

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

ΓΙΑ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟ ΜΑΘΗΜΑ

ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ CNC

Δρ. Μηχ. Α. Κριμπένης

Καθηγητής Εφαρμογών

Ψαχνά 2012

Πίνακας Περιεχομένων

1. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	6
1.1 Ταχύτητα κοπής.....	6
1.2 Πρόωση.....	6
1.3 Πάσο.....	7
1.4 Βάθος κοπής a	7
1.5 Δυνάμεις κοπής F_c	7
1.6 Ισχύς κοπής	7
2. ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΕ CNC	8
3. ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	12
4. ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΑ.....	13
5. ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	18
6. ΧΡΗΣΗ ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΟΥ.....	21
7. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΡΝΟΥ CNC	22
7.1. Σύνταξη γραμμής (μπλοκ) G-κώδικα	22
7.2. Βασικές εντολές κίνησης.....	23
7.3 Συνήθεις Τυποποιημένοι Κύκλοι Τόρνευσης (Canned Cycles).....	27
8. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ CNC ΤΟΡΝΟΥ	35
9. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΓΡΑΜ/ΜΟΥ CNC ΤΟΡΝΟΥ ΓΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗ.....	40
Εργαστηριακή Άσκηση 1 CNC Τόρνου.....	40
Εργαστηριακή Άσκηση 2 CNC Τόρνου.....	41
Εργαστηριακή Άσκηση 3 CNC Τόρνου.....	42
Εργαστηριακή Άσκηση 4 CNC Τόρνου.....	43
Εργαστηριακή Άσκηση 5 CNC Τόρνου.....	44
Εργαστηριακή Άσκηση 6 CNC Τόρνου.....	45
Εργαστηριακή Άσκηση 7 CNC Τόρνου.....	46
Εργαστηριακή Άσκηση 8 CNC Τόρνου.....	47
Εργαστηριακή Άσκηση 9 CNC Τόρνου.....	48
Εργαστηριακή Άσκηση 10 CNC Τόρνου.....	49
Εργαστηριακή Άσκηση 11 CNC Τόρνου.....	50
Εργαστηριακή Άσκηση 12 CNC Τόρνου.....	51
Εργαστηριακή Άσκηση 13 CNC Τόρνου.....	52
Εργαστηριακή Άσκηση 14 CNC Τόρνου.....	53
Εργαστηριακή Άσκηση 15 CNC Τόρνου.....	54
Εργαστηριακή Άσκηση 16 CNC Τόρνου.....	55
Εργαστηριακή Άσκηση 17 CNC Τόρνου.....	56
Εργαστηριακή Άσκηση 18 CNC Τόρνου.....	57
Εργαστηριακή Άσκηση 19 CNC Τόρνου.....	58
Εργαστηριακή Άσκηση 20 CNC Τόρνου.....	59
Εργαστηριακή Άσκηση 21 CNC Τόρνου.....	60
Εργαστηριακή Άσκηση 22 CNC Τόρνου.....	61
Εργαστηριακή Άσκηση 23 CNC Τόρνου.....	62
Εργαστηριακή Άσκηση 24 CNC Τόρνου.....	63
Εργαστηριακή Άσκηση 25 CNC Τόρνου.....	64
Εργαστηριακή Άσκηση 26 CNC Τόρνου.....	65
Εργαστηριακή Άσκηση 27 CNC Τόρνου.....	66
Εργαστηριακή Άσκηση 28 CNC Τόρνου.....	67
Εργαστηριακή Άσκηση 29 CNC Τόρνου.....	68

Εργαστηριακή Άσκηση 30 CNC Τόρνου.....	69
Εργαστηριακή Άσκηση 31 CNC Τόρνου.....	70
Εργαστηριακή Άσκηση 32 CNC Τόρνου.....	71
Εργαστηριακή Άσκηση 33 CNC Τόρνου.....	72
Εργαστηριακή Άσκηση 34 CNC Τόρνου.....	73
Εργαστηριακή Άσκηση 35 CNC Τόρνου.....	74
Εργαστηριακή Άσκηση 36 CNC Τόρνου.....	75
Εργαστηριακή Άσκηση 37 CNC Τόρνου.....	76
Εργαστηριακή Άσκηση 38 CNC Τόρνου.....	77
Εργαστηριακή Άσκηση 39 CNC Τόρνου.....	78
Εργαστηριακή Άσκηση 40 CNC Τόρνου.....	79
10. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΓΡΑΜ/ΜΟΥ CNC ΦΡΕΖΑΣ ΓΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗ.....	80
Εργαστηριακή Άσκηση 1 CNC Φρέζας.....	80
Εργαστηριακή Άσκηση 2 CNC Φρέζας.....	82
Εργαστηριακή Άσκηση 3 CNC Φρέζας.....	84
Εργαστηριακή Άσκηση 4 CNC Φρέζας.....	86
Εργαστηριακή Άσκηση 5 CNC Φρέζας.....	88
Εργαστηριακή Άσκηση 6 CNC Φρέζας.....	90
Εργαστηριακή Άσκηση 7 CNC Φρέζας.....	92
Εργαστηριακή Άσκηση 8 CNC Φρέζας.....	94
Βιβλιογραφία.....	96

1. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.1 Ταχύτητα κοπής

Ταχύτητα Κοπής είναι η περιφερειακή ταχύτητα του κομματιού που τорνεύεται στην περίπτωση του τόρνου και η περιφερειακή ταχύτητα του εργαλείου στην περίπτωση της φρέζας.

Δίνεται από τον τύπο:

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot S}{1000}$$

όπου: V_c είναι η ταχύτητα κοπής και δίνεται σε $\frac{m}{min}$

D είναι η διάμετρος του τεμαχίου (τόρνος) ή η διάμετρος του κοπτικού εργαλείου (φρέζα) και δίνεται σε mm

S η ταχύτητα περιστροφής της κύριας ατράκτου και δίνεται σε rpm

π ο αριθμός 3,14

1.2 Πρόωση

Α. Για την περίπτωση του τόρνου πρόωση καλείται η μετατόπιση του κοπτικού εργαλείου κατά μήκος του άξονα περιστροφής ανά περιστροφή του τεμαχίου. *Εγκάρσια πρόωση* είναι η ταχύτητα κίνησης του εργαλείου κοπής σε επίπεδο κάθετο προς τον άξονα περιστροφής του τόρνου.

Β. Για την περίπτωση της φρέζας, πρόωση είναι η σχετική μετατόπιση του κοπτικού εργαλείου στη μονάδα του χρόνου ως προς το κατεργαζόμενο τεμάχιο είτε ως προς μία από τις διευθύνσεις Χ, Υ και Ζ είτε ως προς δύο από αυτές είτε και ως προς τις τρεις.

Ταχύτητα πρόωσης είναι η μετατόπιση του κοπτικού ως προς κάποια διεύθυνση στην μονάδα του χρόνου (min).

Η πρόωση συμβολίζεται με f (mm/rev) ή με f_z (mm/rev και δόντι κοπτικού). Η ταχύτητα πρόωσης συμβολίζεται με F ή V_f και δίνεται σε mm/min.

$$F = z \cdot f_z \cdot S$$

όπου z ο αριθμός των οδόντων του κοπτικού εργαλείου και S η ταχύτητα περιστροφής σε rpm.

1.3 Πάσο

Πάσο καλείται η κίνηση του κοπτικού εργαλείου κατά τη διάρκεια του οποίου αυτό αφαιρεί υλικό από το κατεργαζόμενο τεμάχιο. Με την έννοια αυτή περιγράφεται είτε μια μόνο κίνηση του κοπτικού εργαλείου είτε όλες οι κινήσεις που αυτό πραγματοποιεί σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο π.χ. σε ένα επίπεδο Z στη φρέζα και σε μία συγκεκριμένη διάμετρο X στον τόρνο.

1.4 Βάθος κοπής a

Βάθος κοπής είναι η διαφορά σε χιλιοστά (mm) μεταξύ της κατεργασμένης και της μη κατεργασμένης επιφάνειας του τεμαχίου κατά τη διάρκεια ενός πάσου μετρούμενη σε κάποια από τις κύριες διευθύνσεις X, Y και Z. Στην περίπτωση του τόρνου, η πρόωση χαρακτηρίζει το πάχος του αποβλίττου¹, ενώ το βάθος κοπής χαρακτηρίζει το πλάτος του.

Ειδικά για κατεργασίες σε φρέζα εισάγεται η έννοια «Πλάτος Κοπής» (engagement). **Πλάτος κοπής** είναι το ποσοστό της διαμέτρου του κοπτικού εργαλείου (σε χιλιοστά) που εκτελεί το τρέχον πάσο.

1.5 Δυνάμεις κοπής F_c

Κατά την εκτέλεση μιας κοπής, το κοπτικό εργαλείο αφαιρεί υλικό από το τεμάχιο παραμορφώνοντάς το πλαστικά. Όπως είναι φυσικό, οι δυνάμεις συνοχής των στερεών υλικών (κρυσταλλικές και λοιπές δομές στερεών υλικών), που χρησιμοποιούνται ως κατεργαζόμενα τεμάχια, προβάλλουν αντίσταση σε αυτήν την αφαίρεση υλικού. Άρα η εργαλειομηχανή μέσω του κινητήρα της πρέπει να παρέχει στο κοπτικό εργαλείο τέτοια ισχύ και δύναμη, ώστε αυτό να μπορέσει να διαρρήξει τις δυνάμεις συνοχής του υλικού και να υπερνικήσει και τις αναπτυσσόμενες τριβές.

Οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις είναι ανάλογες του αφαιρούμενου όγκου υλικού.

1.6 Ισχύς κοπής

Είναι η ισχύς που παρέχει ο κινητήρας της κυρίας ατράκτου, ώστε να αναπτυχθεί κατάλληλη δύναμη κοπής F_c και να αποκοπεί υλικό από το κατεργαζόμενο ΤΕ. Είναι ανάλογη των συνθηκών κατεργασίας και του υλικού του κατεργαζόμενου ΤΕ.

¹ Η λέξη «αποβλίττω» και όχι «απόβλητο» προέρχεται από το αρχαιοελληνικό ρήμα «αποβλίττω», το οποίο σημαίνει «αποκόπτω την κηρήθρα από την κυψέλη» («LEXICON – 4γλωσσο Λεξικό επιστημονικών και τεχνικών όρων», Α. Βασιλειάδου-Ζάχου, Φ. Δημέλη-Κωνσταντίνου, Μπέρτς Στεπανιάν, Ε. Φίνογλου-Χαρσούλη, ΕΛΕΤΟ – 5ο Συνέδριο «Ελληνική Γλώσσα και Ορολογία», Λευκωσία, Κύπρος, 13-15 Νοεμβρίου 2005).

Δίνεται από τον τύπο:

$$P_c = \frac{a_p \times a_e \times F}{60 \times 10^6 \times \eta} \times k_c$$

Όπου P_c ισχύς κοπής σε KW

a_p βάθος κοπής σε mm

a_e πάχος κοπής σε mm

F ταχύτητα πρόωσης σε mm/min

η βαθμός απόδοσης ηλεκτροκινητήρα της EM

k_c δύναμη κοπής ανά μονάδα επιφάνειας σε Nt/mm², σταθερά χαρακτηριστική του υλικού του TE.

2. ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΓΙΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΕ CNC

Για τη δημιουργία του κώδικα G και την υλοποίηση ενός τεμαχίου πάνω σε μια εργαλειομηχανή CNC είναι απαραίτητα τα εξής:

1. **Φασεολόγιο** συνοπτικό ή αναλυτικό. Περιγράφονται όλες οι εργασίες που θα πραγματοποιηθούν για την υλοποίηση του τελικού τεμαχίου, όπως αυτό περιγράφεται από το σχέδιο.
2. Η **μπάρα ή ο τάκος του αρχικού υλικού**, το οποίο συχνά αναφέρεται και ως αρχικό μπλοκ υλικού ή αρχικό τεμάχιο και από το οποίο αφαιρείται υλικό μέχρι την υλοποίηση του τελικού τεμαχίου.
3. Τα χρησιμοποιούμενα **εργαλεία** για την πραγματοποίηση όλων των φάσεων κατεργασίας. Τα εργαλεία πρέπει να επιλεγούν από τη βάση δεδομένων των εργαλείων ή να προστεθούν σε αυτή πριν την έναρξη του προγραμματισμού.
4. Υπολογισμός ή θέση των **συνθηκών κατεργασίας**, δηλαδή του βάθους κοπής, της ταχύτητας περιστροφής της κυρίας ατράκτου και της χρησιμοποιούμενης πρόωσης. Μαζί με τις συνθήκες κατεργασίας, προσδιορίζεται η χρήση ή όχι κοπτικού υγρού. Οι συνθήκες κατεργασίας καταγράφονται στο Φασεολόγιο του τεμαχίου.
5. Γνώση των **εντολών προγραμματισμού των κινήσεων (εντολές G)** του εργαλείου και των **βοηθητικών εντολών (εντολές M)**, που θα χρησιμοποιηθούν στο πρόγραμμα – Πίνακες εντολών G και M.
6. **Διάρθρωση του κώδικα G**. Όταν γράφεται ένας κώδικας G για την υλοποίηση ενός συγκεκριμένου μηχανουργικού τεμαχίου, πάντα κάνουμε τα εξής:

- I. Εκκινούμε τον κώδικα κάνοντας επανατύλιξη (σύμβολο %) της μαγνητικής ταινίας και δίνοντας όνομα στο τρέχον πρόγραμμα π.χ. P1000 ή 1000.
 - II. Ακολουθούν οι εντολές ορισμού του συστήματος μονάδων (Μετρικό ή Αγγλοσαξωνικό) και χρήσης απόλυτου ή σχετικού συστήματος συντεταγμένων.
 - III. Ακολουθούν οι εντολές ακύρωσης όλων των αντισταθμίσεων και των αυτόματων κύκλων κατεργασίας.
 - IV. Τοποθέτηση εργαλείου και έναρξη περιστροφής της ατράκτου.
 - V. Κυρίως κώδικας (εντολές κινήσεων, βοηθητικές, αυτόματων κύκλων κατεργασίας, αλλαγές εργαλείων, προώσεων και ταχύτητας περιστροφής της κυρίας ατράκτου) για την υλοποίηση του τεμαχίου.
 - VI. Ακύρωση όλων των αντισταθμίσεων και των αυτόματων κύκλων κατεργασίας.
 - VII. Διακοπή περιστροφής ατράκτου και τέλος προγράμματος
 - VIII. Επανατύλιξη της μαγνητικής ταινίας (σύμβολο %), αν πραγματοποιήθηκε στην αρχή του κώδικα.
7. Εκτέλεση **προσομοίωσης πάνω στον υπολογιστή**, στον οποίο έγινε η συγγραφή του κώδικα (σε πρόγραμμα προσομείωσης ή σε λογισμικό CAM)
 8. **Μεταφορά του αρχείου** με τον κώδικα G πάνω στο CNC είτε με δισκέτα είτε μέσω τοπικού δικτύου.
 9. Εκτέλεση **προσομοίωσης** πάνω στην ίδια την **εργαλειομηχανή CNC**.
 10. **Τοποθέτηση αρχικού τεμαχίου** στο τσοκ (για τόρνο) ή στη μέγγενη (στη φρέζα).
 11. Τοποθέτηση **εργαλείου αναφοράς** και **ορισμός της αρχής του συστήματος συντεταγμένων** πάνω στην εργαλειομηχανή CNC.
 12. Δημιουργία **πρωτοτύπου τεμαχίου** από μαλακό υλικό, αν αυτό απαιτείται.
 13. **Εκτέλεση κώδικα G** και δημιουργία τελικού τεμαχίου.

Πίνακας 1. Υπόδειγμα Πίνακα Προγραμματισμού Κώδικα G για CNC Τόρνο

[illegible]

Πίνακας 2. Υπόδειγμα Πίνακα Προγραμματισμού Κώδικα G για CNC Φρέζα

[illegible]

Πίνακας 3. Εξήγηση συμβόλων που χρησιμοποιούνται στον Κώδικα G.

N	Αριθμός μπλοκ
G	Κινήσεις
X	Συντεταγμένη X
Y	Συντεταγμένη Y
Z	Συντεταγμένη Z
U	Σχετική Συντεταγμένη X
V	Σχετική Συντεταγμένη Y
W	Σχετική Συντεταγμένη Z
I	Κέντρο κύκλου, συν/νη στον άξονα x, διόρθωση στον x
J	Κέντρο κύκλου, συν/νη στον άξονα y , διόρθωση στον y
K	Κέντρο κύκλου, συν/νη στον άξονα z , διόρθωση στον z
M	Βοηθητικές λειτουργίες, λειτουργίες ενάρξεως διακοπής
P	Χρόνος αναμονής. Άλμα σε υποπρόγραμμα
Q	Βοηθητική καταχώρηση
R	Διαδρομή προσεγγίσεως με ταχεία κίνηση (κύκλος διάτρησης)
S	Ταχύτητα Περιστροφής Κυρίας Ατράκτου
F	Πρόωση. F/R Πρόωση ανά περιστροφή F/M Πρόωση ανά λεπτό
T	Εργαλείο

3. ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι Choi και Jerard (βλ. [1]) προτείνουν δύο τρόπους για την κατάταξη των στοιχειωδών κατεργασιών σε κέντρα κατεργασιών, η οποία απορρέει από το σκοπό για τον οποίο οι κατεργασίες χρησιμοποιούνται: η *στρατηγική δύο φάσεων* (two-stage scheme) και η *στρατηγική πέντε φάσεων* (five-stage scheme).

Η στρατηγική δύο φάσεων περιλαμβάνει τις εξής φάσεις:

1. *Φάση Εκχόνδρισης* (roughing stage), στην οποία τα βασικά χαρακτηριστικά είναι οι υψηλοί ρυθμοί αποβολής υλικού, η αδρά ποιότητα επιφανείας και οι έντονες διακυμάνσεις στις συνθήκες κοπής, με περιορισμούς την εμφάνιση chatter και την αντοχή του εργαλείου.
2. *Φάση αποπεράτωσης* (finishing stage), στην οποία το βασικό χαρακτηριστικό είναι οι μεγάλοι χρόνοι κατεργασίας λόγω μικρών προώσεων, με περιορισμούς τη φθορά του εργαλείου και την απόκλιση μορφής του τεμαχίου.

Η στρατηγική πέντε φάσεων περιλαμβάνει τις εξής φάσεις:

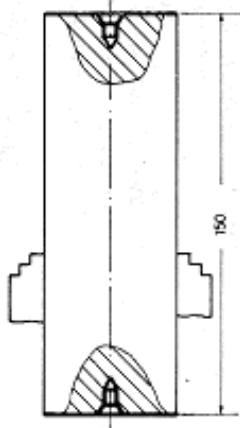
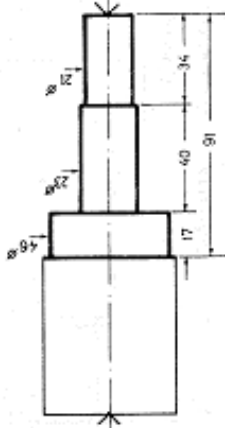
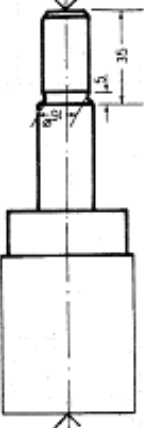
1. *Φάση Εκχόνδρισης* (roughing stage), κατά την οποία αφαιρείται υλικό από το αρχικό μπλοκ με το μέγιστο δυνατό ρυθμό.

2. *Φάση Ημι-αποπεράτωσης (semi-finishing stage)*, η οποία πραγματοποιείται, ώστε να προσδοθεί ομοιόμορφη κατανομή εναπομένοντος υλικού στο από τη φάση εκχόνδρισης προκύπτον τεμάχιο.
3. *Φάση Αποπεράτωσης (finishing stage)*, η οποία προσδίδει το τελικό σχήμα του φινιρισμένου τεμαχίου (εκτός κάποιων λεπτομερειών).
4. *Φάση «Καθαρισμού Περιοχών» (clean-up stage)*, κατά την οποία πραγματοποιούνται κοπές σε συγκεκριμένες περιοχές (fillets, κ.τ.λ.) με μικρότερα εργαλεία.
5. *Φάση Τελικής Διαμόρφωσης με EDM (form-EDM stage)*, για κάποιες ειδικές διαμορφώσεις, αν αυτό απαιτείται.

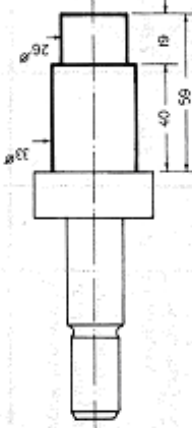
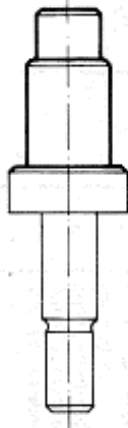
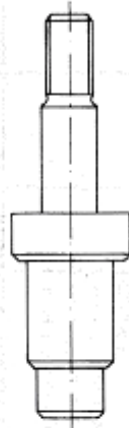
4. ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΑ

Ορισμός: Είναι ένας πίνακας στον οποίο περιγράφονται όλες οι φάσεις κατεργασίας ενός μηχανουργικού τεμαχίου και οι συνθήκες με τις οποίες αυτές πραγματοποιούνται. Οι φάσεις συνοδεύονται από τα σχετικά σκαριφήματα, στα οποία υποδεικνύονται οι διαδοχές των επιμέρους κατεργασιών, από περιγραφή τους, καθώς και από σημειώσεις-σχόλια, που δεν εμφανίζονται στα σκαριφήματα, όπως π.χ. χρήση κοπτικού υγρού, τύποι χρησιμοποιούμενων κοπτικών εργαλείων και ενδεχόμενων ιδιοσυσκευών, δευτερεύουσες κατεργασίες κτλ. Στην περίπτωση κατεργασίας σε εργαλειομηχανές CNC, σε μια από τις στήλες του πίνακα του φασεολογίου εμφανίζεται ο αντίστοιχος G-κώδικας για την υλοποίηση των επιμέρους φάσεων.

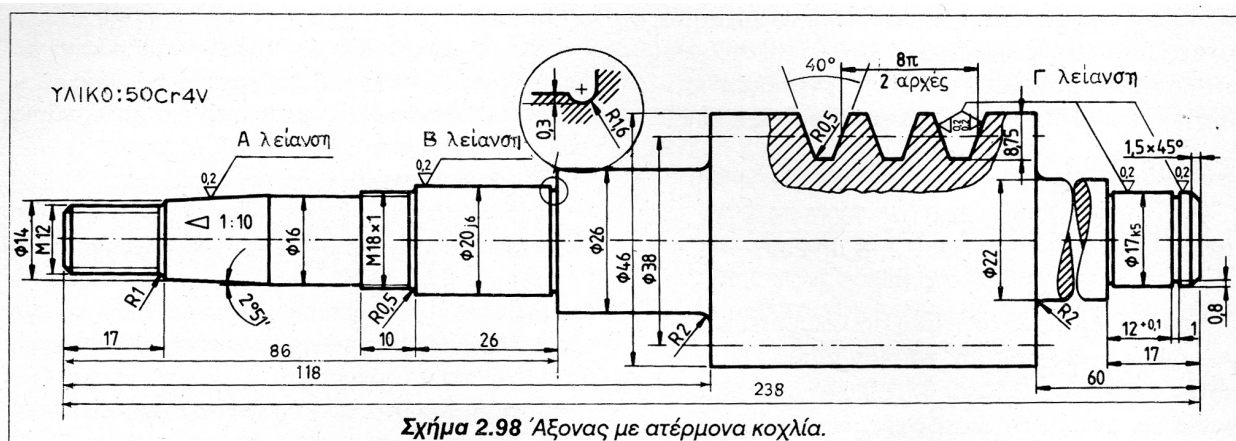
Πίνακας 4. Παράδειγμα Μορφής Φασεολογίου: Τόρνευση άξονα συγκράτησης τεμαχίων (βλ. [3])

Α/Α	ΦΑΣΕΙΣ	ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ				ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ						Εργαλεία
		Είδος κατεργασίας	Αρχική διάμετρος	Τελική διάμετρος	Μήκος	Ταχύτητα m/min	Στροφές	Τόρνου R.P.M.	Πρόωση mm/στρ	Βάθος κοπής mm/πάσο	Αριθμός πάσων	
							Θεωρητικές					
1		Προετοιμασία μηχανήματος										Εργαλείο προσώπου (χούφτα). Μανέλα εργαλείου αριστερή και κλειδί Προσθήκες Τοσok τραπεζιανών Ø0-13 και κλειδί Κεντροτρήπανο Ø 4 Παχύμετρο
		Τορνίρισμα προσώπου (καθέρισμα)	50	0		15 – 20	95/127	92	0,4/0,2	1/0,5	1+1	
		Ποντάρισμα με κεντροτρήπανο Ø4	0	4		10-12	796/955	752	με το χέρι		1	
		Αντιστροφή										
2		Προετοιμασία μηχανήματος										Εργαλείο προσώπου κοινό. Μανέλα εργαλείου ίσα και κλειδί Προσθήκες Πόντες σταθερές α-τρακτου-κουκουβάγιας Φωλιά στράκτου Σφιγκτήρας (καρδιά) για άξονα Ø 50 mm Λαδικό
		Συγκράτηση μεταξύ ποντιών	50	46	91	15 – 20	95/127	92	0,3	2	1	
		Ξεχόνδρισμα	46	23	74	15 – 20	104/138	133	0,3	2/0,5	5+1	
		Ξεχόνδρισμα	23	21	34	15 – 20	208/277	264	0,3	1	1	
3		Τορνίρισμα αυλακίου	21	16	5	15 – 20	227/303	264	με το χέρι			Εργαλείο προσώπου κοινό. Μανέλα εργαλείου ίσα και κλειδί Προσθήκες Πόντες σταθερές α-τρακτου-κουκουβάγιας Φωλιά στράκτου Σφιγκτήρας (καρδιά) για άξονα Ø 50 mm Λαδικό Ελεγκτήρας g 6 ή μικρόμετρο 0-25 Εργαλείο μορφής και προσώπου (χούφτα) σε μανέλα αριστερή
		Τελική τόννευση	21	19,8	35	20 – 25	303/379	380	0,05	0,6	1	
		Τελική τόννευση	23	22- ^g _{js}	40	20 – 25	303/346	264	τη μικρότερη	0,4/0,1	1+1	
		Τελική τόννευση	46	45	16	20 – 25	138/173	133	0,05	0,5	1	
		Λοξτομή 2 x 38								264	με το χέρι	

Πίνακας 4 (συνέχεια). Παράδειγμα Μορφής Φασεολογίου: Τόρνευση άξονα συγκράτησης τεμαχίων (βλ. [3])

Α/Α	ΦΑΣΕΙΣ	ΠΟΡΕΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ				ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ					Εργαλεία	
		Είδος κατεργασίας	Αρχική διάμετρος	Τελική διάμετρος	Μήκος	Ταχύτητα m/min	Στροφές R.P.M.	Θεωρητικές Λειτουργίες	Πρόωση mm/στρ	Βάθος κοπής mm/πάσο		Αριθμός πάσων
4		Αντιστροφή Ξεχόνδρισμα	50	33	59	15 – 20	95/127	92	0.3	1.5/1	5+1	Εργαλείο προώπου κοινό. Μανέλα εργαλείου ίσια και κλείδι Προσθίκες Πόντες σταθερές α-τράκτου-κουκουβάνιας Φωλιά ατράκτου Σφιγκτήρας (καρδιά) για άξονα Ø 50 mm Λαδικό
		Ξεχόνδρισμα	33	26	19	15 – 20	145/193	184	0.3	1.5/0.5	2+1	
5		Τελική τόννευση	33	32	40	20 – 25	193/241	184	0.05	0.5	1	Εργαλείο προώπου κοινό. Μανέλα εργαλείου ίσια και κλείδι Προσθίκες Πόντες σταθερές α-τράκτου-κουκουβάνιας Φωλιά ατράκτου Σφιγκτήρας (καρδιά) για άξονα Ø 50 mm Λαδικό Εργαλείο προώπου (χρούφα) σε μανέλα αριστερή
		Τελική τόννευση Λαδοσμέες 2 x 45°	26	25	20	20 – 25	245/306	264	0.05 με το χέρι	0.5	3	
6		Αντιστροφή Κοπή σπειρώματος						46	Βήμα 2.5	~0.3	3 – 4	Εργαλείο σπειρώματος Μανέλα εργαλείου ίσια και κλείδι Προσθίκες Ελεγκτήρας M-20 ή βιδολόγος με μανέλα M-20 Λίμα πλακέ 250 mm μέσης κατεργασίας Λαδικό
7		Λιμέρισμα Γυάλισμα με συμριδόπανο						133 380				Λίμα πλακέ 250 mm μέσης κατεργασίας Συμριδόπανο Παχύμετρο Ελεγκτήρας M-20

Πίνακας 5. Παράδειγμα Μορφής Φασεολογίου: Κατασκευή άξονα με ατέρμονα κοχλία δύο αρχών (βλ. [2]).



ΦΑΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ		ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΟΠΗΣ			
		u m/min	s mm/στρ	n στρ/min	
	Κοπή υλικού από ράβδο $\varnothing 50$ σε μήκος 240 mm.	Ανάλογα με το διαθέσιμο πριόνι κοπής			
I	Συγκράτηση σε τσόκ 3 σφικτήρων κατασκευή κέντρου με κεντροτρύπανο προσαρμογή της μισοπόντας στον κεντροφορέα. Εγκάρσια τόρνευση του άκρου με μαχαίρι κοπής ISO 3.	75	0,2	450	
II	Αλλαγή της μεσοπόντας με κανονική πόντα. Προτόρνευση του μικρού άκρου με μαχαίρι ISO 1 σε 4 πάσα. πάσο I πάσο II πάσο III πάσο IV (α = βάθος κοπής)	60	0,4	355 450	Μήκος κατ' εκτίμηση Πάσο IV $\alpha = 2,5\text{mm}$ Πάσο III $\alpha = 5,5\text{ ''}$ Πάσο II $\alpha = 6,0\text{ ''}$ Πάσο I $\alpha = 1,5\text{ ''}$
III	Γύρισμα του κομματιού και συγκράτηση στο τσόκ από το μικρό άκρο. Κατασκευή κέντρου με κεντροτρύπανο προσαρμογή της μισοπόντας. Μετωπική τόρνευση με μαχαίρι ISO 3 για ακριβές ολικό μήκος του κομματιού 238 mm.	75	0,2	450	
IV	Αλλαγή της μισοπόντας με κανονική πόντα. Προτόρνευση της μεγάλης πλευράς του κομματιού με μαχαίρι ISO 1 σε 4 πάσα. πάσο I πάσο II πάσο III πάσο IV	60	0,4	355 450	Πάσο IV $\alpha = 2,5\text{mm}$ Πάσο III $\alpha = 5,5\text{ ''}$ Πάσο II $\alpha = 6,0\text{ ''}$ Πάσο I $\alpha = 1,5\text{ ''}$

Πίνακας 5 (συνέχεια). Παράδειγμα Μορφής Φασεολογίου: Κατασκευή άξονα με ατέρμονα κοχλία δύο αρχών (βλ. [2]).

	Γύρισμα του κομματιού και συγκράτηση από τη μεγάλη πλευρά στο τμήμα $\varnothing 28$ τórνευση του τμήματος $\varnothing 47$ με μαχαίρι ISO 2 σε $\varnothing 46,5$.				
V	Τοποθέτηση των αναγκαίων τροχών μεταδόσεως για βήμα μοντούλ $P = 8h$. Προσεγγιστική διαμόρφωση του πρώτου ελικοειδούς αυλακιού με εναλλασόμενες μετατοπίσεις δεξιά και αριστερά μέχρι το σημειούμενο βάθος. Μετατόπιση του μαχαίριου με το φορείο εργαλειοδέτου κατά το 1/2 του βήματος δηλαδή κατά 4h και τórνευση του δεύτερου αυλακιού.	150 4,5	0,1 -	900 28	
VI	Θερμική κατεργασία του κομματιού για βελτίωση σε 1000 N/mm^2 . Συγκράτηση του κομματιού στα κέντρα. Τórνευση της μικρής πλευράς με μαχαίρι ISO 3 στην τελική διάσταση και διαμόρφωση του R2. Σπάσιμο του δεξιού άκρου με ISO 2 και τórνευση του κοχλιωτού μέρους σε $\varnothing 46$ κατασκευή των δύο αυλακιών με ISO 7.	150 150 5	0,1 0,1 -	1400 1400 90	
VII	Γύρισμα του κομματιού και στερέωση ξανά μεταξύ κέντρων. Τórνευση της μεγάλης πλευράς με μαχαίρι ISO 3 στις τελικές διαστάσεις και διαμόρφωση των θέσεων με τις ακτίνες R. Κατασκευή του ξεθυμάματος για το λειαντικό τροχό.	150 5	0,1 -	1400 90	
VIII	Τελική τórνευση των ελικοσέων με εργαλείο μορφής (γωνία πλευρών 40°). Λαμβάνεται υπ' όψη χάρη 0,1 mm στα δύο πλευρά για την τελική λείανση των πλευρών.	4,5	-	28	
IX	Στροφή του φορείου εργαλειοδέτου κατά $2^\circ 50'$ και τórνευση του κώνου με χάρη 0,2 mm για την τελική λείανση.	150	-	1400	
X	Κοπή του σπειρώματος M18x1 και του κανονικού σπειρώματος M12.	-	-	56	
	ΕΤΟΙΜΟ ΚΟΜΜΑΤΙ				

5. ΕΠΙΛΟΓΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Οι παράμετροι που απαιτούνται για τον καθορισμό μιας κατεργασίας στον **τόρνο** είναι οι εξής:

- Στροφές της ατράκτου **n** ή **S** (rpm ή στρ/λεπτό)
- Ταχύτητα κοπής **V_c** (m/min)
- Πρόωση **F** (mm/min ή mm/στρ)
- Βάθος κοπής **a** (mm)

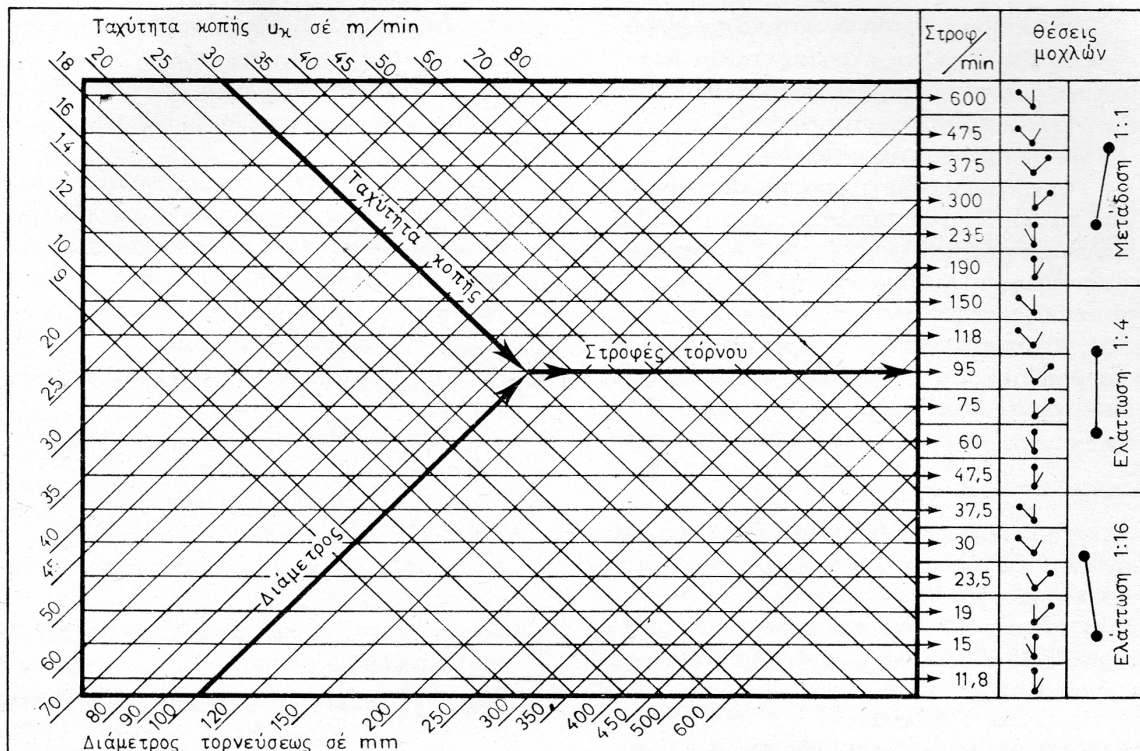
Οι παράμετροι που απαιτούνται για τον καθορισμό μιας κατεργασίας στη **φρέζα** είναι οι εξής:

- Στροφές της ατράκτου **n** ή **S** (rpm ή στρ/λεπτό)
- Ταχύτητα κοπής **V_c** (m/min)
- Πρόωση **F** (mm/min ή mm/στρ ή mm/δόντι*στρ)
- Βάθος κοπής στο επίπεδο x-y **a_e** και στον άξονα z **a_p** (mm)

Για τον υπολογισμό της ταχύτητας κοπής και των στροφών του τόρνου βάση της διαμέτρου του κατεργαζόμενου τεμαχίου χρησιμοποιείται (για τους συμβατικούς τόρνους) ο παρακάτω βοηθητικός πίνακας (βλ. [2]). Η επιλογή της κατάλληλης πρόωσης σε κάθε φάση γίνεται βάσει υποδείξεων των καταλόγων των κατασκευαστών των εργαλείων, ώστε να μεγιστοποιείται η διάρκεια ζωής των εργαλείων και να επιτυγχάνεται όσο το δυνατόν περισσότερο η επιδιωκόμενη ποιότητα επιφανείας ανάλογα με το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου και του διαθέσιμου κοπτικού εργαλείου. Επίσης, η πρόωση επηρεάζει τον χρόνο που απαιτείται για τη διεξαγωγή της κατεργασίας.

