



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

Συγκρότημα Ευρίπου
Γενικό Τμήμα

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Σχεδίαση και Κατασκευή Συστημάτων Αγωνιστικών Οχημάτων

ΜΣΚ 21 – CAD/CAM/CNC

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

ΜΕΡΟΣ 1. ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ CNC &
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ

Αγαθοκλής Αν. Κριμπένης, Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός
Επίκουρος Καθηγητής

Περιεχόμενα

Ενότητα Α: Εισαγωγή στις Εργαλειομηχανές CNC

- Εισαγωγή στα CNC (& Παραδείγματα)
- **Κύρια Μέρη Εργ/νών CNC**
- Controllers CNC
- **Άξονες EM CNC**
- Βασικές Εφαρμογές Αριθμητικού Ελέγχου
- **Δομικά Στοιχεία Εργ/νών CNC**
- Συστήματα DNC
- **Κοπτικά Εργαλεία**
- Υγρά Κοπής
- **Τεχνολογικός Προγραμματισμός**
- Φάσεις Κατεργασίας
- **Βασικές Παράμετροι Κατεργασίας**
- Ορισμός Συστήματος Συντεταγμένων
- **Σημεία Αναφοράς στις EM CNC**

Εισαγωγή στις Εργαλειομηχανές CNC

Εισαγωγή στα CNC (1)

- Τα αρχικά CNC προέρχονται από τα αρχικά των λέξεων:

Computer (ή Computerized) **N**umerical
Control

(Αριθμητικός Έλεγχος με χρήση Η/Υ)

- Νοούνται όλες οι Εργαλειομηχανές που λειτουργούν με τις αρχές του Αριθμητικού Ελέγχου (Numerical Control = NC).

* Ορολογία

EM = Εργαλειομηχανή

TE = Τεμάχιο

KE = Κοπτικό Εργαλείο

Εισαγωγή στα CNC (2)

- ◉ **Αριθμητικός Έλεγχος** (Numerical Control – NC) είναι η χρήση ψηφιακών συστημάτων υπολογιστών για τον έλεγχο της λειτουργίας και καθοδήγηση των κινήσεων μηχανών.
- ◉ Πραγματοποιείται με χρήση υπολογιστή, που είναι ενσωματωμένος στην εργαλειομηχανή και καλείται Μονάδα Ελέγχου (MCU).
- ◉ Χρησιμοποιεί αριθμητικές τιμές για την αναφορά στη θέση και την κίνηση των αξόνων της μηχανής, για τον ορισμό εργαλείων, στροφών ατράκτου κλπ.
- ◉ Ο Αριθμητικός Έλεγχος (NC) δίνει τη δυνατότητα στο χειριστή να «επικοινωνεί» με την εργαλειομηχανή και να την «καθοδηγεί» μέσω ενός κώδικα, δηλαδή μιας ακολουθίας γραμμάτων και αριθμών, που καλούνται «Έντολές».
- ◉ **Πλεονεκτήματα**
 - Επαναληψιμότητα
 - Ακρίβεια κατεργασίας
 - Μεγάλη παραγωγικότητα/ μικροί χρόνοι παραγωγής
- ◉ **Μειονεκτήματα**
 - Υψηλό κόστος κατασκευής, χρήσης και συντήρησης
 - Πολυπλοκότητα

Εισαγωγή στα CNC (3)

Διαφορές EM CNC από συμβατικές εργαλειομηχανές

- Φιλοσοφία λειτουργίας
- Ακρίβεια και ποιότητα κατασκευής
- Στιβαρότητα και αντοχή
- Υποσυστήματα

Πλεονεκτήματα

- Παραγωγή σύνθετης γεωμετρίας με υψηλή ακρίβεια και ποιότητα
- Επαναληψιμότητα
- Ελαχιστοποίηση νεκρών χρόνων
- Ευκολία προγραμματισμού
- Βελτίωση ασφάλειας εργασίας

Μειονεκτήματα

- Μεγάλο κόστος κτήσης και συντήρησης
- Απαιτήση για εξειδικευμένο προσωπικό

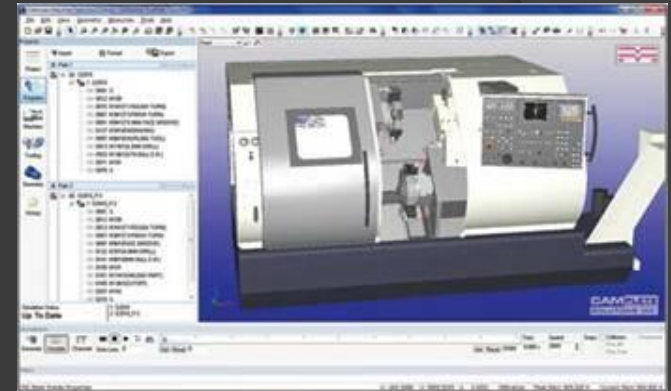
Εισαγωγή στα CNC (4)

- ◎ Παραδείγματα εργαλειομηχανών CNC
 - A. Τόρνοι & Κέντρα Τόρνευσης (2- & περισσότερων αξόνων)
 - B. Φρέζες & Κέντρα Κατεργασιών (3-, 4-, 5- & περισσότερων αξόνων)
 - C. Κέντρα διάτρησης-απότμησης και κάμψης ελάσματος
 - D. Ηλεκτροδιάβρωση (Electromagnetic Discharge Machine tool - EDM)
 - E. Κέντρα κατεργασιών laser
 - F. Κέντρα κοπής με δέσμη ρευστού (νερού, ελαίου, νερού με κοπτικούς κόκκους κτλ.) ή με δέσμη ενέργειας (δέσμη plasma ή οξυακετυλενίου)
 - G. Εργαλειομηχανές Μέτρησης (Computer Measuring Machine tool - CMM)
 - H. Μηχανές Ταχείας Προτυποποίησης (Rapid Prototyping ή 3D Printing)

Α. Κέντρα Τόρνευσης (1)



Α. Κέντρα Τόρνευσης (2)



Β. Κέντρα Κατεργασιών (1)



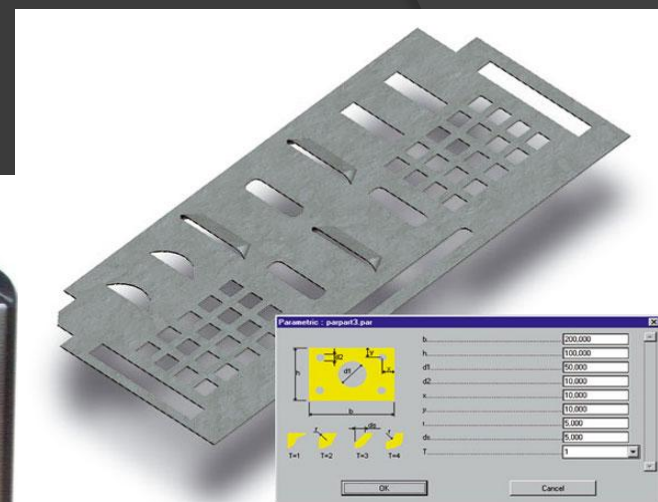
Β. Κέντρα Κατεργασιών (2)



B. Κέντρα Κατεργασιών (3)



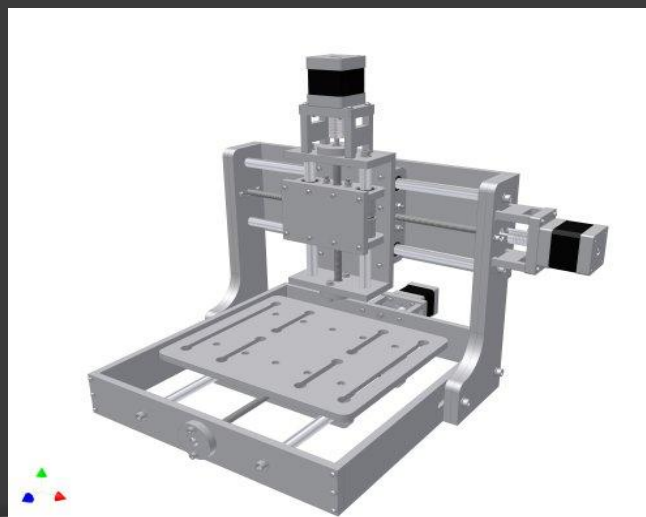
C. Κέντρα διάτρησης-απότμησης και κάμψης ελάσματος



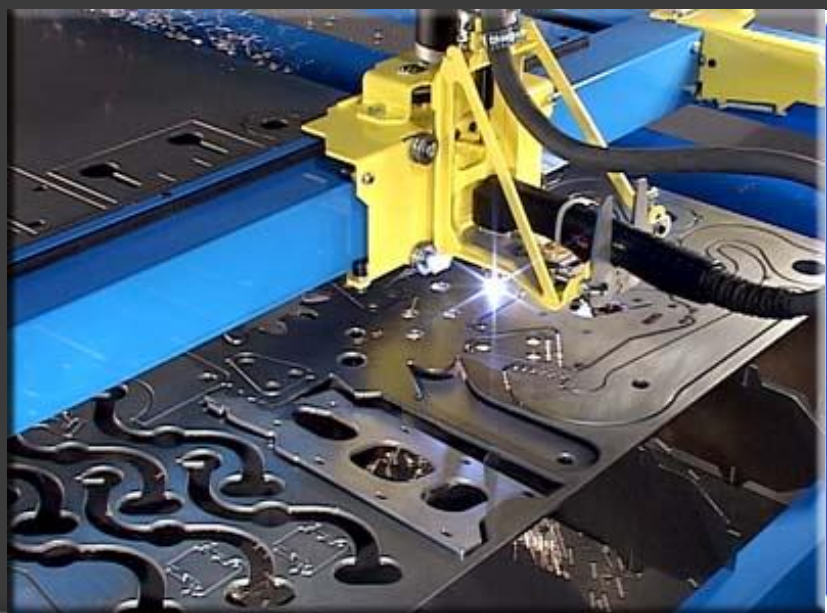
D. Ηλεκτροδιάβρωση (EDM)



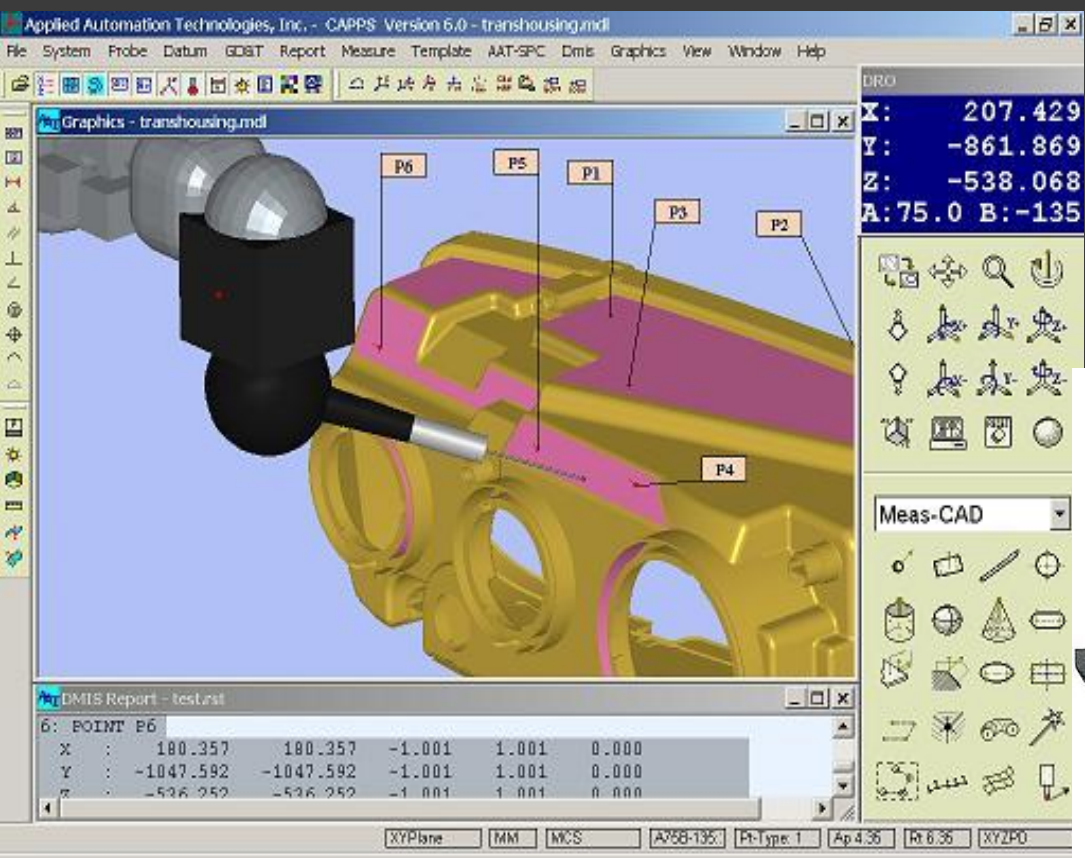
Ε. Κέντρα κατεργασιών laser



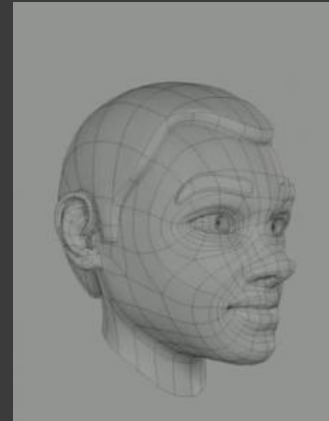
Γ. Κέντρα κοπής με δέσμη ρευστού ή δέσμη ενέργειας



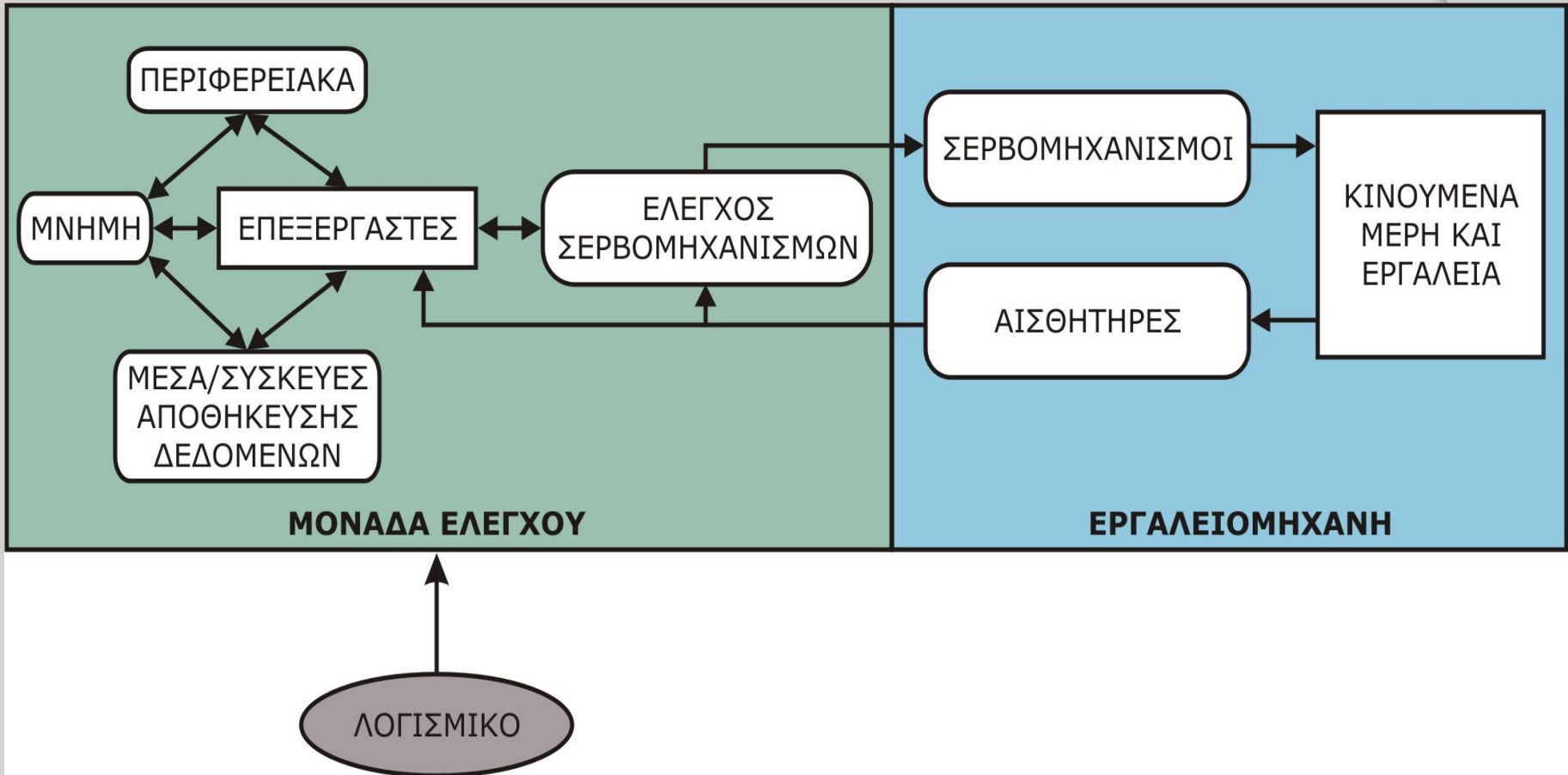
G. ΕΜ Μέτρησης (CMM)



Η. Μηχανές Ταχείας Προτυποποίησης (Rapid Prototyping) ή 3D Printing



Κύρια Μέρη Εργ/νών CNC



Controllers CNC

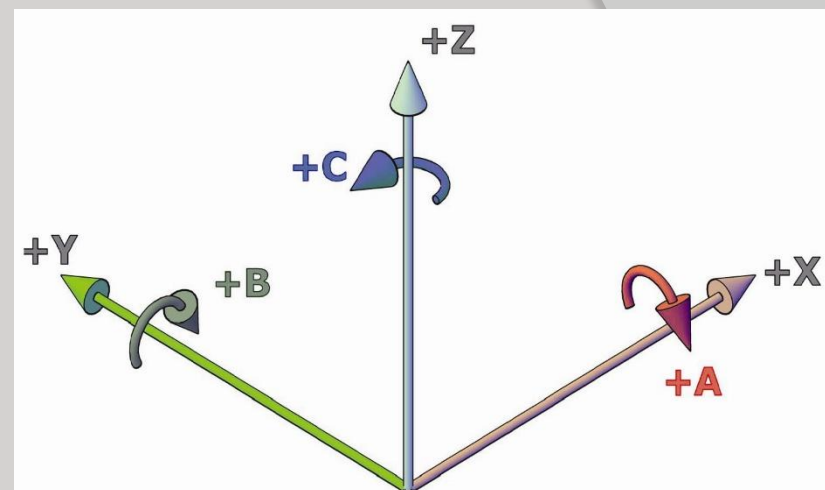


Άξονες EM CNC

A. Οι γραμμικοί άξονες μίας εργαλειομηχανής είναι

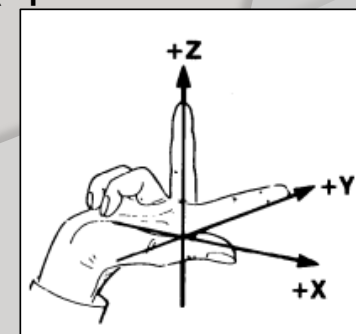
1. οι κύριοι X, Y, Z,
2. οι δευτερεύοντες U, V, W, παράλληλοι προς τους X, Y, Z αντίστοιχα.
3. οι βοηθητικοί P, Q και R, όχι αναγκαία παράλληλοι προς X, Y, Z.

B. Οι άξονες περιστροφής A, B και C γύρω από τις διευθύνσεις X, Y και Z αντίστοιχα.

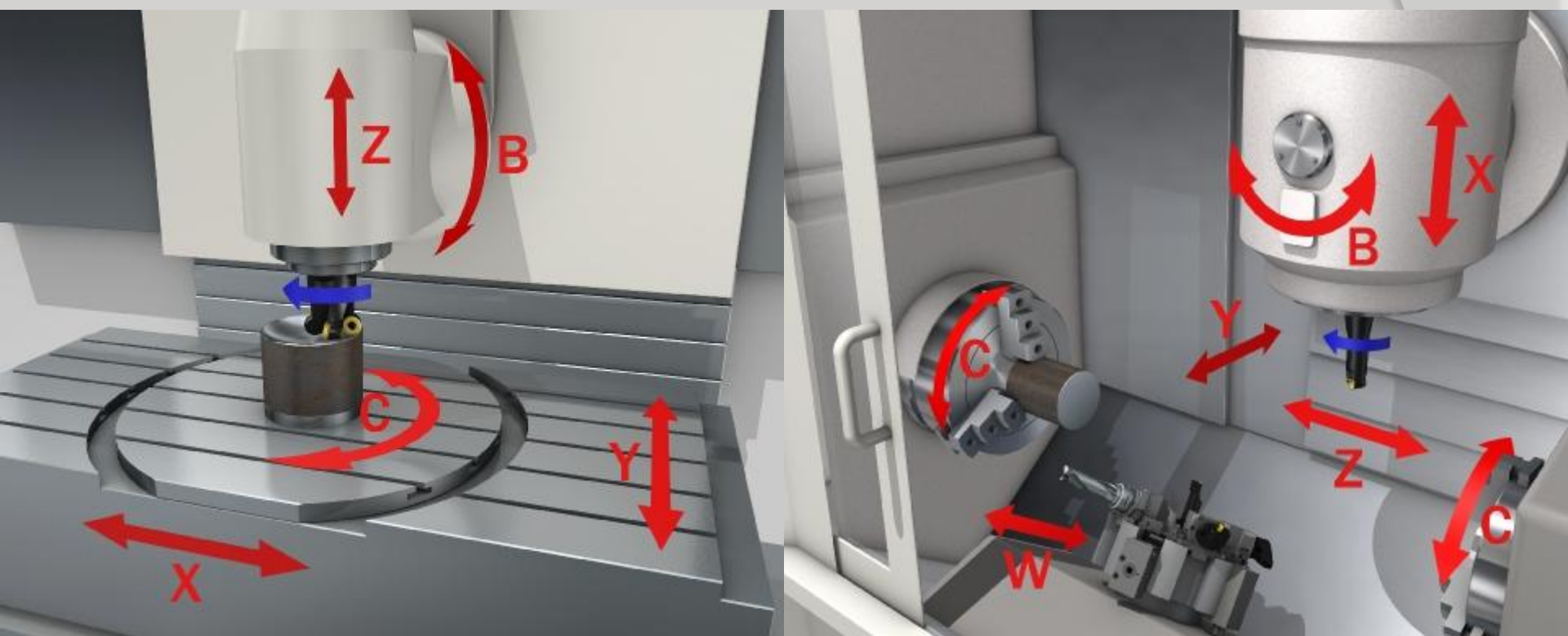


ΣΗΜΕΙΩΣΗ:

Ως άξονας Z λαμβάνεται **ΠΑΝΤΑ** ο άξονας περιστροφής της κυρίας ατράκτου. Για να βρεθούν οι υπόλοιποι χρησιμοποιείται ο κανόνας των «τριών δακτύλων του δεξιού χεριού»



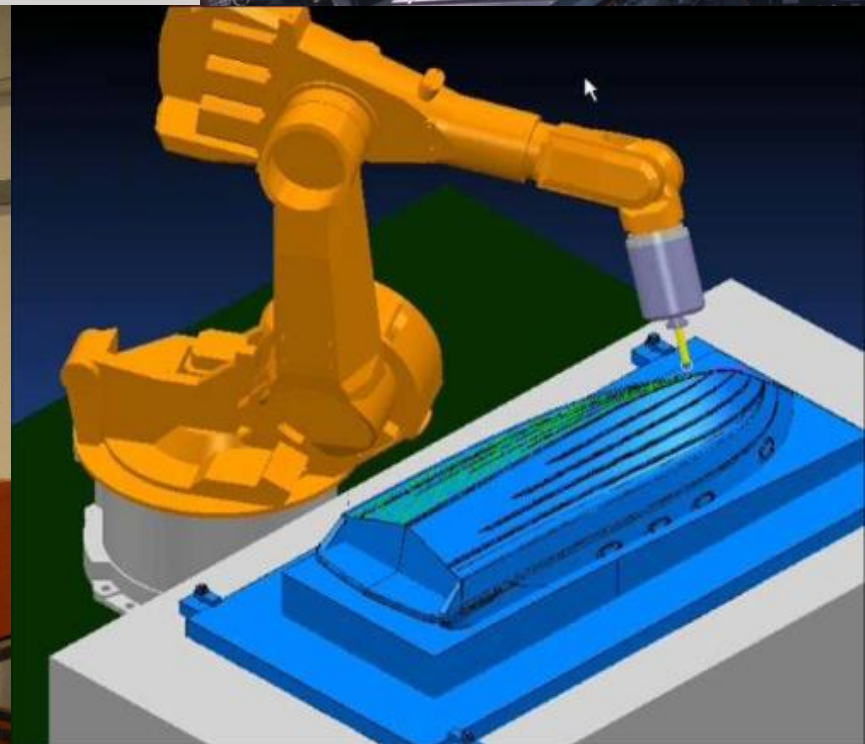
Παραδείγματα πολυ-αξονικών CNC



Βασικές Εφαρμογές Αριθμητικού Ελέγχου (1)

1. Μηχανουργική Τεχνολογία - Κατεργασίες

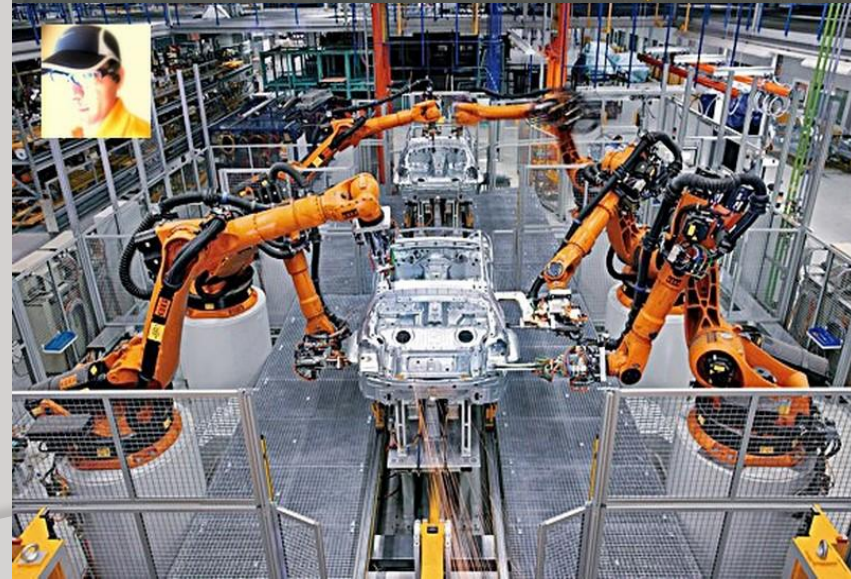
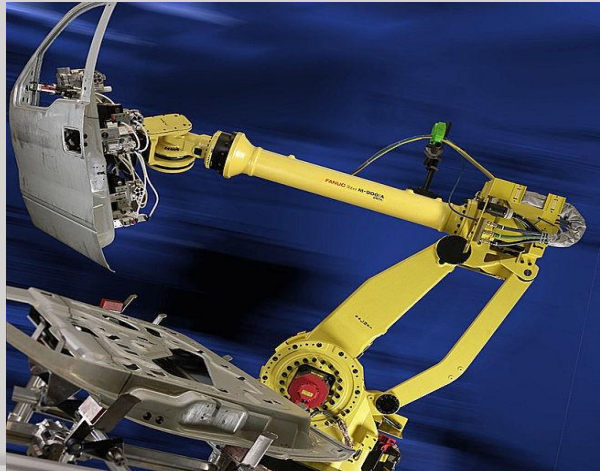
- I. Εργαλειομηχανές CNC
- II. Μετρητικές μηχανές (CMM)
- III. Κατεργασίες με Ρομπότ
- IV. Αυτόματες Μεταφορικές Διατάξεις



Βασικές Εφαρμογές Αριθμητικού Ελέγχου (2)

2. Ρομπότ

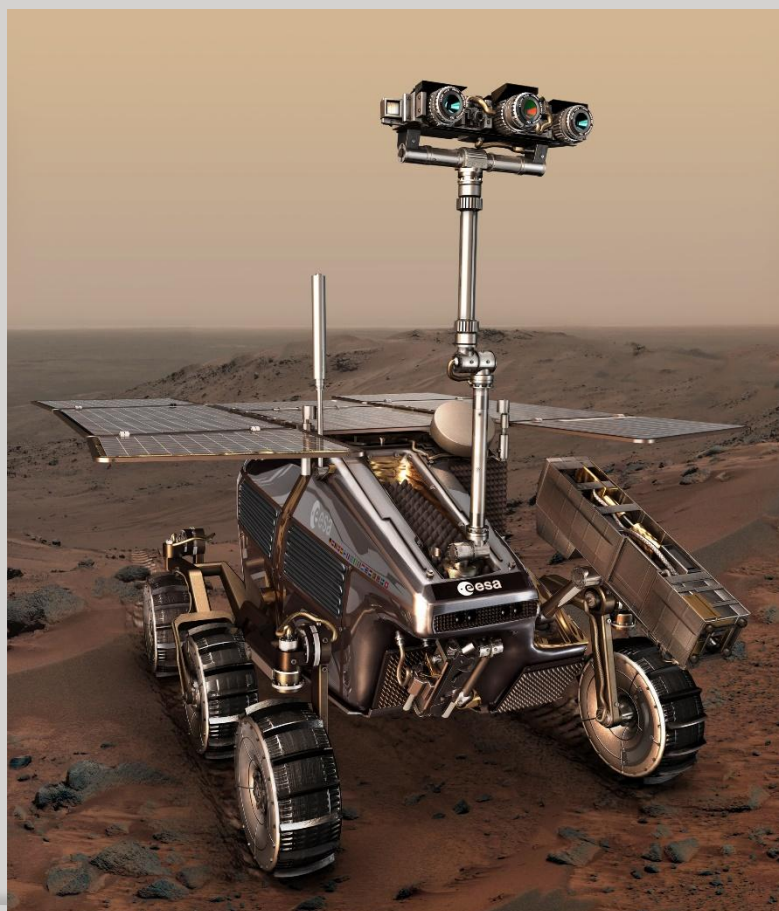
- I. Βιομηχανικά Ρομπότ για
 - i. Συγκολλήσεις
 - ii. Βαφές
 - iii. Εξυπηρέτηση αποθηκών
 - iv. Αλλαγή εργαλείων και διαχείριση εργαλειοφορείων
 - v. Συναρμολόγηση
 - vi. Φόρτωση πρώτης ύλης – απομάκρυνση κατεργασμένων τεμαχίων



Βασικές Εφαρμογές Αριθμητικού Ελέγχου (3)

2. Ρομπότ

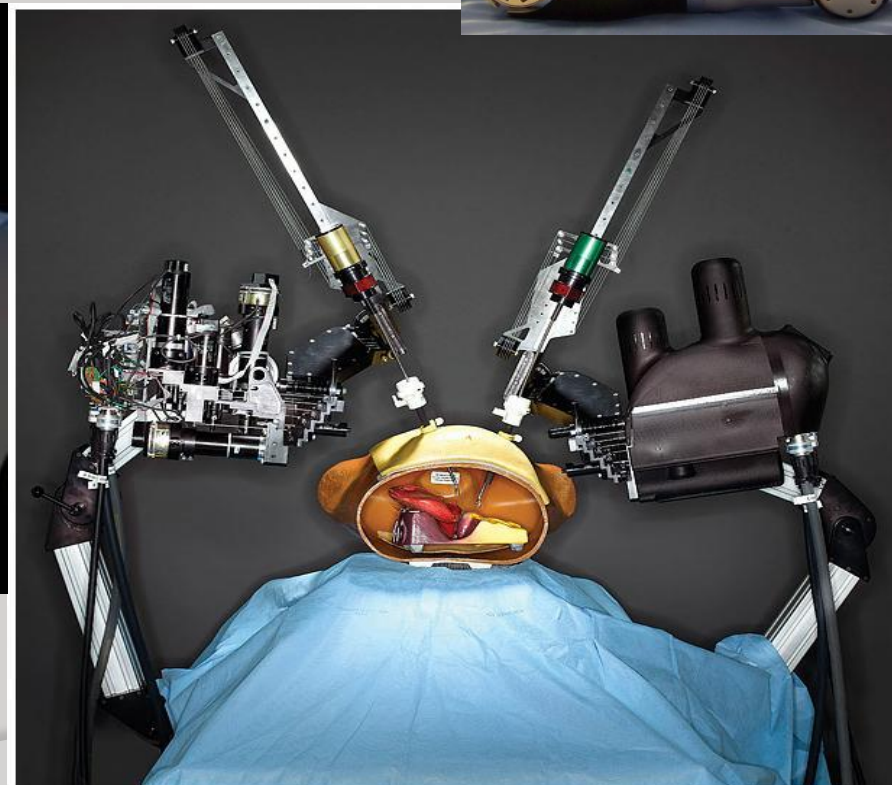
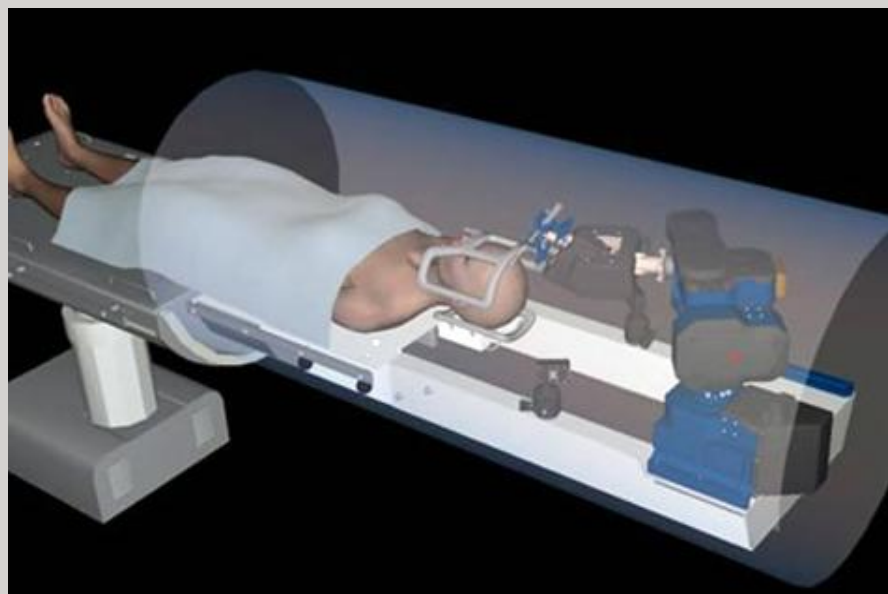
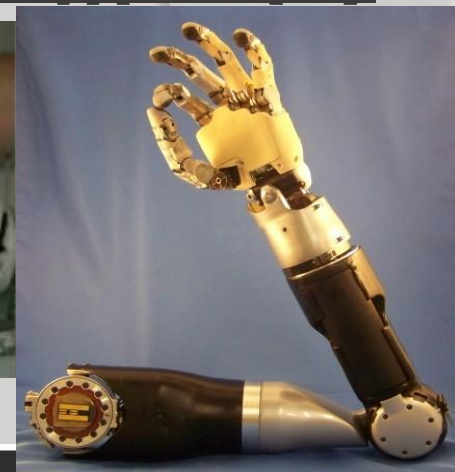
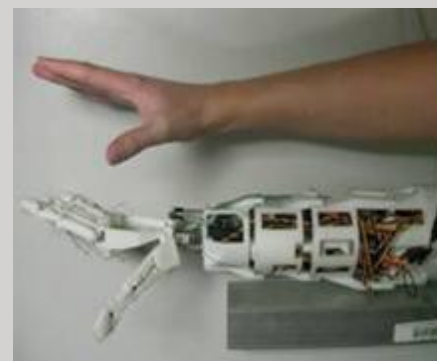
- I. Σε επικίνδυνα περιβάλλοντα (τοξικά, διαχείριση εκρηκτικών υλών κτλ.)
- II. Για Διαστημικές εφαρμογές



Βασικές Εφαρμογές Αριθμητικού Ελέγχου (4)

3. Ιατρική Τεχνολογία

1. Προσθετικά Μέλη
2. Εξυπηρέτηση χειρουργικών επεμβάσεων
3. Απεικόνιση (τομογράφοι κτλ.)

