



Παράρτημα
Καρδίτσας



Τμήμα Σχεδιασμού και Τεχνολογίας Ξύλου και Επίπλου

CAD/CAM I

(ΘΕΩΡΙΑ)

ΔΙΔΑΣΚΩΝ :

ΝΤΙΝΤΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ (MSc)

Καθηγητής Εφαρμογών

ΚΑΡΔΙΤΣΑ 2011



- **ΤΙ ΕΙΝΑΙ CAD:** Η ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΛΟΓΙΣΜΙΚΩΝ Η/Υ
- **ΤΙ ΕΙΝΑΙ CAM:** ΕΙΝΑΙ ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΥ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ
- **ΤΙ ΕΙΝΑΙ CAD/CAM:** ΕΙΝΑΙ Η ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ CAD ΚΑΙ ΕΝΑ ΣΥΣΤΗΜΑ CAM ΠΡΟΚΕΙΜΕΝΟΥ ΝΑ ΚΑΘΟΔΗΓΗΘΕΙ ΜΙΑ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗ CNC ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ



- **ΣΤΟΧΟΙ CAD/CAM**

- ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΨΗΦΙΑΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ
- ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΚΩΔΙΚΑ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗΣ CNC
- ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ
- ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΣΦΑΛΜΑΤΩΝ
- ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ
- ΨΗΦΙΑΚΗ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗΣ



• ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ CAD/CAM

- Η ΧΡΗΣΗ CAD/CAM ΞΕΚΙΝΗΣΕ ΤΗ ΔΕΚΑΕΤΙΑ ΤΟΥ '60 ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ RENAULT, CITROEN, FORD, GM ΚΑΙ ΤΗΝ BOEING
- 1971 Η ΠΡΩΤΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ CAD ΤΟ SKETCHPAD
- 1971 Η ΕΤΑΙΡΕΙΑ MCS (Dr.P.J. Hanratty) ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΣΕ ΤΟ ADAM
- ΤΟ 1988 ΕΜΦΑΝΙΖΕΤΑΙ ΤΟ Pro/Engineer (feature based modeling, parametric modeling) , ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΣΥΓΧΡΟΝΟ ΣΥΣΤΗΜΑ CAD/CAM
- ΑΡΧΕΣ '90 Η ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΠΥΡΗΝΩΝ ΣΤΕΡΕΑΣ ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗΣ
- ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ MID-RANGE ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΟΠΩΣ : SolidWorks, SolidEdge, TopSolid, Inventor κ.α.

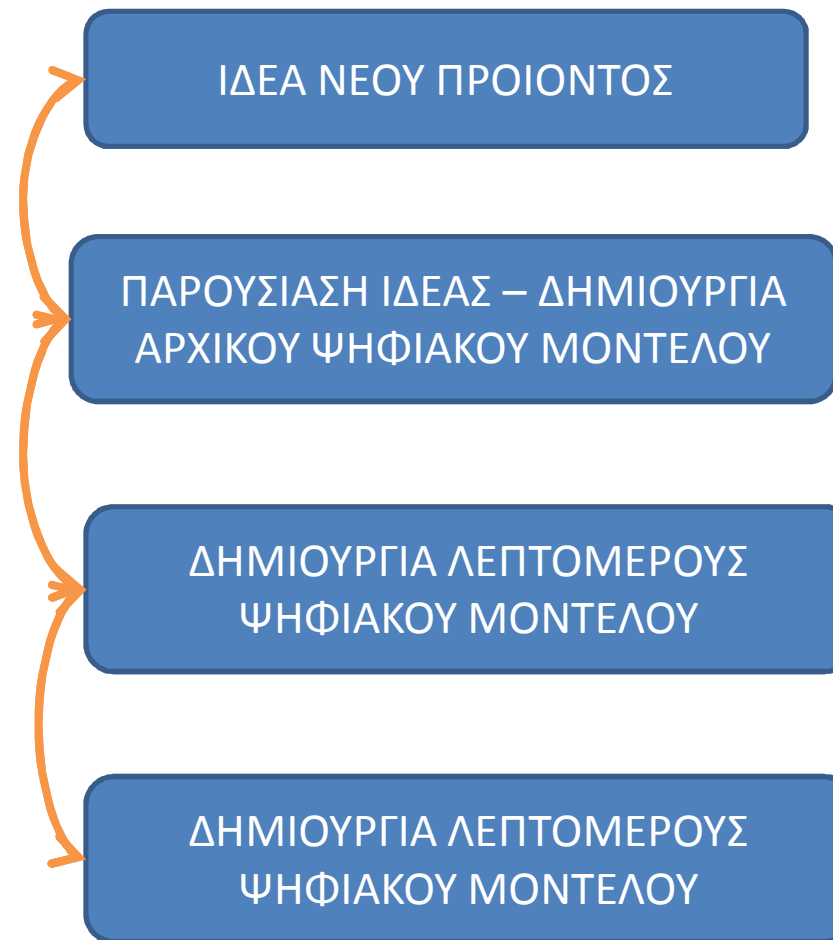


- **Η ΧΡΗΣΗ CAD/CAM ΣΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ**
 - ΣΤΑΔΙΟ 1^ο : ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ (CAD)
 - ΣΤΑΔΙΟ 2^ο : ΛΕΠΤΟΜΕΡΗΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ (CAD)
 - ΣΤΑΔΙΟ 3^ο : ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (CAD/CAM)
 - ΣΤΑΔΙΟ 4^ο : ΠΑΡΑΓΩΓΗ (CAM)

ΟΛΑ ΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΙΝΑΙ ΑΛΛΗΛΕΝΔΕΤΑ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ
ΚΑΙ Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ CAD/CAM ΜΕΓΙΣΤΟΠΟΙΕΙΤΑΙ



- **Η ΧΡΗΣΗ CAD/CAM ΣΤΑ ΣΤΑΔΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΙΟΝΤΟΣ**





ΠΕΔΙΑ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ CAD/CAM

- **ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ:** ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΞΥΛΟΥ, ΜΕΤΑΛΛΟΥ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΚΤΗΡΙΩΝ κ.α.
- **ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ :** ΑΕΡΟΠΟΡΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ, ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΩΝ κ.α.
- **ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ:** ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΛΑΚΕΤΩΝ, ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΑ ΚΥΚΛΩΜΑΤΑ, ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ κ.α.
- **ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ:** ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΝΔΥΜΑΤΩΝ, ΥΠΟΔΗΜΑΤΩΝ κ.α.



- **ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΜΕΤΑΒΑΣΗΣ ΑΠΟ NC ΣΕ CNC**

Η ΠΡΟΜΗΘΕΙΑ ΕΝΟΣ CNC ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΕΝΑ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΒΗΜΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΜΙΑΣ ΕΤΑΙΡΕΙΑΣ -- Η ΜΗΠΩΣ ΟΧΙ?