Οι περισσότεροι τόρνοι γενικής χρήσεως φέρουν επάνω στο κιβώτιο ταχυτήτων ένα διάγραμμα, με τη βοήθεια του οποίου, όταν γνωρίζουμε την ταχύτητα κοπής v και τη διάμετρο τριεξέσεως d , μπορούμε να υπολογίσουμε τον αναγκαίο αριθμό στροφών που θα πάρει η κύρια άτρακτος του τόρνου. Επίσης μπορούμε να ορίζουμε και τη θέση των σχετικών μοχλών στο κιβώτιο ταχυτήτων.

Σε εργασίες παραγωγής σειράς, σε αυτόματα μηχανήματα, σε τόρνους ρεβόλβερ και γενικά σε μηχανήματα εξοπλισμένα με πολλά κοπτικά εργαλεία, εφαρμόζονται μικρότερες ταχύτητες κοπής, τέτοιες ώστε η διάρκεια ζωής να είναι μεγαλύτερη από μια ώρα, γιατί συνεχής αλλαγή και ρύθμιση των εργαλείων αυξάνει τους νεκρούς χρόνους και συνεπώς μειώνει την παραγωγικότητα.

Πίνακας 6. Επιλογή συνθηκών κατεργασίας με τη χρήση διαγράμματος.

Διάγραμμα καθορισμού ταχυτήτων τόρνου.

Το βάθος κοπής επιλέγεται ανάλογα με τον τύπο της εκτελούμενης κατεργασίας, δηλ. ξεχόνδρισμα ή φινίρισμα, και πρέπει να βρίσκεται εντός των ορίων που προδιαγράφει ο κατασκευαστής του εργαλείου. Ανάλογα με τον τύπο και τις μηχανικές ιδιότητες του εργαλείου για το ξεχόνδρισμα επιλέγεται βάθος κοπής χονδρικά έως 1 - 1,5mm για εργαλεία από σκληρομέταλλο και έως 2mm για εργαλεία με πλακίδιο από καρβίδια (βίδια). Για το φινίρισμα, οι τιμές του βάθους κοπής είναι συνήθως μικρότερες των 0,3 mm. Αυτές οι τιμές είναι ενδεικτικές και δεν πρέπει να λαμβάνονται κατά γράμμα, καθώς έχει σημασία η συγκράτηση των εργαλείων στη μανέλα και αυτή με τη σειρά της στο εργαλειοφορείο, όπως επίσης και η διαθέσιμη ισχύς της εργαλειομηχανής κτλ. Σε κάθε περίπτωση, όμως, σημειώστε ότι οι συνθήκες κατεργασίας πρέπει να επιλέγονται συντηρητικά, ώστε να εξασφαλίζεται η ασφάλεια κατά την εργασία και η αποφυγή ατυχημάτων.

Εκλογή χαρακτηριστικών κοπής

Είναι φανερό ότι όσο μεγαλύτερες τιμές έχουν η ταχύτητα κοπής, η πρόωση και το βάθος κοπής, τόσο πιο γρήγορα τελειώνει η κατεργασία και τόσο πιο μικρό είναι το κόστος της. Τις περισσότερες όμως φορές υπάρχουν ορισμένοι περιορισμοί στην αύξηση των παραπάνω τιμών.

Ειδικότερα:

α) Όταν πραγματοποιείται κατεργασία φινιρίσματος σ' ένα κομμάτι, πρέπει αναγκαστικά να εφαρμοστεί μικρή πρόωση και μικρό βάθος κοπής για να επιτευχθεί λεία και καθαρή επιφάνεια. Έτσι, η μόνη δυνατότητα που απομένει είναι η αύξηση της ταχύτητας κοπής.

β) Το βάθος κοπής κατά το ξεχόνδρισμα μπορεί να αυξηθεί στα μεγαλύτερα επιτρεπτά όρια. Συχνά όμως το κομμάτι, ιδίως όταν είναι χυτό, δεν έχει πολλά περιθώρια για αφαίρεση υλικού με μεγάλο βάθος κοπής.

γ) Σχετικά τώρα με την ταχύτητα κοπής, υπάρχουν και εδώ περιορισμοί και πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη ότι αυτή εξαρτάται από:

- Την ποιότητα του κοπτικού εργαλείου.
- Τη σκληρότητα του κομματιού.
- Την ισχύ, τη στιβαρότητα και το βαθμό φθοράς του τórνου ή της φρέζας.
- Τη δυνατότητα καλής συγκρατήσεως του κομματιού στον τórνο, ώστε να παρουσιάζει ασφάλεια στις στροφές που θα πάρει.
- Τη διάρκεια ζωής του εργαλείου, δηλαδή το χρονικό διάστημα σε ώρες που μεσολαβεί μεταξύ δύο ακονισμάτων (για τα μεταλλικά κοπτικά εργαλεία).
- Τη χρήση ή μη ψυκτικού υγρού.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι πρέπει να επιλέγεται πάντα η μεγαλύτερη δυνατή ταχύτητα κοπής, αφού ληφθούν υπόψη και οι παραπάνω παράγοντες. Για εργασίες ξεχονδρίσματος στον τórνο η πρόωση πρέπει να είναι χονδρικά το $1/5$ του βάθους κοπής ($s = a/5$) και γενικά $s = a/3$ έως $a/8$. Όμως για τórνους μέτριου μεγέθους και για ξεχόνδρισμα δε χρησιμοποιείται πρόωση μεγαλύτερη από ένα χιλιοστό (1 mm/στροφή).

Υπολογισμός του χρόνου κατεργασίας κατά την τórνευση

Πολλές φορές στο φασεολόγιο που καταστρώνεται για την υλοποίηση της κατεργασίας ενός τεμαχίου, πρέπει να δοθεί εκτίμηση για τον χρόνο της υλοποίησης αυτής.

Έστω, λοιπόν, ότι τórνεύεται ένα κομμάτι με μήκος l , με πρόωση $s \text{ mm/στρ}$ και $n \text{ στρ/min}$. Το εργαλείο, αφού σε μία στροφή προχωρεί κατά s , σε n στροφές που κάνει σε ένα λεπτό, θα προχωρήσει κατά $S = s \cdot n$ (ταχύτητα προώσεως). Αν t λεπτά είναι ο χρόνος τórνευσεως για το μήκος l , η μετατόπιση σε t λεπτά θα είναι

$$l = t \cdot S = t \cdot s \cdot n \Rightarrow t = \frac{l}{S} = \frac{l}{s \cdot n} \text{ min}$$

Ο χρόνος αυτός είναι ο χρόνος μηχανής, δηλαδή ο καθαρός χρόνος κοπής. Φυσικά ο πραγματικός χρόνος κατεργασίας είναι σημαντικά μεγαλύτερος, γιατί περιλαμβάνει και

τους βοηθητικούς χρόνους κατεργασίας και διάφορους άλλους χρόνους (απώλειες), οι οποίοι είτε γίνονται μόνο μία φορά, στην αρχή ή στο τέλος της κατεργασίας, είτε επαναλαμβάνονται σε κάθε όμοιο κομμάτι που θα κατεργασθεί στον τόρνο.

Στις κατεργασίες που γίνονται μόνο μία φορά σε μία παραγωγή όμοιων κομματιών σημειώνονται οι εξής:

- Αφαίρεση του τσοκ και προσαρμογή του πλατώ ή αντίστροφα για τη συγκράτηση των κομματιών.
- Μετατόπιση του κεντροφορέα και σταθεροποίηση του στην κατάλληλη θέση.
- Τοποθέτηση των κατάλληλων κοπτικών εργαλείων για την εκάστοτε κατεργασία.
- Παραλαβή και προσκόμιση των αναγκαίων ελεγκτήρων.
- Εργασίες για την επαναφορά γενικά του τόρνου στην αρχική του κατάσταση.

Επίσης ως εργασίες που επαναλαμβάνονται σε κάθε όμοιο κομμάτι σημειώνονται οι εξής:

- Συγκράτηση του κομματιού (στο τσοκ, στα κέντρα ή στο πλατώ).
- Πλησίασμα του εργαλειοφορείου και εμπλοκή του κοπτικού εργαλείου.
- Χειρισμός των μοχλών για την επίτευξη των αναγκαίων συνθηκών κοπής (στροφές, πρόωση, βάθος κοπής).
- Μέτρηση με όργανο μετρήσεως και έλεγχος με ελεγκτήρα κλπ.

Οι παραπάνω απαραίτητοι βοηθητικοί χρόνοι στους συμβατικούς τόρνους έχουν μεγάλη σημασία, γιατί πολλές φορές είναι πολλαπλάσιοι του καθαρού χρόνου κοπής (χρόνος μηχανής). Γι' αυτό και οι χειριστές επιδιώκουν να ελαττώνονται οι επαναλαμβανόμενοι αυτοί νεκροί χρόνοι.

6. ΧΡΗΣΗ ΦΑΣΕΟΛΟΓΙΟΥ

Η κατάστρωση και χρήση ενός φασεολογίου είναι απαραίτητη για κάθε τεμάχιο προς κατεργασία, γιατί με αυτόν τον τρόπο γίνεται συστηματικός ο τρόπος εργασίας και η διαδοχή των φάσεων για υλοποίηση τεμαχίων σύμφωνα με τις τιθέμενες κάθε φορά προδιαγραφές ποιότητας. Επίσης, διευκολύνει την εργασία όταν κατασκευάζεται μεγάλο πλήθος ίδιων τεμαχίων, δεδομένου ότι με αυτόν τον τρόπο τα παραγόμενα τεμάχια κατασκευάζονται με τον ίδιο τρόπο και έτσι αποφεύγονται αποκλίσεις που προκύπτουν από πιθανή διαφορετική σειρά φάσεων κατεργασίας.

Σε περίπτωση που απαιτείται η κατεργασία τεμαχίου παρόμοιου με ένα προηγούμενο, π.χ. διαφορά σε συγκεκριμένες διαστάσεις ή σε λεπτομέρειες του τεμαχίου, είναι εύκολη η κατεργασία, αφού χρησιμοποιείται το ήδη υπάρχον (βέλτιστο) φασεολόγιο για αναφορά και γρήγορα υλοποιείται το φασεολόγιο για το νέο τεμάχιο.

7. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΟΡΝΟΥ CNC

Πίνακας συνήθων εντολών G και M

Συνήθειες Εντολές G		Συνήθειες Εντολές M	
G00	Ευθύγραμμη ταχεία κίνηση χωρίς κοπή	M02	Τέλος προγράμματος
G01	Γραμμική παρεμβολή – ευθύγραμμη κοπτική κίνηση	M03	Περιστροφή ατράκτου (ωρολογιακή φορά)
G02	Κυκλική παρεμβολή – κοπτική κίνηση (ωρολογιακή φορά)	M04	Περιστροφή ατράκτου (ανθωρολογιακή φορά)
G03	Κυκλική παρεμβολή – κοπτική κίνηση (ανθωρολογιακή φορά)	M05	Σταμάτημα ατράκτου και ψυκτικού υγρού
G04	Χρονική καθυστέρηση	M06	Αλλαγή εργαλείου
G20	Αγγλοσαξωνικό σύστημα μονάδων	M08	Έναρξη ψυκτικού υγρού
G21	Μετρικό σύστημα μονάδων	M09	Σταμάτημα ψυκτικού υγρού
G28	Επιστροφή στο σημείο αναφοράς της EM	M30	Τέλος προγράμματος και επιστροφή στην αρχή
G70- G79	Έτοιμοι κύκλοι κατεργασίας	M01	Προαιρετικό σταμάτημα προγράμματος
G80	Ακύρωση έτοιμων κύκλων κατεργασίας	M98	Κλήση υπορουτίνας
G90	Χρήση απόλυτων συντεταγμένων	M99	Επιστροφή στο κυρίως πρόγραμμα
G91	Χρήση σχετικών συντεταγμένων		
G98	Ταχύτητα πρόωσης σε mm/min		
G99	Ταχύτητα πρόωσης σε mm/rev		

7.1. Σύνταξη γραμμής (μπλοκ) G-κώδικα

N10 G01 X10.5 Y23.2 Z2.0 F100

Περιορισμοί

- Κάθε γραμμή μπορεί να περιέχει μόνο ένα είδος κίνησης του ΚΕ.
- Κάθε γραμμή μπορεί να περιέχει περισσότερους από έναν κωδικούς G, αρκεί αυτοί να μην αναφέρονται σε διαφορετικά είδη κίνησης.
- Κάθε γραμμή μπορεί να περιέχει μόνο μια εντολή για την ταχύτητα πρόωσης.
- Κάθε γραμμή μπορεί να περιέχει μόνο μια εντολή για την ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου.
- Τόσο η εντολή εκκίνησης του προγράμματος όσο και η εντολή τέλους δε μπορούν να είναι στην ίδια γραμμή με άλλες εντολές.

7.2. Βασικές εντολές κίνησης

7.2.1 G00 - Ευθύγραμμη ταχεία κίνηση χωρίς κοπή

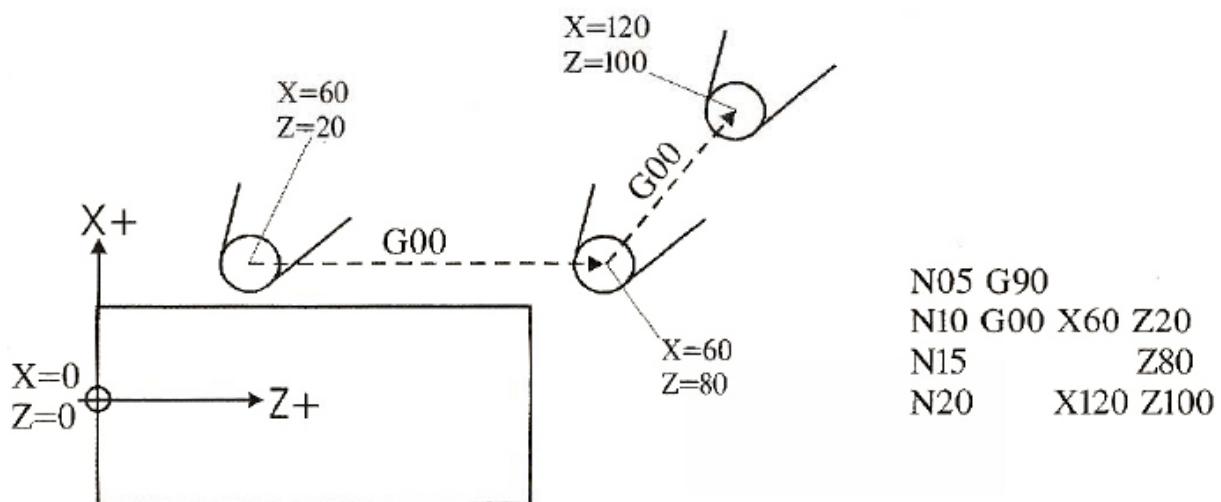
Περιγραφή κίνησης

Το ΚΕ μετακινείται ευθύγραμμα, χωρίς να κόβει, από ένα σημείο σε ένα άλλο με τη μέγιστη δυνατή ταχύτητα της ΕΜ.

Σύνταξη εντολής

N... G00 X... Z...

Παράδειγμα



Παρατηρήσεις

Στην εντολή, μετά τα X και Z συμπληρώνονται οι συντεταγμένες του τελικού σημείου.

Χρησιμοποιείται για την προσέγγιση του ΚΕ κοντά στο υλικό ώστε να πάρει θέση πριν την αρχή της κατεργασίας.

Χρησιμοποιείται για τη γρήγορη μετακίνηση του ΚΕ σε διαφορετικές θέσεις κατεργασίας, έτσι ώστε να μειώνονται οι νεκροί (μη κοπτικοί) χρόνοι.

Χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση του ΚΕ από το υλικό μετά το τέλος της κατεργασίας.

7.2.2 G01 – Γραμμική παρεμβολή – ευθύγραμμη κοπτική κίνηση

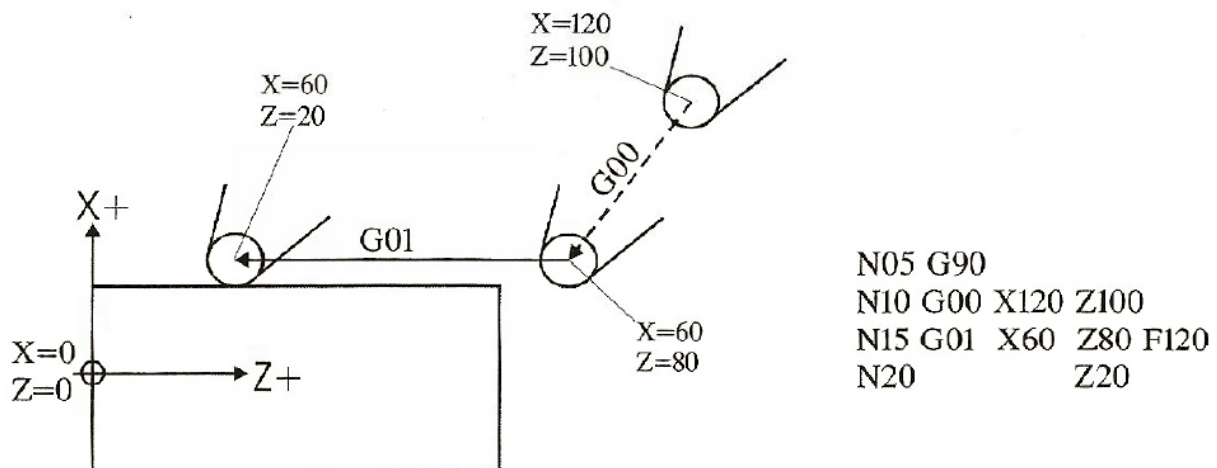
Περιγραφή κίνησης

Το ΚΕ μετακινείται ευθύγραμμα, κόβοντας, από ένα σημείο σε ένα άλλο με μια καθορισμένη τιμή για την ταχύτητα πρόωσης.

Σύνταξη εντολής

N... G01 X... Z... F...

Παράδειγμα



Παρατηρήσεις

Στην εντολή, μετά τα X και Z, συμπληρώνονται οι συντεταγμένες του τελικού σημείου.

Στην εντολή, μετά το F, συμπληρώνεται η τιμή της ταχύτητας πρόωσης. Οι χρησιμοποιούμενες μονάδες αντιστοιχούν στο σύστημα μονάδων που έχει οριστεί στην αρχή του προγράμματος.

7.2.3 G02 – Κυκλική παρεμβολή – κοπτική κίνηση (ωρολογιακή φορά)

Περιγραφή κίνησης

Το ΚΕ μετακινείται κυκλικά ακολουθώντας φορά σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού, κόβοντας, από ένα σημείο σε ένα άλλο με μια καθορισμένη τιμή για την ταχύτητα πρόωσης.

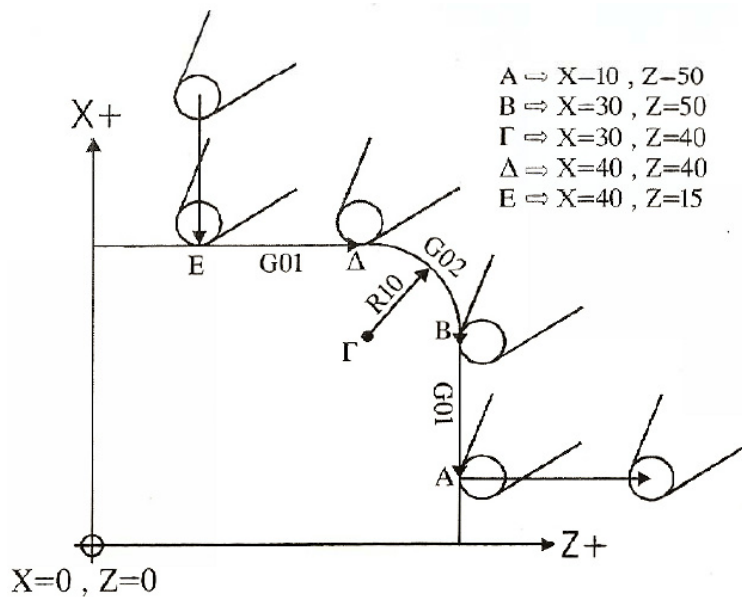
Σύνταξη εντολής

N... G02 X... Z... I... K... F...

ή

N... G02 X... Z... R... F...

Παράδειγμα



```

N10 G01 X40 Z15 F150
N20           Z40
N30 G02 X30 Z50 I-10 K0
N40 G01 X10

```

ή

```

N10 G01 X40 Z15 F150
N20           Z40
N30 G02 X30 Z50 R10
N40 G01 X10

```

Παρατηρήσεις

Στην εντολή, μετά τα X και Z, συμπληρώνονται οι συντεταγμένες του τελικού σημείου.

Στην εντολή, μετά τα I και K, συμπληρώνονται οι αποστάσεις του κέντρου της κυκλικής τροχιάς από το αρχικό σημείο στους άξονες X και Z αντίστοιχα.

Στην εντολή, μετά το R, συμπληρώνεται η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς. Αν ισχύει $R > 0$ τότε διαγράφεται το μικρότερο τόξο της κυκλικής τροχιάς. Αν ισχύει $R < 0$ τότε διαγράφεται το μεγαλύτερο τόξο της κυκλικής τροχιάς.

Στην εντολή, μετά το F, συμπληρώνεται η τιμή της ταχύτητας πρόωσης. Οι χρησιμοποιούμενες μονάδες αντιστοιχούν στο σύστημα μονάδων που έχει οριστεί στην αρχή του προγράμματος.

7.2.4 G03 - Κυκλική παρεμβολή - κοπτική κίνηση (ανθρωρολογιακή φορά)

Περιγραφή κίνησης

Το ΚΕ μετακινείται κυκλικά ακολουθώντας φορά αντίθετη από τους δείκτες του ρολογιού, κόβοντας, από ένα σημείο σε ένα άλλο με μια καθορισμένη τιμή για την ταχύτητα πρόωσης.

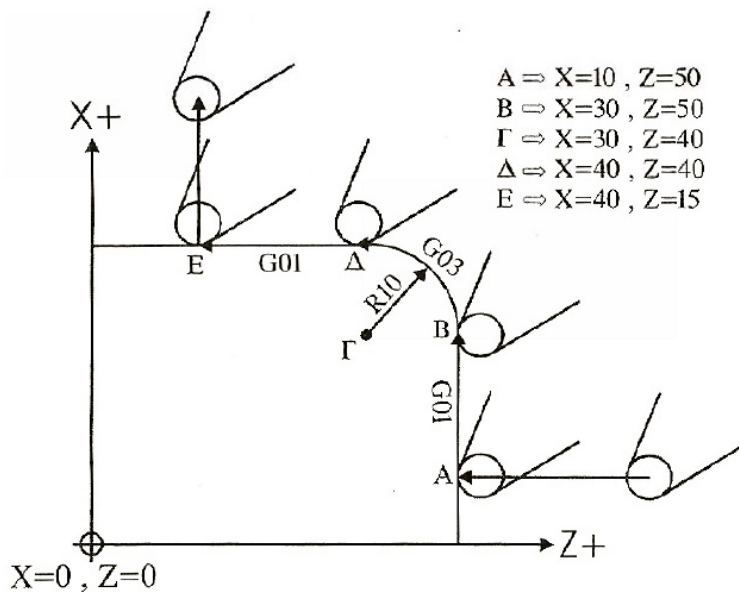
Σύνταξη εντολής

N... G03 X... Z... I... K... F...

ή

N... G03 X... Z... R... F...

Παράδειγμα



```
N10 G01 X10 Z50 F150
N20 X30
N30 G03 X40 Z40 I0 K-10
N40 G01 Z15
```

ή

```
N10 G01 X10 Z50 F150
N20 X30
N30 G03 X40 Z40 R10
N40 G01 Z15
```

Παρατηρήσεις

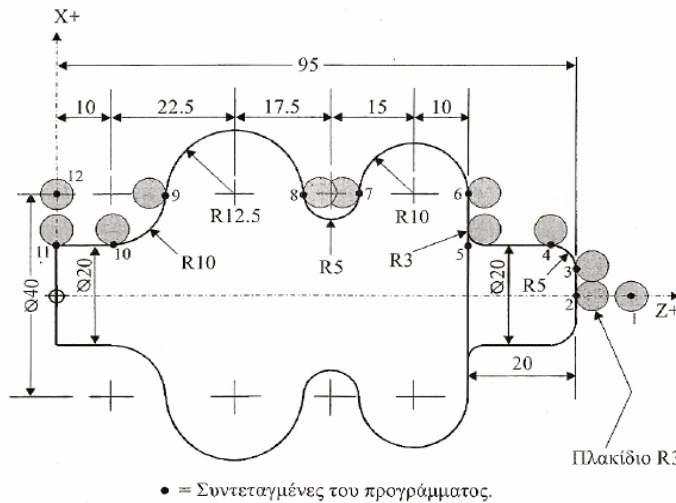
Στην εντολή, μετά τα X και Z, συμπληρώνονται οι συντεταγμένες του τελικού σημείου.

Στην εντολή, μετά τα I και K, συμπληρώνονται οι αποστάσεις του κέντρου της κυκλικής τροχιάς από το αρχικό σημείο στους άξονες X και Z αντίστοιχα.

Στην εντολή, μετά το R, συμπληρώνεται η ακτίνα της κυκλικής τροχιάς. Αν ισχύει $R > 0$ τότε διαγράφεται το μικρότερο τόξο της κυκλικής τροχιάς. Αν ισχύει $R < 0$ τότε διαγράφεται το μεγαλύτερο τόξο της κυκλικής τροχιάς.

Στην εντολή, μετά το F, συμπληρώνεται η τιμή της ταχύτητας πρόωσης. Οι χρησιμοποιούμενες μονάδες αντιστοιχούν στο σύστημα μονάδων που έχει οριστεί στην αρχή του προγράμματος.

Επιλέον παραδείγματα κυκλικών παρεμβολών



```

%
:O15
N10 G21 G40
N20 G50 S3000
N30 G28 G91 X0 Y0
N40 M06 T01
N50 G96 S250 M13
N70 G90 G00 X0 Z110
N80 G01 G42 Z95 F.2
N90 X10
N100 G03 X20 Z90 I0 K-5
N110 G01 Z75
N120 X40
N130 G03 X40 Z55 I0 K-10
N140 G02 X40 Z45 I0 K-5
N150 G03 X40 Z20 I0 K-12.5
N160 G02 X20 Z10 I0 K-10
M170 G01 Z0
N180 G40 X40
N190 M30
  
```

7.3 Συνήθεις Τυποποιημένοι Κύκλοι Τόρνευσης (Canned Cycles)

Οι παρακάτω Τυποποιημένοι Κύκλοι Τόρνευσης αφορούν κυρίως controllers της εταιρίας FANUC, αλλά συναντώνται και σε άλλους controllers της αγοράς. Προσοχή: Μετά το τέλος ενός τυποποιημένου κύκλου, το εργαλείο επιστρέφει στη θέση που βρισκόταν πριν να ενεργοποιηθεί ο κύκλος.

Πλεονεκτήματα Χρήσης Τυποποιημένων κύκλων

1. Οι κύκλοι κάνουν ευκολότερη τη διαχείριση των προγραμμάτων
2. Επαναλαμβανόμενες κινήσεις καταλαμβάνουν μόνο λίγα μπλοκ κώδικα
3. Αυξημένη παραγωγικότητα
4. Μικρότερη χρόνοι κατεργασίας τεμαχίων
5. Μικρότερα μεγέθη προγραμμάτων
6. Λιγότερη χρησιμοποιούμενη μνήμη αποθήκευσης
7. Καλύτερος έλεγχος των παραμέτρων κατεργασίας (βάθος κοπής, προώσεις, κτλ)

8. Καλύτερο φινίρισμα τεμαχίων και μεγαλύτερος χρόνος ζωής κοπτικών εργαλείων
9. Ευκολότερη διόρθωση προγραμμάτων.

Μειονεκτήματα Χρήσης Τυποποιημένων κύκλων

1. Η σύνταξη και ο τρόπος λειτουργίας των τυποποιημένων κύκλων εξαρτώνται από τον controller του εκάστοτε CNC
2. Ακόμα και σε διαφορετικές εκδόσεις του controller είναι πιθανόν οι κύκλοι να μην συντάσσονται με τον ίδιο τρόπο
3. Δεν μπορούν όλοι οι προγραμματιστές να αντιληφθούν πλήρως τη λειτουργία των κύκλων
4. Σοβαρή μετατροπή των κύκλων απαιτεί βαθιά γνώση του προγραμματισμού.

7.3.1 Κύκλος Ξεχονδρίσματος (Εκχόνδρισης) G71

Σύνταξη:

...

N100 G71 U2 R1

N110 G71 P120 Q300 U0.5 W0.1 F300

...

Επεξήγηση

Αυτός ο τυποποιημένος κύκλος συντάσσεται σε δύο γραμμές κώδικα (μπλοκ).

- Στο πρώτο μπλοκ:

G71: Δήλωση κύκλου ξεχονδρίσματος.

U: Βάθος κοπής κάθε πάσου στη διεύθυνση X

R: Απομάκρυνση του εργαλείου για επιστροφή μετά την κοπή ενός πάσου

- Στο δεύτερο μπλοκ:

G71: Συνέχεια δήλωσης κύκλου. Προσοχή, πρέπει να επαναληφθεί και σε αυτό το μπλοκ.

P: Ο αύξων αριθμός του μπλοκ στο οποίο ξεκινά η δήλωση της τελικής μορφής του κατεργαζόμενου τεμαχίου, π.χ. αν ξεκινά στο μπλοκ N120, σημειώνουμε P120.

Q: Ο αύξων αριθμός του μπλοκ στο οποίο τελειώνει η δήλωση της τελικής μορφής του κατεργαζόμενου τεμαχίου, π.χ. αν τελειώνει στο μπλοκ N300, σημειώνουμε Q300.

Μεταξύ των μπλοκ που ορίζουν τα P και Q, υπάρχει η δήλωση της τελικής γεωμετρίας του τεμαχίου, η οποία δίνεται σαν να πραγματοποιούνταν φινίρισμα.

Πάσα ξεχονδρίσματος θα επαναλαμβάνονται μέχρι ο controller να συναντήσει αυτήν την καθορισμένη γεωμετρία τεμαχίου.

U: Υλικό που αφήνουμε για να υποστεί κατεργασία φινιρίσματος κατά τη διεύθυνση X (σε μονάδες ακτίνας), π.χ. 0.5 mm

W: Υλικό που αφήνουμε για να υποστεί κατεργασία φινιρίσματος κατά τη διεύθυνση Z, π.χ. 0.1 mm

F: πρόωση σε mm/min ή σε mm/rev. Ισχύει για όλον τον τυποποιημένο κύκλο και δεν αλλάζει μεταξύ των P και Q.

7.3.2 Κύκλος Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης) G70

Σύνταξη:

...

N200 G70 P120 Q300 F100

...

Επεξήγηση

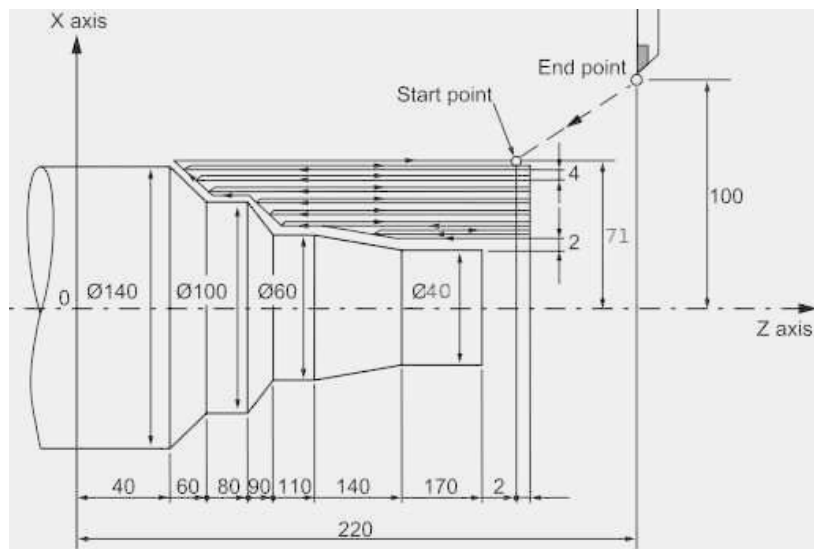
G70: Δήλωση κύκλου φινιρίσματος.

P: Ο αύξων αριθμός του μπλοκ στο οποίο ξεκινά η δήλωση της τελικής μορφής του κατεργαζόμενου τεμαχίου, όπως στον κύκλο ξεχονδρίσματος.

Q: Ο αύξων αριθμός του μπλοκ στο οποίο τελειώνει η δήλωση της τελικής μορφής του κατεργαζόμενου τεμαχίου, όπως στον κύκλο ξεχονδρίσματος.

F: πρόωση σε mm/min ή σε mm/rev. Ισχύει για όλον τον τυποποιημένο κύκλο και δεν αλλάζει μεταξύ των P και Q.

Προσοχή: Ένας κύκλος φινιρίσματος (G70) ακολουθεί έναν κύκλο ξεχονδρίσματος (G71). Πριν ενεργοποιηθεί ο κύκλος φινιρίσματος, θα πρέπει το εργαλείο να βρίσκεται ακριβώς στο ίδιο σημείο που βρισκόταν πριν την ενεργοποίηση του κύκλου ξεχονδρίσματος.

