

Κ.-Δ. Μπουζάκης • Κ. Ευσταθίου • Σ. Μήτσπ
Γ. Γιαννόπουλος • Μ. Γρηγοριάδου

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

**Ευέλικτα συστήματα
μηχανουργικών μορφοποιήσεων
υποστηριζόμενα από ηλεκτρονικούς υπολογιστές
(Computer Integrated Manufacturing - CIM)**



ISBN 960-456-031-X

© Copyright: Κ.-Δ. Μπουζάκης, Κ. Ευσταθίου, Σ. Μήτση, Γ. Γιαννόπουλος, Μ. Γρηγοριάδου
Εκδόσεις Ζήτη, Νοέμβριος 2006, Θεσσαλονίκη

*Η κατά οποιονδήποτε τρόπο και μέσο αναπαραγωγή, δημοσίευση ή χρησιμοποίηση όλου ή μερών
του βιβλίου αυτού απαγορεύεται χωρίς την έγγραφη άδεια του συγγραφέα και εκδότη.*



Εκτύπωση

Π. ΖΗΤΗ & Σια ΟΕ

18ο χλμ Θεσ/νίκης-Περαίας

Τ.Θ. 4171 • Περαία Θεσσαλονίκης • Τ.Κ. 570 19

Τηλ.: 23920 72.222 (10 γραμ.) - Fax: 23920 72.229

e-mail: info@ziti.gr

Βιβλιοπωλείο

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ

Αρμενοπούλου 27 • 546 35 Θεσσαλονίκη

Τηλ. 2310 203.720, Fax 2310 211.305

e-mail: sales@ziti.gr

www.ziti.gr

1	Εισαγωγή	9
2	Εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση (CNC) και μεθοδολογίες προγραμματισμού τους	31
2.1	Αυτοματοποίηση της παραγωγής και συστήματα αυτόματης καθοδήγησης	42
2.2	Βαθμίδες ψηφιακής καθοδήγησης, παρεμβολέας και βασική δομή αντίστοιχων εργαλειομηχανών	46
2.3	Δομή εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση	49
2.4	Εκπόνηση πληροφοριών κίνησης εργαλείων με βάση τη γεωμετρική μορφή των τεμαχίων	59
2.5	Χειρισμός εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση	68
2.6	Άξονες συστημάτων συντεταγμένων και κατευθύνσεις κίνησης ψηφιακά καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών κατά DIN 66217	72
2.7	Κώδικας εντολών G και M κατά ISO 6983 (DIN 66025 μέρος 2 ^ο)	76
2.8	Προγραμματισμός CNC – εργαλειομηχανών	80
2.8.1	Εντολές προγραμματισμού G00, G01, G02, G03 για όλες τις καθοδηγήσεις	81
2.8.2	Παραδείγματα εκπόνησης προγραμμάτων ψηφιακής καθοδήγησης για τórνευση	87
2.8.3	Κοπή σπειρωμάτων	97
2.8.3.1	Κοπή σπειρωμάτων σε τórνο	97
2.8.3.2	Κοπή σπειρώματος με σπειροτόμο	101
2.8.4	Κύκλος διάτρησης πολλών περασμάτων	103
2.8.5	Κύκλοι εκχόνδρισης στην τórνευση	105
2.8.6	Παραδείγματα εκπόνησης προγραμμάτων ψηφιακής καθοδήγησης για φραιζάρισμα	110
2.8.6.1	Κώδικας “G” φραιζομηχανής με καθοδήγηση AURKI (FAGOR) και παραδείγματα εκπόνησης αντίστοιχων προγραμμάτων για την κατεργασία τεμαχίων	112
2.8.6.2	Κύκλοι κατεργασίας για φραιζάρισμα σε φραιζομηχανή με καθοδήγηση AURKI (FAGOR)	129
2.8.7	Πίνακας εντολών “G” και εντολών “M” κέντρου κατεργασίας με καθοδήγηση FANUC	162
3	Βιομηχανικά ρομπότ και χρησιμοποίησή τους για τον χειρισμό τεμαχίων σε συστήματα CIM	167
3.1	Δομή βιομηχανικών ρομπότ	169

