N180			Z4	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N190	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N200	CYCLE95("PERIG11",0.4,0.2,0.2,0.2,0.4,0.2,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινιρίσμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το

				υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N210	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N220	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N230	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N240			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N250	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N260	G00		Z-47	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N270		X39		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N280	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N290	CYCLE930(35.5,-43,15,15,7.75,,0,0,0,0,0,0,0.4,1,10530,,1,,0.2,2,0.1,0.1,2,110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N300	CYCLE930(20,-48.5,4,4,2,,0,0,0,0,0,0,0.2,1,10530,,1,,0.2,2,0,0,2,110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N310	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N320	G96	S300	M04	Σταθερή ταχύτητα κοπής Αριστερόστροφη περιστροφή άξονα
N330	G26	S2500		Ορισμός μέγιστης τιμής περιστροφής
N340	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N350			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N360	T01	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T1 (για φινίρισμα)
N370	G00		Z-40	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N380		X49		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N390	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N400	CYCLE95("PERIG11_1",0.4,0.2,0.2,0.2,0.4,0.2,0.2,209,,0,0,0,2)			Κύκλος κατεργασίας. Αφαίρεση υλικού με εκχόνδριση και φινίρισμα. Στο πρώτο όρισμα περιέχεται το υποπρόγραμμα που εισάγει στον κύκλο το επιθυμητό περίγραμμα του κύκλου, ο οποίος κύκλος δίδει το τελικό περίγραμμα του δοκιμίου
N410	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N420	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N430	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N440			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N450	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N460	G00		Z-110	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N470		X53		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N480	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N490	CYCLE930(49,-103.5,14,14,2,,0,0,0,0,0,0,0.4,1,10530,,1,,0.2,2,0.1,0.1,2,110)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία αυλάκωσης στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N500	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού

N510	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N520			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N530	T05	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T5 (για σπείρωμα)
N540	G00		Z-58	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N550		X34		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N560	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N570	CYCLE99(-58,30,-83 ,,2,2,0.9,0.1,30,0,4,0,2,13 10101,4,1,0,2,0.5,0,0,1,0, 0.519615,1,,,,,2,0)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία οριζόντιου σπειρώματος στην επιφάνεια του τεμαχίου.
N580	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N590	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N600	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N610			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N620	T07	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T7 (για σπή με σπείρωμα)
N630	G00		Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N640		X0		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N650			Z10	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N660	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N670	CYCLE84(7,0,2,,20,5,3,,2 ,5,200,200,0,1,0,1, 10,1.4,,,,,1001, 1001001)			Κύκλος κατεργασίας. Δημιουργία σπής με σπείρωμα στο κέντρο της διατομής του τεμαχίου.
N680	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N690	G97	S1500	M04	Τερματισμός εντολής G96 Ορισμός σταθερής περιστροφής άξονα
N700	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N710			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N720	T03	D01	M06	Επιλογή κοπτικού εργαλείου T3 (για αυλάκωση)
N730	G00		Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N740		X49		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N750			Z-121.5	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N760	M08			Παροχή ψυκτικού υγρού
N770	CYCLE92(50,-117.5,7, - 2,0,1,2000,1000,4,0.1 ,0.05,700,0.2,0,,2,0)			Κύκλος κατεργασίας. Αποκοπεί του κατεργασμένου τεμαχίου από το υπόλοιπο δοκίμιο
N780	M09			Τερματισμός παροχής ψυκτικού υγρού
N790	G00	X110		Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N800			Z100	Ευθεία κίνηση χωρίς κοπή
N810	M02			Τερματισμός προγράμματος

Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG11" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα				Περιγραφή
N10	G01	G90	X0	Z0	Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20			X35		Ευθεία κίνηση με κοπή
N30				Z-43	Ευθεία κίνηση με κοπή
N40	M17				Τερματισμός υποπρογράμματος

