

Συστήματα Computer Aided Manufacturing - CAM

Σχεδιασμός της διαδικασίας παραγωγής τεμαχίων σε ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές
Στόχος του λογισμικού CAM: Η δημιουργία του προγράμματος ψηφιακής καθοδήγησης

Το πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης συντάσσεται με τη χρήση κατάλληλων εντολών, που ορίζουν την κίνηση του κοπτικού εργαλείου στο χώρο, για την παραγωγή της γεωμετρίας του τεμαχίου

Το λογισμικό CAM παρέχει τη δυνατότητα ορισμού της διαδικασίας παραγωγής τεμαχίων, μέσω του ορισμού των παραμέτρων της κατεργασίας στο λογισμικό σε περιβάλλον εργασίας υψηλού επιπέδου (επιλογές μέσω παραθύρων, καρτελών, μπάρας εργασίας, κλπ.).

Στη συνέχεια, οι επιλογές του χρήστη μεταφράζονται στο πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης, μέσω της διαδικασίας της τελικής επεξεργασίας (post processing).

Σημαντικό σημείο η σύνταξη του προγράμματος ψηφιακής καθοδήγησης, η οποία διαφέρει σε κάθε μοντέλο εργαλειομηχανής, παρόλο που οι βασικές εντολές προγραμματισμού είναι κοινές μεταξύ των μηχανών.

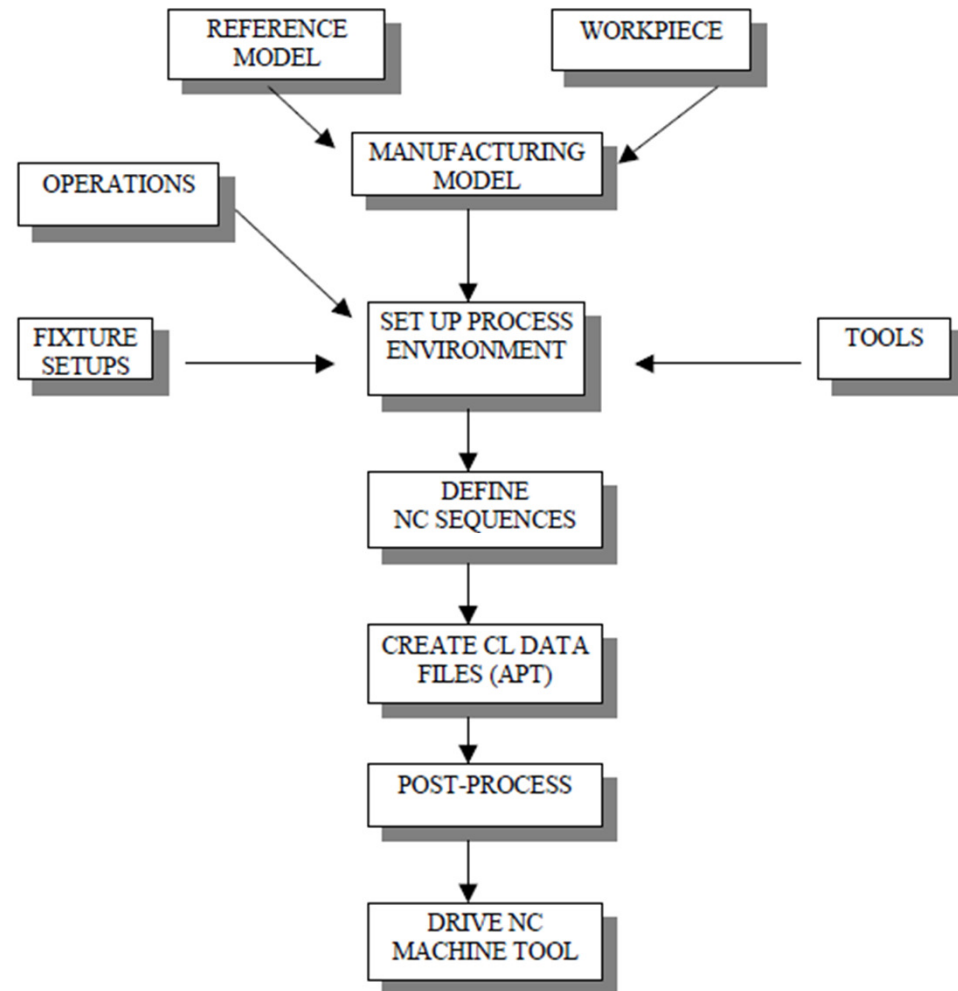


Figure 1: Pro/NC Workflow

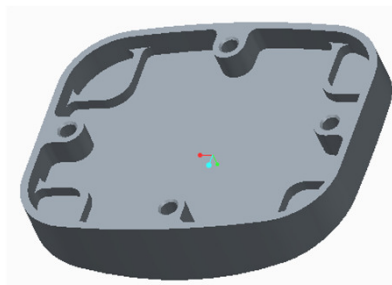


Συστήματα CAM – Βασικά σημεία της διαδικασίας

Το πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης βασίζεται στον ορισμό σημείων στο χώρο, στα οποία επιθυμεί ο χρήστης να κινηθεί το κοπτικό.

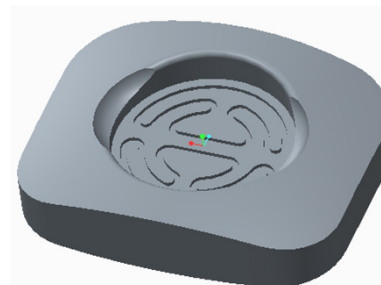
Τα σημεία αυτά ορίζονται μέσω των X, Y, Z συντεταγμένων τους, ως προς σύστημα συντεταγμένων. Η αρχή του είναι στο σημείου μηδενισμού του τεμαχίου της κατεργασίας, το οποίο έχει επιλεγεί και έχει οριστεί από το χρήστη. Σε απλή γεωμετρία, το πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης μπορεί να συνταχθεί χωρίς τη χρήση λογισμικού CAM.

Σε πιο σύνθετη γεωμετρία, αυτό μπορεί να είναι ιδιαίτερα δύσκολο και επίπονο (υπολογισμών συντεταγμένων για μεγάλο πλήθος σημείων στο χώρο) και σε κάποιες περιπτώσεις, όπως είναι η κατασκευή καμπύλων επιφανειών στο χώρο είναι αδύνατο.



Profile seq

```
00123;  
N0010 G54 T1 M06;  
N0020 G00 G43 H01 Z2.5000;  
N0030 G00 X-.1250 Y1.2228 G90 S500 M03;  
N0040 G00 Z1.4800;  
N0050 G01 Z.8800 F5.;  
N0060 G01 Y3.0272;  
N0070 G02 X.9634 Y4.2667 R1.2500;  
N0080 G02 X1.8767 Y4.3530 R12.9081 F5.;  
N0090 G02 X2.7867 Y4.3739 R12.7609 F5.;  
N0100 G02 X4.2862 Y4.2667 R12.8290 F5.;  
N0110 G01 X4.2866 Y4.2668 F5.;  
N0120 G02 X5.3751 Y3.0272 R1.2501 F5.0004;  
N0130 G01 X5.3750 Y1.2228 F5.;  
N0140 G02 X4.2866 Y-.0167 R1.2500;  
N0150 G02 X2.4836 Y-.1242 R12.8042 F5.;  
N0160 G02 X.9638 Y-.0168 R12.8271 F5.;  
N0170 G01 X.9634 F5.;  
N0180 G02 X-.1251 Y1.2228 R1.2501 F5.0004;  
N0190 G01 X-.1250 Z2.5000 F5.;  
N0200 G00 X3.5663 Y-.0903;  
N0210 G00 Z.9800;  
N0220 G01 Z.3800;  
N0230 G02 X1.6837 Y-.0903 R12.7671 F5.;  
N0240 G01 Z2.5000 F5.;  
N0250 G00 Y4.3403;  
N0260 G00 Z.9800;  
N0270 G01 Z.3800;  
N0280 G02 X3.5663 Y4.3403 R12.7685 F5.;  
N0290 G01 Z2.5000 F5.;  
N0300 M05;
```



Surface seq

```
N7830 G01 X5.3310 Y1.6043 Z.7469;  
N7840 G01 Z2.5000;  
N7850 G00 X3.9526 Y.0855;  
N7860 G00 Z1.0484;  
N7870 G01 X3.9723 Y.1052 Z1.0479;  
N7880 G01 X4.2162 Y.3491 Z1.0296;  
N7890 G01 X4.4592 Y.5921 Z.9954;  
N7900 G01 X4.7009 Y.8338 Z.9452;  
N7910 G01 X4.9406 Y1.0736 Z.8793;  
N7920 G01 X5.1780 Y1.3109 Z.7978;  
N7930 G01 X5.3302 Y1.4631 Z.7418;  
N7940 G01 Z2.5000;  
N7950 G00 X4.1096 Y.1022;  
N7960 G00 Z1.0165;  
N7970 G01 X4.1303 Y.1229 Z1.0155;  
N7980 G01 X4.3735 Y.3661 Z.9903;  
N7990 G01 X4.6156 Y.6082 Z.9492;  
N8000 G01 X4.8561 Y.8487 Z.8922;  
N8010 G01 X5.0945 Y1.0871 Z.8195;  
N8020 G01 X5.3291 Y1.3218 Z.7356;  
N8030 G01 Z2.5000;  
N8040 G00 X4.2689 Y.1212;  
N8050 G00 Z.9806;  
N8060 G01 X4.2906 Y.1430 Z.9789;
```

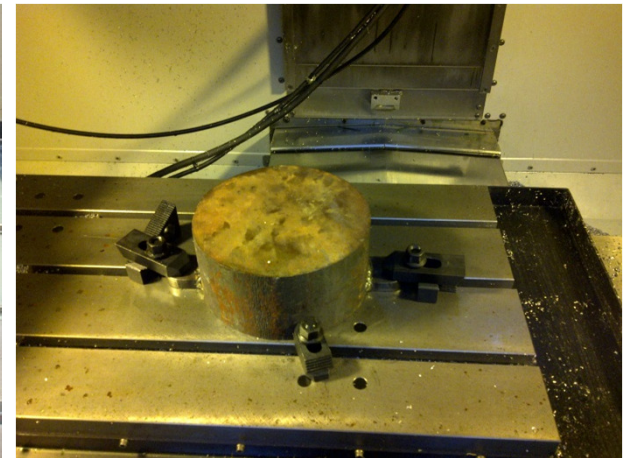
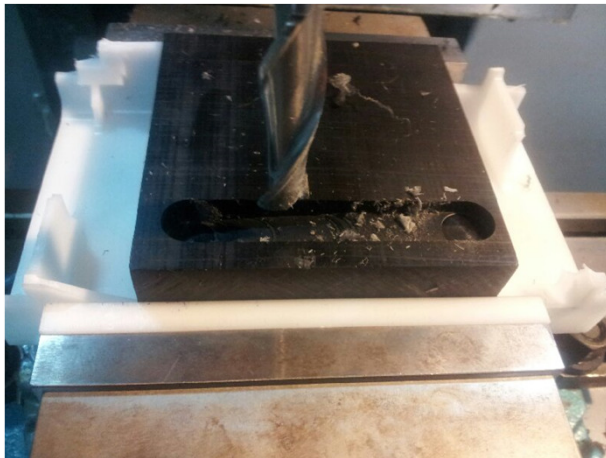


Συστήματα CAM – Βασικά σημεία της διαδικασίας

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιες παράμετροι, που επηρεάζουν τη δυνατότητα υλοποίησης της κατασκευής:

Επιλογή κατάλληλου μεγέθους και σχήματος ακατέργαστου τεμαχίου. Το ακατέργαστο είναι λίγο μεγαλύτερο από το τεμάχιο, ώστε να αφαιρείται αρχικά ένας μικρός όγκος, για να απομακρύνονται πιθανές οξειδώσεις στην επιφάνεια και να εξασφαλίζεται η καθετότητα και η επιπεδότητα των πλευρών πριν την κατεργασία.

Επιλογή ή κατασκευή εργαλείων συγκράτησης του ακατέργαστου στη μηχανή.



Συστήματα CAM – Βασικά σημεία της διαδικασίας

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιες παράμετροι, που επηρεάζουν τη δυνατότητα υλοποίησης της κατασκευής:

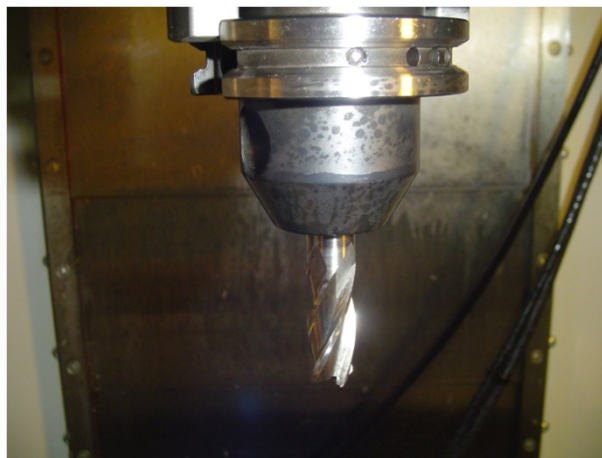
Επιλογή σημείου μηδενισμού, ώστε να είναι εφικτός ο μηδενισμός στο σημείο αυτό

Επιλογή συνθηκών κοπής, ανάλογα με το υλικό της κατεργασίας. Το λογισμικό CAM δεν παρέχει πληροφορία ή έλεγχο για τη δυνατότητα ορθής κατασκευής με τις παραμέτρους που έχουν οριστεί

Επιλογή κατάλληλων κοπτικών εργαλείων σε σχέση με το υλικό και τη γεωμετρία τους



Για αυτήν την επιφάνεια, το κοπτικό πρέπει να έχει το κατάλληλο μήκος στις κόψεις, ώστε να μπορεί να φτάσει έως το κάτω μέρος και να μην υπάρχει σύγκρουση ή πιθανότητα να μην κατασκευαστεί η επιφάνεια



Επίπεδο κοπτικό από ταχυχάλυβα τοποθετημένο στην άτρακτο κοπής σε φρέζα



Επίπεδη φρεζοκεφαλή με 6 ένθετα πλακίδια, στην οποία διακρίνονται:

Ο κώνος

Το pullstud

Η κεφαλή

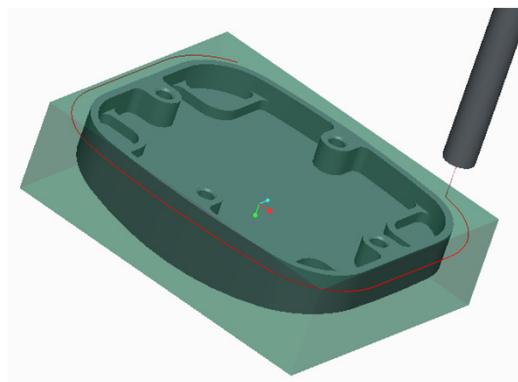
Τα πλακίδια, που είναι οι κόψεις του κοπτικού



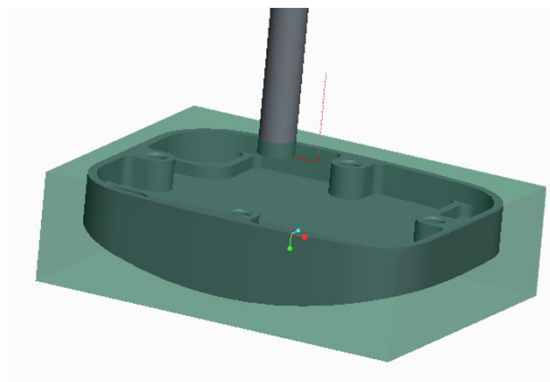
Συστήματα CAM – Βασικά σημεία της διαδικασίας

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιες παράμετροι, που επηρεάζουν τη δυνατότητα υλοποίησης της κατασκευής:

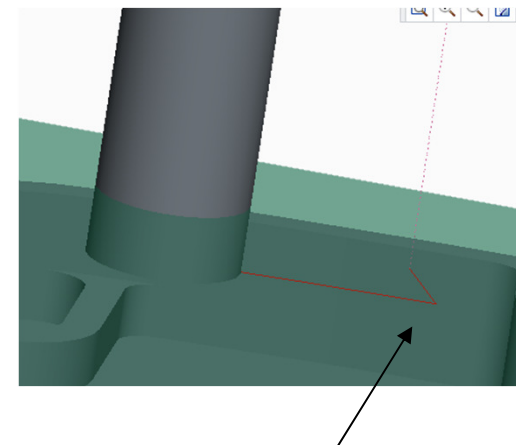
Βασικό σημείο στις κατεργασίες είναι ο τρόπος εισόδου του κοπτικού μέσα στο τεμάχιο, π.χ. στο φρεζάρισμα αρκετά κοπτικά αφαιρούν υλικό μόνο από τις πλευρικές τους επιφάνειες, όχι από την κάτω επιφάνεια, οπότε η βύθιση του κοπτικού μέσα στο ακατέργαστο υλικό μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του κοπτικού ή να μην έχει το επιθυμητό αποτέλεσμα. Το πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης πρέπει να οριστεί κατάλληλα, για αυτό το σκοπό.