Παράδειγμα (Κύκλοι Ξεχονδρίσματος - Φινιρίσματος):

```

P7100
N10 M06 T01
N20 M03 S3000
N30 G00 G90 X142 Z171
N40 G71 U4 R1
N50 G71 P60 Q120 U4 W2 F300
N60 G00 X40
N70 G01 Z140 F0.2
N80 G01 X60 Z110
N90 G01 Z90
N100 G01 X100 Z80
N110 G01 Z60
N120 G01 X140 Z40
N130 G70 P60 Q120 F150
N140 G00 X200 Z220
N150 M02 M05 M30

```

3. Ξεχόνδρισμα Προσώπου G72Σύνταξη:

...

N300 G72 W2 R2

N310 G72 P320 Q400 U0.2 W0.1 R0 F300

...

Επεξήγηση

Αυτός ο τυποποιημένος κύκλος συντάσσεται σε δύο γραμμές κώδικα (μπλοκ).

- Στο πρώτο μπλοκ:

G72: Δήλωση κύκλου ξεχονδρίσματος προσώπου

W: Βάθος κοπής κάθε πάσου στη διεύθυνση Z

R: Απομάκρυνση του εργαλείου για επιστροφή μετά την κοπή ενός πάσου

- Στο δεύτερο μπλοκ:

G72: Συνέχεια δήλωσης κύκλου. Προσοχή, πρέπει να επαναληφθεί και σε αυτό το μπλοκ.

P: Ο αύξων αριθμός του μπλοκ στο οποίο ξεκινά η δήλωση της τελικής μορφής του κατεργαζόμενου τεμαχίου, π.χ. αν ξεκινά στο μπλοκ N320, σημειώνουμε P320.

Q: Ο αύξων αριθμός του μπλοκ στο οποίο τελειώνει η δήλωση της τελικής μορφής του κατεργαζόμενου τεμαχίου, π.χ. αν τελειώνει στο μπλοκ N400, σημειώνουμε Q400.

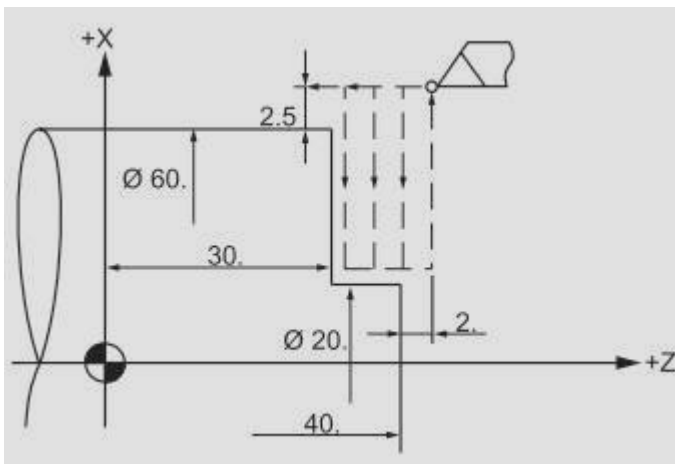
U: Υλικό που αφήνουμε για να υποστεί κατεργασία φινιρίσματος προσώπου κατά τη διεύθυνση X (σε μονάδες ακτίνας), π.χ. 0.5 mm

W: Υλικό που αφήνουμε για να υποστεί κατεργασία φινιρίσματος προσώπου κατά τη διεύθυνση Z, π.χ. 0.1 mm

R: Κωνικότητα προσώπου. Με 0 δεν υπάρχει κωνικότητα. Γενικά, δίνεται από τον τύπο $R = (\text{Διάμετρος Αρχής} - \text{Διάμετρος Τέλους}) / 2$

F: πρόωση σε mm/min ή σε mm/rev. Ισχύει για όλον τον τυποποιημένο κύκλο και δεν αλλάζει μεταξύ των P και Q.

Παράδειγμα:



```
P7200
N10 M06 T02
N20 M03 S2000
N30 G00 X65 Z42
N40 G72 W2 R2
N50 G72 P60 Q70 U0 W0 R0 F300
N60 G00 Z30
N70 G01 X20
N80 M02 M05 M30
```

4. Φινίρισμα Προσώπου G94

Σύνταξη:

...

N400 G94 X20 Z30 R0 F100

...

Επεξήγηση

G94: Δήλωση κύκλου φινιρίσματος προσώπου

X, Z: οι συντεταγμένες του τελικού σημείου του προσώπου.

R: Κωνικότητα προσώπου. Με 0 δεν υπάρχει κωνικότητα. Γενικά, δίνεται από τον τύπο $R = (\text{Διάμετρος Αρχής} - \text{Διάμετρος Τέλους}) / 2$

F: πρόωση σε mm/min ή σε mm/rev. Ισχύει για όλον τον τυποποιημένο κύκλο.

5. Κοπή Σπειρώματος σε πολλά πάσα (Ξεχόνδρισμα Σπειρώματος) G76

Σύνταξη:

...

N500 G76 P050060 Q100 R0.05

N510 G76 X30 Z-20 P1024 Q200 R0 F2

...

Επεξήγηση

Αυτός ο τυποποιημένος κύκλος συντάσσεται σε δύο γραμμές κώδικα (μπλοκ).

- Στο πρώτο μπλοκ:

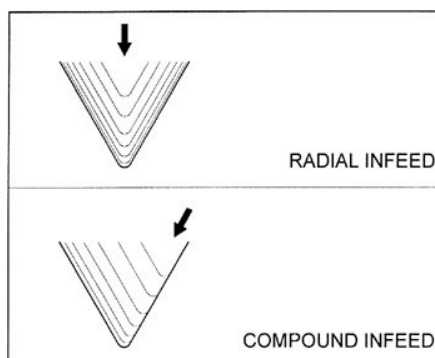
G76: Δήλωση κύκλου κοπής σπειρώματος σε πολλά πάσα.

P AABBBCC: Το P ακολουθείται από έναν εξαψήφιο αριθμό, ο οποίος είναι χωρισμένος σε ζευγάρια

AA: Αριθμός πάσων για τη δημιουργία του σπειρώματος, π.χ. 05

BB: Γωνία εξόδου του εργαλείου από το σπείρωμα. Π.χ. 00 σημαίνει ότι το εργαλείο κινείται υπό γωνία 45°, ώστε να κάνει ανακούφιση στο άκρο του σπειρώματος.

CC: Γωνία εισόδου του εργαλείου. Συνήθως ταυτίζεται με τον τύπο του κατεργαζόμενου σπειρώματος. Π.χ. 60° για Μετρικό σπείρωμα και 55° για Αγγλοσαξωνικό σπείρωμα. Γωνία 0° σημαίνει ότι το εργαλείο μπαίνει κάθετα στο τεμάχιο, πράγμα που συνηθίζεται μόνο για τετραγωνικά σπείρωματα.



Q: το βάθος κοπής του κάθε πάσου σε μm, π.χ. αν θέλουμε βάθος κοπής 0,5mm, θα εισάγουμε Q500 και αφορά διάμετρο τεμαχίου.

R: το βάθος κοπής του τελευταίου πάσου (πάσου φινιρίσματος του σπειρώματος) και αφορά διάμετρο τεμαχίου.

- Στο δεύτερο μπλοκ:

G76: Συνέχεια δήλωσης κύκλου. Προσοχή, πρέπει να επαναληφθεί και σε αυτό το μπλοκ.

X, Z: οι συντεταγμένες του τελικού σημείου του σπειρώματος, δηλ. X είναι η διάμετρος

πυρήνα του σπειρώματος και Z το μήκος (ή η τελευταία Z συντεταγμένη) του σπειρώματος.

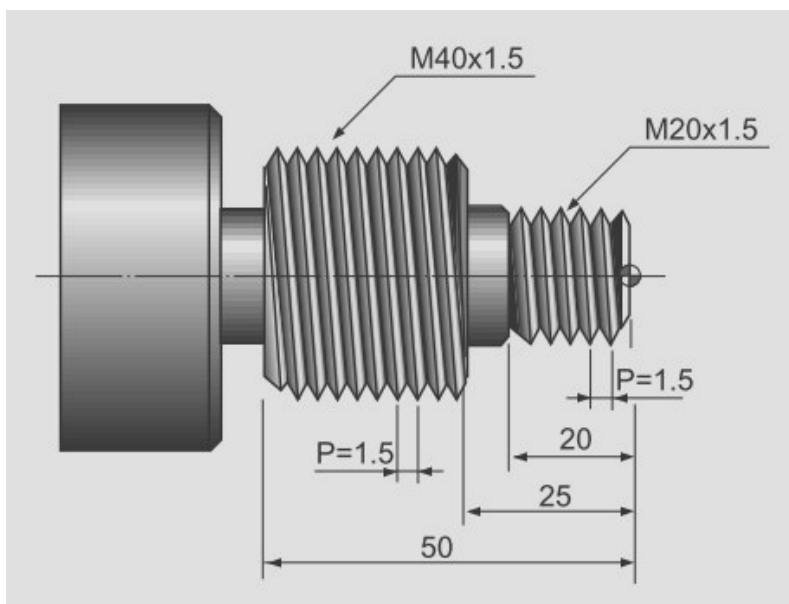
P: Ύψος σπειρώματος σε mm. Προσοχή: Δίνεται σε ακτίνα, όχι σε διάμετρο.

Q: Βάθος κοπής του πρώτου πάσου σε mm.

R: Κωνικότητα του σπειρώματος. Συνήθως τοποθετούμε 0, ώστε να δημιουργηθεί σπείρωμα χωρίς κωνικότητα. Γενικά, δίνεται από τον τύπο $R = (\text{Διάμετρος Αρχής} - \text{Διάμετρος Τέλους}) / 2$

F: Βήμα σπειρώματος σε mm.

Παράδειγμα



P7600
 N10 M06 T03
 N20 G97 S800 M03
 N30 G00 X30 Z5 T0303
 N40 G76 P021060 Q100 R100
 N50 G76 X18.2 Z-20 P900 Q200 F1.5
 N60 G00 X50 Z-20
 N70 G76 P021060 Q100 R100
 N80 G76 X38.2 Z-52 P900 Q200 F1.5
 N90 G00 X200 Z200
 N100 M02 M05 M30

6. Κοπή Σπειρώματος σε ένα πάσο (Φινίρισμα Σπειρώματος) G92

Σύνταξη:

...

N600 G92 X30 Z-20 F2

...

Επεξήγηση

G92: Δήλωση κύκλου σπειρώματος σε ένα πάσο.

X, Z: Τελικές συντεταγμένες του σπειρώματος

F: Βήμα σπειρώματος

Παράδειγμα

Στο τεμάχιο του προηγούμενου σχήματος, ο αντίστοιχος κώδικας G θα ήταν:

P9200

N10 M06 T03

N20 G97 S800 M03

N30 G00 X30 Z5 T0303

N40 G92 X18.2 Z-20 F1.5

N50 G00 X50 Z-20

N60 G92 X38.2 Z-52 F1 .5

N70 G00 X200 Z200

N80 M02 M05 M30

Ο κύκλος μένει ενεργοποιημένος μέχρι τη χρήση G00 ή του G80, που ακυρώνει οποιονδήποτε ενεργό τυποποιημένο κύκλο.

Αν επιθυμούμε να χρησιμοποιήσουμε το G92 για δημιουργία σπειρώματος σε πολλά πάσα, στην επόμενη γραμμή από τη δήλωση G92 τοποθετούμε συντεταγμένη X χωρίς όμως άλλη εντολή κίνησης, πχ. G00.

Παράδειγμα (Αλλαγή του παραπάνω κώδικα)

...

N40 G92 X20 Z-20 F1.5

N42 X19

N44 X18.2

N50 G00 X50 Z-20

...

Πίνακας Επιπλέον Εντολών G

Επιπλέον Εντολές κώδικα G	
G40	Ακρόρωση αντισταθμίσεων διαμέτρου
G41	Αντιστάθμιση της ακτίνας του κοπτικού αριστερά από το αντικείμενο ή κομμάτι
G42	Αντιστάθμιση της ακτίνας του κοπτικού δεξιά από το αντικείμενο ή κομμάτι
G49	Ακρόρωση αντισταθμίσεων μήκους
G96	Σταθερή ταχύτητα κοπής με έλεγχο των στροφών της ατράκτου (N.. G96 X.. S..)
G97	Σταθερές στροφές σε RPM (N.. G97 S..)
G92/G50	Περιορισμός στροφών ατράκτου (N.. G50 S..)

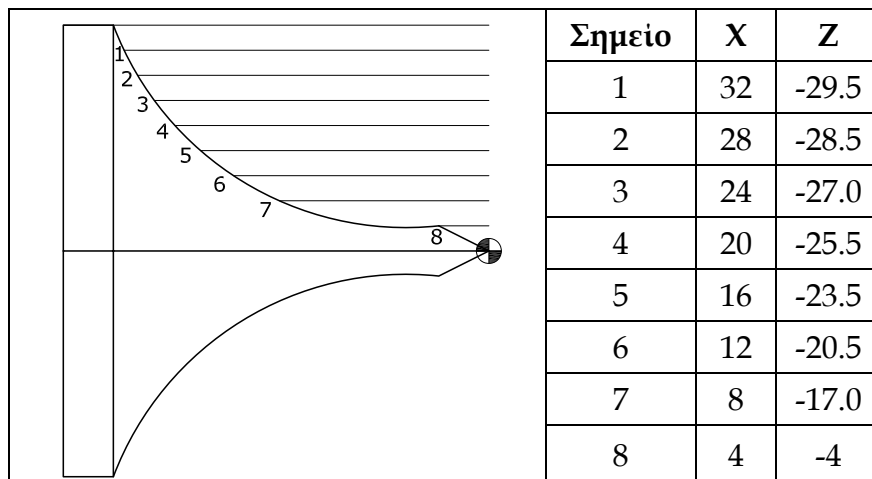
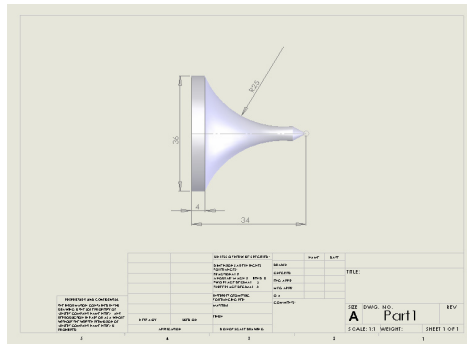
8. ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ CNC ΤΟΡΝΟΥ

Παράδειγμα 1 CNC Τόρνου

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Σημείο αναφοράς για τον προγραμματισμό θα ληφθεί αυτό που παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης [BILLET 38*50mm]
2. Δεξιό Εργαλείο Ξεχονδρίσματος – Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος)
4. Υλικό: Ορείχαλκος



	Γενικευμένος Κώδικας G για CNC Τόρνο (Universal G-code)	
[BILLET X38 Z50 [TOOLDEF T03 (Roughing Tool) [TOOLDEF T07 (Grooving Tool 2mm) N10 G21 G90 N20 G28 U0 W0 N30 M06 T03 N40 G97 M03 S1200 N50 G00 X40 Z0 N60 G01 X-0.2 F100 N70 G00 X40 N80 G71 U4. R2. N90 G71 P100 Q 140 U1 W0.1 F150 N100 G00 X0 N110 G00 Z0 N120 G01 X4 Z-4 F150 N130 G02 X36 Z-26 R25 F50 N140 G01 Z-34 N150 G01 X36 N160 G70 P100 Q140 N170 G28 U0 W0 N180 M06 T07 N190 G97 M03 S500 N200 G00 X40 Z-32.2 N210 G01 X2 F50 N220 G00 X40 N230 G28 U0 W0 N240 M05 N250 M02 N260 M30	(%) P1000 (ή 1000) N10 G21 G90 N20 G40 G80 N30 G28 G91 X0 Z0 N40 M06 T03 N50 G97 M03 S1000 N60 G90 G00 X40 Z0 N70 G01 X-0.5 F50 M08 N80 G01 Z2 N90 G00 X36 N100 G01 Z-34 N110 G01 X40 N120 G00 Z2 N130 G00 X32 N140 G01 Z-29.5 N150 G01 X40 N160 G00 Z2 N170 G00 X28 N180 G01 Z-28.5 N190 G01 X40 N200 G00 Z2 N210 G00 X24 N220 G01 Z-27.0 N230 G01 X40 N240 G00 Z2 N250 G00 X20 N260 G01 Z-25.5 N270 G01 X40 N280 G00 Z2 N290 G00 X16 N300 G01 Z-23.5 N310 G01 X40 N320 G00 Z2 N330 G00 X12 N340 G01 Z-20.5 N350 G01 X40 N360 G00 Z2 N370 G00 X8 N380 G01 Z-17.5 N390 G01 X40 N400 G00 Z2 N410 G00 X4 N420 G01 Z-4 N430 G01 X40 M09 N440 G28 G91 X0 Z0 N450 M06 T07 N460 G97 M03 S1500	N470 G90 G00 X0 N480 G00 Z2 N490 G01 Z0 F30 M08 N500 G01 X4 Z-4 N510 G02 X36 Z-30 R25 N520 G01 Z-34 N530 G01 X40 M09 N540 G28 G91 X0 Z0 N550 G40 G80 N560 M02 M05 M30 (%)

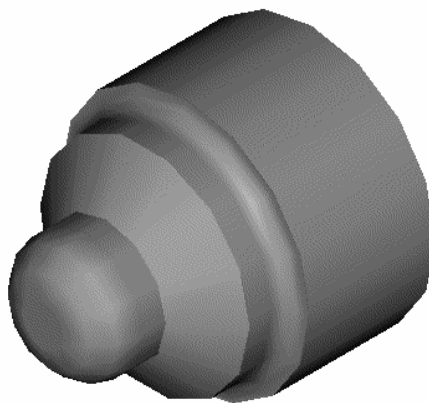
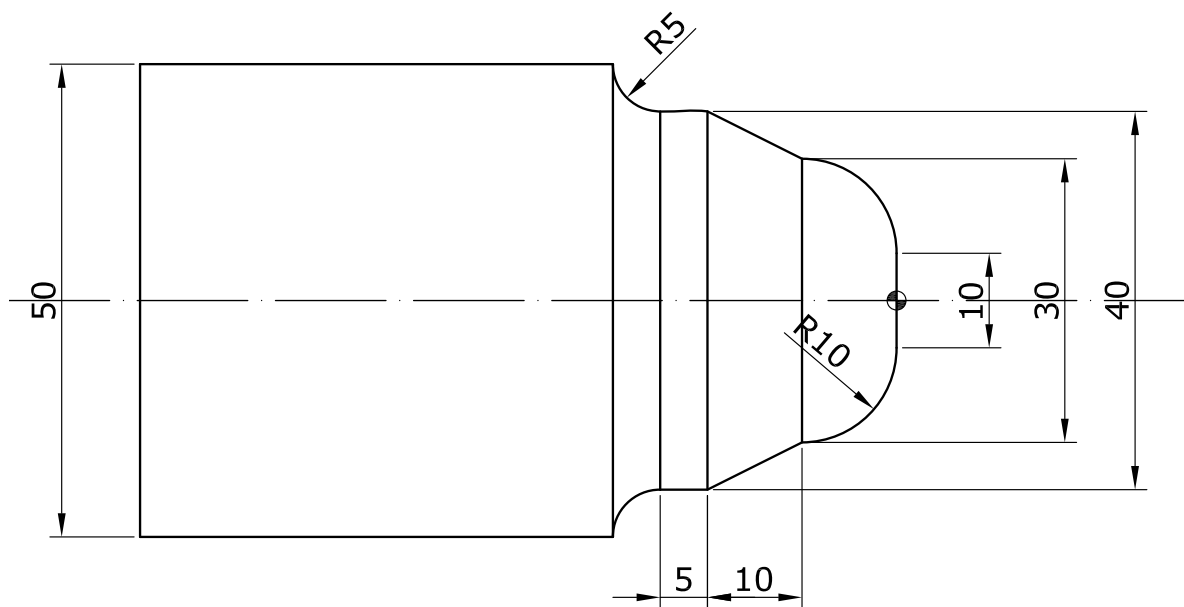
Σημείωση. Οι δύο παραπάνω κώδικες πραγματοποιούν ακριβώς την ίδια κατεργασία. Στον πρώτο χρησιμοποιούνται αυτόματοι κύκλοι, ενώ στο δεύτερο προγραμματίζονται όλες οι εντολές μία μία με το χέρι.

Παράδειγμα 2 CNC Τόρνου

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα και ζητείται να δημιουργηθεί το πρόγραμμα για την κατεργασία του. Σημείο αναφοράς για τον προγραμματισμό θα ληφθεί αυτό που παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης [BILLET 50*100mm]
2. Δεξιό Εργαλείο Ξεχονδρίσματος - Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος)
4. Υλικό: Ορείχαλκος



Κώδικας G	Επεξηγήσεις
[BILLET X50 Z100	Διαστάσεις αρχικού μπλοκ
P2300	Όνομα προγράμματος
N10 G21 G90	Μετρικό Σύστημα μονάδων, Απολύτες Συντεταγμένες
N20 G40 G80	Ακύρωση αντισταθμίσεων και κύκλων
N30 G28 X0 Z0	Επιστροφή του εργαλείου στην αρχή του συστ. συντεταγμένων του
N40 G99 M13 S1000	Πρόωση σε mm/rev, Δεξιόστροφη περιστροφή της ατράκτου με έναρξη κοπτικού υγρού
N50 M06 T01	Αλλαγή εργαλείου στο T01
N60 G00 X51 Z0 N70 G01 X-1 F2.5 N80 G00 X48 Z1	Τόρνευση μετώπου και επιστροφή εκτός τεμαχίου
N90 G01 Z-25 F1.5 N100 G01 X49 Z-24 N110 G00 Z1 N120 G00 X46 N130 G01 Z-25 N140 G01 X47 Z-24 N150 G00 Z1 N160 G00 X44 N170 G01 Z-25 N180 G01 X45 Z-24 N190 G00 Z1 N200 G00 X42 N210 G01 Z-25 N220 G01 X43 Z-24 N230 G00 Z1 N240 G00 X40 N250 G01 Z-25 N260 G01 X41 Z-24 N270 G00 Z1	Διαμήκης τόρνευση της περιοχής με διάμετρο 40mm
N280 G00 X38 N290 G01 Z-10 N300 G01 X40 Z-16 N310 G00 Z1 N320 G00 X36 N330 G01 Z-10 N340 G01 X40 Z-17 N350 G00 Z1 N360 G00 X34 N370 G01 Z-10 N380 G01 X40 Z-18 N390 G00 Z1 N400 G00 X32 N410 G01 Z-10 N420 G01 X40 Z-19 N430 G00 Z1 N440 G00 X30 N450 G01 Z-10 N460 G01 X40 Z-20	Κωνική τόρνευση

N470	G01	X48	Z-25		F3.5	Κυκλική παρεμβολή (δεξιόστροφη)
N480	G02	X50	Z-26	R5	F0.5	
N490	G00		Z-25			
N500	G01	X46			F3.5	
N510	G02	X50	Z-27	R5	F0.5	
N520	G00		Z-25			
N530	G01	X44			F3.5	
N540	G02	X50	Z-28	R5	F0.5	
N550	G00		Z-25			
N560	G01	X42			F3.5	
N570	G02	X50	Z-29	R5	F0.5	
N580	G00		Z-25			
N590	G01	X40			F3.5	
N600	G02	X50	Z-30	R5	F0.5	Κυκλική παρεμβολή (αριστερόστροφη)
N610	G01	X51	Z49			
N620	G00		Z0			
N630	G01	X28			F3.5	
N640	G03	X30	Z-1	R10	F0.5	
N650	G00		Z0			
N660	G01	X26			F3.5	
N670	G03	X30	Z-2	R10	F0.5	
N680	G00		Z0			
N690	G01	X24			F3.5	
N700	G03	X30	Z-3	R10	F0.5	
N710	G00		Z0			
N720	G01	X22			F3.5	
N730	G03	X30	Z-4	R10	F0.5	
N740	G00		Z0			
N750	G01	X20			F3.5	
N760	G03	X30	Z-5	R10	F0.5	
N770	G00		Z0			
N780	G01	X18			F3.5	
N790	G03	X30	Z-6	R10	F0.5	
N800	G00		Z0			
N810	G01	X16			F3.5	
N820	G03	X30	Z-7	R10	F0.5	
N830	G00		Z0			
N840	G01	X14			F3.5	
N850	G03	X30	Z-8	R10	F0.5	
N860	G00		Z0			
N870	G01	X12			F3.5	
N880	G03	X30	Z-9	R10	F0.5	
N890	G00		Z0			
N900	G01	X10			F3.5	
N910	G03	X30	Z-10	R10	F0.5	
N920	G01	X31	Z-9			
N930	G28	X0	Z0			Επιστροφή του εργαλείου στην αρχή του συστ. συντεταγμένων του
N940	G40	G80				Ακύρωση αντισταθμίσεων και κύκλων
N950	M02	M05	M30			Τέλος προγράμματος, διακοπή περιστροφής ατράκτου και επιστροφή στην αρχή του κώδικα

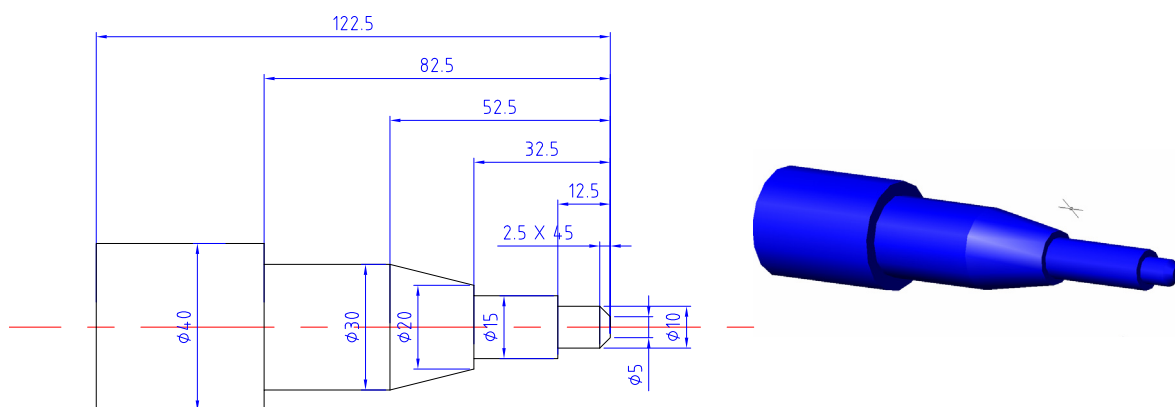
9. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΓΡΑΜ/ΜΟΥ CNC ΤΟΡΝΟΥ ΓΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗ

Εργαστηριακή Άσκηση 1 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

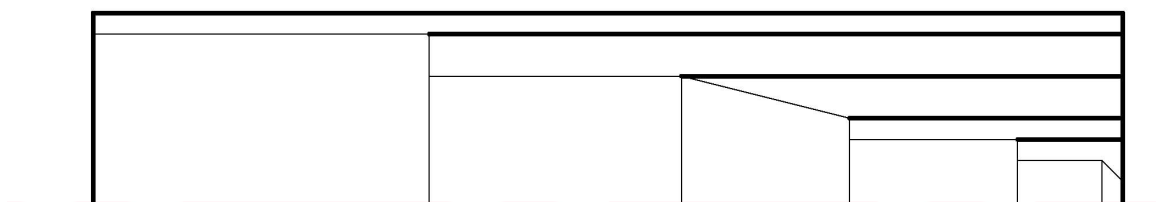
1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 45$, L130mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
4. Υλικό: Ορείχαλκος
5. Προγραμματισμός χωρίς τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



Η κατεργασία θα πραγματοποιηθεί σε δύο φάσεις:

1. Φάση Ξεχονδρίσματος με το εργαλείο T01
2. Φάση Φινιρίσματος με το εργαλείο T02

Στη φάση ξεχονδρίσματος, το εργαλείο θα κινηθεί πάνω στις τροχιές που εμφανίζονται στο παρακάτω σχήμα, δηλαδή θα γίνουν 5 κοπτικές διαδρομές

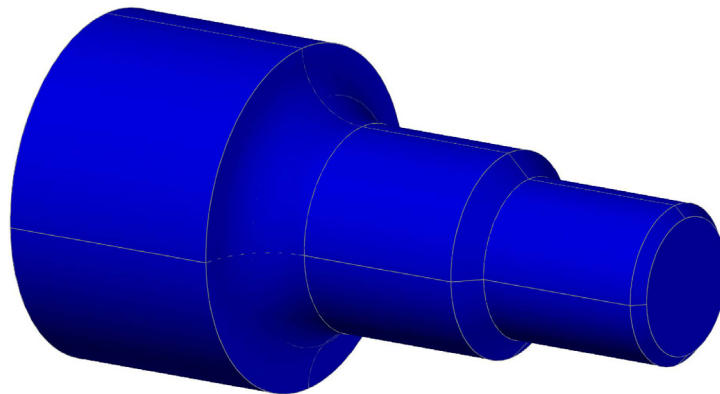
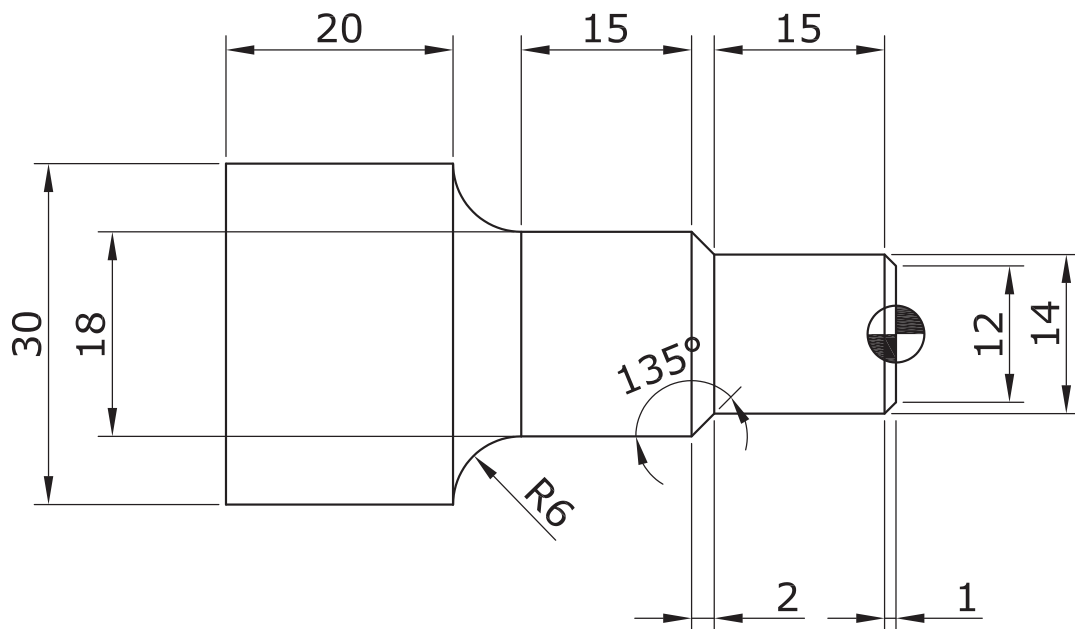


Εργαστηριακή Άσκηση 3 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 32$, L70mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Υλικό: Ορείχαλκος
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



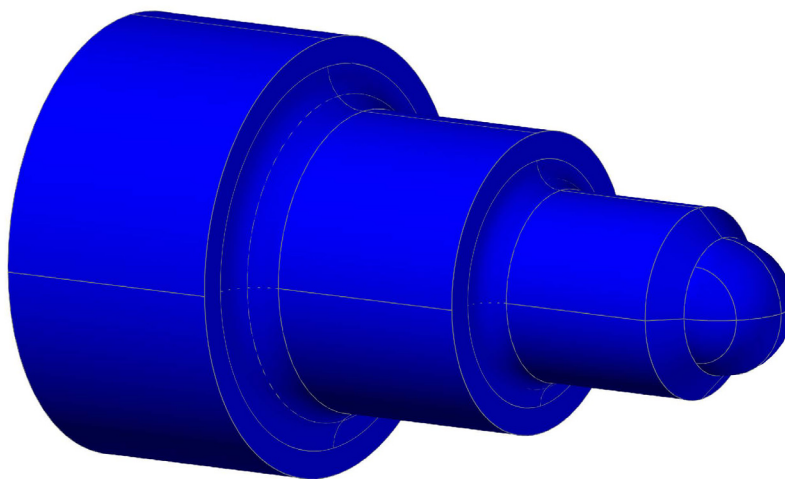
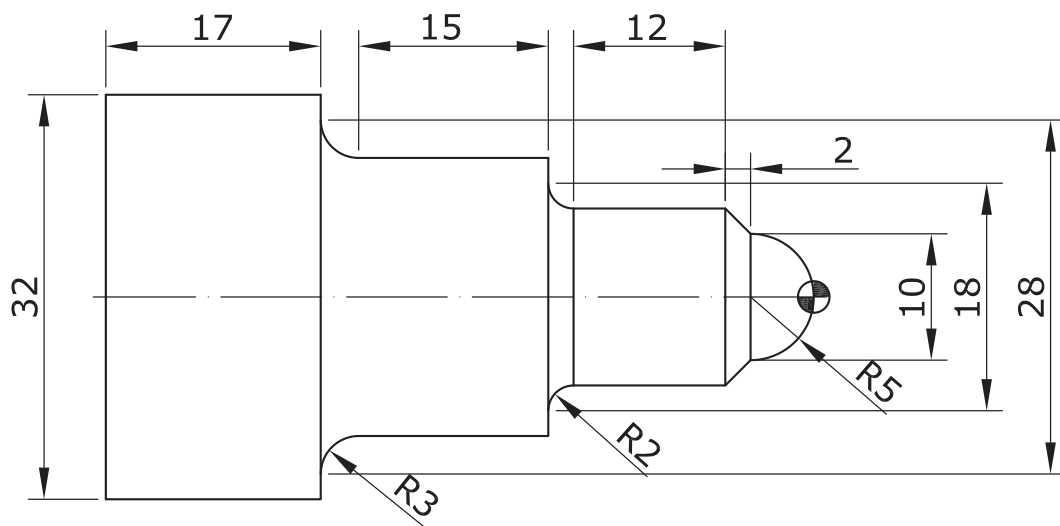
Σημείωση: Η $\varnothing 14$ είναι σπείρωμα M14.

