

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ (ή ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗΣ ή ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ) ΜΕ Η/Υ. (COMPUTER AIDED MANUFACTURING SYSTEMS – CAM).

#### Επιδιωκόμενοι στόχοι:

- Να γνωρίσετε τι είναι το CAM.

#### 1.1. Ιστορικό

Τις προόδους των κατασκευών στην τεχνολογία οφείλουμε στους προγόνους μας, που ανέπτυξαν την ατμομηχανή, τον υδρόμυλο, τον ανεμόμυλο, την υψικάμινο και πολλές άλλες καινοτομικές κατασκευές.

Ο καταμερισμός της εργασίας (division of labor) που παρουσιάστηκε από τον Adam Smith το 1776 είχε μεγάλη επίδραση στη δημιουργία του συστήματος του εργοστασίου και στην ανάπτυξη της παραγωγικότητας. Η ανάπτυξη από τον Henry Ford το 1913 της γραμμής συναρμολόγησης κινητήρων ήταν ένα γιγαντιαίο βήμα προς την ενοποιημένη κατασκευή. Αυτό οδήγησε στη μείωση του αριθμού των εργαζομένων και στην αύξηση της παραγωγικότητας.

Ο Frederick Taylor προσέγγισε επιστημονικά πολλές από τις παραπάνω ιδέες. Άλλοι, ειδικοί στη διοίκηση επιχειρήσεων, όπως ο Frank B. Gilbreth και ο Henry L. Gantt, συνέβαλαν σημαντικά στην παραγωγή. Η κύρια συνεισφορά του Gilbreth ήταν η αναγνώριση, η ανάλυση και η μέτρηση των βασικών κινήσεων που περιλαμβάνει μια εργασία. Ο Gantt επινόησε το αποκαλούμενο διάγραμμα Gantt (Gantt chart), το οποίο παρέχει μια συστηματική γραφική μέθοδο για τον προγραμματισμό των εργασιών που απαιτούνται για τη δημιουργία ενός προϊόντος.

Η οικονομική κρίση του 1929 ώθησε τους περισσότερους να σκεφτούν προς μια νέα κατεύθυνση, αυτή της διάθεσης κινήτρων προς τους εργαζομένους.

Στον τομέα των μηχανών το 1946 ο G.C.Devol ανέπτυξε μια συσκευή ελέγχου που μπορούσε να καταγράφει ηλεκτρικά σήματα με μαγνητικό τρόπο και να τα επαναλάβει για τη λειτουργία μιας μηχανής. (U.S. patent issued in 1952). Μια σειρά σημαντικών εξελίξεων επιτεύχθηκαν από τότε και τα συστήματα αριθμητικού ελέγχου μέσω υπολογιστή οδήγησαν στην παρούσα τεχνολογία των ευέλικτων συστημάτων παραγωγής (Flexible Manufacturing Systems(FMS)). Ακολουθεί μια σύντομη αναδρομή στις τεχνολογίες που οδήγησαν στα FMS.

#### 1.2. Μηχανές με αριθμητικό έλεγχο (Numerically Controlled Machines)

Το 1943 οι Mauchly και Eckert κατασκεύασαν τον πρώτο ηλεκτρονικό υπολογιστή, που λεγόταν ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Computer – Ηλεκτρονικός Αριθμητικός Ολοκληρωτής και Υπολογιστής).

Περιείχε 18.000 λυχνίες και περίπου 500.000 κολλήσεις που έγιναν με το χέρι, ζύγιζε τριάντα τόνους και είχε κατανάλωση ισχύος 174 KW. Ο προγραμματισμός ήταν πολύ δύσκολος και γινόταν μέσω 6000 διακοπών και ενός ειδικού χειριστηρίου μαζί με μερικές εκατοντάδες επιπρόσθετες συνδέσεις.

Ήταν τόσο περίπλοκος, που αρκούσαν μόνο μερικά λεπτά λειτουργίας, για να αρχίσουν να εμφανίζονται οι πρώτες δυσλειτουργίες. Η αντικατάσταση όλων των λυχνιών, πριν από την εκκίνηση, απαιτούσε σχεδόν μια εβδομάδα.

Οι επαναπρογραμματιζόμενοι υπολογιστές για το εμπόριο εμφανίστηκαν μετά την ανακάλυψη των τρανζίστορς το 1948 και την εφαρμογή της τεχνολογίας αυτών στη βιομηχανία το 1960. Το transistor ανακαλύφθηκε από τους John Bardeen, Walter Brattain και William Shockley της Bell Telephone Laboratories.