3.1.1	Μηχανικό σύστημα βιομηχανικού ρομπότ	171
3.1.1.1	Μηχανισμός παραγωγής τροχιάς. Χώρος εργασίας.....	172
3.1.1.2	Μηχανισμός προσανατολισμού	178
3.1.1.3	Μηχανισμός αρπάγης	179
3.1.2	Σύστημα ενεργοποίησης	184
3.1.3	Σύστημα ελέγχου	185
3.1.4	Προγραμματισμός βιομηχανικού ρομπότ.....	188
3.2	Κινηματική ανάλυση.....	191
3.2.1	Ομογενές μητρώο μετασχηματισμού.....	192
3.2.2	Ευθεία κινηματική ανάλυση	195
3.2.3	Αντίστροφη κινηματική ανάλυση.....	197
3.2.4	Συστήματα συντεταγμένων σταθμού εργασίας βιομηχανικού ρομπότ	203
4	Αρχές σχεδιασμού μηχανουργικών κατεργασιών.....	205
4.1	Δομές συστημάτων μηχανουργικών κατεργασιών	209
4.2	Σχεδιασμός δομών μηχανουργικών κατεργασιών	211
4.3	Σχεδιασμός ομάδων τεμαχίων για μορφοποίησή τους σε συγκεκριμένη δομή μηχανουργικών κατεργασιών.....	215
4.4	Σχεδιασμός των αναγκών σε εργαλειομηχανές	218
4.5	Σχεδιασμός χωροθέτησης εργαλειομηχανών	222
4.6	Σχεδιασμός διακίνησης εργαλείων	224
4.7	Σχεδίαση ιδιοσυσκευών	230
4.8	Σχεδιασμός αποθηκευτικών διατάξεων	233
4.9	Σχεδιασμός μεταφορικών διατάξεων	238
4.10	Σχεδιασμός χώρων παραγωγής	241
5	Συστήματα συναρμολόγησης	243
5.1	Αρχές σχεδιασμού συστημάτων συναρμολόγησης (CAA).....	247
5.2	Σχεδιασμός συστημάτων συναρμολόγησης.....	251
5.3	Προσδιορισμός δομών συναρμολόγησης	254
5.4	Καθορισμός της διαδοχής διαδικασιών συναρμολόγησης	263
5.5	Σχεδιασμός των αναγκών εργαλείων, ιδιοσυσκευών και προσωπικού συναρμολόγησης.....	269
6	Διακίνηση πληροφοριών σε συστήματα CIM	273
<i>Παράρτημα: Ακρονόμια συστημάτων και διαδικασιών ευέλικτων συστημάτων παραγωγής.....</i>		<i>296</i>

Ευέλικτα συστήματα μηχανουργικών μορφοποιήσεων υποστηριζόμενα από Η/Υ (Computer Integrated Manufacturing – CIM)

Ένα σύστημα μηχανουργικών μορφοποιήσεων αποτελείται από εργαλειομηχανές, εργαλεία, διατάξεις πρόσδεσης εργαλείων και τεμαχίων, ιδιοσυσκευές και μέσα τροφοδότησης, μεταφοράς και αποθήκευσης πρώτων υλών, τεμαχίων και τελικών προϊόντων. Κάθε τέτοιο σύστημα τροφοδοτείται από πληροφορίες για το είδος και τις συνθήκες των κατεργασιών, την οργάνωση και διοίκηση της παραγωγής κ.α.

Αντικειμενικός σκοπός παρομοίων συστημάτων είναι η μεταποίηση πρώτων υλών σε μορφοποιημένα προϊόντα, τα οποία να καλύπτουν τις εκάστοτε προδιαγραφές με το χαμηλότερο δυνατό κόστος.

Ως προς την ποσότητα μορφοποιημένων προϊόντων διακρίνονται συστήματα παραγωγής:

- επιμέρους τεμαχίων ή ομάδων μικρού αριθμού τεμαχίων
- παρτίδων σχετικά περιορισμένου αριθμών τεμαχίων
- παρτίδων μεγάλου αριθμού τεμαχίων (μαζικής παραγωγής)

Η επιδίωξη για καλύτερη ποιότητα ζωής, μέσω της βελτίωσης της ποιότητας των προϊόντων και των υπηρεσιών και για τον περιορισμό του χρόνου εργασίας, οδηγεί τη βιομηχανία σε διαρκή αύξηση της παραγωγικότητας. Επίσης συνεκτιμώντας τις ιδιαίτερες προτιμήσεις των αγοραστών και τον διεθνή ανταγωνισμό, τα προϊόντα μορφοποιούνται με πολλές κατασκευαστικές παραλλαγές σε όσο το δυνατό χαμηλότερο κόστος.