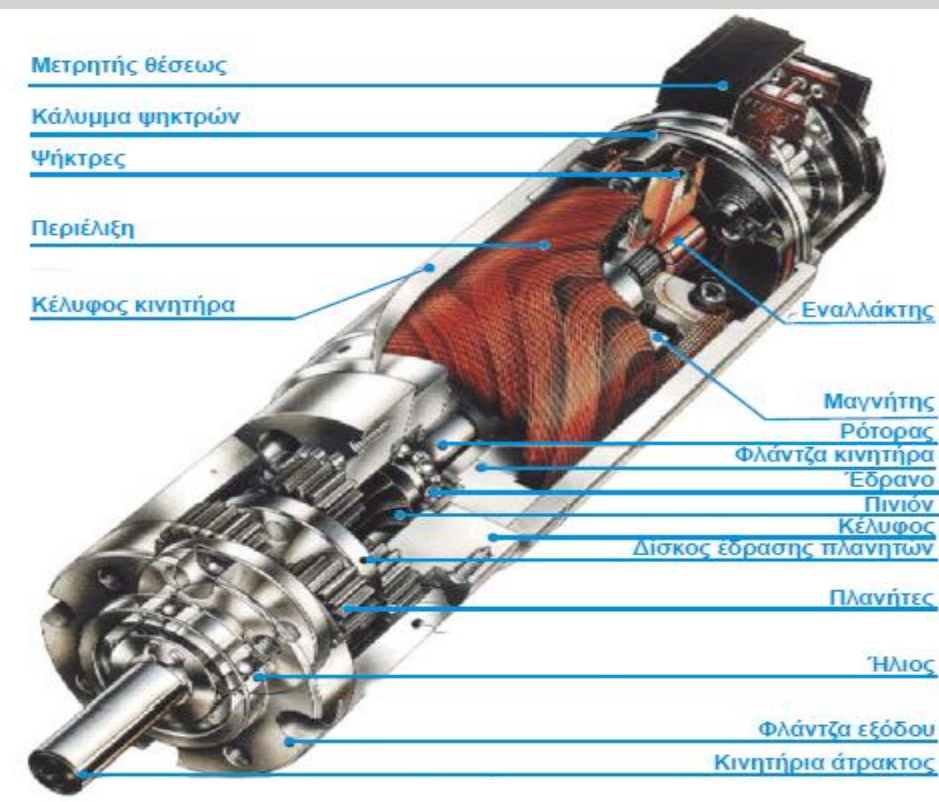


Δοκιμά στοιχεία EM CNC (1)

1. Ηλεκτροκινητήρας κυρίας και δευτερευουσών ατράκτων
2. Κινητήρες πρόωσης
3. Συστήματα μετάδοσης κίνησης και έλεγχος πρόωσης
4. Σύστημα τροφοδοσίας υγρού κοπής, αέρα και απομάκρυνσης αποβλίππου
5. Συστήματα συγκράτησης και αυτόματης αλλαγής κοπτικών εργαλείων-εργαλειοδέτες
6. Συστήματα αναγνώρισης γεωμετρίας τεμαχίων και αντιγραφής
7. Αισθητήρες και μετρητικές διατάξεις θέσης αξόνων κατεργασίας

Δοκιμά στοιχεία EM CNC (2)

1. Ηλεκτροκινητήρας κυρίας και δευτερευουσών ατράκτων



○ Κύριο ζητούμενο:

- Η εξασφάλιση αρκετής ισχύος και ικανού εύρους στροφών για την εκτέλεση της κατεργασίας
- Η κατά το δυνατόν μικρότερη μεταβολή των στροφών του κινητήρα με τη μεταβολή του φορτίου.
- Η συνεχής μεταβολή των στροφών.

○ Τύποι

- κινητήρες συνεχούς ρεύματος με εξωτερική διέγερση
 - έλεγχος στροφών μέσω οπλισμού ή/και πεδίου
- ασύγχρονοι κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος
 - έλεγχος στροφών μέσω της συχνότητας

Δοκιμά στοιχεία EM CNC (3)

2. Κινητήρες προώσεων

A. Ηλεκτρικοί

A. Σέρβο-κινητήρες

B. Βηματικοί

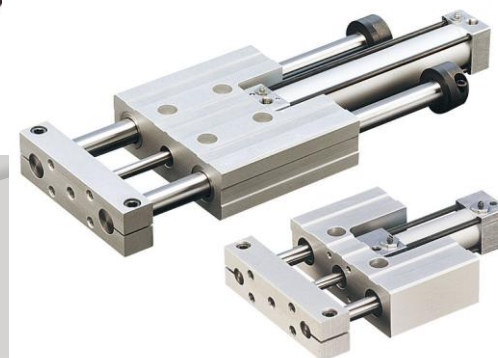
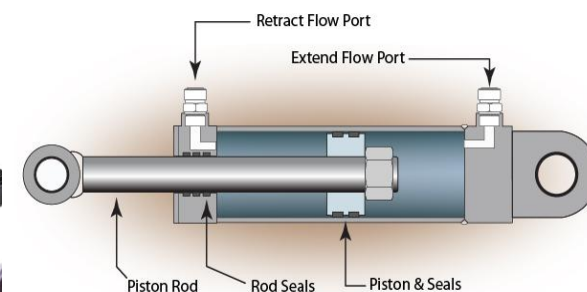


B. Επενεργητές

A. Πνευματικοί

B. Υδραυλικοί

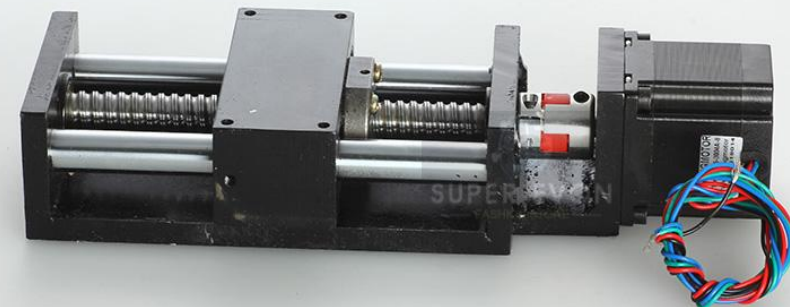
C. Ρελαί



Δοκιμά στοιχεία EM CNC (4)

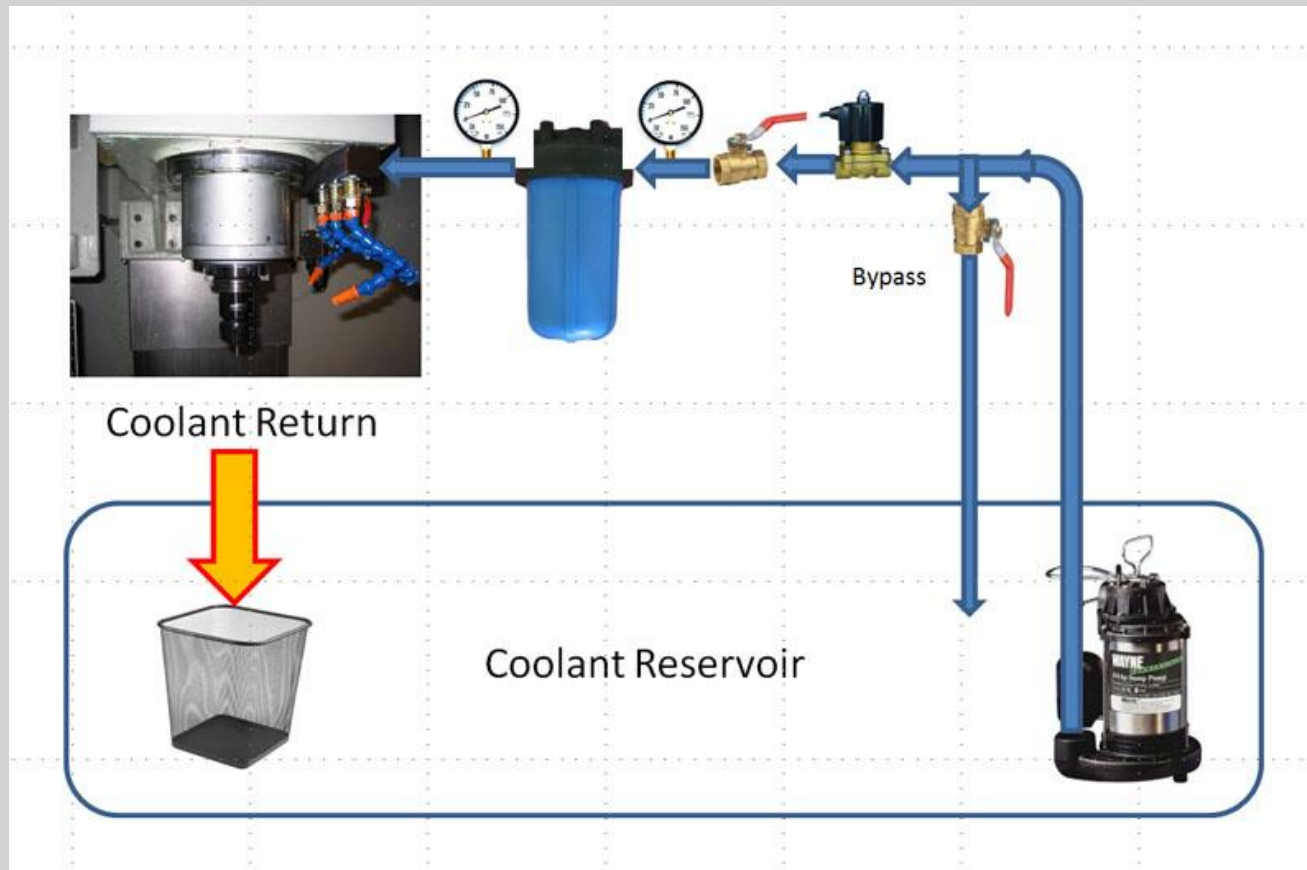
3. Συστήματα μετάδοσης κίνησης & οδήγησης και έλεγχος πρόωσης
 - a. Με κλασσικούς τραπεζοειδείς ή τετραγωνικούς κοχλίες κίνησης (αποφεύγονται λόγω χάρης που αποκτούν με τη χρήση).
 - b. Με κοχλίες-περικόχλια με *ανακυκλοφορούντα σφαιρίδια*

Σημείωση: Οι επενεργητές δεν χρησιμοποιούν κοχλίες κίνησης, καθώς οι ίδιοι κινούν τους άξονες



Δοκιμά στοιχεία EM CNC (5)

4. Σύστημα τροφοδοσίας υγρού κοπής, αέρα και απομάκρυνσης αποβλίττου



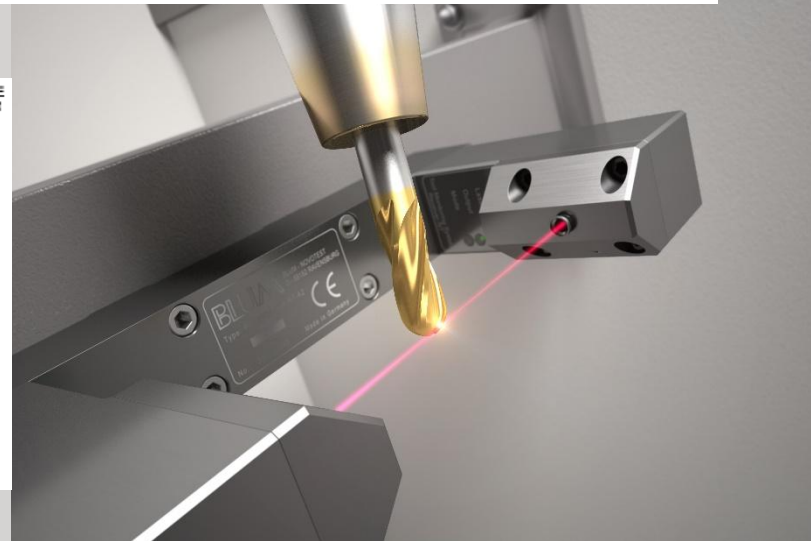
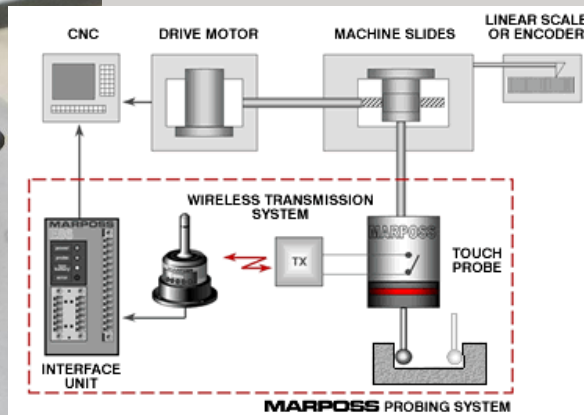
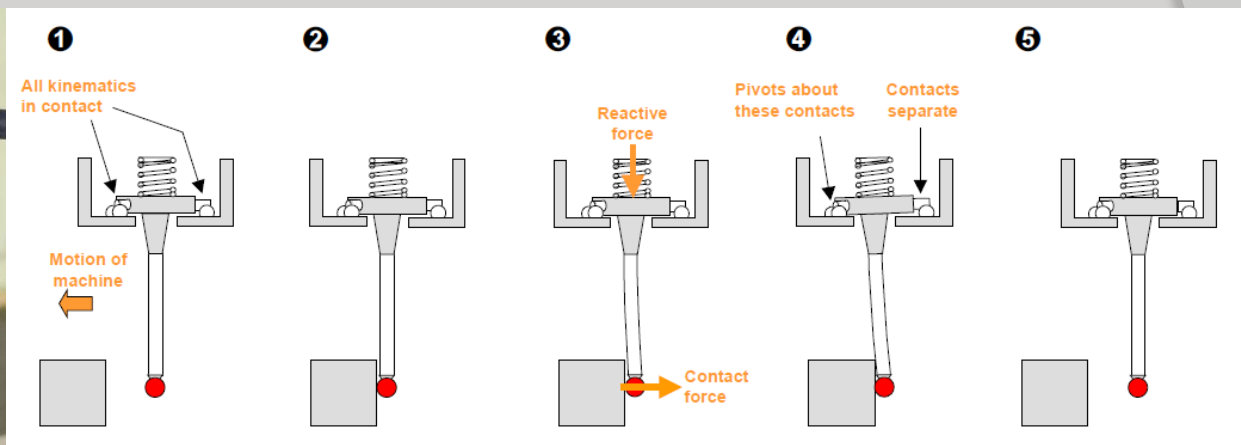
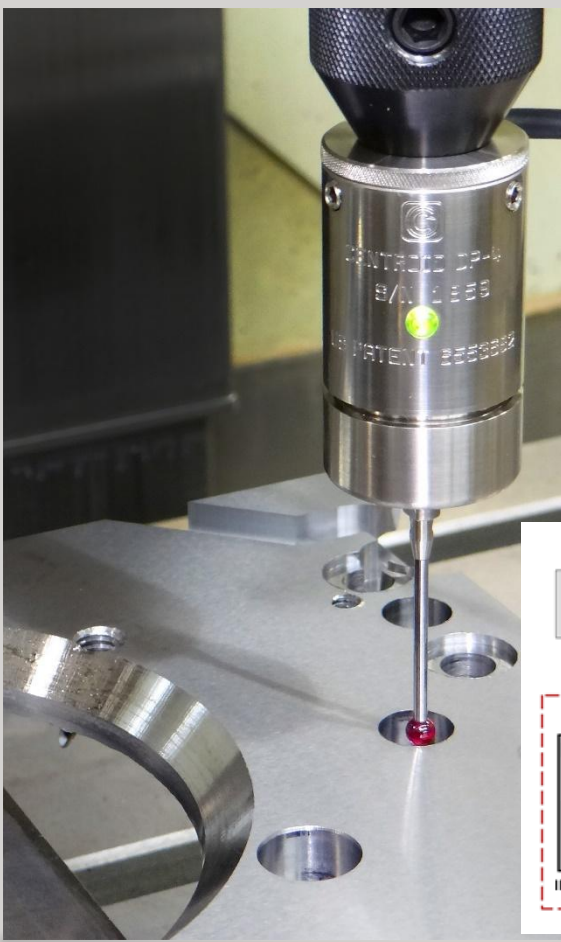
Δοκιμά στοιχεία EM CNC (6)

5. Συστήματα συγκράτησης και αυτόματης αλλαγής κοπτικών εργαλείων-εργαλειοδέτες



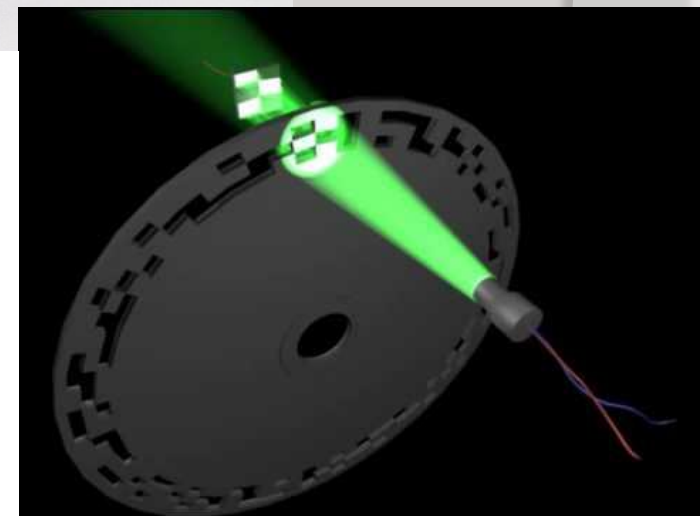
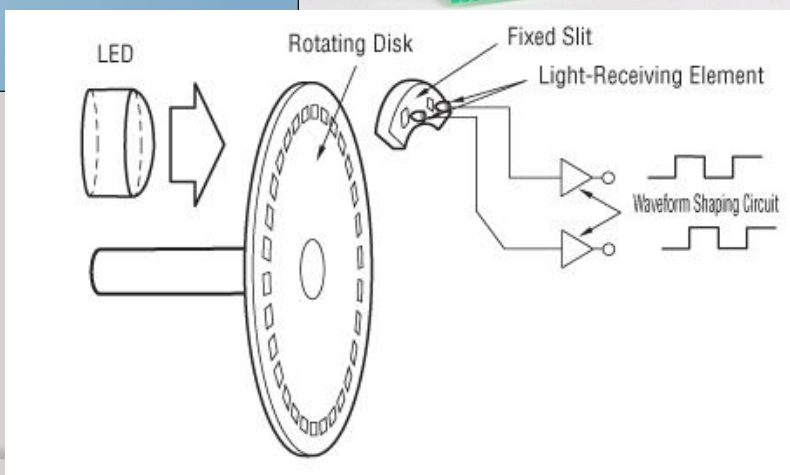
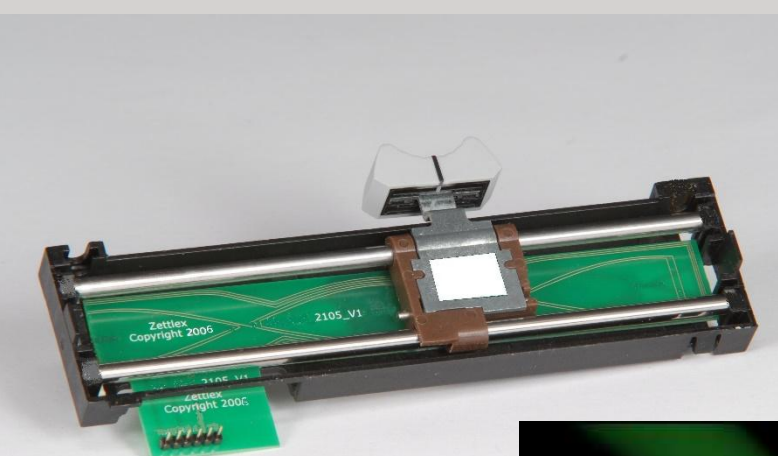
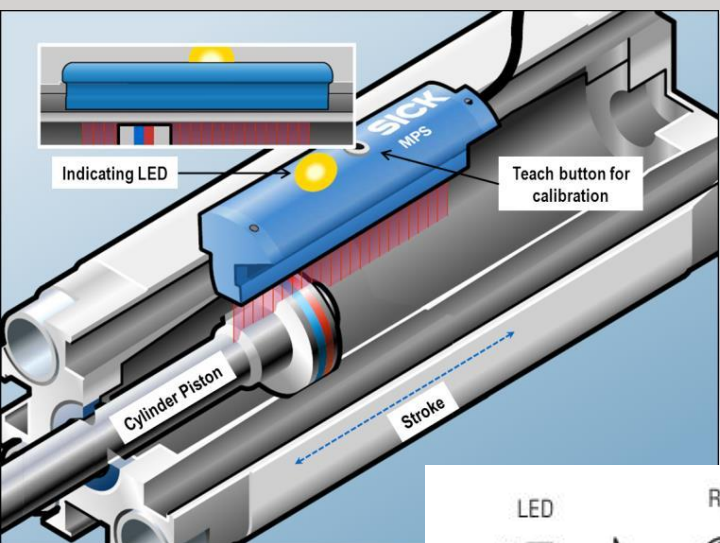
Δοκιμά στοιχεία EM CNC (7)

6. Συστήματα αναγνώρισης γεωμετρίας τεμαχίων και αντιγραφής



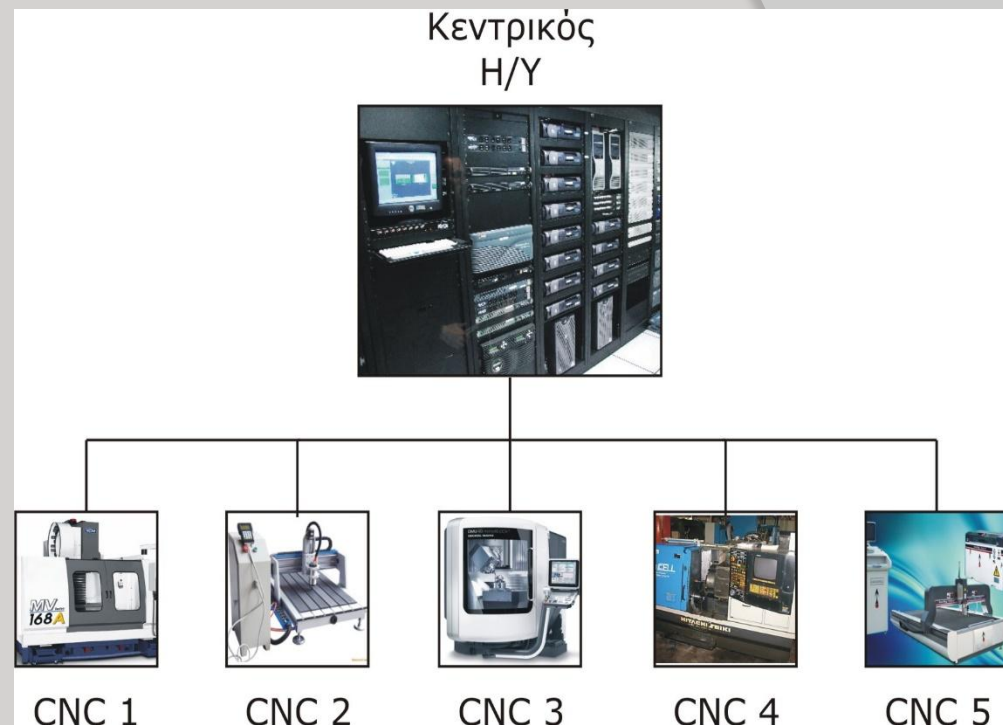
Δοκιμά στοιχεία EM CNC (8)

7. Αισθητήρες και μετρητικές διατάξεις θέσης αξόνων κατεργασίας



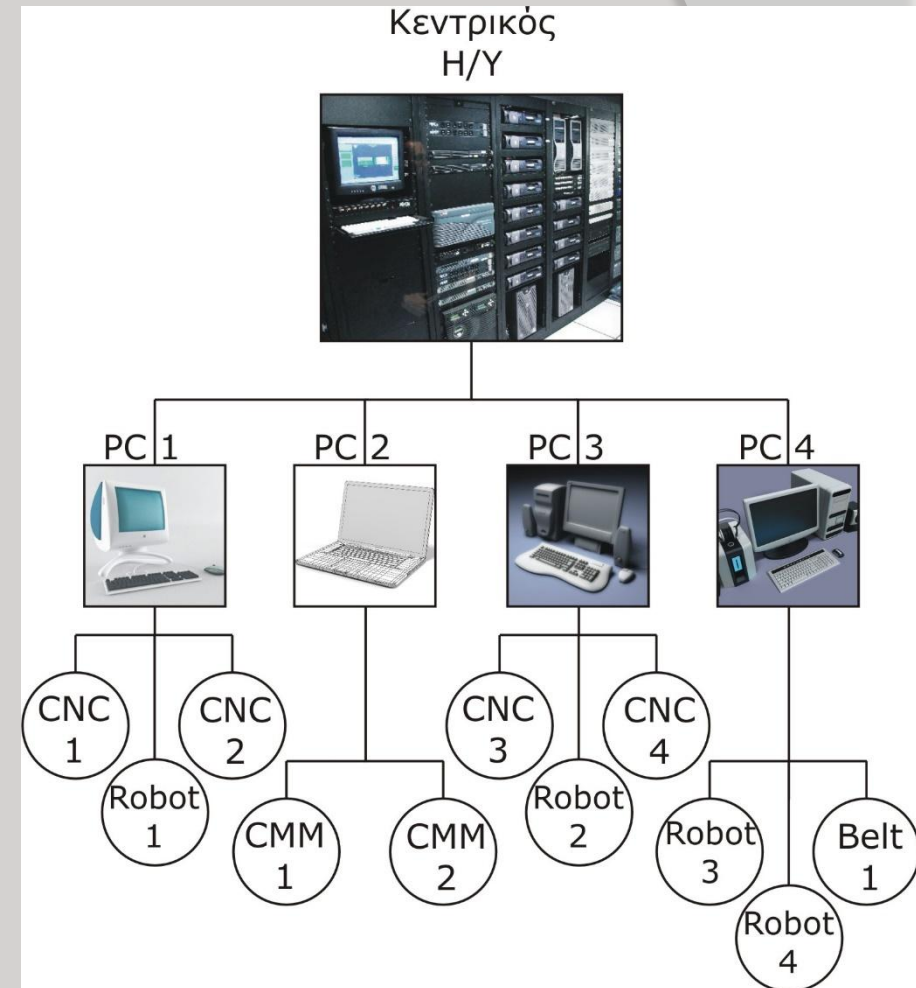
Συστήματα DNC (1)

- Αρχικός Ορισμός DNC: **Άμεσος Αριθμητικός Έλεγχος (Direct Numerical Control)**.
 - Ένας κεντρικός Η/Υ λειτουργεί ως κόμβος ελέγχου για έναν αριθμό EM CNC και η σύνδεση σειριακά ή γενικά μέσω τοπικού δικτύου (LAN).
 - Ο έλεγχος DNC ιστορικά προέκυψε ως αντικατάσταση των συσκευών ανάγνωσης διάτρητης ταινίας με ένα mainframe / mini.
 - Ο ίδιος υπολογιστής μπορεί να τροφοδοτεί προγράμματα NC σε μία ή περισσότερες μηχανές.
 - Ο όρος *Direct* χαρακτηρίζει την άμεση τροφοδοσία της μηχανής με κώδικα NC προς εκτέλεση χωρίς παρεμβολή συσκευής ανάγνωσης.



Συστήματα DNC (2)

- Τελικός Ορισμός DNC: **Κατανεμημένος Αριθμητικός Έλεγχος (Distributed Numerical Control)**.
 - Η πρόοδος της τεχνολογία των προσωπικών Η/Υ οδήγησε στο γεγονός ότι ένα PC είναι αρκετό για τη θέση του Κεντρικού Η/Υ στο DNC.
 - Έτσι, προστέθηκαν περισσότερες λειτουργίες στον Η/Υ, εκτελώντας χρέη ελέγχου, συμπληρωματικού για μία ΕΜ, ή κεντρικού για περισσότερες ΕΜ συνδεδεμένες με αυτόν.



Κοπτικά Εργαλεία (1)

Χαρακτηριστικά

1. Μεγάλη σκληρότητα σε υψηλές θερμοκρασίες
2. Δυσθραυστότητα, αντοχή σε θλίψη, κάμψη και θέρμανση
3. Ευστάθεια μορφής κατά την κατεργασία
4. Καλή κατεργασιμότητα και διαμορφωσιμότητα
5. Αποδεκτό-λογικό κόστος κτήσης και διάθεσης



Κοπτικά Εργαλεία (2)

Υλικά και Πεδία Εφαρμογής των ΚΕ

I. Ταχυχάλυβες (**High Speed Steels – HSS**)

Πεδίο Εφαρμογής: Κράματα αλουμινίου, μη μεταλλικά κράματα

II. Καρβίδια (**Carbide**)

Πεδίο Εφαρμογής: Κράματα αλουμινίου με υψηλή περιεκτικότητα σε πυρίτιο, χάλυβες και ανοξείδωτοι χάλυβες, μη συμβατικά μεταλλικά υλικά.

Διακρίνονται σε:

1. Ολόσωμα (**Solid Carbide**). Κατασκευασμένα από ένα συμπαγές καρβίδιο.
2. Επικολλημένα (**Brazed Carbide**). Καρβίδιο συγκολλημένο σε στέλεχος χάλυβα.
3. Με ένθετα πλακίδια (**Inserted Carbide**). Κοπτικά πλακίδια (inserts) από καρβίδια τα οποία συγκρατούνται σε χαλύβδινες βάσεις.