Κατεργασία Profile, το κοπτικό κατεβαίνει μέσα στο τεμάχιο, το σωστό πρώτα να κατέβει έξω από το τεμάχιο και μετά να μπει μέσα στο τεμάχιο από το πλάι



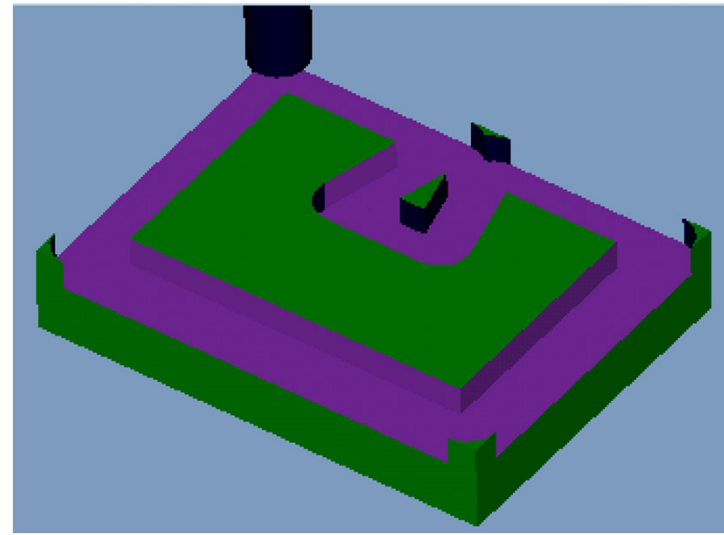
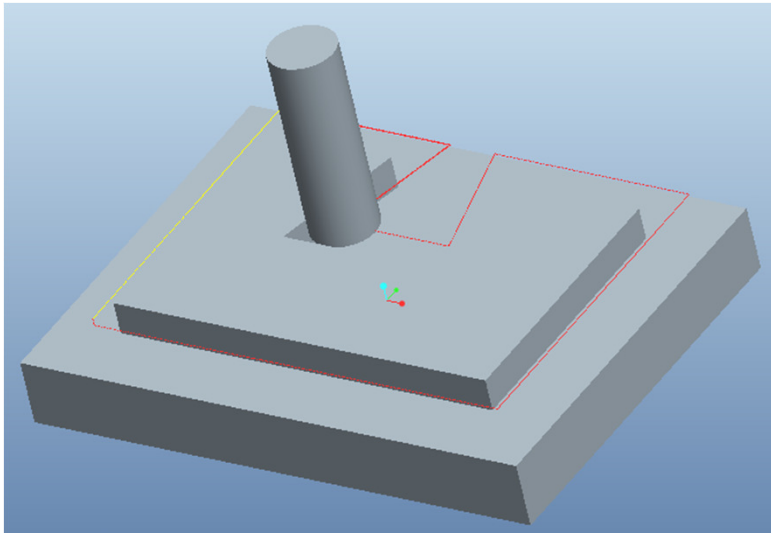
Κατεργασία Pocket, το κοπτικό κατεβαίνει μέσα στο τεμάχιο, το σωστό να μπει μέσα στο τεμάχιο υπό γωνία, όπως φαίνεται στο δίπλα σχήμα



Συστήματα CAM – Βασικά σημεία της διαδικασίας

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιες παράμετροι, που επηρεάζουν τη δυνατότητα υλοποίησης της κατασκευής:

Ακόμα και απλά σχήματα, μπορεί να μην κατασκευάζονται, όπως εσωτερικές γωνίες



Η εσωτερική γωνία δεν κατασκευάζεται, με επιλογή μικρότερης ακτίνας κοπτικού προσεγγίζεται ικανοποιητικότερα, αλλά με ακρίβεια δεν μπορεί να κατασκευαστεί.



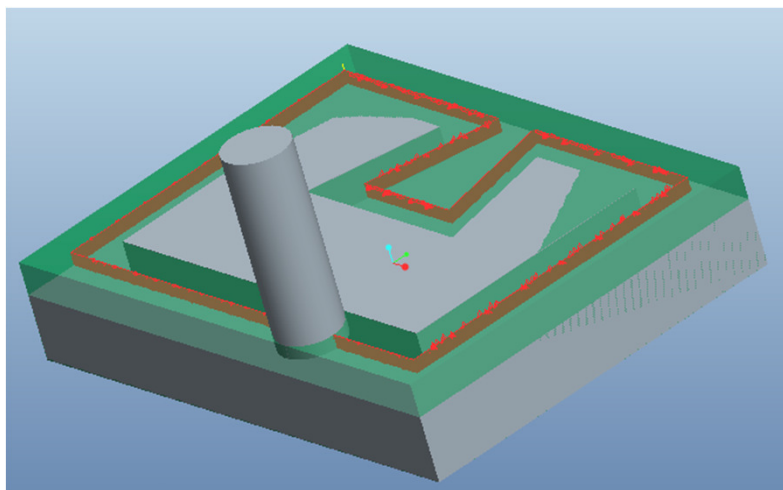
Συστήματα CAM – Βασικά σημεία της διαδικασίας

Σε κάθε περίπτωση πρέπει να ληφθούν υπόψη κάποιες παράμετροι, που επηρεάζουν τη δυνατότητα υλοποίησης της κατασκευής:

Πρέπει αρχικά να γίνει εκχόνδριση του ακατέργαστου τεμαχίου, για να αφαιρεθεί ο μεγάλος όγκος υλικού και μετά μια τελική κατεργασία να δώσει το επιθυμητό σχήμα.

Η εκχόνδριση γίνεται με volume milling. Υπάρχει δυνατότητα ορισμού ενός παραλληλεπίπεδου όγκου και στη συνέχεια αφαίρεσης του με trim από το τεμάχιο, για τη δημιουργία του όγκου εκχόνδρισης

Η εκχόνδριση γίνεται με επίπεδα κοπτικά και φρεζοκεφαλές, οπότε δημιουργούνται σκαλοπάτια στο τεμάχιο. Αυτά μπορεί να μην επηρεάζουν, μπορεί και να επηρεάζουν, όπως σε περίπτωση κατασκευής καμπυλών επιφανειών, οπότε τα σκαλοπάτια εξομαλύνονται κατά την κατασκευή της καμπύλης επιφάνειας



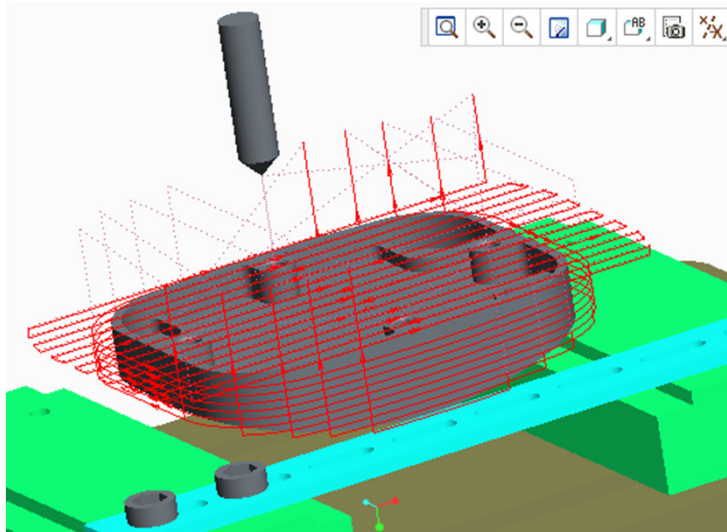
Σε αυτήν την κατεργασία Profile, το κοπτικό, αν δεν έχει γίνει αρχική εκχόνδριση για την προοδευτική αφαίρεση υλικού στο ακατέργαστο τεμάχιο, όπως φαίνεται στο σχήμα, θα μπαίνει μέσα στον όγκο του υλικού και θα αφαιρεί υλικό με όλο τη διάμετρο του, το οποίο είναι πιθανό να προκαλέσει αστοχία του κοπτικού



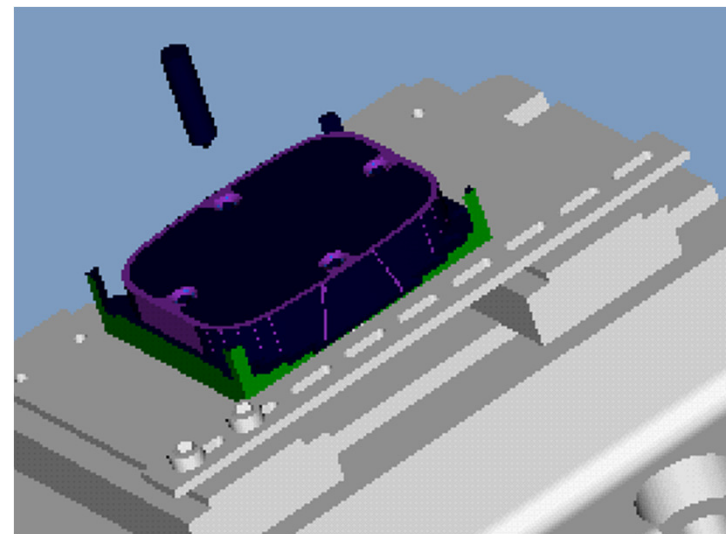
Συστήματα CAM – Βασικά σημεία της διαδικασίας

Ένα από τα βασικότερα σημεία είναι η αποφυγή συγκρούσεων του κοπτικού με το ακατέργαστο, το σύστημα συγκράτησης του ή τη μηχανή.

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ότι μέσα είναι διαθέσιμα στο λογισμικό CAM και στην εργαλειομηχανή στη συνέχεια, για να προσομοιωθεί και να μελετηθεί η κατεργασία και να εξασφαλιστεί η ασφάλεια της μηχανής και των εργαλείων



Απεικόνιση τροχιών κίνησης σε κατεργασία



Προσομοίωση αφαίρεσης υλικού σε κατεργασία



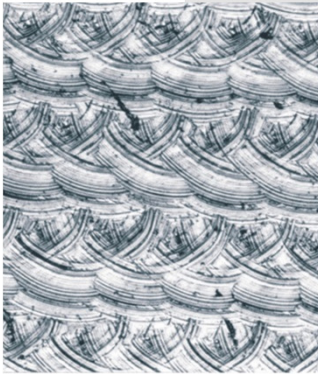
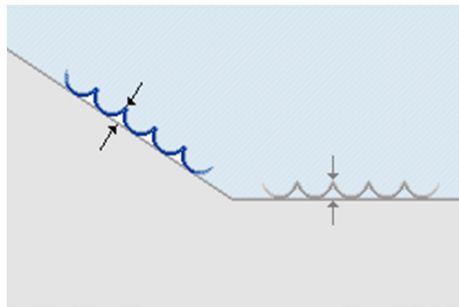
Συστήματα CAM – Κατασκευή καμπύλων επιφανειών

Κοπτικά εργαλεία σφαιρικού άκρου

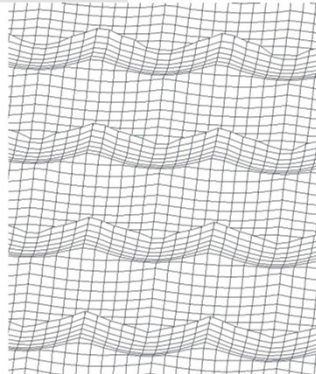
Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή καμπύλων επιφανειών

Υπάρχουν σε διάφορες υλοποιήσεις, όπως απλά, ταχυχάλυβα, με επικαλύψεις κοβαλτίου, καρβιδίου, τιτανίου, κλπ., μανέλες με ένθετα πλακίδια και άλλα

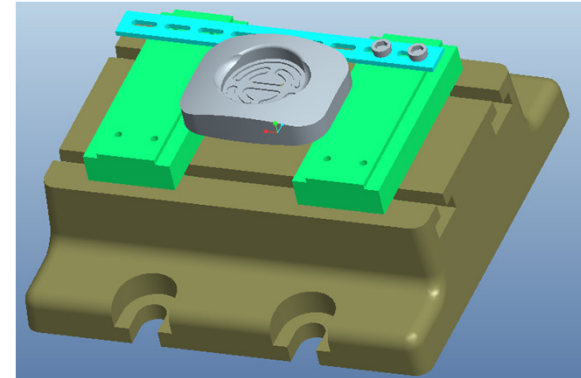
Βασική παράμετρος που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι η αξονική μετατόπιση στις κατεργασίες, η οποία πρέπει να είναι πολύ μικρή, διαφορετικά δημιουργείται τραχύτητα στην κατεργαζόμενη επιφάνεια



Απεικόνιση τραχύτητας στο μικροσκόπιο



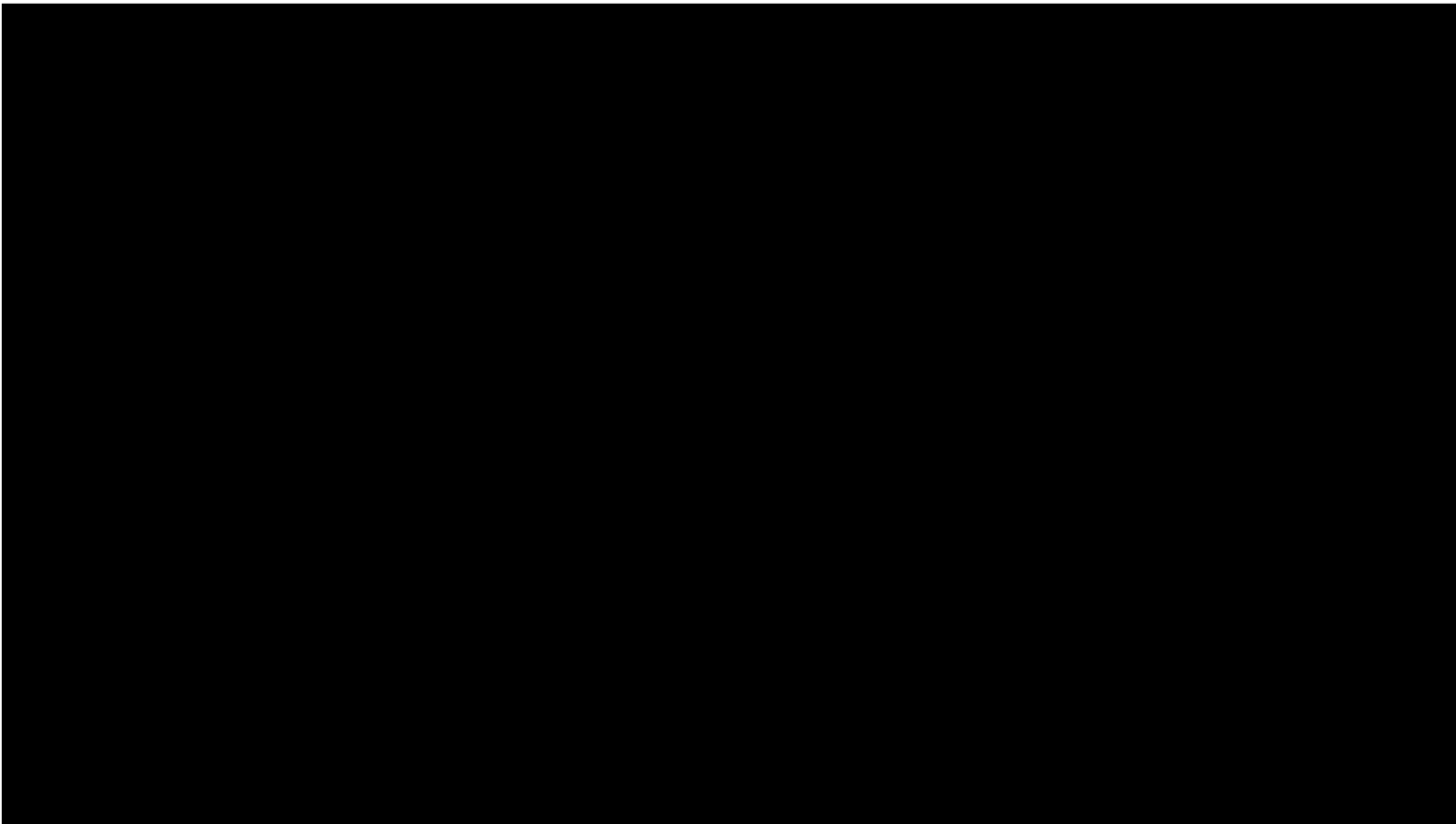
Τρισδιάστατη απεικόνιση τραχύτητας, προσομοίωση στον υπολογιστή



