

ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΥ

ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Επιστήμη - Τεχνολογία - Πράξη

II

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΟΠΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

ΤΟΜΟΣ II-1

- Γενική εισαγωγή • Τόρνευση
- Διάτρηση και συναφείς κατεργασίες
- Φραιζάρισμα • Πλάνισμα

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΗΤΗ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια της σειράς συγγραμμάτων σε αντικείμενα Μηχανουργικής Τεχνολογίας παρουσιάζουμε την δεύτερη ενότητα (τεύχη I και II) υπό τον τίτλο "Τεχνολογία κατεργασιών κοπής των μετάλλων".

Στην πρώτη ενότητα (τεύχη I και II) αναπτύξαμε, αφού προτάξαμε ένα εισαγωγικό κεφάλαιο με χρήσιμες έννοιες και ορισμούς, την "Γενική θεωρία των μηχανικών μηχανουργικών κατεργασιών των μετάλλων (κατεργασίες κοπής και κατεργασίες διαμορφώσεως)", που περιέλαβε την εφαρμοσμένη στις κατεργασίες αυτές πλαστικότητα, τα τριβολογικά χαρακτηριστικά τους και την συμπεριφορά των μετάλλων κατά την κατεργασία και μετά από αυτή, επί πλέον δε και τις αρχές της κοπής των μετάλλων. Όλες αυτές τις γνώσεις τις θεωρούμε απαραίτητες, ως υποδομή, για την υποστήριξη της Τεχνολογίας των κατεργασιών.

Η δεύτερη ενότητα μερίζεται σε τρία μέρη (Α, Β και Γ) και σε δώδεκα συνολικώς κεφάλαια.

Οι κατεργασίες κοπής που πραγματευόμαστε στο πρώτο (Α) μέρος είναι οι βασικές, δηλαδή: η τόρνευση, η διάτρηση και οι συναφείς με αυτήν κατεργασίες (γλύφανση κ.ά.), το φραιζάρισμα, το πλάνισμα και οι λειαντικές κατεργασίες (λείανση, χόνιγκ, λάμπιγκ και υπερλείανση).

Στο δεύτερο (Β) μέρος ασχολούμαστε με ειδικές κατεργασίες κοπής, όπως είναι: η μορφοποίηση οδοντώσεων και σπειρωμάτων και η αυλάκωση ή διάνοιξη.

Στο τρίτο (Γ) μέρος με τον τίτλο "Ειδικά θέματα Μηχανουργικής Τεχνολογίας" αναφερόμαστε και αναλύουμε την μοντελοποίηση και βελτιστοποίηση θεμελιακών οικονομικών μεγεθών της κοπής (μοναδιαίο κόστος παραγωγής, ρυθμός παραγωγής και ρυθμός κέρδους). Πέραν αυτού, πρόθεσή μας ήταν το μέρος αυτό να συμπληρωθεί, στην έκδοση αυτή, με την ανάπτυξη δύο ακόμη θεμάτων: με εκείνο των συγχρόνων συστημάτων μηχανουργικής παραγωγής (NC, CNC, FMS, CAM κ.λπ.), καθώς και με το θέμα της δι' ηλεκτρικών εκκενώσεων αφαιρέσεως μετάλλου, που αποτελεί την ευρύτερα χρησιμοποιούμενη βιομηχανικά μέθοδο από την ομάδα των μη συμβατικών μεθόδων αφαιρέσεως μετάλλου. Τούτου δεν κατέσται εφικτό στην

παρούσα έκδοση, τα θέματα όμως αυτά θα περιληφθούν στην αμέσως επόμενη.

Τελειώνοντας, ο συγγραφέας αισθάνεται ιδιαίτερα υποχρεωμένος στους συνεργάτες του, που καθοιονδήποτε τρόπο εβοήθησαν στην υλοποίηση των δύο τόμων (II-1, II-2) της παρούσης ενότητας (II) κατά τα επάλληλα στάδια εξελίξεώς τους. Ακόμη, εκφράζει τις θερμές του ευχαριστίες προς την συνάδελφο Μηχανολόγο Μηχανικό Μαριάνθη Γρηγοριάδου, η οποία έχοντας την επιμέλεια της εκδόσεως από απόψεως σχεδιάσεως, διορθώσεων κ.ά., συνέβαλε σημαντικά στην όσο το δυνατόν καλλίτερη παρουσίασή της, αλλά και στον οίκο "Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη", για την πραγματικά άρτια και επιμελημένη αυτή έκδοση.