Εργαστηριακή Άσκηση 4 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 34$, L65mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
4. Υλικό: Ορείχαλκος
5. Προγραμματισμός χωρίς τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

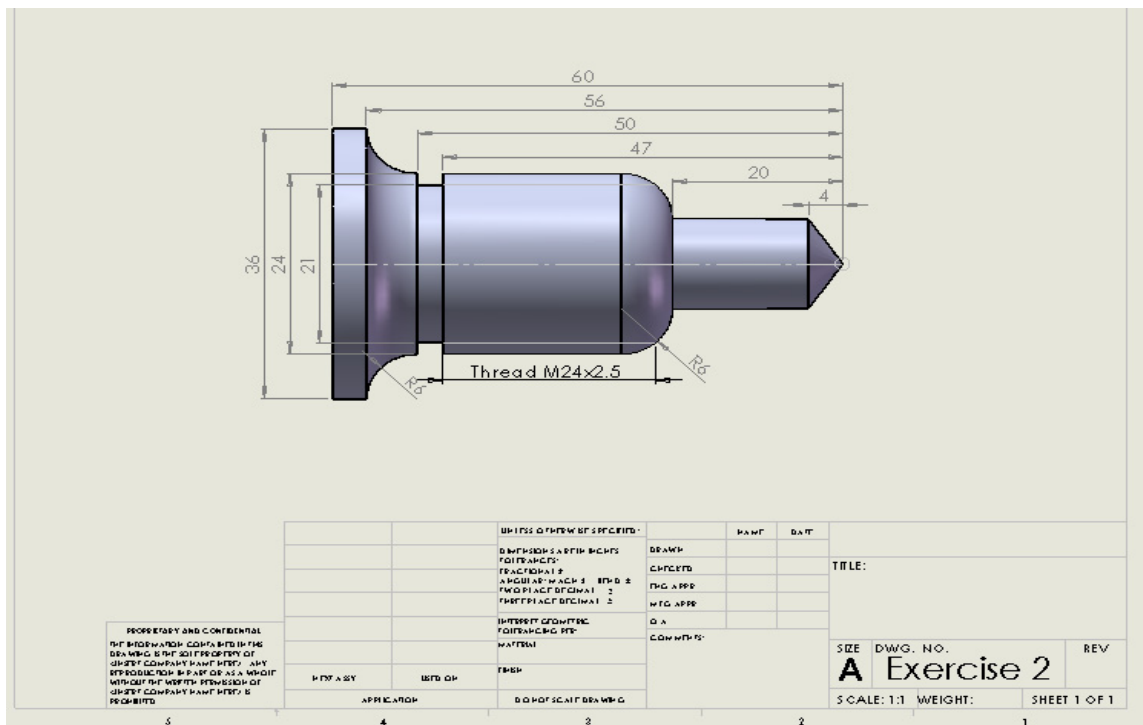


Εργαστηριακή Άσκηση 5 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (διαστασιολογημένο 3D μοντέλο αντικειμένου) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης Ø40, L70mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Υλικό: Ορείχαλκος
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



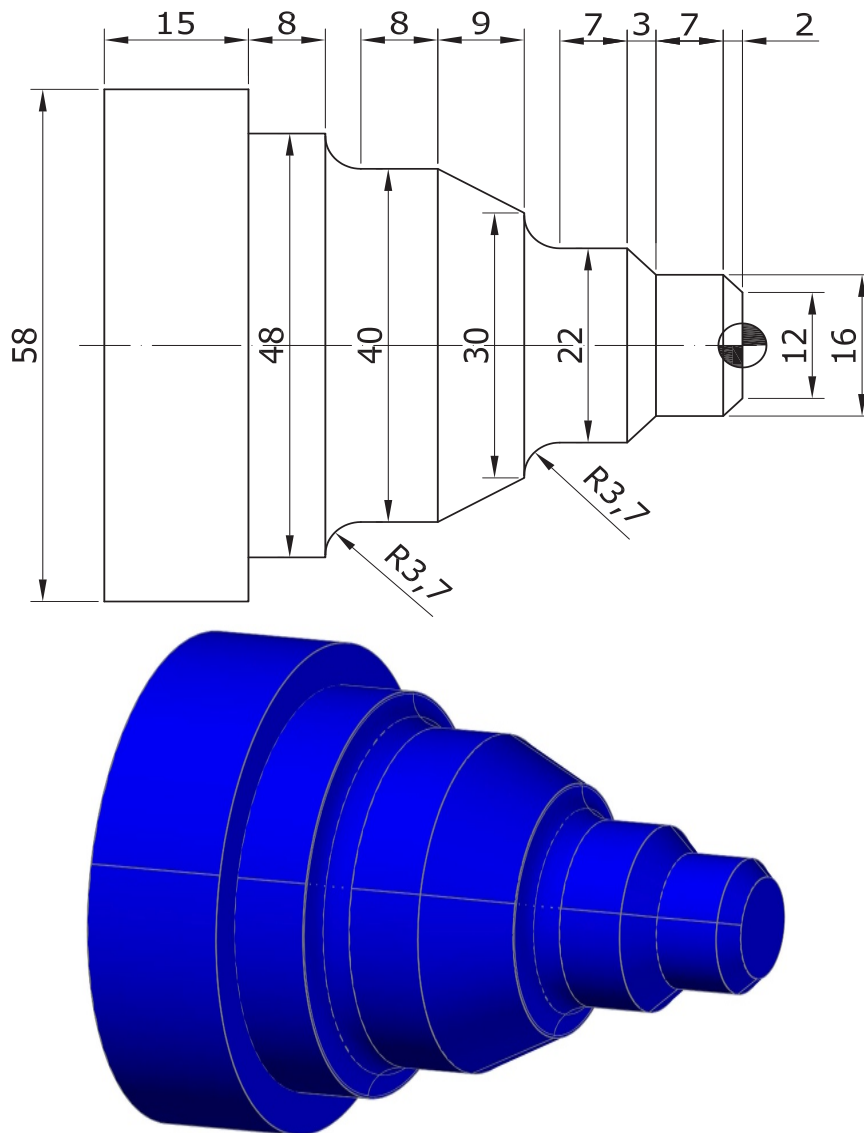
* Thread = Σπείρωμα

Εργαστηριακή Άσκηση 7 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 60$, L80mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Υλικό: Ορείχαλκος
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

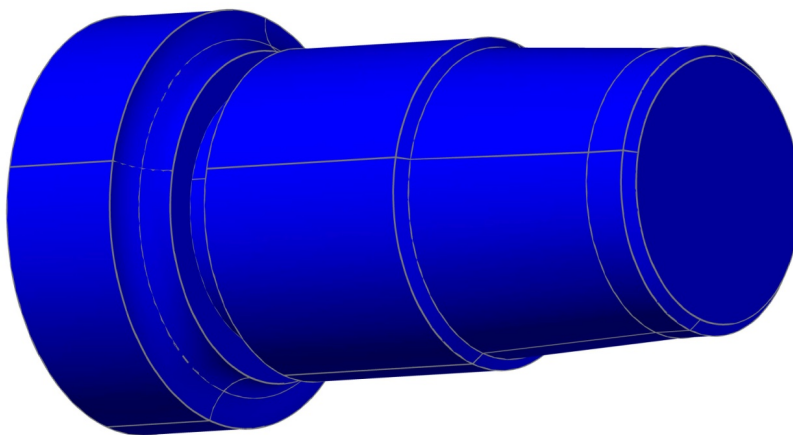
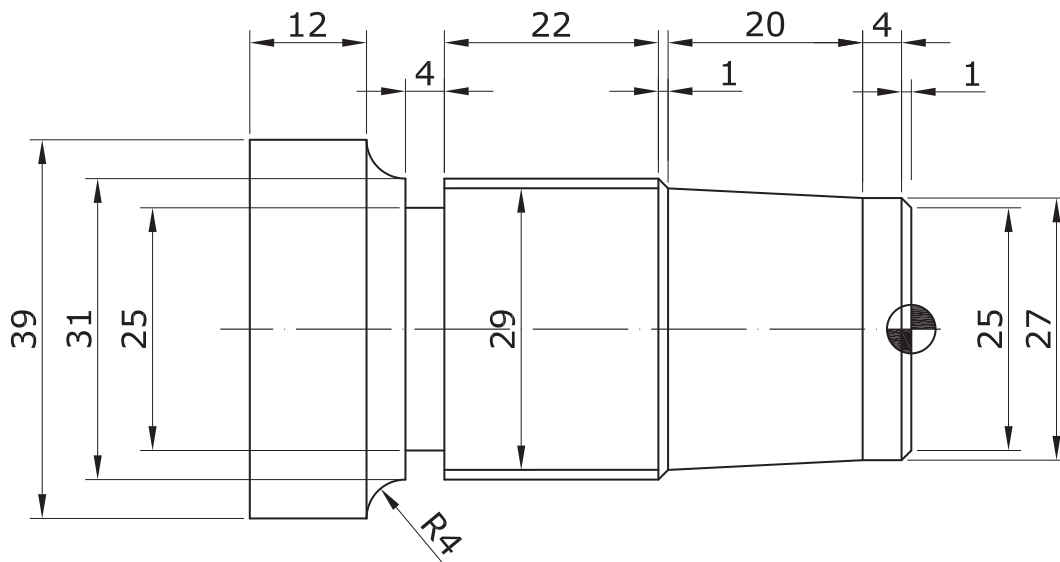


Εργαστηριακή Άσκηση 8 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 40$, L75mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Υλικό: Ορείχαλκος
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



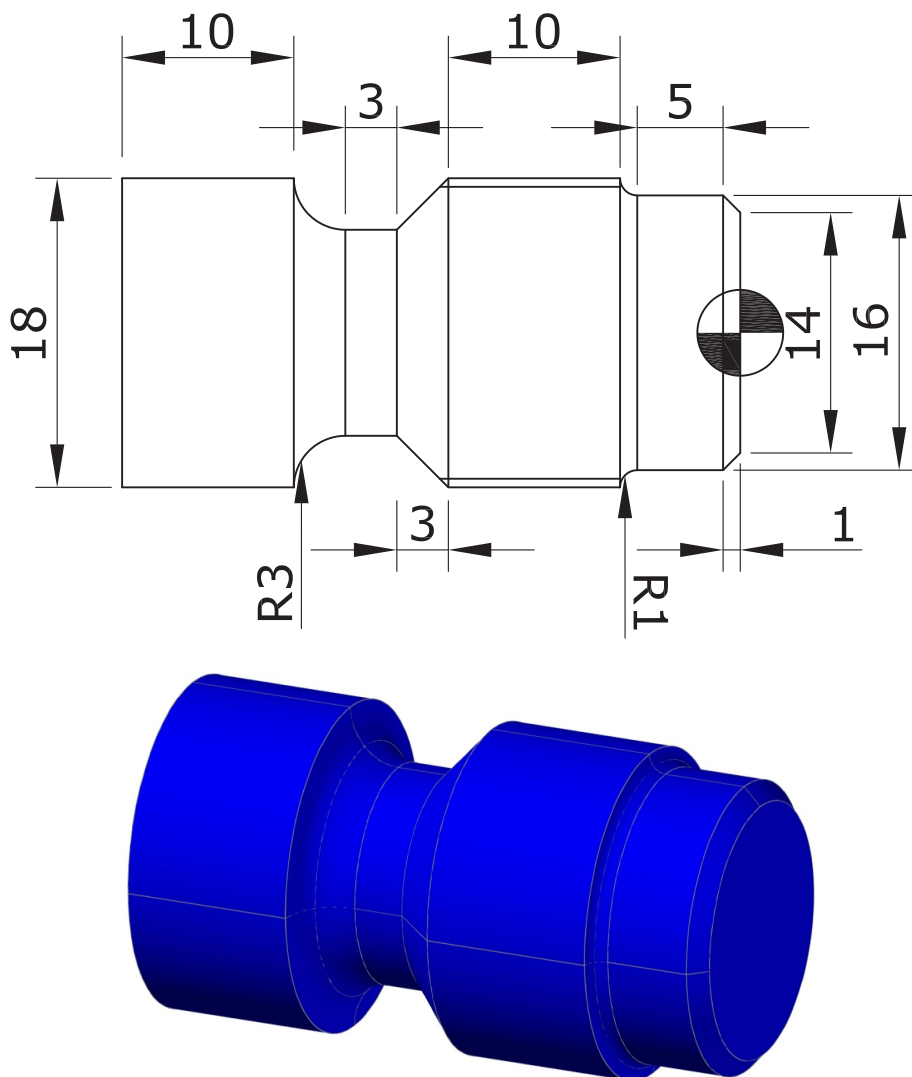
Σημείωση: Το σπείρωμα έχει διάμετρο πυρήνα $\varnothing 29$ και βήμα 2.

Εργαστηριακή Άσκηση 9 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 20$, L45mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Υλικό: Ορείχαλκος
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



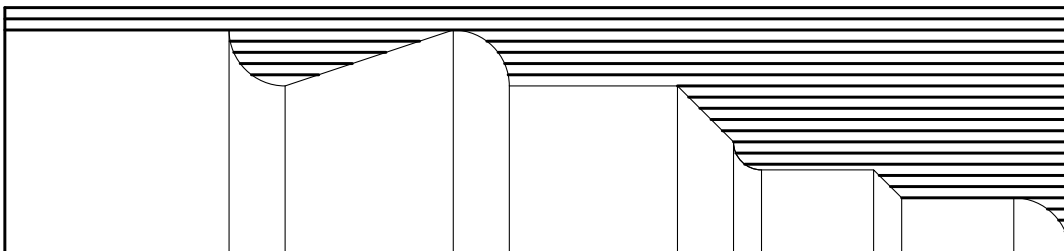
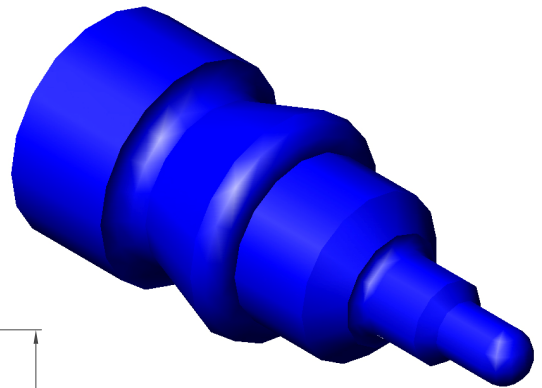
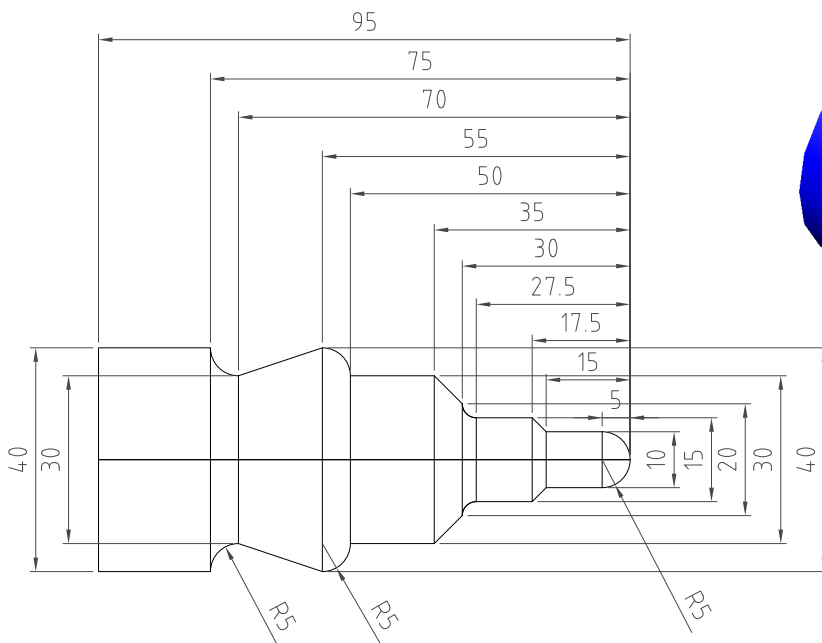
Σημείωση: Το σπείρωμα είναι M18x1,5.

Εργαστηριακή Άσκηση 10 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 44$, L100mm
2. Εργαλείο Ξεχόνδρισματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
4. Υλικό: Ορείχαλκος
5. Προγραμματισμός χωρίς τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



Προσοχή:

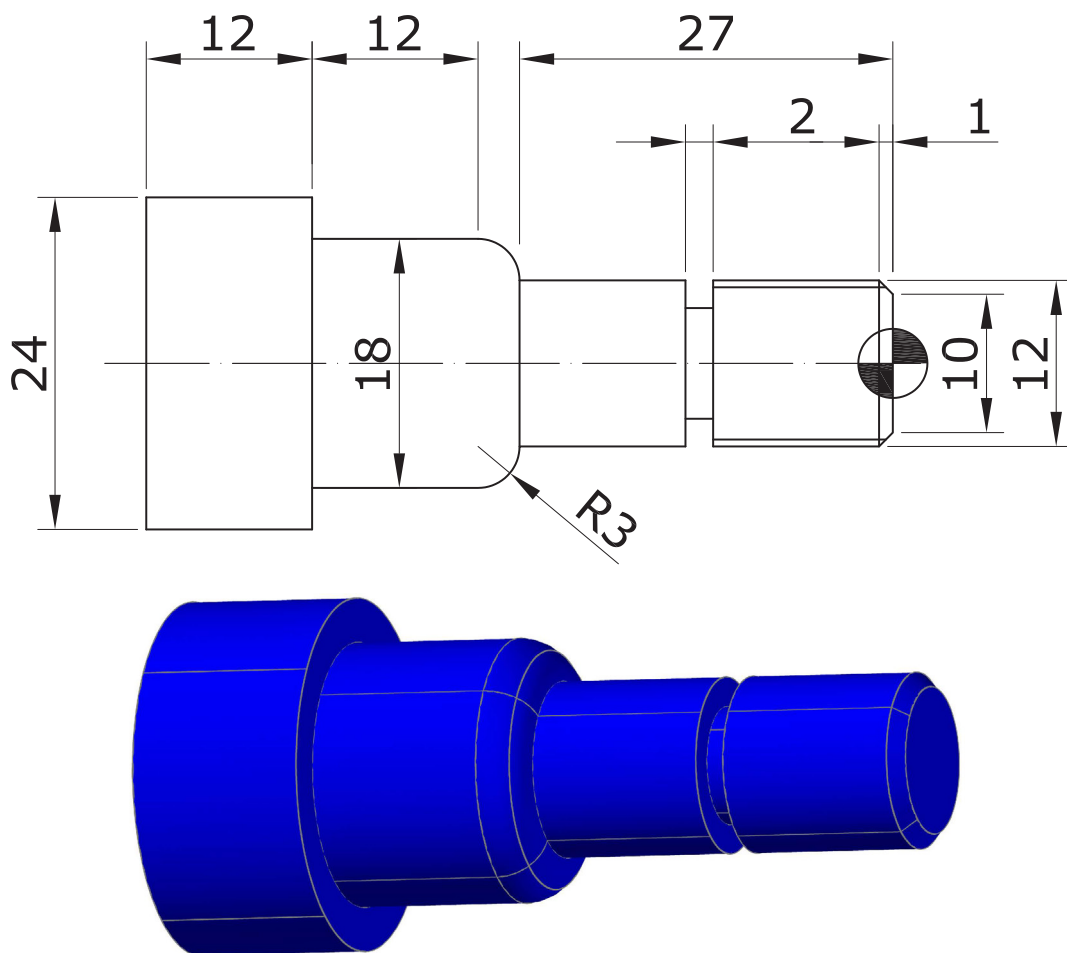
Στο παραπάνω σχέδιο παρουσιάζονται τα διαδοχικά πάσα εκχόνδρισης, τα οποία απέχουν 2mm στη διάμετρο του τεμαχίου. Αυτά τα πάσα θα πραγματοποιηθούν κατά το στάδιο της εκχόνδρισης.

Εργαστηριακή Άσκηση 11 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 25$, L65mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
4. Υλικό: Ορείχαλκος
5. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



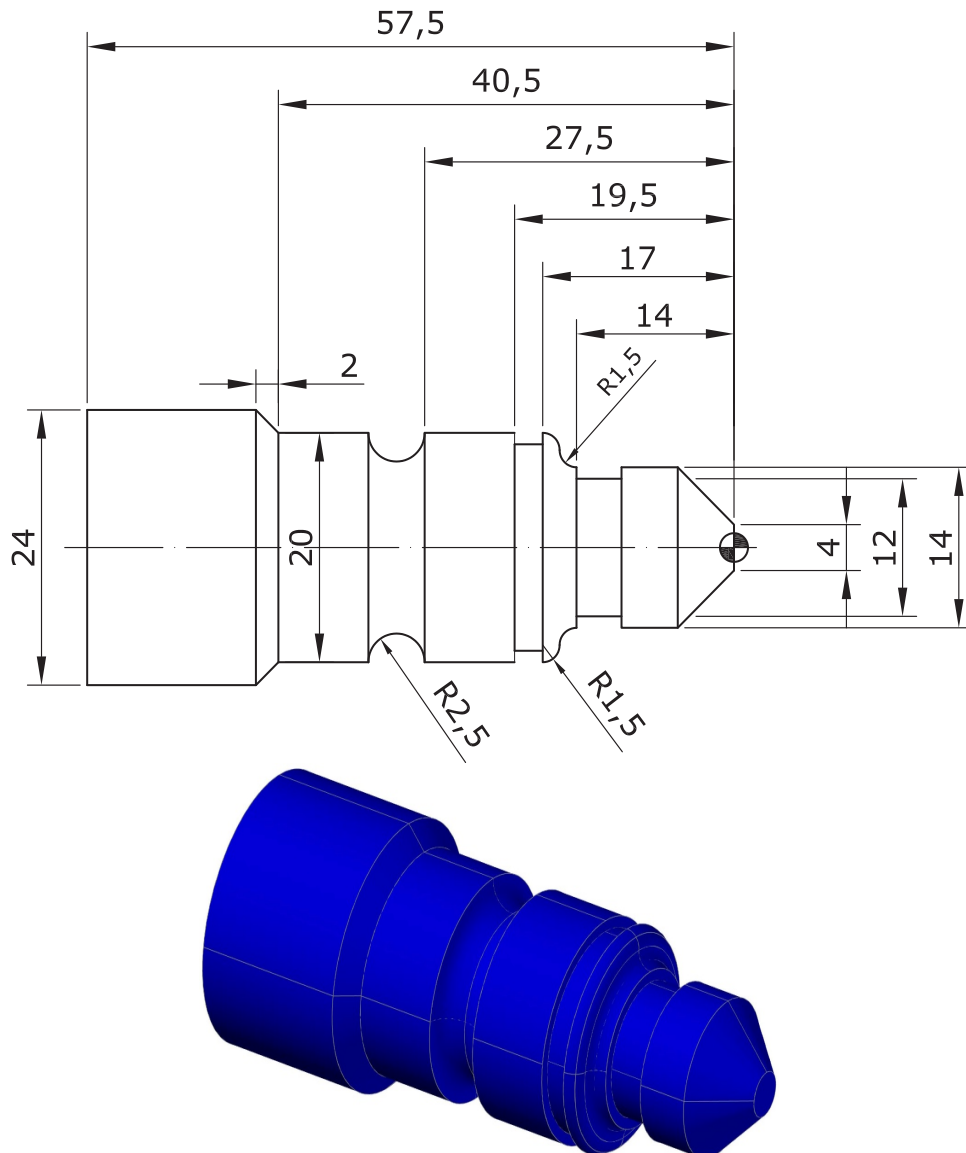
Σημείωση: Η $\varnothing 12$ είναι σπείρωμα M12x1.

Εργαστηριακή Άσκηση 12 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 30$, L65mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Εργαλείο μορφής U Πλάτους 5mm.
6. Υλικό: Αλουμίνιο
7. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



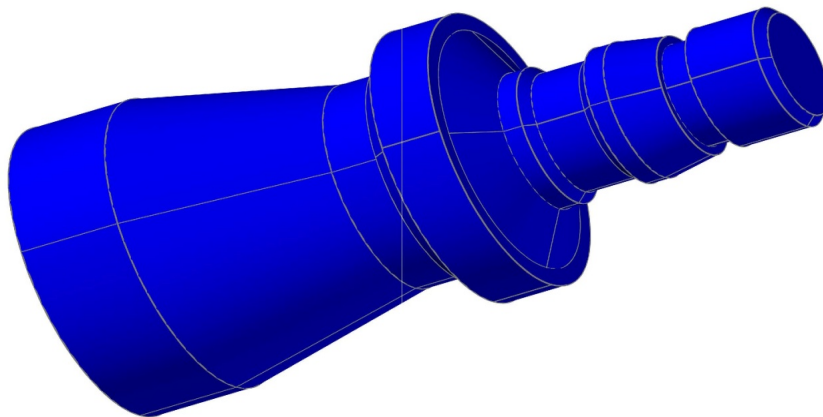
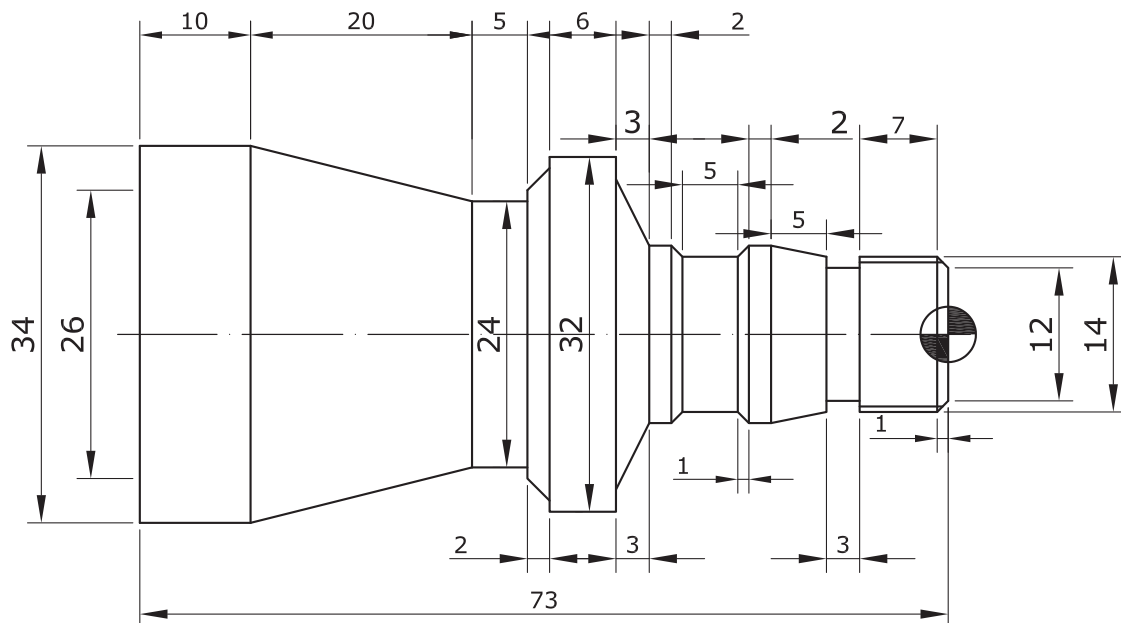
Σημείωση: Η $\varnothing 14$ είναι σπείρωμα M14.

Εργαστηριακή Άσκηση 13 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (διαστασιολογημένο 3D μοντέλο αντικειμένου) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 40$, L90mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Υλικό: Αλουμίνιο
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



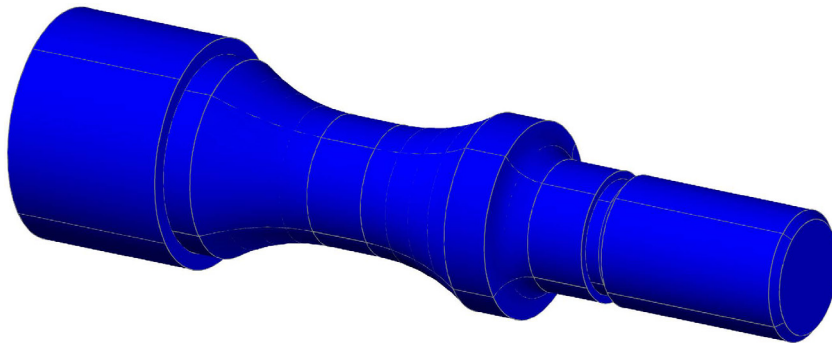
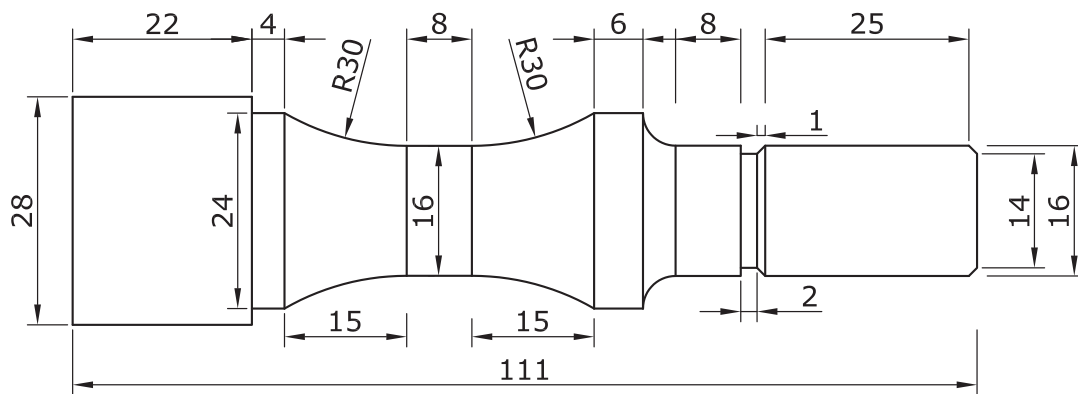
Σημείωση: Η $\varnothing 14$ είναι σπείρωμα M14x1,5.

Εργαστηριακή Άσκηση 14 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης Ø30, L120mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Υλικό: Ορείχαλκος
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

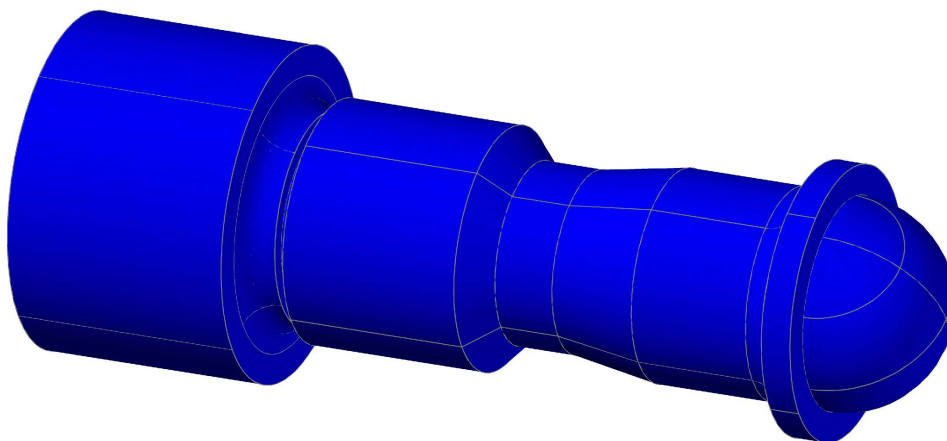
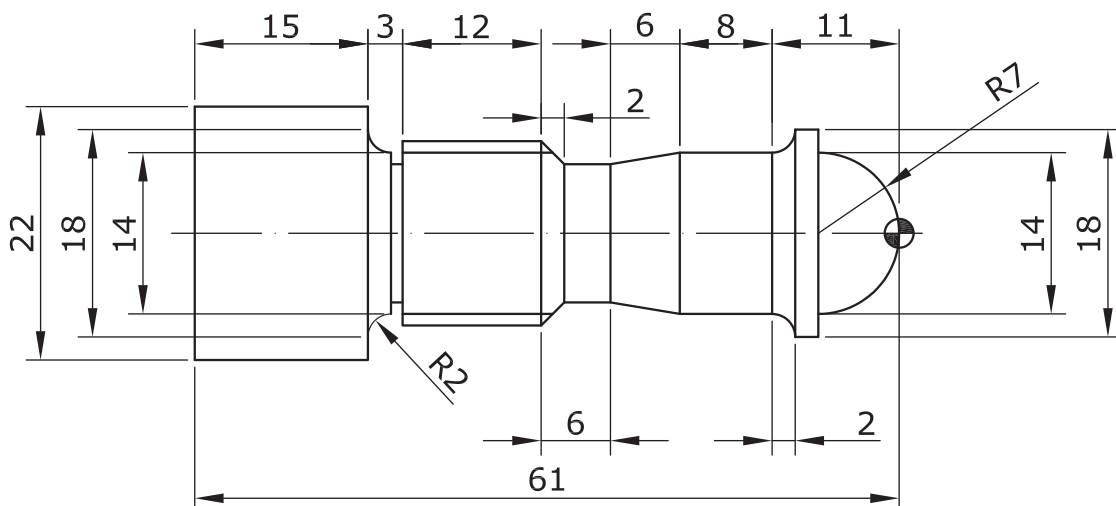


Εργαστηριακή Άσκηση 15 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης Ø25, L70mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 1mm
5. Υλικό: Αλουμίνιο
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



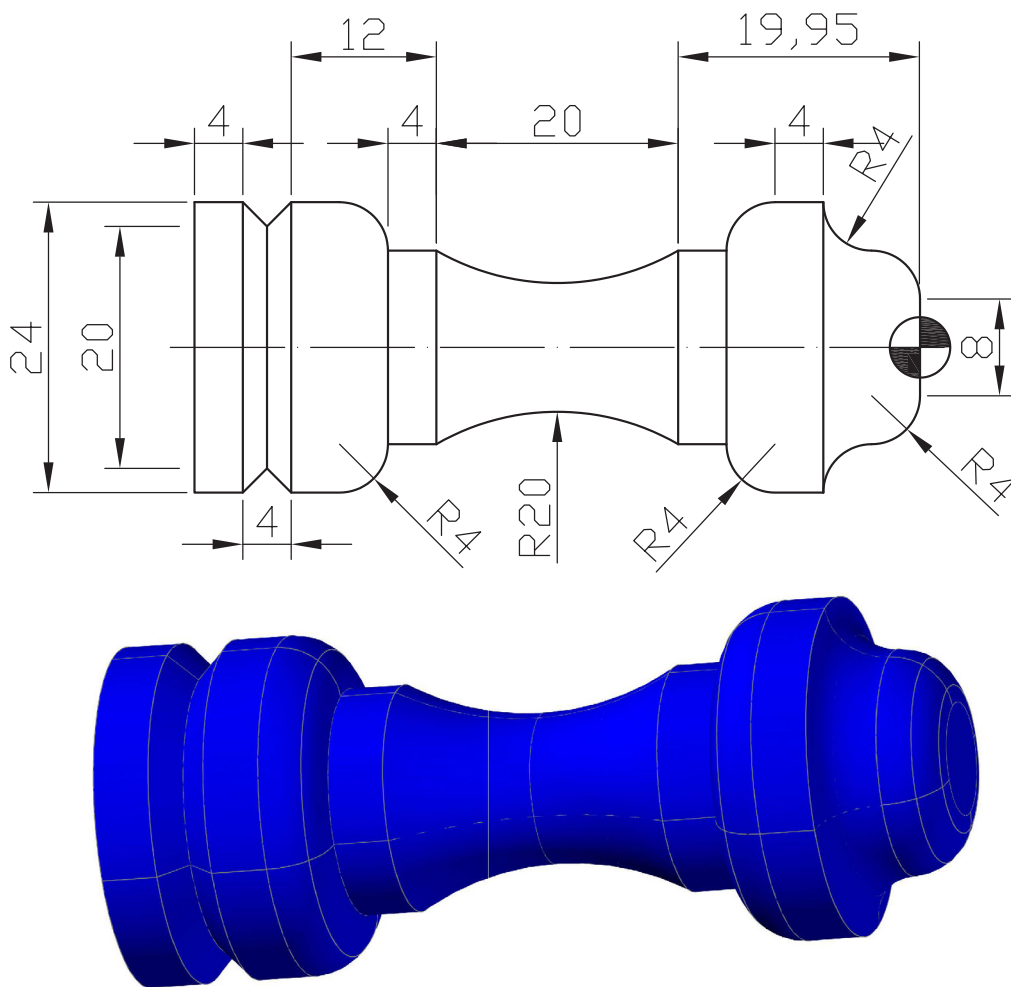
Σημείωση: Το σπείρωμα είναι M16x1,5.