III. Κεραμικά (**Ceramic**)

Πεδίο Εφαρμογής: Σκληροί χάλυβες, μη συμβατικά μεταλλικά υλικά.

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Ορισμένα Καρβίδια επιστρώνονται με ειδικές ουσίες (π.χ. νιτρίδιο του τιτανίου) με αποτέλεσμα την αύξηση της ζωής του ΚΕ έως 20 φορές με χρήση ενδεδειγμένων ταχυτήτων κοπής και προώσεων.

I. ΚΕ από Ταχυχάλυβα (HSS)

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Τα HSS κοστίζουν λιγότερο σε σχέση με τα Καρβίδια ή τα Κεραμικά
2. Τα HSS είναι λιγότερο ψαθυρά και δεν σπάζουν εύκολα σε διακοπόμενες κοπές
3. Τα HSS τροχίζονται εύκολα και αποκτούν την αρχική τους μορφή

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Τα HSS δεν αντέχουν όσο τα Καρβίδια ή τα Κεραμικά στις υψηλές θερμοκρασίες που προκύπτουν κατά την κατεργασία
2. Τα HSS δεν έχουν πολύ καλή απόδοση στην κοπή σκληρών υλικών



II. ΚΕ από Καρβίδια (1)

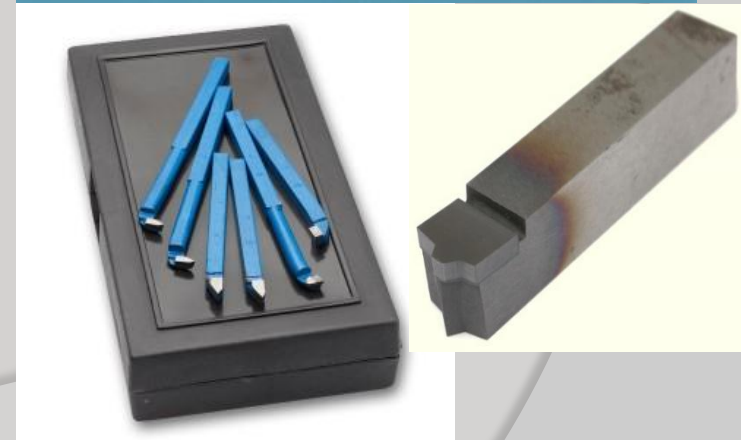
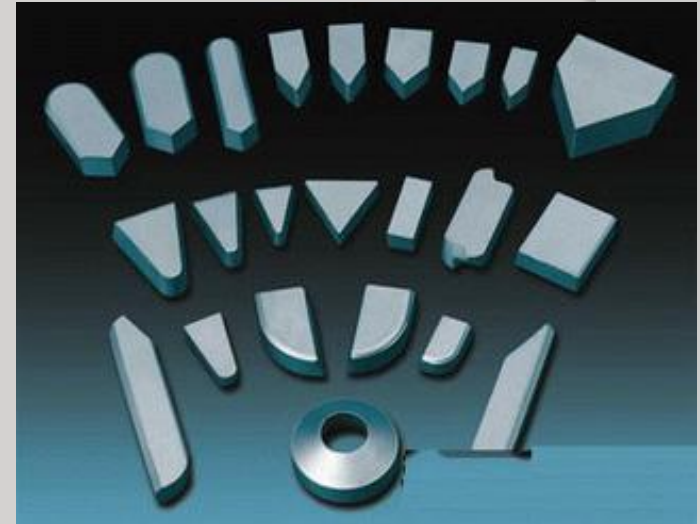
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Συμπεριφέρονται καλά σε υψηλές θερμοκρασίες
2. Κόβουν καλά σκληρά υλικά
3. Τα φλόσωμα απορροφούν την ταλάντωσή του τεμαχίου και μειώνουν το "chatter" κατά την κατεργασία
4. Τα πλακίδια αντικαθίστανται εύκολα και με μικρό κόστος αντί ολόκληρο το εργαλείο

A. Ολόσωμα (Solid)



B. Επικολημένα (Brazed)



II. ΚΕ από Καρβίδια (2)

Γ. Με ένθετα πλακίδια (Inserted)

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Τροχίζονται πολύ δύσκολα και μόνο με λειαντικά διαμαντιού.
- Έχουν πιο ψαθυρή συμπεριφορά σε σχέση με τα HSS και παρουσιάζουν την τάση να φθείρονται κατά την διάρκεια διακοπόμενων κατεργασιών
- Το στέλεχος του εργαλείου κοστίζει περισσότερο από τα HSS



III. Κεραμικά ΚΕ

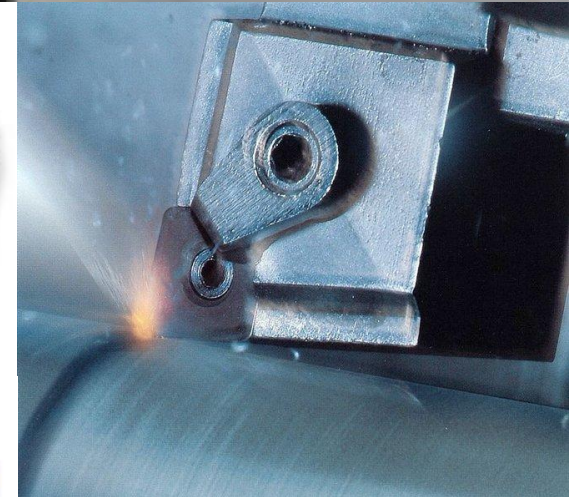
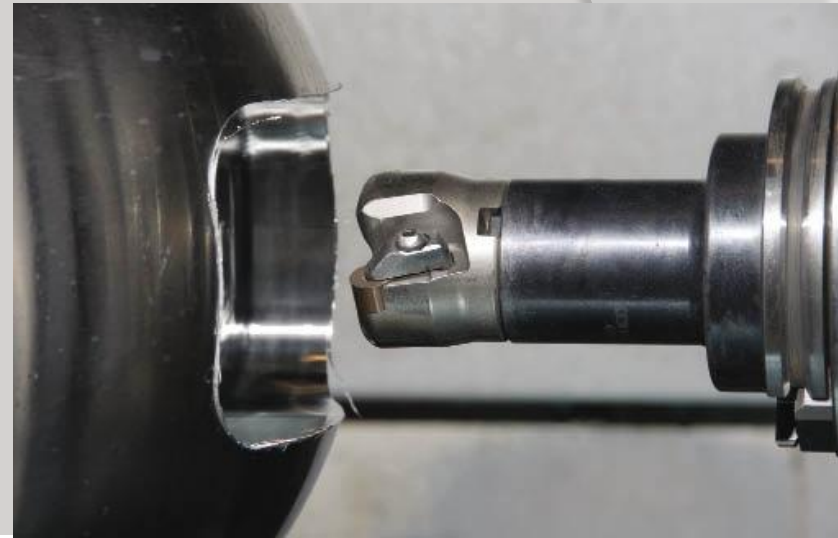
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Κόβουν σκληρότερα υλικά με μεγαλύτερη ταχύτητα
2. Έχουν μεγαλύτερη αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

1. Είναι περισσότερο ψαθυρά από τα HSS και τα Καρβίδια
2. Πρέπει να χρησιμοποιούνται αυστηρά εντός προδιαγραφών ταχυτήτων κοπής

Σημείωση: Εάν η ταχύτητα είναι πολύ μικρή, το πλακίδιο σπάει γρήγορα. Πολλές ΕΜ δεν διαθέτουν τις απαιτούμενες RPM.



Τύποι Κατεργασιών και αντίστοιχα εργαλεία (1)

ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

- ⦿ Διάτρηση (Drilling)
- ⦿ Γλύφανση (Reaming)
- ⦿ Διεύρυνση οπής (Boring)
- ⦿ Σπειροτόμηση (tapping, threading)
- ⦿ Προσώπου (Face), Περιφερειακή
- ⦿ Λούκια, Ποκέτες, Νησίδες

ΕΡΓΑΛΕΙΟ

- ⦿ Τρυπάνια (drills), κεντροτρύπανα (center drills)
- ⦿ Γλύφανα (reamers)
- ⦿ Εσωτερικής Διεύρυνσης (boring tools)
- ⦿ Σπειροτόμοι, κολλαούζα (tapping & threading tools/hobs)
- ⦿ Φρεζοκεφαλές (face mills), κονδύλια (end-mills, ball-end mills...), εργαλεία μορφής
- ⦿ Κονδύλια, εργαλεία μορφής

Τύποι Κατεργασιών και αντίστοιχα εργαλεία (2)

ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

ΕΡΓΑΛΕΙΟ

⦿ Διάτρηση (Drilling)



⦿ Γλύφανση (Reaming)



⦿ Διεύρυνση οπής (Boring)



⦿ Σπειροτόμηση (tapping, threading)



⦿ Προσώπου (Face),
Περιφερειακή



⦿ Λούκια, Ποκέτες, Νησίδες





ΜΣΚ21 CAD/CAM/CNC



© Α. Κριμπένης



Υγρά Κοπής (1)

Χαρακτηριστικά

1. Μεγάλη ειδική θερμότητα και θερμική αγωγιμότητα
2. Χαμηλό ιξώδες και λεπτόκοκκα
3. Μη τοξικά
4. Φθηνά και εύκολα προμηθεύσιμα

Συνεισφορά στη βελτίωση των συνθηκών αποβολής υλικού

1. Απόψυξη της ζώνης επαφής ΚΕ-ΤΕ
2. Μείωση του συντελεστή τριβής στη ζώνη επαφής ΚΕ-ΤΕ
3. Αποφυγή μεταλλογραφικών αλλοιώσεων
4. Καθαρισμός της κατεργαζόμενης επιφάνειας από το απόβλιπτο
5. Προστασία της κατεργαζόμενης επιφάνεια από διάβρωση

Σημείωση:

Κατά τις κατεργασίες κοπής, το μεγαλύτερο ποσοστό θερμότητας (75-80%) αναπτύσσεται πάνω στο απόβλιπτο, ένα μικρό μέρος το αναλαμβάνει το εργαλείο (17-18%) και το υπόλοιπο (2-8%) παραμένει πάνω στο κατεργασμένο τεμάχιο.

Υγρό Κοπής (2)

Χρήση Υγρών κοπής σε Κατεργασίες αποβολής υλικού

1. Το Υγρό Κοπής αποφεύγεται σε κατεργασίες μαλακών μεταλλικών υλικών, όπως π.χ. κραμάτων αλουμινίου, μαγνησίου κτλ., διότι με την υψηλή θερμοκρασία δημιουργούνται οξειδία, συγκολλάται το απόβλιπτο και η τελική επιφάνεια γίνεται άμορφη.
2. Επίσης το Υγρό Κοπής δεν χρησιμοποιείται σε κατεργασία σύνθετων υλικών, όπως ίνες ενίσχυσης σε βάση ρητίνης (ανθρακονήματα) κτλ.
3. Το υγρό κοπής συνηθίζεται στην κατεργασία χαλύβων και ανοξείδωτων χαλύβων για επίτευξη μεγάλου χρόνου ζωής του ΚΕ και υψηλής ποιότητας τελική επιφάνεια του ΤΕ.
4. Το Υγρό Κοπής δεν αποχετεύεται μετά τον ψεκασμό πάνω στο σημείο κατεργασίας. Συλλέγεται σε ειδική δεξαμενή στη βάση της μηχανής και μέσω υδραυλικής αντλίας και κατάλληλων φίλτρων ανατροφοδοτείται στο χώρο κατεργασίας.
5. Βάσει Νομοθεσίας, όταν ο χρόνος ζωής του Υγρού Κοπής τελειώσει (προδιαγραφή από τον παραγωγό, π.χ. 10.000h κατεργασίας), τότε αποθηκεύεται σε δεξαμενές ή βαρέλια και δίνεται για ανακύκλωση σε κατάλληλους φορείς ή εταιρίες πιστοποιημένες για την απόρριψη τέτοιων υλών. Απαγορεύεται να πεταχτεί στην αποχέτευση, καθώς προκαλεί σοβαρές βλάβες στο περιβάλλον και στον υδροφόρο ορίζοντα.
6. Συνήθως τα Υγρά Κοπής είναι συμπυκνωμένα και χρειάζεται να διαλυθούν σε νερό με αναλογία 1/10 ή 1/20 πριν τοποθετηθούν στη δεξαμενή της ΕΜ. Η ανάμειξή τους με νερό αναγράφεται από τον παραγωγό τους.

Τεχνολογικός Προγραμματισμός (1)

- Ο **Τεχνολογικός Προγραμματισμός (ΤΠ)** Κατεργασιών (Process Planning) περιλαμβάνει την περιγραφή της διαδοχής των ενεργειών που πραγματοποιούνται για την υλοποίηση ενός τεμαχίου ή ενός συναρμολογήματος.
- Πρακτικά, ο ΤΠ εκφράζεται με τη μορφή Φασεολογίου.
- **Φασεολόγιο** είναι ένας αναλυτικός Πίνακας στον οποίο παρουσιάζονται οι διαδοχικές φάσεις κατεργασίας με τις αντίστοιχες συνθήκες κατεργασίας και με επιμέρους σκαριφήματα του κατεργαζόμενου τεμαχίου.
- **Συνθήκες κατεργασίας** είναι όλα τα μεγέθη που πρέπει να οριστούν, ώστε να είναι δυνατή η υλοποίηση μίας φάσης κατεργασίας, συγκεκριμένα η Ταχύτητα Περιστροφής, το Βάθος και το Πλάτος Κοπής, η Πρόωση κτλ.

Τεχνολογικός Προγραμματισμός (2)

Βήματα του ΤΠ (I)

1. Επιλογή Εργαλειομηχανής

- Τύπος ΕΜ (δράπανο, τόρνος, φρέζα, κτλ.)
- Η εμπειρία του προγραμματιστή CNC
- Η διαθεσιμότητα των ΕΜ
- Το μέγεθος της παραγγελίας
- Επιμέρους τεχνικά χαρακτηριστικά ΤΕ για επιλογή μίας ΕΜ

2. Επιλογή Εργαλείων Συγκράτησης

- Χρήση τυποποιημένων εργαλείων συγκράτησης ή κατασκευή ειδικών ιδιοσυσκευών.
- Μέγεθος παρτίδας ΤΕ. Μεγάλος αριθμός τεμαχίων ευνοεί την χρήση ειδικών ιδιοσυσκευών, οι οποίες μειώνουν τον χρόνο παραγωγής, εστώ και εάν υπάρχουν διαθέσιμα συμβατικά εργαλεία συγκράτησης.
- Προδιαγραφές του εργαλείου συγκράτησης. Εάν προβλέπεται η κατασκευή μεγάλου αριθμού εξαρτημάτων πρέπει να σχεδιασθεί ένα ανθεκτικό εργαλείο. Διαφορετικά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα απλούστερο.
- Επίτευξη απαιτούμενης ποιότητα ΤΕ.

Τεχνολογικός Προγραμματισμός (3)

Βήματα του ΤΠ (II)

3. Επιλογή Στρατηγικής-Συνθηκών Κατεργασίας και Κοπτικών Εργαλείων.

- Πραγματοποιείται πριν τη δημιουργία του NC προγράμματος
- Μορφή και διαστάσεις του τεμαχίου
- Ανοχές κατασκευής
- Διαθέσιμα εργαλεία
- Είδος εργαλειομηχανής
- Διαδοχή φάσεων κατεργασίας
- Στρατηγική κατεργασίας σε κάθε φάση κατεργασίας
- Αριθμός τεμαχίων στην παραγγελία. Μεγάλος αριθμός τεμαχίων στην παραγγελία, οδηγεί στη χρήση εξειδικευμένων εργαλείων για εξοικονόμηση χρόνου

Φάσεις Κατεργασίας (1)

◎ Ορισμός

- **Φάση κατεργασίας** είναι ένα στάδιο κατεργασίας, το οποίο αποσκοπεί ώστε να προσδώσει συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στο κατεργαζόμενο ΤΕ. Η κάθε φάση πραγματοποιείται με διαφορετικές συνθήκες κατεργασίας. Η διαδοχή των φάσεων τοποθετείται πάνω σε πίνακα που καλείται **Φασεολόγιο**.
- Γενικά, οι βασικές φάσεις κατεργασίας είναι οι εξής:
 - A. Φάση προετοιμασίας.
 - B. Φάση Εκχόνδρισης (Ξεχονδρίσματος)
 - Γ. Φάση Αποπεράτωσης (Φινιρίσματος)
 - Δ. Φάση τελικών διαμορφώσεων
- Η παραπάνω διαμέριση είναι ενδεικτική, αφού είναι δυνατόν κάποιες επιμέρους εργασίες να πραγματοποιούνται σε προηγούμενη ή επόμενη φάση. Σε κάθε περίπτωση, οι Φάσεις Εκχόνδρισης και Αποπεράτωσης είναι απαραίτητες.

Φάσεις Κατεργασίας (3)

A. Φάση Προετοιμασίας

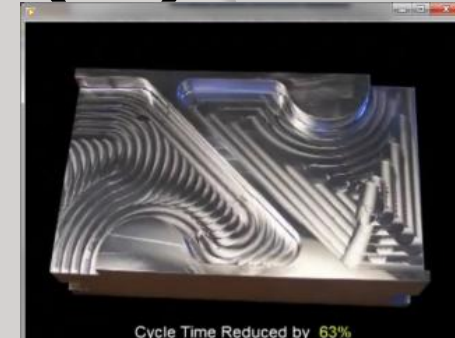
- Σε αυτήν τη φάση προετοιμάζεται το αρχικό τεμάχιο που θα τοποθετηθεί στην ΕΜ CNC για κατεργασία και τοποθετείται πάνω στην ΕΜ CNC.
- Ως αρχικό ΤΕ λαμβάνεται:
 - Άμορφο ΤΕ, όπως αυτό προκύπτει από κατεργασίες συνεχούς χύτευσης π.χ. μπάρες, κύλινδροι, χελώνες, κτλ. Τα τεμάχια αυτά τεμαχίζονται με χρήση πριονιών ή συμβατικών μηχανών.
 - ΤΕ που έχει υποστεί αρχική μορφοποίηση, όπως χυτευμένα ΤΕ με αρχική μορφή, π.χ. χυτευμένος στρόβιλος ή αντλία.
- Πρόσδεση του αρχικού ΤΕ πάνω στην ΕΜ CNC με χρήση ιδιοσυσκευών ή βασικών στοιχείων συγκράτησης, π.χ. μέγγενη, κοχλίες-περικόχλια κτλ.



Φάσεις Κατεργασίας (4)

B. Φάση Εκχόνδρισης

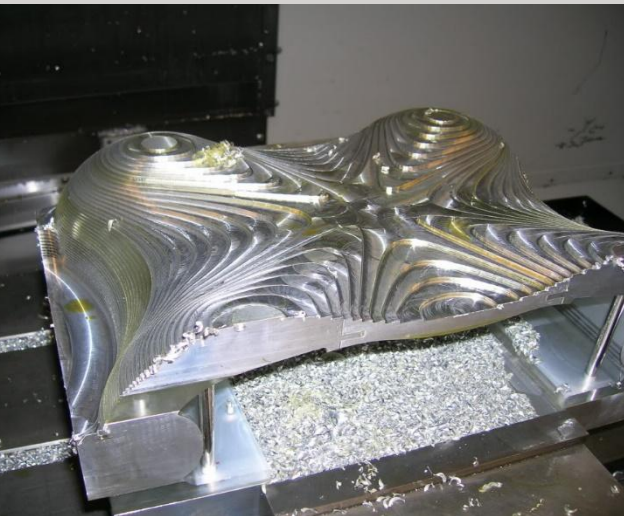
- Βασική επιδίωξη της φάσης αυτής είναι η απομάκρυνση μεγάλου όγκου υλικού από το αρχικό TE σε όσο λιγότερο χρόνο είναι δυνατόν.
- Οι δυνάμεις κοπής που αναπτύσσονται είναι μεγάλες και άρα και η απαιτούμενη ισχύς κοπής είναι μεγάλη.
- Απαιτούνται στιβαρά εργαλεία με μεγάλο ρυθμό αποβολής υλικού, π.χ. φρεζοκεφαλές ή κονδύλια μεγάλης διαμέτρου
- Στην πράξη συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται εργαλεία ελαφρώς φθαρμένα, αφού δεν απαιτείται γεωμετρική ακρίβεια του εκχονδρισμένου TE.
- Σε πολύπλοκα τελικά TE, συνήθως την εκχόνδριση ακολουθεί η ημι-αποπεράτωση, κατά την οποία προσδίδονται στο εκχονδρισμένο TE κάποιες λεπτομέρειες, ώστε να διευκολυνθεί η αποπεράτωση που ακολουθεί.



Φάσεις Κατεργασίας (5)

Γ. Φάση Αποπεράτωσης

- Βασική επιδίωξη της φάσης αυτής είναι η πρόσδωση συγκεκριμένων λειτουργικών και αισθητικών ιδιοτήτων (διαστασιακή ακρίβεια, τραχύτητα επιφανείας κτλ.) στην τελική επιφάνεια του ΤΕ.
- Οι δυνάμεις κοπής που αναπτύσσονται –άρα και η ισχύς κατεργασίας– πρέπει να είναι γενικά μικρές, αλλά και να μην μεταβάλλονται κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, γιατί αυτό προκαλεί κυμάτωση στην επιφάνεια του τελικού ΤΕ.
- Στην πράξη συνηθίζεται να χρησιμοποιούνται καινούρια ή μη φθαρμένα ΚΕ, αφού απαιτείται μέγιστη γεωμετρική ακρίβεια του εκχονδρισμένου ΤΕ.



Φάσεις Κατεργασίας (6)

Δ. Φάση Τελικών Διαμορφώσεων

- Σε κάποιες περιπτώσεις, μετά την αποπεράτωση του τεμαχίου απαιτούνται επιπλέον κατεργασίες στο τελικό ΤΕ, όπως π.χ. επιφανειακές κατεργασίες, έτσι ώστε να η τελική επιφάνεια να αποκτήσει συγκεκριμένες ιδιότητες.
- Έτσι, ένα φινιρισμένο ΤΕ μπορεί να βαφεί, να ανοδιωθεί, να πλαστικοποιηθεί, να αμμοβοληθεί κτλ.
- Επίσης, είναι δυνατόν να απαιτούνται συγκεκριμένα περάσματα ΚΕ ειδικής μορφής, τα οποία καλούνται κινήσεις «μολυβιού», ή να γίνει εγχάραξη (engraving) γραμμάτων και σχημάτων, όπως εταιρικά λογότυπα, με κατάλληλο εργαλείο.



Βασικές Παράμετροι Κατεργασίας (1)

◎ Ταχύτητα Περιστροφής Κυρίας Ατράκτου **S**

- Είναι η ταχύτητα με την οποία περιστρέφεται η άτρακτος της CNC EM.
- Δίνεται σε στροφές ανά λεπτό (rpm).

◎ Πρόωση **F** ή **f**

- Είναι η σχετική μετατόπιση του εργαλείου ως προς το TE στη μονάδα του χρόνου με σκοπό την αποκοπή υλικού από το κατεργαζόμενο τεμάχιο ή την απομάκρυνση από αυτό.
- Στα Κέντρα Κατεργασιών (ή Φρέζες) CNC
 - Η **ταχύτητα πρόωσης F** δίνεται σε **mm/min** και
 - Η **πρόωση ανά κοπτική ακμή** (ή ανά οδόντα του ΚΕ) **f_z** δίνεται σε **mm/στρ x οδόντα**.

$$F = z f_z S \text{ (mm/min)}$$

όπου **z** ο αριθμός οδόντων του ΚΕ και **S** η ταχύτητα περιστροφής σε rpm

- Στα Κέντρα Τόρνευσης (ή Τόρνους) CNC η **πρόωση f** δίνεται σε **mm/στρ**.

Σημείωση: Στον κώδικα CNC με κατάλληλες εντολές επιλέγονται οι μονάδες στις οποίες δίνεται η πρόωση.

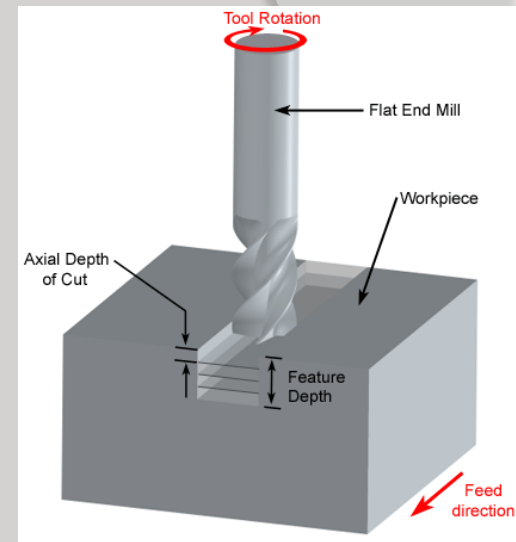
Βασικές Παράμετροι Κατεργασίας (2)

Βάθος Κοπής a (για τόννους CNC) ή a_p (για φρέζες CNC)

- Είναι η διαφορά σε χιλιοστά (mm) μεταξύ κατεργασμένης και μη κατεργασμένης επιφάνειας του ΤΕ.
- Στην περίπτωση των Τόννων CNC, το a αφορά τη μείωση της διαμέτρου.

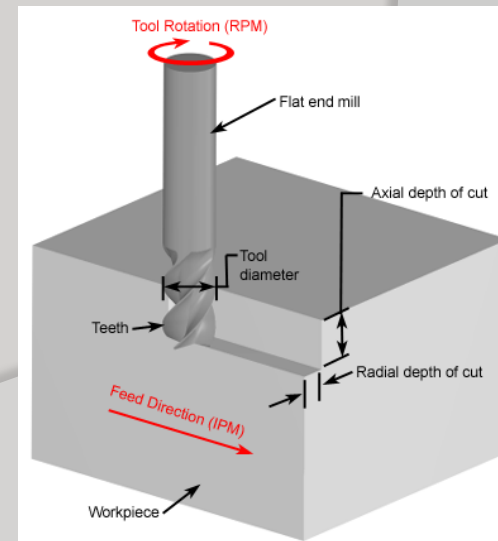
Π.χ. αν σε τεμάχιο αρχικής διαμέτρου 20mm πραγματοποιείται ένα πάσο και προκύπτει τελική διάμετρος 18mm, τότε το Βάθος Κοπής είναι $a = 2\text{mm}$.

- Στην περίπτωση των Φρεζών CNC, το a_p αφορά το πόσο εισέρχεται το ΚΕ μέσα στο ΤΕ κατά τη διεύθυνση Z.



Πλάτος κοπής a_e (μόνο για φρέζες CNC)

- Είναι το τμήμα της διαμέτρου του ΚΕ σε χιλιοστά (mm) που πραγματοποιεί ένα πάσο.
- Το a_e δεν μπορεί να πάρει τιμή μεγαλύτερη από τη διάμετρο του ΚΕ.
- Σε κάποιες περιπτώσεις αντί του a_e χρησιμοποιείται μόνο το e (engagement), το οποίο είναι το ποσοστό % της διαμέτρου του εργαλείου που πραγματοποιεί ένα δεδομένο πάσο.



Βασικές Παράμετροι Κατεργασίας (3)

◎ Ταχύτητα κοπής V_c

- Είναι η γραμμική ταχύτητα του ΚΕ (στις φρέζες) ή του ΤΕ (στους τórνους) στην περιφέρειά του.
- Δίνεται σε m/min.

$$V_c = \pi D S / 1000 \quad (\text{m/min})$$

Όπου π ο αριθμός π, D η (τρέχουσα) διάμετρος του ΚΕ (στις φρέζες) ή του ΤΕ (στους τórνους) σε mm και S η ταχύτητα περιστροφής σε rpm.

Σημείωση: Στους καταλόγους των κατασκευαστών ΚΕ, δίνονται τα όρια της V_c (ελάχιστη και μέγιστη) και ο προγραμματιστής CNC πρέπει να κάνει χρήση της παραπάνω σχέσης, ώστε να βρει τα όρια (ελάχιστη και μέγιστη) της S .

◎ Δύναμη Κοπής F_c

- Είναι η δύναμη που αναπτύσσεται κατά την πλαστική παραμόρφωση του κατεργαζόμενου ΤΕ και είναι ανάλογη του αποκοπόμενου όγκου και των μηχανικών ιδιοτήτων του υλικού του ΤΕ.
- Πειραματικά μετρώνται οι τρεις χωρικές συνιστώσες της F_{cx} , F_{cy} και F_{cz} με επιταχυνσιόμετρα.

Βασικές Παράμετροι Κατεργασίας (4)

◎ Ισχύς Κοπής P_c

- 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.

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

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 επιφανείας σε Nt/mm², σταθερά χαρακτηριστική του υλικού του ΤΕ.

Ορισμός Συστήματος Συντεταγμένων (1)

- Πριν την εκτέλεση οποιουδήποτε προγράμματος σε μια EM CNC, πρέπει να οριστεί το «μηδέν» (0,0,0).
- Αυτό πραγματοποιείται με τη χρήση **είτε ενός εργαλείου αναφοράς** (με γνωστές διαστάσεις) **είτε με σύστημα αισθητήρα** (αφής ή οπτικού) μορφής εργαλείου και με χειροκίνητο έλεγχο της EM CNC.



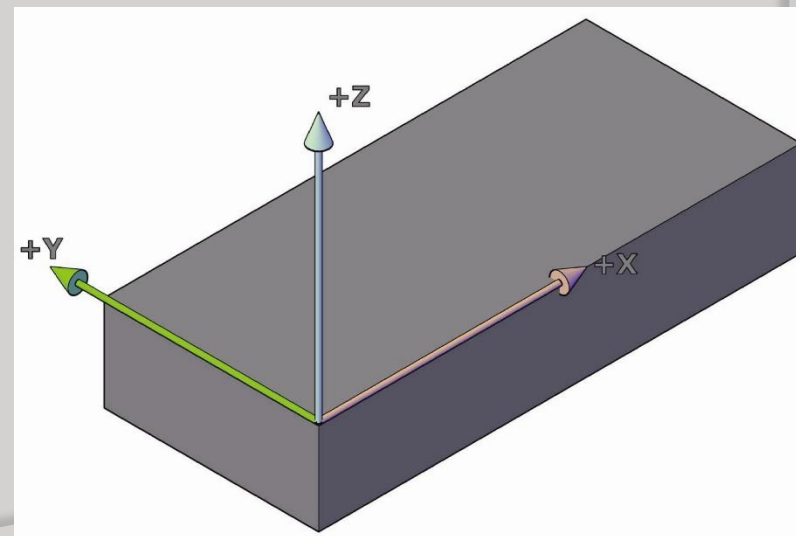
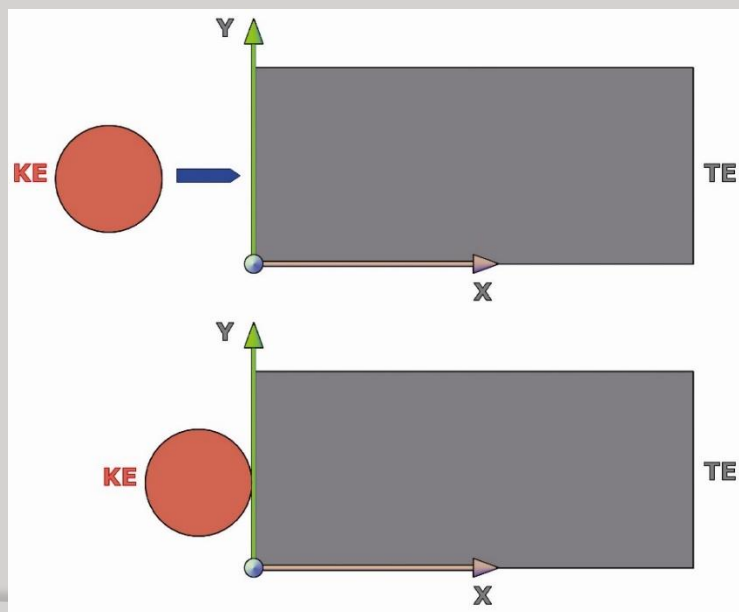
Ορισμός Συστήματος Συντεταγμένων (2)

- Μετά την τοποθέτηση και στερέωση του προς κατεργασία ΤΕ, πλησιάζουμε αργά κατά μία διεύθυνση το εργαλείο αναφοράς στο ΤΕ μέχρι να το ακουμπήσει.
- Στο σημείο επαφής του εργαλείου αναφοράς με το ΤΕ, ορίζουμε στον controller της EM CNC «μηδέν» για την τρέχουσα διεύθυνση κίνησης του εργαλείου αναφοράς.



Ορισμός Συστήματος Συντεταγμένων (3)

- Τη διαδικασία αυτήν την επαναλαμβάνουμε για όλους τους άξονες της EM CNC, άρα την αρχή του συστήματος συντεταγμένων, δηλ. το σημείο $(0,0,0)$.
- Συνηθίζεται το μηδέν στον άξονα Z να λαμβάνεται στην πάνω (ελεύθερη) επιφάνεια του αρχικού TE.