Ο συγγραφέας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ.....	3
ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΟΥΣ.....	3
1.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ, ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΟΠΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ [A45]	3
1.1.1. Γενική θεώρηση των μεθόδων παραγωγής μεταλλικών προϋ- ντων.....	3
1.1.2. Ταξινόμηση των κατεργασιών κοπής των μετάλλων	7
1.1.2.1. Οι μηχανικές κατεργασίες των μετάλλων (μηχανουρ- γικές κατεργασίες) ως σύστημα.....	7
1.1.2.2. Κατάταξη των κατεργασιών κοπής	12
1.1.2.3. Γενικά περί της κινηματικής των κατεργασιών κοπής των μετάλλων. Ενδιαφέροντες ορισμοί.....	18
1.1.2.4. Παράγοντες κοπής.....	25
1.1.2.5. Χρησιμοποιούμενα συστήματα συντεταγμένων και επι- πέδων αναφοράς.....	26
1.2. ΑΠΟ ΤΗ ΘΕΩΡΙΑ ΤΗΣ ΚΟΠΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ: ΕΥΡΕΙΑ ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ [A45].....	29
1.2.1. Μηχανική της κοπής των μετάλλων	29
1.2.1.1. Ο μηχανισμός της κοπής των μετάλλων.....	29
1.2.1.2. Το σύστημα των δυνάμεων κοπής	39
1.2.1.3. Η κινηματική της ορθογωνικής κοπής	42
1.2.1.4. Εκτίμηση της γωνίας διατμήσεως	44
1.2.1.5. Η καταναλισκόμενη ανηγμένη ενέργεια κατά την κοπή των μετάλλων.....	46
1.2.1.6. Το μέσο δυναμικό όριο διαρροής σε διάτμηση του κατερ- γαζόμενου μετάλλου τ_{SY}	47
1.2.1.7. Η τριβή στην κοπή των μετάλλων.....	48
1.2.2. Εκλυόμενη θερμότητα και αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες κα- τά την κοπή των μετάλλων	49
1.2.3. Το κοπτικό εργαλείο	53
1.2.3.1. Γενικές παρατηρήσεις.....	53
1.2.3.2. Ανθρακούχοι (ή κοινοί) και κεκραμένοι χάλυβες (πλην ταχυχάλυβων) κοπτικών εργαλείων.....	55
1.2.3.3. Ταχυχάλυβες (Πίνακες από I–Π07 έως I–Π10)	56
1.2.3.4. Χυτευτά κράματα κοπτικών εργαλείων (στελλίτες).....	59