Το συστήματα παραγωγής σε παρτίδες μικρού ή μεσαίου μεγέθους καλύπτουν τη σύγχρονη ανάγκη μεγάλης ποικιλίας προϊόντων σε μικρό και μεσαίο όγκο παραγωγής. Χαρακτηριστικά των συστημάτων είναι:

- Η ποικιλία προϊόντων, αλλά και κατεργασιών
- Οι δυσκολίες στο σχεδιασμό και στον έλεγχο της παραγωγής

Εν προκειμένω η παραγωγή συναρτάται από τη βραχυπρόθεσμη ζήτηση και τους εκάστοτε επιβαλλόμενους περιορισμούς

CIM είναι το ακρωνύμιο του αγγλικού όρου “*Computer Integrated Manufacturing*”, το οποίο σημαίνει παραγωγή-μορφοποίηση ενός προϊόντος με την υποστήριξη Η/Υ. Το CIM ενσωματώνει επιμέρους τμήματα μιας παραγωγικής μονάδας τα οποία συμμετέχουν στη μορφοποίηση και παραγωγή σε ολοκληρωμένες δομές, ελεγχόμενες από Η/Υ. Επιμέρους τμήματα είναι αυτά της ανάπτυξης και σχεδιομελέτης με τα συστήματα CAD (*Computer Aided Design*) της προετοιμασίας των ερ-

γασιών μέσω συστημάτων CAP (*Computer Aided Planning*) του προγραμματισμού και της καθοδήγησης της παραγωγής με συστήματα PPC (*Productions Planning and Control*) ή PPS (*Productionsplanung and Steuerung*), των κατεργασιών, της συναρμολόγησης, της αποθήκευσης και της μεταφοράς με τη βοήθεια συστημάτων CAM (*Computer Aided Manufacturing*) και τέλος ο ποιοτικός έλεγχος με τα συστήματα CAQ (*Computer Aided Quality Assurance*).

Από διάφορους συγγραφείς και ερευνητές έχουν δοθεί διάφοροι ορισμοί για το CIM όπως:

- Η τεχνολογία CIM είναι μέθοδος παραγωγής, η οποία διασυνδέει τις επί μέρους εφαρμογές των πεδίων CAD/CAM/PPS με την βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών που υποστηρίζουν τη λειτουργία και τη διασύνδεση μεταξύ τους.
- CIM είναι η δικτύωση όλων των υπολογιστικών συστημάτων μέσα σε μια επιχείρηση με στόχο τη διασύνδεση, τη συνεργασία και αλληλοϋποστήριξη των δραστηριοτήτων όλων των επιμέρους τμημάτων των παραγωγικών επιχειρήσεων.
- CIM είναι η ολοκληρωμένη επεξεργασία πληροφοριών και δεδομένων για τη διοικητική και παραγωγική λειτουργία μιας επιχείρησης.
- CIM είναι η νέα τεχνολογία που έχει γίνει απαραίτητη σχεδόν σε όλους τους παραγωγικούς κλάδους και συνδυάζει την τεχνολογία των επικοινωνιών με όλα τα επιμέρους πεδία, όπως CAD, CAP, CAM, CAQ, PPS.

Στα επιμέρους κεφάλαια του παρόντος βιβλίου περιγράφονται και αναλύονται διάφορα δομικά συστήματα των CIM.

Το εισαγωγικό κεφάλαιο αναφέρεται στα τεχνικά χαρακτηριστικά των συστημάτων CIM, στην οργανωτική τους δομή, στις συνιστώσες τους, στα τεχνολογικά προβλήματα που ανακύπτουν κατά την ενσωμάτωση διαφορετικών κατεργασιών σε συστήματα CIM, καθώς και στους τυποποιημένους τρόπους διασύνδεσης των επιμέρους συνιστωσών των συστημάτων CIM.

Το δεύτερο κεφάλαιο πραγματεύεται τις εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση και τις μεθοδολογίες προγραμματισμού τους. Γίνεται αναφορά στην αυτοματοποίηση της παραγωγής, στα συστήματα αυτόματης καθοδήγησης, στις βαθμίδες της ψηφιακής καθοδήγησης, στη δομή των εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση, στο χειρισμό τους και κυρίως στους τρόπους και στους κώδικες προγραμματισμού τους.