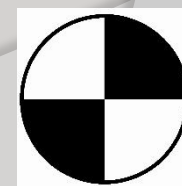


Σημεία Αναφοράς στις ΕΜ CNC(1)

- Κάθε ΕΜ CNC από τον κατασκευαστή της έχει κάποια συγκεκριμένα σημεία αναφοράς στο χώρο.
- Το ένα σημείο αναφοράς είναι **το Σημείο Αυτόματης Αλλαγής Εργαλείων**.
- Το δεύτερο σημείο αναφοράς είναι **η αρχή του συστήματος συντεταγμένων στο χώρο εργασίας** ή μηδενικό σημείο, όπως έχει οριστεί από τον κατασκευαστή της ΕΜ.
- Αλλαγή των συντεταγμένων αυτών των σημείων οδηγεί σε απορρύθμιση της ΕΜ και πρέπει να εκτελείται μόνο από εξειδικευμένο προσωπικό της κατασκευάστριας εταιρίας της ΕΜ CNC.

Σημεία Αναφοράς στις ΕΜ CNC (2)

- Κάθε αρχικό ΤΕ που τοποθετείται στην ΕΜ πρέπει να μετρηθεί ως προς τις διαστάσεις του και να εξασφαλιστεί η επιπεδότητα μίας τουλάχιστον επιφάνειάς-έδρας του, καθώς και η καθετότητα μεταξύ δύο επιφανειών-εδρών του, αλλιώς δεν είναι δυνατός ο σωστός «μηδενισμός» του συστήματος συντεταγμένων.
- Για κάθε νέο ΤΕ που τοποθετείται στην ΕΜ, θα πρέπει να λαμβάνεται από την αρχή το «μηδέν».
- Αν δεν πραγματοποιηθεί «μηδενισμός» στο αρχικό ΤΕ πριν την εκτέλεση ενός προγράμματος CNC, τότε **δεν ταυτίζονται οι συντεταγμένες του προγράμματος με αυτές του κατεργαζόμενου ΤΕ.**
- Η αρχή του Συστήματος Συντεταγμένων συμβολίζεται:



Περιεχόμενα

Ενότητα Β: Προγραμματισμός Εργαλειομηχανών CNC

- Χαρακτηριστικά Κώδικα G
- Συστήματα Συντεταγμένων
- Δομή Κώδικα G
- Εντολές G & M
- Σετάρισμα ΚΕ
- Αντισταθμίσεις ΚΕ
- Κύκλοι Κατεργασίας
- Προγραμματισμός με Υπορουτίνες

Προγραμματισμός Εργαλειομηχανών CNC

Χαρακτηριστικά Κώδικα G (1)

Ορισμός

- Είναι **η γλώσσα προγραμματισμού των EM CNC**.
- Συντάσσεται όπως οι περισσότερες μη αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού των υπολογιστών και μπορεί να φέρει λογικές πράξεις και επαναλήψεις.
- Αποτελείται από αριθμημένες γραμμές που περιλαμβάνουν εντολές.

Π.χ. N0100 G21 G90 G01 X100 Y150 F2000

- Κάθε εντολή είναι μία αλφαριθμητική λέξη, που ξεκινάει με ένα γράμμα του λατινικού αλφάβητου και ακολουθείται από έναν αριθμό ακέραιο ή πραγματικό, ανάλογα τον τύπο της εντολής.

Π.χ G21, X215.3, M30

Χαρακτηριστικά Κώδικα G (2)

ΕΝΤΟΛΕΣ I

- Οι εντολές χωρίζονται σε κατηγορίες.
 - A. Κύριες Εντολές**, που ξεκινούν με το γράμμα G και ακολουθούνται από δύο αριθμητικά ψηφία, π.χ. G01
 - B. Βοηθητικές Εντολές**, που ξεκινούν με το γράμμα M ακολουθούνται από δύο αριθμητικά ψηφία, π.χ. M08
 - C. Εντολές Αξόνων**, που ξεκινούν με τα γράμματα X,Y,Z,A,B,C και ακολουθούνται από πραγματικές τιμές συντεταγμένων για τους άξονες X,Y,Z και γωνιών για τους άξονες A,B,C, π.χ. Y35.23, B30.5, Z-129.025 κ.ά.
 - D. Εντολές συνθηκών κατεργασίας**, που ξεκινούν με τα γράμματα F (πρόωση), S (στροφές ατράκτου) και ακολουθούνται από πραγματικές τιμές και T (εργαλείο) που ακολουθείται από δύο ψηφία που δίνουν τη θέση του εργαλείου στο μύλο ή το εργαλειοφορείο, π.χ. F2450.5, S3500 και T08
 - E. Επιπλέον εντολές**, που ξεκινούν με τα γράμματα I,K,J,L,N,O,P,Q,R,U,V,W και ακολουθούνται είτε από πραγματικές είτε από ακέραιες τιμές ανάλογα.

Χαρακτηριστικά Κώδικα G (3)

ΕΝΤΟΛΕΣ ΙΙ

Σημείωση 1. Η υποδιαστολή για τα δεκαδικά είναι η τελεία (.) και όχι το κόμμα (,).

Σημείωση 2. Ο αριθμός των ψηφίων μετά την υποδιαστολή εξαρτάται από την ακρίβεια της EM CNC. Δηλαδή, αν η EM CNC έχει ακρίβεια 10μm, ο προγραμματιστής δεν μπορεί να δώσει τιμή π.χ. X210.651, αλλά μόνο X210.65 ή X210.66.

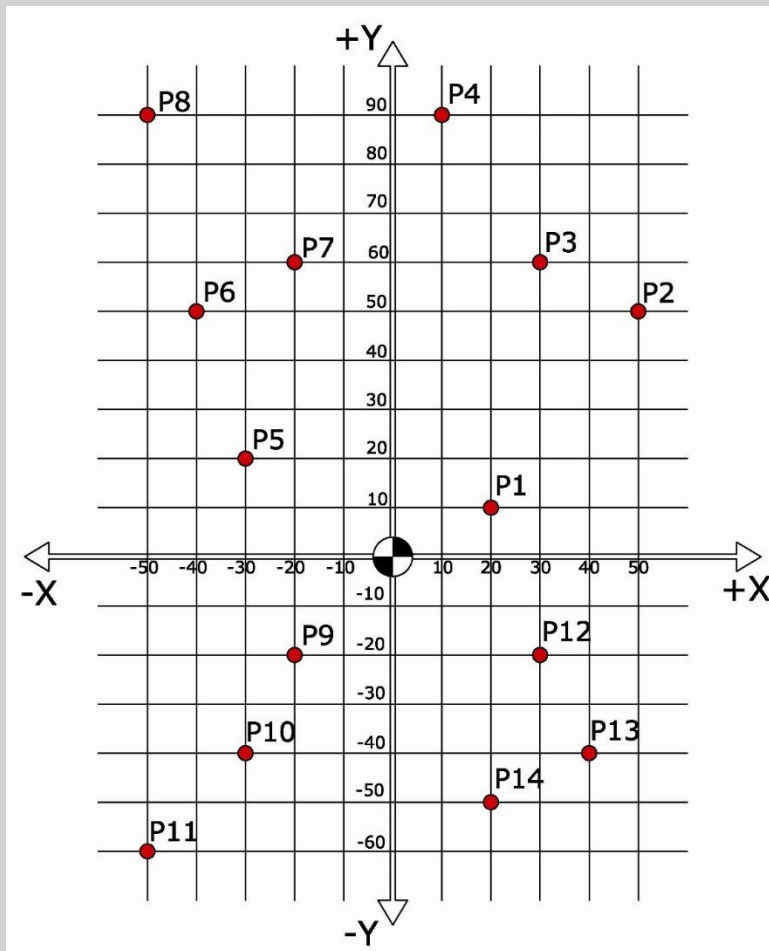
Χαρακτηριστικά Κώδικα G (4)

ΕΝΤΟΛΕΣ III

- Οι εντολές στον Κώδικα G είναι **modal**.
- Αυτό σημαίνει ότι **οι εντολές είναι χωρισμένες σε ομάδες** και **σε κάθε γραμμή κώδικα μόνο μία (1) από τις εντολές της ομάδας μπορεί να είναι ενεργή**.
- Για να εκτελεστεί ένα μπλοκ κώδικα από την EM CNC θα πρέπει **να έχει αναγνωστεί ολόκληρο** από τον controller της EM. Στις σύγχρονες EM CNC, ο controller “διαβάζει” και ένα πλήθος επόμενων μπλοκ πριν εκτελέσει το τρέχον.
- Η **εκτέλεση των εντολών ενός μπλοκ γίνεται ταυτόχρονα**, εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων στις οποίες υπάρχει διαδοχή εκτέλεσης, π.χ. οι αντισταθμίσεις προηγούνται των κινήσεων.
- Ποτέ δεν τοποθετούνται δύο εντολές κίνησης στο ίδιο μπλοκ.

Απόλυτο Σύστημα Συντεταγμένων

- Προσδιορισμός θέσης σημείου σε σχέση με την αρχή των αξόνων.

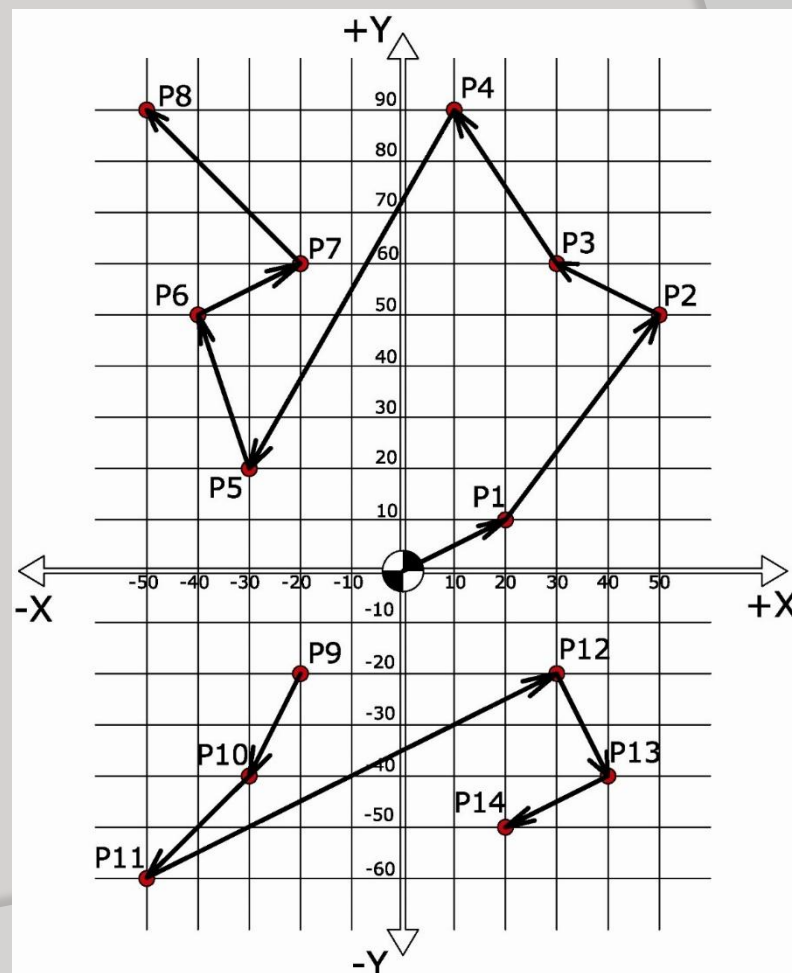


ΣΗΜΕΙΟ	X	Y
P1	20	10
P2	50	50
P3	30	60
P4	10	90
P5	-30	20
P6	-40	50
P7	-20	60
P8	-50	90
P9	-20	-20
P10	-30	-40
P11	-50	-60
P12	30	-20
P13	40	-40
P14	20	-50

Σχετικό Σύστημα Συντεταγμένων

- Προσδιορισμός θέσης ενός σημείου **αναφορικά με το αμέσως προηγούμενο.**

ΣΗΜΕΙΟ	ΠΡΟΗΓ. ΣΗΜΕΙΟ	X	Y
P1	O	20	10
P2	P1	30	40
P3	P2	-20	10
P4	P3	-20	30
P5	P4	-40	-70
P6	P5	-10	30
P7	P6	20	10
P8	P7	-30	30
P9	P8	30	-110
P10	P9	-10	-20
P11	P10	-20	-20
P12	P11	80	40
P13	P12	10	-20
P14	P13	-20	-10

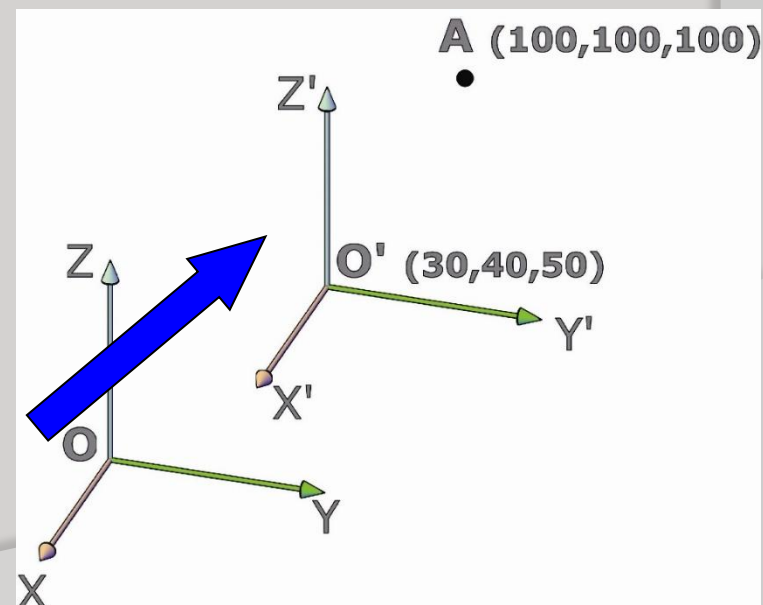


Μεταφορά Συστήματος Συντεταγμένων

- Μεταφορά συστήματος συντεταγμένων σε σχέση με το ήδη υπάρχον δίνοντας τις Απόλυτες ή Σχετικές Συντεταγμένες του σημείου στο οποίο θα τοποθετηθεί.
- Αυτό συμβαίνει είτε γιατί το συγκεκριμένο σημείο είναι χαρακτηριστικό σημείο του τεμαχίου, π.χ. σημείο συμμετρίας, σημείο γύρω από το οποίο πραγματοποιούνται επαναλαμβανόμενες κατεργασίες κτλ, είτε γιατί στο αρχικό ΤΕ προβλέπεται η κατεργασία δύο ή περισσότερων ΤΕ κ.ά.
- **Κάθε φορά μόνο ένα σύστημα συντεταγμένων μπορεί να είναι ενεργό.**

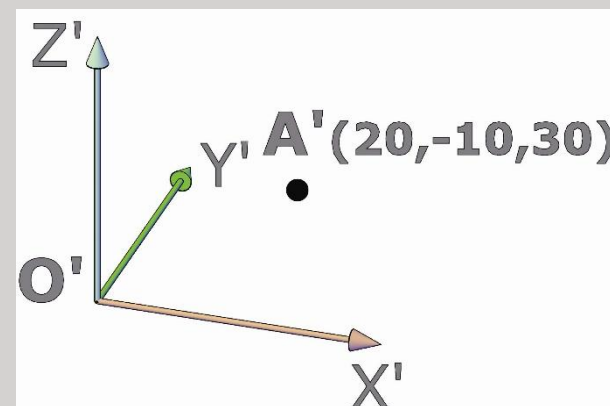
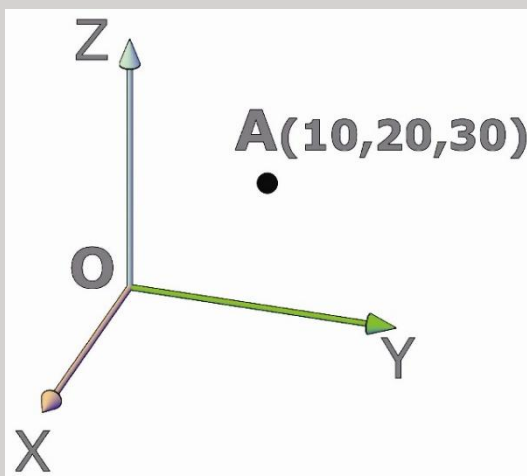
Έστω ότι $O' (30,40,50)$ και έστω τυχαίο σημείο με συντεταγμένες $A(100,100,100)$.

Μετά τη μεταφορά του συστήματος από το O στο O' , το σημείο A θα έχει απόλυτες συντεταγμένες $A'(70,60,50)$.



Περιστροφή Συστήματος Συντεταγμένων

- Η Περιστροφή του Συστήματος Συντεταγμένων μπορεί να γίνει ως προς οποιοδήποτε άξονα
- Εάν η στροφή γίνεται σε περισσότερους από ένας άξονες ή με γωνίες διαφορετικές των 90° , 180° και 270° τότε απαιτείται η χρήση συναρτήσεων μετασχηματισμού των συντεταγμένων.



Έστω ότι πραγματοποιείται περιστροφή του συστήματος συντεταγμένων γύρω από τον άξονα Z κατά $+90^\circ$ (κανόνας δεξιού χεριού) και έστω σημείο $A(10,20,30)$.

Μετά την περιστροφή του συστήματος από το O στο O', το σημείο A θα έχει απόλυτες συντεταγμένες $A'(20,-10,30)$.

Δομή Κώδικα G (1)

- **Έναρξη προγράμματος.**
 - Ονομασία προγράμματος, που τοποθετείται στην πρώτη γραμμή του προγράμματος.
 - Το γράμμα **P** (από τη λέξη Program) ακολουθούμενο από 4 αριθμητικά ψηφία, **π.χ. P1000**
 - Η συγκεκριμένη ονοματολογία είναι η συνηθέστερη και λειτουργεί στις περισσότερες EM CNC, ακόμα και στις παλαιότερες που ήταν 4-bit.
 - Σπανιότερα, σε κάποιους controllers μπορεί να προηγείται των 4 ψηφίων το γράμμα O ή η άνω-κάτω τελεία (:) ή τίποτα.
 - Συνήθως με O και 4 ψηφία ονομάζονται τα υπο-προγράμματα.

Δομή Κώδικα G (2)

- **Αρίθμηση γραμμών (μπλοκ ή block).**
 - Όλες οι υπόλοιπες γραμμές φέρουν αρίθμηση με τις μορφές Nx, Nxx ή Nxxxx, όπου x είναι δεκαδικό ψηφίο 0-9. **Π.χ. N1, N01, N10, N0010**
 - Οι διαδοχικές γραμμές πρέπει να είναι σε αύξουσα σειρά.
 - Συνηθίζεται η αρίθμηση να γίνεται ανά δεκάδα, δηλ. το μπλοκ N10 το ακολουθεί το N20. Αυτό γιατί όταν η συγγραφή του προγράμματος γίνεται στο χέρι είναι δυνατόν να προστεθούν ενδιάμεσες γραμμές, π.χ. N15 χωρίς να επαναριθμήσουμε ολόκληρο το πρόγραμμα.

Δομή Κώδικα G (3)

■ Προπαρασκευαστικές εντολές I

A. Σύστημα Μονάδων

- Στην έναρξη του προγράμματος πρέπει να δηλωθεί το σύστημα μονάδων, άρα να γίνει επιλογή μεταξύ του **Μετρικού (G21)** ή του **Αγγλοσαξωνικού Συστήματος (G20)**.
- Οι εντολές G20 και G21 είναι μία ομάδα εντολών Modal, άρα μόνο μία από τις δύο μπορεί να είναι ενεργή μία δεδομένη στιγμή του κώδικα.
- Σε επόμενη γραμμή είναι δυνατή η χρήση του άλλου συστήματος, π.χ. σε περίπτωση που έχουμε όλες τις διαστάσεις σε χιλιοστά, αλλά κάποια αγγλοσαξωνικά σπειρώματα. Σε αυτήν την περίπτωση δεν πρέπει να ξεχάσουμε να επιστρέψουμε στο μετρικό σύστημα όταν τελειώσει η σπειροτόμηση.

Δομή Κώδικα G (4)

■ Προπαρασκευαστικές εντολές II

B. Απόλυτο-Σχετικό Σύστημα Συντεταγμένων

- Στην έναρξη του κώδικα πάντα χρησιμοποιείται ο ορισμός του **Απολύτου Συστήματος Συντεταγμένων (G90)**, γιατί δεν είναι γνωστή η θέση του εργαλείου.
- Σε ενδιάμεσο μπλοκ του κώδικα, είναι δυνατή η χρήση του **Σχετικού Συστήματος Συντεταγμένων (G91)**, όταν για παράδειγμα βολεύουν οι διαστάσεις του σχεδίου.
- Οι G90 και G91 είναι modal.

Δομή Κώδικα G (5)

■ Μπλοκ ασφαλείας I

A. Ακύρωση αυτόματων κύκλων κατεργασιών

- Στην έναρξη ενός προγράμματος πρέπει να εξασφαλιστεί ότι δεν έχουν παραμείνει ενεργές εντολές (ή αλυσίδες εντολών) από προηγούμενες εκτελέσεις του ίδιου ή άλλου προγράμματος, καθώς επίσης και στην περίπτωση που η EM έκλεισε λόγω πτώσης ρεύματος.
- Οι κατασκευαστές του EM CNC δίνουν έτοιμους αυτόματους κύκλους (αλληλουχίες εντολών) για συγκεκριμένες ή επαναλαμβανόμενες κατεργασίες, οι οποίοι αν δεν τερματιστούν με κατάλληλη εντολή παραμένουν ενεργοί.
- Η εντολή **G80** τερματίζει όλους τους ενεργούς αυτόματους κύκλους κατεργασίας.
- Όταν δεν υπάρχει ενεργός κύκλος, η G80 απλά δεν εκτελείται.

Δομή Κώδικα G (6)

■ Μπλοκ ασφαλείας II

B. Ακυρώσεις αντισταθμίσεων

- Στα προγράμματα χρησιμοποιούνται ένα πλήθος ΚΕ το καθένα από τα οποία έχει διαφορετικό μήκος και διαφορετική διάμετρο.
- Όταν γίνεται αυτόματη αλλαγή εργαλείου, ο controller αναγνωρίζει τη διαφορά σε μήκος και σε διάμετρο (αντισταθμίσεις) σύμφωνα με τις τιμές για το ΚΕ από τον Πίνακα όπου αποθηκεύονται.
- Όταν γίνεται εκκίνηση του προγράμματος το ΚΕ που υπήρχε από πριν εξακολουθεί και υπάρχει με όλες τις σχετικές τιμές.
- Με τη χρήση των **G40 (ακύρωση αντιστάθμισης διαμέτρου)** και **G49 (ακύρωση αντιστάθμισης μήκους)** ουσιαστικά μηδενίζονται οι αντισταθμίσεις και λαμβάνονται από το πρώτο ΚΕ που θα τοποθετηθεί στη συνέχεια, χωρίς να προστεθούν τυχόν επιπλέον τιμές.

Δομή Κώδικα G (7)

■ Μπλοκ ασφαλείας III

Γ. Θέση συστήματος συντεταγμένων

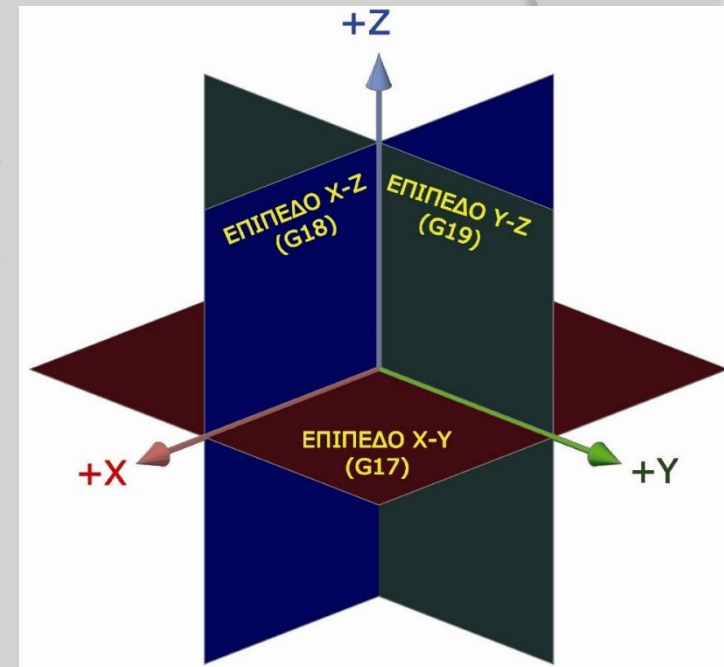
- Πάνω στην EM CNC είναι δυνατόν να έχει αποθηκευτεί ένας αριθμός συστημάτων συντεταγμένων.
- Στην έναρξη του κώδικα θα πρέπει να επιλεγεί ποιο από αυτά είναι ενεργό.
- Με **G54** λαμβάνεται το σύστημα που ορίστηκε κατά το σετάρισμα του αρχικού TE πάνω στην EM.
- Τα υπόλοιπα αποθηκευμένα συστήματα συντεταγμένων μπορούν να κληθούν (G55-G59), εφόσον αυτά έχουν καθοριστεί εκ των προτέρων.

Δομή Κώδικα G (8)

■ Μπλοκ ασφαλείας IV

Δ. Ορισμός επιπέδου κατεργασίας

- Εξ ορισμού όλες οι κινήσεις του ΚΕ (όπως κυκλικές, διαγώνιες κτλ.) σε Φρέζα CNC πραγματοποιούνται στο επίπεδο X-Y ή σε παράλληλα με αυτό επίπεδα.
- Ο χρήστης όμως μπορεί να εκτελέσει κατεργασία στα επίπεδα X-Z ή Y-Z.
- Στην έναρξη θα πρέπει να ορίζεται πάντα το **G17 (επίπεδο κατεργασίας το X-Y)**, ώστε να ακυρωθούν τα **G18 (επίπεδο κατεργασίας το X-Z)** και **G19 (επίπεδο κατεργασίας το Y-Z)**.
- Τα **G17-G18-G19** είναι ομάδα modal εντολών.



Δομή Κώδικα G (9)

- **Επιστροφή του ΚΕ στη θέση αλλαγής**
 - Όταν εκκινεί η ΕΜ CNC ή ένα πρόγραμμα, το ΚΕ μπορεί να βρίσκεται σε οποιαδήποτε θέση στο χώρο.
 - Για πρακτικούς και λόγους ασφαλείας, στην αρχή του προγράμματος πρέπει να δίνουμε εντολή στο ΚΕ να επιστρέψει στη θέση αλλαγής.
 - Αυτό γίνεται με την εντολή **G28 (επιστροφή στη θέση αλλαγής ΚΕ)**.
 - Στη συνέχεια καθορίζουμε **αυτόματη αλλαγή ΚΕ (M06)** σε αυτό (π.χ. **T01**) που θα πραγματοποιήσει την πρώτη κατεργασία, όπως περιγράφεται από τα μπλοκς που ακολουθούν. Σύνταξη: **M06 T01**
 - Καθορίζεται η Ταχύτητα Περιστροφής της Ατράκτου (π.χ. **S1500**) και η Φορά Περιστροφής - **δεξιόστροφη (M03)** ή **αριστερόστροφη (M04)**.

Δομή Κώδικα G (10)

- **Κυρίως κορμός του Προγράμματος**
 - Βάσει φασεολογίου, εκτελούνται όλες οι κατεργασίες με χρήση των απαραίτητων εντολών τοποθετημένων κατάλληλα στα αντίστοιχα μπλοκ.
 - Χρησιμοποιούνται αυτόματοι κύκλοι κατεργασίας και υποπρογράμματα για μείωση του πλήθους των μπλοκ ιδίως όταν υπάρχουν επαναλαμβανόμενες ενέργειες.
 - Προσοχή πρέπει να δίνεται μετά τις αλλαγές ΚΕ όσον αφορά τις συνθήκες κατεργασίας, ώστε να αποφεύγονται πρόωρες φθορές των ΚΕ και καταστροφές σε δομικά στοιχεία των EM CNC.

Δομή Κώδικα G (11)

- **Τερματισμός προγράμματος**
 - Επιστροφή του ΚΕ στη θέση αλλαγής εργαλείου (G28).
 - Ακυρώσεις αντισταθμίσεων και αυτόματων κύκλων κατεργασίας (G40 G49 G80).
 - **Σταμάτημα περιστροφής ατράκτου (M05)**. Οι εντολές M03, M04 και M05 είναι ομάδα modal εντολών.
 - **Σταμάτημα ροής υγρού κοπής (M09)**. Αυτή τοποθετείται εφόσον έχει χρησιμοποιηθεί **υγρό κοπής (M08)** μέσα στον κώδικα.
 - **Τερματισμός προγράμματος (M02)**, καθώς και Τερματισμός προγράμματος με επιστροφή του κέρσορα στην αρχή του προγράμματος (**M30**).

Δομή Κώδικα G (12)

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ I

- Σε κάθε μπλοκ μπορεί να υπάρχει μόνο μία εντολή κίνησης του **ΚΕ**, αλλά δεν υπάρχει τυπικό όριο των υπόλοιπων εντολών που μπορούν να τοποθετηθούν στο ίδιο μπλοκ.
- Συνήθως ομαδοποιούμε τις εντολές βάσει λογικής και χρησιμοποιούμε ως πέντε (5) εντολές G ή ως τέσσερις (4) εντολές M στο ίδιο μπλοκ.
- Το πρόγραμμα θα πρέπει να είναι ευανάγνωστο, ώστε να είναι δυνατές μετατροπές του ή η ανάγνωσή του αρκετό καιρό μετά τη δημιουργία του.
- Είναι δυνατή η τοποθέτηση σχολίων, τα οποία είναι πολύ σημαντικά για το διαχωρισμό των φάσεων κατεργασίας.

Δομή Κώδικα G (13)

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ II

- Η σήμανση των σχολίων γίνεται με ειδικούς χαρακτήρες, όπως π.χ. με παρενθέσεις (), με " ή ` , με * κτλ, ανάλογα τον διαθέσιμο controller.
- Πάντα συμβουλευόμαστε το Εγχειρίδιο Προγραμματισμού (Programming Manual) της EM CNC για ιδιαιτερότητες του κώδικα σε σύνταξη, ειδικές εντολές και αυτόματους κύκλους κατεργασίας.
- Κάθε μπλοκ περιέχει μόνο μία εντολή ταχύτητας πρόωσης.
- Κάθε μπλοκ περιέχει μόνο μία εντολή ταχύτητας περιστροφής του ΚΕ.
- Η αρίθμηση των μπλοκ πρέπει να είναι συνεχής.
- **Δεν επαναλαμβάνουμε εντολές ή συντεταγμένες εφόσον αυτές δεν αλλάζουν.**

Δομή Κώδικα G (14)

- **Παράδειγμα δομής προγράμματος**

P1544 (Date: 1/10/2010)

N05 **(Program Start)**

N10 G21 G90

N20 G40 G49 G80 G17 G54

N30 G28

N40 M06 T01

N50 M03 S2000

N60 **(Main Program)**

...

N1000 **(Program End)**

N1010 G28

N1020 G40 G49 G80 G54

N1030 M02 M05 M30 M09

Εντολές Κίνησης (1)

Βασικές εντολές κίνησης των ΚΕ

1. **G00** Ευθύγραμμη κίνηση στο σημείο με μέγιστη πρόωση
2. **G01** Ευθύγραμμη κοπτική κίνηση στο σημείο με συγκεκριμένη πρόωση (μικρότερη της μέγιστης)
3. **G02** Δεξιόστροφη κυκλική κίνηση στο σημείο με συγκεκριμένη ακτίνα (ή συγκεκριμένο κέντρο κύκλου)
4. **G03** Αριστερόστροφη κυκλική κίνηση στο σημείο με συγκεκριμένη ακτίνα (ή συγκεκριμένο κέντρο κύκλου)
5. **G04** Παραμονή στο τρέχον σημείο για n sec ή msec.

Σημειώσεις:

A. Οι παραπάνω εντολές αποτελούν μία ομάδα modal εντολών. Άρα, μόνο μία από αυτές μπορεί να βρίσκεται σε κάθε μπλοκ.

B. Το γεγονός ότι είναι **modal** σημαίνει ότι η ενεργοποίηση της μίας εντολής αυτόματα ακυρώνει όλες τις υπόλοιπες της ομάδας.

Γ. Επίσης, **modal** σημαίνει ότι η εντολή που ενεργοποιείται έχει ισχύ μέχρι να ακυρωθεί ή να ενεργοποιηθεί κάποια άλλη της ομάδας.

Εντολές Κίνησης (2)

G00 Ευθύγραμμη κίνηση στο σημείο με μέγιστη πρόωση. Η πρόωση αυτή καθορίζεται από τον κατασκευαστή της EM CNC.

Σύνταξη N... G00 X... ή/και Y... ή/και Z...