1.2.3.5.	Τα σκληρομέταλλα (κεραμικά καρβιδίων) ως υλικό εργαλείων κοπής.....	60
1.2.3.6.	Κεραμικά από πυρίμαχα οξείδια.....	65
1.2.3.7.	Υπερσκληρα υλικά κοπτικών εργαλείων: Το διαμάντι και τα κυβικά βοριονιτρίδια (CBN: Cubic Boron Nitrides).....	66
1.2.3.8.	Λειαντικές ουσίες (σκόνες).....	67
1.2.3.9.	Κριτήρια εκλογής υλικών κοπτικών εργαλείων.....	68
1.2.3.10.	Επιφανειακή επεξεργασία κοπτικών εργαλείων.....	69
1.2.4.	Φθορά του εργαλείου κοπής.....	70
1.2.4.1.	Γενικές παρατηρήσεις.....	70
1.2.4.2.	Μηχανισμοί φθοράς του εργαλείου.....	73
1.2.4.3.	Η ζώνη φθοράς και η φθορά κρατήρα.....	75
1.2.5.	Ζωή του κοπτικού εργαλείου.....	79
1.2.5.1.	Πώς αστοχούν τα εργαλεία και ποιά κριτήρια αστοχίας τίθενται.....	79
1.2.5.2.	Η σχέση ζωής εργαλείου T και ταχύτητας κοπής v ($T-v$) ή σχέση Taylor.....	80
1.2.5.3.	Παράγοντες κοπής, που επηρεάζουν τη ζωή του εργαλείου.....	82
1.2.6.	Υγρό κοπής.....	84
1.2.6.1.	Γενικά.....	84
1.2.6.2.	Οι δράσεις του υγρού κοπής.....	86
1.2.6.3.	Είδη υγρών κοπής.....	89
1.2.6.4.	Βιομηχανικές χρήσεις των υγρών κοπής.....	92
1.2.7.	Η ποιότητα κατεργασμένων με κοπή επιφανειών.....	94
1.2.7.1.	Γενικά.....	94
1.2.7.2.	Η τραχύτητα επιφανείας.....	96
1.2.7.3.	Συσχέτιση τραχύτητας – ανοχών.....	102
1.2.7.4.	Επίδραση βασικών παραγόντων της κοπής στην τραχύτητα επιφανείας.....	104
1.2.7.5.	Στατιστική ανάλυση της τραχύτητας κατεργασμένων με κοπή επιφανειών.....	106
1.2.7.6.	Τα λοιπά (μη γεωμετρικά) χαρακτηριστικά της κατεργασμένης επιφάνειας.....	107
1.2.8.	Η κατεργαστικότητα των μετάλλων.....	109
1.2.8.1.	Εισαγωγική θεώρηση.....	109
1.2.8.2.	Παρατηρήσεις επί της κατεργαστικότητας κύριων μηχανουργικών μετάλλων και κραμάτων.....	113
1.3.	ΑΠΟ ΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΚΟΠΗΣ. ΓΕΝΙΚΑ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΕΣ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ, ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΑΝΑΠΤΥΞΕΩΣ, ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΟΥΣ [Α47].....	120
1.3.1.	Γενικά.....	120
1.3.2.	Ταξινόμηση εργαλειομηχανών κοπής.....	122
1.3.2.1.	Κατάταξη ως προς το είδος της κατεργασίας.....	122

1.3.2.2.	Κατάταξη ως προς το είδος της πρωτεύουσας κινή- σεως	124
1.3.2.3.	Διάκριση ως προς το βαθμό εξειδικεύσεως.....	126
1.3.2.4.	Κατάταξη ανάλογα με την ακρίβεια κατεργασίας.....	127
1.3.2.5.	Κατάταξη ανάλογα με τη μορφή των κατεργασμένων επιφανειών.....	127
1.3.2.6.	Κατάταξη ως προς το βάρος τους.....	128
1.3.2.7.	Κατάταξη ως προς το βαθμό αυτοματισμού.....	128
1.3.3.	Γενικές κατασκευαστικές απαιτήσεις των εργαλειομηχανών κοπής.....	128
1.3.4.	Εξέλιξη των εργαλειομηχανών κοπής και σύγχρονες γενικές τάσεις αναπτύξεώς τους	132
1.3.4.1.	Παράγοντες εξέλιξεως των εργαλειομηχανών κοπής	132
1.3.4.2.	Επιτεύγματα και σύγχρονες γενικές τάσεις στη σχεδίαση και ανάπτυξη των εργαλειομηχανών κοπής	135
1.3.5.	Στοιχεία για την επιλογή, τις προδιαγραφές και τις δοκιμα- σίες παραδοχής των εργαλειομηχανών κοπής	139
1.3.5.1.	Επιλογή εργαλειομηχανών κοπής	140
1.3.5.2.	Κατάρτιση προδιαγραφών εργαλειομηχανών	142
1.3.5.3.	Δοκιμασίες (έλεγχοι, τεστ) παραδοχής εργαλειομηχανών κοπής.....	148