ΠΡΙΝ ΑΠΟΦΑΣΙΣΤΕΙ Η ΑΓΟΡΑ ΕΝΟΣ CNC ΘΑ ΠΡΕΠΕΙ:

ΤΟ CNC ΠΟΥ ΘΑ ΑΓΟΡΑΣΟΥΜΕ ΝΑ ΚΑΛΥΠΤΕΙ ΤΙΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΤΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΗΣ

ΝΑ ΓΙΝΕΙ ΣΩΣΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΙΣΗ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ

ΝΑ ΕΧΕΙ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΤΕΙ Η ΑΓΟΡΑ ΠΡΟΩΘΗΣΗΣ ΤΟΥ ΑΥΞΗΜΕΝΟΥ ΟΓΚΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΝΑ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΤΕΙ Η ΑΥΞΗΜΕΝΗ ΑΝΑΓΚΗ ΣΕ ΠΡΩΤΕΣ ΥΛΕΣ

ΝΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΗ ΣΤΗΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟ ΑΥΞΗΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ Κ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΟΣ



- **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ CNC ENANTI NC**

ΑΥΞΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΕ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟΥΣ ΠΟΡΟΥΣ

ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

ΜΕΙΩΣΗ ΤΟΥ ΝΕΚΡΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

ΒΕΛΤΙΩΣΗ ΣΤΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

ΕΝΟΠΟΙΗΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ ΜΕ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ



- **ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ CNC ENANTI NC**

ΕΛΑΤΤΩΝΟΝΤΑΙ Η ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΕΣ ΑΤΥΧΗΜΑΤΟΣ

ΑΥΤΟΜΑΤΟΠΟΙΗΜΕΝΗ ΧΡΗΣΗ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

ΕΥΕΛΙΞΙΑ ΣΤΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ

ΕΝΔΕΧΟΜΕΝΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗ ΓΕΩΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΤΕΜΑΧΙΟΥ ΥΙΟΘΕΤΟΥΝΤΑΙ
ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΥΚΟΛΟΤΕΡΑ

ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΓΡΑΦΙΚΗΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗΣ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ



- **ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ CNC ENANTI NC**

ΜΕΓΑΛΟ ΚΟΣΤΟΣ ΕΠΕΝΔΥΣΗΣ

ΑΥΞΗΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

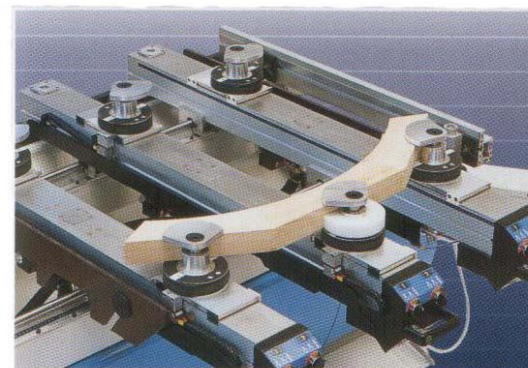
ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΑΠΌ ΕΞΕΙΔΙΚΕΥΜΕΝΟ ΠΡΟΣΩΠΙΚΟ

ΜΕΓΑΛΗ ΠΙΘΑΝΟΤΗΤΑ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ/ ΑΝΑΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΥΠΑΡΧΟΝΤΟΣ
ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ CAD

ΑΥΞΗΜΕΝΟ ΚΟΣΤΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΙΚΩΝ



CNC ΞΥΛΟΥ





- **ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΣΕ CNC**

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΠΡΟΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΕΛΕΓΧΟΝΤΑΣ ΚΑΙ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ ΤΑ ΟΡΙΑ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΚΑΤΑΛΛΗΛΩΝ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΠΙΘΥΜΗΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΣΤΗΝ ΟΘΟΝΗ ΤΗΣ ΜΟΝΑΔΑΣ ΕΛΕΓΧΟΥ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

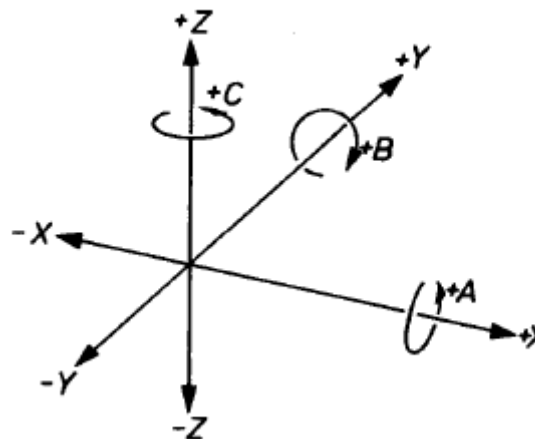
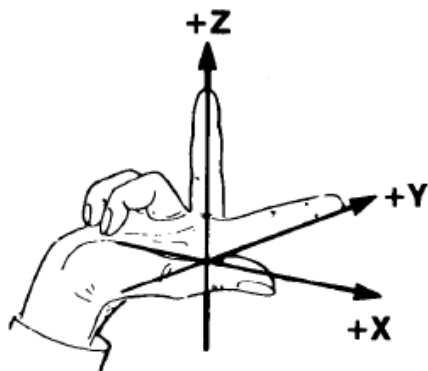
ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΑΡΧΕΙΟΥ ΣΤΗΝ CNC



- **ΚΑΘΟΡΙΣΜΩΝ ΑΞΟΝΩΝ ΣΕ ΕΝΑ CNC**

ΟΙ ΑΞΟΝΕΣ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ ΚΑΙ Ο ΤΡΟΠΟΣ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΘΕΤΙΚΗΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ ΑΝΑΦΕΡΕΤΑΙ ΣΤΟ ISO-841 ΤΟΥ 1974 & ΣΤΑ ΠΡΟΤΥΠΑ DIN & BS

ΕΚΤΟΣ ΤΩΝ ΒΑΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΑΞΟΝΩΝ ΣΥΧΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ ΚΑΙ Ο ΑΞΟΝΑΣ R Ο ΟΠΟΙΟΣ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΤΑΙ (ΑΝΤΙ ΤΟΥ Z) ΠΡΟΚΕΙΜΕΝΟΥ ΝΑ ΟΡΙΣΕΙ ΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΤΟΥ ΚΟΠΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ





- **Προγραμματισμός Κατεργασιών**

Μετά την ολοκλήρωση της μελέτης του προϊόντος ακολουθεί το στάδιο του προγραμματισμού των κατεργασιών

Στόχος του σταδίου προγραμματισμού των κατεργασιών, το οποίο είναι βασιζόμενο στις ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε αντικειμένου, είναι να μετατρέψει το ψηφιακό μοντέλο σε προϊόν

Κατά τον προγραμματισμό των κατεργασιών θα πρέπει :

- Να προετοιμάσουμε την Ά ύλη
- Να προετοιμάσουμε τη μηχανή
- Να ορίσουμε τις συνθήκες κοπής
- Να ορίσουμε και να ετοιμάσουμε τα εργαλεία κοπής



- **Δημιουργία Πλάνου Παραγωγής σε CNC**

Η δημιουργία του πλάνου παραγωγής προηγείται της διαδικασίας προγραμματισμού

Αν η κατασκευή πραγματοποιηθεί σε διαφορετικές εργαλειομηχανές θα πρέπει να δημιουργήσουμε πλάνο παραγωγής για κάθε εργαλειομηχανή χωριστά