Το τρανζίστορ είχε τα παρακάτω πλεονεκτήματα σε σχέση με τη λυχνία:

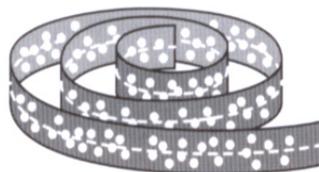
1. **Μικρό μέγεθος**
2. **Μεγάλη διάρκεια ζωής (Durability)**
3. **Αξιοπιστία (Dependability)**
4. **Χαμηλό κόστος**
5. **Χαμηλές απαιτήσεις σε ενέργεια**
6. **Χαμηλές απώλειες σε μορφή θερμότητας (Low heat loss)**

Κατόπιν, οι εξελίξεις στα ηλεκτρονικά ολοκληρωμένα κυκλώματα το 1959-1960 (από τους Jack Kilby και Robert Noyce της Texas Instruments Corp. και Fairchild Semiconductor αντίστοιχα), στα ολοκληρωμένα κυκλώματα μεγάλης κλίμακας ολοκλήρωσης (LSI) το 1965, στους μικροεπεξεργαστές (microprocessors) το 1969 από την Intel Corporation, στις τεχνικές αποθήκευσης πληροφοριών κ.λ.π., έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη ραγδαία εξέλιξη των υπολογιστών.

Ο αριθμητικός έλεγχος των εργαλειομηχανών είχε ως αφετηρία την έρευνα για εξεύρεση μεθόδων που θα παρείχαν μεγάλη ακρίβεια στην κατασκευή δομικών τμημάτων αεροσκαφών. Το 1949 ο John Parsons και το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασσαχουσέτης (MIT), μετά από μία σχετική μελέτη που έκαναν, υπέγραψαν συμβόλαιο με την Πολεμική Αεροπορία των ΗΠΑ για την ανάπτυξη ενός συστήματος ελέγχου - μέσω υπολογιστή - της κίνησης του κοπτικού εργαλείου φρέζας.

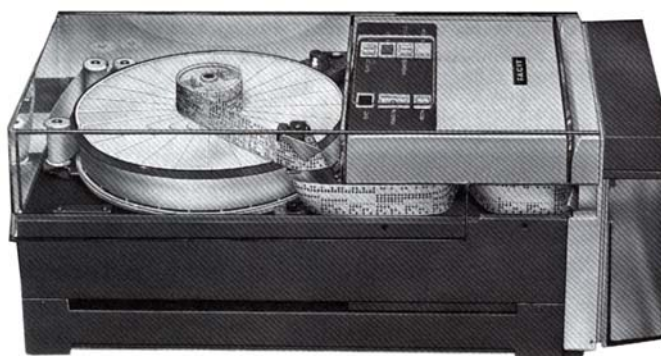
Έτσι η μελέτη του Parsons αφορούσε την ανάπτυξη ενός συστήματος του οποίου το κοπτικό εργαλείο θα ελεγχόταν από υπολογιστή. Επομένως, ο υπολογιστής θα έλεγε την εργαλειομηχανή χωρίς να απαιτείται η παρέμβαση του χειριστή. Ο Parsons και η ερευνητική του ομάδα ισχυρίστηκαν ότι απαιτείται να γίνουν τρία βήματα για την ανάπτυξη ενός τέτοιου συστήματος:

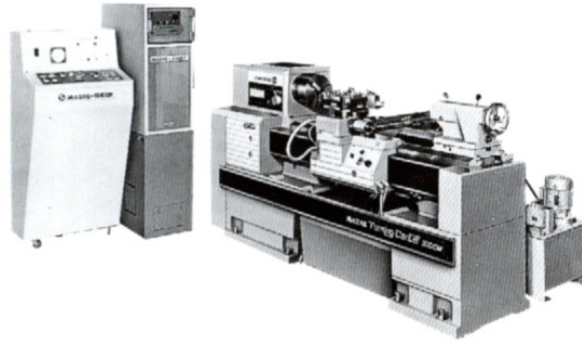
- 1.) Χρήση υπολογιστή για τον υπολογισμό της τροχιάς (διαδρομής) που θα ακολουθήσει το κοπτικό εργαλείο και για την αποθήκευση αυτών των πληροφοριών σε διάτρητη χαρτοταινία.



Σχήμα 1.1. Μια διάτρητη χαρτοταινία.