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ..... 153

ΤΟΡΝΕΥΣΗ 153

2.1. ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΤΗΣ ΤΟΡΝΕΥΣΕΩΣ ΚΑΙ

ΤΩΝ ΤΟΡΝΩΝ	153
2.1.1. Κινηματική και είδη τορνεύσεως	153
2.1.2. Ταξινόμηση, μορφολογία και προδιαγραφές τórνων	156
2.1.2.1. Ο συνήθης οριζόντιος μηχανουργικός τórνος γενικής χρήσεως	157
2.1.2.2. Ο απλός μηχανουργικός τórνος γενικής χρήσεως.....	161
2.1.2.3. Ο μετωπικός τórνος (σχ. 2.5)	161
2.1.2.4. Ο τórνος πολλών εργαλείων	162
2.1.2.5. Ο τórνος απλής (μίας) χρήσεως	162
2.1.3. Διατάξεις ή συσκευές επεκτάσεως των δυνατοτήτων κατεργα- σίας του τórνου και αυξήσεως του βαθμού αυτοματοποιήσεώς του	163
2.1.4. Πυργωτοί τórνοι και οριζόντιοι και κατακόρυφοι τórνοι εσωτερικής τορνεύσεως	164
2.1.4.1. Ο οριζόντιος πυργωτός τórνος	164
2.1.4.2. Κατακόρυφοι πυργωτοί τórνοι και κατακόρυφοι τórνοι εσωτερικής τορνεύσεως	169
2.1.4.3. Ο οριζόντιος τórνος εσωτερικής τορνεύσεως	170
2.1.5. Αυτόματοι τórνοι (ή αυτόματα) και ημιαυτόματοι τórνοι.....	171
2.1.5.1. Γενικά.....	171

2.1.5.2.	Αυτόματοι οριζόντιοι μονοάτρακτοι τórνοι.....	173
2.1.5.3.	Αυτόματοι οριζόντιοι πολυάτρακτοι τórνοι.....	173
2.1.5.4.	Ημιαντόματοι μονοάτρακτοι τórνοι (ημιαντόματα).....	174
2.1.5.5.	Ημιαντόματοι κατακόρυφοι πολυάτρακτοι τórνοι.....	175
2.2.	ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΡΝΕΥΣΕΩΣ.....	176
2.2.1.	Προτυποποίηση της γεωμετρίας του τυπικού εργαλείου τορ- νεύσεως (εργαλείου λοξής κοπής μιάς κύριας κόψης).....	177
2.2.1.1.	Γενικά.....	177
2.2.1.2.	Το σχέδιο προδιαγραφής του Διεθνούς Οργανισμού Τυ- ποποίησης (ISO/DIS 3002, 1973) και η βρεταννική προδιαγραφή BS 1296: 1972 (B Μέρος).....	179
2.2.1.3.	Η γερμανική προδιαγραφή DIN 6581:1966.....	182
2.2.1.4.	Η αμερικανική προδιαγραφή ASA BS-22-1950.....	184
2.2.2.	Μορφολογία εργαλείων τορνεύσεως.....	185
2.3.	Η ΚΥΛΙΝΔΡΙΚΗ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ (ΔΙΑΜΗΚΗΣ) ΤΟΡ- ΝΕΥΣΗ.....	190
2.3.1.	Κινηματικά και άλλα χαρακτηριστικά μεγέθη. Στοιχεία του απαραισώμενου (θεωρητικού) αποβλήτου.....	190
2.3.2.	Προσδιορισμός των δυνάμεων και της ισχύος κοπής στη δια- μήκη τórνευση.....	193
2.3.2.1.	Η ανάγκη εκτιμήσεως των δυνάμεων κοπής γενικά.....	193
2.3.2.2.	Προσδιορισμός βάσει δεδομένων της μηχανικής της λο- ξής κοπής.....	193
2.3.2.3.	Εμπειρικός προσδιορισμός των δυνάμεων κοπής.....	196
2.3.2.4.	Επιρροή βασικών παραγόντων της κοπής των μετάλλων επί των συνιστωσών της δυνάμεως (ή αντιστάσεως) κο- πής κατά τη διαμήκη τórνευση.....	202
2.3.2.5.	Διακυμάνσεις των δυνάμεων κατά την κοπή. Ιδιόμορ- φες ταλαντώσεις.....	212
2.3.3.	Φθορά και ζωή του κοπτικού εργαλείου στην κατά μήκος τór- νευση.....	212
2.3.3.1.	Φθορά του εργαλείου.....	213
2.3.3.2.	Ζωή του κοπτικού εργαλείου.....	219
2.3.3.3.	Τραχύτητα επιφανείας κατεργασμένων με διαμήκη τór- νευση επιφανειών [A52].....	230
2.4.	ΛΟΙΠΑ ΕΙΔΗ ΤΟΡΝΕΥΣΕΩΣ.....	236
2.4.1.	Εσωτερική κυλινδρική διαμήκης τórνευση.....	236
2.4.2.	Μετωπική τórνευση.....	237
2.4.2.1.	Γενικά.....	237
2.4.2.2.	Χαρακτηριστικά στοιχεία της μετωπικής τορνεύσεως.....	240
2.4.3.	Κωνική τórνευση.....	244
2.4.3.1.	Γενικά.....	244
2.4.3.2.	Χαρακτηριστικά στοιχεία της κωνικής τορνεύσεως.....	244
2.4.4.	Τórνευση μορφής (σχ. 2.40).....	247
2.4.5.	Τórνευση αντιγραφής (σχ. 2.41).....	248
2.4.6.	Σπειροτόμηση στον τórνο.....	249