Όταν θέλουμε να κατασκευάσουμε ένα αντικείμενο που ανήκει σε μια οικογένεια αντικειμένων ανατρέχουμε σε παλιότερα σχέδια και πλάνα παραγωγής ώστε να τροποποιηθούν

Όταν το αντικείμενο είναι νέο το πλάνο δημιουργείται από την αρχή

Η ορθή δημιουργία ενός πλάνου κατεργασιών προϋποθέτει άριστη γνώση της μονάδας παραγωγής



- **Στάδια Δημιουργίας Πλάνου Παραγωγής σε CNC**

Κατανόηση αντικειμένου

Αναγνώριση των ορίων του αντικειμένου

Επιλογή της πρώτης ύλης

Αναγνώριση των χαρακτηριστικών του αντικειμένου

Πλάνο προετοιμασίας πρώτης ύλης

Επιλογή της βέλτιστης μεθόδου κατεργασίας

Εξέταση αλληλεπίδρασης των επιμέρους χαρακτηριστικών

Οδηγίες κατεργασίας



- **Ορισμός Σημείων & Ψηφιακή Καθοδήγηση**

Όλες οι εργασίες κατεργασίας σε μια CNC ορίζονται με βάση τις διαστάσεις και τη γεωμετρία του τεμαχίου

Ο ορισμός των διαστάσεων του τεμαχίου πραγματοποιείται με βάση κάποια συγκεκριμένα γεωμετρικά σημεία

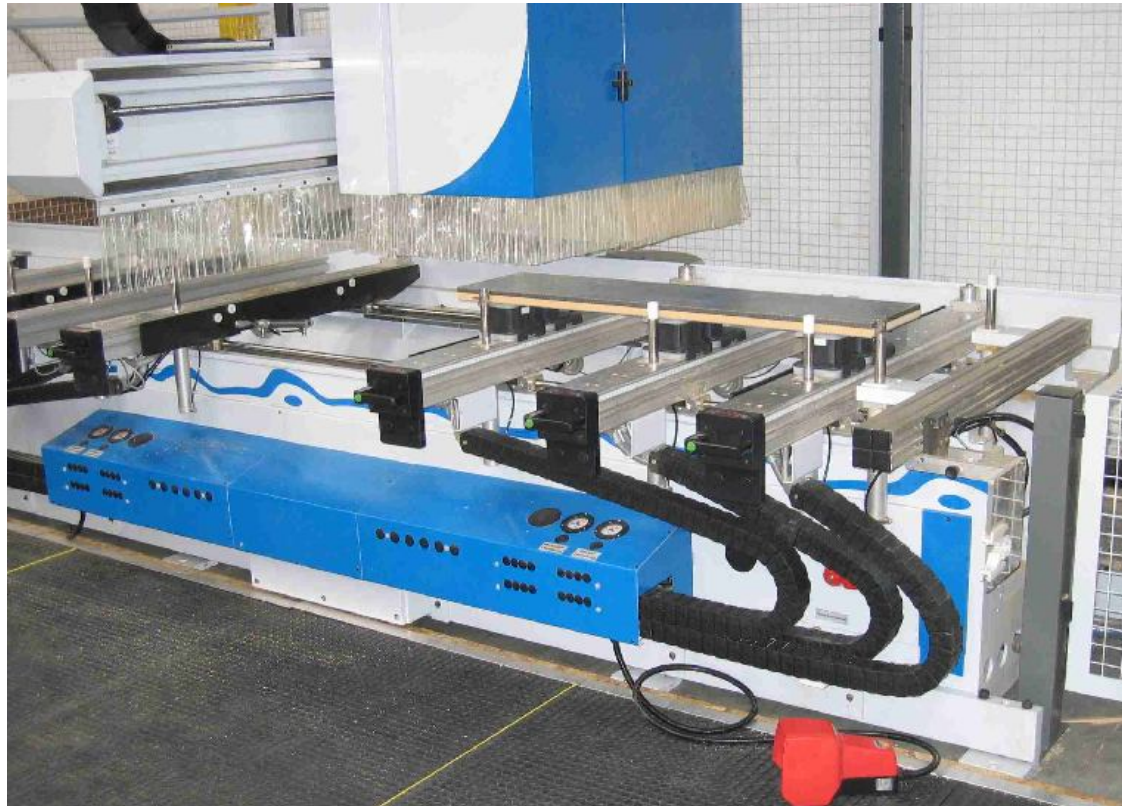
Το βασικότερο χαρακτηριστικό σημείο είναι το σημείο μηδέν (σημείο M) το οποίο αποτελεί και την αρχή του συστήματος συντεταγμένων

Το σημείο M είναι ένα και μοναδικό σε κάθε CNC και ορίζεται από τον κατασκευαστή του μηχανήματος

Όταν η μηχανή τεθεί σε λειτουργία οι άξονες κατεργασίας, συνήθως, μετακινούνται αυτόματα στο σημείο M



- **Ορισμός Σημείων & Ψηφιακή Καθοδήγηση**





- **Ορισμός Σημείων & Ψηφιακή Καθοδήγηση**

Χαρακτηριστικό σημείο σε ένα CNC αποτελεί και το σημείο αλλαγής του κοπτικού εργαλείου

Το σημείο αλλαγής του κοπτικού συμβολίζεται με **Ww** και ορίζεται από τον κατασκευαστή και βρίσκεται σε θέση κοντά στον χειριστή του CNC

Η μεταφορά της ατράκτου στο σημείο αυτό πραγματοποιείται με συγκεκριμένη ταχύτητα που ορίζεται από τον κατασκευαστή

Ο ορισμός του σημείο γίνεται επίσης με γνώμονα και την αποφυγή συγκρούσεων με το κατεργαζόμενο τεμάχιο



- **Ορισμός Σημείων & Ψηφιακή Καθοδήγηση**

Χαρακτηριστικό σημείο αποτελεί και το μηδενικό σημείο του προγράμματος

Συμβολίζεται ως **P** και ορίζει τη θέση που θα έχει το κοπτικό κατά την εκκίνηση του προγράμματος κατεργασίας

Χαρακτηριστικό σημείο αποτελεί και το μηδενικό σημείο του κατεργαζόμενου τεμάχιο

Συμβολίζεται ως **W** και αποτελεί την αρχή του συστήματος συντεταγμένων του τεμαχίου



- **Ορισμός Σημείων & Ψηφιακή Καθοδήγηση**

Χαρακτηριστικό σημείο αποτελεί και το μηδενικό σημείο του κατεργαζόμενου τεμαχίου