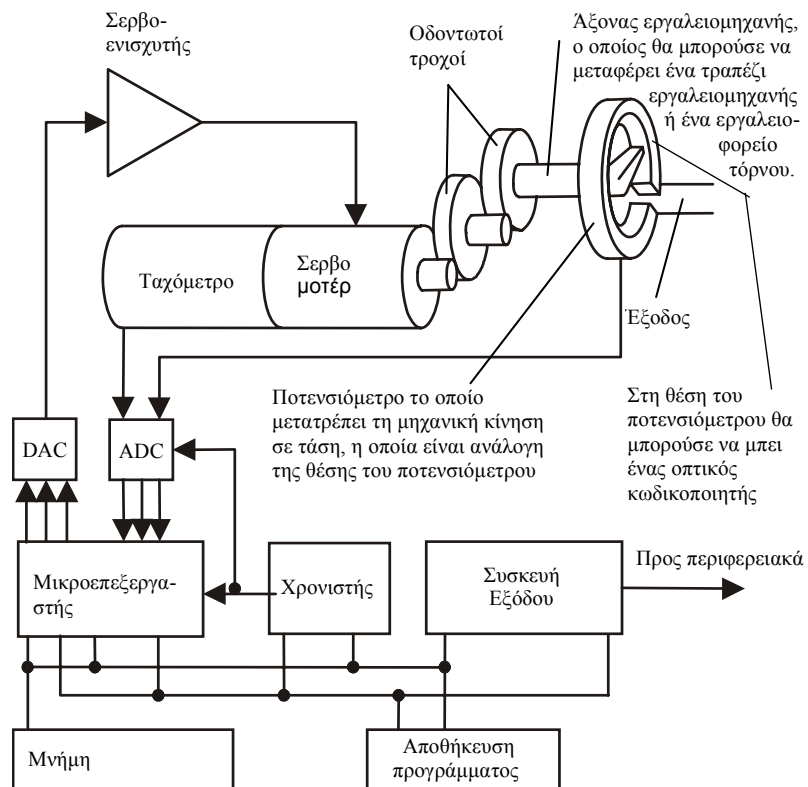
- 2.) Χρήση μιας συσκευής ανάγνωσης της χαρτοταινίας, που περιέχει κωδικοποιημένα τη διαδρομή του κοπτικού εργαλείου.





**Σχήμα 1.2.** (α) Μια αυτόνομη συσκευή ανάγνωσης διάτρητης χαρτοταινίας. (β) Μια συσκευή ανάγνωσης διάτρητης χαρτοταινίας με τη μονάδα ελέγχου της εργαλειομηχανής CNC. (γ) Ένας τόρνος με τη μονάδα ανάγνωσης της χαρτοταινίας. (Courtesy of Yamazaki Machinery (UK) Ltd., Worcester, UK).

3.) Χρήση ενός συστήματος ελέγχου, που θα έστελνε τα απαραίτητα δεδομένα στους σερβοκινητήρες, \* που κινούν τους κοχλίες κίνησης των αξόνων της εργαλειομηχανής.

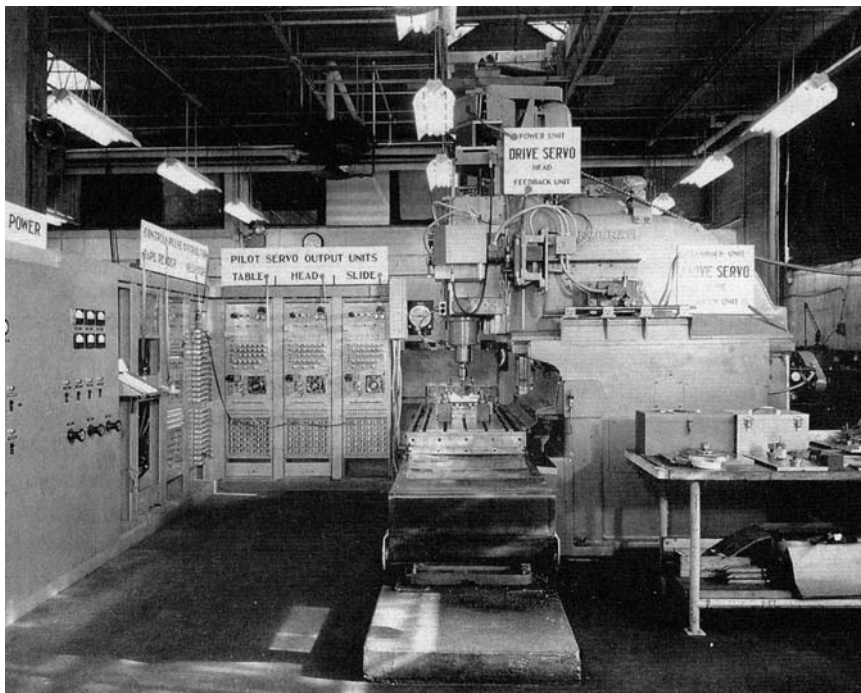


**Σχήμα 1.3.** Ένας σερβομηχανισμός με έλεγχο ταχύτητας και θέσης.

Το 1952 παρουσιάστηκε η πρώτη αριθμητικά ελεγχόμενη εργαλειομηχανή στο MIT (Massachusetts Institute of Technologies). Ήταν μια κατακόρυφη

\* Σερβοκινητήρας: Είναι κινητήρας ειδικής κατασκευής για χρήση σε συστήματα ελέγχου θέσης ή κίνησης με ανάδραση (δηλαδή κλειστού βρόγχου). Υπάρχουν DC και AC σερβοκινητήρες.