Εργαστηριακή Άσκηση 16 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης Ø25, L70mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Εργαλείο μορφής V, πλάτους 4mm.
6. Υλικό: Ορείχαλκος
7. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

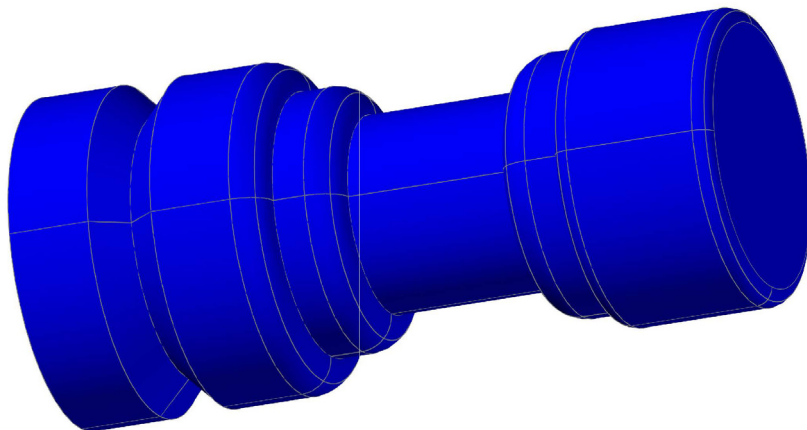
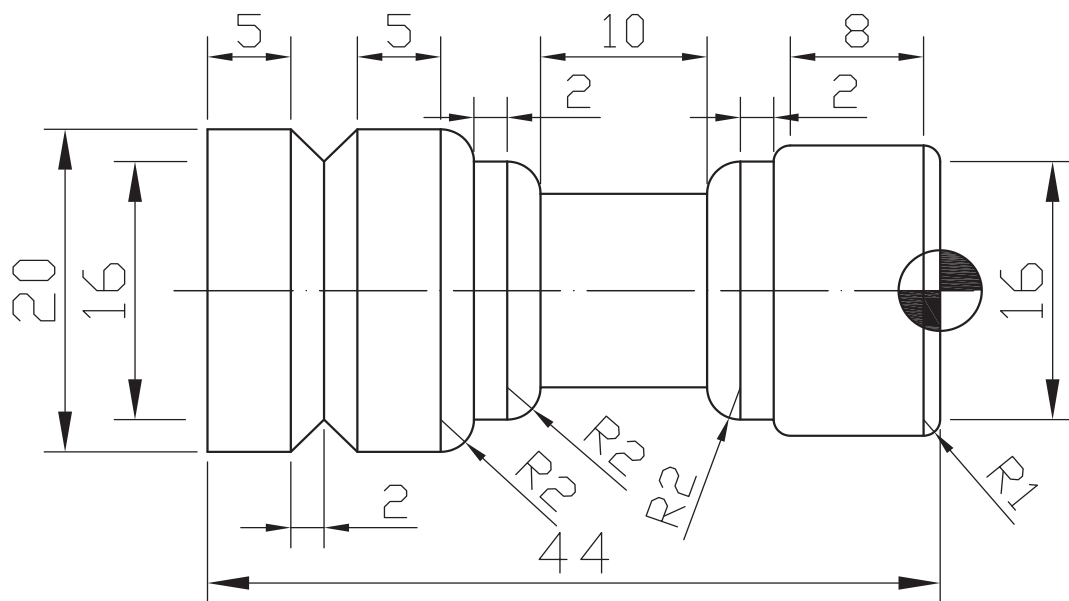


Εργαστηριακή Άσκηση 17 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης Ø25, L50mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Εργαλείο μορφής V, πλάτους 4mm.
6. Υλικό: Αλουμίνιο
7. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

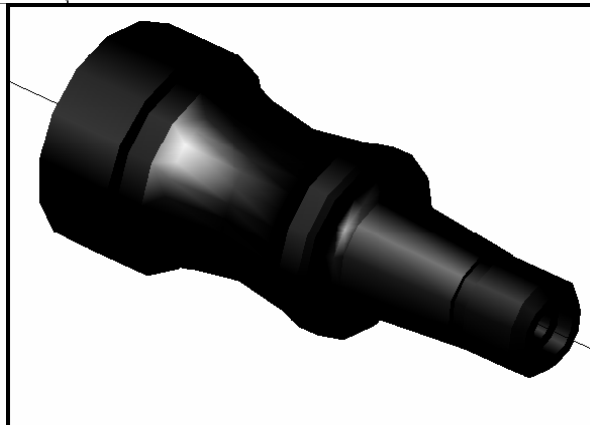
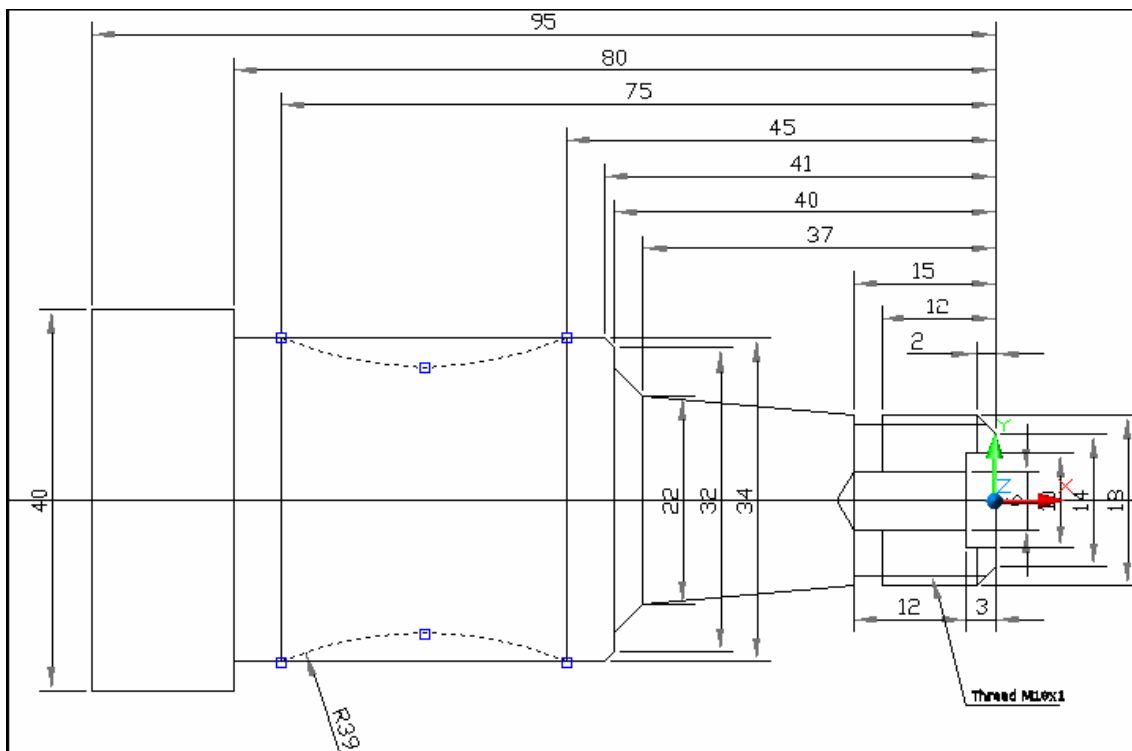


Εργαστηριακή Άσκηση 18 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 45$, L110mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Εργαλεία Εσωτερικής Τόρνευσης για Ξεχόνδρισμα και Φινιρίσμα
6. Τρυπάνι $\varnothing 6$, L50
7. Υλικό: Ορείχαλκος
8. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

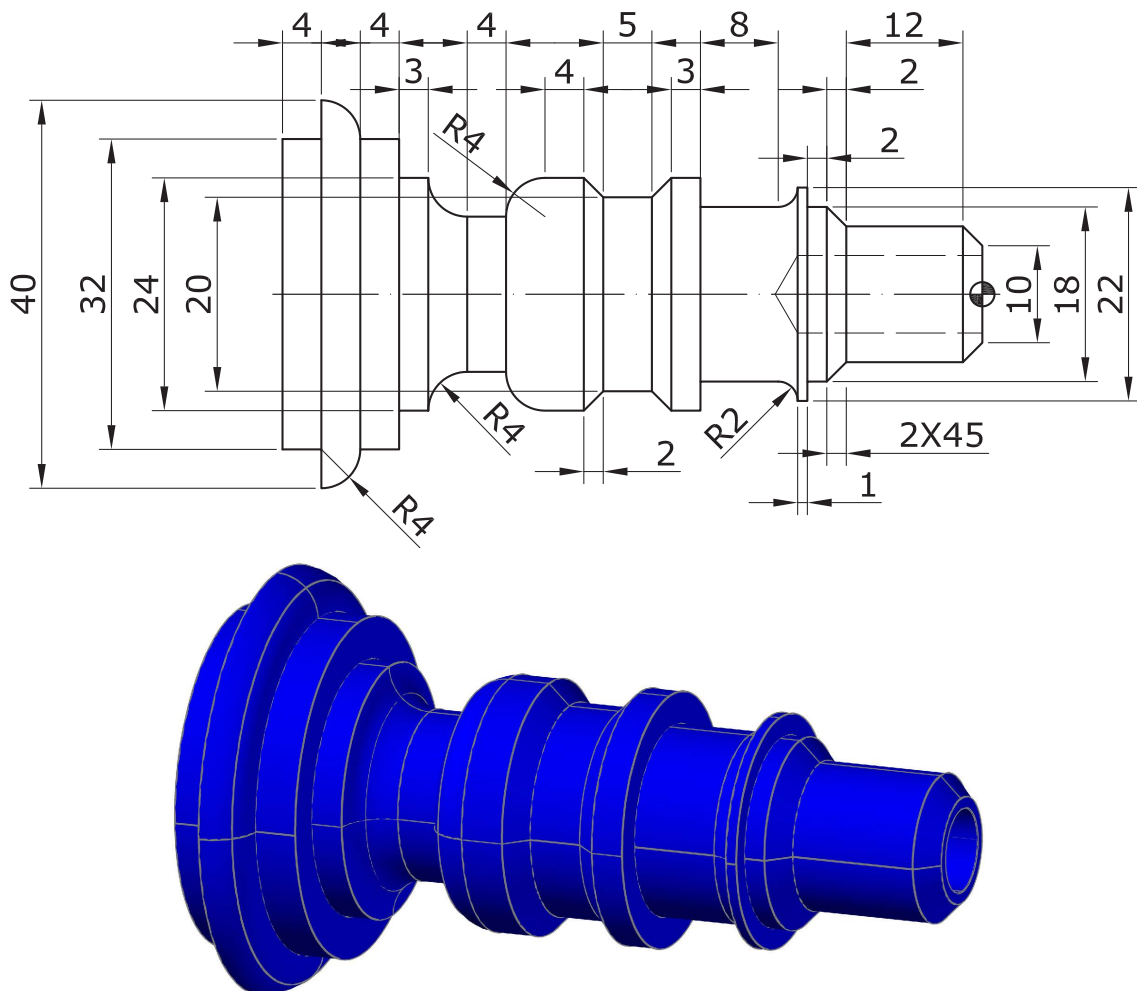


Εργαστηριακή Άσκηση 19 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 44$, L100mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
4. Τρυπάνι και αλεξούαρ $\varnothing 8$, L60
5. Υλικό: Ορείχαλκος
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

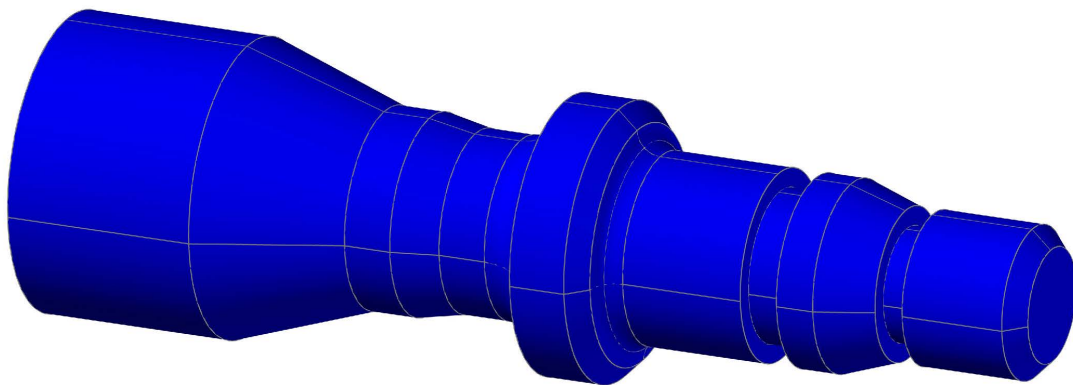
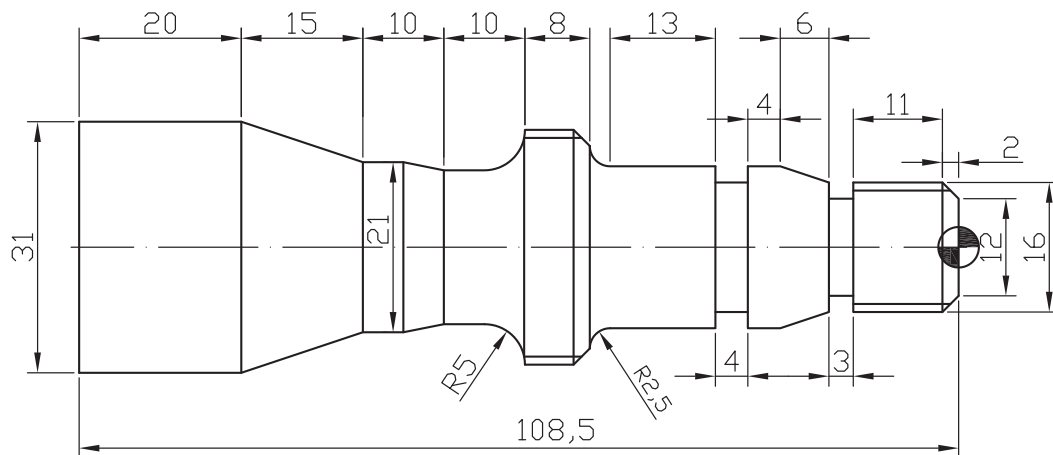


Εργαστηριακή Άσκηση 20 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης Ø35, L120mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Υλικό: Ορείχαλκος
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



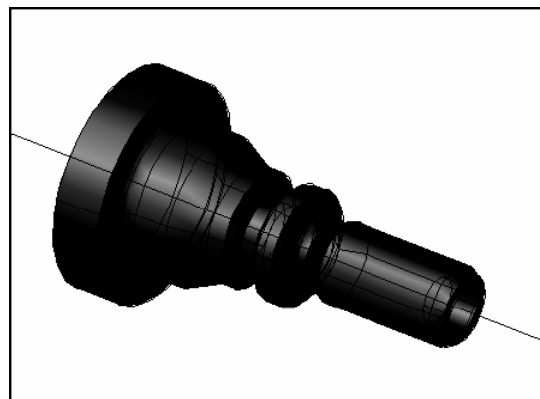
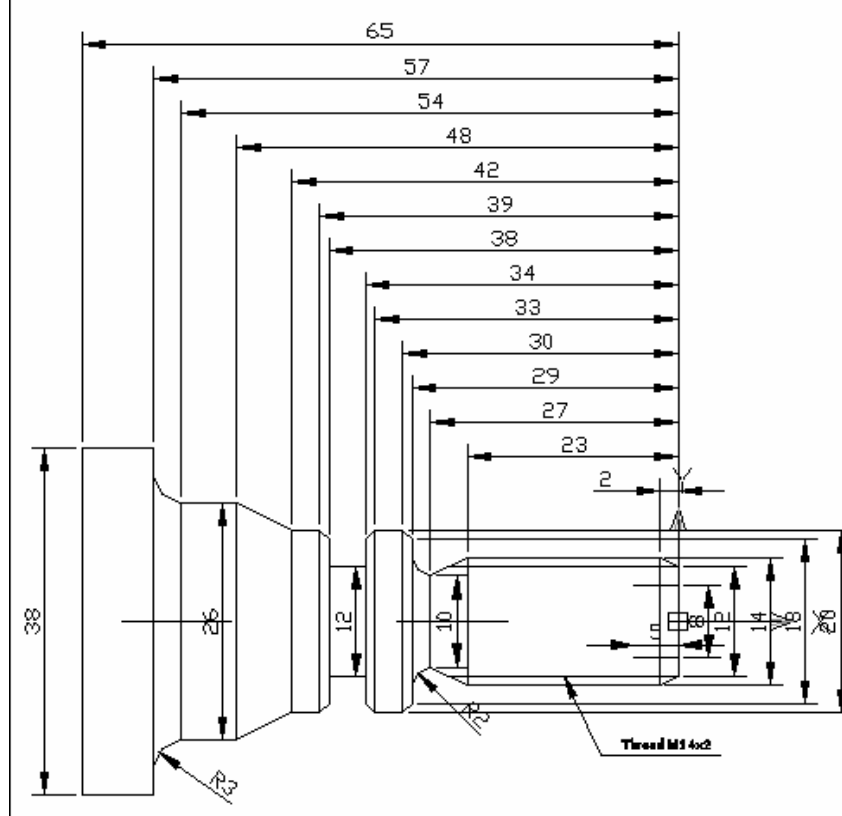
Σημείωση: Το Ø16 είναι σπείρωμα M16x1. Το σπείρωμα στη μέση του τεμαχίου είναι M31x2.

Εργαστηριακή Άσκηση 21 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 40$, L75mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Τρυπάνι $\varnothing 8$, L50
6. Υλικό: Ορείχαλκος
7. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

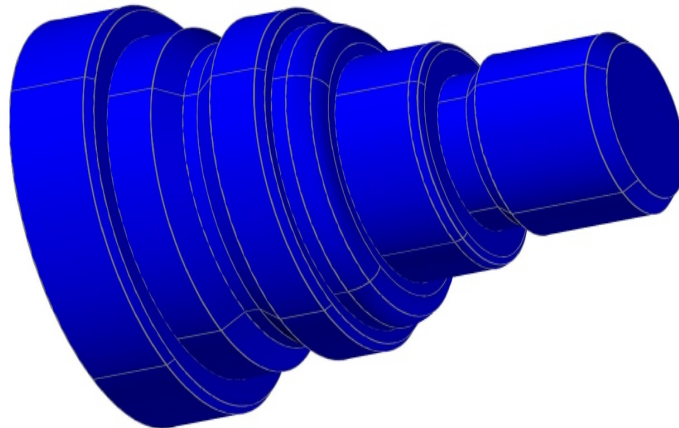
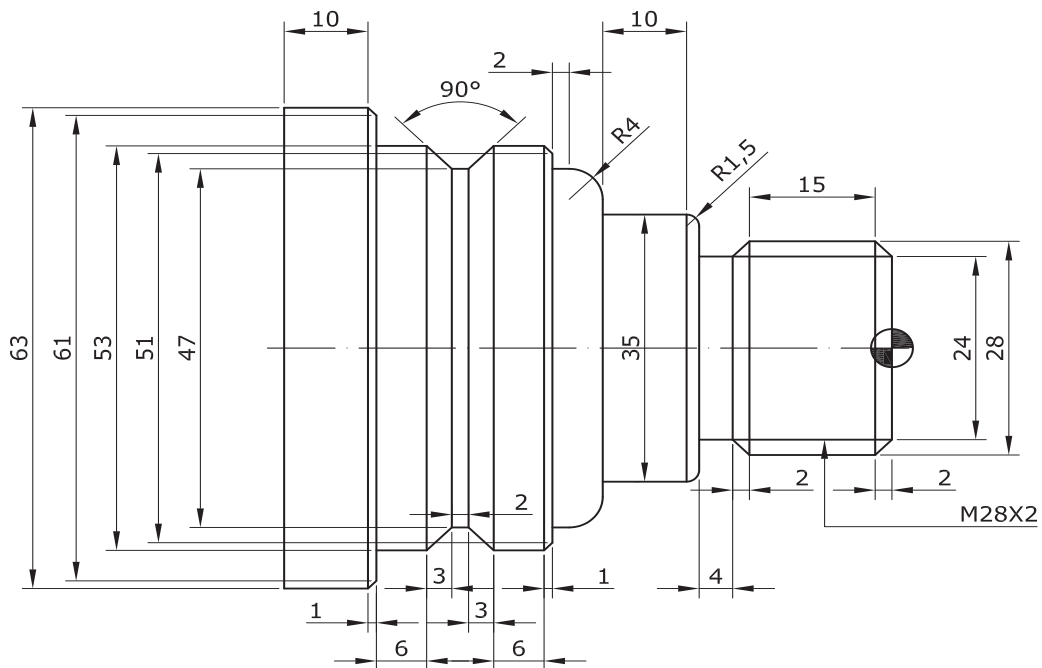


Εργαστηριακή Άσκηση 22 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 40$, L75mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Εργαλείο μορφής «σπασμένου V» Πλάτους 8mm
6. Υλικό: Ορείχαλκος
7. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

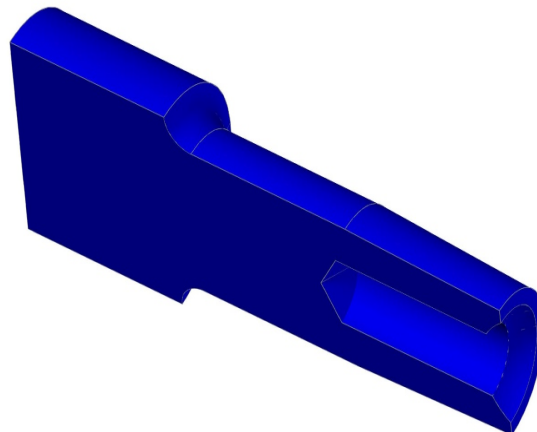
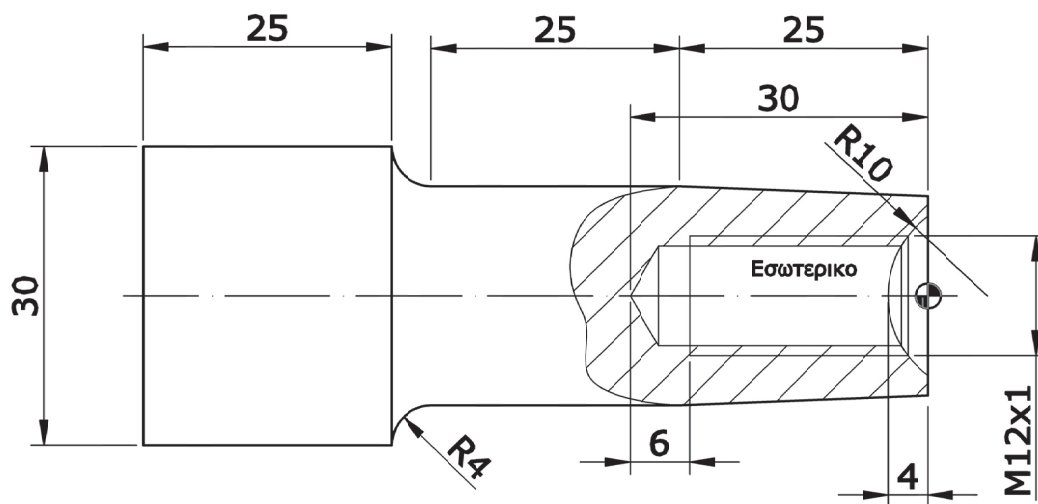


Εργαστηριακή Άσκηση 23 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 40$, L90mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Εσωτερικού Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Τρυπάνι $\varnothing 10$, L50
6. Κολαούζο M12x1
7. Υλικό: Ορείχαλκος
8. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

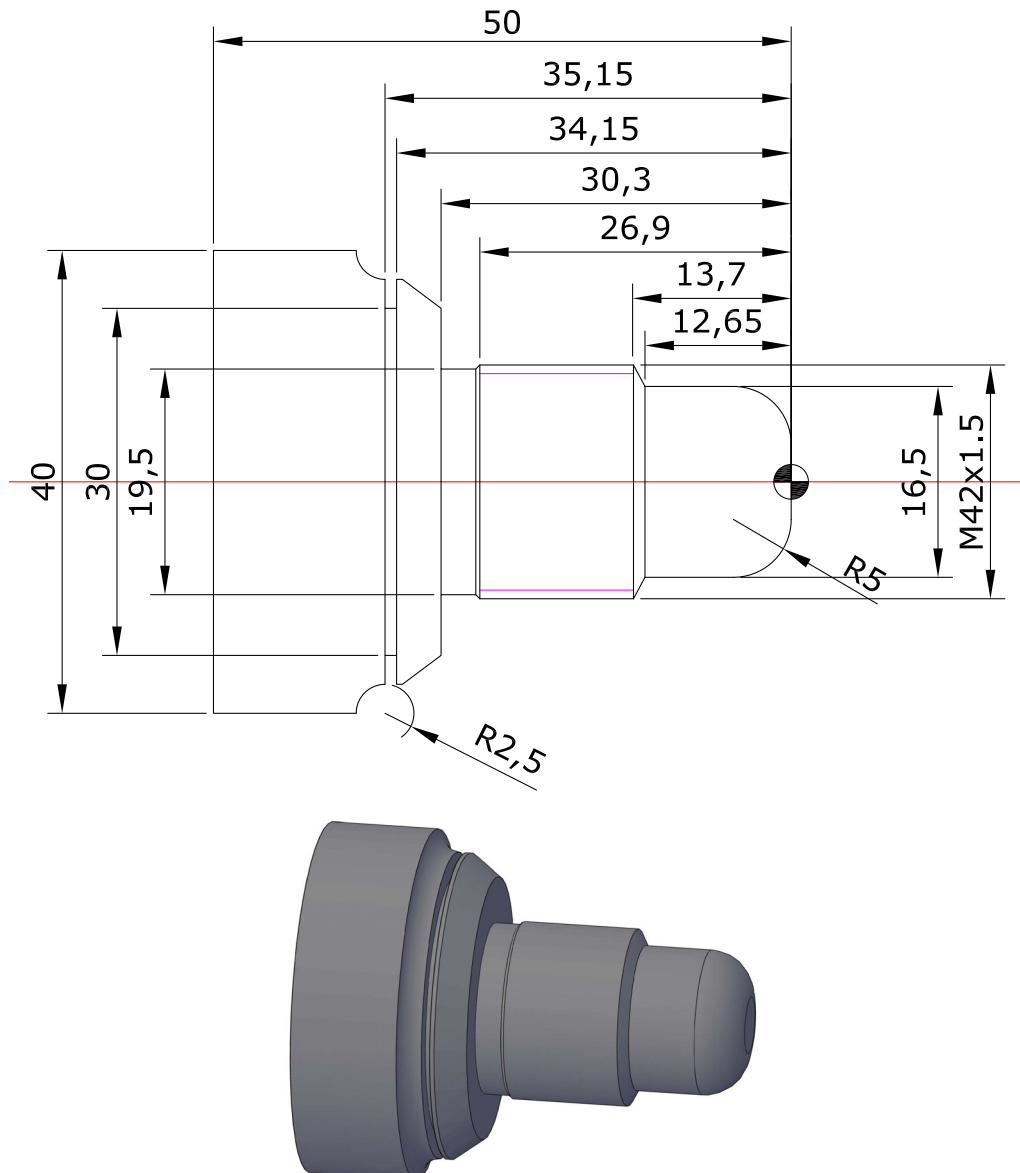


Εργαστηριακή Άσκηση 24 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 42$, L60mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 1mm
5. Υλικό: Αλουμίνιο
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

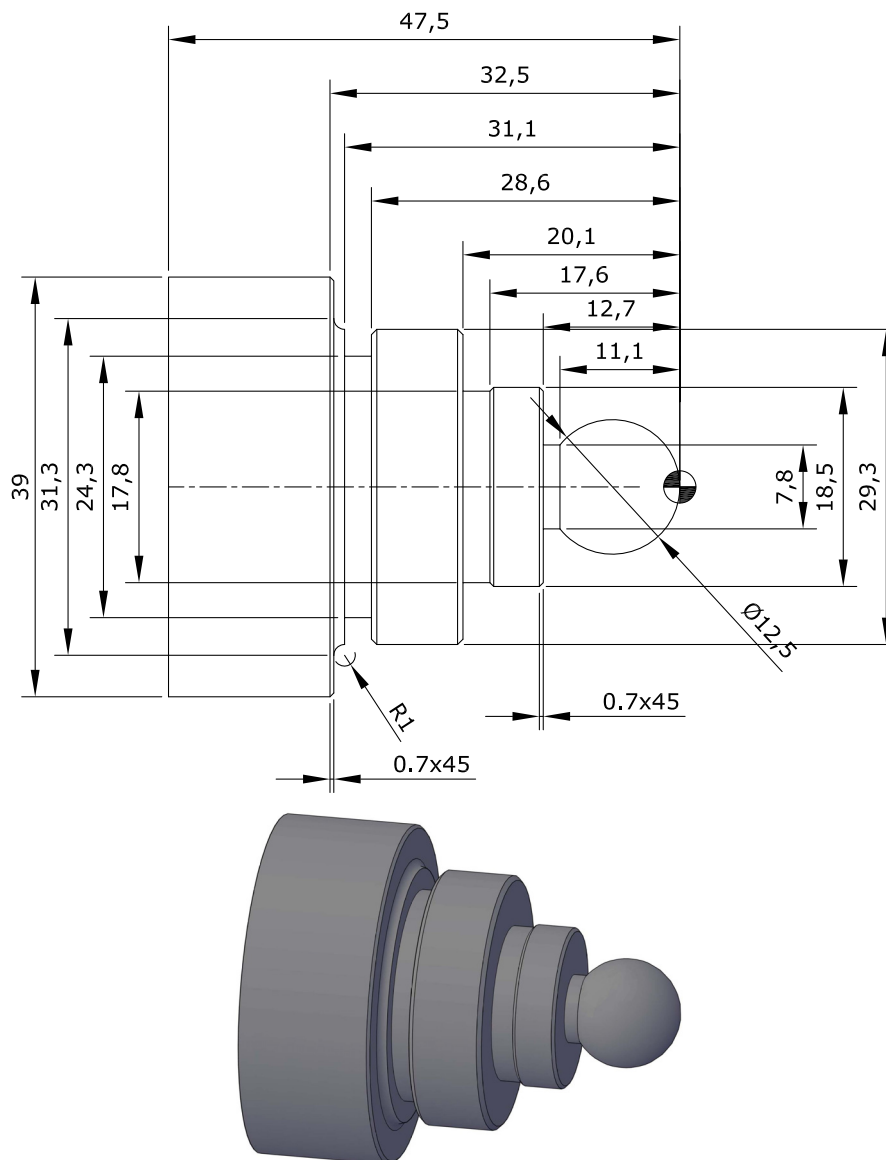


Εργαστηριακή Άσκηση 25 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 42$, L60mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 1mm
4. Υλικό: Ορείχαλκος
5. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

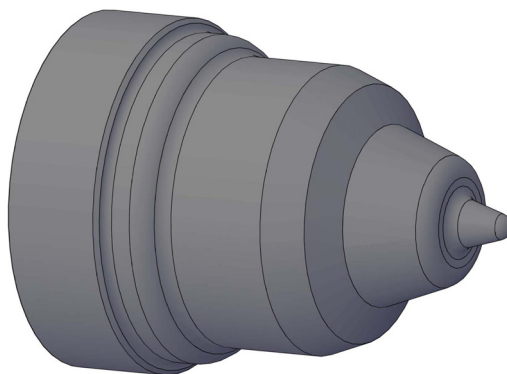
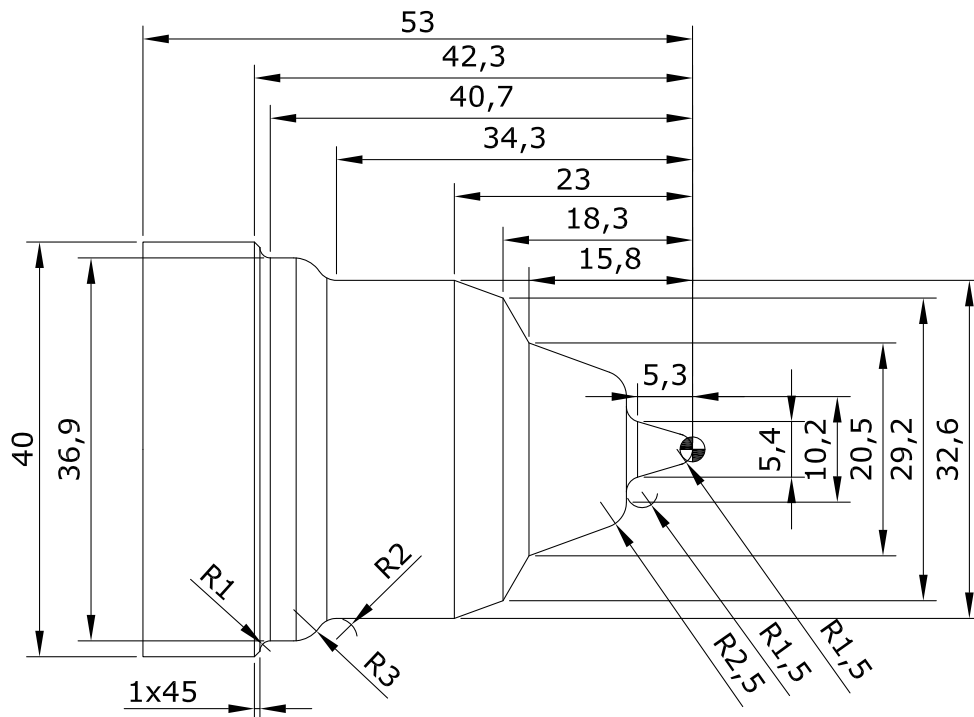


Εργαστηριακή Άσκηση 26 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης Ø42, L65mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
4. Υλικό: Ορείχαλκος
5. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

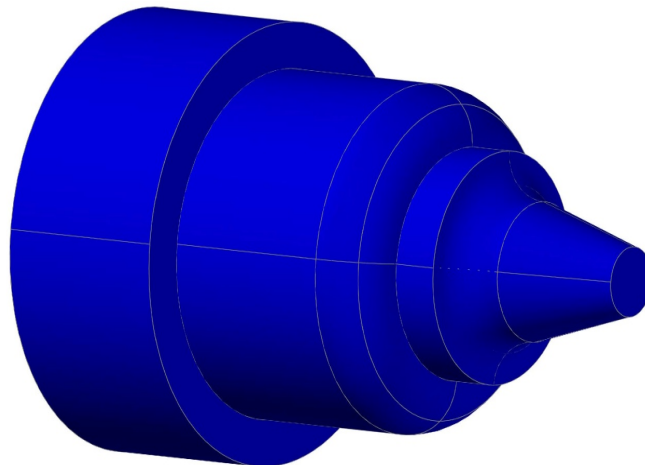
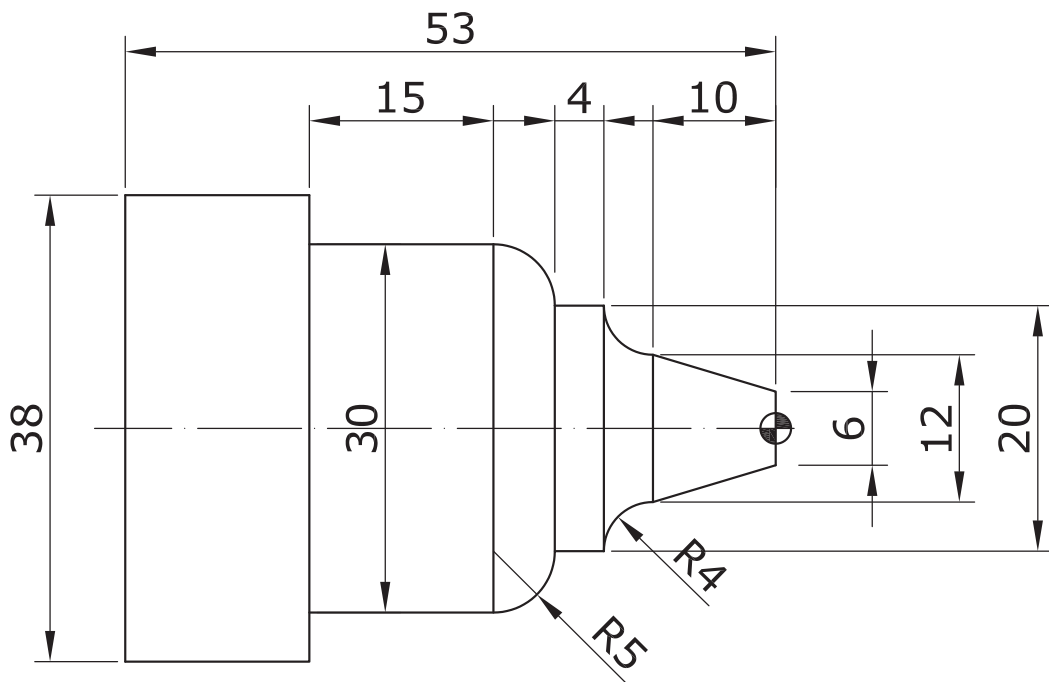