Συστήματα CAM – Κατασκευή καμπύλων επιφανειών

Πολυαξονικές κατεργασίες

Η διαδικασία ορισμού στο λογισμικό CAM είναι παρόμοια με τις κατεργασίες στους βασικούς άξονες κάθε μηχανής, π.χ. στη φρέζα στους 3 άξονες. Απαιτείται ο ορισμός ενός επιπλέον συστήματος συντεταγμένων στη διεύθυνση της γεωμετρίας που απαιτεί την περιστροφή του 4^{ου} άξονα, για να κατασκευαστεί, ώστε να έρθει το κοπτικό στην κατακόρυφη θέση ως προς τη γεωμετρία που θα κατασκευάσει.

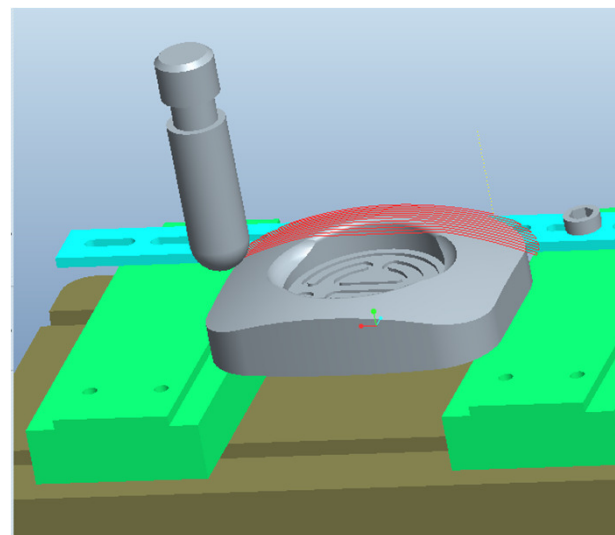
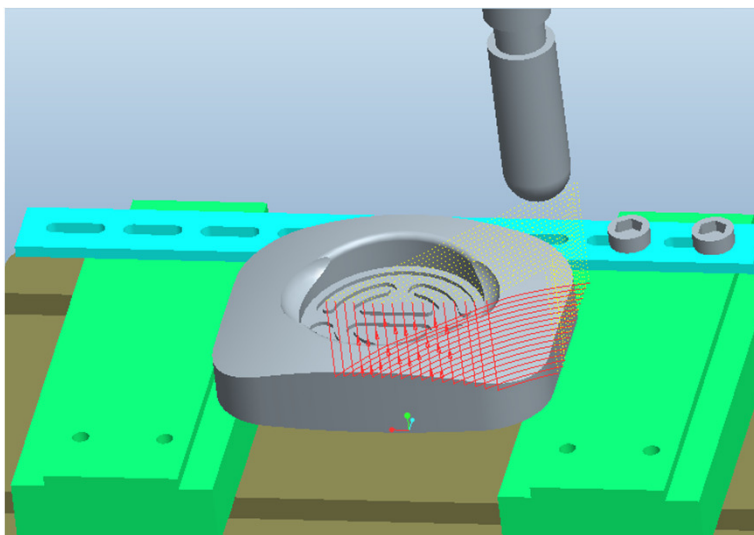


Συστήματα CAM – Κατασκευή καμπύλων επιφανειών

Προσέγγιση καμπυλών στο χώρο με ευθύγραμμα τμήματα:

Για την κατασκευή των καμπυλών στο χώρο, το λογισμικό CAM προσεγγίζει την επιφάνεια, κατά τη δημιουργία του προγράμματος ψηφιακής καθοδήγησης στην τελική επεξεργασία με μικρά ευθύγραμμα τμήματα, γιατί υπάρχει εντολή κίνησης σε τόξο στο ΧΥ, δεν υπάρχει αντίστοιχη εντολή για τα άλλα επίπεδα.

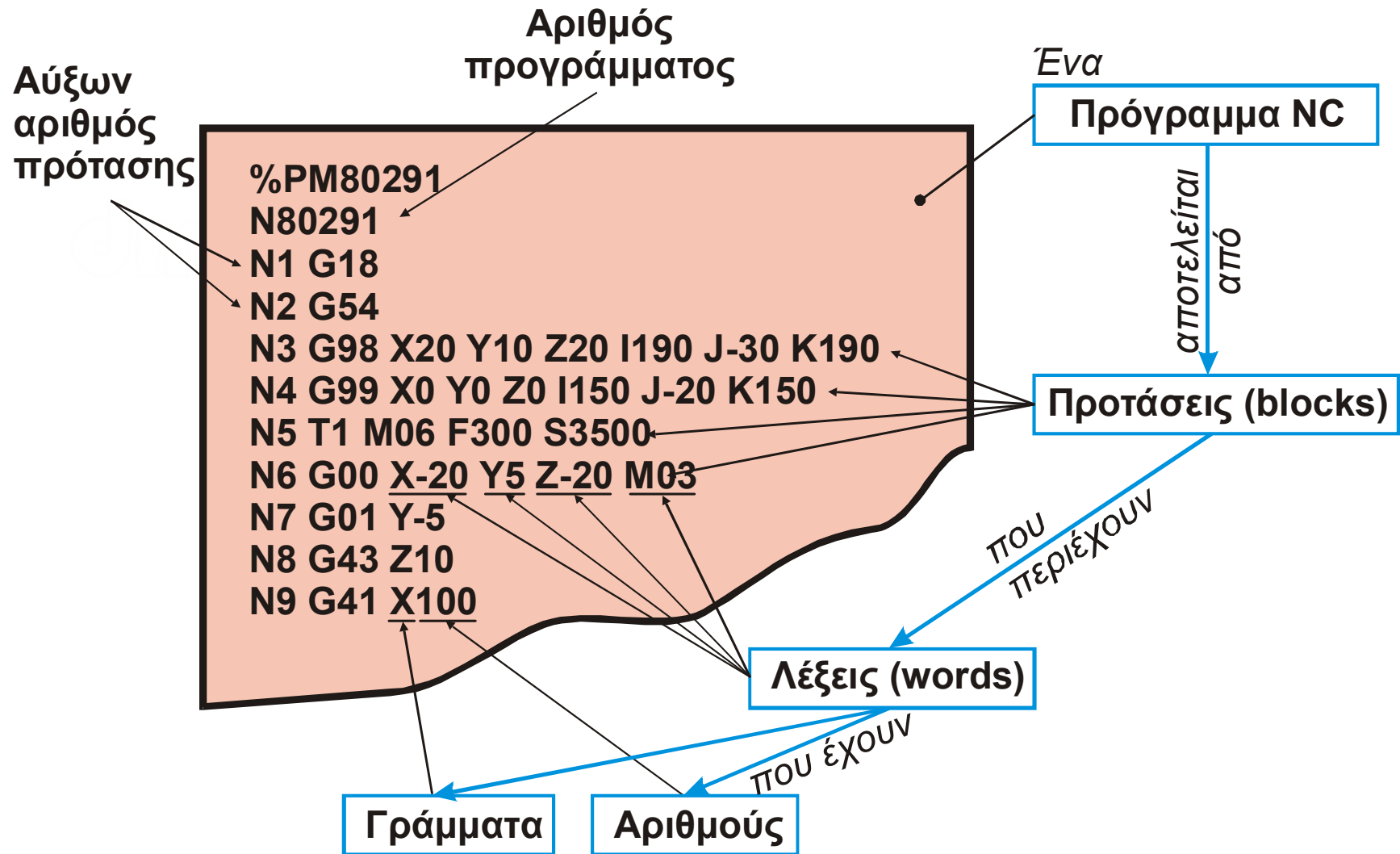
Σημαντικός παράγοντας για την ποιότητα της επιφάνειας η διεύθυνση κατασκευής της καμπύλης



Κοπή καμπύλης επιφάνειας σε διαφορετικές διευθύνσεις έχει ως αποτέλεσμα διαφορετική ποιότητα κατεργαζόμενης επιφάνειας

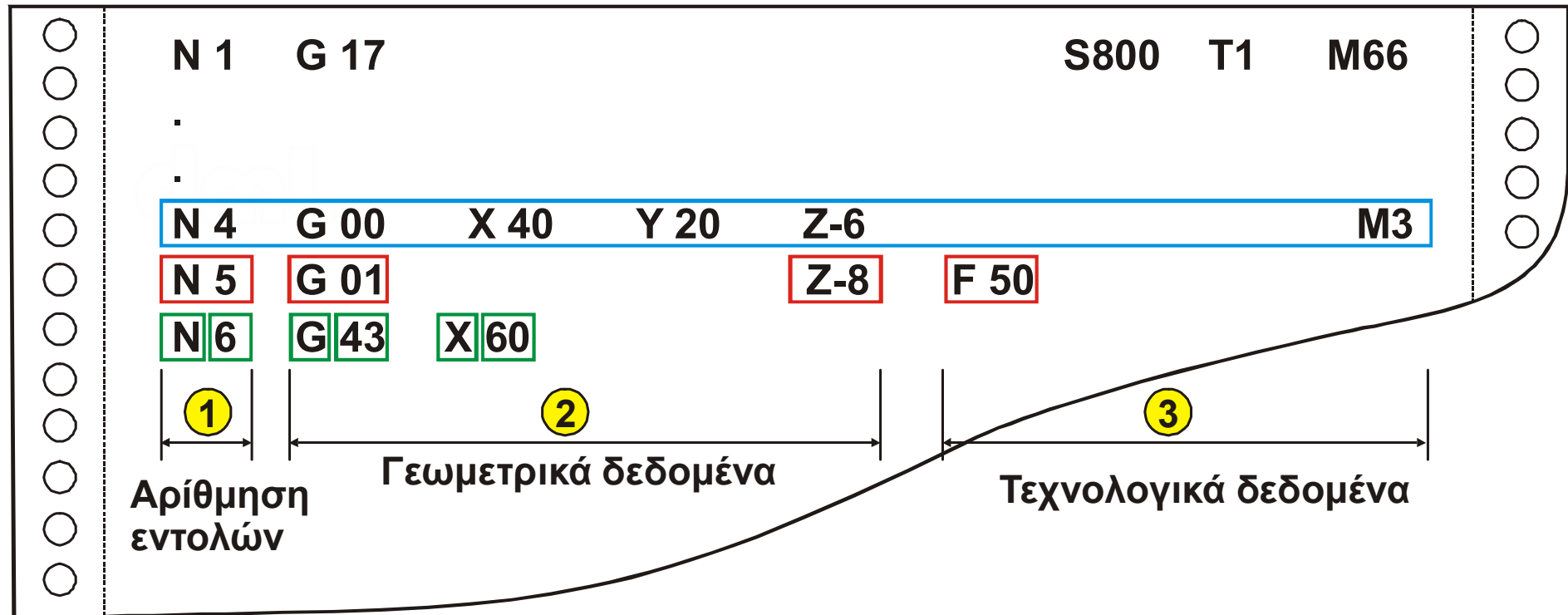


Δομή Προγράμματος Κώδικα Ψηφιακής Καθοδήγησης



Γεωμετρικά και Τεχνολογικά Δεδομένα

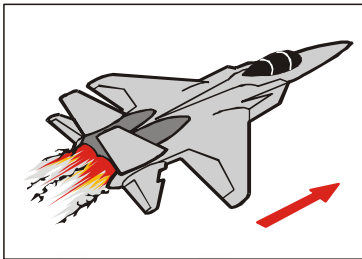
ΔΟΜΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ CNC



- Πρόταση
- Λέξη
- Διεύθυνση και Αριθμός

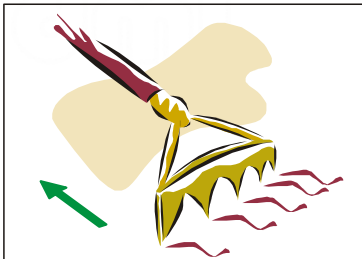
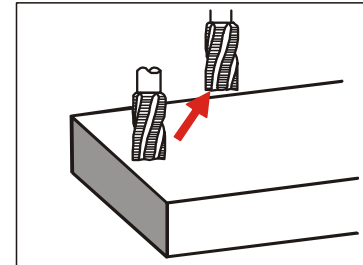


Βασικές Εντολές Προγραμματισμού



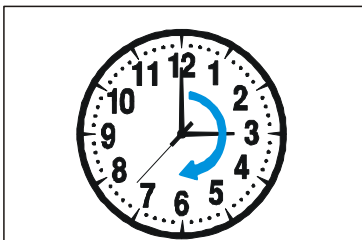
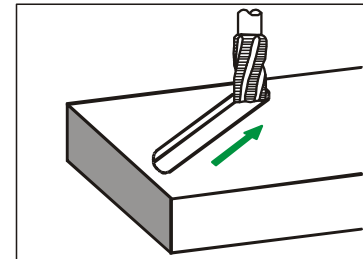
Γρήγορη κίνηση για τοποθέτηση

G00 X... Y... Z...



Ευθεία κίνηση με πρόωση και κοπή

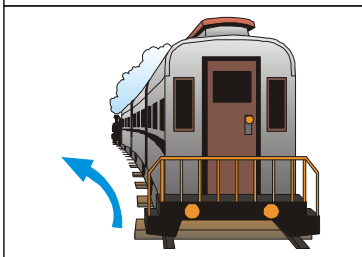
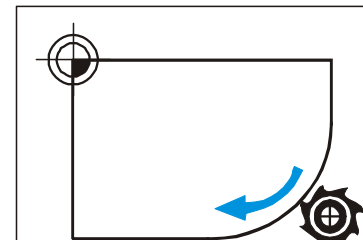
G01 X... Y... Z... F...



Δεξιόστροφη κίνηση με κοπή

G02 X... Y... Z... R... F...

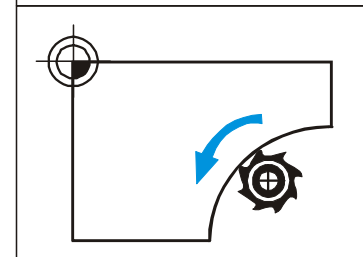
G02 X... Y... Z... I... J... K... F...