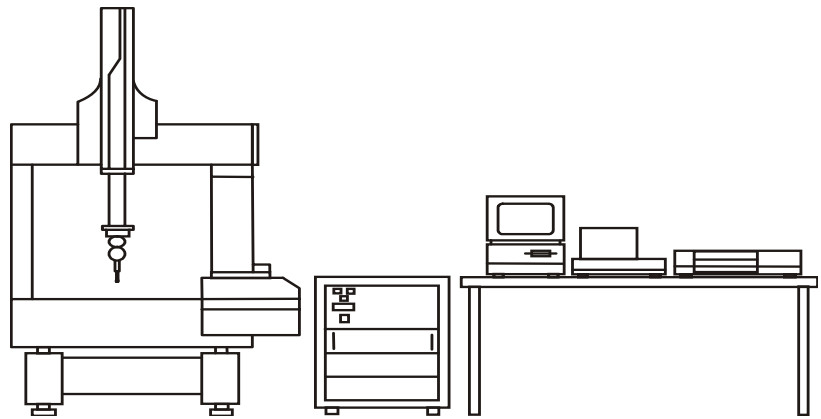
φρέζα Cincinatti Hydrotel. Η μονάδα ελέγχου της μηχανής είχε κατασκευαστεί με λυχνίες, μπορούσε να ελέγξει τρεις άξονες και έπαιρνε δεδομένα μέσω διάτρητων ταινιών. Επειδή τα σχήματα που έπρεπε να πάρουν τα προς κατεργασία κομμάτια ήταν πολύπλοκα, απαιτούνταν σύνθετοι μαθηματικοί υπολογισμοί, οι οποίοι αν γίνονταν με το χέρι, θα χρειαζόνταν πολύς καιρός. Για το λόγο αυτό, η χρησιμοποίηση υπολογιστή ήταν απαραίτητη για τον ακριβή καθορισμό της τροχιάς που έπρεπε να ακολουθήσει το εργαλείο. Αυτά τα δεδομένα κατόπιν θα αποθηκεύονταν κωδικοποιημένα σε διάτρητη ταινία. Πραγματικά, η εφαρμογή των υπολογιστών στην παραγωγική διαδικασία ήταν μια επανάσταση.



Σχήμα 1.4. Η Cincinatti Milling Hydro – Tel συμβατική φρέζα που μετατράπηκε σε NC.

Από το 1952 η ανάπτυξη και η χρησιμοποίηση των υπολογιστών στην παραγωγή υπήρξε συνεχής. Το 1954 άρχισε να αναπτύσσεται μια γλώσσα προγραμματισμού που λεγόταν APT (Automatically Programmed Tool). Αυτή η γλώσσα προγραμματισμού χρησιμοποιούσε σύμβολα και είχε τη δυνατότητα να πληροφορεί τον υπολογιστή ελέγχου για το ακριβές τελικό σχήμα που έπρεπε να έχει το προς κατεργασία αντικείμενο και να του δίνει οδηγίες για την κατασκευή του.

Σήμερα τα συστήματα αριθμητικού ελέγχου χρησιμοποιούνται για την κοπή ελασμάτων με Laser, για τη συγκόλληση κομματιών με ρομπότ, για τη διαστατική μέτρηση των κομματιών (δηλ. ποιοτικό έλεγχο), κτλ.



Σχήμα 1.5. Ένα σύστημα CNC για διαστατική μέτρηση των κομματιών.

Οι υπολογιστές επηρέασαν ουσιαστικά ή και ακόμη άλλαξαν ριζικά τον τεχνολογικό τομέα στον οποίο εφαρμόστηκαν. Αυτό αποδεικνύεται με την εφαρμογή των μικροεπεξεργαστών στις μονάδες ελέγχου CNC το 1976.



Σχήμα 1.6. Ένας μικροεπεξεργαστής.

Οι μικροεπεξεργαστές μαζί με τα συστήματα ελέγχου και αποθήκευσης δεδομένων αποτελούν την καρδιά ενός συστήματος ελέγχου CNC.

Η σύγχρονη επιστήμη των υπολογιστών είχε τεράστιο αντίκτυπο στο σχεδιασμό και στην κατασκευή προϊόντων και βοήθησε στη μείωση του κόστους παραγωγής, στη μείωση του όγκου των αποθεμάτων και του χρόνου παράδοσης. Παράλληλα, αύξησε την παραγωγικότητα, την αξιοποίηση του εξοπλισμού και το επίπεδο ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων.

Η τεχνολογία των υπολογιστών, η σχεδίαση με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer Aided Design – CAD) και η παραγωγή ή κατασκευή με τη βοήθεια υπολογιστή (Computer Aided Manufacturing – CAM) απέδειξε ότι υπάρχει η δυνατότητα να αυξηθεί η παραγωγικότητα τόσο στο σχεδιασμό όσο και στην παραγωγή προϊόντων.

**ΟΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΥ CAM ΕΙΝΑΙ:**

- 1) ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΖΟΜΕΝΟΙ ΛΟΓΙΚΟΙ ΕΛΕΓΚΤΕΣ (PLC)  
(PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS)
- 2) ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ (CNC)  
(COMPUTER NUMERICAL CONTROL)
- 3) ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΜΕ Η/Υ (CAPP)  
(COMPUTER AIDED PROCESS PLANNING)
- 4) ΕΥΕΛΙΚΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ (FMS)  
(FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS)

Όλες μαζί οι παραπάνω τεχνολογίες αλλά και η καθεμιά ξεχωριστά συντελούν στην πραγματοποίηση της παραγωγής ή της κατασκευής με τη βοήθεια Η/Υ.