Εργαστηριακή Άσκηση 27 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 40$, L60mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Υλικό: Αλουμίνιο
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

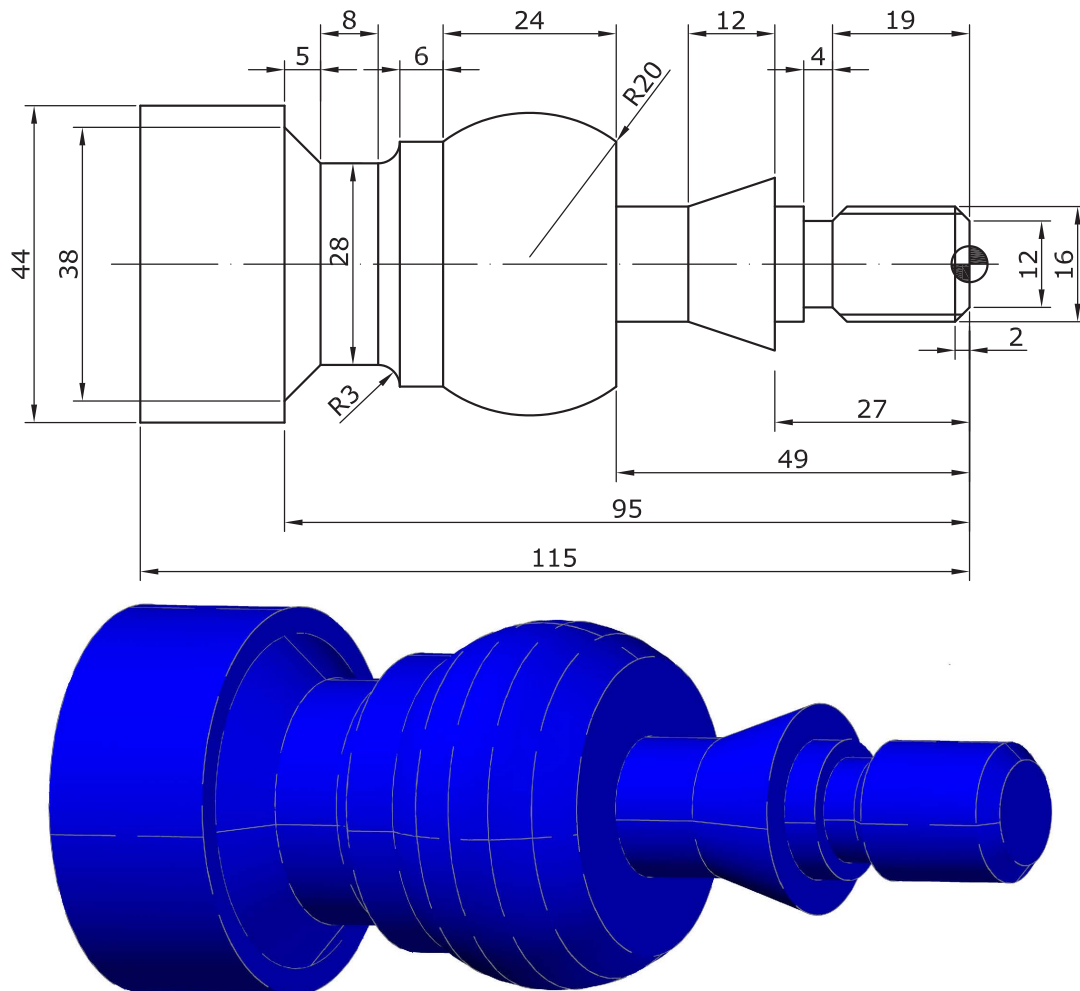


Εργαστηριακή Άσκηση 28 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 45$, L125mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Υλικό: Ορείχαλκος
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



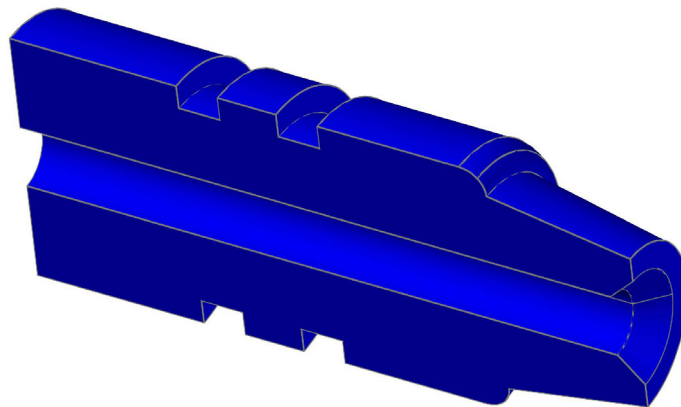
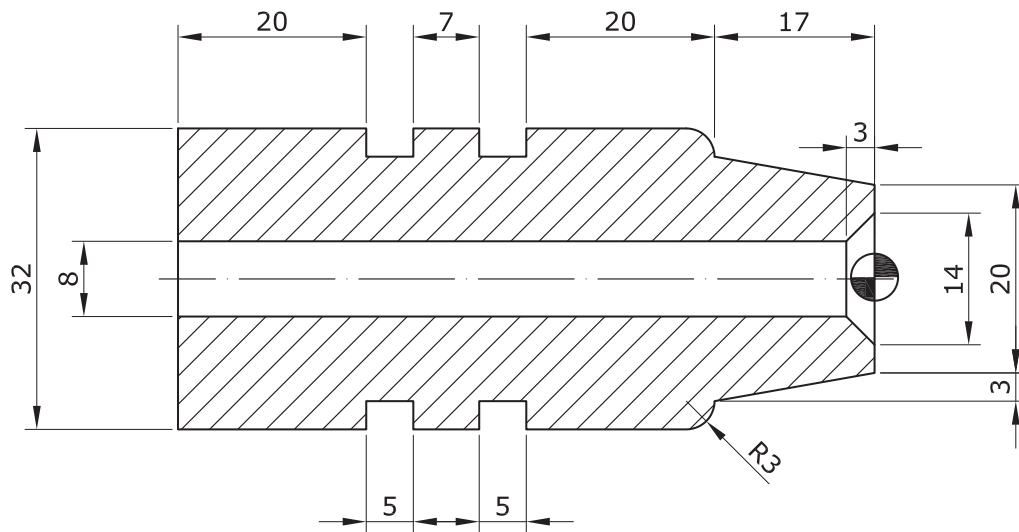
Σημείωση: Το $\varnothing 16$ είναι σπείρωμα M16x2.

Εργαστηριακή Άσκηση 29 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 35$, L80mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Εσωτερικό Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
4. Εργαλείο Σπειρώματος
5. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
6. Τρυπάνι και Αλεξούαρ $\varnothing 8$, L100
7. Υλικό: Ορείχαλκος
8. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

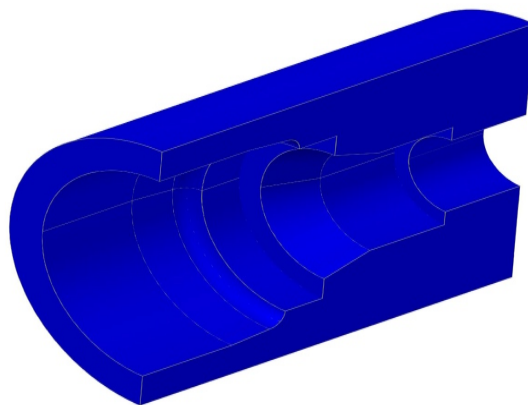
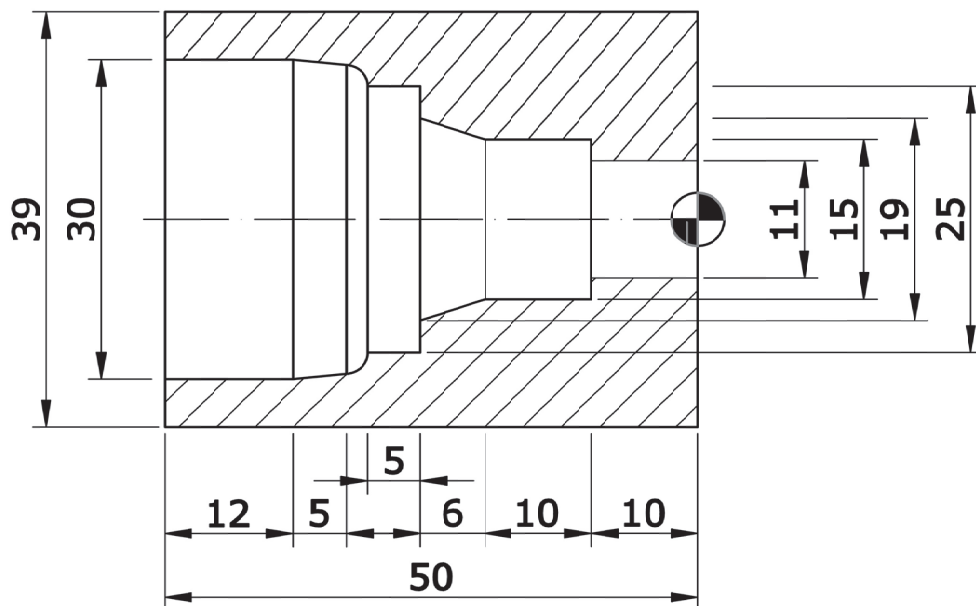


Εργαστηριακή Άσκηση 30 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 39$, L60mm
2. Εργαλείο Εσωτερικό Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Τρυπάνι και Αλεξούαρ $\varnothing 11$, L70
6. Υλικό: Ορείχαλκος
7. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

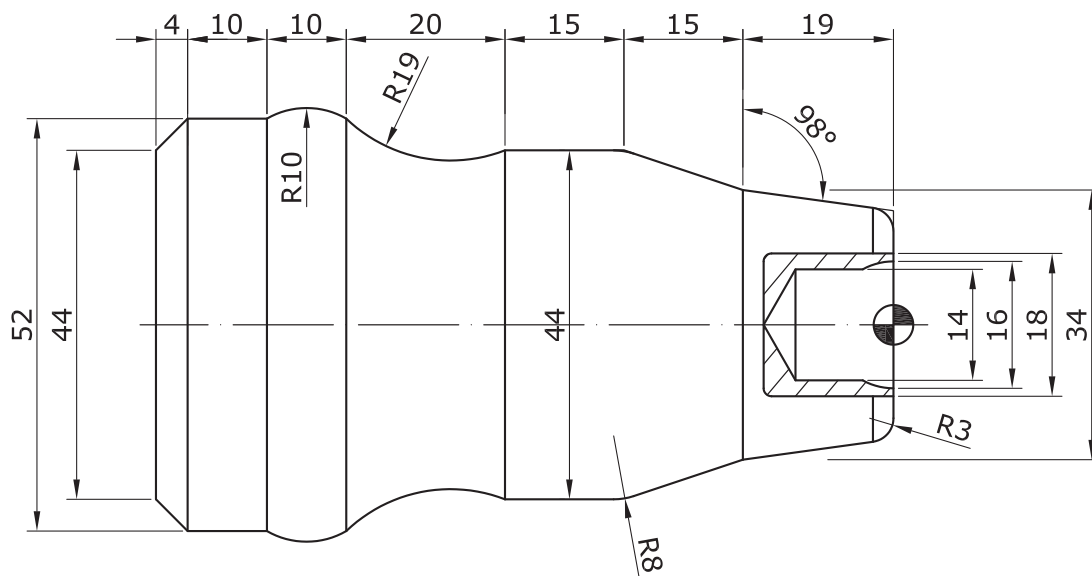


Εργαστηριακή Άσκηση 31 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 60$, L110mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Εσωτερικό Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Τρυπάνι και Αλεξούαρ $\varnothing 14$, L70
6. Υλικό: Αλουμίνιο
7. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

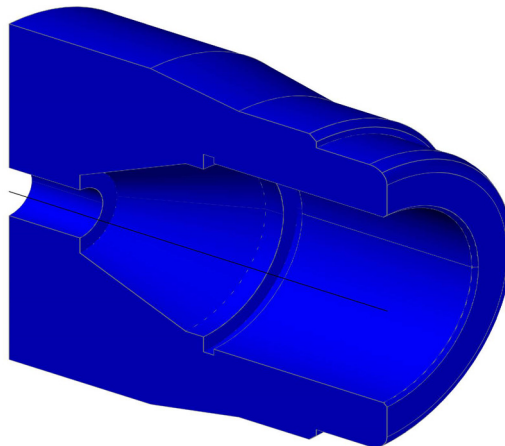
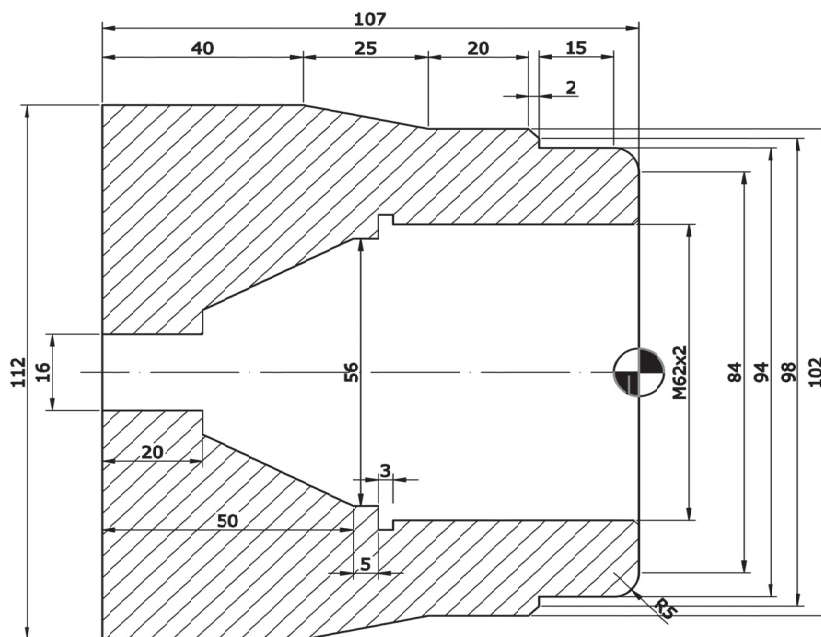


Εργαστηριακή Άσκηση 32 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 120$, L120mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Εσωτερικού Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Εργαλείο μορφής τετραγωνικό εσωτερικό πλάτους 3mm
6. Εργαλεία Εσωτερικής Τόρνευσης για Ξεχόνδρισμα και Φινιρίσμα
7. Τρυπάνι και Αλεξούαρ $\varnothing 16$, L120
8. Υλικό: Αλουμίνιο
9. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

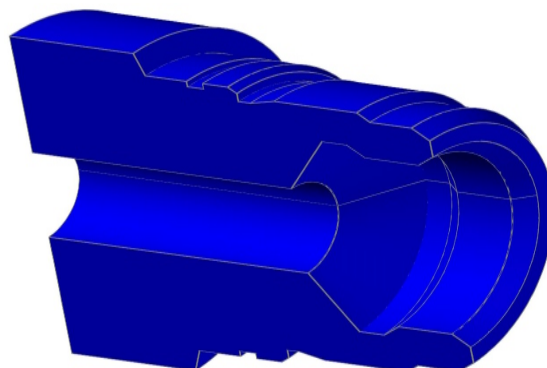
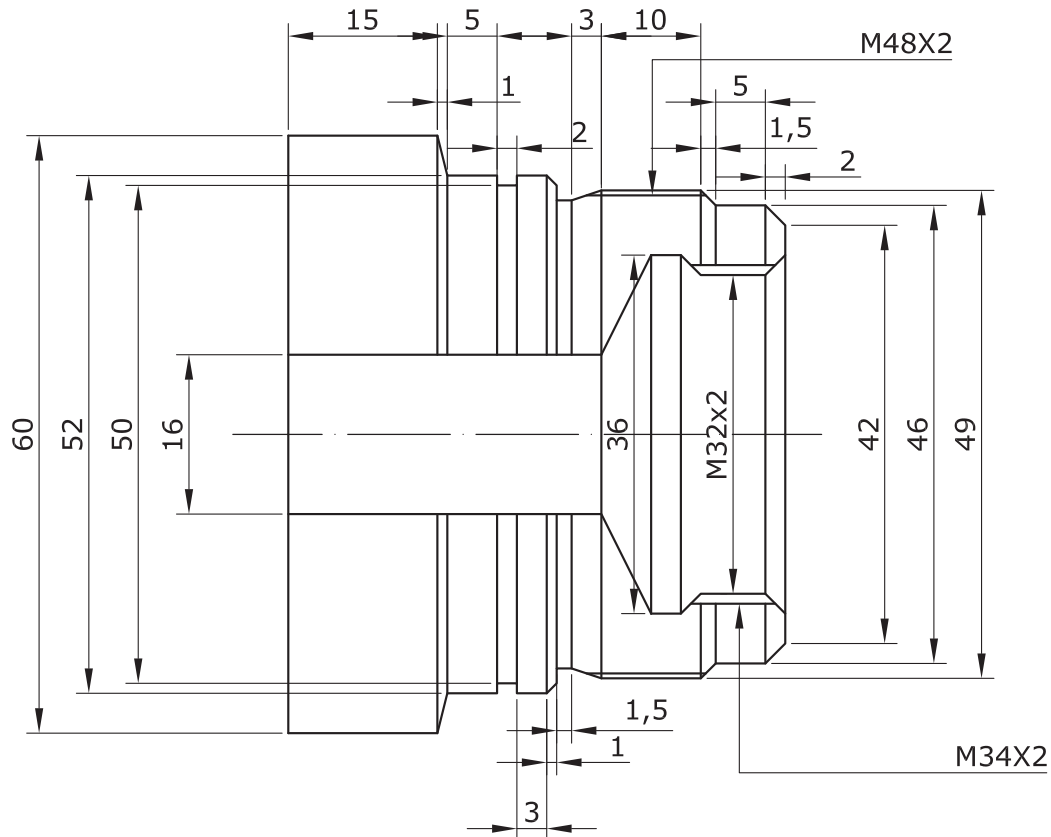


Εργαστηριακή Άσκηση 33 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόννο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης Ø62, L80mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλεία Εξωτερικού και Εσωτερικού Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 1mm
5. Τρυπάνι και Αλεξουάρ Ø16, L100
6. Υλικό: Αλουμίνιο
7. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

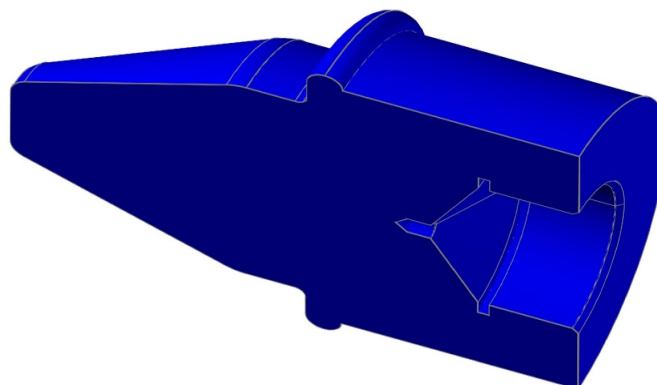
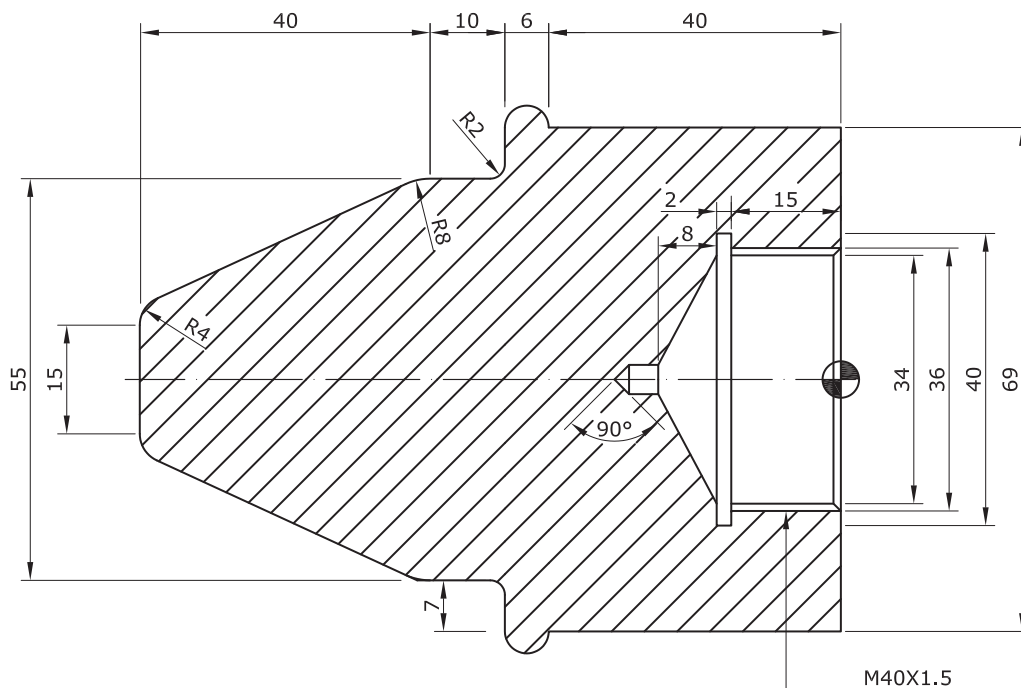


Εργαστηριακή Άσκηση 34 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 80$, L110mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Εσωτερικού Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 1mm
5. Εργαλείο μορφής τετραγωνικό εσωτερικό πλάτους 3mm
6. Τρυπάνια $\varnothing 6$, L50 και $\varnothing 35$, L100
7. Υλικό: Αλουμίνιο
8. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



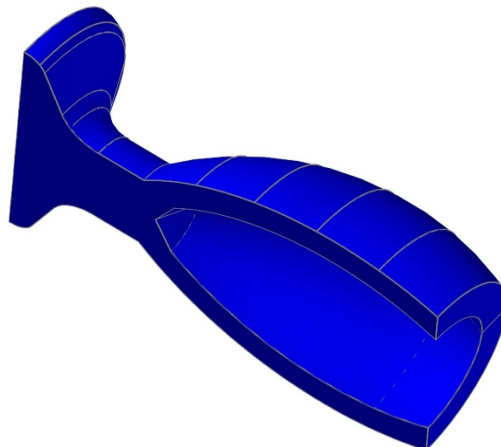
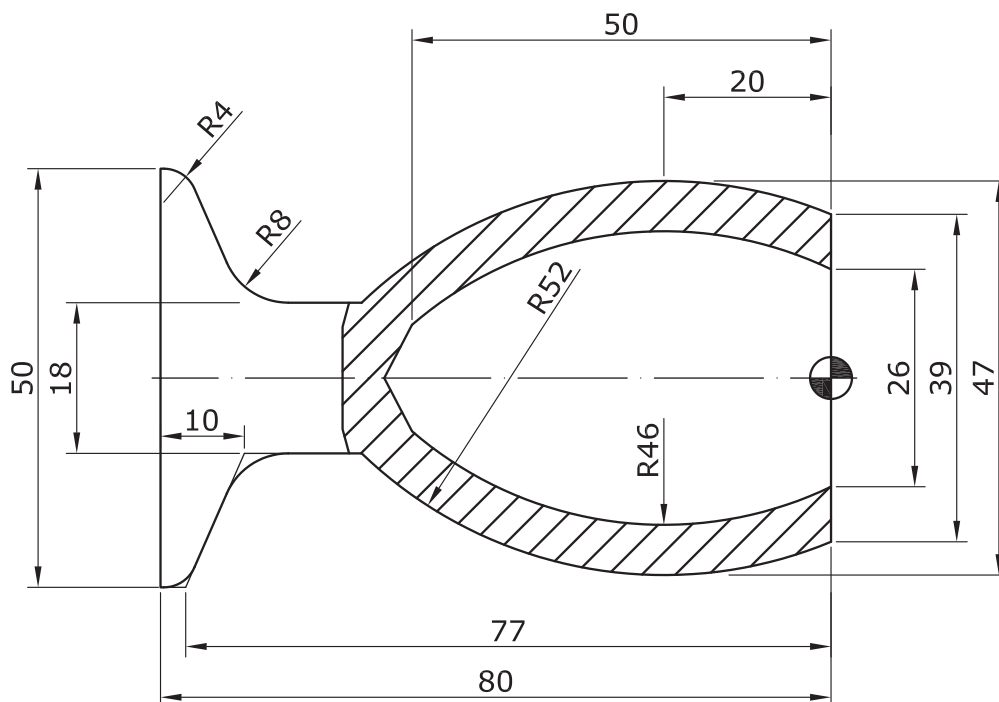
Σημείωση: Για την κατεργασία του τεμαχίου απαιτούνται 2 δεσίματα πάνω στο τσوك.

Εργαστηριακή Άσκηση 35 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 60$, L900mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Εσωτερικού Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Τρυπάνι $\varnothing 16$, L80
6. Υλικό: Αλουμίνιο
7. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

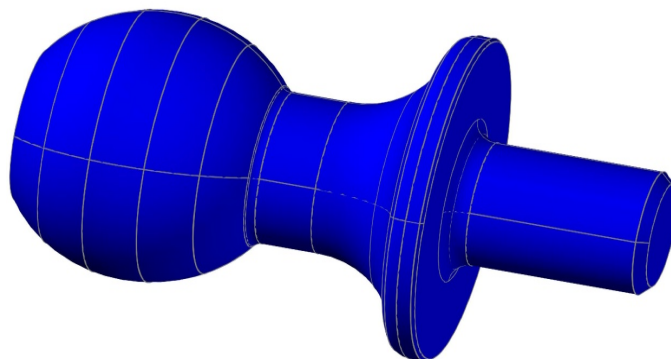
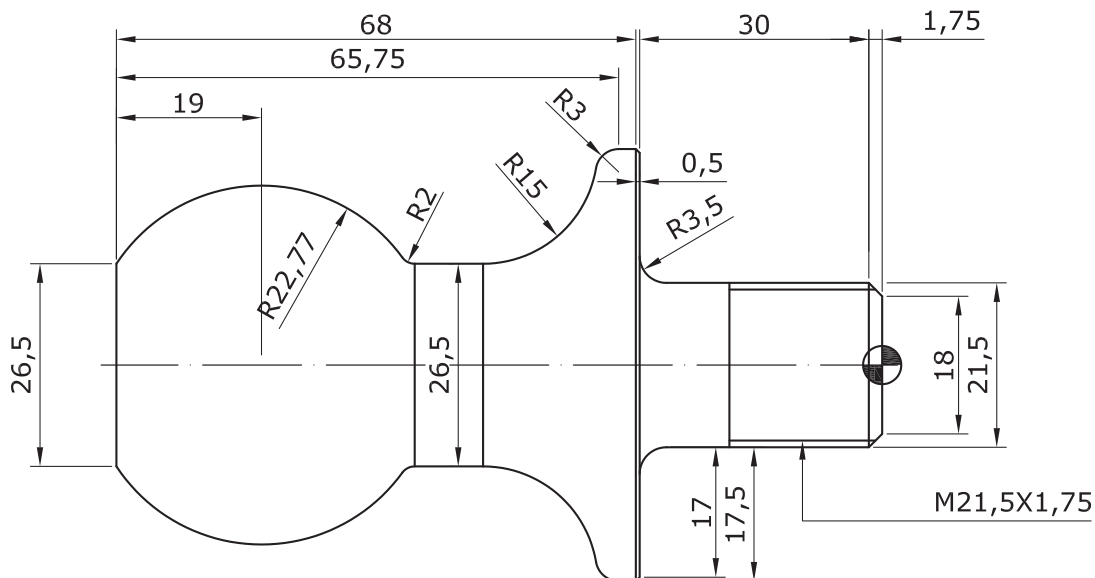


Εργαστηριακή Άσκηση 36 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 65$, L110mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Υλικό: Αλουμίνιο
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

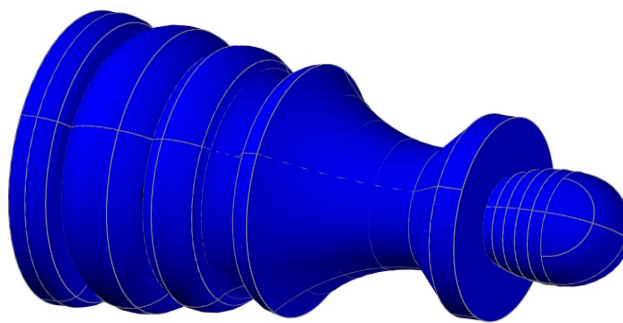
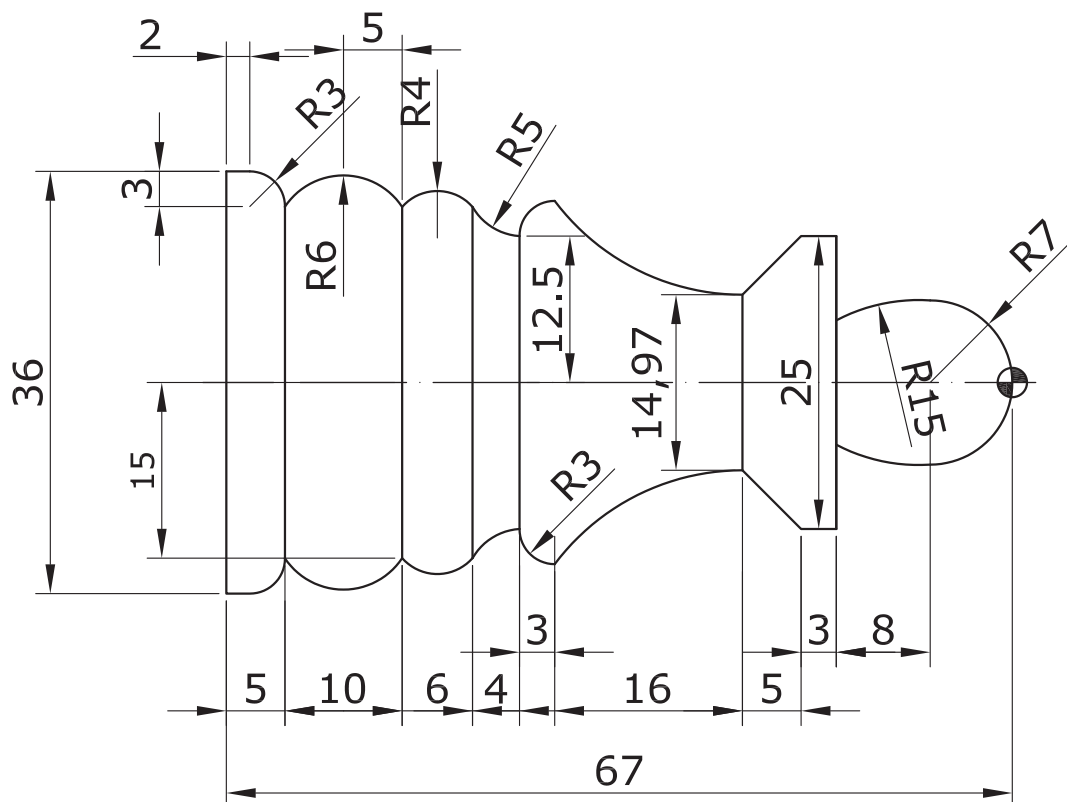


Εργαστηριακή Άσκηση 37 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 40$, L80mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
4. Υλικό: Αλουμίνιο
5. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

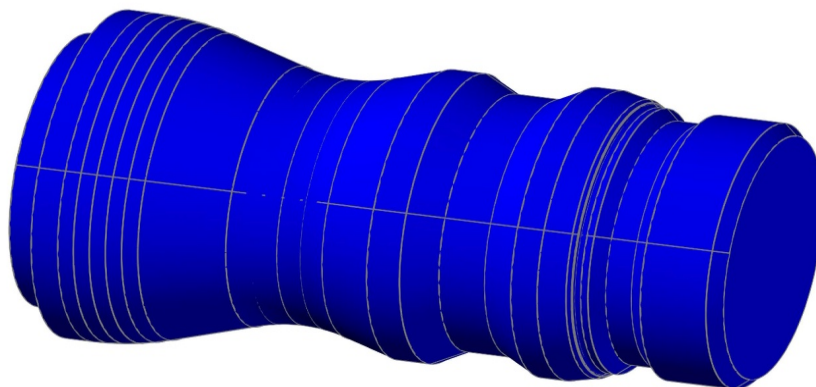
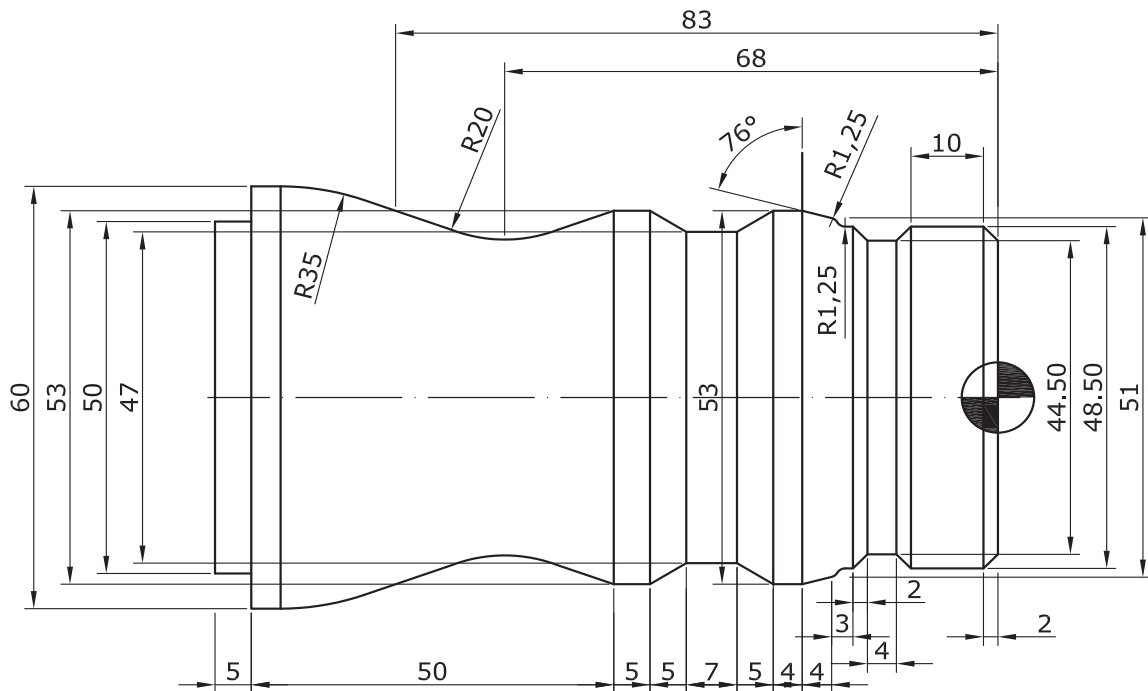