2.5. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΗΣ ΤΟΡΝΕΥΣΕΩΣ	250
2.5.1. Συμβατική τεχνολογική διαδικασία κατεργασίας τεμαχίου (εξαρτήματος). Οδηγίες καταρτίσεως του φύλλου κατεργασίας (ΦΚ)	250
2.5.2. Κοπτικά εργαλεία τορνεύσεως.....	253
2.5.3. Συγκρότηση (πρόσδεση) κοπτικών εργαλείων και τεμαχίων	254
2.5.4. Εκλογή παραγόντων κοπής στην τόρνευση.....	254
2.5.4.1. Εξωτερική κυλινδρική διαμήκης τόρνευση.....	254
2.5.4.2. Εσωτερική κυλινδρική διαμήκης τόρνευση.....	264
2.5.4.3. Επίλογή παραγόντων κοπής για κατεργασίες, που εκτελούνται σε ημιαντόματους και αντόματους τόρνους.....	265
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ	269
ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΑΦΕΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ	269
3.1. ΔΙΑΤΡΗΣΗ ΚΑΙ ΔΡΑΠΑΝΟ	269
3.1.1. Γενικά για το άνοιγμα και την αποπεράτωση οπών	269
3.1.2. Κινηματική της διατρήσεως (σχ. 3.2).....	271
3.1.3. Κατάταξη, μορφολογία και προδιαγραφές δραπάνων	272
3.1.3.1. Είδη και μορφολογία δραπάνων.....	272
3.1.3.2. Προδιαγραφόμενα στοιχεία (τεχνικά χαρακτηριστικά) δραπάνου.....	277
3.1.3.3. Κινηματικά και άλλα χαρακτηριστικά μεγέθη της διατρήσεως. Στοιχεία του θεωρητικού αποβλήττου.....	278
3.1.3.4. Το ελικοειδές τρύπανο ως κοπτικό εργαλείο (εργαλείο δύο κόψεων)	282
3.1.3.5. Δυνάμεις κοπής, ροπή στρέψεως και ισχύς κοπής κατά την διάτρηση.....	288
3.1.3.6. Φθορά και ζωή του τρυπάνου.....	301
3.1.3.7. Τραχύτητα επιφάνειας κατά την διάτρηση.....	307
3.1.3.8. Εκτέλεση της διατρήσεως	308
3.2. ΓΛΥΦΑΝΣΗ.....	316
3.2.1. Γενική θεώρηση της γλυφάνσεως.....	316
3.2.1.1 Δυναμικότητα της κατεργασίας	316
3.2.1.2. Το γλύφανο	319
3.2.1.3. Δυνάμεις κοπής και ισχύς κοπής.....	325
3.2.1.4. Εκλογή συνθηκών κατεργασίας.....	326
3.2.1.5. Χρόνος κοπής [σχ. 3.17 (β)].....	327
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ.....	329
ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ	329
4.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΦΡΑΙΖΟΜΗΧΑΝΩΝ.....	329
4.1.1. Κινηματική και είδη φραιζαρίσματος.....	329