Αριστερόστροφη κίνηση με κοπή

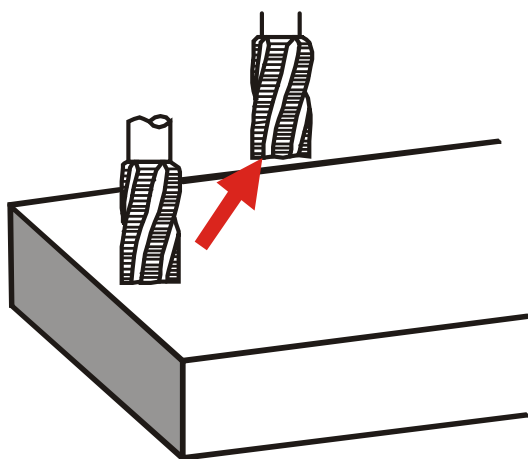
G03 X... Y... Z... R... F...

G03 X... Y... Z... I... J... K... F...



Η εντολή G00 – Ταχεία Ευθύγραμμη Κίνηση Χωρίς Κοπή

- ❑ Η εντολή **G00** κινεί ευθύγραμμα το κοπτικό εργαλείο από τη θέση που βρίσκεται, σε μία νέα θέση με γρήγορη κίνηση. Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται για τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου σε μία νέα θέση χωρίς κοπή και χρειάζεται ως δεδομένα τις συντεταγμένες του νέου σημείου, στο οποίο πρόκειται να μετακινηθεί το εργαλείο (X, Y και Z).
- ❑ Επειδή εκτελείται με τη μέγιστη πρόωση που διαθέτει η εργαλειομηχανή, απαιτείται μεγάλη προσοχή, ώστε να αποφεύγονται συγκρούσεις του εργαλείου με το τεμάχιο ή το τραπέζι.

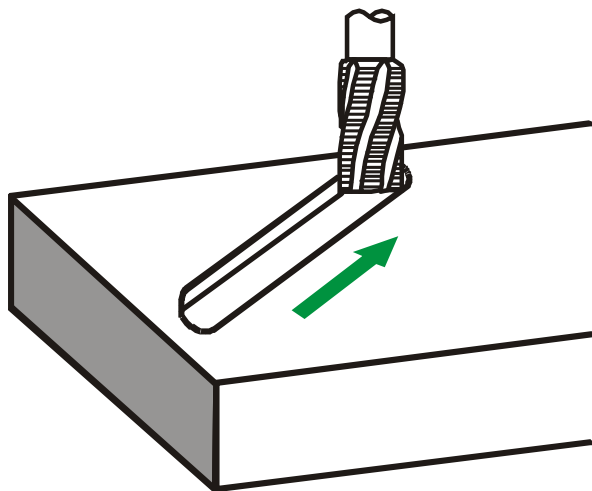


G00	Σύνταξη :	G00	X...	Y...	Z...
	Παράδειγμα :	G00	X10	Y20	Z-5



Η εντολή G01–Ευθύγραμμη Κίνηση με Πρόωση

- ❑ Η εντολή **G01** κινεί ευθύγραμμα το κοπτικό εργαλείο από τη θέση που βρίσκεται, σε μία νέα θέση με συγκεκριμένη πρόωση.
- ❑ Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται για κοπή σε ευθεία κίνηση και χρειάζεται ως δεδομένα τις συντεταγμένες του νέου σημείου, στο οποίο πρόκειται να μετακινηθεί το εργαλείο (X, Y και Z) και την πρόωση (F) συνήθως σε [mm/min].

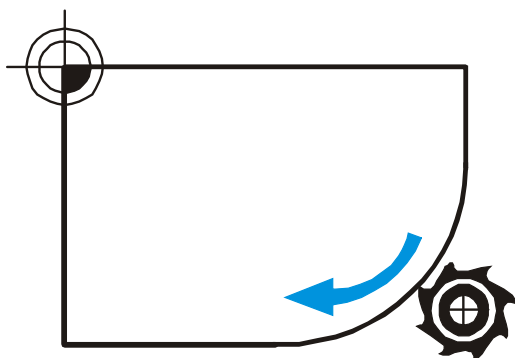


G01	Σύνταξη :	G01	X...	Y...	Z...	F...
	Παράδειγμα :	G01	X10	Y20	Z-5	F50



Η εντολή G02– Δεξιόστροφη Περιστροφική Κίνηση με Πρόωση

- ❑ Η εντολή **G02** κινεί το κοπτικό εργαλείο σε δεξιόστροφη κίνηση, από τη θέση που βρίσκεται, σε μία νέα θέση, με τόξο συγκεκριμένης ακτίνας και συγκεκριμένη πρόωση.
- ❑ Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται για κοπή σε δεξιόστροφη κυκλική κίνηση και χρειάζεται ως δεδομένα τις συντεταγμένες του νέου σημείου, στο οποίο πρόκειται να μετακινηθεί το εργαλείο (X, Y και Z), την ακτίνα του τόξου (R) ή τις συντεταγμένες του κέντρου του (I, J και K) και την πρόωση (F) συνήθως σε [mm/min].



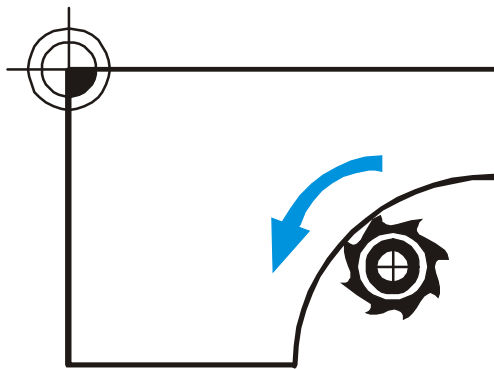
G02	Σύνταξη :	G02	X...	Y...	Z...	R...	F...
	Παράδειγμα :	G02	X10	Y20	Z-5	R12	F50

G02	Σύνταξη :	G02	X...	Y...	Z...	I...	J...	K...	F...
	Παράδειγμα :	G02	X10	Y20	Z-5	I10	J10	K-5	F50



Η εντολή G03– Αριστερόστροφη Περιστροφική Κίνηση με Πρόωση

- ❑ Η εντολή **G03** κινεί το κοπτικό εργαλείο σε αριστερόστροφη κίνηση, από τη θέση που βρίσκεται, σε μία νέα θέση, με τόξο συγκεκριμένης ακτίνας και συγκεκριμένη πρόωση.
- ❑ Η εντολή αυτή χρησιμοποιείται για κοπή σε αριστερόστροφη κυκλική κίνηση και χρειάζεται ως δεδομένα τις συντεταγμένες του νέου σημείου, στο οποίο πρόκειται να μετακινηθεί το εργαλείο (X, Y και Z), την ακτίνα του τόξου (R) ή τις συντεταγμένες του κέντρου του (I, J και K) και την πρόωση (F) σε [mm/min].

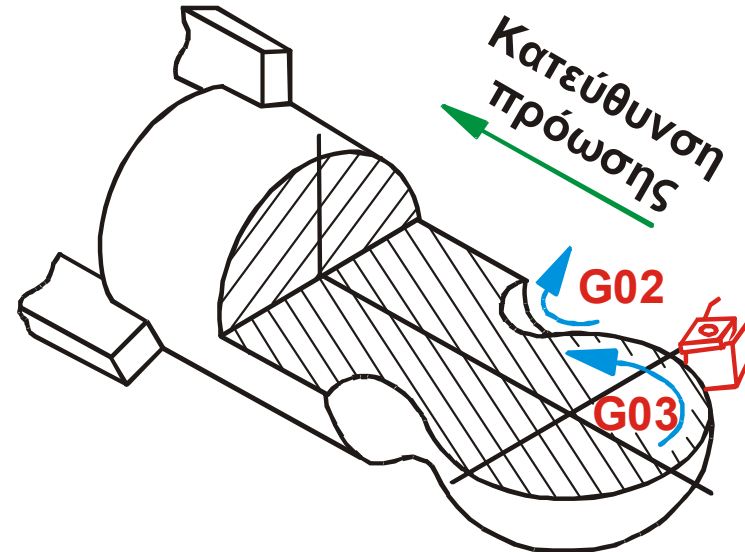
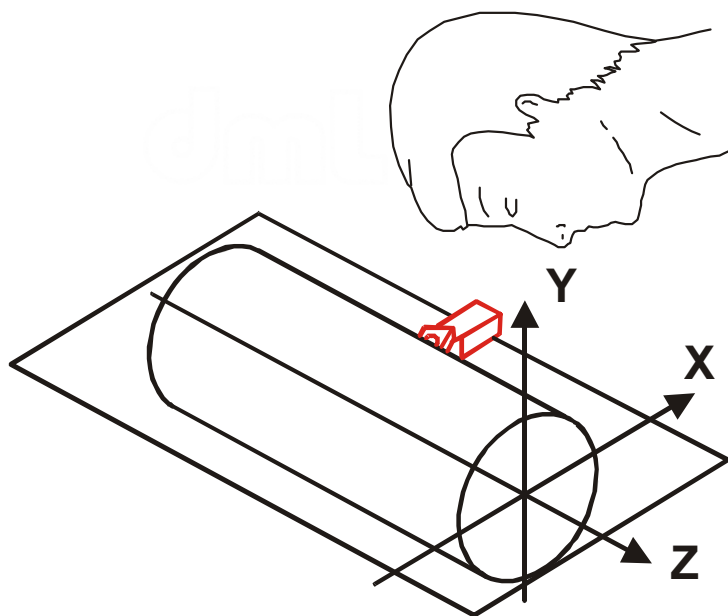


G03	Σύνταξη :	G03	X...	Y...	Z...	R...	F...
	Παράδειγμα :	G03	X10	Y20	Z-5	R12	F50

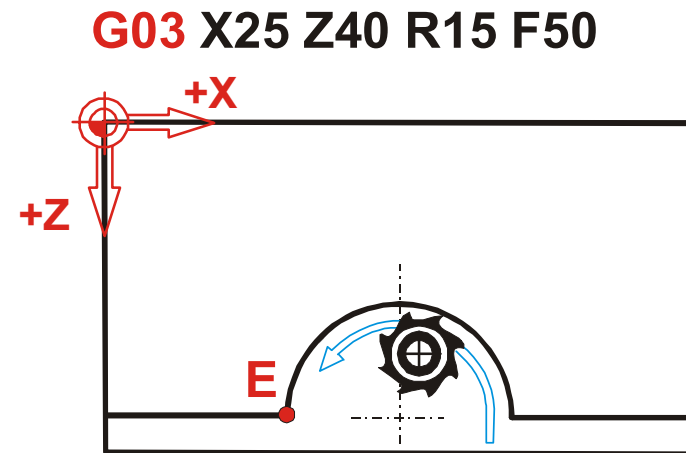
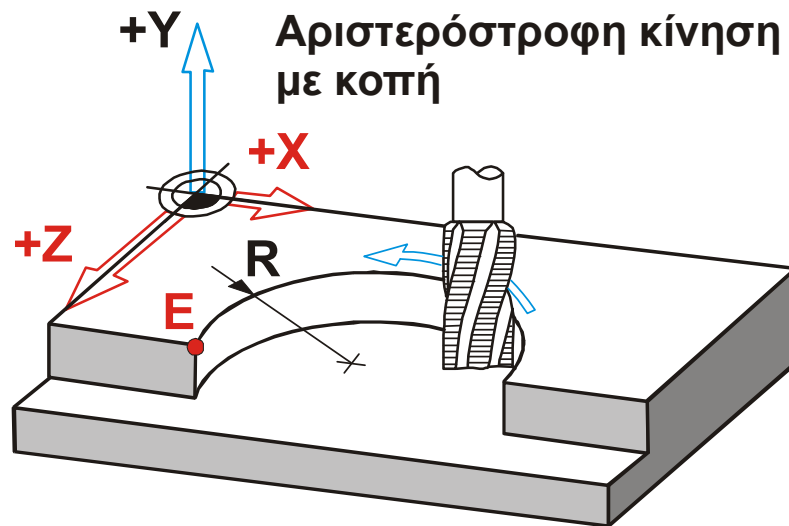
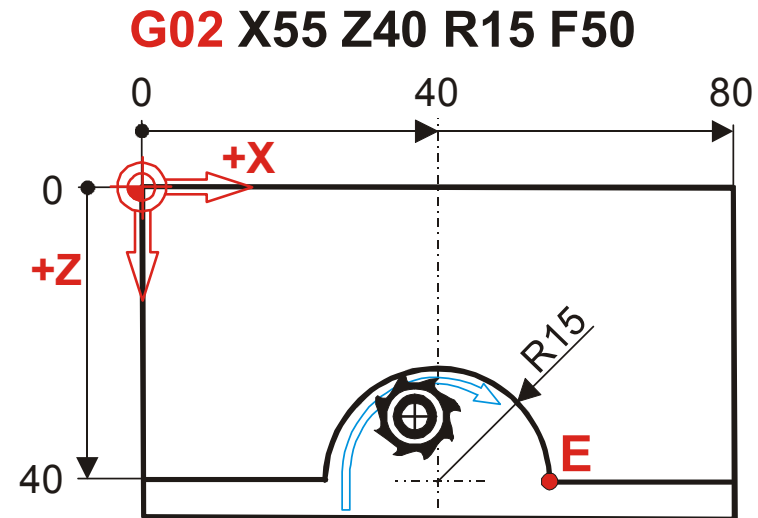
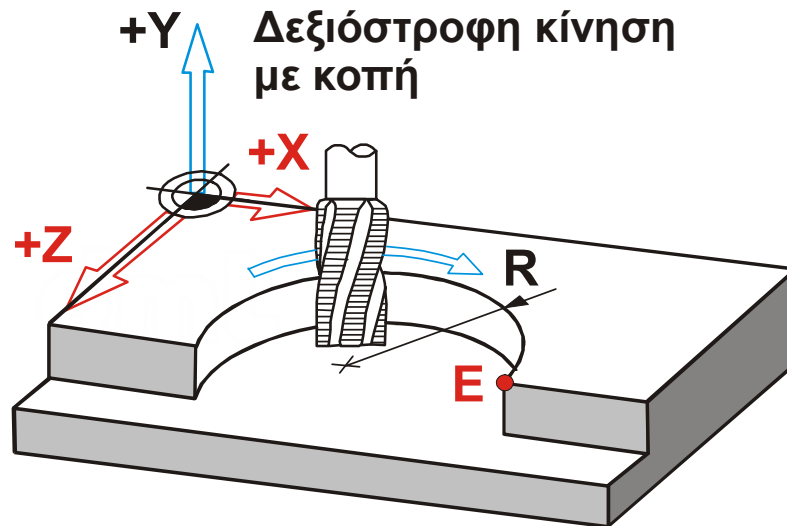
G03	Σύνταξη :	G03	X...	Y...	Z...	I...	J...	K...	F...
	Παράδειγμα :	G03	X10	Y20	Z-5	I10	J10	K-5	F50