Εργαστηριακή Άσκηση 38 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 65$, L120mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Σπειρώματος
4. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
5. Υλικό: Αλουμίνιο
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας

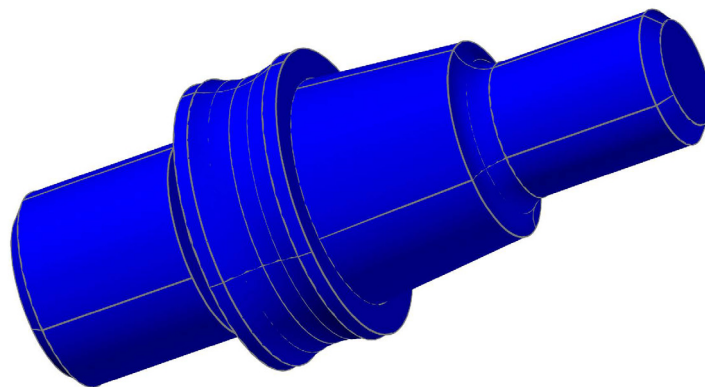
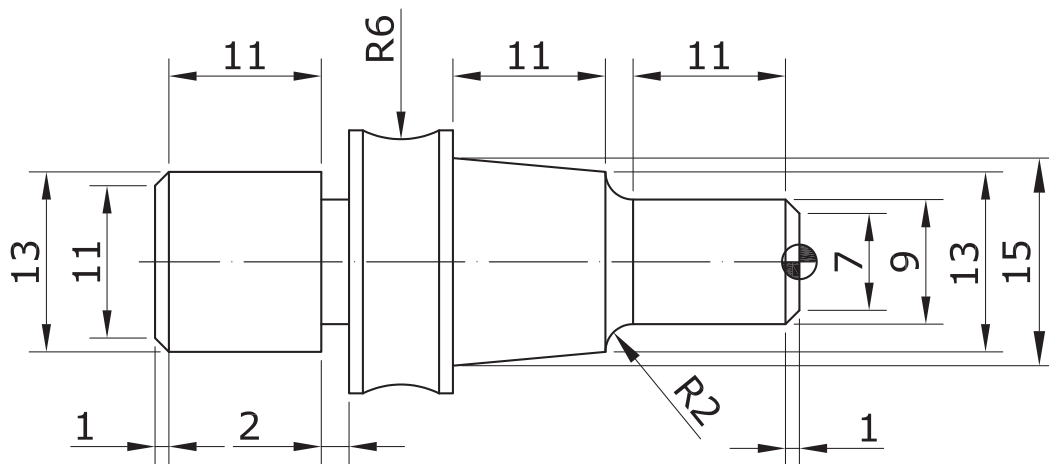


Εργαστηριακή Άσκηση 39 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 26$, L70mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
4. Υλικό: Ορείχαλκος
5. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



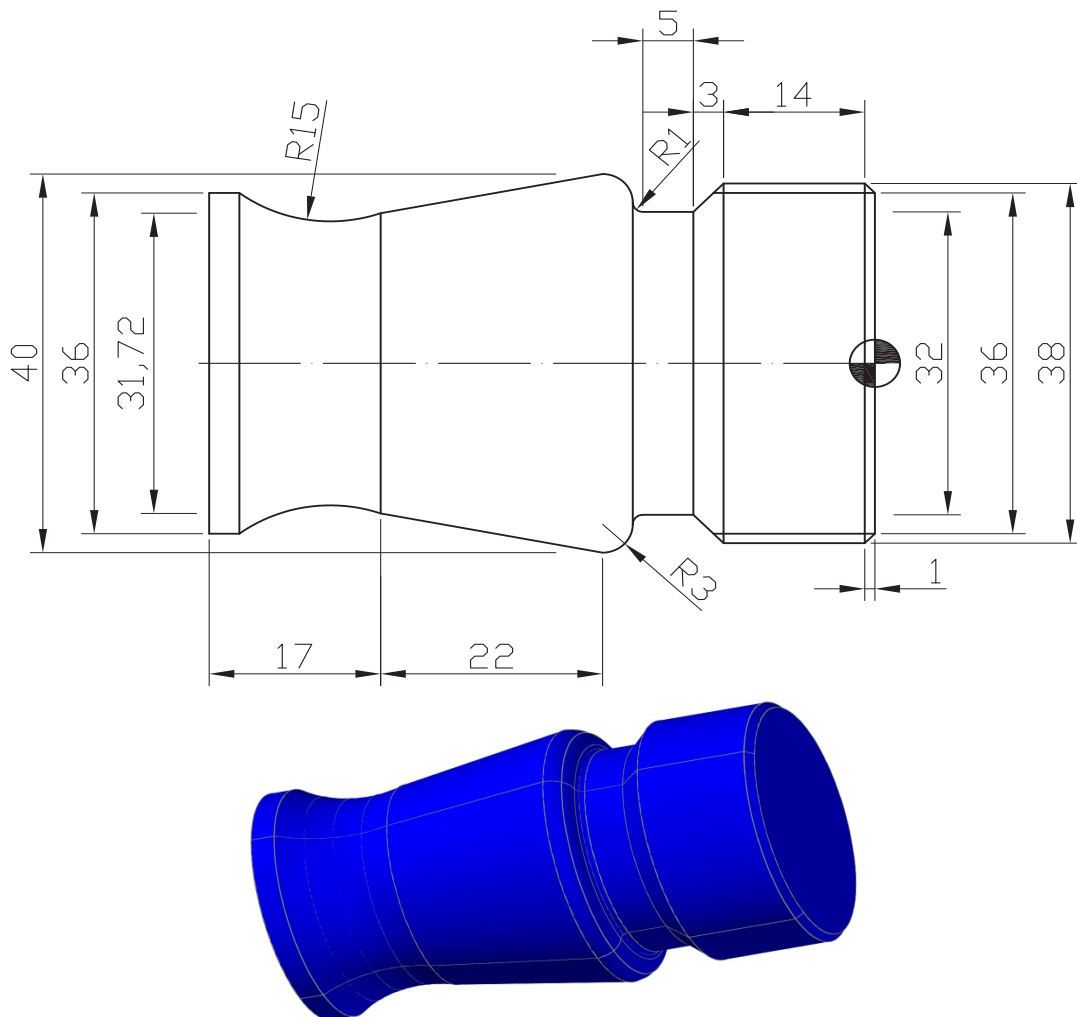
Σημείωση: Για την κατεργασία του τεμαχίου απαιτούνται 2 δεσίματα πάνω στο τσοκ.

Εργαστηριακή Άσκηση 40 CNC Τόρνου.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου-μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το φασεολόγιο και το πρόγραμμα για την κατεργασία του σε εκπαιδευτικό τόρνο CNC της Denford. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο μπροστά κεντρικό σημείο του τεμαχίου, όπως παρουσιάζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

1. Διαστάσεις ράβδου πρώτης ύλης $\varnothing 45$, L80mm
2. Εργαλείο Ξεχονδρίσματος και Φινιρίσματος (Αποπεράτωσης)
3. Εργαλείο Αποκοπής (Σχισίματος) Πλάτους 2mm
4. Εργαλείο Σπειρώματος
5. Υλικό: Ορείχαλκος
6. Προγραμματισμός με τυποποιημένους κύκλους κατεργασίας



Σημείωση: Το $\varnothing 38$ είναι σπείρωμα M38x1.

10. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΠΡΟΓΡΑΜ/ΜΟΥ CNC ΦΡΕΖΑΣ ΓΙΑ ΕΠΙΛΥΣΗ

Εργαστηριακή Άσκηση 1 CNC Φρέζας

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί ο κώδικας G για την κατεργασία του σε φάσεις. Επίσης, να παρουσιαστεί συνοπτικό φασεολόγιο της κατεργασίας. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο σημείο που εμφανίζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

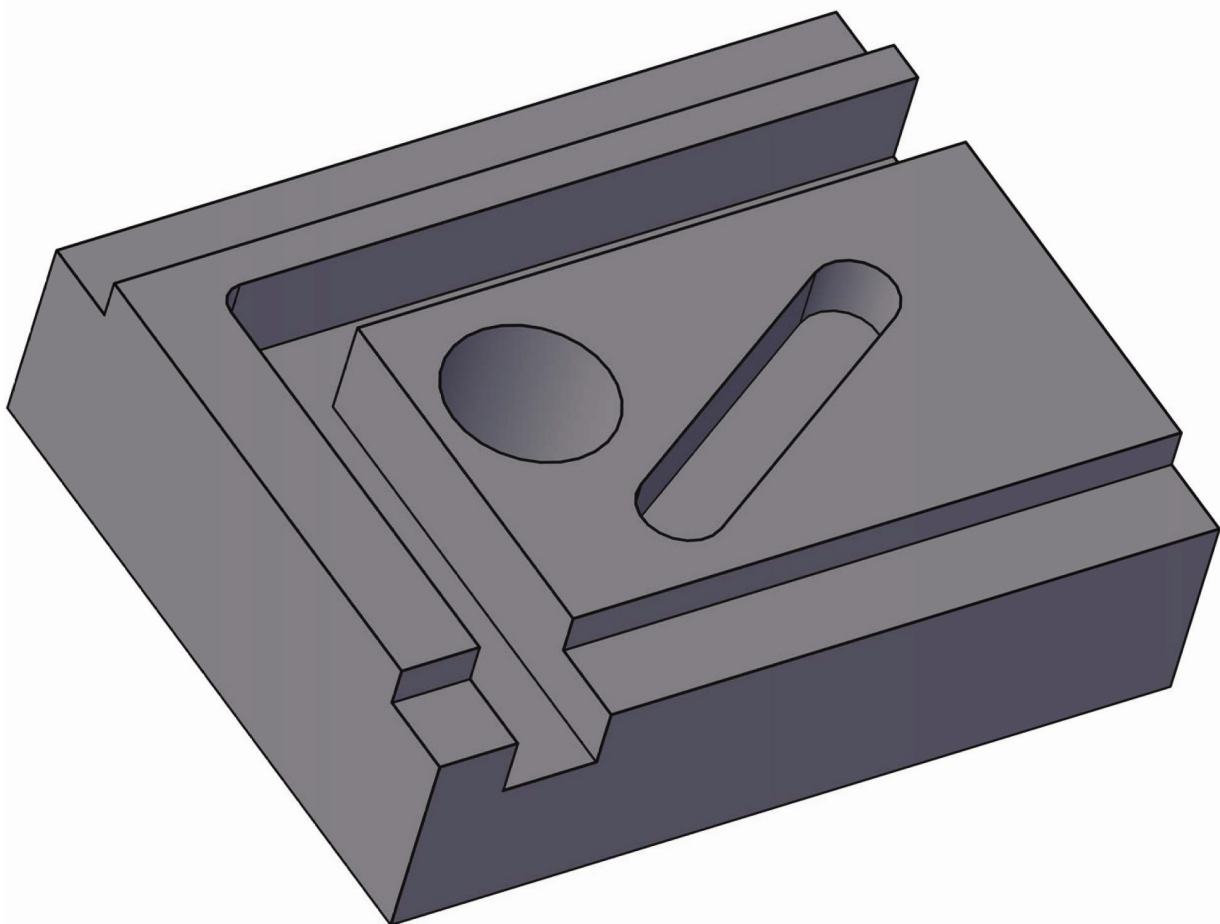
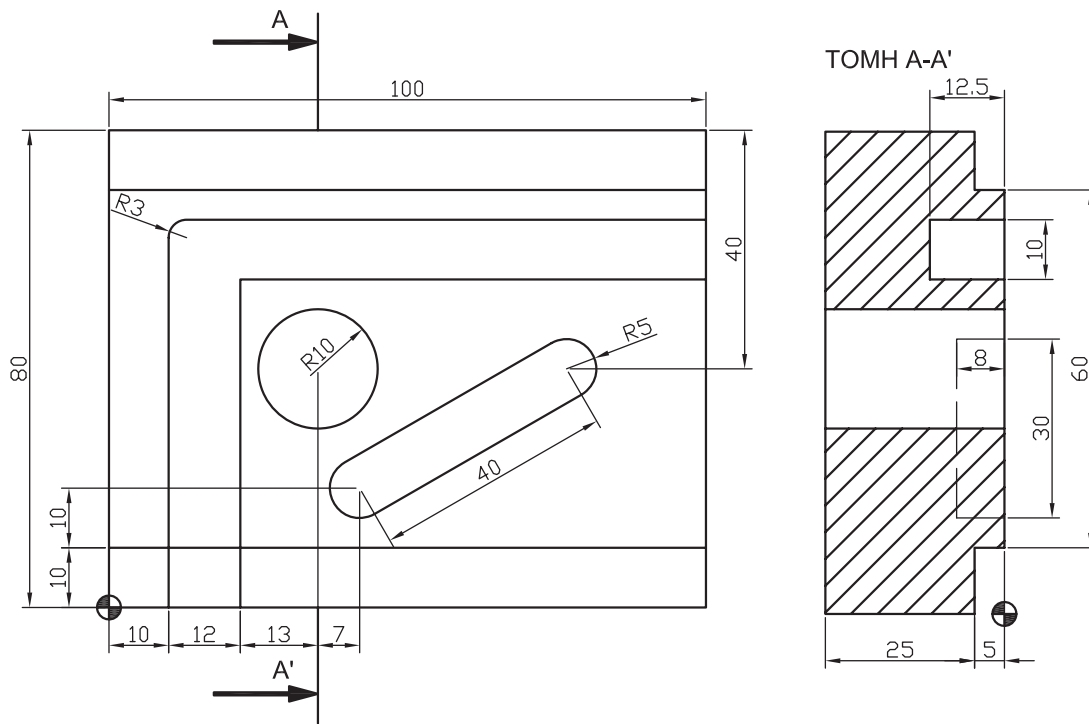
Δίνονται:

1. Διαστάσεις τεμαχίου πρώτης ύλης 100 x 80 x 30
2. Ο πίνακας των διαθέσιμων εργαλείων
3. Υλικό τεμαχίου: Αλουμίνιο

Η κατεργασία θα πραγματοποιηθεί σε μία φάση, δηλαδή δεν απαιτείται τελική αποπεράτωση της επιφάνειας. Οι φρεζοκεφαλές και τα κονδύλια δεν έχουν την ικανότητα κάθετης διεύθυνσης στο τεμάχιο, εκτός κι αν έχει σημειωθεί διαφορετικά στον Πίνακα των Εργαλείων.

Πίνακας Διαθέσιμων Εργαλείων

α/α	Θέση Εργαλείου στον Μύλο	Τύπος Εργαλείου	Διάμετρος	Μήκος
1	01	Τροπάνι	6	50
2	02	Τροπάνι	8	60
3	10	Κονδύλι με γωνία διείσδυσης	6	50
4	11	Κονδύλι επιπέδου άκρου	10	70
5	12	Φρεζοκεφαλή	40	30



Εργαστηριακή Άσκηση 2 CNC Φρέζας

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το πρόγραμμα για την κατεργασία του. Επίσης, να παρουσιαστεί συνοπτικό φασεολόγιο της κατεργασίας. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο σημείο που εμφανίζεται στο μηχανολογικό σχέδιο.

Δίνονται:

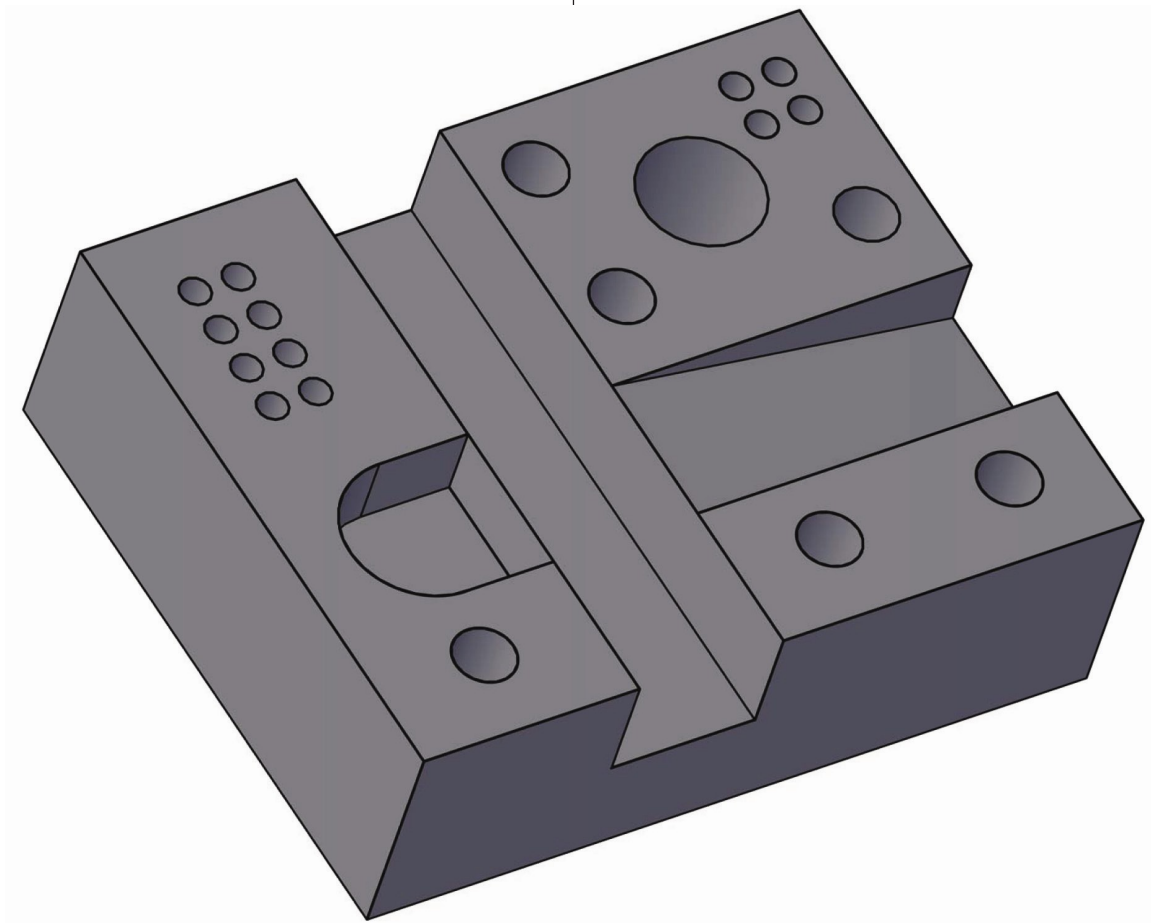
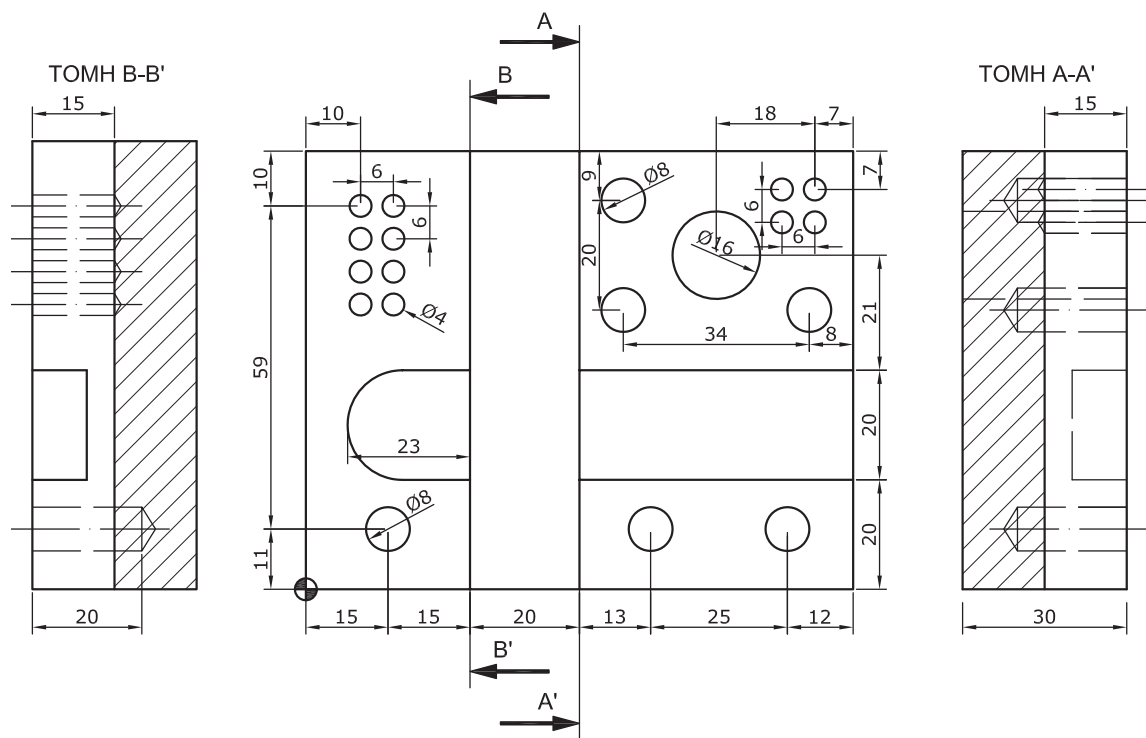
1. Διαστάσεις τεμαχίου πρώτης ύλης 100 x 80 x 35
2. Ο πίνακας των διαθέσιμων εργαλείων
3. Υλικό τεμαχίου: Αεροπορικό Αλουμίνιο A2000

Η κατεργασία θα πραγματοποιηθεί σε επιμέρους φάσεις. Αρχικά θα καθαριστεί η πάνω επιφάνεια του τεμαχίου, αλλά όχι των παράπλευρων επιφανειών. Ακολουθεί το ξεχόνδρισμα και οι οπές και τέλος φινιρίσμα επιφανειών και των οπών

Οι φρεζοκεφαλές και τα κονδύλια δεν έχουν την ικανότητα κάθετης διεύθυνσης στο τεμάχιο, εκτός κι αν έχει σημειωθεί διαφορετικά στον Πίνακα των Εργαλείων. Δεν είναι υποχρεωτική η χρήση όλων των εργαλείων. Τα γλύφανα χρησιμοποιούνται για την αποπεράτωση της παράπλευρης επιφάνειας των οπών.

Πίνακας διαθέσιμων εργαλείων

α/α	Θέση Εργαλείου στον Μύλο	Τύπος Εργαλείου	Διάμετρος	Μήκος
1	01	Τρυπάνι	4	50
2	02	Τρυπάνι	6	50
3	03	Τρυπάνι	8	60
4	10	Κονδύλι με γωνία διείσδυσης	6	50
5	11	Κονδύλι επιπέδου άκρου	10	70
6	12	Φρεζοκεφαλή	20	40
7	13	Φρεζοκεφαλή	40	40
8	14	Φρεζοκεφαλή	80	40
9	15	Γλύφانو	4	80
10	16	Γλύφانو	8	80



Εργαστηριακή Άσκηση 3 CNC Φρέζας.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το πρόγραμμα για την κατεργασία του. Επίσης, να παρουσιαστεί συνοπτικό φασεολόγιο της κατεργασίας. Σημείο αναφοράς για τον προγραμματισμό λαμβάνεται η κάτω αριστερά γωνία του τεμαχίου (στο επίπεδο ΧΥ) στην πάνω πλευρά κατά Ζ.

Δίνονται:

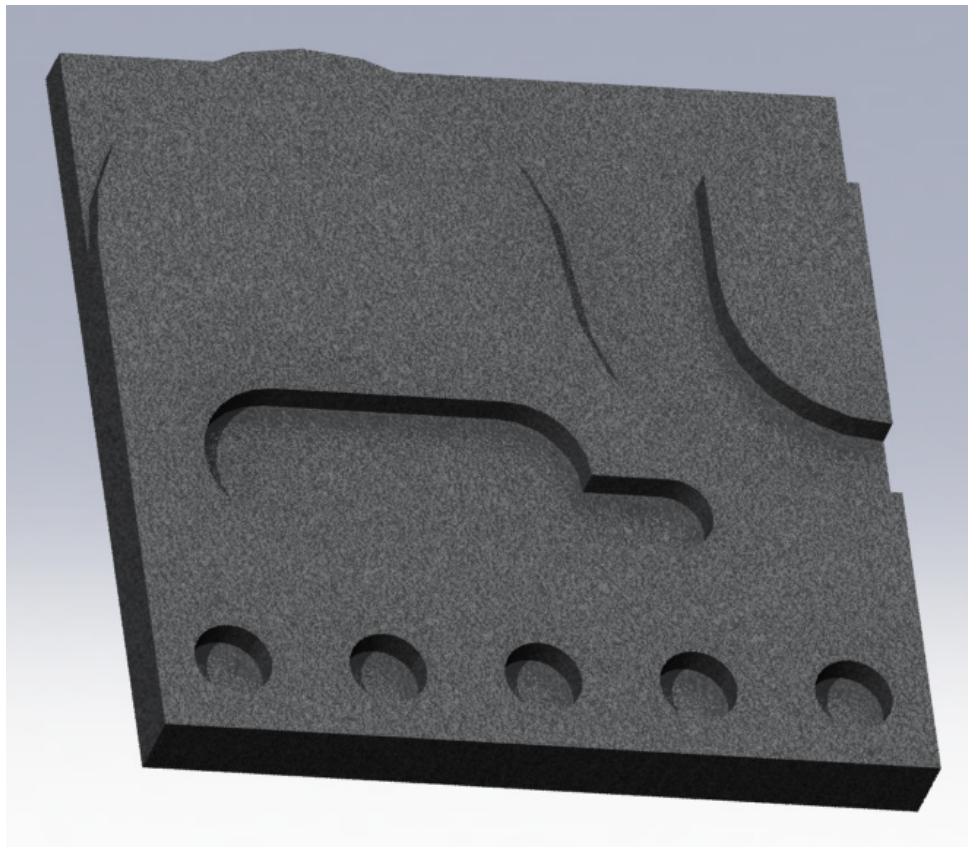
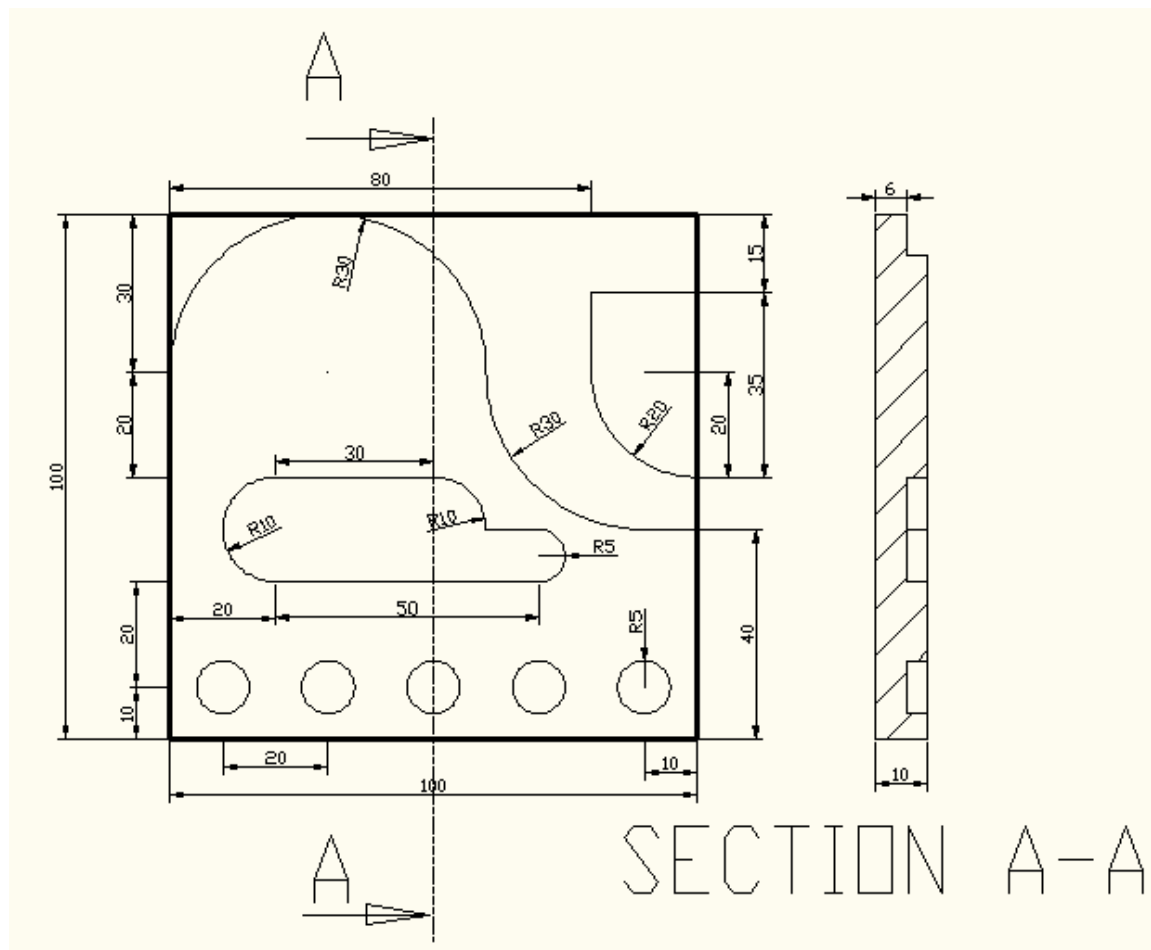
1. Διαστάσεις τεμαχίου πρώτης ύλης X100 Y100 Z10
2. Ο πίνακας των διαθέσιμων εργαλείων
3. Υλικό τεμαχίου: Αεροπορικό Αλουμίνιο A2000

Η συγκράτηση του τεμαχίου πραγματοποιείται στην κάτω πλευρά του. Η κατεργασία θα πραγματοποιηθεί σε επιμέρους φάσεις. Αρχικά θα καθαριστεί η πάνω επιφάνεια του τεμαχίου και των τεσσάρων παράπλευρων επιφανειών (περιφερειακό φρεζάρισμα). Στη συνέχεια πραγματοποιείται ξεχόνδρισμα και φινίρισμα των λουκιών, της ποκέτας και των οπών (δεν απαιτείται η χρήση τρυπανιού για τη διείσδυση των κονδυλιών).

Τα διαθέσιμα εργαλεία εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα. Δεν είναι υποχρεωτική η χρήση όλων των εργαλείων. Το φινίρισμα των οπών μπορεί να γίνει με το κονδύλι με κατάλληλες συνθήκες κατεργασίας.

Πίνακας διαθέσιμων εργαλείων

α/α	Θέση Εργαλείου στον Μύλο	Τύπος Εργαλείου	Διάμετρος	Μήκος
1	01	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	6	50
2	02	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	10	70
3	05	Φρεζοκεφαλή	20	40
4	06	Φρεζοκεφαλή	40	50



Εργαστηριακή Άσκηση 4 CNC Φρέζας.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το πρόγραμμα για την κατεργασία του. Επίσης, να παρουσιαστεί συνοπτικό φασεολόγιο της κατεργασίας. Σημείο αναφοράς για τον προγραμματισμό λαμβάνεται η κάτω αριστερά γωνία του τεμαχίου (στο επίπεδο ΧΥ) στην πάνω πλευρά κατά Ζ.

Δίνονται:

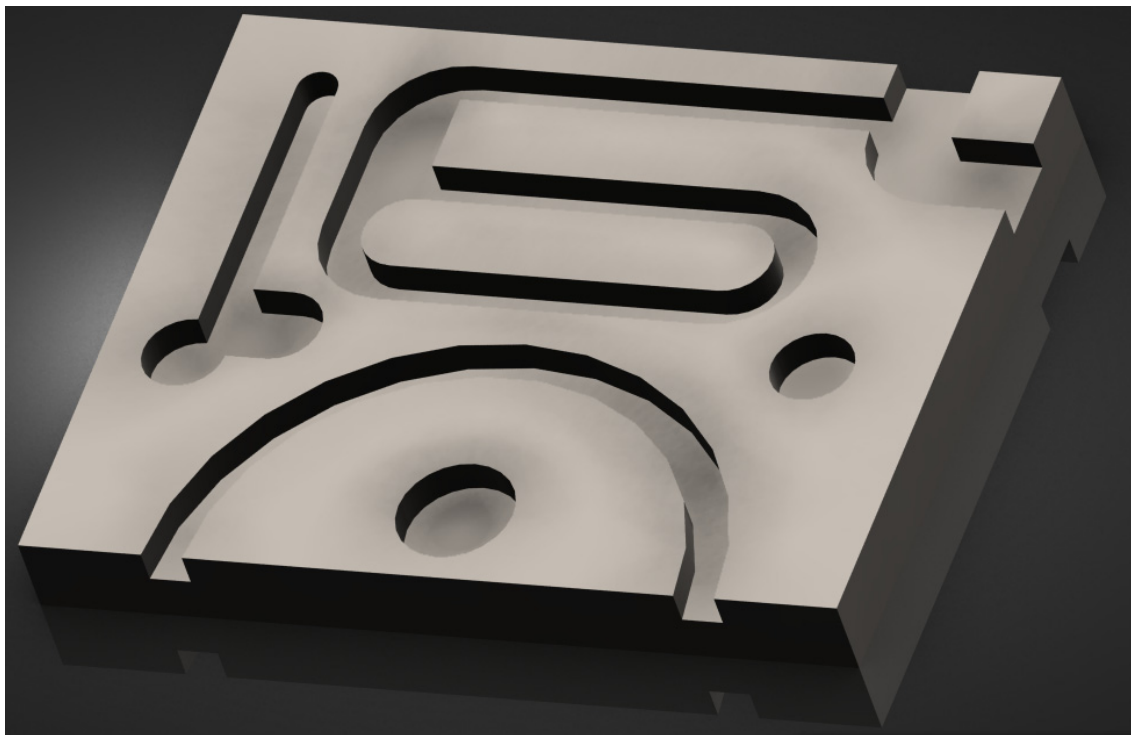
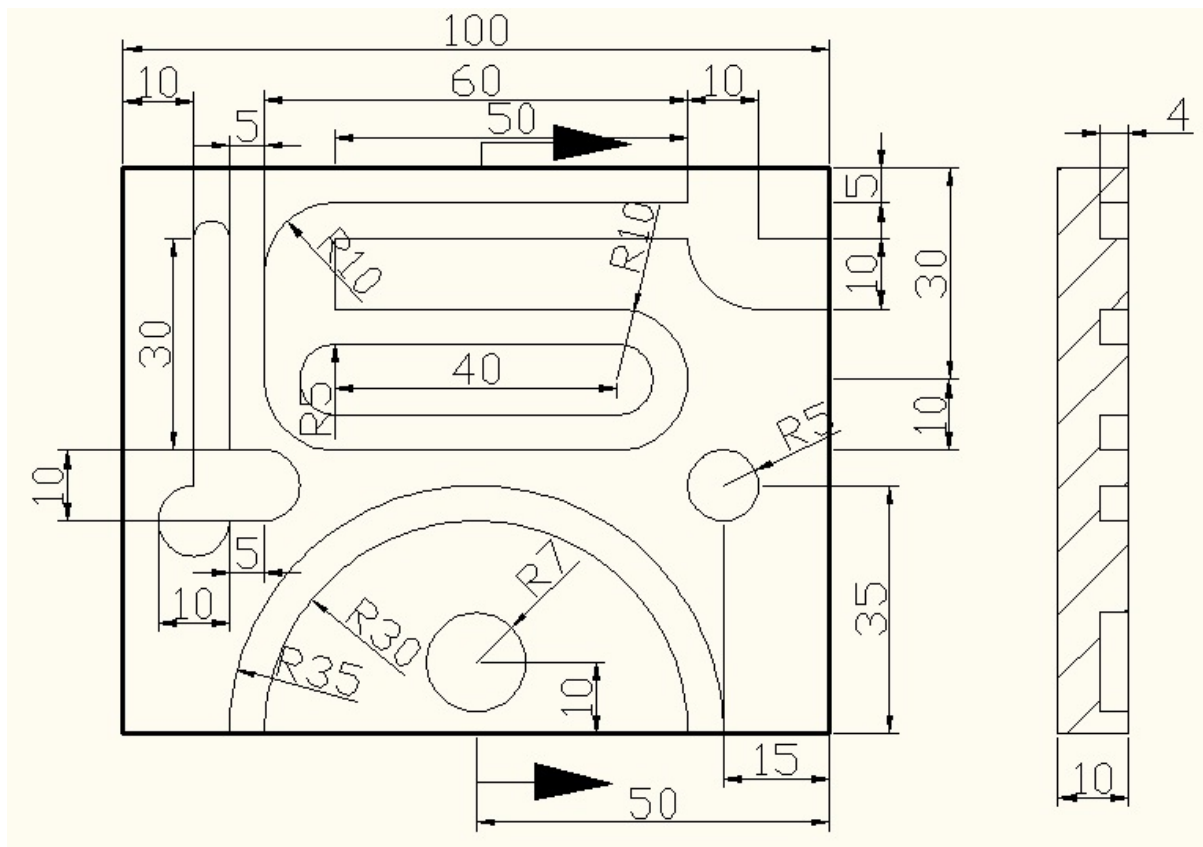
1. Διαστάσεις τεμαχίου πρώτης ύλης X100 Y80 Z10
2. Ο πίνακας των διαθέσιμων εργαλείων
3. Υλικό τεμαχίου: Αεροπορικό Αλουμίνιο A2000

Η συγκράτηση του τεμαχίου πραγματοποιείται στην κάτω πλευρά του. Η κατεργασία θα πραγματοποιηθεί σε επιμέρους φάσεις. Αρχικά θα καθαριστεί η πάνω επιφάνεια του τεμαχίου και των τεσσάρων παράπλευρων επιφανειών (περιφερειακό φρεζάρισμα). Στη συνέχεια πραγματοποιείται ξεχόνδρισμα και φινίρισμα των λουκιών, των ποκετών και των οπών (δεν απαιτείται η χρήση τρυπανιού για τη διείσδυση των κονδυλίων). Τα πάσα δεν μπορούν να ξεπεράσουν τα 2 mm κατά τη διεύθυνση Ζ.