Παραδείγματα

1. N100 G00 X100 (κίνηση μόνο κατά X)
2. N100 G00 X100 Y50 (διαγώνια κίνηση κατά X και Y)
3. N100 G00 Y50 Z80
4. N100 G00 X100 Y50 Z80

Σημειώσεις:

1. Η δήλωση των συντεταγμένων δεν χρειάζεται να επαναλαμβάνεται σε επόμενο μπλοκ, εφόσον κάποια από τις συντεταγμένες δεν αλλάζει.
2. **Πάντα οι συντεταγμένες αφορούν το σημείο στο οποίο θέλουμε να καταλήξει το ΚΕ, όχι το σημείο από όπου ξεκινάει!**

Εντολές Κίνησης (3)

G01 Ευθύγραμμη κοπτική κίνηση στο σημείο με συγκεκριμένη πρόωση (μικρότερη της μέγιστης). Η πρόωση δίνεται σε mm/min και αρκεί να δοθεί στην 1η κοπτική κίνηση.

Σύνταξη N... G01 X... ή/και Y... ή/και Z... F...

Παραδείγματα

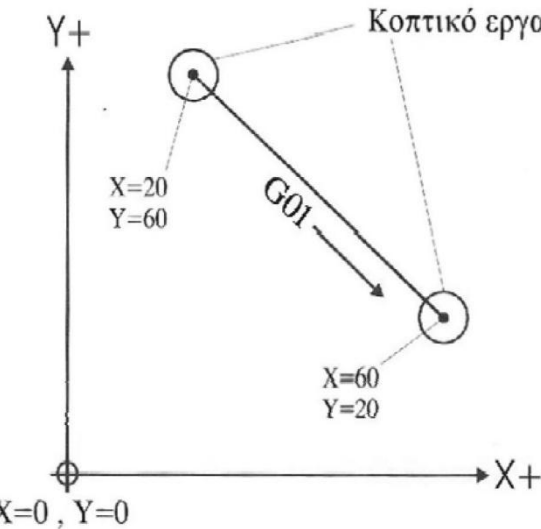
1. N100 G01 X100 F1000
2. N100 G01 X100 Y50 F1500
3. N100 G01 Y50 Z80 F300
4. N100 G01 X100 Y50 Z80 F500

Σημείωση:

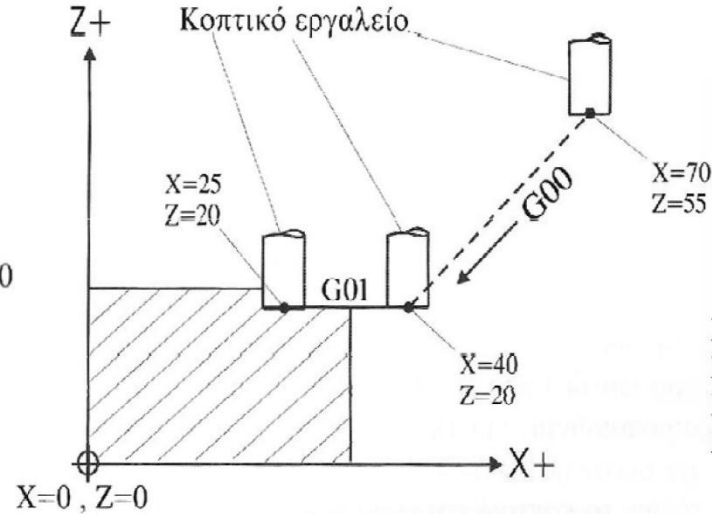
Όταν η F δοθεί σε ένα μπλοκ, δεν χρειάζεται να επαναληφθεί η δήλωσή της σε επόμενο μπλοκ και εννοείται ότι είναι η ίδια. Μόνο όταν θέλουμε να αλλάξουμε τιμή πρόωσης θα δηλώσουμε το F με άλλη τιμή.

Εντολές Κίνησης (4)

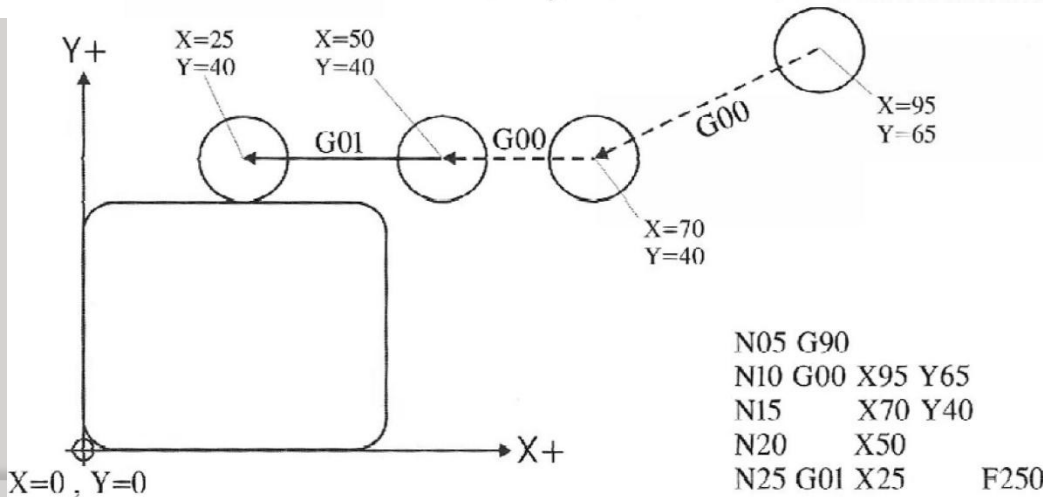
Παραδείγματα για G00 και G01



```
N05 G90
N10 G01 X20 Y60 F200
N15 X60 Y20
```



```
N05 G90
N10 G00 X70 Z55
N15 X40 Z20
N20 G01 X25 F150
```



```
N05 G90
N10 G00 X95 Y65
N15 X70 Y40
N20 X50
N25 G01 X25 F250
```

Εντολές Κίνησης (5)

G02 & G03 Δεξιόστροφη & Αριστερόστροφη κοπτική κυκλική κίνηση με συγκεκριμένη πρόωση (μικρότερη της μέγιστης) σε συγκεκριμένο επίπεδο. Η πρόωση δίνεται σε mm/min και αρκεί να δοθεί στην 1η κοπτική κίνηση.

Σύνταξη N... G02 X... Y... R... F... **ή** N... G02 X... Y... I... J... F...

X,Y οι συντεταγμένες τελικού σημείου

R η ακτίνα του κύκλου/τόξου

I,J οι σχετικές συντεταγμένες του κέντρου της κυκλικής τροχιάς

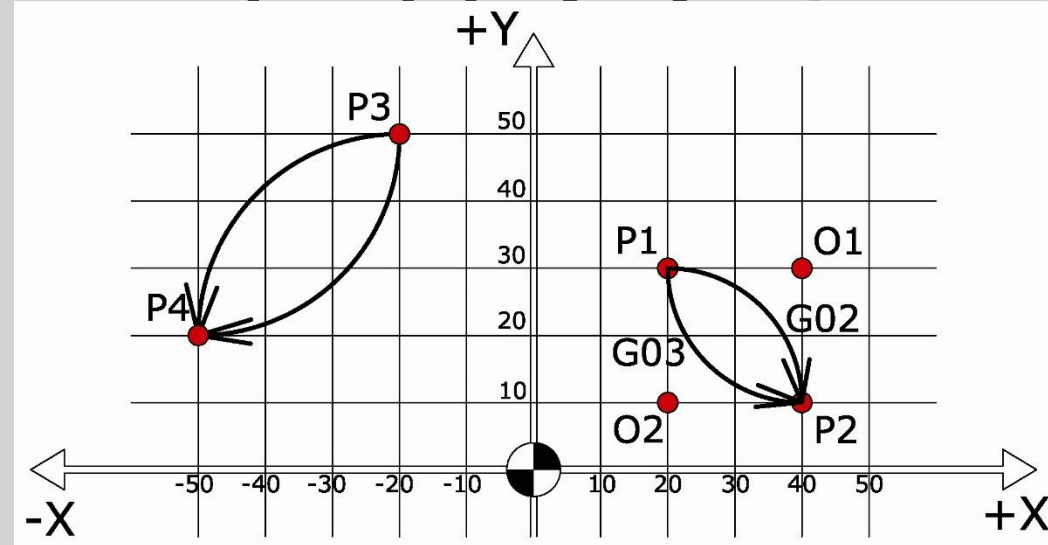
Σημείωση: Οι εντολές G17, G18 και G19 καθορίζουν το επίπεδο (X-Y, X-Z και Y-Z αντίστοιχα) στο οποίο βρίσκεται ο κύκλος.

Η δεξιά φορά καθορίζεται κοιτώντας τη φορά περιστροφής των δεικτών ενός ρολογιού.

Εντολές Κίνησης (6)

Παράδειγμα 1

Έστω ότι το ΚΕ πρέπει να κινηθεί από το σημείο P1 στο P2 με κυκλική τροχιά δεξιόστροφα και αριστερόστροφα με πρόωση 500mm/min. Γράψτε τον κώδικα που εκφράζει την κίνηση αυτή.



Απάντηση

Απόλυτες Συντεταγμένες

Δεξιόστροφα: G90 G17 G02 X40 Y10 R20 F500 ή G90 G17 G02 X40 Y10 I0 J-20 F500

Αριστερόστροφα: G90 G17 G03 X40 Y10 R20 F500 ή G90 G17 G03 X40 Y10 I20 J0 F500

Σχετικές Συντεταγμένες

Δεξιόστροφα G91 G17 G02 X20 Y-20 R20 F500 ή G91 G17 G02 X20 Y-20 I0 J-20 F500

Αριστερόστροφα G91 G17 G03 X20 Y-20 R20 F500 ή G91 G17 G03 X20 Y-20 I20 J0 F500

Εντολές Κίνησης (7)

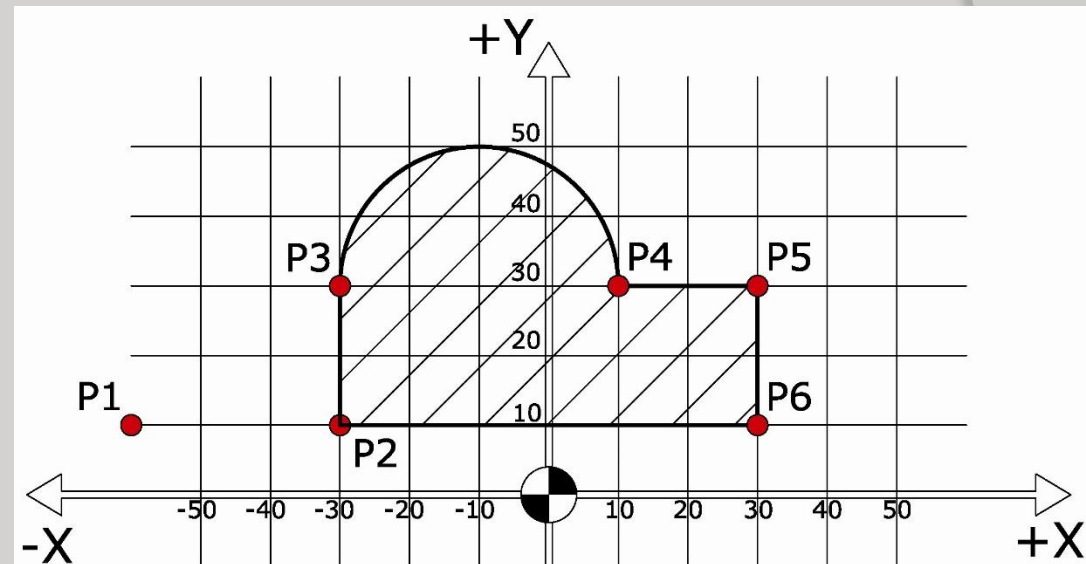
Παράδειγμα 2

Να γραφεί ο κώδικας για την κίνηση του εργαλείου στα σημεία P1-P2-P3-P4-P5-P6-P2-P1 με πρόωση 500mm/min.

Απάντηση

```

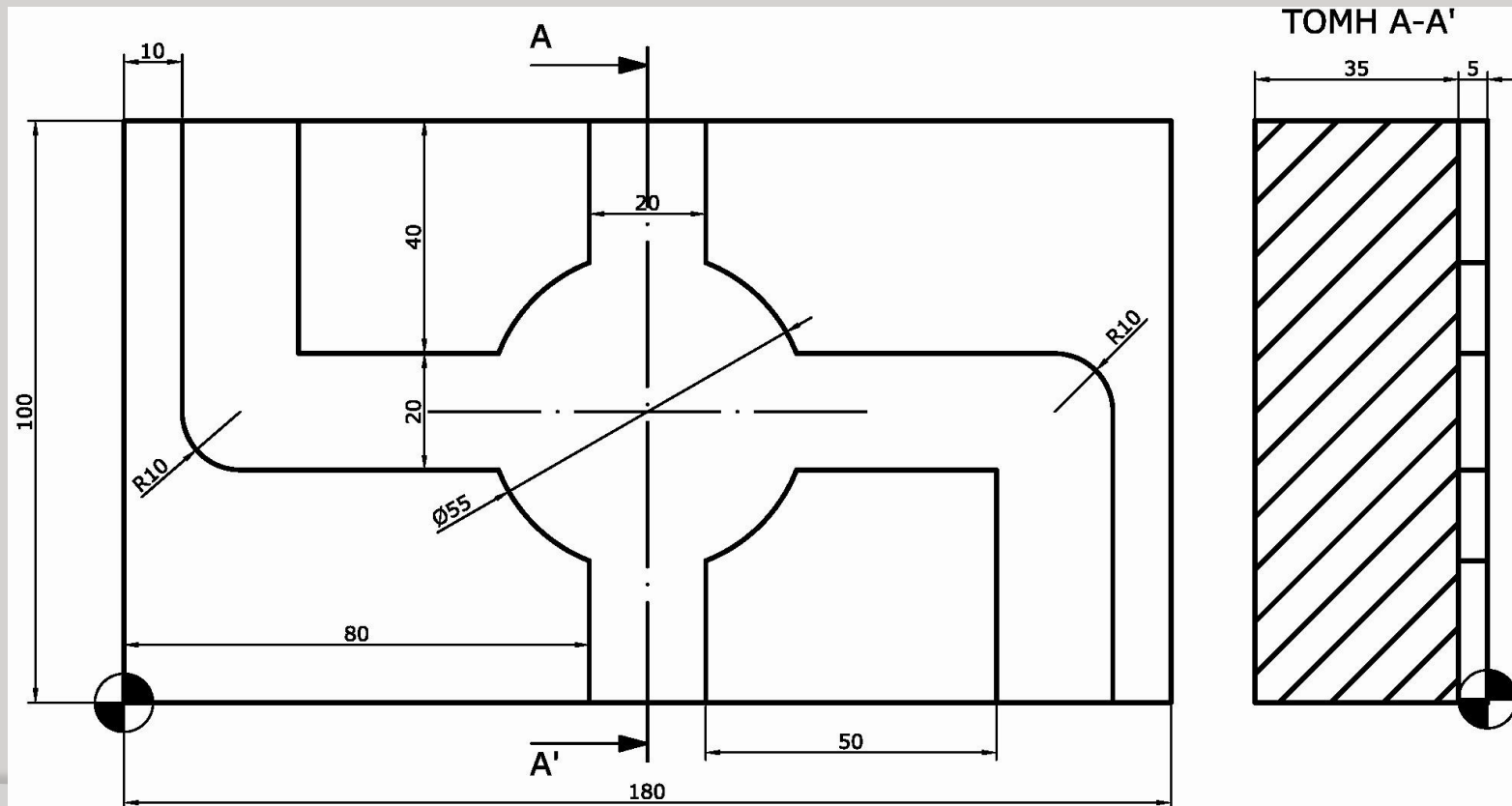
N10 G90 G00 X-60 Y10 (P1)
N20 G01 X-30 F500 (P2)
N30 Y30 (P3)
N40 G17 G02 Y10 R20 (P4)
N50 G01 X30 (P5)
N60 Y10 (P6)
N70 X-30 (P2)
N80 G00 X-60 (P1)
    
```



Εντολές Κίνησης (8)

Παράδειγμα 3

Να γραφεί ολόκληρο το πρόγραμμα για την κατεργασία του παρακάτω τεμαχίου. Χρησιμοποιείται κονδύλι επιπέδου άκρου διαμέτρου $D=20\text{mm}$ με $S=2000\text{rpm}$ και $F=1000\text{mm/min}$.



Εντολές Κίνησης (9)

P3333

N10 G21 G90

N20 G40 G49 G80 G17

N30 G28

N40 M06 T01

N50 M03 S2000

N60 G00 X90 Y-20

N70 Z-5

N80 G01 Y32.5 M08 F1000

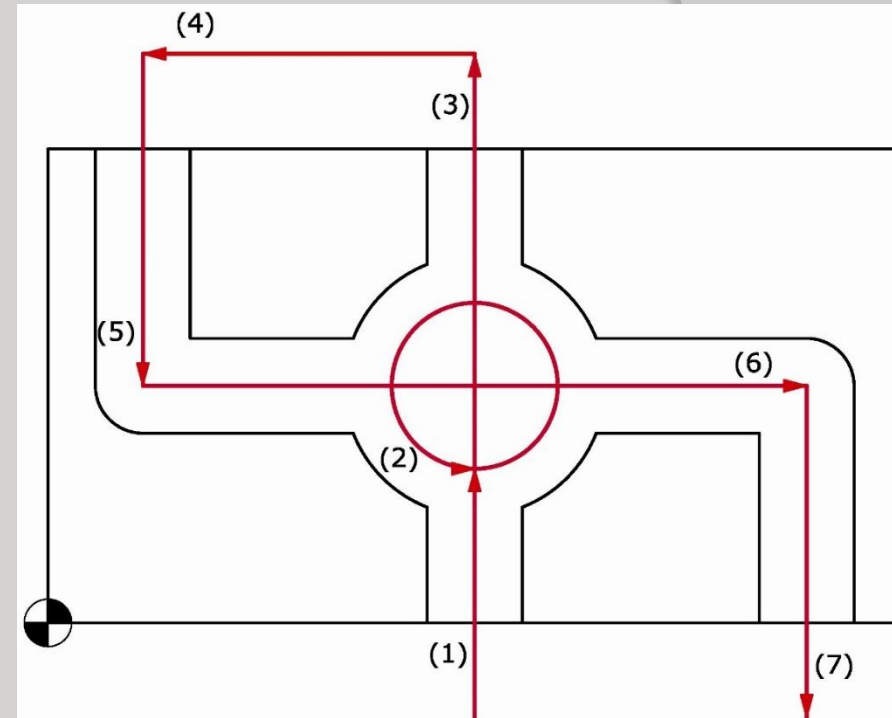
N90 G03 R17.5

N100 G01 Y120

N110 G00 X20

N120 G01 Y50

N130 X160



N140 Y-20

N150 G00 Z10

N160 G28

N170 G40 G49 G80

N180 M02 M05 M30 M09

Εντολές Κίνησης (10)

G04 Παραμονή του εργαλείου στο τρέχον σημείο για συγκεκριμένο χρόνο που καθορίζεται στο ίδιο μπλοκ.

Σύνταξη N... G04 P...

Παραδείγμα

N100 G04 P5 (παραμονή στο σημείο για 5 sec)

Σημείωση:

Η G04 χρησιμοποιείται όταν π.χ. το εργαλείο πρέπει να παραμείνει στην ίδια θέση για να παράξει καλύτερη επιφάνεια ή για να ψυχθεί το τεμάχιο επαρκώς ή για να πραγματοποιηθούν ταυτόχρονα άλλες δευτερεύουσες εργασίες ή για να απομακρυνθεί το απόβλιττο κ.ά.

Εντολές Κίνησης (11)

G28 Επιστροφή του εργαλείου στη Θέση Αλλαγής Εργαλείων. Πραγματοποιείται με τη μέγιστη πρόωση (όπως και η G00) και αποτελείται από μία ή δυο κινήσεις (όταν την εντολή την ακολουθούν συντεταγμένες).

Σύνταξη N... G28

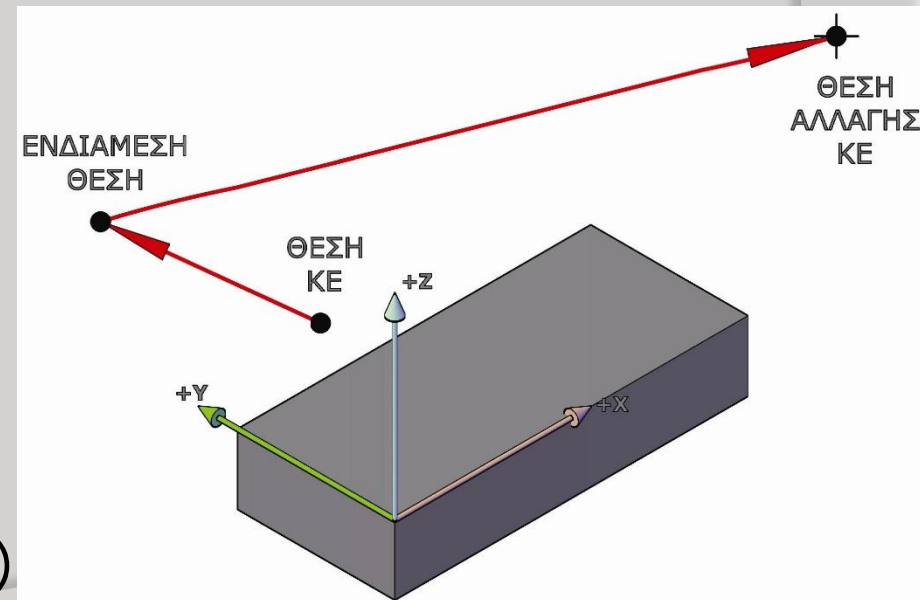
ή N... G28 X... Y... Z... (X... Y... Z...: ενδιάμεσο σημείο)

Παραδείγματα

N100 G28 (απευθείας επιστροφή στη Θέση Αλλαγής ΚΕ)

N100 G28 X-50 Y-50 Z200

(επιστροφή στη Θέση Αλλαγής ΚΕ μέσω ενδιάμεσου σημείου: η πρώτη κίνηση στο σημείο (-50,-50,200) και η δεύτερη στη Θέση Αλλαγής ΚΕ)



Εντολές Κίνησης (12)

Σημειώσεις για την G28:

1. Χρησιμοποιείται για απομάκρυνση του ΚΕ από την περιοχή κατεργασίας για αλλαγή ΚΕ με ασφάλεια.
2. Η Θέση Αλλαγής ΚΕ καθορίζεται από τον κατασκευαστή της EM CNC.
3. Δεν είναι modal εντολή
4. Προγραμματίζεται ένα μπλοκ πριν την εντολή αλλαγής κοπτικού εργαλείου
5. Η χρήση της εντολής είναι προαιρετική. Συνίσταται για λόγους ασφαλείας.

Εντολές Κίνησης (13)

G29 Επιστροφή του εργαλείου στη θέση που βρισκόταν το ΚΕ πριν τη χρήση της αμέσως προηγούμενης G28. Πραγματοποιείται με μέγιστη πρόωση (όπως και η G00) και αποτελείται από μία ή δύο κινήσεις (όταν την εντολή την ακολουθούν συντεταγμένες).

Σύνταξη

N... G29

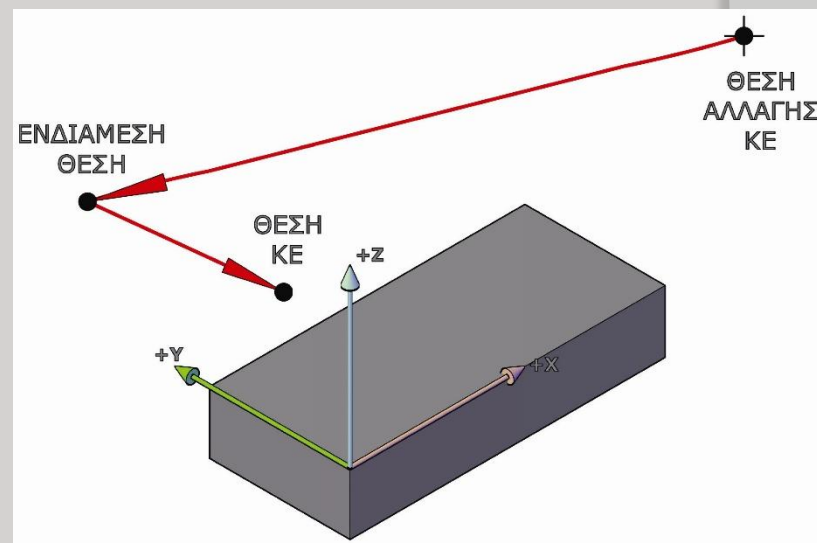
ή N... G29 X... Y... Z... (X... Y... Z...: ενδιάμεσο σημείο)

Παραδείγματα

N100 G29 (απευθείας επιστροφή)

N100 G29 X-50 Y-50 Z200

(επιστροφή στη Θέση Αλλαγής ΚΕ μέσω ενδιάμεσου σημείου: η πρώτη κίνηση στο σημείο (-50,-50,200) και η δεύτερη στη Θέση Αλλαγής ΚΕ)



Χρήση Συστημάτων Συντεταγμένων

G54-G59 Συστήματα Συντεταγμένων Εργασίας

Κατά το σετάρισμα του TE πάνω στην EM CNC, αποθηκεύονται τα συστήματα συντεταγμένων εργασίας σε κάποιο από τα G54 ως G59.

Σύνταξη N... G54

Η εντολή για τον ορισμό του χρησιμοποιούμενου συστήματος συντεταγμένων τοποθετείται στην αρχή του προγράμματος στο μπλοκ ασφαλείας.

Π.χ. N10 G21 G90

N20 G17 G54 G40 G49 G80

...

Μεταφορά Συστήματος Συντεταγμένων

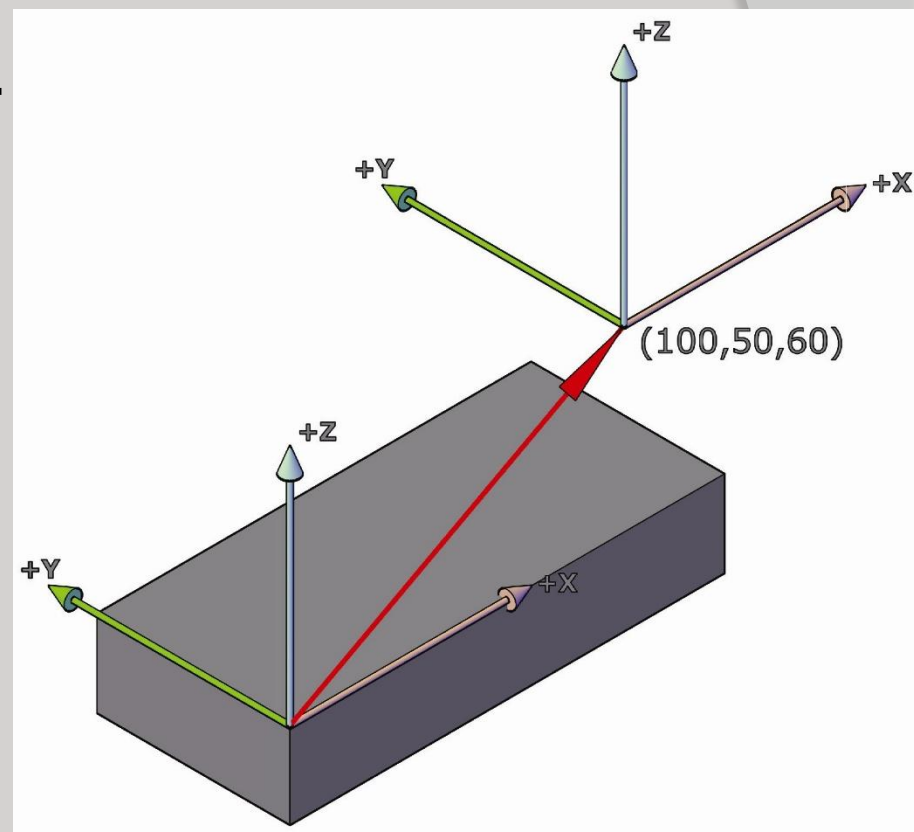
G92 Παράλληλη μεταφορά του συστήματος συντεταγμένων σε μία νέα θέση.

Σύνταξη N... G92 X... Y... Z...

Παράδειγμα

N100 G29 X100 Y50 Z60

Για να επιστρέψει το σύστημα συντεταγμένων στο αρχικό πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποια από τις εντολές G54-G59



Πίνακας εντολών G (1)

- G00** Ταχεία ευθύγραμμη κίνηση
- G01** Ευθύγραμμη κοπτική κίνηση
- G02** Δεξιόστροφη Κυκλική κίνηση
- G03** Αριστερόστροφη Κυκλική κίνηση
- G04** Παραμονή στο σημείο
- G17** Επίπεδο Κατεργασίας X-Y
- G18** Επίπεδο Κατεργασίας Z-X
- G19** Επίπεδο Κατεργασίας Y-Z
- G20** Αγγλοσαξωνικό Σύστημα
- G21** Μετρικό Σύστημα
- G28** Επιστροφή ΚΕ στη θέση αλλαγής
- G29** Επιστροφή ΚΕ από τη θέση αλλαγής

Πίνακας εντολών G (2)

G40 Αντιστάθμιση διαμέτρου εργαλείου – ακύρωση

G41 Αντιστάθμιση διαμέτρου εργαλείου – αριστερά

G42 Αντιστάθμιση διαμέτρου εργαλείου – δεξιά

G43 Αντιστάθμιση μήκους εργαλείου – πάνω

G44 Αντιστάθμιση μήκους εργαλείου – κάτω

G49 Αντιστάθμιση μήκους εργαλείου – ακύρωση

G80 Ακύρωση κύκλων κατεργασίας

G81-G89 Κύκλοι κατεργασίας

G90 Απόλυτες συν/νες

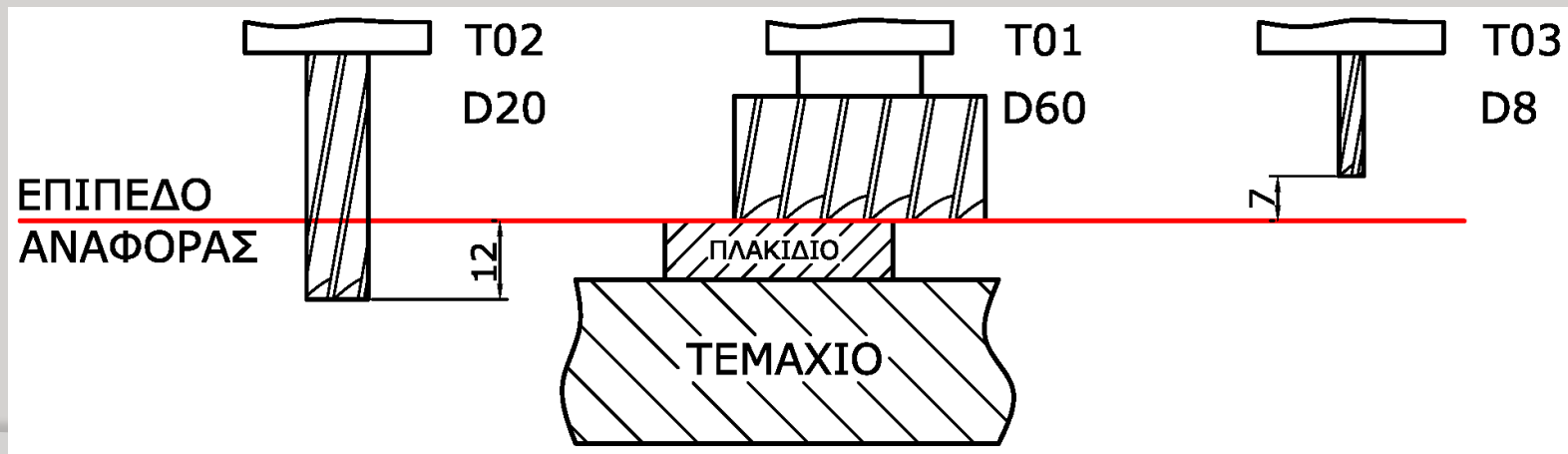
G91 Σχετικές συν/νες

Πίνακας εντολών M

- M00** Διακοπή προγράμματος
- M01** Προαιρετικό σταμάτημα προγράμματος
- M02** Τέλος προγράμματος
- M03** Δεξιόστροφη περιστροφή ατράκτου
- M04** Αριστερόστροφη περιστροφή ατράκτου
- M05** Σταμάτημα περιστροφής ατράκτου
- M06** Αλλαγή εργαλείου
- M08** Έναρξη ροής κοπτικού υγρού
- M09** Διακοπή ροής κοπτικού υγρού
- M13** Δεξιόστροφη περιστροφή ατράκτου με ταυτόχρονη έναρξη ροής κοπτικού υγρού
- M14** Αριστερόστροφη περιστροφή ατράκτου με ταυτόχρονη έναρξη ροής κοπτικού υγρού
- M30** Τέλος προγράμματος, επιστροφή στην αρχή
- M98** Άλμα σε υποπρόγραμμα
- M99** Επιστροφή στο κύριο πρόγραμμα

Σετάρισμα Κοπτικών Εργαλείων (1)

- Τα ΚΕ έχουν διαφορετικές διαστάσεις (μήκος και διάμετρο).
- Αρχικά θεωρείται **ένα εργαλείο αναφοράς** (με γνωστές διαστάσεις) ή αισθητήρας, π.χ. το **T01**.
- **Για κάθε νέο ΚΕ** (π.χ. τα **T02** και **T03**) που τοποθετείται στον μύλο πρέπει να υπολογιστεί **η διαφορά μήκους του** σε σχέση με ένα εργαλείο αναφοράς και να καταχωρηθεί στον Πίνακα ΚΕ στον controller της EM CNC.