Εύρεση Δεξιόστροφης και Αριστερόστροφης Φοράς στην Τόρνευση

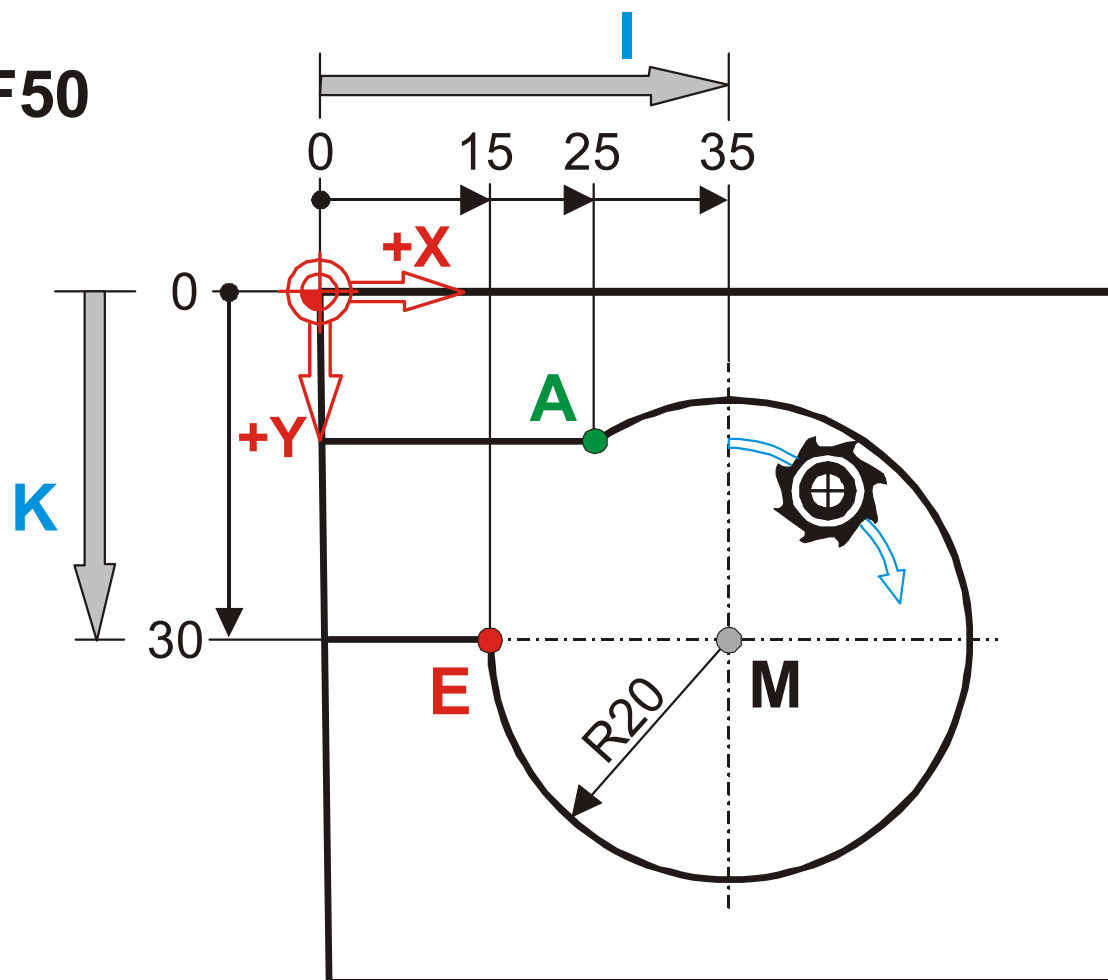


Εύρεση Δεξιόστροφης και Αριστερόστροφης Φοράς στο Φραιζάρισμα



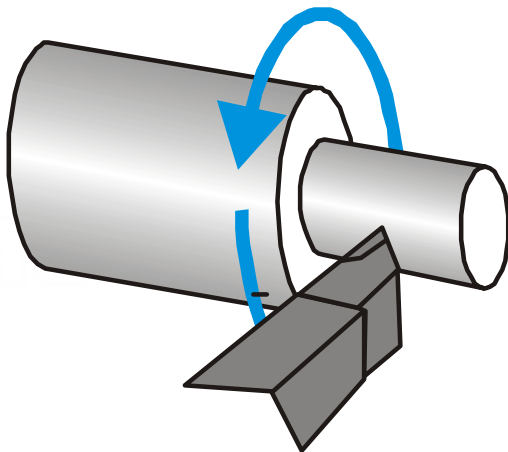
Παράδειγμα Δεξιόστροφης Φοράς με Ορισμό Κέντρου

G02 X15 Y30 I35 J30 F50

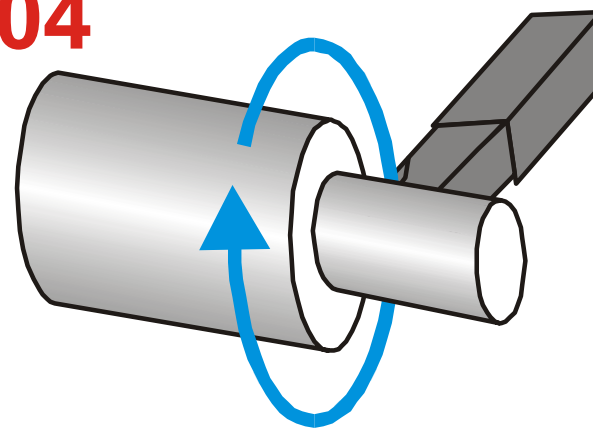


Έλεγχος Βασικών Λειτουργιών Εργαλειομηχανής - Τόρνευση

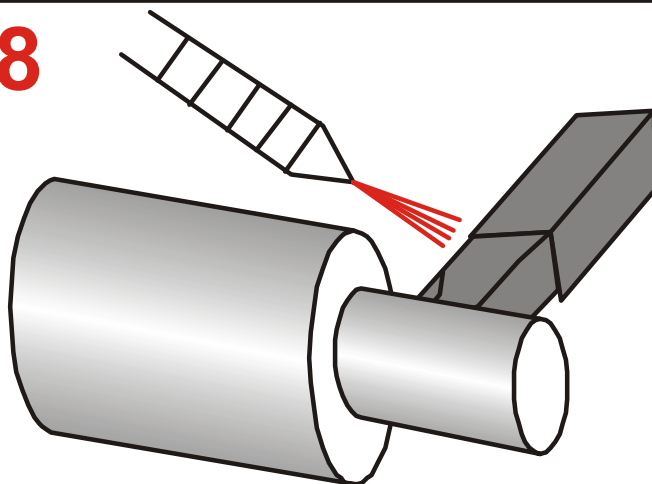
M03



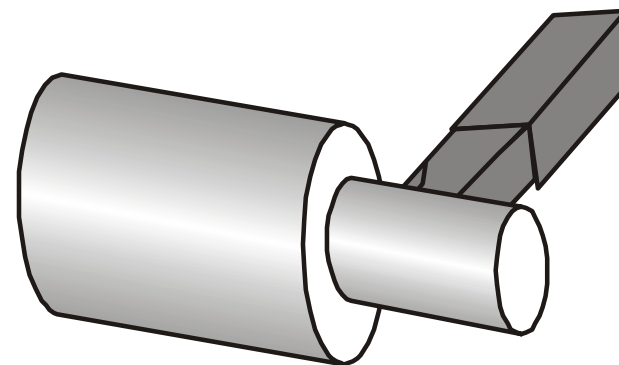
M04



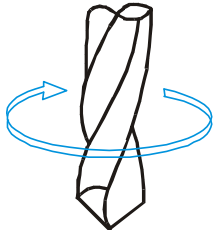
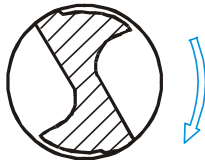
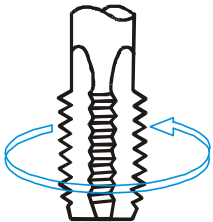
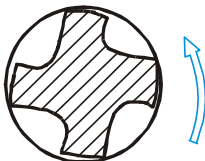
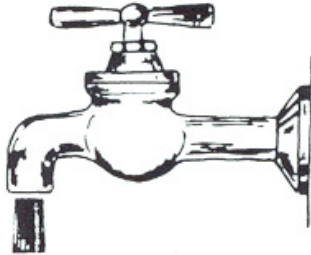
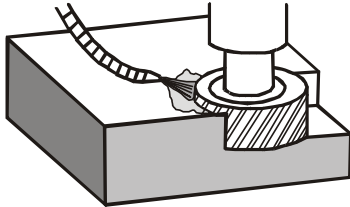
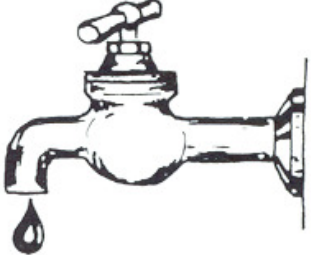
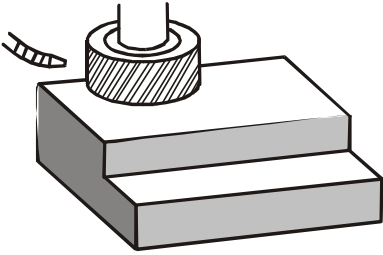
M08



M09



Έλεγχος Βασικών Λειτουργιών Εργαλειομηχανής – Φραιζάρισμα

M03 	
M04 	
M08 	
M09 	



Οι εντολές Λειτουργίας M03– M04 – M05 (Σύνταξη)

- ❑ Η εντολή **M03** περιστρέφει δεξιόστροφα την άτρακτο του κοπτικού εργαλείου στη φρέζα ή το τεμάχιο στον τόρνο. Η εντολή αυτή χρειάζεται ως δεδομένο τις στροφές (S) εκφρασμένες σε [rpm], δηλαδή στροφές/λεπτό.
- ❑ Αντίστοιχα, η εντολή **M04** περιστρέφει αριστερόστροφα την άτρακτο του κοπτικού εργαλείου στη φρέζα ή το τεμάχιο στον τόρνο. Και αυτή η εντολή χρειάζεται ως δεδομένο τις στροφές (S) εκφρασμένες σε [rpm].
- ❑ **Ακύρωση** των εντολών M03 και M04 επιτυγχάνεται με την εντολή **M05**, που σταματά την περιστροφή του εργαλείου στη φρέζα ή του τεμαχίου στον τόρνο.



M03

Σύνταξη :	M03 S...
Παράδειγμα :	M03 S1500

M04

Σύνταξη :	M04 S...
Παράδειγμα :	M04 S250



M05

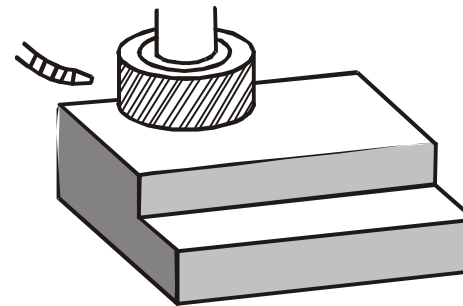
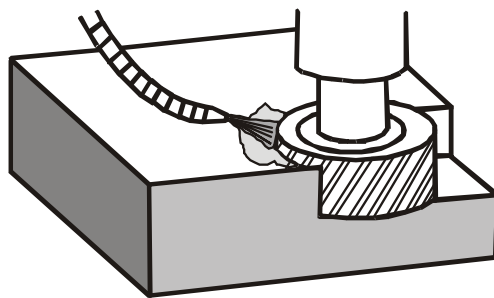
Σύνταξη :	M05
Διακοπή κύριας κίνησης κοπής.	



Οι εντολές Λειτουργίας M08– M09 (Σύνταξη)

- ❑ Οι εντολές **M08** και **M09** ενεργοποιούν και απενεργοποιούν την αντλία παροχής ψυκτικού υγρού.
- ❑ Η κατεύθυνση του ψυκτικού υγρού ρυθμίζεται χειροκίνητα, ώστε τα ακροφύσια να σημαδεύουν τη θέση κοπής, ενώ μία στρόφιγγα στραγγαλίζει την παροχή ρυθμίζοντας την πίεση.

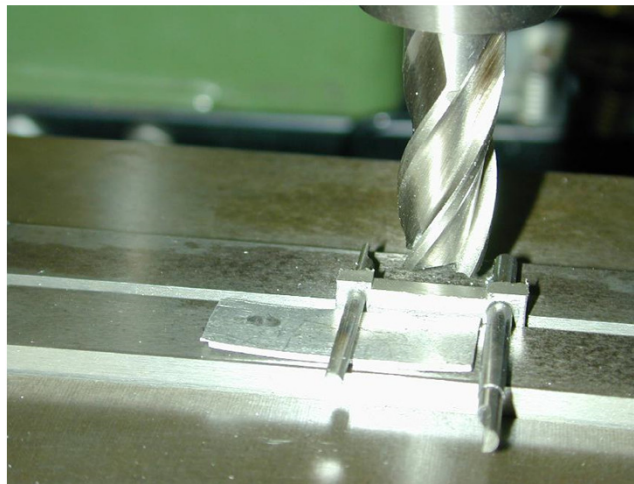
M08	Σύνταξη : M08	M09	Σύνταξη : M09
	Παροχή ψυκτικού υγρού.		Τερματισμός της παροχής ψυκτικού υγρού.



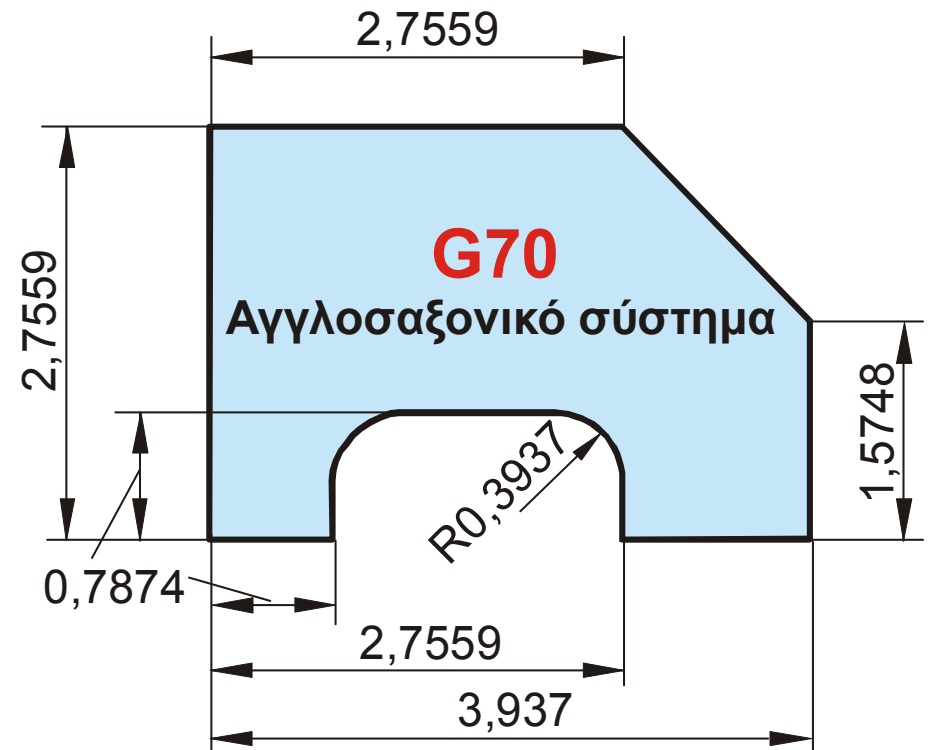
Οι εντολές Λειτουργίας M02– M30

- ❑ Η εντολή **M02** είναι η τελευταία εντολή ενός προγράμματος CNC και υποδηλώνει το τέλος του προγράμματος αυτού (κοπή μόνο ενός τεμαχίου με επιστροφή στο σημείο αναφοράς R ή το μηδενικό σημείο M).
- ❑ Αντίστοιχα, η εντολή **M30** είναι και αυτή η τελευταία εντολή ενός προγράμματος, αλλά μεταφέρει το πρόγραμμα στην αρχή του για νέα εκτέλεση (κοπή ενδιάμεσου τεμαχίου παρτίδας με επιστροφή στο μηδενικό σημείο ΠρογράμματοςP).

M02	Σύνταξη : M02	M30	Σύνταξη : M30
	Τέλος προγράμματος.		Τέλος προγράμματος και μεταφορά για νέα εκτέλεση.



Οι εντολές Ορισμού Μονάδων G70– G71



Οι εντολές Ορισμού Μονάδων G70– G71 (Σύνταξη)

- ❑ Στην ψηφιακή καθοδήγηση υπάρχει δυνατότητα ορισμού διαφόρων χαρακτηριστικών της κατεργασίας, όπως για παράδειγμα το είδος των μονάδων μέτρησης για μήκη. Αυτές οι διαφορετικές εντολές ορισμού μονάδων περιγράφονται παρακάτω :
- ❑ Οι εντολές **G70** και **G71** καθορίζουν το είδος των μονάδων μέτρησης, αν θα είναι δηλαδή στο ή στο αγγλοσαξονικό μετρικό σύστημα.
- ❑ Η εντολή **G71** (μονάδες στο Μετρικό σύστημα) είναι **συνήθως standard** στις Εργαλειομηχανές. Η μία εντολή αίρει την προηγούμενη και αντίστροφα.