Τα διαθέσιμα εργαλεία εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα. Δεν είναι υποχρεωτική η χρήση όλων των εργαλείων. Το φινίρισμα των οπών μπορεί να γίνει με το κονδύλι με κατάλληλες συνθήκες κατεργασίας.

Πίνακας διαθέσιμων εργαλείων

α/α	Θέση Εργαλείου στον Μύλο	Τύπος Εργαλείου	Διάμετρος	Μήκος
1	01	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	5	40
2	02	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	8	50
3	03	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	10	60
4	04	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	14	60
5	05	Φρεζοκεφαλή	20	40
6	06	Φρεζοκεφαλή	40	50



Εργαστηριακή Άσκηση 5 CNC Φρέζας.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το πρόγραμμα για την κατεργασία του. Επίσης, να παρουσιαστεί συνοπτικό φασεολόγιο της κατεργασίας. Σημείο αναφοράς για τον προγραμματισμό λαμβάνεται η κάτω αριστερά γωνία του τεμαχίου (στο επίπεδο ΧΥ) στην πάνω πλευρά κατά Ζ.

Δίνονται:

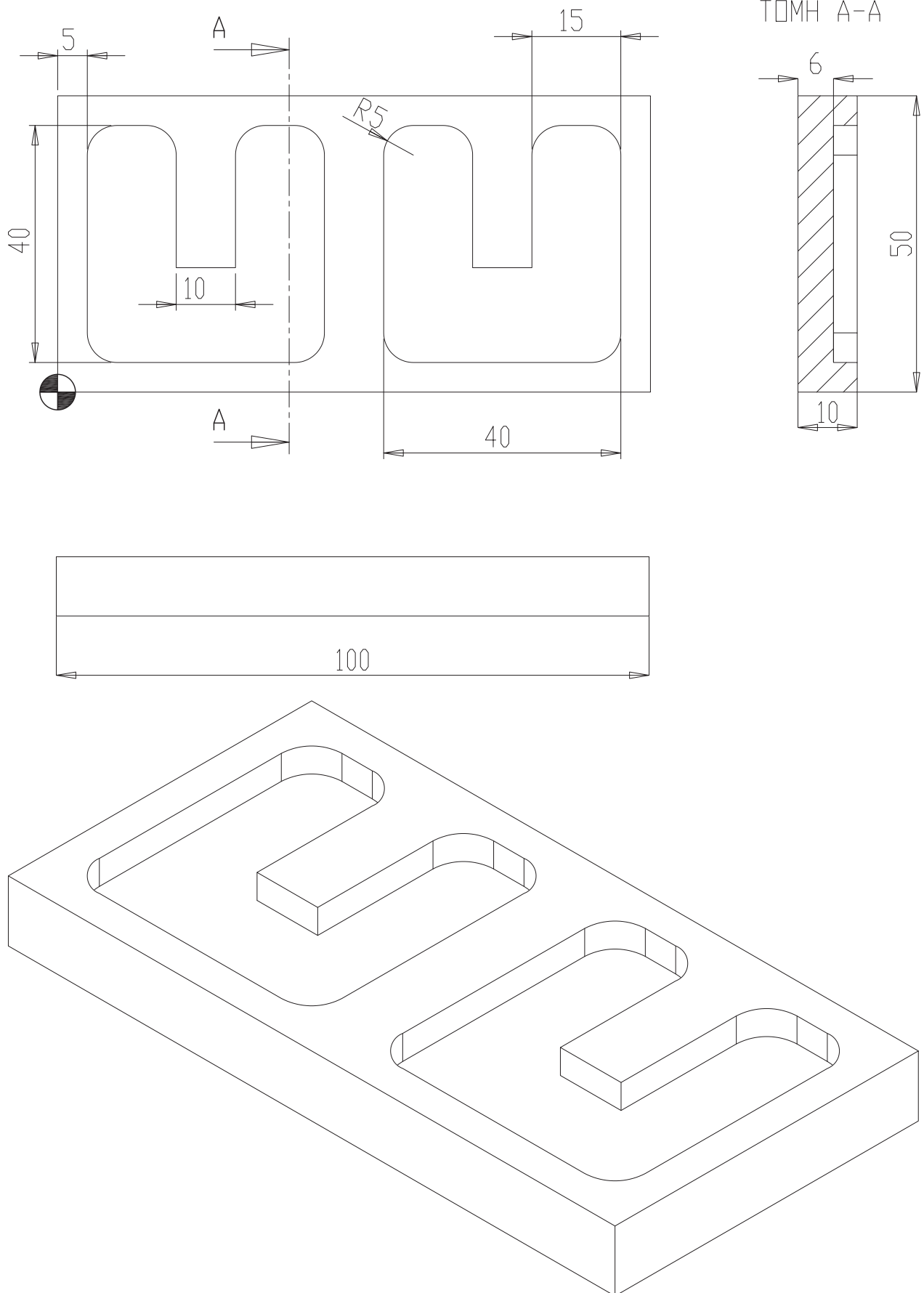
1. Διαστάσεις τεμαχίου πρώτης ύλης X100 Y40 Z10
2. Ο πίνακας των διαθέσιμων εργαλείων
3. Υλικό τεμαχίου: Αεροπορικό Αλουμίνιο A2000

Η συγκράτηση του τεμαχίου πραγματοποιείται στην κάτω πλευρά του. Η κατεργασία θα πραγματοποιηθεί σε επιμέρους φάσεις. Αρχικά θα καθαριστεί η πάνω επιφάνεια του τεμαχίου και των τεσσάρων παράπλευρων επιφανειών (περιφερειακό φρεζάρισμα). Στη συνέχεια πραγματοποιείται ξεχόνδρισμα και φινίρισμα των ποκετών (δεν απαιτείται η χρήση τρυπανιού για τη διείσδυση των κονδυλίων). Τα πάσα δεν μπορούν να ξεπεράσουν τα 2 mm κατά τη διεύθυνση Ζ.

Τα διαθέσιμα εργαλεία εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα. Δεν είναι υποχρεωτική η χρήση όλων των εργαλείων. Το φινίρισμα των οπών μπορεί να γίνει με το κονδύλι με κατάλληλες συνθήκες κατεργασίας.

Πίνακας διαθέσιμων εργαλείων

α/α	Θέση Εργαλείου στον Μύλο	Τύπος Εργαλείου	Διάμετρος	Μήκος
1	01	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	5	40
2	02	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	8	50
3	03	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	10	60
4	04	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	14	60
5	05	Φρεζοκεφαλή	20	40
6	06	Φρεζοκεφαλή	40	50



Εργαστηριακή Άσκηση 6 CNC Φρέζας.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το πρόγραμμα για την κατεργασία του. Επίσης, να παρουσιαστεί συνοπτικό φασεολόγιο της κατεργασίας. Σημείο αναφοράς για τον προγραμματισμό λαμβάνεται η κάτω αριστερά γωνία του τεμαχίου (στο επίπεδο ΧΥ) στην πάνω πλευρά κατά Ζ.

Δίνονται:

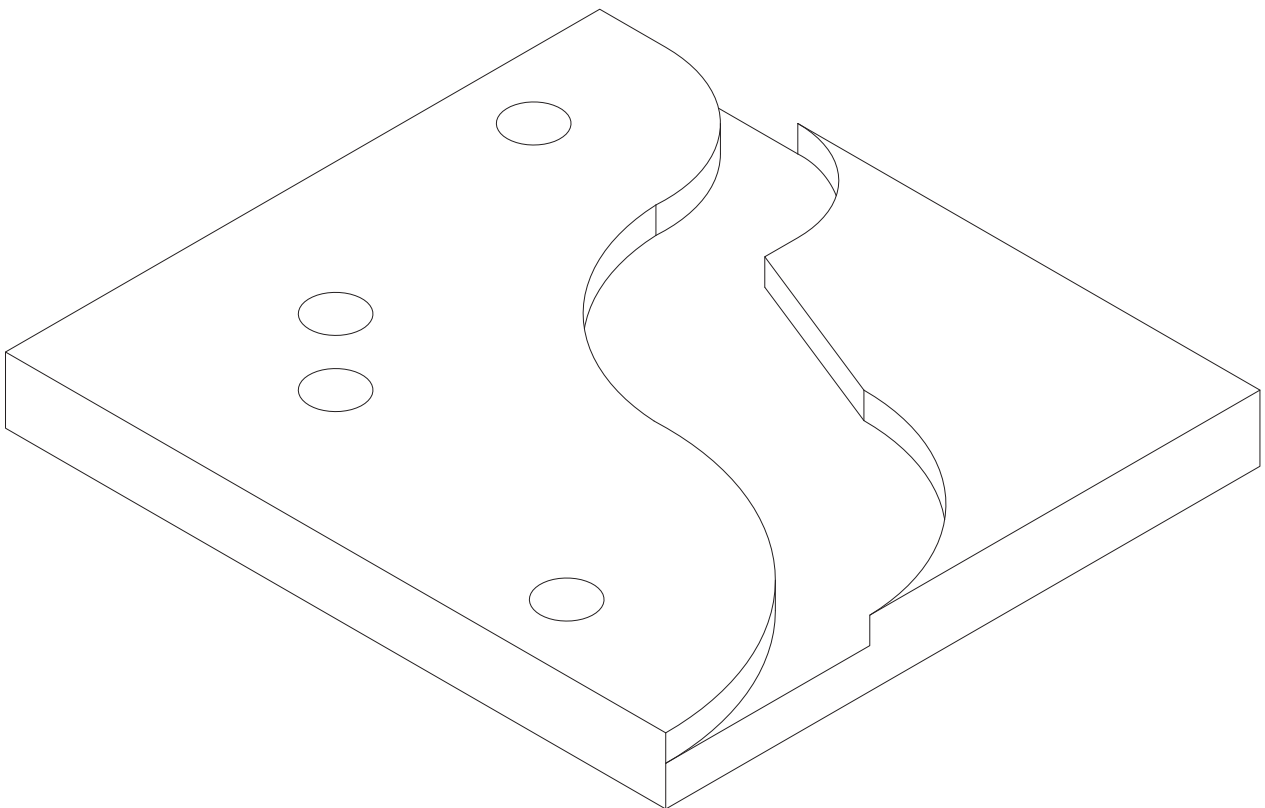
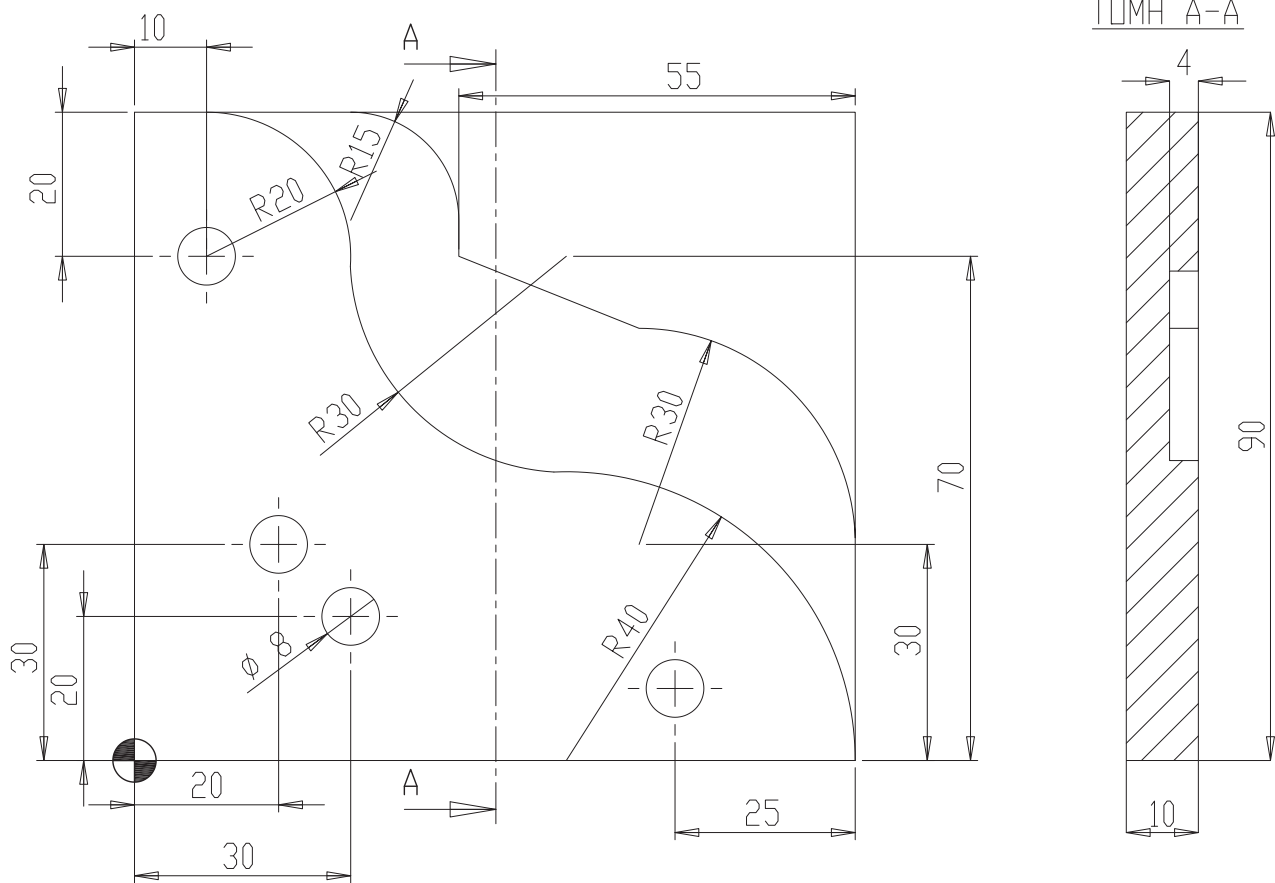
1. Διαστάσεις τεμαχίου πρώτης ύλης X100 Y90 Z10
2. Ο πίνακας των διαθέσιμων εργαλείων
3. Υλικό τεμαχίου: Αεροπορικό Αλουμίνιο A2000

Η συγκράτηση του τεμαχίου πραγματοποιείται στην κάτω πλευρά του. Η κατεργασία θα πραγματοποιηθεί σε επιμέρους φάσεις. Αρχικά θα καθαριστεί η πάνω επιφάνεια του τεμαχίου και των τεσσάρων παράπλευρων επιφανειών (περιφερειακό φρεζάρισμα). Στη συνέχεια πραγματοποιείται ξεχόνδρισμα και φινίρισμα του λουκιού και τέλος η διάνοιξη και η γλύφανση των οπών.

Τα διαθέσιμα εργαλεία εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα. Δεν είναι υποχρεωτική η χρήση όλων των εργαλείων. Το φινίρισμα των οπών μπορεί να γίνει με το κονδύλι με κατάλληλες συνθήκες κατεργασίας.

Πίνακας διαθέσιμων εργαλείων

α/α	Θέση Εργαλείου στον Μύλο	Τύπος Εργαλείου	Διάμετρος	Μήκος
1	01	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	5	40
2	02	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	8	50
3	03	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	10	60
4	04	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	14	60
5	05	Φρεζοκεφαλή	20	40
6	06	Φρεζοκεφαλή	40	50
7	10	Τρυπάνι	6	80
8	11	Τρυπάνι	8	100
9	12	Γλύφανο	8	60



Εργαστηριακή Άσκηση 7 CNC Φρέζας.

Δίνεται το παρακάτω εξάρτημα (3D μοντέλο αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το πρόγραμμα για την κατεργασία του. Επίσης, να παρουσιαστεί συνοπτικό φασεολόγιο της κατεργασίας. Σημείο αναφοράς για τον προγραμματισμό λαμβάνεται η κάτω αριστερά γωνία του τεμαχίου (στο επίπεδο ΧΥ) στην πάνω πλευρά κατά Ζ.

Δίνονται:

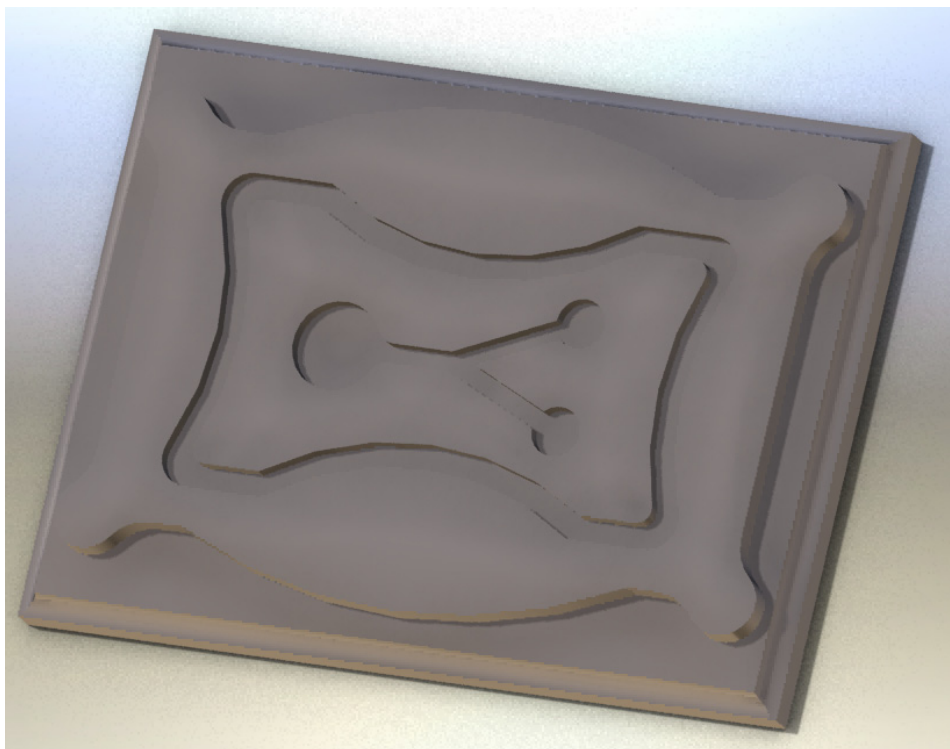
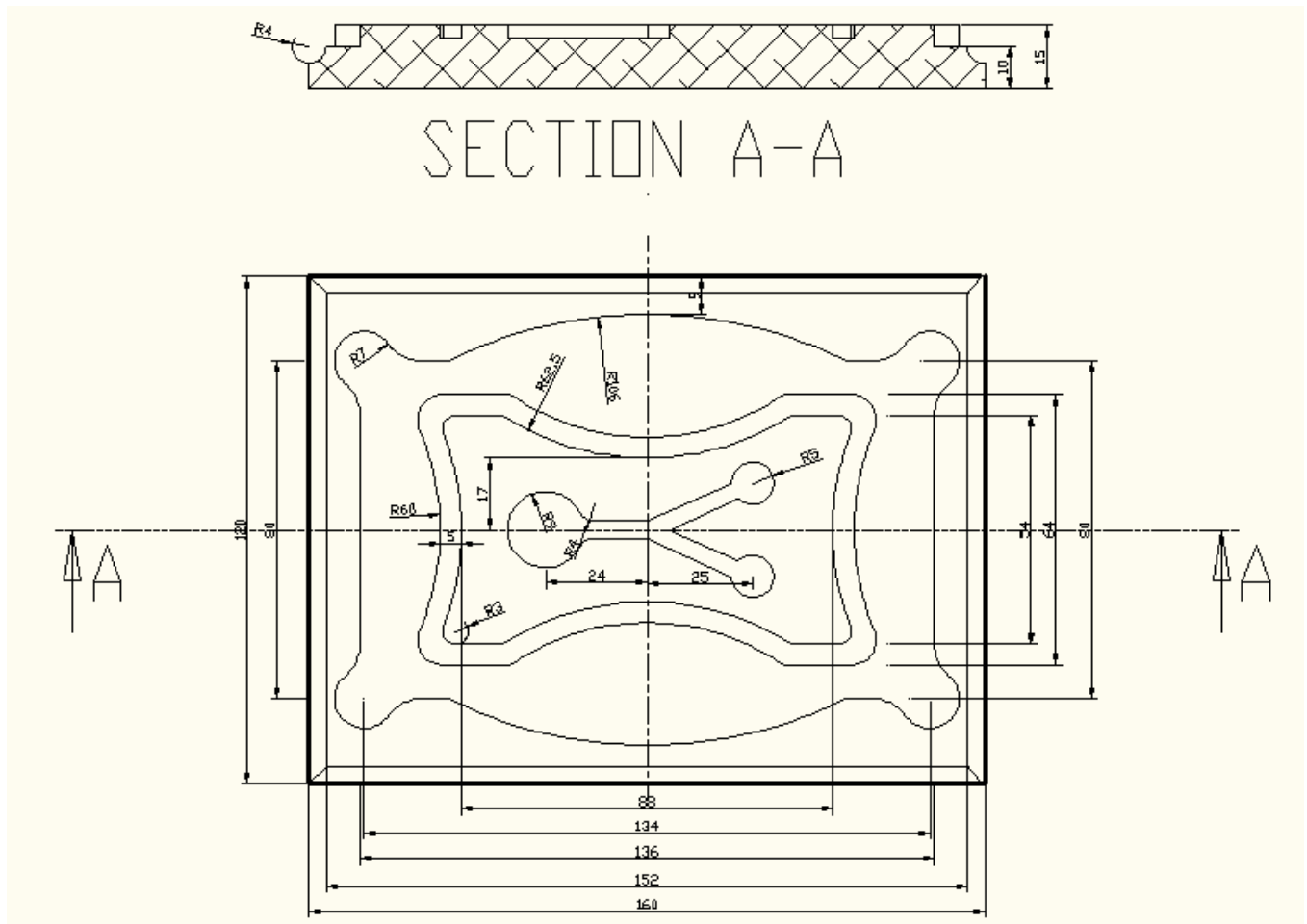
1. Διαστάσεις τεμαχίου πρώτης ύλης X160 Y120 Z15
2. Ο πίνακας των διαθέσιμων εργαλείων
3. Υλικό τεμαχίου: Αεροπορικό Αλουμίνιο A2000

Η συγκράτηση του τεμαχίου πραγματοποιείται στην κάτω πλευρά του. Η κατεργασία θα πραγματοποιηθεί σε επιμέρους φάσεις. Αρχικά θα καθαριστεί η πάνω επιφάνεια του τεμαχίου και των τεσσάρων παράπλευρων επιφανειών (περιφερειακό φρεζάρισμα). Το περιφερειακό άνω άκρο του τεμαχίου πραγματοποιείται σε ένα πάσο με εργαλείο μορφής (κονδύλι σφαιρικού άκρου). Στη συνέχεια πραγματοποιείται ξεχόνδρισμα και φινίρισμα των λουκιών, των ποκετών και των οπών (δεν απαιτείται η χρήση τρυπανιού για τη διείσδυση των κονδυλιών). Τα πάσα δεν μπορούν να ξεπεράσουν τα 2 mm κατά τη διεύθυνση Ζ.

Τα διαθέσιμα εργαλεία εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα. Δεν είναι υποχρεωτική η χρήση όλων των εργαλείων. Το φινίρισμα των οπών μπορεί να γίνει με το κονδύλι με κατάλληλες συνθήκες κατεργασίας.

Πίνακας διαθέσιμων εργαλείων

α/α	Θέση Εργαλείου στον Μύλο	Τύπος Εργαλείου	Διάμετρος	Μήκος
1	01	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	5	40
2	02	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	8	50
3	03	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	10	60
4	04	Κονδύλι επιπέδου άκρου με γωνία διείσδυσης	14	60
5	05	Φρεζοκεφαλή	20	40
6	06	Φρεζοκεφαλή	40	50
7	10	Κονδύλι σφαιρικού άκρου	10	50
8	11	Κονδύλι σφαιρικού άκρου	12	60



Εργαστηριακή Άσκηση 8 CNC Φρέζας.

Δίνεται το εξάρτημα της επόμενης σελίδας (3D όψη του μοντέλου του αντικειμένου και μηχανολογικό σχέδιο) και ζητείται να δημιουργηθεί το κώδικας G για την κατεργασία του. Επίσης, να παρουσιαστεί συνοπτικό φασεολόγιο της κατεργασίας. Η αρχή του συστήματος συντεταγμένων για τον προγραμματισμό λαμβάνεται στο σημείο που εμφανίζεται στο μηχανολογικό σχέδιο (στην ανώτερη επιφάνεια του αρχικού τεμαχίου).

Δίνονται:

1. Διαστάσεις αρχικού τεμαχίου πρώτης ύλης 160 x 100 x 30
2. Ενδεικτικός Πίνακας Εργαλείων
3. Υλικό τεμαχίου: Χάλυβας Μέσης Σκληρότητας (~500-600 HV)

Η κατεργασία θα πραγματοποιηθεί σε επιμέρους φάσεις. Αρχικά θα καθαριστεί η πάνω επιφάνεια του τεμαχίου και οι μικρές παράπλευρες επιφάνειες. Ακολουθεί το ξεχόνδρισμα και οι οπές και τέλος φινιρίσμα επιφανειών και των οπών

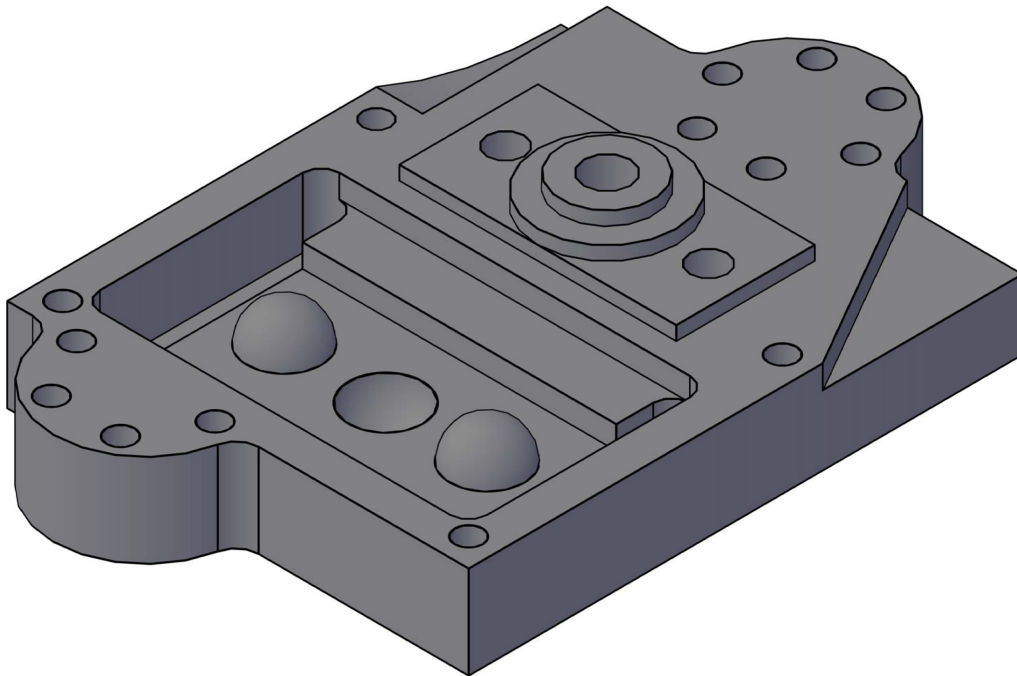
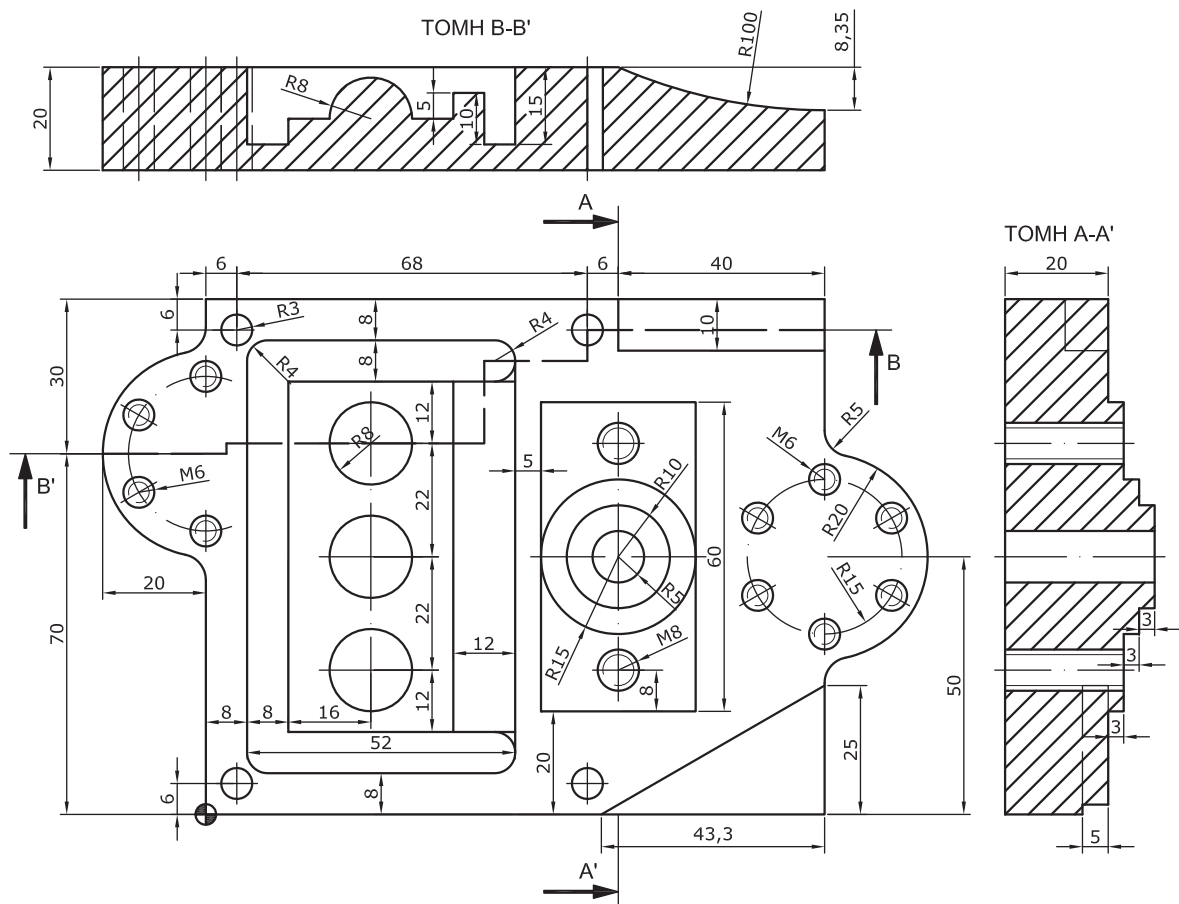
Οι φρεζοκεφαλές και τα κονδύλια επιπέδου άκρου δεν έχουν την ικανότητα κάθετης διεύθυνσης στο τεμάχιο, εκτός κι αν έχει σημειωθεί διαφορετικά στον Ενδεικτικό Πίνακα Εργαλείων. Δεν είναι υποχρεωτική η χρήση όλων των εργαλείων, καθώς επίσης προτείνεται και η χρήση επιπλέον εργαλείων που είναι δυνατόν να είναι πιο αποτελεσματικά για τις πραγματοποιούμενες φάσεις κατεργασίας, εφόσον **τα εργαλεία του Πίνακα δεν επαρκούν**. Στη φάση φινιρίσματος καμπύλων επιφανειών απαιτείται η χρήση εργαλείων με **σφαιρικό άκρο**. Περισσότερα για τα εργαλεία (γεωμετρία, διαστάσεις κτλ.) μπορείτε να βρείτε στους καταλόγους κοπτικών εργαλείων του εμπορίου από το διαδίκτυο. Τα γλύφανα χρησιμοποιούνται μόνο για την αποπεράτωση της παράπλευρης επιφάνειας των οπών.

Για τη σταθερά του υλικού Kc χρησιμοποιήστε και τη σελίδα: http://www.mitsubishicarbide.net/EU/West/product/technical_information/information/formula4.html

Πριν την υλοποίηση του κώδικα G, θα πρέπει να πραγματοποιηθούν υπολογισμοί των συνθηκών/παραμέτρων κατεργασίας.

Ενδεικτικός Πίνακας Εργαλείων

α/α	Θέση Εργαλείου στον Μύλο	Τύπος Εργαλείου	Διάμετρος	Μήκος
1	01	Τρυπάνι	4	50
2	02	Τρυπάνι	6	50
3	03	Τρυπάνι	8	60
4	10	Κονδύλι με γωνία διεύθυνσης	6	50
5	11	Κονδύλι επιπέδου άκρου	10	60
6	12	Φρεζοκεφαλή	20	40
7	13	Φρεζοκεφαλή	40	40
8	14	Φρεζοκεφαλή	80	40
9	15	Γλύφانو	4	60
10	16	Γλύφانو	6	60
11	06	Κονδύλι σφαιρικού άκρου	3	50
12	07	Κονδύλι σφαιρικού άκρου	6	50
13	08	Σπειροτόμος	6	60



Βιβλιογραφία

- [1] Choi, B.K., Jerard, R.B. "Sculptured Surface Machining. Theory and Applications". Kluwer Academic Publishers, 1998.
- [2] Παπαδανιήλ, Ε.Δ., Σφαντζικόπουλος, Μ.Μ. «Μηχανουργική Τεχνολογία. Εργαστήριο ΙΙ. Τεύχος Β». Ίδρυμα Ευγενίδου, Έκδοση Α, 1994.
- [3] Ανδρέου, Ι.Α., Μποζώνα, Α.Γ. «Εργαστήριο Ειδικότητας Εργαλειομηχανών». Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1992.