**ΟΙ ΒΟΗΘΗΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΟΥ CAM ΕΙΝΑΙ:**

- 1) ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΕ Η/Υ (CAD)  
(COMPUTER AIDED DESIGN)
- 2) ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΟΜΑΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ (GT)  
(GROUP TECHNOLOGY)
- 3) ΤΕΧΝΗΤΗ ΝΟΗΜΟΣΥΝΗ (AI)  
(ARTIFICIAL INTELIGENCE)  
Οι τεχνολογίες αυτές (όπως π.χ. το CAD) βοηθούν τις συνιστώσες τεχνολογίες στην επίτευξη του σκοπού τους, που είναι η παραγωγή ή η κατασκευή με τη βοήθεια Η/Υ.

**ΟΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ / ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΤΟΥ CAM ΕΙΝΑΙ:**

- 1) Η ΠΑΡΟΧΗ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ  
Δηλαδή η αυτόματη παροχή των πρώτων υλών μέσα στον εργασιακό χώρο.
- 2) Η ΠΑΡΟΧΗ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ  
Δηλαδή η αυτόματη τροφοδότηση των μηχανών με κοπτικά εργαλεία.
- 3) Ο ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ CNC  
Υπάρχουν 3 είδη προγραμματισμού:  
3.1. Ο ΣΥΜΒΑΤΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡ/ΣΜΟΣ (είναι ο προγραμματισμός που γίνεται “με το χέρι”)  
3.2. Ο ΔΙΑΛΟΓΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡ/ΣΜΟΣ (είναι ο προγραμματισμός που γίνεται με “διάλογο” με τη μονάδα ελέγχου)  
3.3. Ο ΣΥΣΤΙΜΙΚΟΣ ΠΡΟΓΡ/ΣΜΟΣ (είναι ο προγραμματισμός που γίνεται πάλι με διάλογο αλλά διαμέσου χρησιμοποίησης ενός ολοκληρωμένου συστήματος CAD/CAM)
- 4) Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΤΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ (PROCESS CONTROL)  
Ο έλεγχος με Η/Υ των διεργασιών μέσα στον εργασιακό χώρο.
- 5) Ο ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ  
Δηλαδή ο ποιοτικός έλεγχος με τη βοήθεια Η/Υ και στη συνέχεια η παροχή πληροφοριών στους υπεύθυνους του εργοστασίου.
- 6) ΤΟ MARKETING

## 7) Ο ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ

## 8) Η ΔΙΑΝΟΜΗ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

Οι παραπάνω εργασίες ή διαδικασίες (όπως π.χ. ο προγραμματισμός των εργαλειομηχανών CNC) συντελούν στην επίτευξη του τελικού σκοπού, που είναι η κατασκευή με τη βοήθεια Η/Υ.

### 1.3. Τεχνολογίες σχετικές με συστήματα CAD/CAM

#### 1.3.1. Γενικά

Ο προγραμματισμός των CNC εργαλειομηχανών "με το χέρι" (manual programming) ή συμβατικός προγραμματισμός (conventional programming) περιλαμβάνει πολλή και μονότονη δουλειά. Πρέπει να δημιουργηθεί ένα φασεολόγιο, να επιλεγούν τα εργαλεία, να γίνουν οι υπολογισμοί διαφόρων συντεταγμένων, να υπολογισθεί η ταχύτητα πρόωσης και οι στροφές της ατράκτου και τέλος να υπολογιστούν τα σημεία που περιγράφουν την τροχιά του κοπτικού εργαλείου. Φυσικά, το πρόγραμμα για την κατεργασία ενός τεμαχίου πρέπει να συνταχθεί με το χέρι. Τέλος, αφού γραφεί το πρόγραμμα, πρέπει να επαληθευθεί με προσοχή.

Από τότε που αναπτύχθηκαν οι πρώτες μονάδες ελέγχου (ME) για CNC μηχανήματα, οι κατασκευαστές μονάδων ελέγχου προσπαθούν συνεχώς να κάνουν τη χρήση των εξελιγμένων αυτών μηχανημάτων ευκολότερη. Επίσης, προστέθηκαν πολλές δυνατότητες προγραμματισμού "με το χέρι", ειδικά σχεδιασμένες για τη διευκόλυνση του χειροκίνητου και συμβατικού αυτού τρόπου.