G70	Σύνταξη : G70	G71	Σύνταξη : G71
	Μονάδες στο αγγλοσαξονικό σύστημα (ίντσες)		Μονάδες στο μετρικό σύστημα (mm)



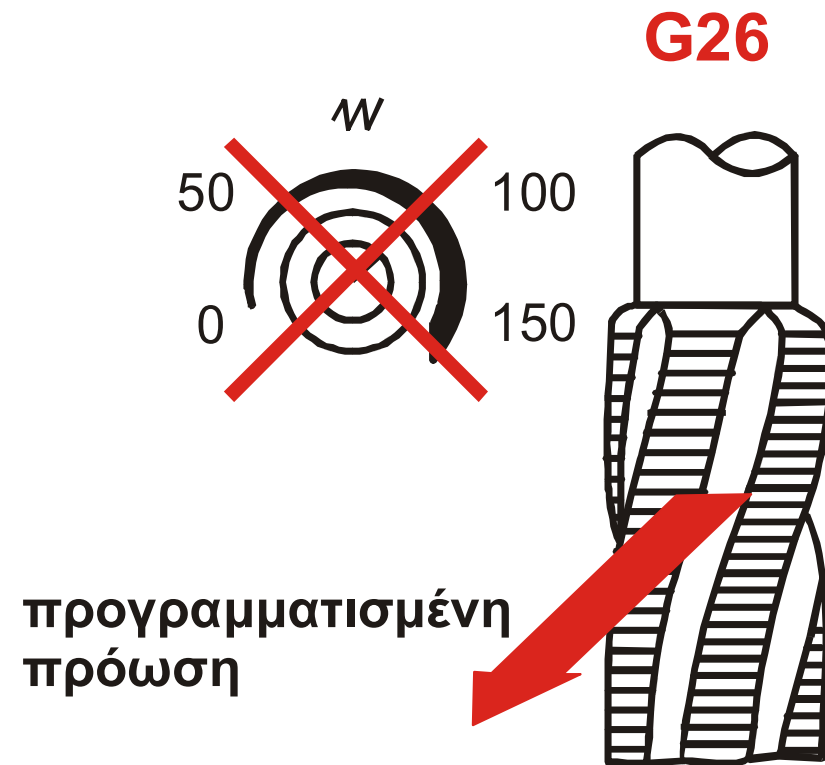
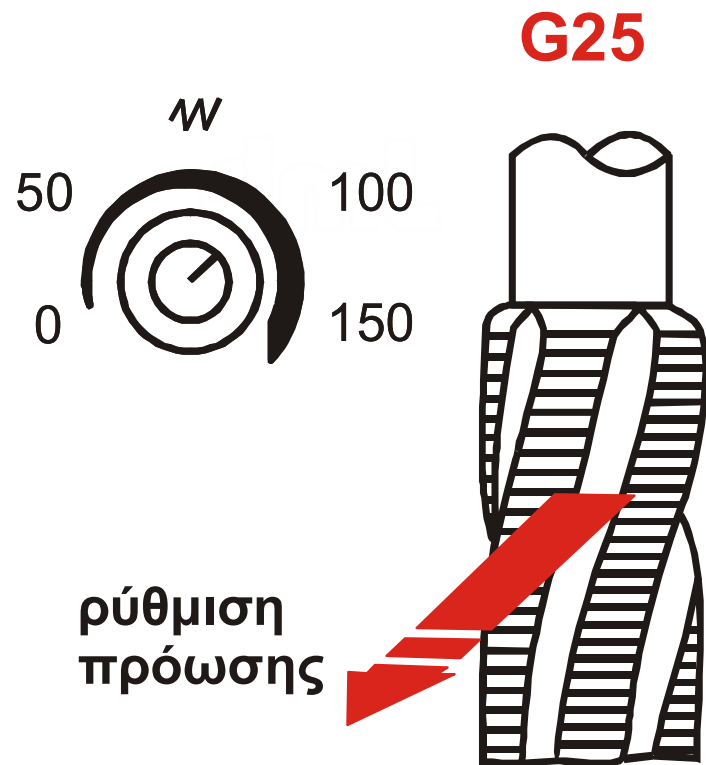
Οι εντολές Ορισμού Μονάδων Πρόωσης G94– G95 (Σύνταξη)

- ❑ Στην ψηφιακή καθοδήγηση υπάρχει δυνατότητα ορισμού διαφόρων χαρακτηριστικών της κατεργασίας, όπως για παράδειγμα οι μονάδα μέτρησης της πρόωσης. Αυτές οι διαφορετικές εντολές ορισμού περιγράφονται παρακάτω :
- ❑ Οι εντολές **G94** και **G95** καθορίζουν το είδος των μονάδων μέτρησης της πρόωσης, αν θα είναι δηλαδή σε mm/min ή σε mm/rev του κοπτικού εργαλείου αντίστοιχα.
- ❑ Η εντολή G94 (πρόωση σε mm/min) είναι **συνήθως standard** στις Εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση.

G94	Σύνταξη :	G94	G95	Σύνταξη :	G95
	Μονάδες πρόωσης σε mm/min.			Μονάδες πρόωσης σε mm/rev (mm ανά περιστροφή του κοπτικού εργαλείου).	



Οι εντολές μεταβολής και Κλειδώματος τη Πρόωσης G25 – G26



Οι εντολές μεταβολής και Κλειδώματος τη Πρόωσης G25 – G26 (σύνταξη)

- ❑ Για την αποφυγή υπέρβασης της προγραμματισμένης πρόωσης μέσω του χειριστηρίου ελέγχου της, χρησιμοποιείται η εντολή **G26**, η οποία λειτουργεί σαν ασφάλεια.
- ❑ Έτσι, η εντολή G26 απαγορεύει τον έλεγχο της πρόωσης και το πρόγραμμα εκτελείται με την προκαθορισμένη πρόωση. **Αντίθετα, η εντολή G25** επιτρέπει την υπέρβαση της προγραμματισμένης πρόωσης μέσω του χειριστηρίου της εργαλειομηχανής.
- ❑ Η εντολή G25 (δυνατότητα μεταβολής της πρόωσης) είναι **συνήθως standard** στις Εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση.

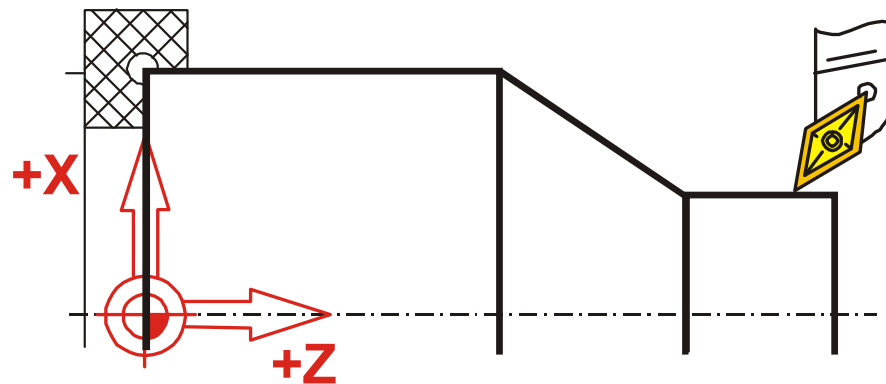
G25	Σύνταξη : G25	G26	Σύνταξη : G26
	Επιτρέπεται η υπέρβαση της πρόωσης.		Δεν επιτρέπεται η υπέρβαση της πρόωσης. Το εργαλείο κινείται με την πρόωση που έχει προγραμματισθεί.



Οι εντολές για Σταθερή Ταχύτητα Κοπής και Στροφές G96 – G97

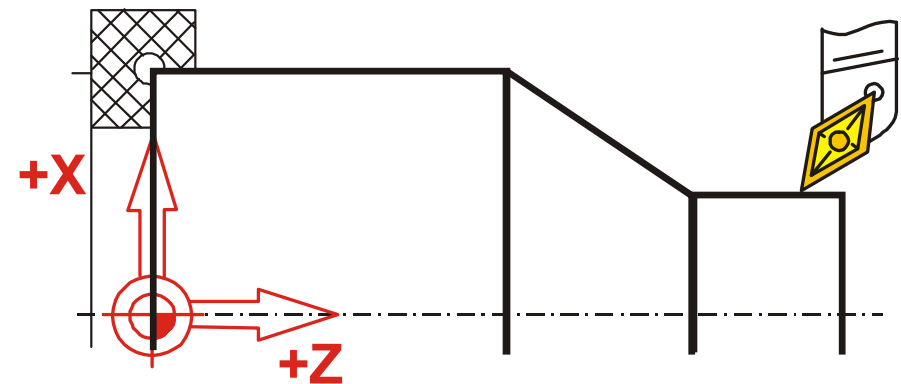
G96 D3000 S180

Σταθερή ταχύτητα κοπής
σε m/min



G97 S2400

Σταθερός αριθμός στροφών
σε rpm



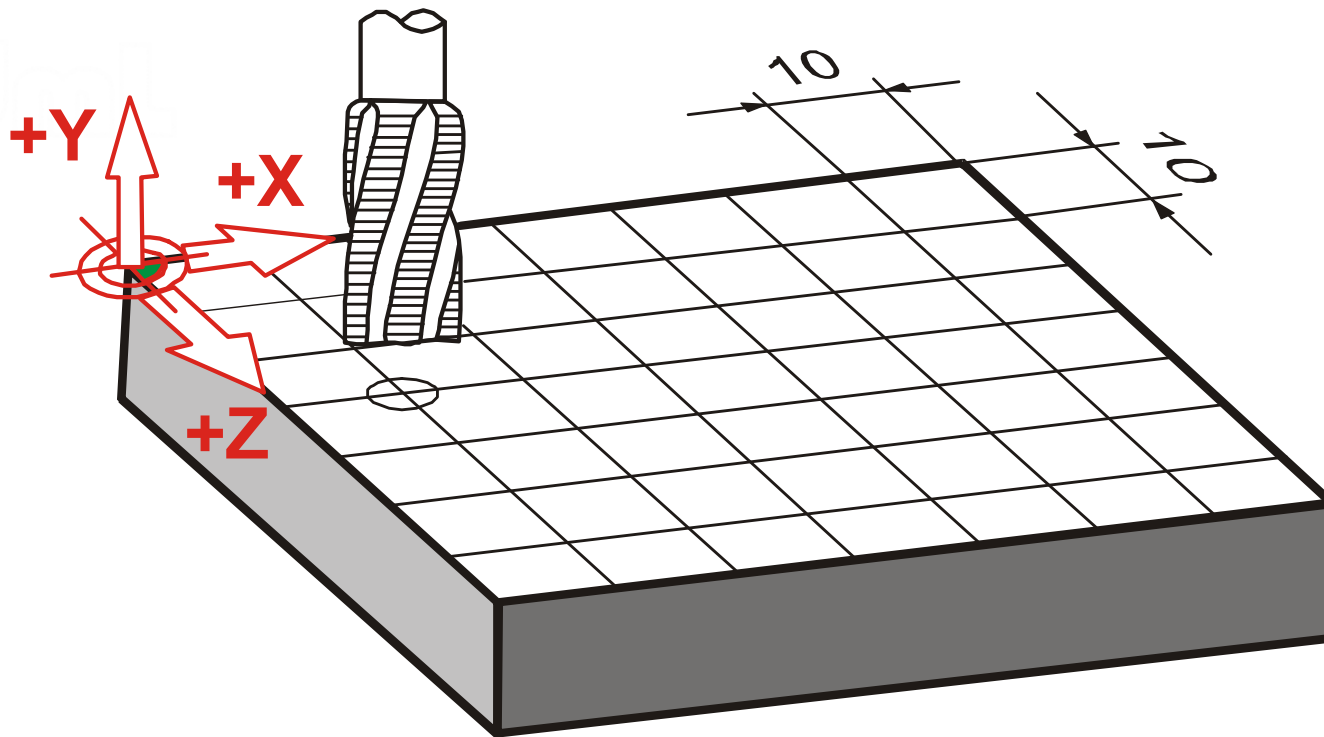
Σταθερή Ταχύτητα Κοπής και Στροφές G96 – G97 (σύνταξη)

- ❑ Στην τόννευση με ψηφιακή καθοδήγηση δίνεται η δυνατότητα διατήρησης σταθερών στροφών στη διάρκεια μίας κατεργασίας αλλά και διατήρησης σταθερής ταχύτητας κοπής.
- ❑ Η σταθερή ταχύτητα κοπής προϋποθέτει, για τις περιπτώσεις εγκάρσιας ή πλάγιας μετατόπισης του κοπτικού εργαλείου, τη διαρκή ρύθμιση των στροφών περιστροφής του τεμαχίου. Οι εντολές που ενεργοποιούν τη λειτουργία αυτή, είναι οι G96 και G97.
- ❑ Η εντολή G97, που ισχύει εξ ορισμού, είναι η εντολή διατήρησης σταθερών στροφών. Με τη δήλωση όμως της εντολής G96, οι στροφές διαφοροποιούνται και η ταχύτητα κοπής παραμένει σταθερή.
- ❑ Την εντολή G97 συνοδεύει η λέξη S με τη δήλωση του αριθμού των στροφών. Τα χαρακτηριστικά που απαιτούνται και που συνοδεύουν την εντολή G96, είναι: ο μέγιστος αριθμός των στροφών που δεν πρέπει να ξεπεραστεί (D) και η επιθυμητή ταχύτητα κοπής (S),

G96	Σύνταξη : G96 D... S...	G97	Σύνταξη : G97 S...
	Σταθερή ταχύτητα κοπής.		Σταθερές στροφές.