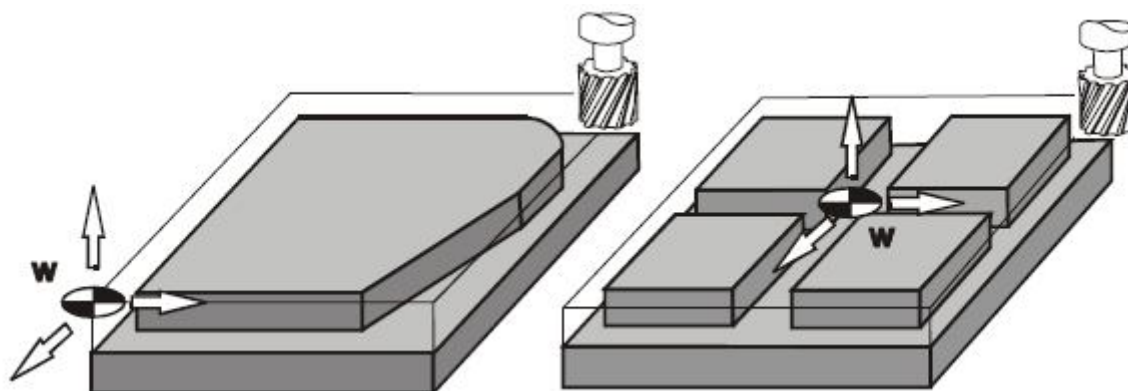
Συμβολίζεται ως **W** και αποτελεί την αρχή του συστήματος συντεταγμένων του τεμαχίου

Ορίζεται από τον προγραμματιστή του CNC και θα πρέπει να είναι σε άμεση συσχέτιση με το σημείο M

Ο σωστός ορισμός του σημείο μπορεί να απλουστεύσει και τη διαδικασία κατεργασίας



- Ορισμός Σημείων & Ψηφιακή Καθοδήγηση



Πιθανές θέσεις ορισμού σημείου W



- **ΤΥΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΣΕΩΣ / ΑΞΟΝΩΝ**

Ο τύπος έλεγχου της θέσεως των αξόνων έχει ιδιαίτερη σημασία για την κατανόηση λειτουργίας του κέντρου κατεργασίας αλλά αποτελεί και κριτήριο διάκρισης των κέντρων κατεργασίας .

Η τεχνολογία όπου στηρίζονται οι τύποι ελέγχου θέσεως αποτελούν και την ιστορική εξέλιξη των CNC

Για την μετατόπιση των αξόνων καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει το αρχικό και το τελικό σημείο μετατόπισης

Οι τρόποι κίνησης των αξόνων είναι οι εξής:

- Έλεγχος από σημείο σε σημείο ή σημείο προς σημείο
- Έλεγχος γραμμικής τροχιάς



- **ΤΥΠΟΙ ΕΛΕΓΧΟΥ ΘΕΣΕΩΣ / ΑΞΟΝΩΝ**

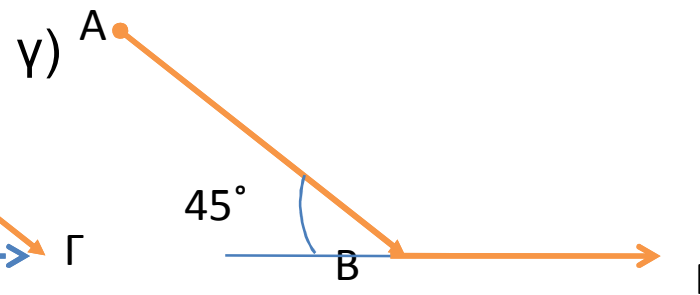
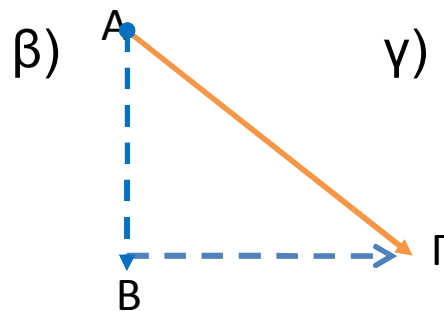
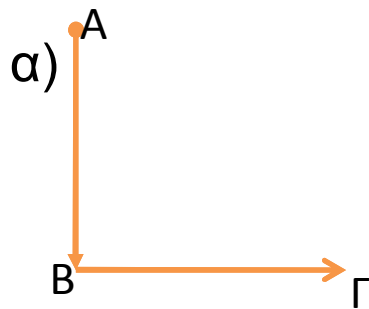
- Παρεμβολής
 - Γραμμική παρεμβολή
 - Κυκλική παρεμβολή
 - Ελικοειδή παρεμβολή
 - Παρεμβολή Splines



- Έλεγχος από σημείο σε σημείο

Αποτελεί τον πρώτο – χρονικά – αλλά και τον πιο απλό τρόπο ελέγχου του εργαλείου.

Το κοπτικό εργαλείο ακολουθεί μια πορεία που ορίζεται από το αρχικό και το τελικό σημείο κάθε άξονα ανεξάρτητα χωρίς δηλαδή να υπάρχει κίνηση από συνδυασμό αξόνων.





- Γραμμική παρεμβολή

Σημαίνει ότι το κοπτικό κινείται από το ένα σημείο στο άλλο διαγράφοντας ευθύγραμμη τροχιά.

Η κίνηση του κοπτικού επιτρέπει το συνδυασμό κινήσεων στους άξονες X, Y όπου συμπεριλαμβάνονται και οι διαγώνιες τροχιές στο επίπεδο XY.

Στη γραμμική παρεμβολή εισάγονται οι συντεταγμένες του σημείου που αφορούν το τέλος της κάθε γραμμής που αφορούν και την αρχή της επόμενης.

Ο προγραμματισμός καμπυλών είναι εφικτός αλλά δύσκολος καθώς θα πρέπει να ορίσουμε πολλά και μικρά ευθύγραμμα τμήματα προκειμένου να έχουμε όσο το δυνατόν καλύτερη απεικόνιση της καμπύλης.

Η γραμμική παρεμβολή εκτελείται στο χώρο



- Κυκλική παρεμβολή

Σημαίνει ότι το κοπτικό κινείται σε ένα επίπεδο και έχει σαν σημείο αρχής τη θέση του κοπτικού, δηλ. το τέλος ενός ευθύγραμμου τμήματος γραμμικής παρεμβολής

Μπορεί να οριστεί σε ένα από τα επίπεδα X-Y, X-Z, YZ αλλά ποτέ σε συνδυασμό αυτών των επιπέδων

Προκειμένου να διαγράψει το κοπτικό κυκλική παρεμβολή θα πρέπει να εισάγουμε την ακτίνα ή το κέντρο του τόξου και τα δύο άκρα του.



- Κυκλική παρεμβολή

Προκειμένου να σχεδιάσουμε ένα τόξο κύκλου εκτός από το αρχικό και το τελικό σημείο θα πρέπει να ορίσουμε και ένα από τα παρακάτω δεδομένα :

- Την ακτίνα R
- Τις συντεταγμένες ενός άλλου ενδιαμέσου σημείου ανάμεσα στα δύο σημεία εισαγωγής
- Το κέντρο του τόξου κύκλου



- Ελικοειδής παρεμβολή

Πρόκειται για μια κίνηση που αποτελεί συνδυασμό της γραμμικής και της κυκλικής παρεμβολής

Απαιτεί ισχυρή υπολογιστική ισχύς και εφαρμόζεται σε όλες τις σύγχρονες CNC μηχανές κυρίως από τρείς άξονες και άνω.

Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις όπου πρέπει να εκτελείται κυκλική κίνηση στο επίπεδο και ευθύγραμμη μετατόπιση παράλληλα.



- Παρεμβολή Splines

Πρόκειται για μια κίνηση που μια καμπύλη τύπου B- splines (τρίτου βαθμού) συνδέει δύο σημεία

Είναι η πιο ακριβής τροχιά που μπορεί να διαγράψει το κοπτικό και παρέχει μεγάλη ακρίβεια κατεργασίας

Χρησιμοποιείται κυρίως σε εφαρμογές για ανάγλυφα

Συνήθως χρησιμοποιείται σε μηχανές με περισσότερους από τρεις άξονες



ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD/CAM

Κατά την εκπόνηση μιας σχεδιομελέτης είναι απαραίτητη η χρήση διαφορετικών συστημάτων

Κάθε κατασκευαστής συστήματος CAD/CAM χρησιμοποιεί διαφορετική μορφή αρχείου, η χρήση του αρχείου δεν είναι αναγνωρίσιμη – πάντα- από τα υπόλοιπα συστήματα

Ακόμα και αν η μορφή του εξαγωγίμου αρχείου είναι αναγνωρίσιμη τίθεται ζήτημα κατά πόσο θα είναι δυνατή η μεταφορά όλων των μορφολογικών χαρακτηριστικών του μοντέλου στο νέο σύστημα CAD – CAM

Όταν ένα αντικείμενο σχεδιάζεται σε ένα σύστημα CAD θα πρέπει να μεταφέρουμε τη γεωμετρία του στο CAM προκειμένου να σχεδιάσουμε τη διαδικασία παραγωγής του



ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ CAD/CAM

Σήμερα αρκετά από τα συστήματα CAD διαθέτουν ενσωματωμένο CAM προκειμένου να εξαλείφουν το πρόβλημα της μεταφοράς της γεωμετρίας αλλά και για να προσφέρουν ολοκληρωμένο σύστημα σχεδιομελέτης.

Τις περισσότερες φορές όμως ένα αντικείμενο/κατασκευή δεν κατασκευάζεται από την εταιρεία/ιδιώτη που σχεδιάζεται, με αποτέλεσμα να υπάρχει το πρόβλημα μεταφοράς της γεωμετρίας. Οι εταιρείες που αναλαμβάνουν το design ενός προϊόντος δεν είναι δυνατόν να έχουν λογισμικό που να είναι συμβατό με το λογισμικό όλων των πελατών τους.

Ακόμα και αν το προϊόν σχεδιάζεται κεντρικά από μια εταιρεία είναι πολύ πιθανό να δοθεί για κατασκευή σε κάποιον υπεργολάβο όποτε το σύστημα cad/cam του κατασκευαστή είναι πολύ πιθανό να είναι διαφορετικό



ΜΟΡΦΕΣ ΑΡΧΕΙΩΝ ΓΙΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΕ CAD/CAM

Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της μεταφοράς αρχείων αναπτύχθηκαν ουδέτερες μορφές αρχείων οι οποίες είναι συμβατές από τα διάφορα συστήματα

Η φιλοσοφία λειτουργίας των ουδέτερων αρχείων είναι να μετατρέπουν τη γεωμετρία του αντικειμένου σε μια συγκεκριμένη δομημένη κωδικοποίηση η οποία είναι συμβατή και αναγνωρίσιμη από το άλλο λογισμικό

Το αρχείο ουδέτερης μορφής που αναπτύχθηκε ήταν το IGES (Initial Graphics Exchange Specifications) το οποίο χρησιμοποιείται ευρέως μέχρι σήμερα και αρχικά έδινε μεγάλη έμφαση στα γραφικά δεδομένα του συστήματος

Η πρώτη έκδοση του IGES 1.0 πραγματοποιήθηκε το 1980 και μέχρι σήμερα έχουν ενσωματωθεί πολλές δυνατότητες προκειμένου να μας παρέχει μια αξιόπιστη λύση στο πρόβλημα της μεταφοράς δεδομένων



ΜΟΡΦΗ ΑΡΧΕΙΟΥ IGES

Η φιλοσοφία λειτουργίας του IGES στηρίζεται στη φιλοσοφία της μεταφοράς δεδομένων που στηρίζονται σε:

- γεωμετρικά στοιχεία όπως επιφάνειες και στερεά.
- μη γεωμετρικά στοιχεία όπως διαστάσεις, σημειώσεις, όψεις κ.α.

Προκειμένου να λειτουργήσει η μεταφορά δεδομένων με τη χρήση ενός ουδέτερου αρχείου κάθε σύστημα cad/cam έχει δύο μεταφραστές. Ο ένας μετατρέπει σε αρχείο IGES και ο δεύτερος που μετατρέπει ένα αρχείο IGES στη μορφή που αναγνωρίζει.

Το εξαγώγιμη αρχείου ενός IGES είναι ένα αρχείο κειμένου το οποίο περιέχει ένα τύπο κώδικα που περιγράφει τη γεωμετρία του αντικειμένου.



ΜΟΡΦΗ ΑΡΧΕΙΟΥ STEP

Μια ποιο εξελιγμένη και αξιόπιστη μορφή ουδέτερου αρχείου είναι ο τύπος STEP (Standard for the Exchange of Product Data). Με τη χρήση του αρχείου STEP όχι μόνο ελέγχουμε τα γραφικά του μοντέλου αλλά και όλα στοιχεία που αφορούν την πορεία ανάπτυξης του. Παράλληλα αποσκοπεί να άρει κάποια από τα μειονεκτήματα του IGES χρησιμοποιώντας μια τυπική γλώσσα για την ανταλλαγή των δεδομένων

Επίσης το step διακρίνεται σε μια δομή λειτουργίας τριών επιπέδων , το πρώτο αφορά τα δεδομένα που εξάγουμε, το δεύτερο επίπεδο όπου ο υπολογιστής αναγνωρίζει τα δεδομένα που θα μεταφερθούν ώστε στο τρίτο επίπεδο όπου υπάρχουν τα πρωτόκολλα εφαρμογής. Κάθε πρωτόκολλο αντιστοιχεί και σε μια κατηγορία εφαρμογής ώστε να αποκτηθούν τα δεδομένα στη σωστή τους έννοια.



ΚΟΙΝΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΑΡΧΕΙΩΝ STEP

Εκτός από τα ουδέτερα αρχεία έχουν αναπτυχθεί από τους διάφορους κατασκευαστές συστημάτων cad/cam αρχεία μεταφοράς δεδομένων

Η Autodesk έχει αναπτύξει το πιο κοινό αρχείο αυτής της ομάδας το DXF

Ο τύπος αρχείου .dxf τυγχάνει μεγάλης αναγνωρισιμότητας με αποτέλεσμα να χρησιμοποιεί σήμερα και από πολλούς άλλους κατασκευαστές.