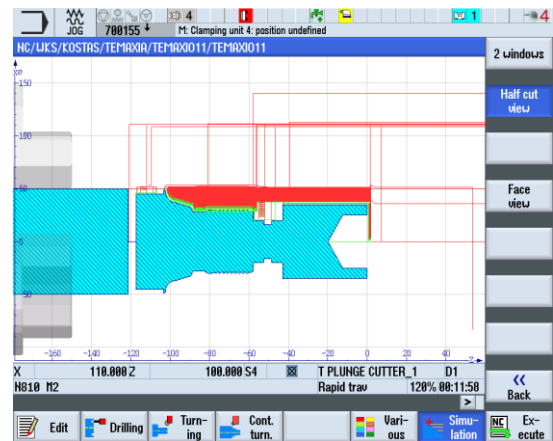
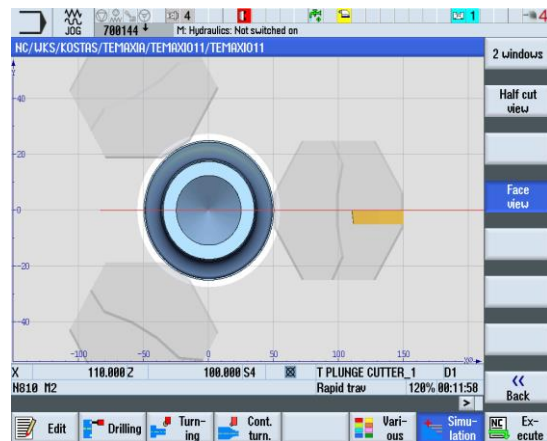
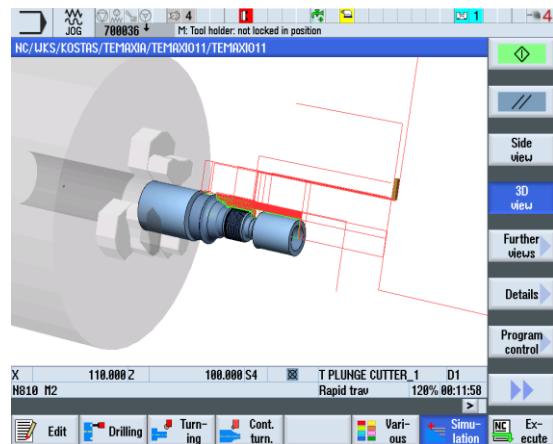
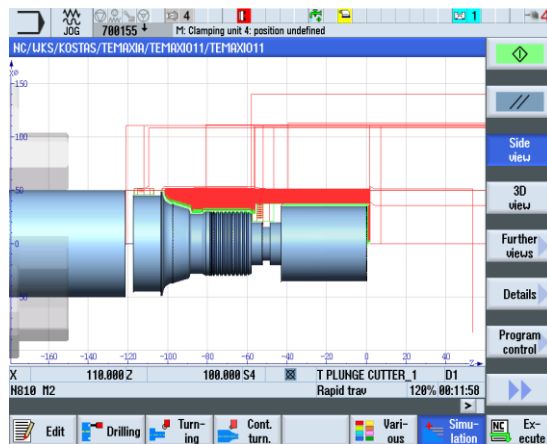
Το υποπρόγραμμα με το όνομα "PERIG11\_1" είναι:

Σειρά	Κυρίως Πρόγραμμα				Περιγραφή
-------	------------------	--	--	--	-----------



N10	G01	G90	X28	Z-58		Ευθεία κίνηση με κοπή Απόλυτο σύστημα συντεταγμένων
N20		X30	Z-60			Ευθεία κίνηση με κοπή
N30			Z-81			Ευθεία κίνηση με κοπή
N40		X28	Z-83			Ευθεία κίνηση με κοπή
N50			Z-88			Ευθεία κίνηση με κοπή
N60	G02	X30	Z-89	I1	K0	Δεξιόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N70	G03	X33	Z-90.5	I0	K-1.5	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N80	G01	X37	Z-97.5			Τερματισμός υποπρογράμματος
N90	G02	X47	Z-102.5	I5	K0	Δεξιόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N100	G03	X49	Z-103.5	I0	K-1	Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση με κοπή
N110	M17					Τερματισμός υποπρογράμματος

## Προσομοίωση



## 6. ΣΥΝΟΨΗ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε μία συνοπτική παρουσίαση της CNC εργαλειομηχανής CTX 310 ecoline της DMG. Επίσης προγραμματίστηκαν και προσομοιώθηκαν δοκίμια αλουμινίου επιλεγμένων μηχανολογικών κατασκευαστικών σχεδίων.