Αντίστοιχα το **τρίτο κεφάλαιο** πραγματεύεται τη δομή των βιομηχανικών ρομπότ για τον χειρισμό τεμαχίων σε συστήματα CIM. Εν προκειμένω περιγράφονται συστήματα βιομηχανικού ρομπότ, συστήματα ενεργοποίησης, ελέγχου και προγραμματισμού, καθώς και οι σχετικές κινηματικές αναλύσεις.

Οι μηχανουργικές κατεργασίες και η συναρμολόγηση έχουν σημαντική θέση σε ένα παραγωγικό σύστημα, ειδικά αν λάβει κανείς υπόψη ότι σε εταιρείες κατασκευής

μηχανών, περίπου το 70% των εργαζομένων απασχολείται σε αυτούς τους τομείς. **Το τέταρτο κεφάλαιο** πραγματεύεται τις αρχές σχεδιασμού των μηχανουργικών κατεργασιών και γίνεται αναφορά στις δομές των μηχανουργικών κατεργασιών, στο σχεδιασμό αυτών των δομών, στο σχηματισμό ομάδων τεμαχίων για μορφοποίηση τους σε συγκεκριμένες δομές μηχανουργικών κατεργασιών, στο σχεδιασμό των αναγκών σε εργαλειομηχανές και τη χωροθέτηση τους, στο σχεδιασμό διακίνησης των εργαλείων και των ιδιοσυσκευών, στο σχεδιασμό αποθηκευτικών και μεταφορικών διατάξεων, καθώς και στο σχεδιασμό των χώρων παραγωγής,

Αντίστοιχα το **πέμπτο κεφάλαιο** πραγματεύεται το σχεδιασμό συστημάτων συναρμολόγησης και τον προσδιορισμό των δομών συναρμολόγησης, τον καθορισμό της διαδοχής διαδικασιών συναρμολόγησης, το σχεδιασμό των αναγκών εργαλείων, ιδιοσυσκευών και προσωπικού συναρμολόγησης καθώς και τον προγραμματισμό αξιολόγησης της γεωμετρίας τεμαχίων υπό το πρίσμα της συναρμολόγησης.

Βασικό στοιχείο ενός συστήματος CIM είναι η δυνατότητα μιας ολοκληρωμένης επεξεργασίας πληροφοριών και δεδομένων για τη διοικητική και παραγωγική λειτουργία μιας παραγωγικής επιχείρησης ή με άλλα λόγια η δικτύωση όλων των υπολογιστικών συστημάτων μέσα σε μια επιχείρηση και η διασύνδεση, συνεργασία και αλληλοϋποστήριξη των δραστηριοτήτων όλων των επιμέρους τμημάτων της. **Το τελευταίο κεφάλαιο** του παρόντος βιβλίο πραγματεύεται τις διατάξεις διακίνησης πληροφοριών των συστημάτων CIM. Αναφέρεται σε λογισμικά βιομηχανικών εφαρμογών, στη διασύνδεση ψηφιακά καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών και ηλεκτρονικών υπολογιστών, στην τυποποίηση υλικού (Hardware), στη σειριακή διασύνδεση εργαλειομηχανών, στη διασύνδεση εργαλειομηχανών μέσω δικτύων, στην τυποποίηση λογισμικού σχεδιαστικών πληροφοριών και στην τυποποίηση λογισμικών γραφικών.