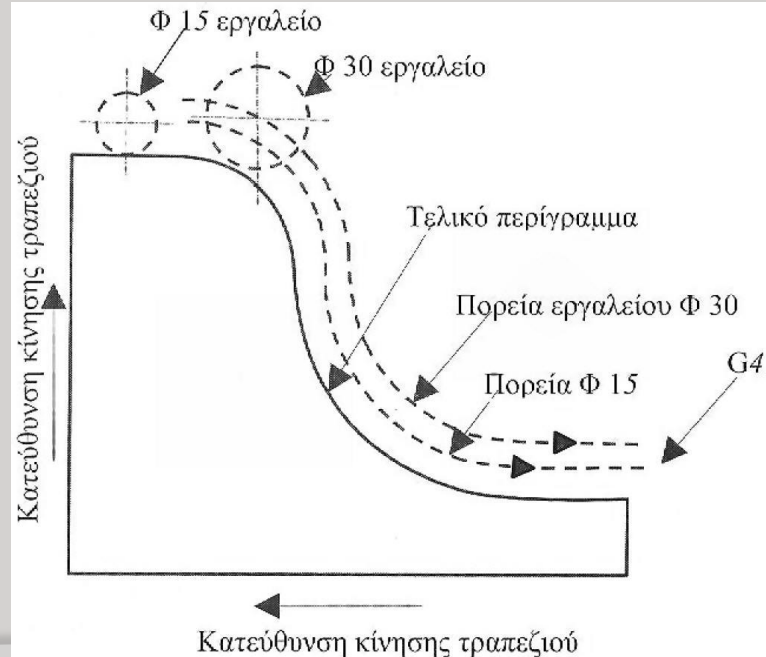
Σετάρισμα Κοπτικών Εργαλείων (2)

- Κινούμε το εργαλείο αναφοράς κατά τον άξονα Z και το ακουμπάμε σε γνωστό σημείο του CNC (χρήση πρότυπων πλακιδίων). Σε αυτό το σημείο μηδενίζουμε τον άξονα Z.
- Στη συνέχεια φέρνουμε διαδοχικά το κάθε ΚΕ στο ίδιο σημείο **καταχωρώντας τη διαφορά τιμής (*tool offsets*)** στον Πίνακα ΚΕ.
- Άρα, η ΕΜ CNC γνωρίζει τη διαφορά μήκους μεταξύ των ΚΕ, την οποία λαμβάνει κατά τη αλλαγή εργαλείου.

ΕΡΓΑΛΕΙΟ	ΜΗΚΟΣ	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ
T	L	D
T01	0,000	60
T02	12,000	20
T03	-7,000	8

Σετάρισμα Κοπτικών Εργαλείων (3)

- Μεταβολή της διαμέτρου ΚΕ λόγω
 - Αλλαγής εργαλείου, π.χ. από το T01 στο T02.
 - Φθοράς του εργαλείου
 - Ακτίνα στρογγύλλευσης ή καμπυλότητας στο άκρο του

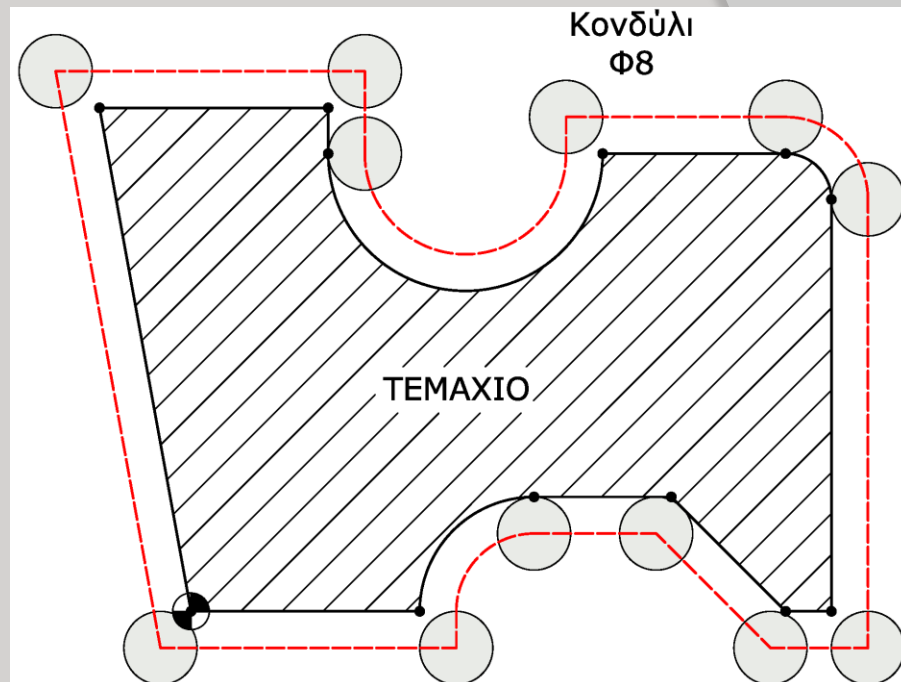


Σετάρισμα Κοπτικών Εργαλείων (4)

- Το σετάρισμα πρέπει να πραγματοποιείται ακριβώς τη στιγμή του τοποθετείται ένα ΚΕ πάνω στην ΕΜ CNC.
- Αν οι διαστάσεις των χρησιμοποιούμενων ΚΕ δεν έχουν τοποθετηθεί πάνω στον Πίνακα ΚΕ της ΕΜ (Tool Offsets), αυτές θα πρέπει να δηλωθούν **στην έναρξη του προγράμματος** στο οποίο καλούνται τα ΚΕ.
- Εντολή **G99**
- Σύνταξη **N... G99 T... L... R...**
 - T : ο αριθμός του ΚΕ στο μύλο
 - L : το μήκος του ΚΕ
 - R : η ακτίνα του ΚΕ

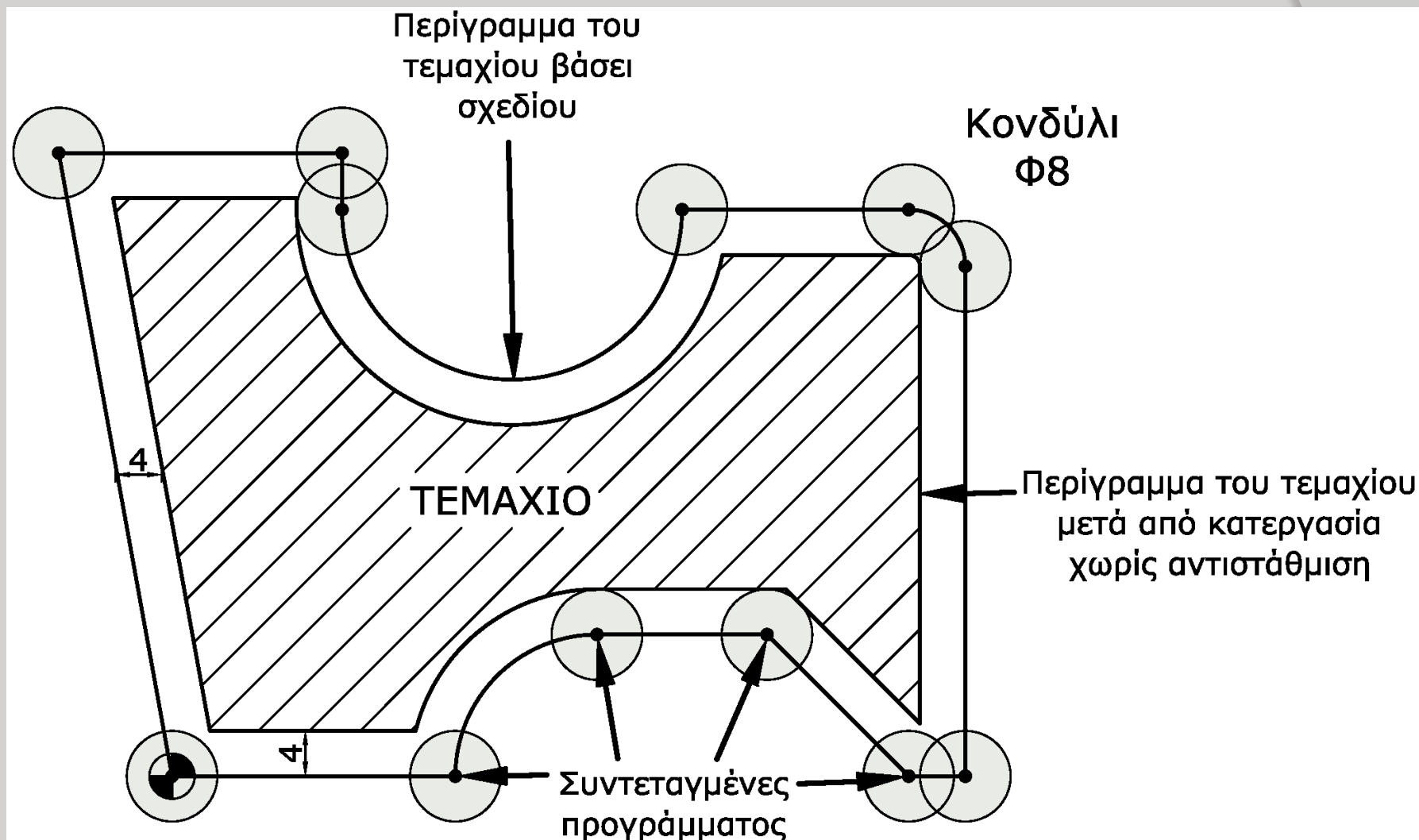
Αντιστάθμιση Διαμέτρου ΚΕ (1)

- Προγραμματισμός τροχιάς ΚΕ βάσει των διαστάσεων του ΤΕ στο σχέδιο.
- Η τροχιά του ΚΕ είναι η τροχιά του κέντρου του.
- Το ΚΕ κόβει με την ακτίνα του



- Σε περίπτωση που δεν ληφθεί υπόψη η αντιστάθμιση, **το τελικό κομμάτι που κατασκευάζεται είναι μικρότερο από όλες τις πλευρές κατά το ήμισυ της διαμέτρου του κομματιού**

Αντιστάθμιση Διαμέτρου ΚΕ (2)



Εντολές G40, G41, G42 (1)

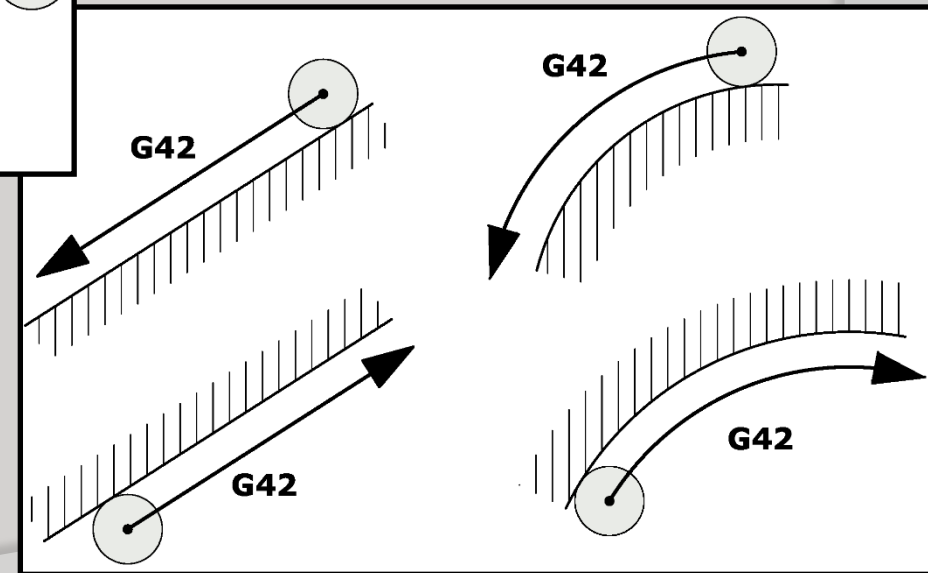
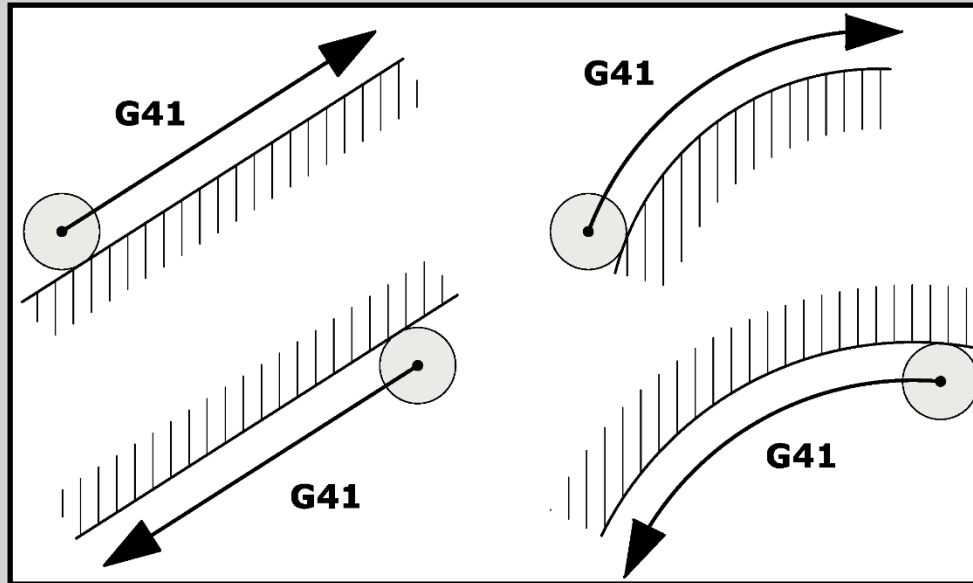
- Η τροχιά του κέντρου του ΚΕ δεν ταυτίζεται με αυτή της γεωμετρίας του κομματιού.
- **Αντιστάθμιση διαμέτρου:** Αυτόματος υπολογισμός της τροχιάς του κοπτικού με βάση την διάμετρο/ακτίνα ΤΟΥ.

<div data-bbox="233 696 465 801" style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">G41</div> <div data-bbox="465 682 1052 1100" style="text-align: center;"> <p>Το τεμάχιο δεξιά του εργαλείου, αντιστάθμιση αριστερά.</p> </div>	<div data-bbox="1070 696 1302 801" style="background-color: yellow; border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">G42</div> <div data-bbox="1302 682 1895 1122" style="text-align: center;"> <div style="background-color: #cccccc; padding: 5px; margin-bottom: 5px;">TEMAXIO</div> <p>Το τεμάχιο αριστερά του εργαλείου, αντιστάθμιση δεξιά.</p> </div>
---	--

Προηγούνται όλων των εντολών κίνησης στο ίδιο μπλοκ

Εντολές G40, G41, G42 (2)

Παραδείγματα σχετικής κίνησης ΚΕ - ΤΕ



Εντολές G40, G41, G42 (3)

Σύνταξη εντολών G41 και G42

N... G01 G41 X... Y... D...

X και **Y** οι συντεταγμένες του TE πάνω στο οποίο θα κόψει το KE (ανήκουν στο TE)

D είναι η θέση μνήμης στη MCU, όπου είναι αποθηκευμένη η διάμετρος του KE

Εντολή G40

Ακυρώνει τις G41 και G42.

Σύνταξη: **N... G40**

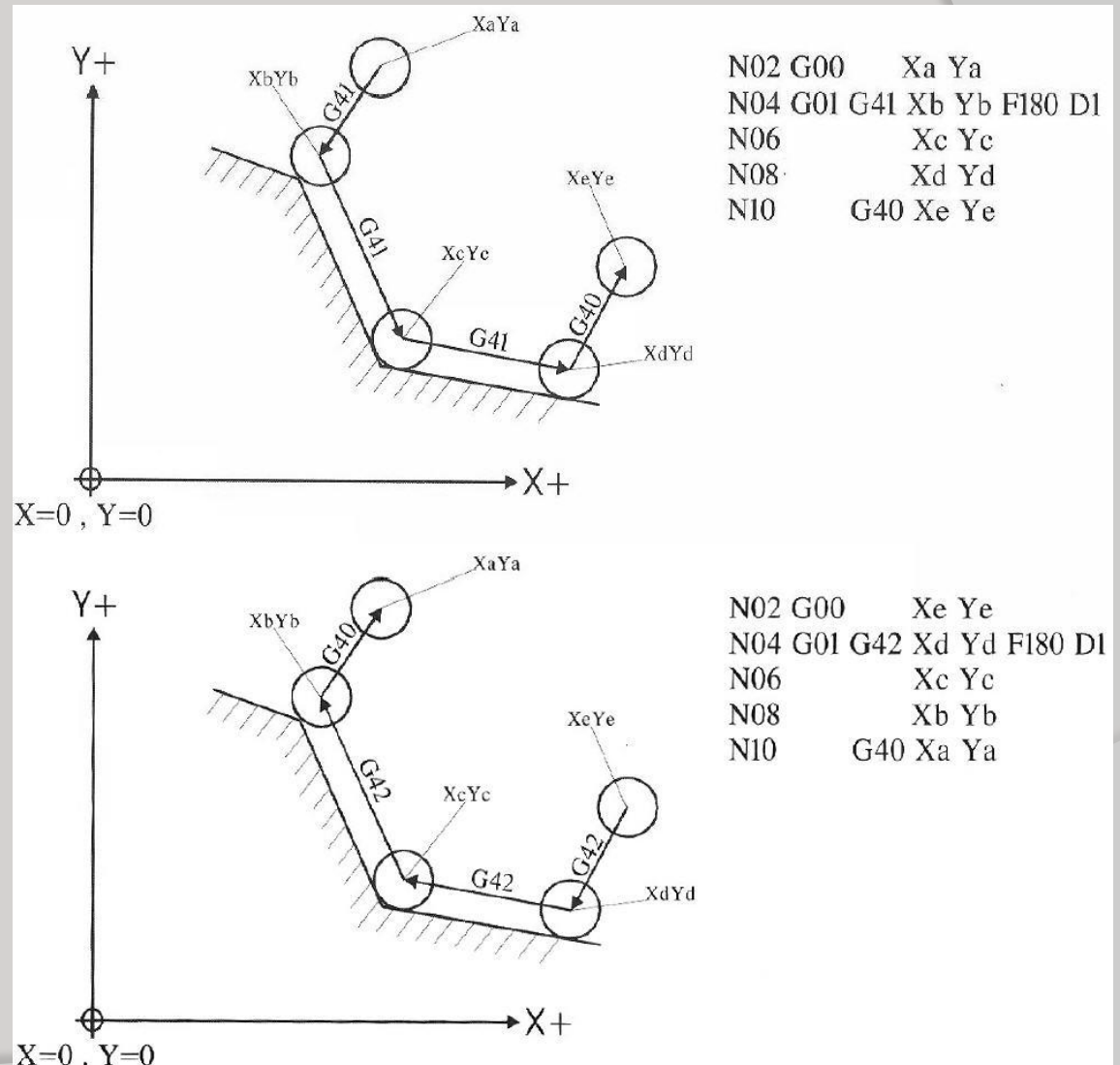
Εντολές G40, G41, G42 (4)

ΠΡΟΣΟΧΗ:

1. Οι εντολές G40, G41 και G42 είναι ομάδα **modal** εντολών και πραγματοποιούνται με τη **μέγιστη πρόωση** της EM CNC.
2. Αφού οι εντολές αντιστάθμισης προηγούνται των κινήσεων του ίδιου μπλοκ, πρέπει κατά τον προγραμματισμών να τις χρησιμοποιούμε όταν δεν υπάρχει επαφή του ΚΕ με το ΤΕ, για αποφυγή σύγκρουσης.

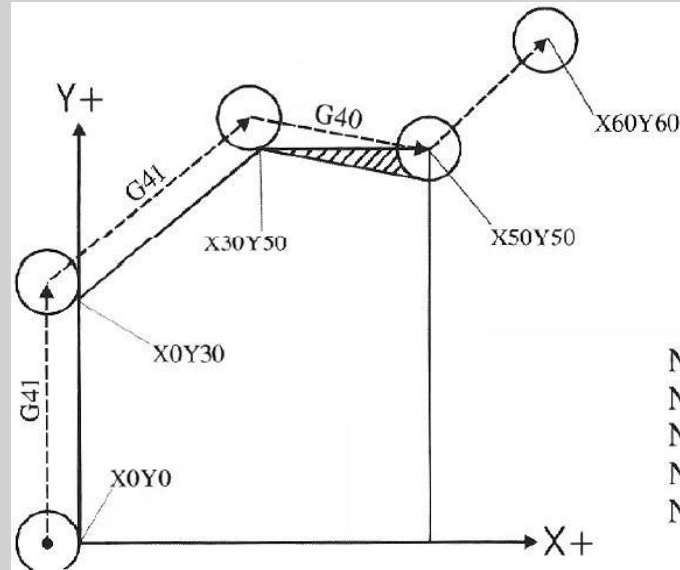
Εντολές G40, G41, G42 (5)

ΣΩΣΤΗ ΧΡΗΣΗ

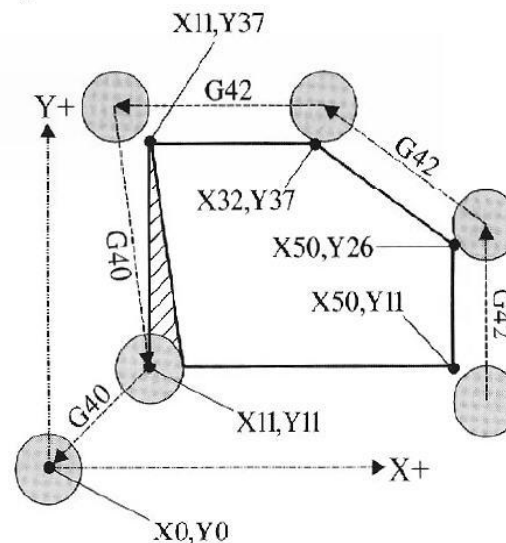


Εντολές G40, G41, G42 (6)

ΛΑΘΟΣ ΧΡΗΣΗ



```
N02 G01 G41 X0 Y0 F220 D2
N04 X0 Y30
N06 X30 Y50
N08 G40 X50 Y50
N10 X60 Y60
```

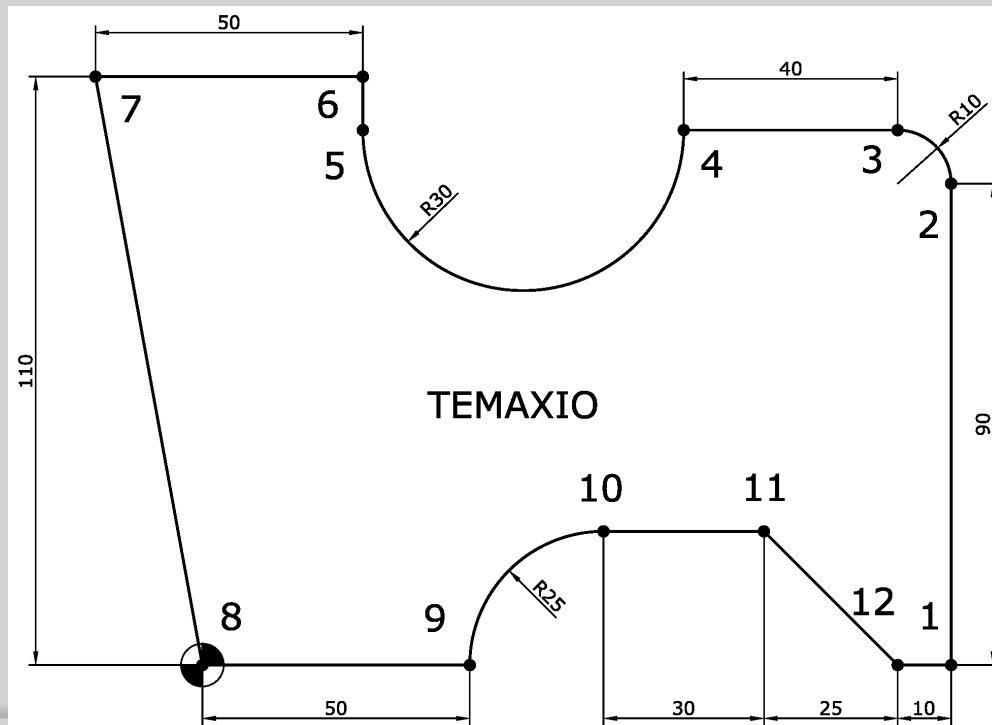


```
N02 G01 G42 X50 Y11 F220 D2
N04 X50 Y26
N06 X32 Y37
N08 X11 Y37
N10 G40 X11 Y11
N12 X0 Y0
```

Εντολές G40, G41, G42 (7)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ Προγράμματος με Αντιστάθμιση

Να γραφεί το πρόγραμμα σε Κώδικα G, το οποίο πραγματοποιεί περιφερειακό φρεζάρισμα του TE σε βάθος Z-5 με χρήση των εντολών αντιστάθμισης.



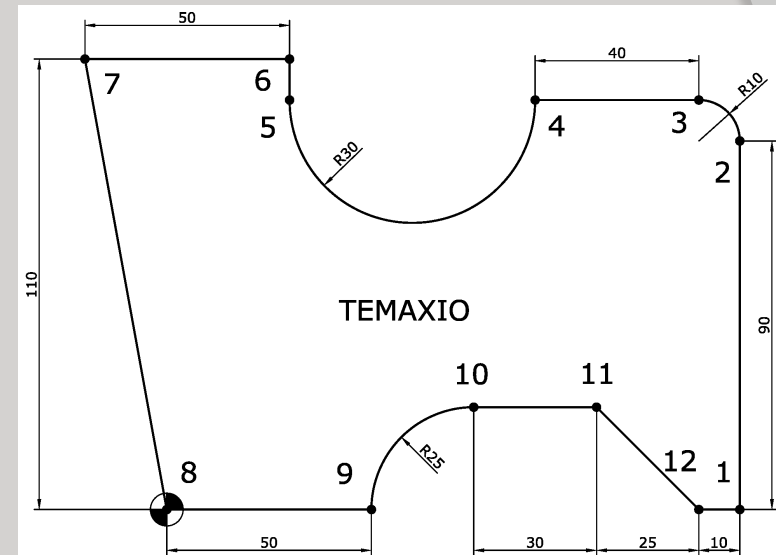
Σημείο	X	Y
1	140	0
2	140	90
3	130	100
4	90	100
5	30	100
6	30	110
7	-20	110
8	0	0
9	50	0
10	75	25
11	105	25
12	130	0

Εντολές G40, G41, G42 (8)

Πρόγραμμα (Απόλυτες Συντ., ΚΕ κινείται 1-2-3-...-12-1)

```

P1303
N10 G21 G90
N20 G40 G49 G80 G17 G54
N30 G28
N40 M06 T01
N50 M03 S1500
N60 G00 X160 Y-20
N70 Z-5
N80 G42 G01 X140 Y0 F300 M08
N90 Y90
N100 G03 X130 Y100 R10
N110 G01 X90
N120 G02 X30 I-30 J0
N130 G01 Y110
N140 X-20
N150 X0 Y0
N160 X50
    
```



```

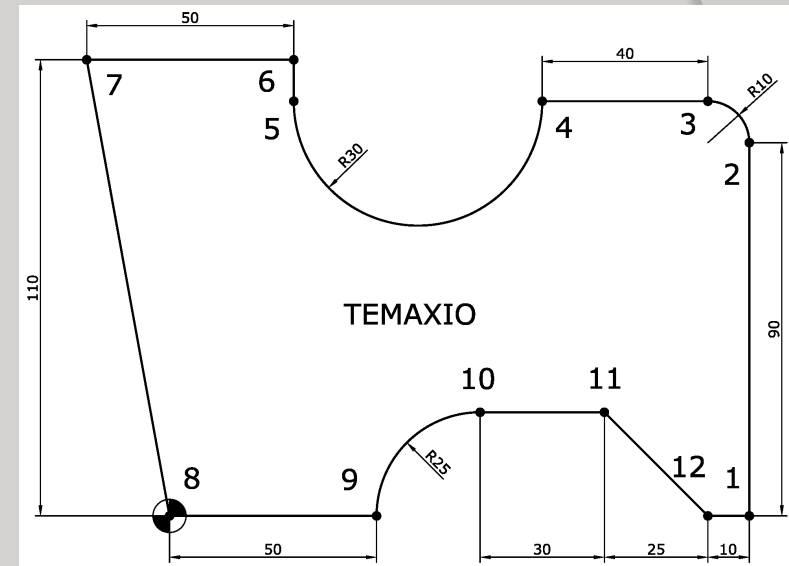
N170 G02 X75 Y25 R25
N180 G01 X105
N200 X130 Y0
N210 X150
N220 G00 Z10
N230 G28 G40 G49 G80
N240 M02 M05 M30 M09
    
```

Εντολές G40, G41, G42 (9)

Πρόγραμμα (Σχετικές ΣΥΝΤ., ΚΕ κινείται 8-7-6-...-9-8)

```

P1304
N10 G21 G90
N20 G40 G49 G80 G17 G54
N30 G28
N40 M06 T01
N50 M03 S1500
N60 G00 X-20 Y-20
N70 Z-5
N80 G41 G01 X0 Y0 F300 M08
N90 G91 x-20 Y110
N100 G01 X50
N110 Y-10
N120 G03 X60 R30
N130 G01 X40
N140 G02 X10 Y-10 I0 J-10
N150 Y-90
N160 X-10
    
```

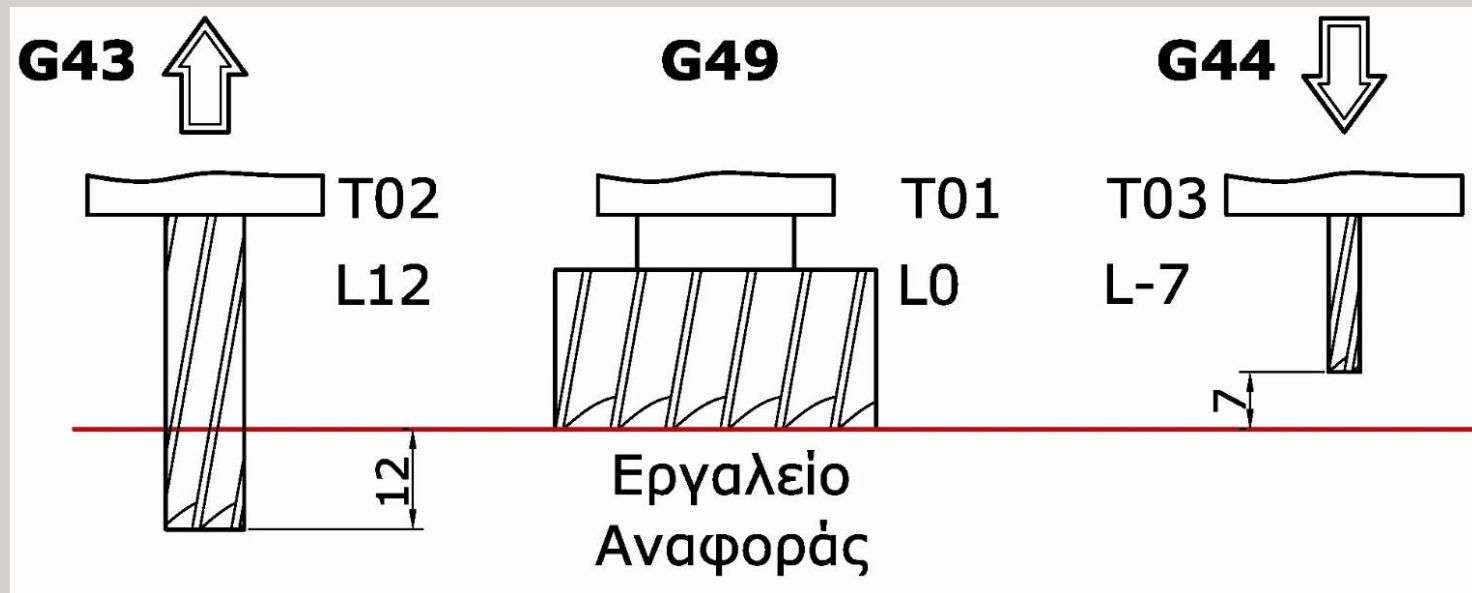


```

N170 X-25 Y25
N180 X-30
N200 G03 X-25 Y-25 R25
N210 X-70
N220 G00 Z10
N230 G28 G40 G49 G80 G90
N240 M02 M05 M30 M09
    
```

Εντολές G49, G43, G44 (1)

- Το μήκος του κάθε ΚΕ είναι διαφορετικό.
- **Αντιστάθμιση μήκους:** Αυτόματος υπολογισμός της τροχιάς του κοπτικού με βάση το μήκος του.