Αρχική θέση X10 Z30

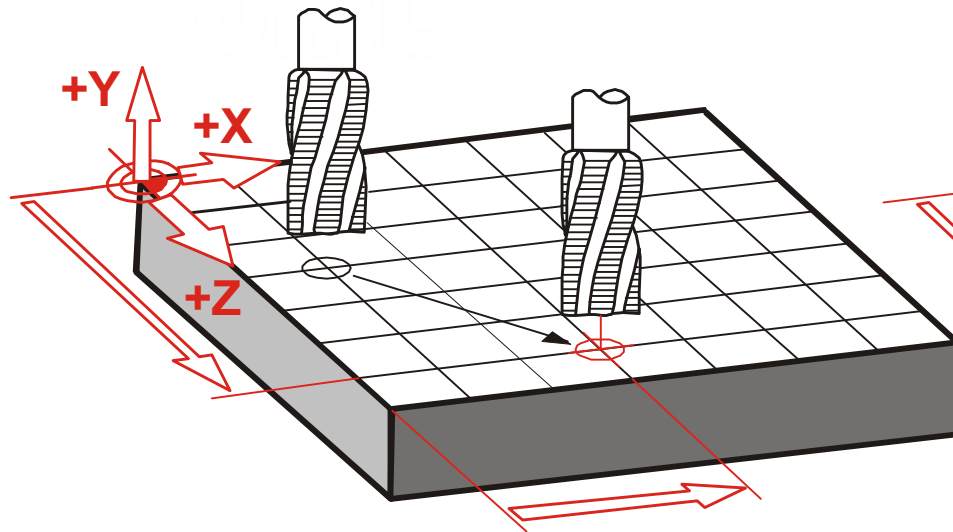


Καθορισμός Απόλυτου Συστήματος Μέτρησης Συντεταγμένων – G90

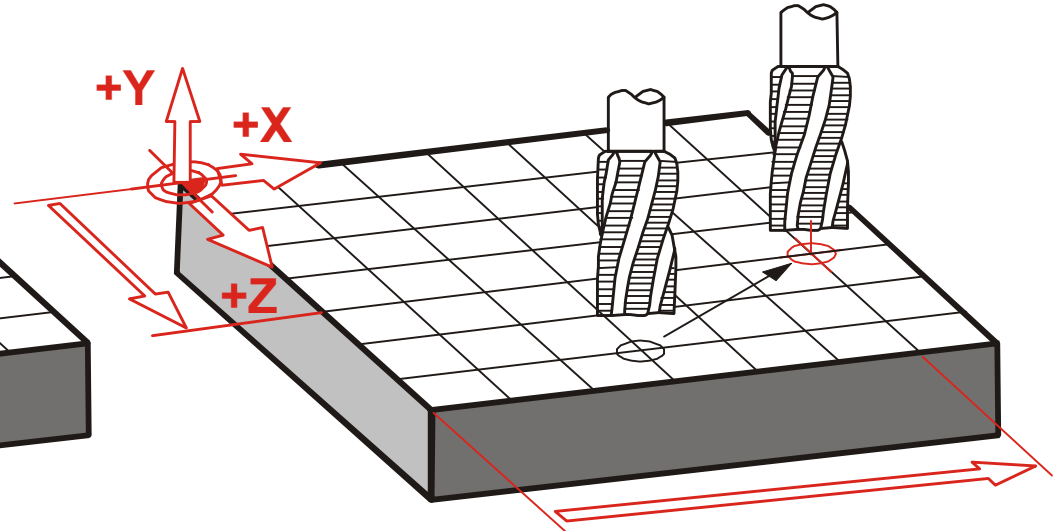
Τοποθέτηση με απόλυτες
συντεταγμένες στη θέση
X30 Z60

G90

Τοποθέτηση με απόλυτες
συντεταγμένες στη θέση
X60 Z40



G00 X30 Z60



G00 X60 Z40

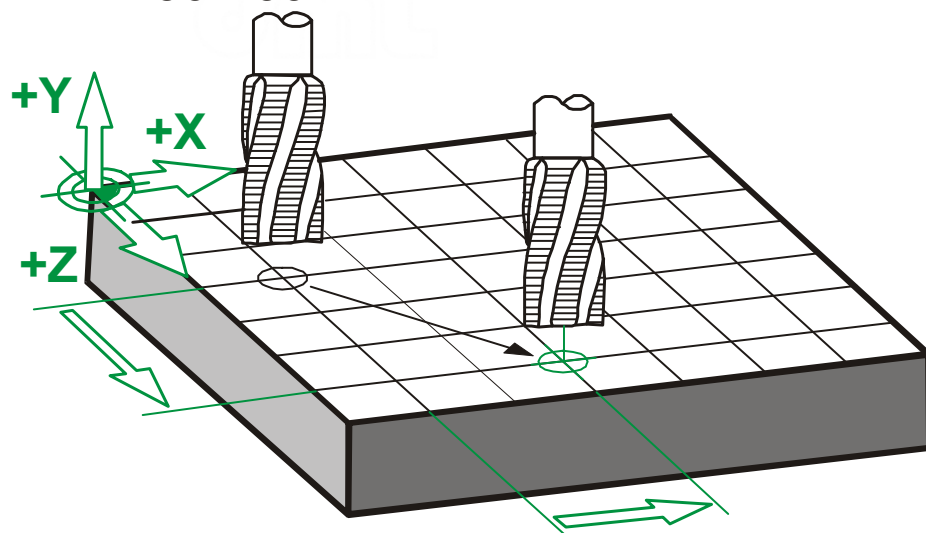


Καθορισμός Σχετικού Συστήματος Μέτρησης Συντεταγμένων – G91

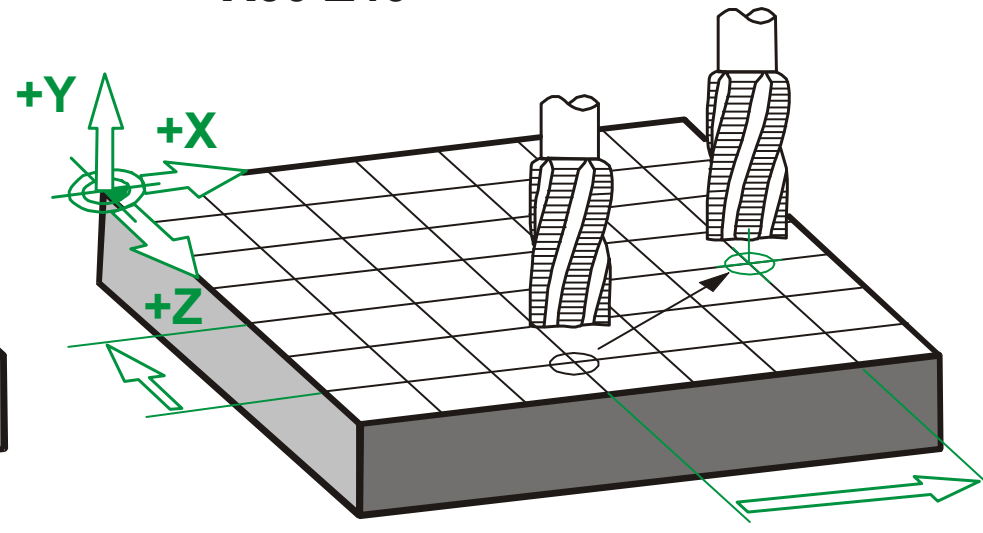
Τοποθέτηση με σχετικές
συντεταγμένες στη θέση
X30 Z60

G91

Τοποθέτηση με σχετικές
συντεταγμένες στη θέση
X60 Z40



G00 X20 Z30



G00 X30 Z-20



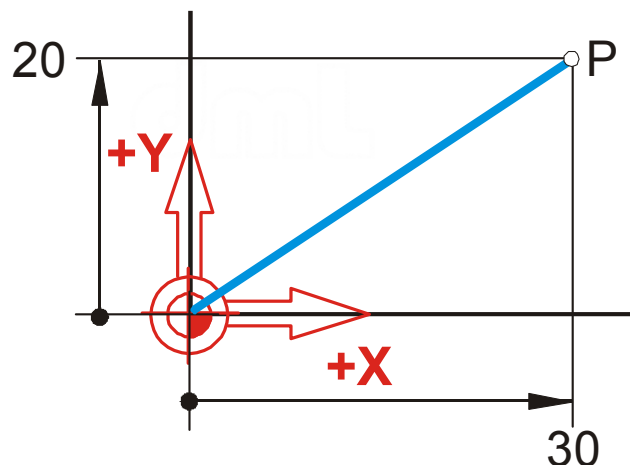
Ορισμός Συστήματος Μέτρησης Συντεταγμένων G90 – G91 (σύνταξη)

- ❑ Στον **απόλυτο τρόπο** οι **συντεταγμένες** κάθε σημείου δίνονται ως προς το αρχικό σύστημα συντεταγμένων, ενώ στο **σχετικό τρόπο** ως προς την προηγούμενη θέση. Οι δύο τρόποι αυτοί είναι ισοδύναμοι, δηλαδή οδηγούν το εργαλείο στην ίδια ακριβώς θέση.
- ❑ Η επιλογή του κάθε τρόπου γίνεται **με τις εντολές G90 και G91** για τον απόλυτο ή το σχετικό τρόπο, αντίστοιχα. Αν δεν δηλωθεί στο πρόγραμμα ο τρόπος καθορισμού των συντεταγμένων, η **εργαλειομηχανή έχει εξ ορισμού τον απόλυτο τρόπο (G90)**. Σε κάθε περίπτωση αλλαγής του τρόπου καθορισμού των συντεταγμένων, αυτός ισχύει, μέχρι να δηλωθεί στο πρόγραμμα ένας νέος τρόπος. Έτσι :
- ❑ **Η εντολή G90** ενεργοποιεί τον απόλυτο τρόπο καθορισμού των συντεταγμένων.
- ❑ **Η εντολή G91** ενεργοποιεί το σχετικό τρόπο καθορισμού των συντεταγμένων.

G90	Σύνταξη :	G90	G91	Σύνταξη :	G91
------------	-----------	------------	------------	-----------	------------



Καρτεσιανές συντεταγμένες

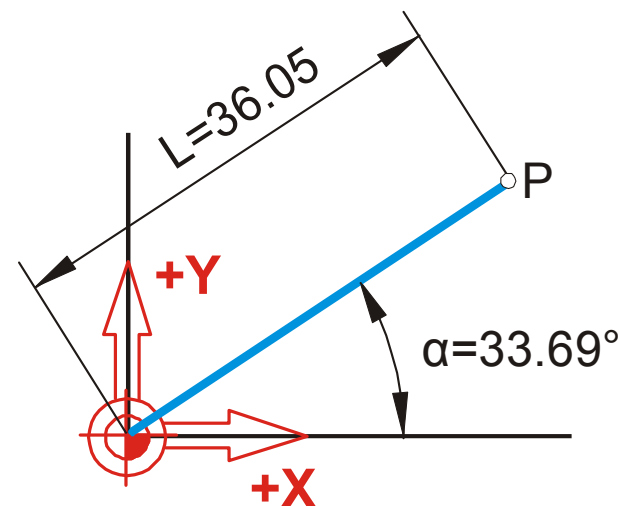


$$L = \sqrt{30^2 + 20^2} =$$
$$L = 36.05 \text{ mm}$$

$$\varepsilon\varphi\alpha = \frac{20 \text{ mm}}{30 \text{ mm}} = 0.67$$

$$\alpha = 33.69^\circ$$

Πολικές συντεταγμένες

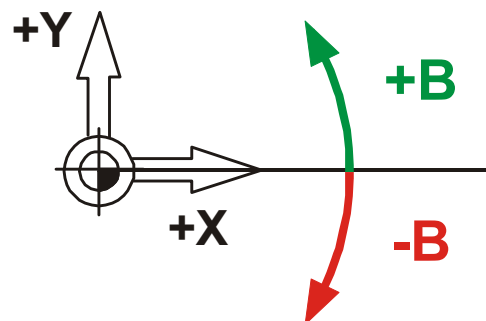


- ❑ Στη σύνταξη των εντολών ψηφιακής καθοδήγησης είναι δυνατό να ορίζονται τα διάφορα σημεία με **πολικές συντεταγμένες**.
- ❑ Αυτό γίνεται μέσω αντικατάστασης στη σύνταξη των εντολών των λέξεων, που περιλαμβάνουν καρτεσιανές συντεταγμένες με αντίστοιχες λέξεις, που περιλαμβάνουν πολικές. Οι λέξεις αυτές **σχηματίζονται από τα γράμματα B και L για τη γωνία και την απόσταση αντίστοιχα**.

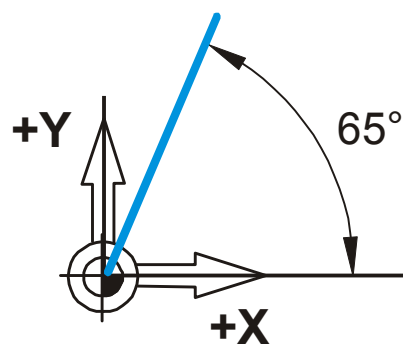


Χρήση Πολικών Συντεταγμένων – Θετικό και Αρνητικό B

Πρόσημο γωνίας
πολικών συντεταγμένων



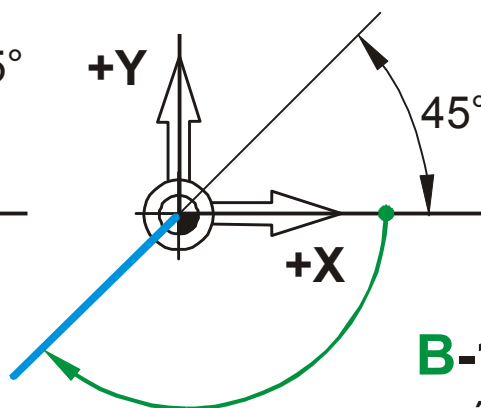
Παραδείγματα γωνίας πολικών συντεταγμένων



B65

ή

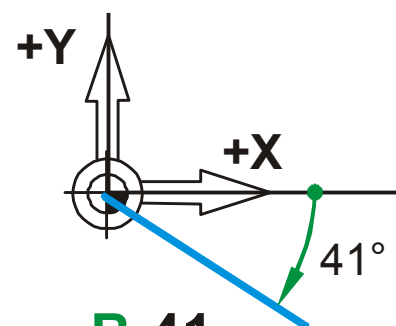
B-295



B-135

ή

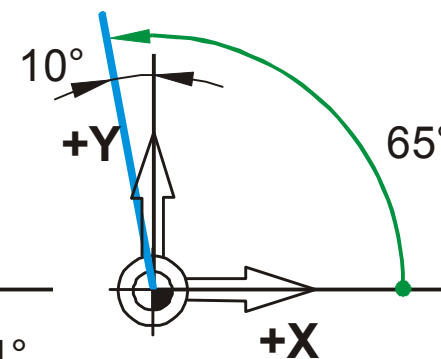
B225



B-41

ή

B318



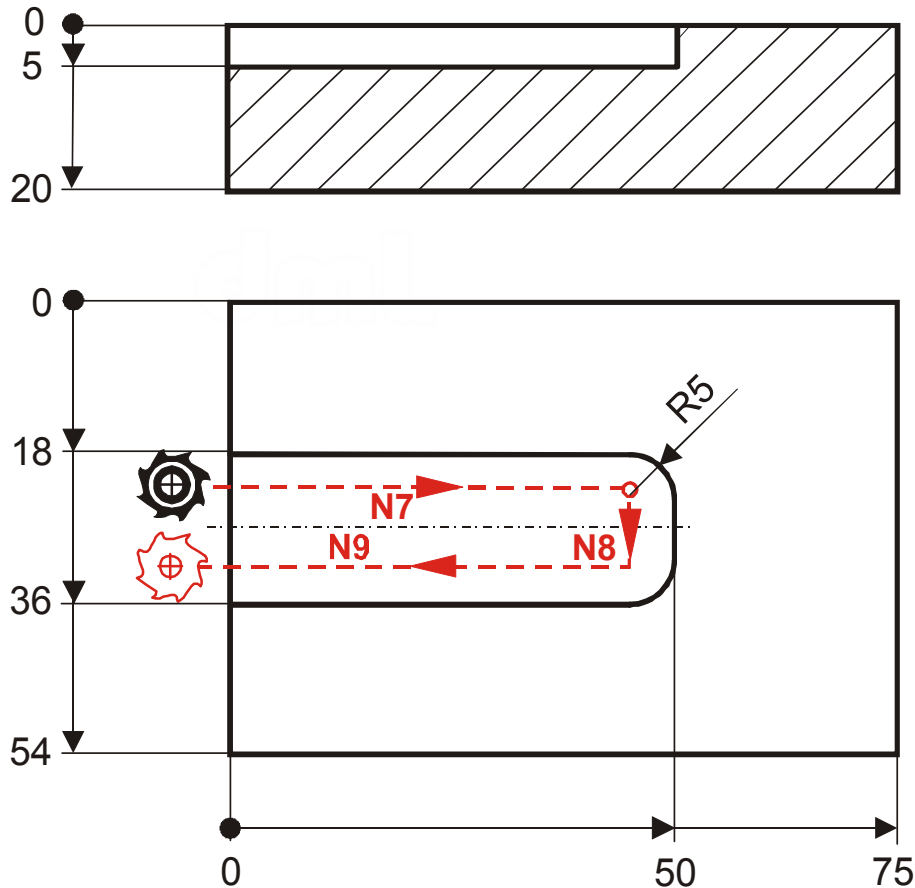
B100

ή

B-260



Αντιστάθμιση Κοπτικού Εργαλείου



- **Αντιστάθμιση των κοπτικών εργαλείων** είναι η δυνατότητα που δίδεται στις ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές, να λαμβάνουν υπόψη τους για τον προγραμματισμό των κινήσεων, κατόπιν συγκεκριμένης εντολής από το χειριστή τους, τις διαστάσεις του κοπτικού εργαλείου, ώστε να προγραμματίζονται οι κινήσεις του σύμφωνα με το περίγραμμα του κατεργαζόμενου τεμαχίου.
- Αυτό γίνεται για να μην υπολογίζουμε κάθε φορά την **ισοαποστασιακή τροχιά** του κοπτικού εργαλείου λόγω της ακτίνας του, αφού με το πρόγραμμα καθοδηγούμε τον **άξονα περιστροφής** και όχι την **εξωτερική του διάμετρο**.