1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1 Εισαγωγή

Σχήμα 1.1	Αναγκαιότητα ευέλικτης δομής παραγωγής	12
Σχήμα 1.2	Χαρακτηριστικά συστημάτων CIM	12
Σχήμα 1.3	CIM-διαδικασίες και ροή πληροφοριών με την υποστήριξη H/Y	13
Σχήμα 1.4	Στόχοι κατά την εφαρμογή δομών παραγωγής CIM.....	13
Σχήμα 1.5	Στόχοι ευέλικτων συστημάτων κατεργασίας	14
Σχήμα 1.6	Διαθροτικές τροποποιήσεις κατά την εισαγωγή μοντέρνων μέσων παραγωγής	14
Σχήμα 1.7	Ολοκλήρωση συστημάτων CAD/CAP.....	15
Σχήμα 1.8	Επιδράσεις συστημάτων CIM επί της οργανωτικής δομής εργοστασίων.....	15
Σχήμα 1.9	Επιδράσεις συστημάτων CIM επί της οργανωτικής διάρθρωσης παραγωγής	16
Σχήμα 1.10	Εξοικονόμηση κόστους σαν αποτέλεσμα της χρήσης ολοκληρωμένου συστήματος παραγωγής.....	16
Σχήμα 1.11	Στοιχεία σύνθετων συστημάτων παραγωγής	17
Σχήμα 1.12	Στοιχεία αυτοματοποίησης και σύνδεση τεχνικών πληροφοριών.....	17
Σχήμα 1.13	Καθορισμός κοπτικού εργαλείου	18
Σχήμα 1.14	Ευέλικτα εργαλεία ή συστήματα αλλαγής εργαλείων.....	18
Σχήμα 1.15	Αυτοματοποιημένη κατασκευή ιδιοσυσκευών.....	19
Σχήμα 1.16	Λειτουργία χειρισμού CNC εργαλειομηχανών	19
Σχήμα 1.17	Εξέλιξη των λειτουργιών καθοδήγησης.....	20
Σχήμα 1.18	Δομή ενός σύγχρονου συστήματος NC καθοδήγησης.....	20
Σχήμα 1.19	Ολοκληρωμένη επεξεργασία πληροφοριών	21
Σχήμα 1.20	Ολοκληρωμένο σύστημα διάγνωσης και καθοδήγησης εργαλειομηχανών.....	21
Σχήμα 1.21	Διαβάθμιση των συστημάτων παραγωγής από μία CNC εργαλειομηχανή μέχρι το ευέλικτο σύστημα παραγωγής	22
Σχήμα 1.22	Τεχνολογικά προβλήματα κατά την ενσωμάτωση διαφορετικών κατεργασιών σε συστήματα CIM.....	22
Σχήμα 1.23	Μαθηματική περιγραφή της λείανσης για τον προσδιορισμό διαφόρων μεγεθών απαραίτητων για την ενσωμάτωσή της σε συστήματα CIM	23
Σχήμα 1.24	Διαδικασίες για την βελτιστοποίηση των συνθηκών κατεργασίας στο φραιζάρισμα.....	23

Σχήμα 1.25	Συστήματα προετοιμασίας κατεργασιών με την υποστήριξη H/Y	24
Σχήμα 1.26	Πλεονεκτήματα του NC-φραιζαρίσματος υποστηριζόμενου από σύστημα CAD/CAM κατά την κατεργασία ενός καλουπιού σφυρηλασίας.....	24
Σχήμα 1.27	Αλυσιδωτές αντιδράσεις για τον προσδιορισμό δεδομένων καθοδήγησης	25
Σχήμα 1.28	Δεδομένα παραγωγής	25
Σχήμα 1.29	Δομή και διασυσχέτιση δεδομένων που περιγράφουν την μορφοποίηση του προϊόντος	26
Σχήμα 1.30	Μοντέλο με διαδοχικά επίπεδα για τον σχεδιασμό παραγωγής CIM. Ροή πληροφοριών μέσω βάσεων δεδομένων	26
Σχήμα 1.31	Ολοκλήρωση διαφόρων δεδομένων σε δομή παραγωγής CIM (παράδειγμα ενός κέντρου κοπής).....	27
Σχήμα 1.32	ISO/OSI – MAP – ενδιάμεσα πρωτόκολλα.....	27
Σχήμα 1.33	Δομή πληροφοριών CIM σε συστήματα παραγωγής	28
Σχήμα 1.34	Βασικός σχεδιασμός παραγωγής CIM	28
Σχήμα 1.35	Περιοχές δεδομένων από τις οποίες λαμβάνονται υπόψη διάφορες πληροφορίες κατά τον προγραμματισμό συστημάτων CIM	29
Σχήμα 1.36	Τεχνοοικονομική αξιολόγηση σχεδιασμών συστημάτων κατεργασιών CIM.....	29
Σχήμα 1.37	Παράδειγμα αξιολόγησης διαφόρων σχεδιασμών CIM με την βοήθεια λογισμικών προσομοίωσης.....	30





