Για την ορθή λειτουργία της CNC απαιτείται οργάνωση, μεθοδικότητα και απόλυτη συγκέντρωση του χρήστη προκειμένου να πραγματοποιηθούν οι απαραίτητες ενέργειες. Η σωστή συγκράτηση του τεμαχίου στην κύρια άτρακτο, θα μειώσει την πιθανότητα μετακίνησης του τεμαχίου κατά την κατεργασία, με αποτέλεσμα την ανακρίβεια της γεωμετρίας του τεμαχίου, εμφάνιση ανεπιθύμητης τραχύτητας, ή ακόμη και ατυχήματος. Η σωστή επιλογή στροφών και προώσεων θα δώσει τη βέλτιστη ποιότητα επιφάνειας και την ελάχιστη καταπόνηση στα κοπτικά εργαλεία. Επίσης η σωστή προμελέτη, οι παράμετροι κοπής και ο σωστός προγραμματισμός, είναι ενέργειες που θα οδηγήσουν στο επιθυμητό τελικό αποτέλεσμα με ασφάλεια και ακρίβεια.

Η ελαχιστοποίηση του χρόνου κατεργασίας, η οποία οφείλεται σε σύνταξη προγραμμάτων με ελάχιστη πολυπλοκότητα, επιτυγχάνεται με εμπειρία και σωστό συνδυασμό πρώτης ύλης και κοπτικών εργαλείων. Σημειώνεται ότι το κόστος επισκευής σε περίπτωση εσφαλμένου χειρισμού είναι υψηλό, γεγονός που αναγκάζει τον περιορισμό του περιθώριου σφαλμάτων.

Ακόμη παρατηρείται πως το εύρος στροφών περιστροφής της ατράκτου, ο αριθμός των αξόνων και το μήκος διαδρομών τους, είναι περιορισμένο για κατεργασίες τεμαχίων με μεγάλο όγκο.

Τέλος, το σίγουρο είναι πως υπάρχουν πάντα περιθώρια βελτίωσης της σύνταξης του προγραμματισμού, αλλά και περαιτέρω ανάλυσης και διερεύνησης σύγχρονων και πολυπλοκότερων εντολών και κύκλων κατεργασίας, οι οποίοι οδηγούν σε ανάλογα αποτελέσματα.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αντωνιάδης Αριστομένης, 2011. Μηχανουργική Τεχνολογία, τόμος Β: Κατεργασίες κοπής, εκδόσεις Τζιόλα.
- Αντωνιάδης, Αριστομένης & Βιδάκης Νεκτάριος, 2002. Προγραμματισμός Εργαλειομηχανών CNC, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
- Καλαμπόκα Κλεοπάτρα, 2010. Ψηφιακή καθοδήγηση κέντρων Τόρνευσης με controls Haas, Fanuc, Siemens & Heidenhein, Χανιά.
- Νανόπουλος Ιάσοντας, 2014. Εγκατάσταση, λειτουργία & Προγραμματισμός ψηφιακά καθοδηγούμενου κέντρου τόρνευσης
- Astakhov Viktor P. , 2010. Geometry of Single-point Turning Tools and Drills
- Siemens, Operating Manual ISO Turning, Sinumerik 840D sl/828D, February 2012.
- Siemens, Programming Manual, Sinumerik 840D sl/840Di sl/840D/840Di/840D, November 2006
- Siemens, Programming Manual, Cycles, Sinumerik 840D sl/840D/840Di sl, 2008
- Siemens, Programming Guide, Programming Manual ISO Turning, Sinumerik 802D sl 840D/ 840D sl 840Di/840Di sl/810D, 4.2007
- Siemens, Programming Manual, Job planning, Sinumerik 840D sl, 828D, 03/2013
- Siemens, Programming Manual, G code programming, Sinumerik 840D sl, 03/2009