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΤΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

- Pre – Processor
- Post - Processor

Ο πρώτος είναι υπεύθυνος για τη μεταφορά των δεδομένων στη μορφή του ουδέτερου αρχείου ενώ ο δεύτερος είναι υπεύθυνος για τη μεταφορά των δεδομένων από το ουδέτερο αρχείο

Προκειμένου να μεταφερθούν τα δεδομένα σωστά θα πρέπει όλα τα δεδομένα που περιέχονται στο σύστημα CAD να είναι πλήρως αναγνωρίσιμα από το ουδέτερο αρχείο. Επίσης θα πρέπει τα δεδομένα από το ουδέτερο αρχείο να αναγνωρίζονται πλήρως από τον αποδέκτη.



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΟΥ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο προγραμματισμός ενός κέντρου κατεργασίας μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους:

1. Παράλληλος προγραμματισμός
2. Συμβατικός προγραμματισμός μορφοποίησης τεμαχίων κατευθείαν πάνω στην εργαλειομηχανή με δυνατότητα άμεσης διόρθωσης και βελτίωση της προγραμματιζόμενης διαδικασίας. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούμε τη μονάδα ελέγχου που βρίσκεται πάνω στην εργαλειομηχανή

Μειονεκτήματα του δεύτερου τρόπου είναι ότι:

- Θα πρέπει η εργαλειομηχανή να απασχολείται στον προγραμματισμό.
- Απαιτείται η γνώση του κώδικα G & M προκειμένου να εισάγουμε τις εντολές καθοδήγησης της εργαλειομηχανής



Η μορφοποίηση του αντικειμένου στο επιθυμητό σχήμα και στις επιθυμητές διαστάσεις στηρίζεται στις κατάλληλες σχετικές κινήσεις μεταξύ του εργαλείου που χρησιμοποιείται για τη μορφοποίηση του.

Κάθε ένα από τα στοιχεία του αντικειμένου (γραμμές, τόξα) υπαγορεύουν τις στοιχειώδεις διαδρομές που πρέπει να εκτελέσει το κοπτικό σε σχέση με το μορφοποιούμενο τεμάχιο.

Παράλληλα η γεωμετρία του τεμαχίου μας ορίζει τις οριακές θέσεις κίνησης του κοπτικού οπότε και οι διαδοχικές κινήσεις του κοπτικού μεταξύ των προαναφερθέντων οριακών θέσεων κατά προδιαγεγραμμένο τρόπο έχουν σαν συνέπεια τη μορφοποίηση του τεμαχίου.

Στόχος κατά τον προγραμματισμό είναι να ορίσουμε με απόλυτη ακρίβεια τις διαδοχικές κινήσεις του κοπτικού με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνουμε κατεργασία στο βέλτιστο χρόνο , χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα κάθε φορά κοπτικά.



Για κατεργασία του τεμαχίου απαιτείται η σύνθεση σε κωδική μορφή αλγορίθμου κατεργασίας, που υπαγορεύεται από τη μορφολογία του τεμαχίου. Γενικά η κωδικοποίηση ενός αλγορίθμου μπορεί να γίνει σε κάποια από τις διατιθέμενες γλώσσες προγραμματισμού.

Το σύνολο των πληροφοριών που απαιτούνται για τη μορφοποίηση ενός αντικειμένου σε μια CNC εργαλειομηχανή ονομάζεται **πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης**.

Η κωδική μορφή που συντάσσεται το πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης είναι διαφόρων ειδών αλλά κάθε εργαλειομηχανή CNC αναγνωρίζει μια μόνο ιδιαίτερη κωδική μορφή, η οποία συνοδεύεται από διεθνή τυποποίηση (ISO-646), και είναι γνωστή με τον όρο **γλώσσα μηχανής**.

Όλες οι πληροφορίες που απαιτούνται για τη μορφοποίηση ενός αντικειμένου σε μια CNC μηχανή θα πρέπει να εκφραστούν μέσα από τον συγκεκριμένο κώδικα.



Ένα πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης σε γλώσσα μηχανής συντίθεται σε **προτάσεις** που συνιστούν ομάδες εντολών προς την εργαλειομηχανή.

Κάθε πρόταση περιλαμβάνει έναν αριθμό **λέξεων / εντολών** που αποτελεί μια οδηγία προς την εργαλειομηχανή.

Κάθε λέξη σχηματίζεται με **αλφαβητικούς, αριθμητικούς (0-9)** και άλλους ιδιαίτερους χαρακτήρες



ΔΟΜΗ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ

Κάθε επιμέρους πρόταση σε ένα πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης εισάγεται με το σύμβολο **N** και έναν αριθμό που υποδηλώνει τη σειρά της συγκεκριμένης πρότασης στο πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης. Ο αριθμός αυτός ακολουθείται από τα υπόλοιπα στοιχεία / λέξεις με την εξής γενική σειρά:

- εντολή κίνησης ή προετοιμασίας (G)
- λέξεις που υποδηλώνουν διάσταση , κατά σειρά χρησιμοποιούνται ως εξής: X,Y,Z,A,B,C
- παράμετροι κυκλικής διαδρομής I,J
- ορισμός ταχύτητας (αν απαιτείται)
- εντολές λειτουργίας (M)



ΕΝΤΟΛΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ / ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ (G)

Σχηματίζονται με τον χαρακτήρα G και ένα διψήφιο αριθμό. Οι εντολές έχουν τυποποιηθεί διεθνώς κατά ISO-6983/2 & DIN 66025.