Ωστόσο, ακόμη και με τη βοήθεια αυτών των ειδικών προγραμματιστικών δυνατοτήτων (special programming features), ο προγραμματισμός "με το χέρι" εξακολουθεί να είναι κουραστικός. Οι δυνατότητες αυτές προγραμματισμού δυστυχώς ισχύουν μόνο για το συγκεκριμένο μηχάνημα, που προγραμματίζεται. Εάν ο προγραμματιστής πρέπει να δουλέψει με δυο ή περισσότερους τύπους εργαλειομηχανών CNC, δηλαδή διαφορετικά μοντέλα από διαφορετικούς κατασκευαστές, θα δυσκολευτεί πολύ να αποκτήσει άνεση στον προγραμματισμό τους, ανεξάρτητα από το πόσες πρόσθετες δυνατότητες προγραμματισμού έχει στη διάθεσή της η μονάδα ελέγχου (ME) της κάθε εργαλειομηχανής.

Για τους λόγους αυτούς εξελίχθηκαν τα συστήματα κατεργασίας με τη βοήθεια υπολογιστών (computer-aided manufacturing systems, CAM). Τα συστήματα CAM εκτελούν αυτόματα μεγάλο μέρος της κοπιαστικής δουλειάς του προγραμματιστή των εργαλειομηχανών CNC. Αντί να χρειάζεται ο προγραμματιστής να υπολογίσει με το χέρι μια σειρά συντεταγμένων, μπορεί τώρα να σχεδιάσει το προς κατεργασία αντικείμενο στην οθόνη της ME, χρησιμοποιώντας μια σειρά γεωμετρικών (ή δομικών) στοιχείων. Γενικά, στα συστήματα CAM μπορούμε να καταχωρήσουμε σειρά γεωμετρικών στοιχείων, όπως σημεία, γραμμές και κύκλους, τα οποία περιγράφουν το αντικείμενο που θέλουμε να κατεργαστούμε. Ο προγραμματιστής, αφού δώσει τη γεωμετρική αυτή περιγραφή, μπορεί στη συνέχεια να προσδιορίσει τη διαδρομή του κοπτικού εργαλείου που θα "αντιγράψει" πιστά το γεωμετρικό σχήμα. Αφού ολοκληρωθεί το πρόγραμμα, το σύστημα CAM θα δημιουρ-



γήσει αυτόματα τους κώδικες CNC, που ισχύουν για τη συγκεκριμένη εργαλειομηχανή και για το συγκεκριμένο πρόγραμμα, που προγραμματίζεται σχεδόν με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο θα το έκανε χειροκίνητα ένας προγραμματιστής. Αυτό το κωδικοποιημένο πλέον πρόγραμμα με κώδικες EIA/ISO (δηλαδή G και M κώδικες) φορτώνεται στη μνήμη της μονάδας ελέγχου έτοιμο να εκτελεστεί, όταν έρθει η στιγμή της κατεργασίας των συγκεκριμένων κομματιών.

Κάτω από ιδανικές συνθήκες, τα συστήματα CAM επιτρέπουν τον προγραμματισμό διαφορετικών τύπων εργαλειομηχανών CNC με την ίδια γλώσσα. Εάν το σύστημα CAM είναι σωστά εξελιγμένο, ο προγραμματιστής πρέπει να μάθει να χειρίζεται ένα μόνο σύστημα, για να προγραμματίσει αρκετές εργαλειομηχανές CNC. Τα περισσότερα συστήματα CAM διαθέτουν διαφορετικά λογισμικά πακέτα (modules) για κάθε είδος εργαλειομηχανής CNC με την οποία μπορούν να συνεργαστούν. Εάν π.χ. ο προγραμματιστής θελήσει να προγραμματίσει ένα κέντρο τόννευσης, θα προσπελάσει ή θα φορτώσει το λογισμικό πακέτο για τρνίρισμα. Για να προγραμματίσει ένα κέντρο κατεργασίας, θα προσπελάσει το λογισμικό πακέτο για το κέντρο κατεργασίας.

Στις πρώτες μέρες του NC (numerical control) τα συστήματα CAM βασίζονταν σε υπολογιστές τύπου mainframe (υπερυπολογιστές). Μόνο μεγάλες επιχειρήσεις μπορούσαν να αγοράσουν αυτούς τους mainframe και να τους υποστηρίξουν. Για τις μικρότερες εταιρείες, η χρονοχρέωση (time-sharing) ήταν μια οικονομικά αποδεκτή μέθοδος αποκομιδής των οφελών του προγραμματισμού με τη βοήθεια υπολογιστή. Μια κατασκευαστική εταιρεία μπορούσε να αγοράσει το χρόνο χρήσης του υπολογιστή μιας άλλης κατασκευαστικής εταιρείας που είχε τέτοιο υπολογιστή.

Με την πάροδο του χρόνου, οι υπολογιστές μίκρυναν σε μέγεθος και κόστος και αύξησαν τις δυνατότητές τους. Και όταν τελικά οι υπολογιστές τύπου “μίνι” απέκτησαν τις απαραίτητες δυνατότητες, ώστε να μπορούν να εκτελέσουν εφαρμογές CAM, περισσότερες επιχειρήσεις μπόρεσαν να στηρίξουν οικονομικά την αγορά μίνι υπολογιστών.