- Οι εντολές **G43**, **G44** και **G49** είναι υποομάδα modal εντολών. **Προηγούνται των κινήσεων** στο ίδιο μπλοκ.
- Η εντολή G49 ακυρώνει τη χρήση των G43 και G44.

Εντολές G49, G43, G44 (2)

Σύνταξη εντολών G43 & G44

N... G43 Z... H...

N... G44 Z... H...

G43: Αντιστάθμιση ύψους προς την **θετική** κατεύθυνση

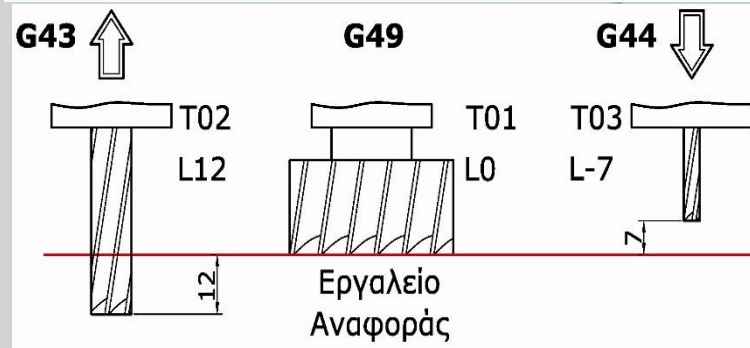
G44: Αντιστάθμιση ύψους προς την **αρνητική** κατεύθυνση

H: Θέση μνήμης της MCU της EM CNC, που φέρει την τιμή αντιστάθμισης μήκους (διαφορά από το εργαλείο αναφοράς)

Σημείωση:

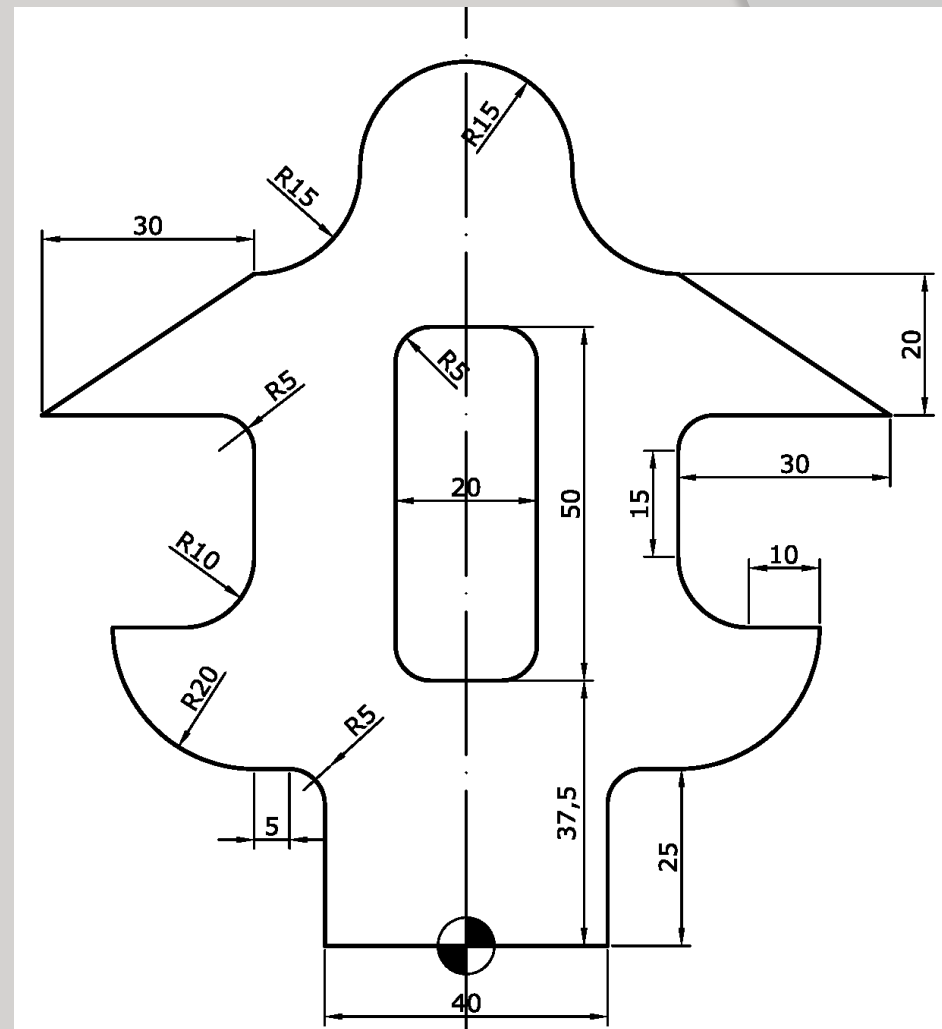
Στις σύγχρονες EM CNC, η αντιστάθμιση μήκους ενός ΚΕ λαμβάνεται αυτόματα με τον κύκλο αλλαγής εργαλείου (M06). Οι G43 και G44 χρησιμοποιούνται μόνο αν έχει αλλάξει το μήκους του ΚΕ με κάποιο μέσο (στέλεχος, extension κτλ.)

ΕΡΓΑΛΕΙΟ T	ΜΗΚΟΣ L	Θέση Μνήμης H
T01	0,000	01
T02	12,000	02
T03	-7,000	03



Παράδειγμα (1)

Να γραφεί το πρόγραμμα για **περιφερειακό φρεζάρισμα** του TE και **διάνοιξη ποκέτας** με κονδύλι επιπέδου άκρου Φ10 σε βάθος Z-5 με χρήση των εντολών αντιστάθμισης.

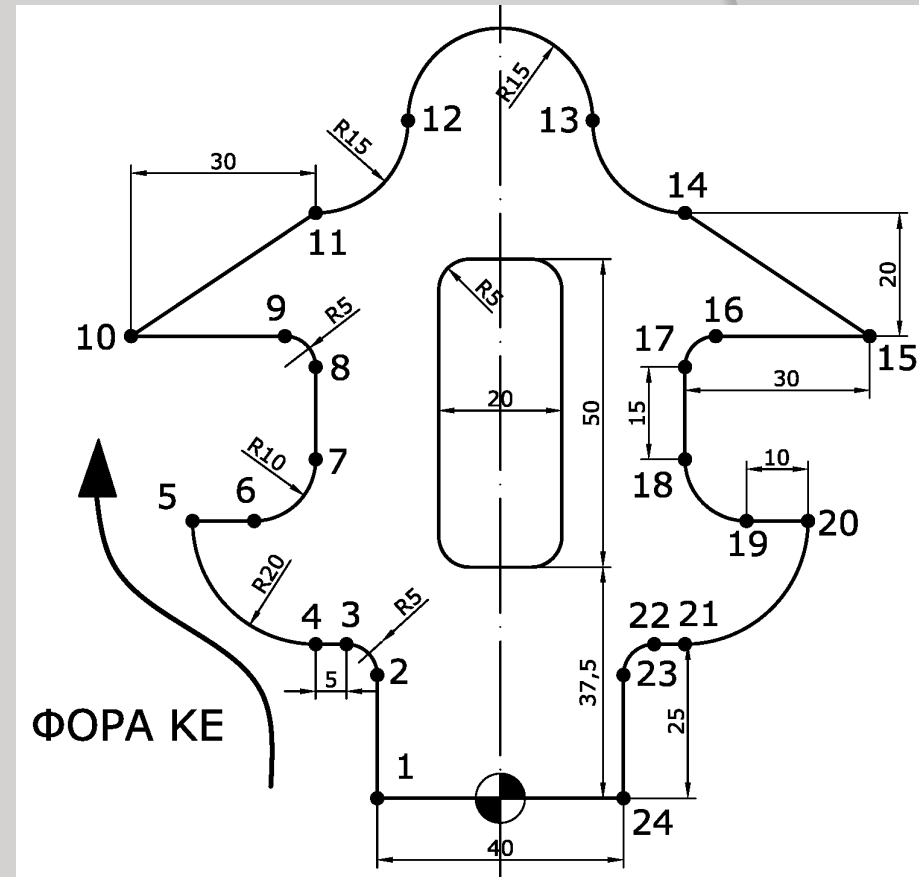


Παράδειγμα (2)

Πρόγραμμα (Απόλυτες Συντ.)

```

P2401
N10 G21 G90
N20 G40 G49 G80 G17 G54
N30 G28
N40 M06 T01
N50 M03 S1500
N60 G00 X-20 Y-30
N70 Z-5
N80 G41 G01 Y0 F300 M08 (1)
N90 Y20 (2)
N100 G03 X-25 Y25 R5 (3)
N110 G01 X-30 (4)
N120 G02 X-50 Y45 R20 (5)
N130 G01 X-40 (6)
N140 G03 X-30 Y55 R10 (7)
N150 G01 Y70 (8)
N160 G03 X-35 Y75 R5 (9)
    
```

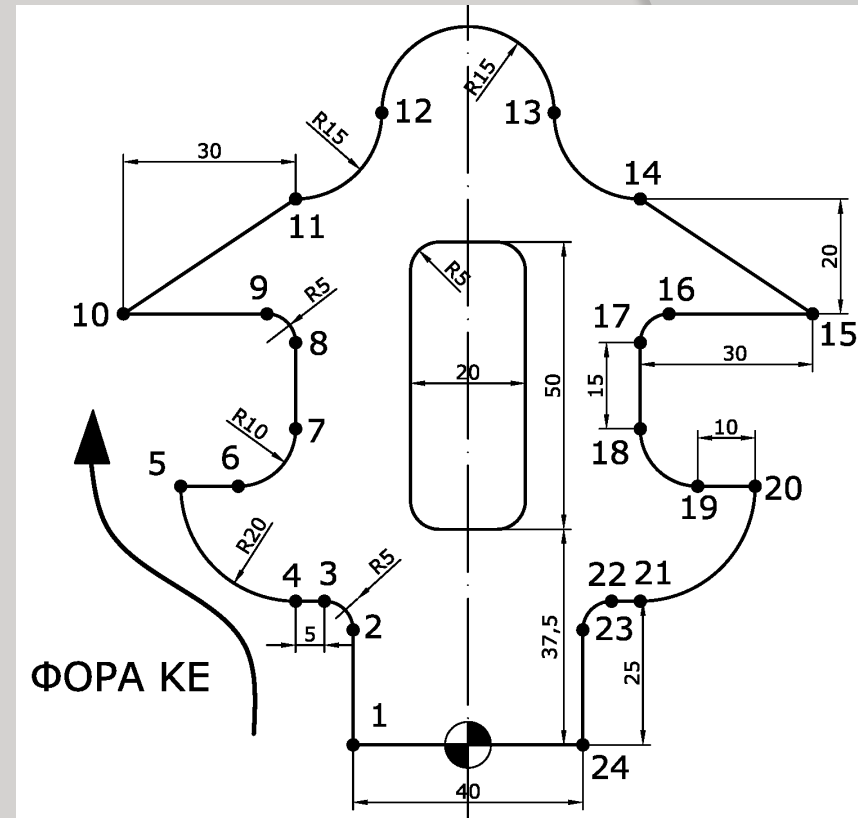


Παράδειγμα (3)

Συνέχεια (Απόλυτες ΣΥΝΤ.)

```

N170 G01 X-60 (10)
N180 X-30 Y90 (11)
N190 G03 X-15 Y105 I15 J0 (12)
N200 G02 X15 R15 (13)
N210 G03 X30 Y90 R15 (14)
N220 G01 X60 Y70 (15)
N230 X35 (16)
N240 G03 X30 Y65 R5 (17)
N250 G01 Y55 (18)
N260 G03 X40 Y45 R10 (19)
N270 G01 X50 (20)
N280 G02 X30 Y25 R20 (21)
N290 G01 X25 (22)
N300 G03 X20 Y20 R5 (23)
N310 G01 Y0 (24)
N320 X-30
    
```



```

N330 G00 Z10
N340 G28 G40 G49 G80
N350 M02 M05 M30 M09
    
```

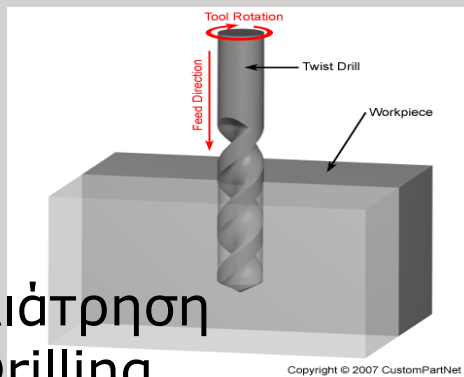
Κύκλοι Κατεργασίας (1)

Ορισμός

- **Κύκλος κατεργασίας** είναι μία αλληλουχία ενεργειών (κινήσεων) που πραγματοποιεί η EM CNC με τη χρήση μίας εντολής με ειδική σύνταξη σε ένα ή δύο μπλοκ.
- Οι κύκλοι κατεργασίας δημιουργούνται από τους κατασκευαστές των EM CNC και τοποθετούνται σε κάποιες εντολές G, συνήθως **μεταξύ των G81 και G89 στις φρέζες και μεταξύ των G72 και G79 στους τόρνους.**
- Συνηθέστεροι κύκλοι κατεργασίας είναι οι κύκλοι που αφορούν **δημιουργία οπών** και **ειδικών χαρακτηριστι-κών**, όπως ποκέτες, νησίδες κτλ.

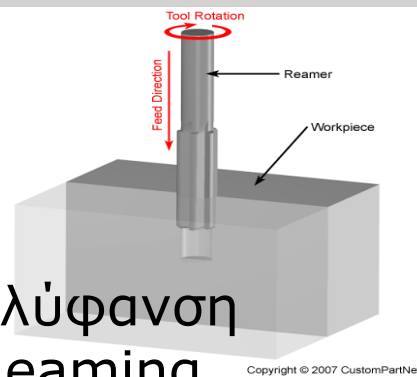
Κύκλοι Κατεργασίας (2)

Τύποι Διάνοιξης Οπών



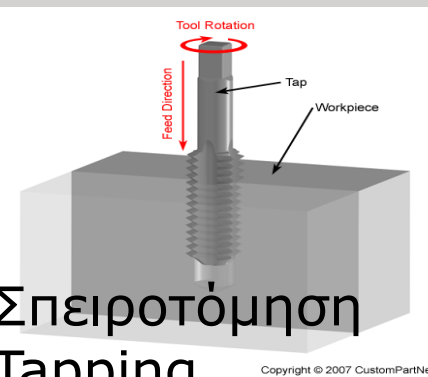
Διάνοιξη
Drilling

Copyright © 2007 CustomPartNet



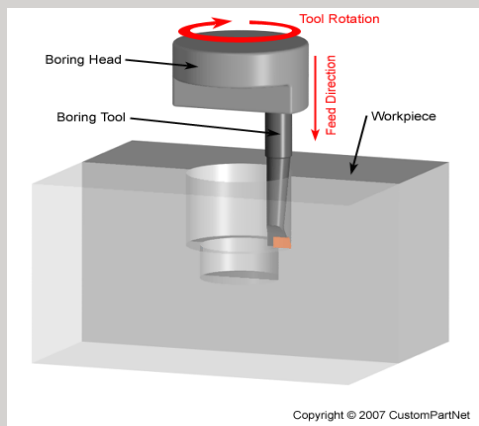
Γλύφανση
Reaming

Copyright © 2007 CustomPartNet



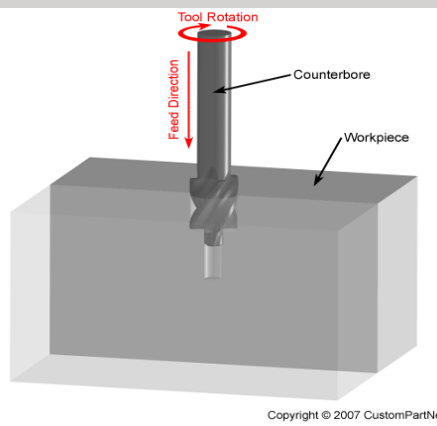
Σπειροτόμηση
Tapping

Copyright © 2007 CustomPartNet



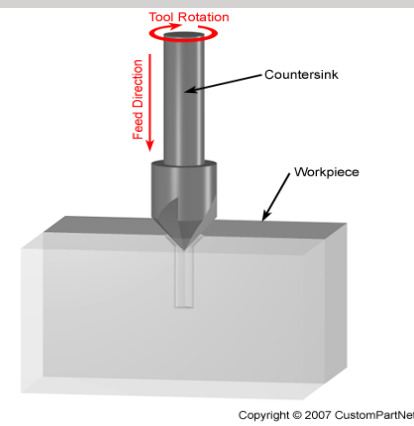
Διεύρυνση
Boring

Copyright © 2007 CustomPartNet



Διεύρυνση Άνω Μέρους
Counterboring

Copyright © 2007 CustomPartNet



Κωνική Διεύρυνση
Countersinking

Copyright © 2007 CustomPartNet

Κύκλοι Κατεργασίας (3)

Κύκλοι Διάνοιξης Οπών

Εντολές

- G80 - Ακύρωση κύκλων κατεργασίας
- G81 - Κύκλος διάτρησης
- G82 - Κύκλος διάτρησης με καθυστέρηση
- G83 - Κύκλος διάτρησης σε πολλαπλά πάσα
- G84 - Κύκλος δημιουργίας σπειρώματος
- G85 - Κύκλος διεύρυνσης οπών (γλύφανση)
- G86 - Κύκλος διεύρυνσης και σταμάτημα στροφών

Με τις παραπάνω εντολές απλοποιείται η διαδικασία διάνοιξης οπών.

Εντολή G80

- Ακύρωση κύκλων κατεργασίας, δηλ. οποιουδήποτε κύκλου μεταξύ G72-G79 και G81-G89
- Σύνταξη εντολής: N... G80
- Είναι modal.
- Ακύρωση των σημείων R και Z τα οποία χρησιμοποιούνται κατά την διάρκεια των κύκλων κατεργασίας.

Κύκλος G81 (1)

Διάτρηση σε ένα πάσο μέχρι ένα τελικό βάθος κατά Z.

Σύνταξη εντολής:

N... G98 (ή G99) G81 X... Y... Z... R... F...

X, Y: συντεταγμένες θέσης οπής

Z: τελικό βάθος οπής

R: θέση εργαλείου εκτός TE (αρχικό επίπεδο πριν και μετά την κατεργασία)

F: πρόωση

G98: Επιστροφή στο αρχικό επίπεδο

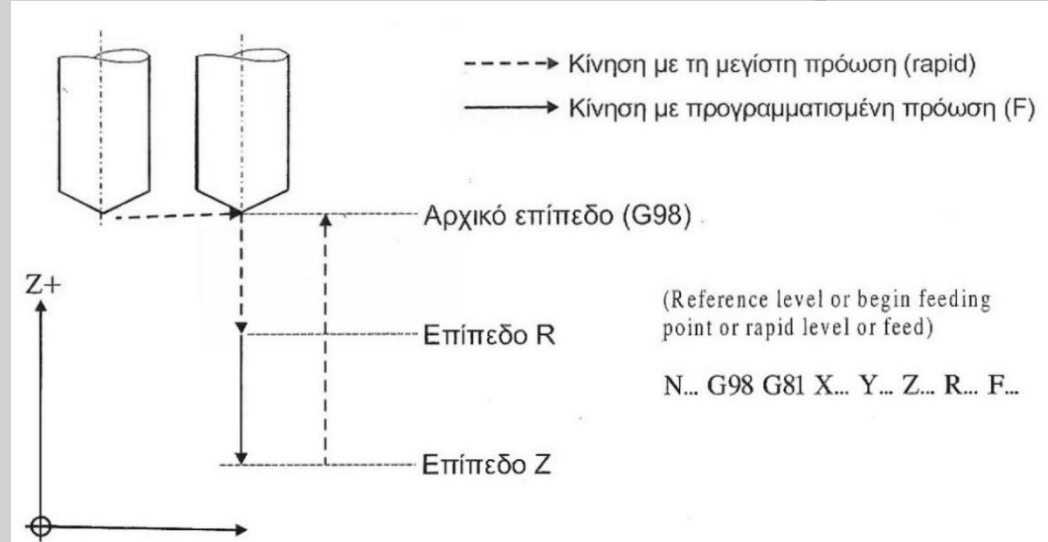
G99: Επιστροφή στο επίπεδο R

Κινήσεις:

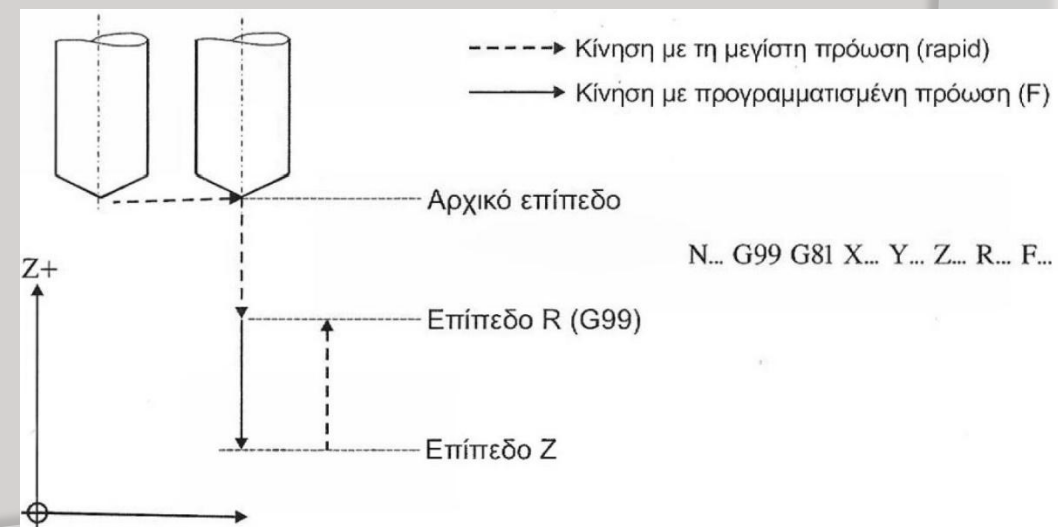
- Κίνηση με μέγιστη ταχύτητα στο σημείο (X,Y)
- Κατεργασία με αρνητική κατεύθυνση ως προς τον άξονα Z με πρόωση F
- Κίνηση με θετική κατεύθυνση ως προς τον άξονα Z με μέγιστη πρόωση

Κύκλος G81 (2)

**N... G98 G81 X... Y...
Z... R... F...**

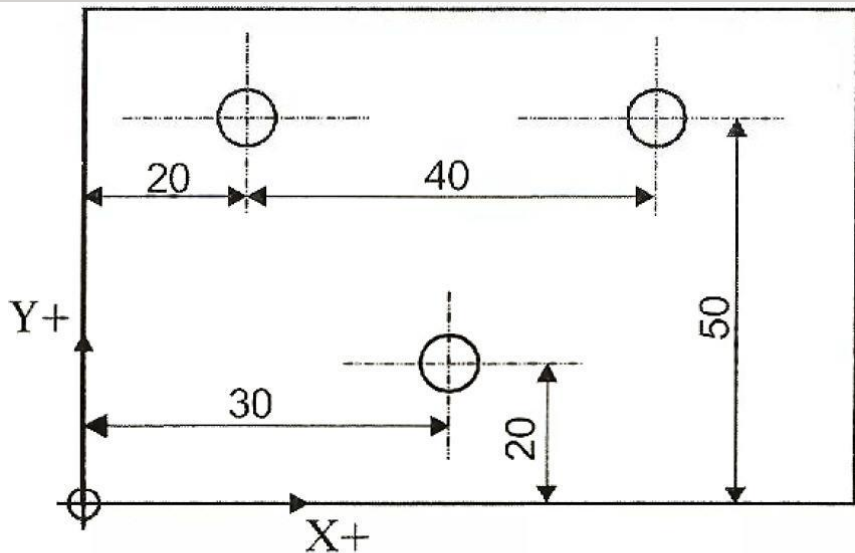


**N... G99 G81 X... Y...
Z... R... F...**



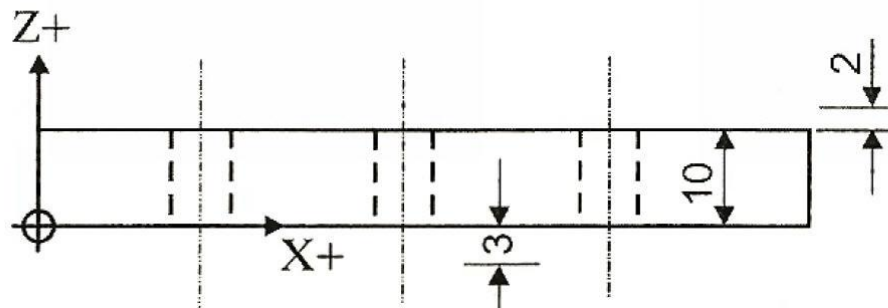
Κύκλος G81 (3)

Παράδειγμα



```

N05 M06 T04
N10 M03 S1500
N15 G90 G00 X20 Y50 Z25
N20 G99 G81 X20 Y50 Z-3 R12 F250
N25           X60
N30 G98           X30 Y20
N35 G80
    
```



Κύκλος G82 (1)

Διάτρηση σε ένα πάσο με χρονική καθυστέρηση στο τελικό βάθος κατά Z.

Σύνταξη εντολής:

N... G98 (ή G99) G82 X... Y... Z... P... R... F...

X, Y: συντεταγμένες θέσης οπής

Z: τελικό βάθος οπής

P: χρονική καθυστέρηση σε sec (ή msec)

R: θέση εργαλείου εκτός TE (αρχικό επίπεδο πριν και μετά την κατεργασία)

F: πρόωση

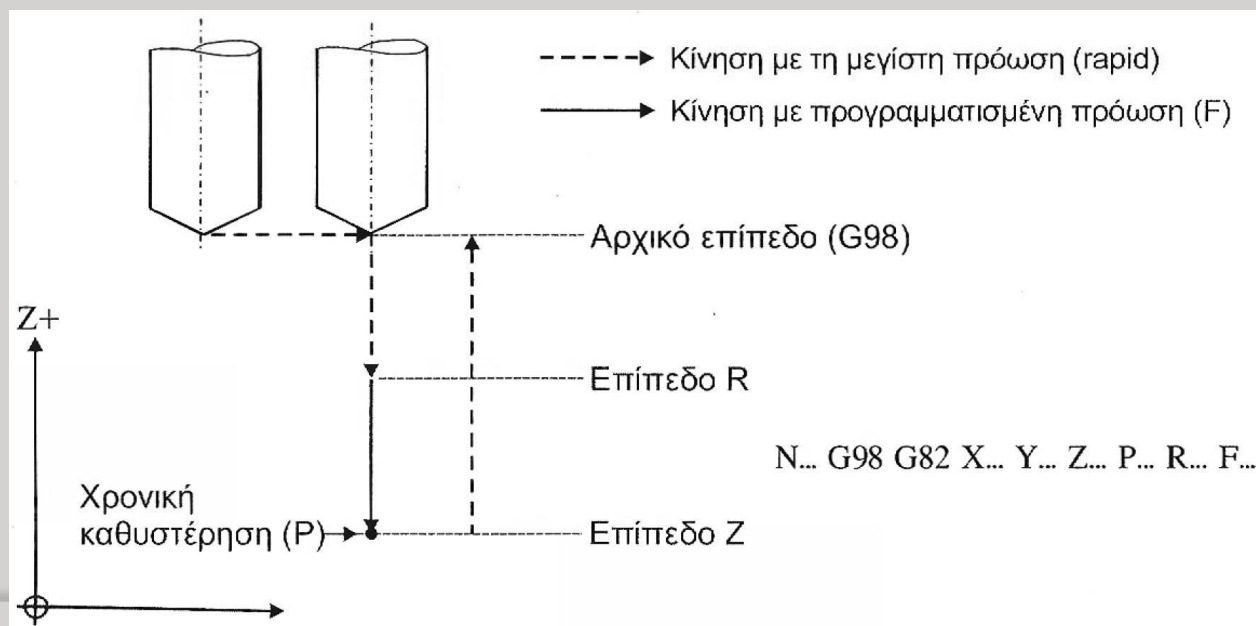
G98: Επιστροφή στο αρχικό επίπεδο

G99: Επιστροφή στο επίπεδο R

Κύκλος G82 (2)

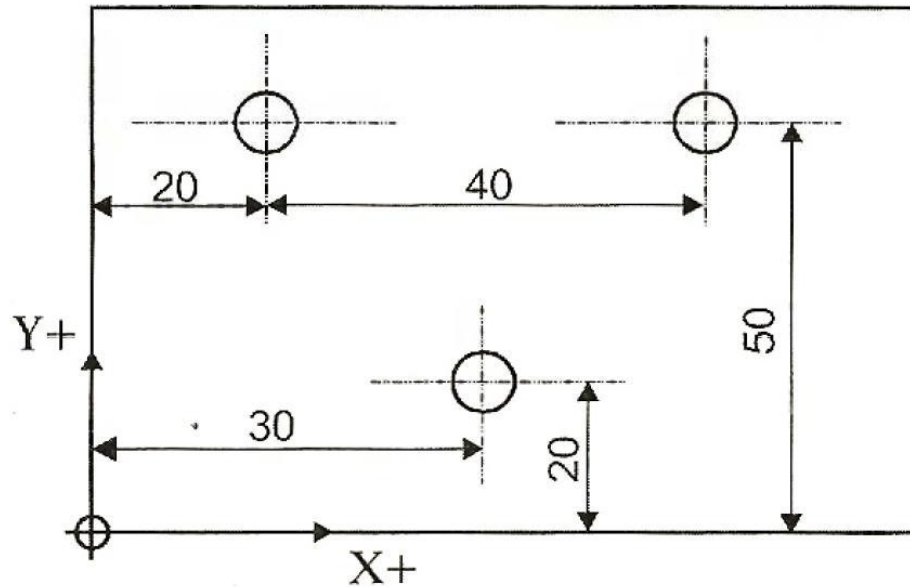
Κινήσεις:

- Κίνηση με μέγιστη ταχύτητα στο σημείο (X,Y) και στη συνέχεια στο επίπεδο R.
- Κατεργασία στα αρνητικά του Z με πρόωση F
- Χρονική καθυστέρηση (η άτρακτος περιστρέφεται)
- Κίνηση στα θετικά του Z με μέγιστη πρόωση



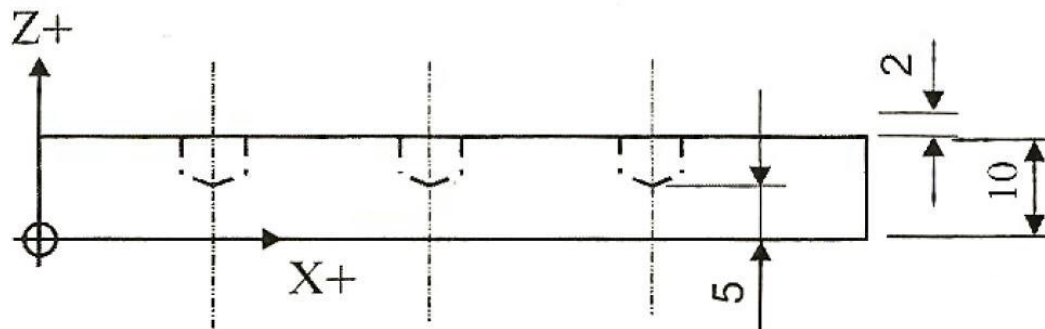
Κύκλος G82 (3)

Παράδειγμα



```

N05 M06 T04
N10 M03 S1500
N15 G90 G00 X20 Y50 Z25
N20 G99 G82 X20 Y50 Z5 P4 R12 F250
N25           X60
N30 G98           X30 Y20
N35 G80
    
```



Κύκλος G83 (1)

Διάτρηση σε πολλά πάσα μέχρι ένα τελικό βάθος κατά Z.

Σύνταξη εντολής:

N... G98 (ή G99) G83 X... Y... Z... Q... R... F...