4.1.2. Διάκριση, μορφολογία και τεχνικά χαρακτηριστικά φραιζο- μηχανών.....	333
4.1.2.1. Φραιζομηχανές γενικής χρήσεως.....	333
4.1.2.2. Φραιζοδράπανα	337
4.1.2.3. Ειδικές φραιζομηχανές.....	339
4.1.2.4. Προδιαγραφές φραιζομηχανών γενικής χρήσεως.....	340
4.2. ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ	
ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ, ΔΥΝΑ- ΜΕΙΣ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ ΚΟΠΗΣ, ΦΘΟΡΑ ΚΑΙ ΖΩΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑ- ΛΕΙΟΥ, ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ.....	343
4.2.1. Το μετωπικό φραιζάρισμα.....	343
4.2.1.1. Χαρακτηριστικά στοιχεία μετωπικού φραιζαρίσματος (σχ. 4.5).....	343
4.2.1.2. Ο κοπτήρας μετωπικού φραιζαρίσματος.....	347
4.2.1.3. Δυνάμεις κοπής και ισχύς κοπής κατά το μετωπικό φραιζάρισμα.....	354
4.2.2. Το περιφερικό φραιζάρισμα.....	360
4.2.2.1. Χαρακτηριστικά στοιχεία περιφερικού φραιζαρίσματος (σχ. 4.16).....	360
4.2.2.2. Ο κοπτήρας περιφερικού φραιζαρίσματος.....	366
4.2.2.3. Δυνάμεις κοπής και ισχύς κοπής κατά το περιφερικό φραιζάρισμα.....	368
4.2.3. Φθορά και ζωή του κοπτήρα κατά το φραιζάρισμα.....	379
4.2.3.1. Μετωπικό φραιζάρισμα.....	379
4.2.3.2. Περιφερικό φραιζάρισμα.....	385
4.2.4. Τοπομορφία επιφανειών κατεργασμένων με φραιζάρισμα.....	390
4.2.4.1. Μετωπικό φραιζάρισμα.....	390
4.2.4.2. Περιφερικό φραιζάρισμα.....	391
4.2.5. Εκτέλεση του φραιζαρίσματος.....	394
4.2.5.1. Δυνατότητες της κατεργασίας. Σύγκριση μετωπικού και περιφερικού φραιζαρίσματος	394
4.2.5.2. Συγκράτηση του κοπτήρα.....	395
4.2.5.3. Σύγκρατηση του τεμαχίου.....	396
4.2.5.4. Διαδικασία φραιζαρίσματος.....	396
4.2.5.5. Χρόνος κοπής.....	396
4.2.5.6. Εκλογή των διαφόρων παραγόντων κοπής κατά το φραιζάρισμα.....	399
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ.....	405
ΠΛΑΝΙΣΜΑ	405
5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΟ ΠΛΑΝΙΣΜΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΠΛΑΝΕΣ.....	405
5.1.1. Δυνατότητες, κινηματική και είδη πλανίσματος. Κατάταξη πλανών.....	405
5.1.2. Μορφολογία και προδιαγραφές πλανών.....	408
5.1.2.1. Σύντομη περιγραφή και λειτουργία πλανών	408