Παραδείγματα κίνησης

G90 G00 X10 Y40 Z0

G90 G01 X10

G03 X100 Z100 I100 J0

G04 F4

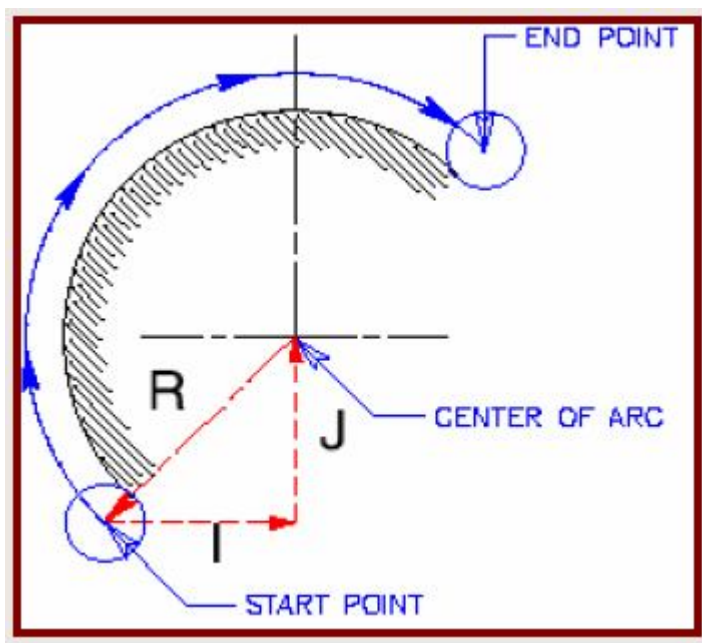
G28 X250 Z200

G92 X100 Z200

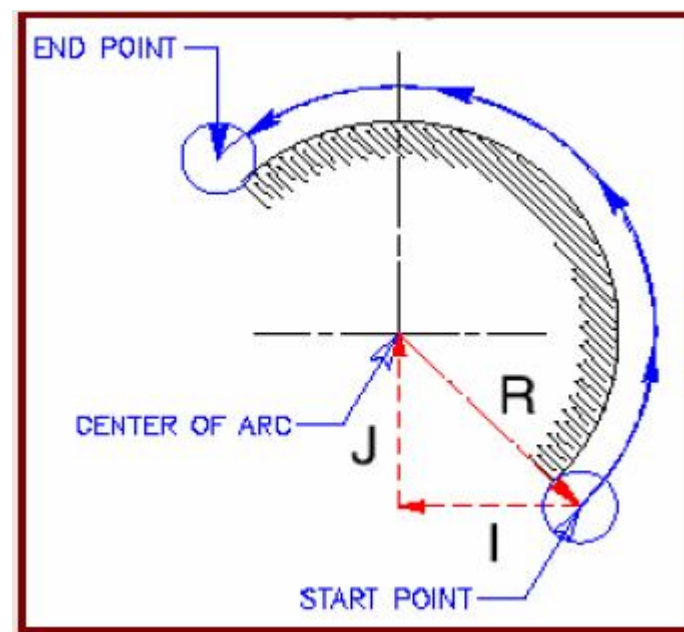


ΕΝΤΟΛΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ / ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ (G)

G02



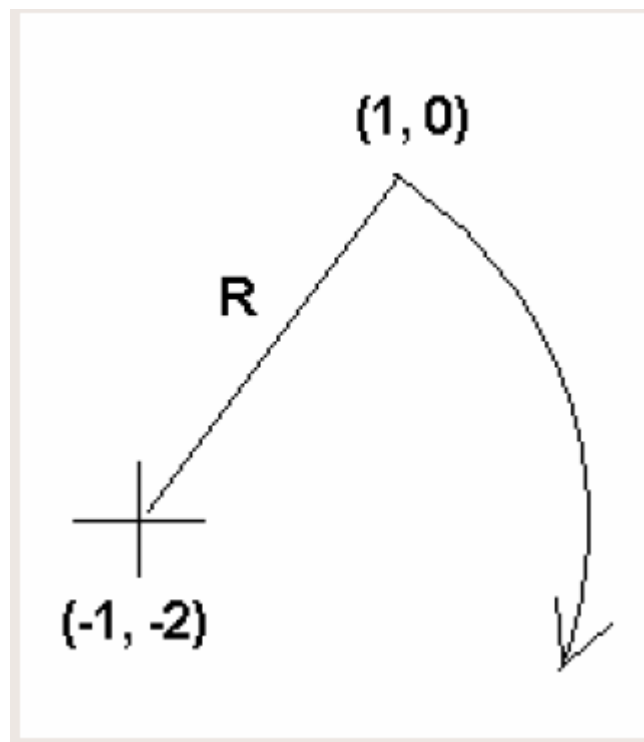
G03





ΕΝΤΟΛΕΣ ΚΙΝΗΣΗΣ / ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑΣ (G)

- Ορίσατε το I και J





Αντιστάθμιση Μήκους Κοπτικού (tool offset)

- Σε ένα κέντρο κατεργασιών χρησιμοποιούνται πολλά εργαλεία που έχουν το καθένα διαφορετικό μήκος.
- Χρήση αντιστάθμισης μήκους σημαίνει ότι όλα τα εργαλεία θεωρούνται κατ' αρχήν ότι έχουν μήκος ίσο με ένα μήκος εργαλείου αναφοράς και στη συνέχεια δίνεται ένας αριθμός που αντιστοιχεί στην διαφορά του μήκους τους από αυτό το μήκος αναφοράς.
- Η μέτρηση μήκους μπορεί να γίνει στην ίδια την εργαλειομηχανή φέρνοντας σε επαφή το εργαλείο με το τεμάχιο κατά την αξονική διεύθυνση και χρησιμοποιώντας για τη μέτρηση την μονάδα ελέγχου.
- Επίσης η αντιστάθμιση μπορεί να γίνει και σε ειδικές συσκευές ακριβείας.



Αντιστάθμιση Διαστάσεων Κοπτικού

- Η αντιστάθμιση της ακτίνας αναφέρεται στη μεταβολή της διαμέτρου λόγω φθοράς ή αλλαγής του κοπτικού εργαλείου
- Τα κοπτικά εργαλεία κέντρου κατεργασιών που εκτελούν φρεζάρισμα έχουν διαφορετική διάμετρο.
- Η χρήση αντιστάθμισης για αυτά σημαίνει ότι όλα θεωρούνται κατ' αρχήν ότι έχουν μηδενική διάμετρο και έτσι η τροχιά του κέντρου τους συμπίπτει με την τροχιά το σημείου επαφής με το τεμάχιο, δηλαδή με την καμπύλη που περιγράφει το τεμάχιο.
- Με αυτή τη μέθοδο δεν απαιτείται υπολογισμός συντεταγμένων των μετατοπισμένων γραμμών κατά την ακτίνα του εργαλείου, γιατί αυτή είναι μηδέν.



Αντιστάθμιση Διαστάσεων Κοπτικού

- Η αντιστάθμιση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε προς τα δεξιά είτε προς τα αριστερά της κατεργαζόμενης επιφάνειας
- Προκειμένου να ελέγξουμε προς ποια κατεύθυνση θα πραγματοποιηθεί η αντιστάθμιση θα δούμε πάνω από το κοπτικό εργαλείο με κατεύθυνση ίδια με αυτή της τροχιάς κατεργασίας.
- Αν το τεμάχιο βρίσκεται προς τα δεξιά του της τροχιάς του κοπτικού η αντιστάθμιση γίνεται από τα αριστερά οπότε και εισάγουμε τον κωδικό G41 στο πρόγραμμα κοπής.
- Αν το τεμάχιο βρίσκεται αριστερά από το κοπτικό η αντιστάθμιση θα γίνει από δεξιά χρησιμοποιώντας τον κωδικό G42.



Υποπρογράμματα και υπορουτίνες (G98)

- Όταν εκτελούμε συχνά ένα σύνολο εντολών είναι δυνατό να δημιουργηθεί ένα υποπρόγραμμα το οποίο μπορεί να ανακληθεί από τη μνήμη όσες φορές απαιτείται. Συνήθως το υποπρόγραμμα αποθηκεύεται ανεξάρτητα από το κυρίως πρόγραμμα
- Οι υπορουτίνες είναι ένα μικρό πρόγραμμα το οποίο βρίσκεται μέσα στο βασικό πρόγραμμα και το εκτελούμε όποτε χρειαστεί. Στην ουσία είναι μια ομάδα εντολών και εκτελεί μια συγκεκριμένη αλληλουχία κινήσεων.
- Στις υπορουτίνες θα πρέπει να χρησιμοποιούμε σχετικές συντεταγμένες.