Οι εντολές Αντιστάθμισης G40– G41 – G42 – G43 – G44 στο χώρο

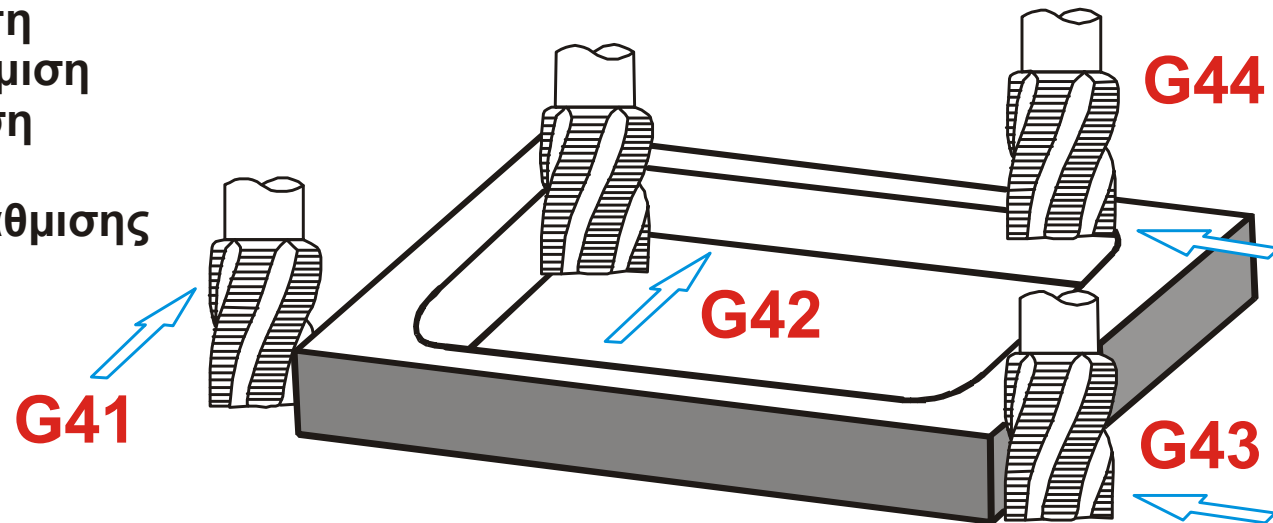
G41 : Αριστερή αντιστάθμιση

G42 : Δεξιά αντιστάθμιση

G43 : Εμπρός αντιστάθμιση

G44 : Πίσω αντιστάθμιση

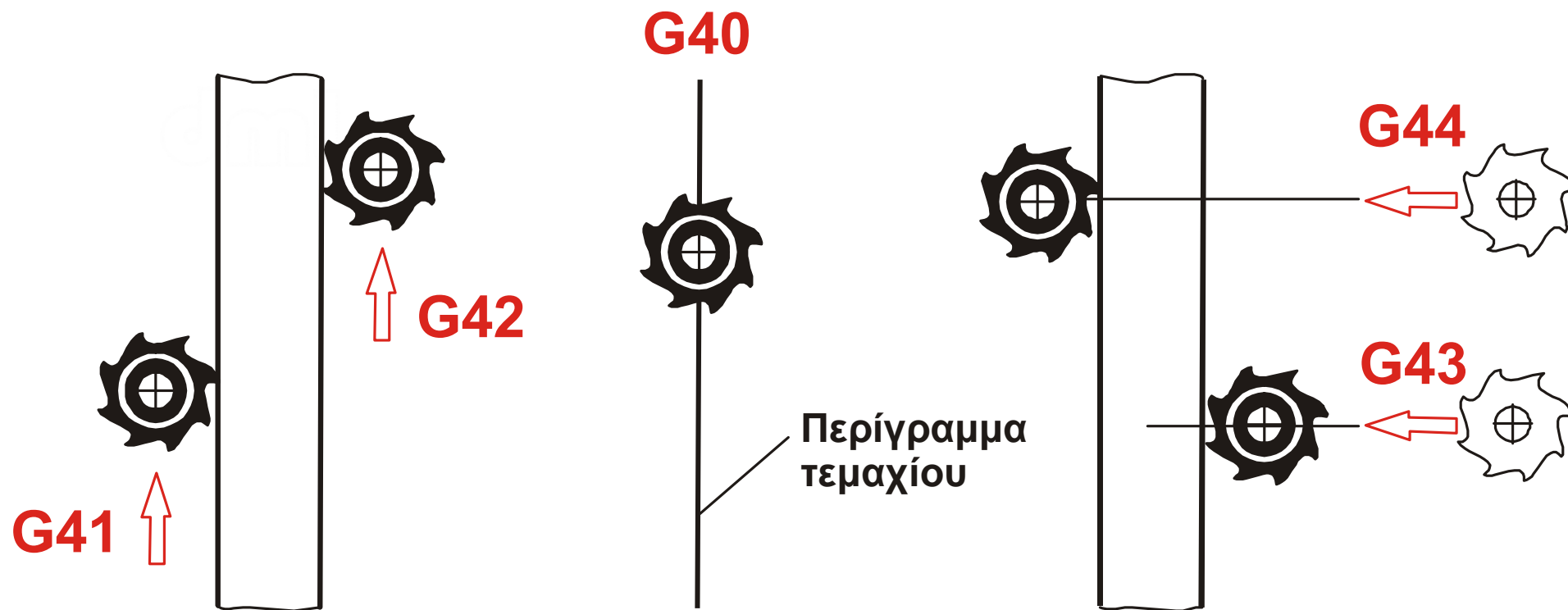
G40 : Ακύρωση αντιστάθμισης



- ❑ Υπάρχουν τέσσερα είδη αντιστάθμισης (αριστερά **G41**, δεξιά **G42**, εμπρός **G43** και πίσω **G44**)
- ❑ Υπάρχει εντολή και για την άρση της οποιαδήποτε αντιστάθμισης **G40**.



Οι εντολές Αντιστάθμισης σε Δύο Διαστάσεις

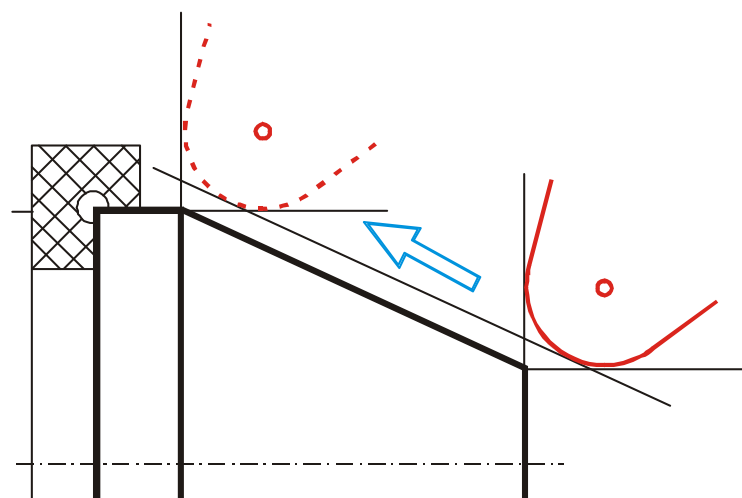
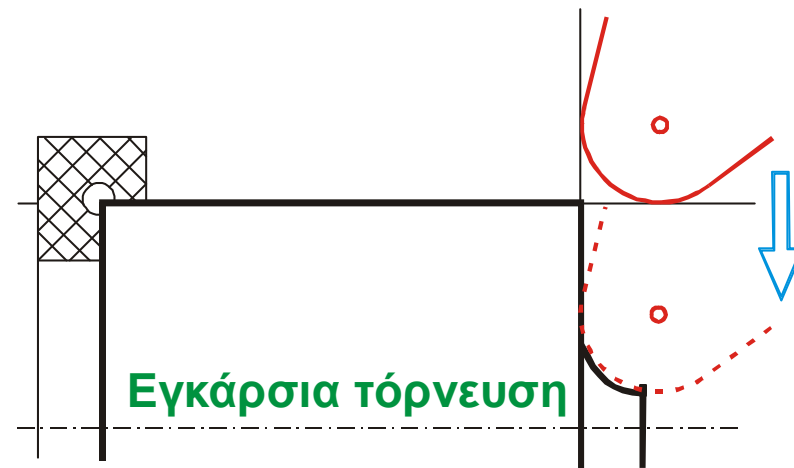
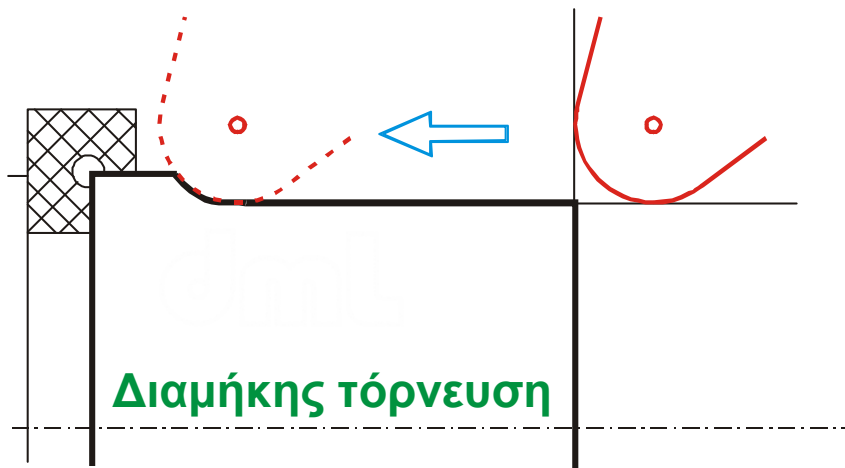


Σύνταξη των Εντολών Αντιστάθμισης

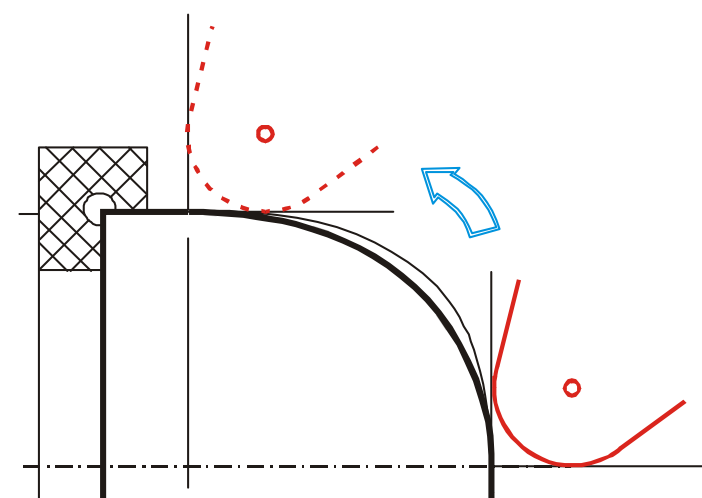
G41	Σύνταξη : G41	G42	Σύνταξη : G42
	Ενεργοποιείται η αριστερή αντιστάθμιση. Το κοπτικό εργαλείο κινείται αριστερά από το περίγραμμα του τεμαχίου.		Ενεργοποιείται η δεξιά αντιστάθμιση. Το κοπτικό εργαλείο κινείται δεξιά από το περίγραμμα του τεμαχίου.
G43	Σύνταξη : G43 X.. ή Y.. ή Z...	G44	Σύνταξη : G44 X.. ή Y.. ή Z...
	Εμπρός αντιστάθμιση. Το κοπτικό εργαλείο έρχεται «πρόσωπο» με το περίγραμμα του τεμαχίου.		Πίσω αντιστάθμιση. Το κοπτικό εργαλείο προσπερνά το περίγραμμα του τεμαχίου σε συγκεκριμένο σημείο.
G40	Σύνταξη : G40		
	Αναίρεση αντιστάθμισης		



Ανάγκες Αντιστάθμισης καμπυλότητας Κοπτικού στην Τόρνευση



Κωνική τóρνευση



Κυκλική τóρνευση



Άσκηση

Στη συνέχεια ακολουθεί άσκηση σχετική με το λογισμικό CAM.

Την άσκηση αυτή πρέπει να την υλοποιήσετε στο αντίστοιχο λογισμικό του PTC Pro Engineer Creo 2.0 και να την αποστείλετε σε ηλεκτρονική μορφή μέχρι το επόμενο μάθημα (μέχρι την ημέρα του επόμενου μαθήματος, πριν από αυτό).

Για την άσκηση στο λογισμικό CAM ζητείται να παραδοθούν τα αρχεία της κατεργασίας και το πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης.

Μαζί με τα αρχεία αυτά πρέπει να παραδοθεί και αναφορά, στην οποία να περιγράφεται:

- Η διαδικασία υλοποίησης των ασκήσεων

- Η μεθοδολογία που ακολουθήσατε και η ροή των εντολών στο λογισμικό

- Πιθανά προβλήματα και δυσκολίες που συναντήσατε

- Πιθανές σκέψεις που μπορεί να σας αναπτυχθούν, σε σχέση με τη διαδικασία χειρισμού του λογισμικού, οι οποίες πιστεύετε ότι θα έκαναν απλούστερη την υλοποίηση των ασκήσεων (με αντίστοιχη τεκμηρίωση)



Συστήματα CAM – Άσκηση

Ορίσετε το πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης για τη διαμόρφωση της πάνω επιφάνειας του αντικειμένου της 2^{ης} άσκησης Blend (καμπύλη επιφάνεια, χωρίς το χερούλι και τις τρύπες, ένα δέσιμο του τεμαχίου στην εργαλειομηχανή), με δεδομένο ότι το σχήμα είναι σε κατάλληλη κλίμακα, ώστε το μέγιστο μήκος του να είναι λιγότερο από 100mm και το μέγιστο ύψος του έως 25mm. Με αυτά τα δεδομένα βρείτε την κλίμακα που ικανοποιεί και τις 2 συνθήκες.

Το ακατέργαστο τεμάχιο είναι από πλαστικό etalon 100mmX100mmX50mm. Θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή κοπτικό εργαλείο σφαιρικού άκρου Φ6.

Αρχικά πρέπει να γίνει εκχόνδριση του ακατέργαστου τεμαχίου με επίπεδο κοπτικό εργαλείο Φ12.

Για τον ορισμό του προγράμματος ψηφιακής καθοδήγησης, χρησιμοποιείτε κατάλληλο λογισμικό CAM.

Για τη δημιουργία του προγράμματος ψηφιακής καθοδήγησης στο λογισμικό CAM, θα χρησιμοποιήσετε τον τελικό επεξεργαστή p89, ο οποίος είναι διαθέσιμος στο eclass. Ο τελικός επεξεργαστής p89 μεταφράζει την κατεργασία σε πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης κατάλληλης μορφής, για να εκτελεστεί στις εργαλειομηχανές Haas, οι οποίες είναι εγκατεστημένες στο εργαστήριο.

Το αρχείο του τελικού επεξεργαστή πρέπει να το αντιγράψετε στον υποκατάλογο C:\...\Creo 2.0\Common Files\M030\i486_nt\gpost, του λογισμικού Creo 2.0, για να μπορέσετε να τον επιλέξετε, κατά την τελική επεξεργασία, για εξαγωγή προγράμματος ψηφιακής καθοδήγησης για τις εργαλειομηχανές Haas, που είναι εγκατεστημένες στο εργαστήριο.