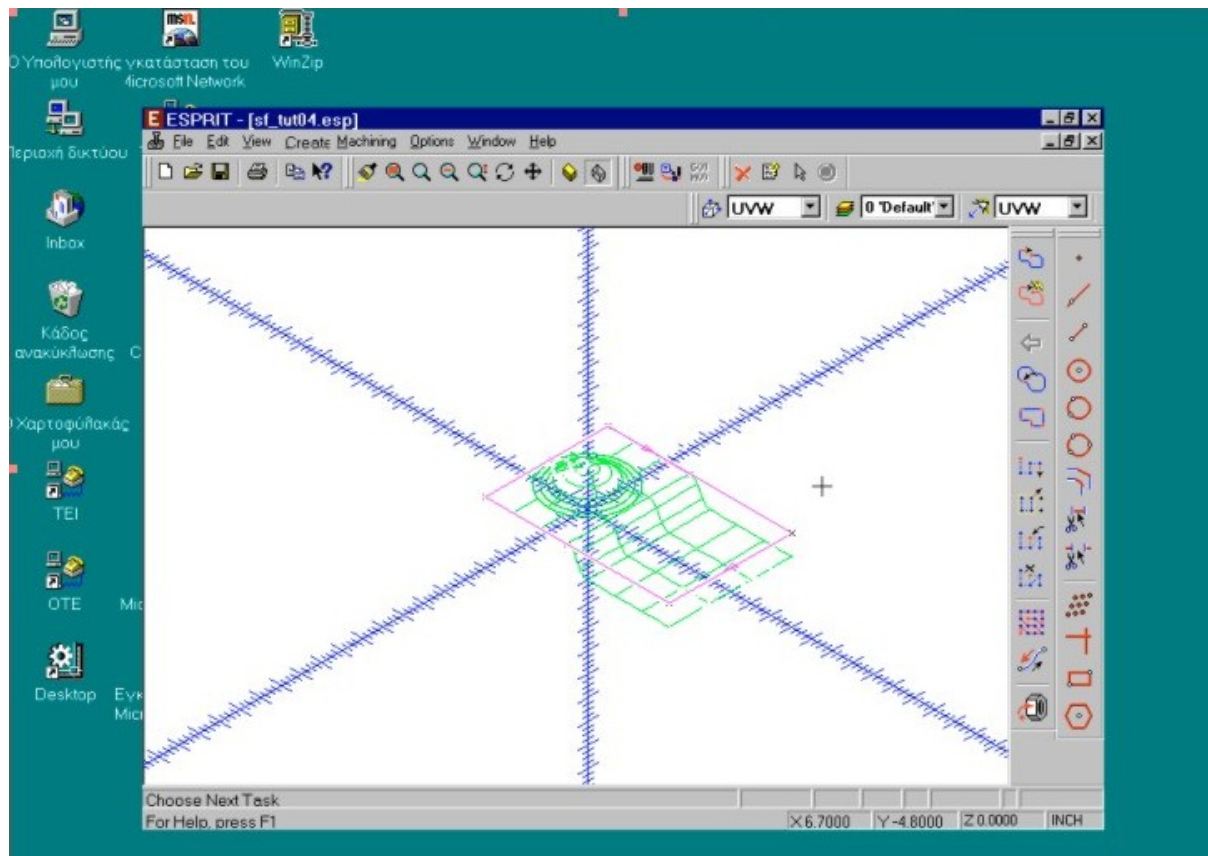
Σήμερα, μέχρι και οι προσωπικοί υπολογιστές (PC) έχουν τη δυνατότητα να εκτελέσουν ισχυρότατα συστήματα CAM, και αυτή τη μορφή συστήματος CAM την έχουν υιοθετήσει πολλά μηχανουργεία.

### 1.3.2. Προγράμματα CAM

Προκειμένου να σχηματίσετε μια ιδέα για τις λειτουργίες ενός προγράμματος CAM, γίνεται εδώ μια συνοπτική αναφορά σ' ένα εμπορικό πρόγραμμα CAM το ESPRIT. Τα βήματα που ακολουθούνται (φάσεις) είναι σχεδόν τυπικές για κάθε εφαρμογή.