X, Y: συντεταγμένες θέσης οπής

Z: τελικό βάθος οπής

Q: η απόσταση που διανύει το κοπτικό εργαλείο σε κάθε πάσο (πάντα θετική τιμή)

R: θέση εργαλείου εκτός TE (αρχικό επίπεδο πριν και μετά την κατεργασία)

F: πρόωση

G98: Επιστροφή στο αρχικό επίπεδο

G99: Επιστροφή στο επίπεδο R

Κύκλος G83 (2)

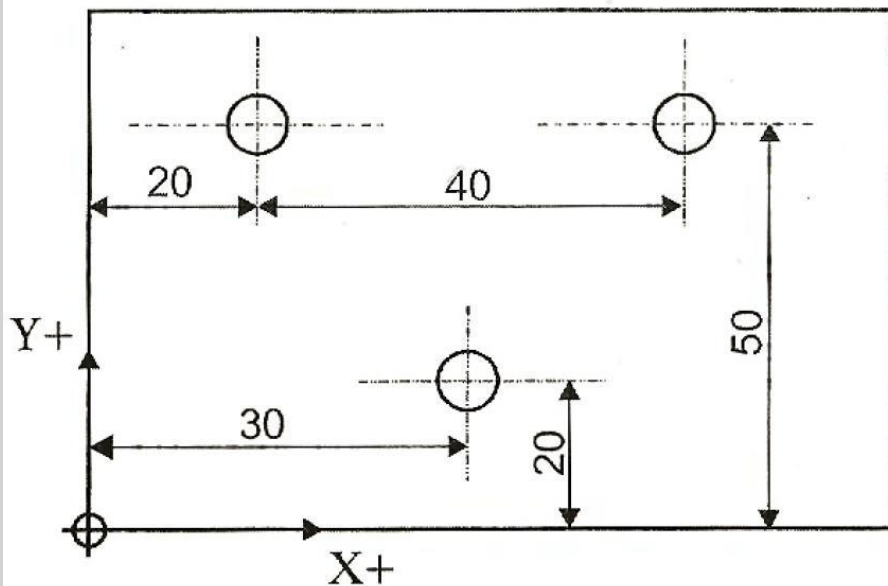
Κινήσεις:

- Κίνηση με μέγιστη ταχύτητα στο σημείο (X,Y) και στη συνέχεια στο επίπεδο R.
- Κατεργασία στα αρνητικά του Z σε βάθος το οποίο καθορίζεται από το Q με πρόωση F
- Κίνηση στα θετικά του Z έως το σημείο R με τη μέγιστη πρόωση της εργαλειομηχανής
- Επανάληψη των κινήσεων μέχρι το τελικό βάθος Z της οπής
- Κίνηση στα θετικά του Z με μέγιστη πρόωση



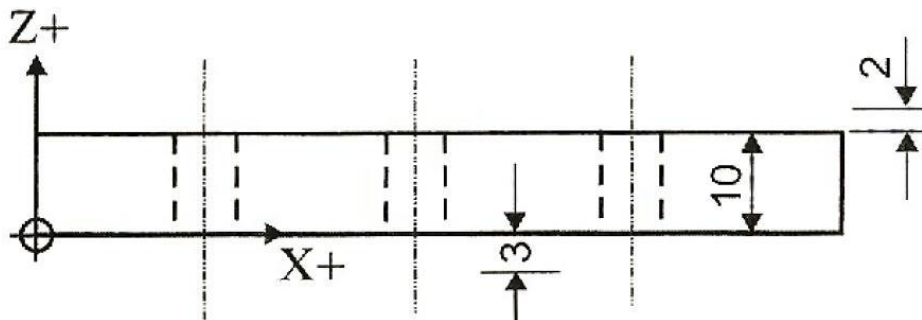
Κύκλος G83 (3)

Παράδειγμα



```

N05 M06 T03
N10 M03 S1500
N15 G90 G00 X20 Y50 Z25
N20 G99 G83 X20 Y50 Z-3 Q4 R12 F250
N25           X60
N30 G98           X30 Y20
N35 G80
    
```



Κύκλος G84 (1)

Δημιουργία Σπειρώματος σε ένα πάσο μέχρι το τελικό βάθος κατά Z.



Σύνταξη εντολής:

N... G98 (ή G99) G84 X... Y... Z... R... F...

X, Y: συντεταγμένες θέσης οπής

Z: τελικό βάθος σπειρώματος

R: θέση εργαλείου εκτός TE (αρχικό επίπεδο πριν και μετά την κατεργασία)

F: βήμα σπειρώματος

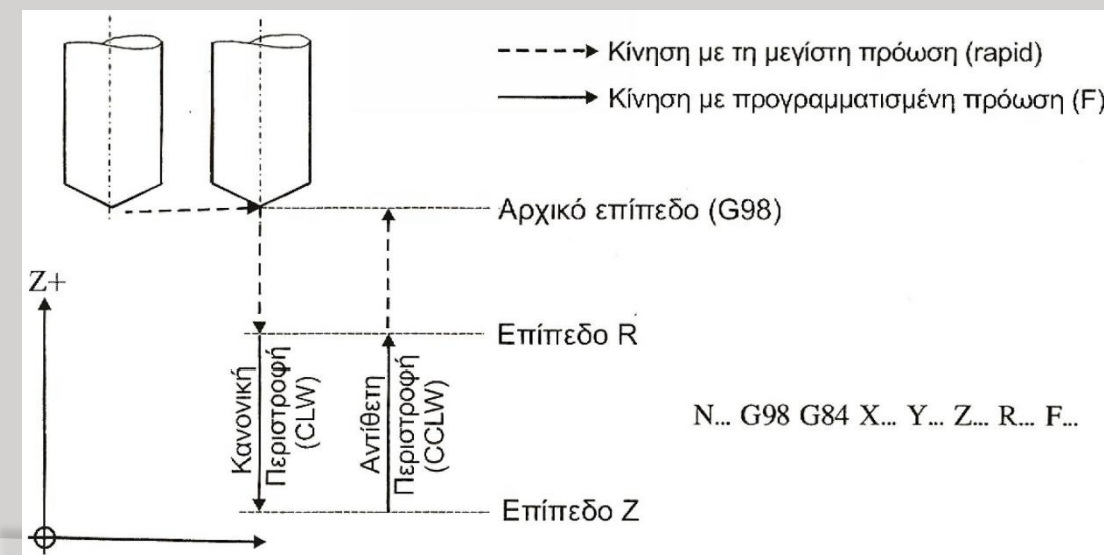
G98: Επιστροφή στο αρχικό επίπεδο

G99: Επιστροφή στο επίπεδο R

Κύκλος G84 (2)

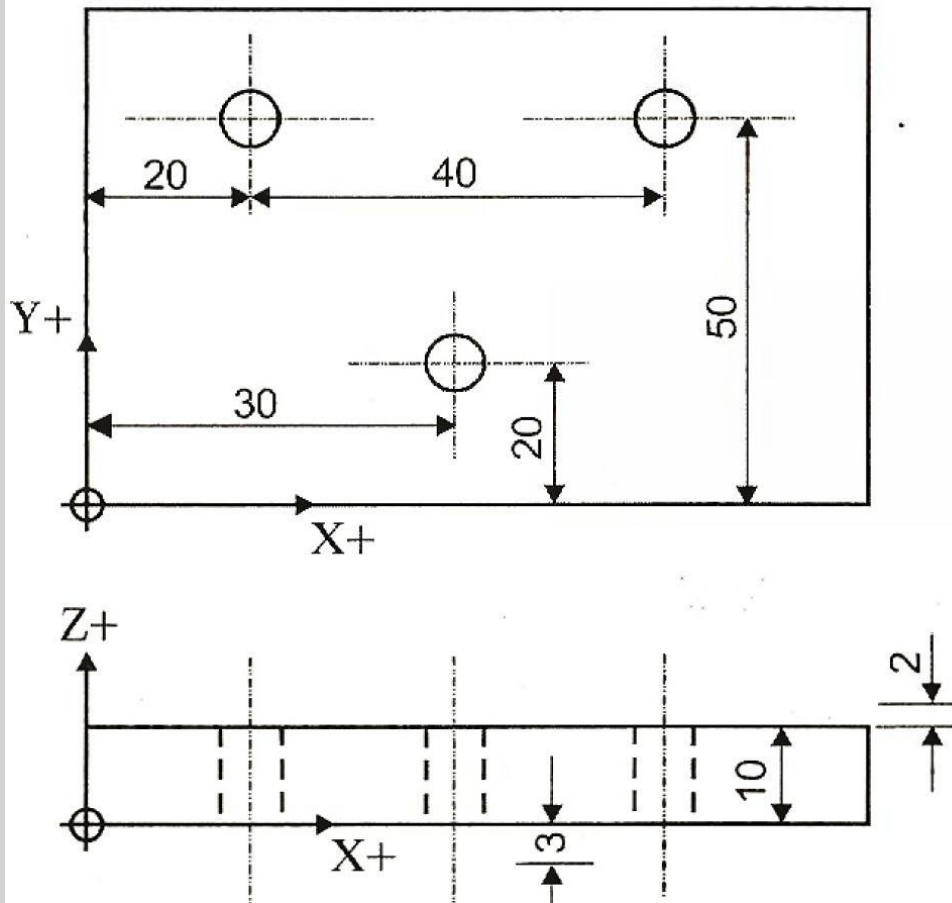
Κινήσεις:

- Με δεξιόστροφη περιστροφή ατράκτου, κίνηση με μέγιστη ταχύτητα στο σημείο (X,Y) και στη συνέχεια στο επίπεδο R.
- Κατεργασία σπειρώματος στα αρνητικά του Z με πρόωση F έως το βάθος που καθορίζεται με την τιμή Z.
- Αντιστροφή των στροφών της ατράκτου (αριστερόστροφη) και ταυτόχρονη κίνηση προς την θετική κατεύθυνση Z έως το σημείο R με την ίδια πρόωση F.
- Επαναφορά της ταχύτητας περιστροφής σε δεξιόστροφη.



Κύκλος G84 (3)

Παράδειγμα



```

N05 M06 T04
N10 M03 S250
N15 G90 G00 X20 Y50 Z25
N20 G99 G84 X20 Y50 Z-3 R12 F250
N25           X60
N30 G98      X30 Y20
N35 G80
    
```



Κύκλος G85 (1)

Διεύρυνση οπής μέχρι τελικό βάθος κατά Z.

Σύνταξη εντολής:

N... G98 (ή G99) G85 X... Y... Z... R... F...

X, Y: συντεταγμένες θέσης οπής

Z: τελικό βάθος διεύρυνσης

R: θέση εργαλείου εκτός TE (αρχικό επίπεδο πριν και μετά την κατεργασία)

F: πρόωση

G98: Επιστροφή στο αρχικό επίπεδο

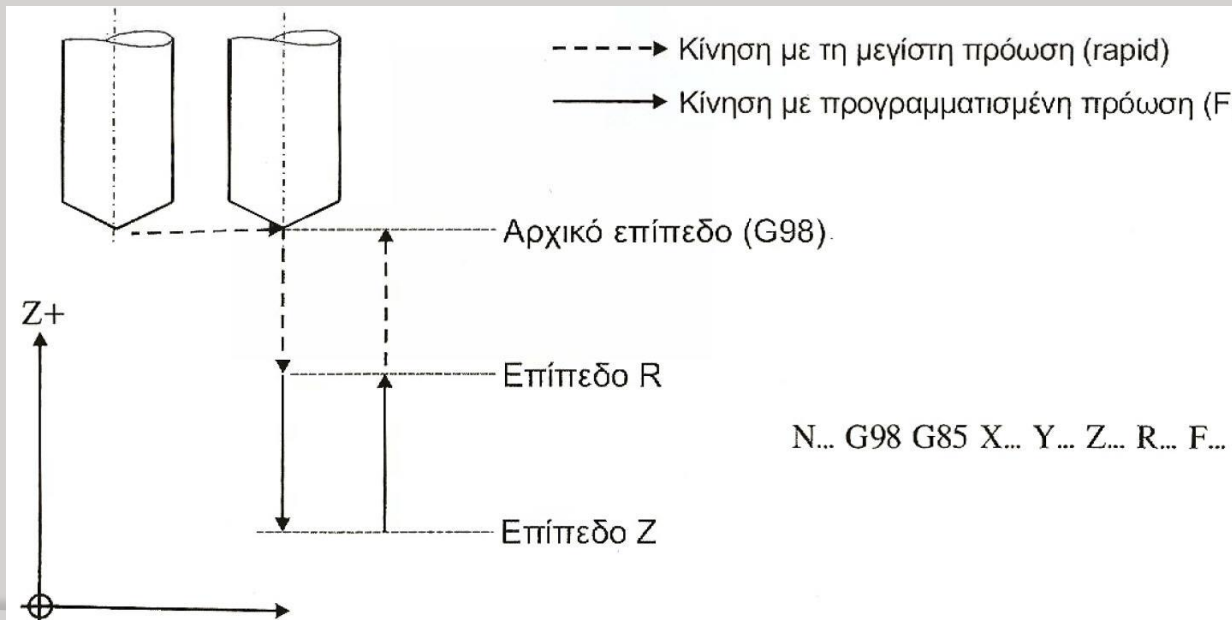
G99: Επιστροφή στο επίπεδο R



Κύκλος G85 (2)

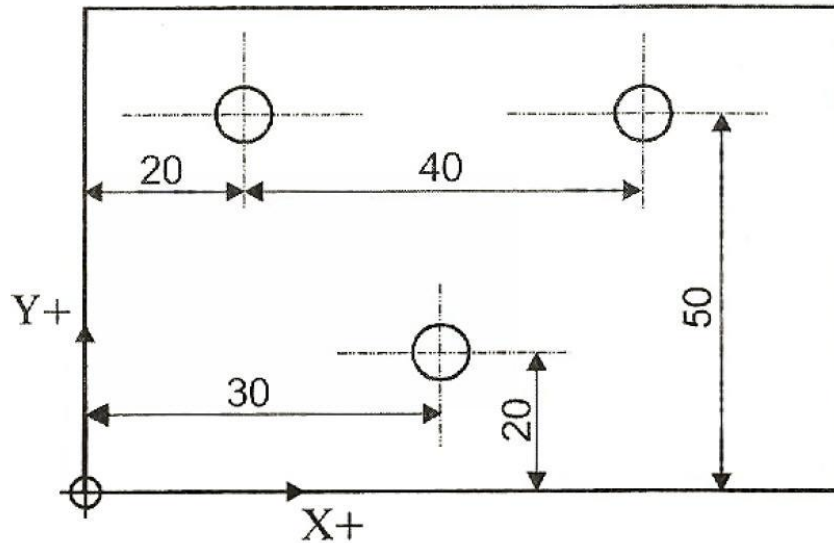
Κινήσεις:

- Κίνηση με μέγιστη ταχύτητα στο σημείο (X,Y) και στη συνέχεια στο επίπεδο R.
- Κατεργασία στα αρνητικά του Z με πρόωση F έως το βάθος που καθορίζεται με την τιμή Z.
- Κίνηση με θετική κατεύθυνση ως προς τον άξονα Z με μέγιστη πρόωση



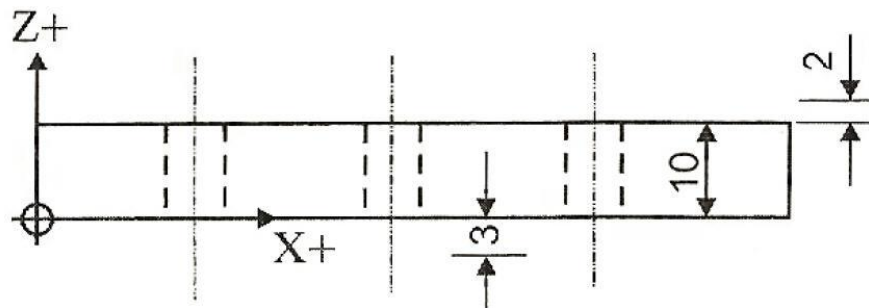
Κύκλος G85 (3)

Παράδειγμα



```

N05 M06 T04
N10 M03 S1500
N15 G90 G00 X20 Y50 Z25
N20 G99 G85 X20 Y50 Z-3 R12 F250
N25           X60
N30 G98           X30 Y20
N35 G80
    
```



Κύκλος G86 (1)

Διεύρυνση οπής και σταμάτημα περιστροφής ατράκτου σε τελικό βάθος κατά Z.

Σύνταξη εντολής:

N... G98 (ή G99) G86 X... Y... Z... R... F...

X, Y: συντεταγμένες θέσης οπής

Z: τελικό βάθος διεύρυνσης

R: θέση εργαλείου εκτός TE (αρχικό επίπεδο πριν και μετά την κατεργασία)

F: πρόωση

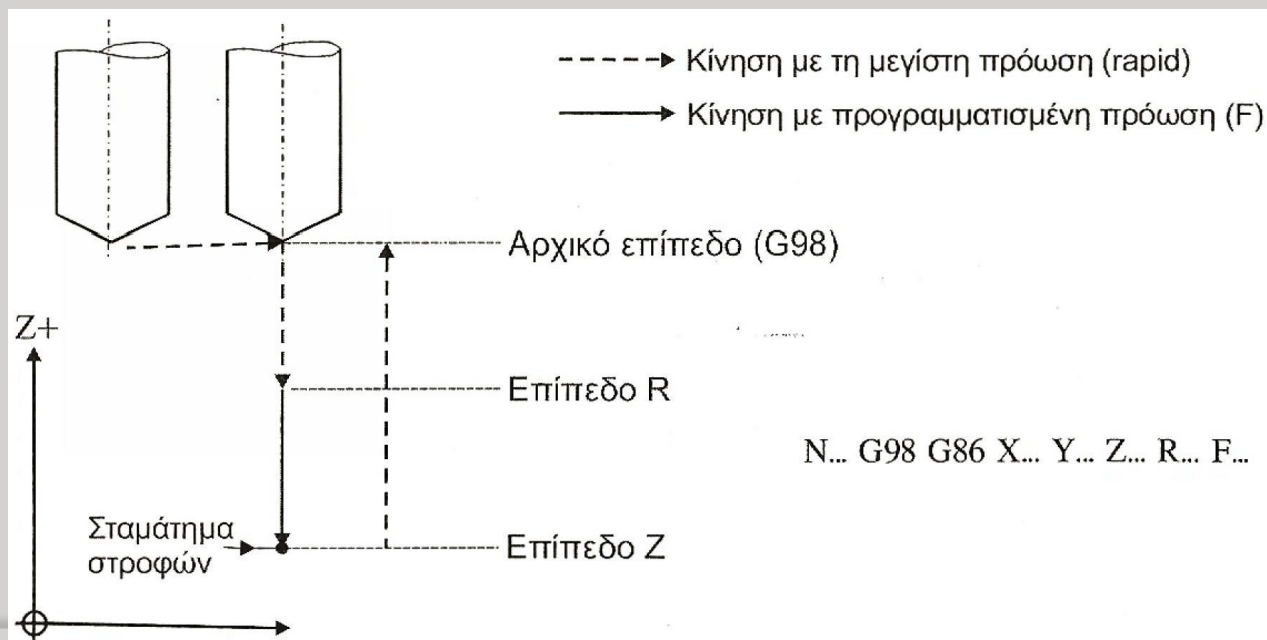
G98: Επιστροφή στο αρχικό επίπεδο

G99: Επιστροφή στο επίπεδο R

Κύκλος G86 (2)

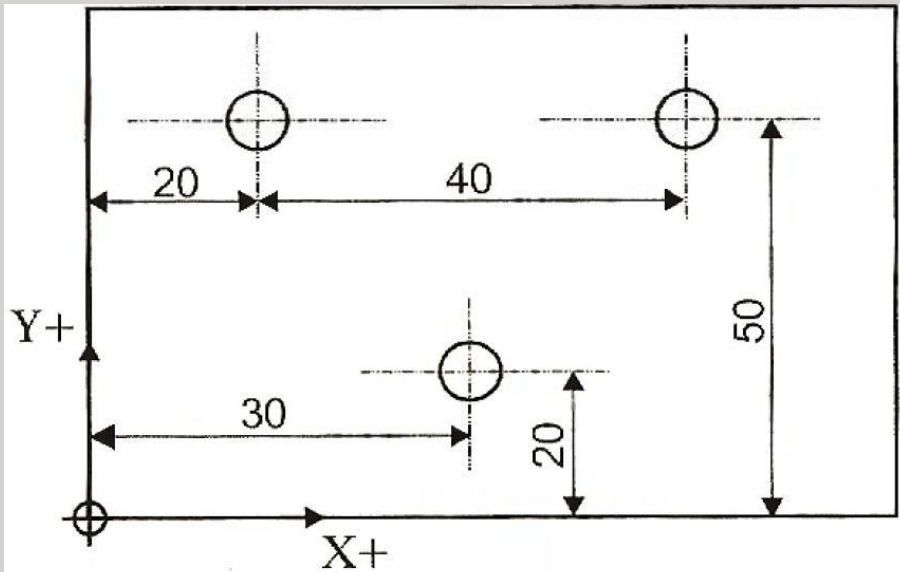
Κινήσεις:

- Κίνηση με μέγιστη ταχύτητα στο σημείο (X,Y) και στη συνέχεια στο επίπεδο R.
- Κατεργασία στα αρνητικά του Z με πρόωση F έως το βάθος που καθορίζεται με την τιμή Z.
- **Σταμάτημα περιστροφής ατράκτου**
- Κίνηση με θετική κατεύθυνση ως προς τον άξονα Z με μέγιστη πρόωση



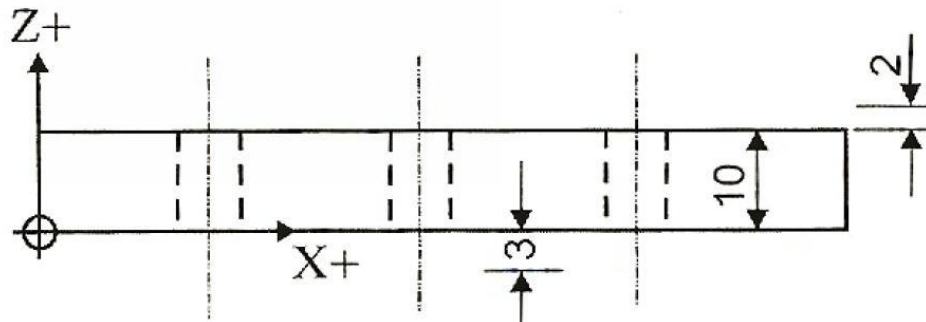
Κύκλος G86 (3)

Παράδειγμα



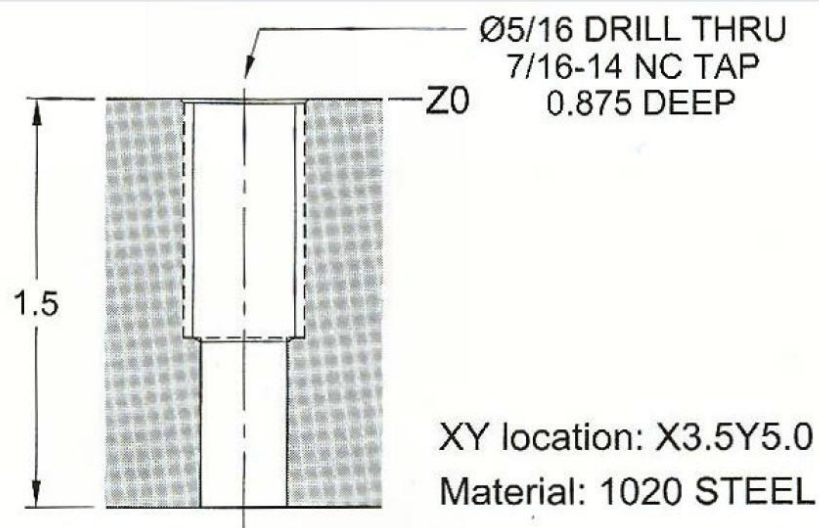
```

N05 M06 T04
N10 M03 S1500
N15 G90 G00 X20 Y50 Z25
N20 G99 G86 X20 Y50 Z-3 R12 F250
N25           X60
N30 G98           X30 Y20
N35 G80
    
```



Παράδειγμα Προγραμματισμού Κύκλων (1)

Παράδειγμα



Γνωστές πληροφορίες:

- Σημείο οπής (X3.5 Y5.0)
- Υλικό (1020 Steel)
- Μηδενικό σημείο (επίπεδο Z0)
- Κατεργασίες (Διάτρηση, σπειροτόμηση)

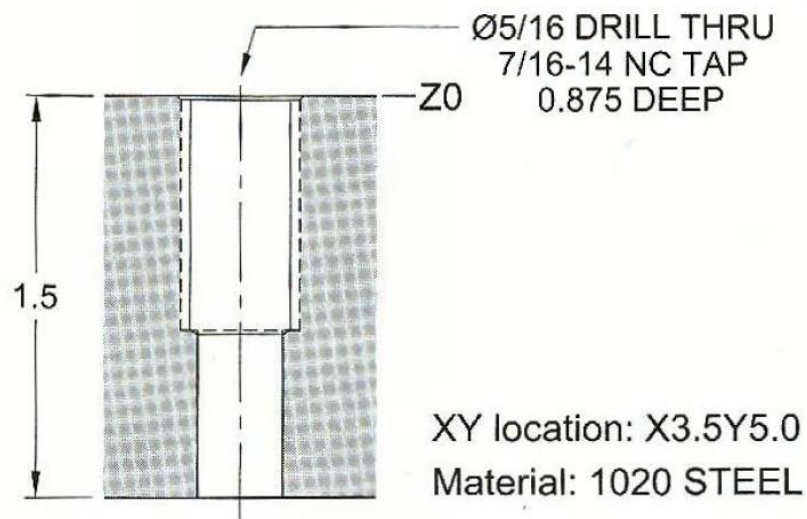
Ερωτήσεις που πρέπει να απαντηθούν:

- Πόσα εργαλεία χρειάζονται;
- Θα χρειαστεί πρώτα τρύπα κεντραρίσματος;
- Θα χρειαστεί γώνιασμα της τρύπας για την σπειρωτόμηση;
- Ανοχές τρύπας; Επιφανειακή ποιότητα;

Να γραφτεί ο κώδικας G για την πραγματοποίηση της παραπάνω σύνθετης οπής με σπείρωμα

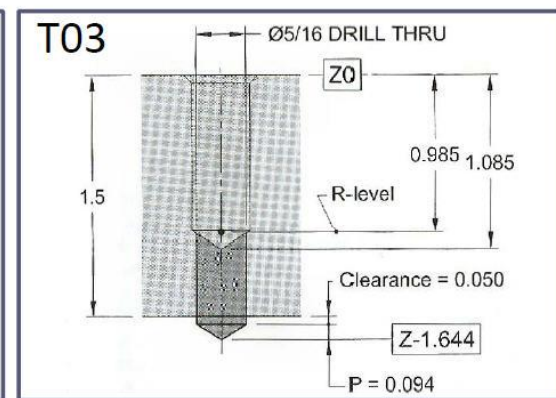
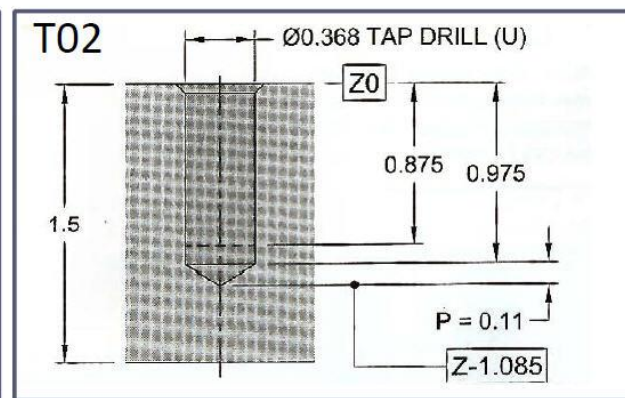
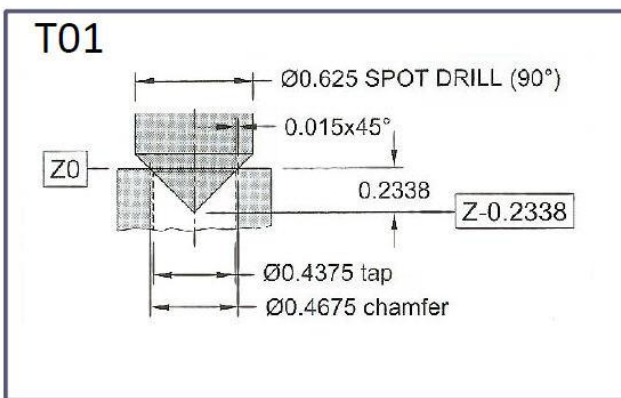
Παράδειγμα Προγραμματισμού Κύκλων (2)

Φασεολόγιο



► Απαραίτητα εργαλεία:

- T01: 90° τρυπάνι
- T02: U τρυπάνι ($\text{Ø}0.368$)
- T03: $\text{Ø} 5/16$ τρυπάνι
- T04: $7/16-14$ UNC σπειροτόμος



Παράδειγμα Προγραμματισμού Κύκλων (3)

Λύση

P3333 (Μία σπή)

(Εργαλείο T01)

N10 G20 G90

N20 G17 G40 G49 G80 G54

N30 M06 T01

N40 G00 X3.5 Y5.0 M03 S900

N50 G43 Z0.1 H01 M08

N60 G99 G82 R0.1 Z-0.2338 P250 F4.0

N70 G80 Z1.0 M09

N80 G28 M05

N90 M01

(Εργαλείο T02)

N100 M06 T02

N110 G00 X3.5 Y5.0 M03 S1100

N120 G43 Z0.1 H02 M08

N130 G99 G83 R0.1 Z-1.085 Q0.5 F8.0

N140 G80 Z1.0 M09

N150 G28 M05

N160 M01

(Εργαλείο T03)

N170 M06 T03

N180 G00 X3.5 Y5.0 M03 S1150

N190 G43 Z0.1 H03 M08

N200 G98 G81 R-0.985 Z-1.644 F8.0

N210 G80 Z1.0 M09

N220 G28 M05

N230 M01

(Εργαλείο T04)

N240 M06 T04

N250 G00 X3.5 Y5.0 M03 S750

N260 G43 Z0.4 H04 M08

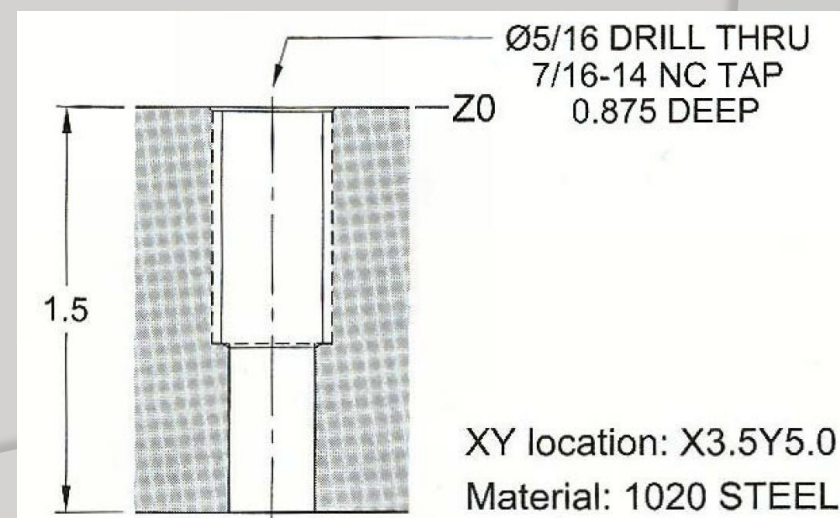
N270 G99 G84 R0.4 Z-0.95 F53.57

N280 G80 Z1.0 M09

N290 G28 M05

N300 G40 G49 G80

N310 M02 M05 M30



Προγραμματισμός με Υπορουτίνες (1)

Ορισμός:

Υπορουτίνες είναι μικρά προγράμματα που πραγματοποιούν κάποια συγκεκριμένη εργασία.

- Αποτελούν ξεχωριστά αυτόνομα προγράμματα.
- Οι υπορουτίνες μπορεί να είναι τοποθετημένες εντός του αρχείου που περιέχει το κυρίως πρόγραμμα ή σε κάποιο άλλο αρχείο, στο οποίο έχει πρόσβαση η MCU.
- Θεωρητικά, οι κύκλοι κατεργασίας είναι υπορουτίνες, στις οποίες συνήθως ο χρήστης δεν έχει πρόσβαση, ώστε να διορθώσει και να αλλάξει τις εντολές.
- Χρησιμοποιούνται όταν υπάρχει ανάγκη επανάληψης μίας διαδοχικής σειράς εντολών.
- Εξοικονόμηση χρόνου προγραμματισμού.
- Η εγγραφή της υπορουτίνας γίνεται μία φορά, η ανάκληση από οποιοδήποτε σημείο του προγράμματος και η επανάληψη γίνεται όσες φορές χρειάζεται.

Προγραμματισμός με Υπορουτίνες (2)

Εντολές

M98 για κλήση υπορουτίνας

M99 για επιστροφή από υπορουτίνα στο κυρίως πρόγραμμα

Χρήση-Σύνταξη

- Από το κύριο πρόγραμμα με **M98** δίνεται το όνομα της υπορουτίνας και ο αριθμός των φορών που θα κληθεί διαδοχικά (π.χ. P033001).
- Όταν εκτελεστεί όσες φορές απαιτείται, η υπορουτίνα κλείνει με το **M99** (όχι με **M02** ή **M30**), που επιστρέφει στο κύριο πρόγραμμα στο αμέσως επόμενο μπλοκ από αυτό που χρησιμοποιήθηκε το M98.

ΚΥΡΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ

ΥΠΟΡΟΥΤΙΝΑ

P3000

N10...

....

N150 **M98 P033001**

N160 ...

N1000 M02 M05 M30

P3001

N10...

...

...

N300 **M99**