Υποπρογράμματα και υπορουτίνες (G98)

- Οι υπορουτίνες τοποθετούνται συνήθως στην αρχή του προγράμματος και πρέπει να έχουν όνομα που να ξεκινάει με το γράμμα L και έναν αριθμό (π.χ. L1)
- Ο ορισμός μιας υπορουτίνας γίνεται με τη χρήση του κώδικα G98 και το όνομα της

Παράδειγμα: N20 G98 L1

- Ο τερματισμός της γίνεται με τη του κώδικα G98.

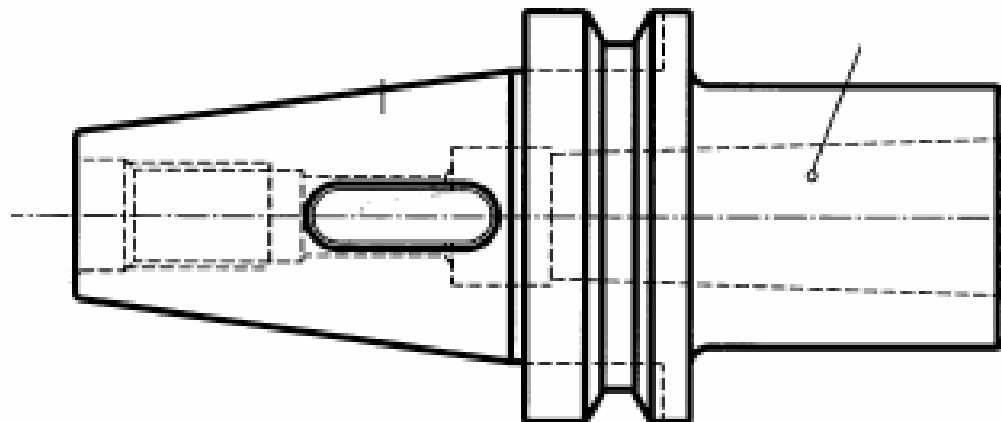
Παράδειγμα N30 G98 L0

- Μετά την εκτέλεση της μακροεντολής επανερχόμαστε ξανά στις απόλυτες συντεταγμένες (αν είναι απαραίτητο)



ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΚΕΝΤΡΟΥ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Βασικό σύστημα για την λειτουργία του κέντρου κατεργασίας αποτελεί ο εργαλειοδέτης, ο οποίος εξωτερικά έχει κωνική μορφή (τυποποιημένος κατά DIN , ISO κ.α.) προκειμένου να προσαρμόζεται στην άτρακτο του CNC.



Στην εξωτερική επιφάνεια του εργαλειοδέτη υπάρχει μια ειδική εγκοπή για την στήριξη του μηχανισμού αλλαγής εργαλείου.



ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΡΓΑΛΕΙΟΦΟΡΕΑ

Μια βασική λειτουργία που προδίδει ιδιαίτερη ευελιξία στα κέντρα κατεργασίας είναι η δυνατότητα χρησιμοποίησης περισσότερων από ένα κοπτικό εργαλείο. Αλλά και τη δυνατότητα να εκτελέσουμε διαδοχικές διαφορετικές κατεργασίες

Για να είναι δυνατή η υποστήριξη πολλών εργαλείων απαιτείται η χρήση εργαλειοφορέα. Οπότε είναι η δυνατή η εκτέλεση σύνθετων εργασιών χωρίς να απαιτείται το επαναλαμβανόμενο σταμάτημα της μηχανής.

Ανάλογα με τον κατασκευαστή του κάθε κέντρου ο εργαλειοφορέας μπορεί να βρίσκεται σε διαφορετική θέση.



ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΡΓΑΛΕΙΦΟΡΕΑ

Προκειμένου να πραγματοποιηθεί η αλλαγή του κοπτικού όταν ο εργαλεοφορέας βρίσκεται πίσω από την τράπεζα εργασίας κινείται η άτρακτος απελευθερώνει το κοπτικό που επιθυμούμε να απομακρυνθεί και 'φορτώνει' το κοπτικό που απαιτείται για τη συνέχιση της κατεργασίας.

Σε άλλα κέντρα κατεργασίας τα κοπτικά τοποθετούνται σε έναν περιστρεφόμενο υποδοχέα.



ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Η ποιότητα της κατεργαζόμενου προϊόντος επηρεάζεται σημαντικά – εκτός των άλλων παραγόντων - και από την ποιότητα του κοπτικού εργαλείου. Η ωφέλιμη ζωή ενός κοπτικού επηρεάζεται σημαντικά και από τον τρόπο χρήση του. Θα πρέπει για κάθε κοπτικό να εφαρμόζονται οι συνθήκες κοπής που παρέχονται από τον εκάστοτε κατασκευαστή.

Προκειμένου να χρησιμοποιούνται τα κοπτικά ορθολογικά θα πρέπει να γνωρίζουμε τις ιδιότητες και τη χρήση του κάθε ενός χωριστά. Τα κοπτικά που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι:

- Ελικοειδή κοπτικά (Spiral cutters). Τα κοπτικά αυτού του είδους έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:



ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΑ ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι διαθέτουν μία ή δύο κοπτικές ακμές. Βασικά τους χαρακτηριστικά είναι:

1. Έχουν επικάλυψη καρβιδίου στην/στις ακμή/ες κοπής
2. Είναι σχεδιασμένα για μεγάλες ταχύτητες πρόωσης
3. Τα ευθύγραμμα κοπτικά με δυο ακμές έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής
4. Παρέχουν πολύ καλό φινίρισμα





ΚΟΠΤΙΚΑ ΜΕ ΡΑΒΔΩΣΕΙΣ

Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι διαθέτουν ευθύς ραβδώσεις. Είναι κατάλληλα για κατεργασία σε φυσικά μαλακά ξύλα. Είναι κατάλληλα για την εκκένωση των υπολειμμάτων ξύλου σε υψηλές ταχύτητες πρόωσης.





ΚΟΠΤΙΚΑ ΜΕ ΣΦΑΙΡΙΚΗ ΜΥΤΗ

Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι διαθέτουν διπλές ραβδώσεις με σταθερή ακτίνα ανά ονομαστική διάμετρο. Είναι κατάλληλα για κατεργασία σε φυσικά μαλακά ξύλα. Είναι κατάλληλα για την εκκένωση των υπολειμμάτων ξύλου σε υψηλές ταχύτητες πρόωσης.





ΚΟΠΤΙΚΑ ΣΥΜΠΙΕΣΗΣ

Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι διαθέτουν κοφτερά τμήματα κατάλληλα για την κοπή φύλλων διπλής επένδυσης , ξύλων και προϊόντων ξύλου. Εργάζονται σε μεγάλες ταχύτητες





ΚΟΠΤΙΚΑ ΤΥΠΟΥ V

Κύριο χαρακτηριστικό τους είναι ότι διαθέτουν κωνική επιφάνεια κοπής και είναι κατάλληλα για να κατεργαστούν ανάγλυφα