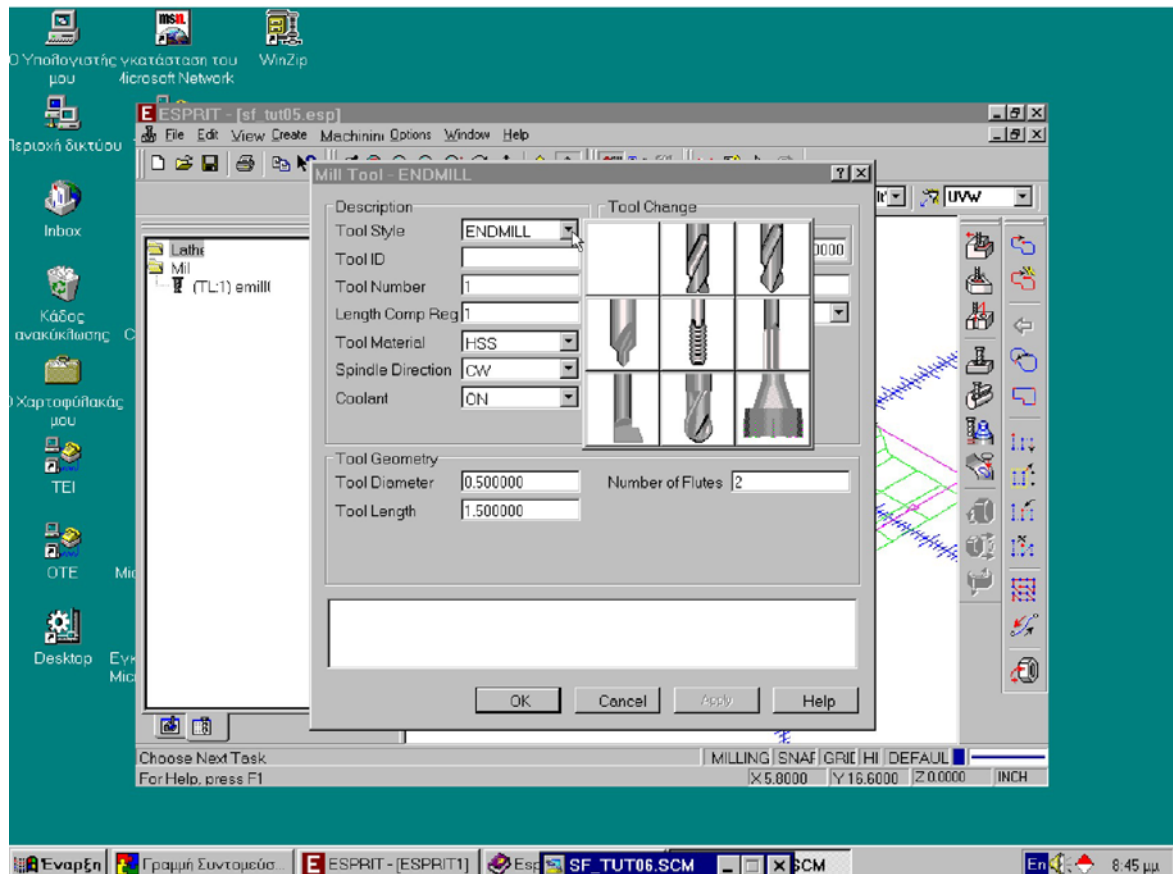
**Φάση πρώτη:** Ορισμός γεωμετρίας της επιφάνειας που πρόκειται να κατεργαστούμε.

Στην πρώτη φάση ο προγραμματιστής ορίζει τη γεωμετρία του τεμαχίου που είναι επιθυμητό να κοπεί στην CNC εργαλειομηχανή. Είναι δηλαδή μια λειτουργία CAD – σχεδιασμού με Υπολογιστή. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι το ηλεκτρονικό σχέδιο μπορεί να έχει δημιουργηθεί σε άλλο περιβάλλον (π.χ. AutoCad) και στη συνέχεια να έχει μεταφερθεί στο πρόγραμμα CAM. Στην εικόνα που ακολουθεί εμφανίζεται με πράσινο χρώμα το σχέδιο μιας επιφάνειας, η οποία είναι επιθυμητό να κοπεί από μια CNC φρέζα.



### Φάση δεύτερη: Ορισμός εργαλείων.

Στη δεύτερη φάση ο προγραμματιστής επιλέγει τα κοπτικά εργαλεία τα οποία θέλει να χρησιμοποιήσει. Η επιλογή γίνεται από βάση δεδομένων που διαθέτει το ίδιο το πρόγραμμα, στην οποία υπάρχουν πληροφορίες για την γεωμετρία των εργαλείων, το υλικό τους κλπ. Ο χρήστης είναι συνήθως σε θέση να ενημερώνει τη βάση δεδομένων με τα εργαλεία, προσθέτοντας τα δικά του ή τροποποιώντας υπάρχοντα.



### Φάση Τρίτη : “Ξεχόνδρισμα”.

Σε επόμενη φάση, ο προγραμματιστής ζητά από το πρόγραμμα να προσδιορίσει μόνο του τη διαδρομή του κοπτικού εργαλείου, ώστε να έχουμε ένα πρώτο πέρασμα της επιφάνειας, ένα ξεχόνδρισμα δηλαδή. Χρειάζεται να δώσει μόνο πληροφορία που αφορά : το σημείο εκκίνησης της κοπής, την ταχύτητα πρόωσης, το μέγιστο βάθος κοπής κλπ. Το πρόγραμμα CAM υπολογίζει στη συνέχεια τη διαδρομή του κοπτικού εργαλείου και την εμφανίζει στην οθόνη. Στην εικόνα που ακολουθεί φαίνεται με κόκκινο χρώμα μια τέτοια διαδρομή.