5.1.2.2. Προδιαγραφόμενα στοιχεία πλάνης	414
5.2. ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΠΛΑΝΙΣΜΑΤΟΣ	
ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΑ ΚΑΙ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ	
ΣΧΕΤΙΚΑ ΕΞΗΡΤΗΜΕΝΑ ΜΕΓΕΘΗ (ΔΥΝΑΜΕΙΣ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ	
ΚΟΠΗΣ, ΦΘΟΡΑ ΚΑΙ ΖΩΗ ΤΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ, ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ	
ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ).....	419
5.2.1. Χαρακτηριστικά στοιχεία του πλανίσματος.....	419
5.2.2. Κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής και ισχύς κοπής.....	423
5.2.3. Κοπτικά εργαλεία πλανίσματος. Φθορά και ζωή των συνα-	
φών εργαλείων.....	425
5.2.4. Τραχύτητα επιφάνειας	426
5.3. ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΟΥ ΠΛΑΝΙΣΜΑΤΟΣ.....	427
5.3.1. Πρόσδεση του κοπτικού εργαλείου	427
5.3.2. Συγκράτηση του κατεργαζόμενου τεμαχίου.....	429
5.3.3. Διαδικασία πλανίσματος	429
5.3.3.1. Χρόνος κοπής (σχ. 5.11)	429
5.3.3.2. Εκλογή παραγόντων της κοπής κατά το πλάνισμα	431
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	433
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	437

ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΣΥΜΒΟΛΩΝ¹

ΠΡΩΤΟΥ (Α) ΜΕΡΟΥΣ (ΤΟΜΟΣ Ι-1)

A	Θεωρητική διατομή αποβλίττου.
A, B	Σταθερές της γραμμικής σχέσεως εκτιμήσεως της γωνίας διατμήσεως στην ορθογωνική κοπή.
A _H , A _I , A _M	Απώλειες κατά την ροή της ισχύος από την είσοδο του ηλεκτροκινητήρα εργαλειομηχανής μέχρι την έξοδο από αυτήν (σχ. 1.24).
a	Βάθος κοπής.
B	Πλάτος τεμαχίου.
B (J VB)	Πλάτος ζώνης φθοράς κοπτικού εργαλείου.
BHN	Βαθμοί σκληρότητας κατά Brinell
B ₁ , B ₂	Διαστάσεις τεμαχίου (σχ. 4.6)
b	Πλάτος κοπής.
b	Αξονικό βάθος κοπής ή πλάτος κοπής στο περιφερικό φραιζάρισμα και αξονικό βάθος κοπής ή βάθος κοπής a στο μετωπικό.
b ₁	Θεωρητικό πλάτος αποβλίττου.
b ₂	Πραγματικό πλάτος αποβλίττου.
C	Σταθερά της τυπικής εξισώσεως ζωής του κοπτικού εργαλείου κατά Taylor [σχέση (1.17)].
C _B , C _B	Σταθερές εκτιμήσεως του πλάτους της ζώνης φθοράς B εργαλείου συναρτήσει του χρόνου κοπής t ή του θεωρητικού μήκους L ₁ του αποβλίττου, αντιστοίχως.
C _e	Γωνία θέσεως της δευτερεύουσας κόψης του τυπικού εργαλείου τορνεύσεως.
C _j (j: T, R, V)	Σταθερές των εμπειρικών σχέσεων (2.15) και (2.16) για την εκτίμηση των συνιστωσών της δυνάμεως F ή της αντιστάσεως F κοπής (F _j = -F _j) στην διαμήκη τόρνευση, αλλά και σε άλλες κατεργασίες ² .
C _K , C _{KT}	Σταθερές εκτιμήσεως των μεγεθών K και KT της φθοράς κρατήρα εργαλείου συναρτήσει του χρόνου κοπής.
C _i	Σταθερά της εξισώσεως ζωής τρυπάνου [σχέση (3.32)].

1. Στον κατάλογο αυτόν δεν καταχωρίζονται όλα τα χρησιμοποιούμενα σύμβολα. Η ονοματολογία αυτών που λείπουν (δευτερευόντων συνήθως συμβόλων) παρατίθεται, όπου χρειάζεται, στο κείμενο.

2. Την δύναμη κοπής F και την αντίσταση κοπής F (F = -F) ορίσαμε στην παράγραφο 1.2.1.2 και συμπληρώσαμε στην παράγραφο 2.3.2.2 (υποσημείωση 1).

Cl_e	Ακραία γωνία ελευθερίας κοπτικού εργαλείου (αμερικανική προτυποποίηση).
Cl_s	Πλευρική γωνία ελευθερίας.
C_{lz}, C_{Lz}	Σταθερές των εξισώσεων (4.86), (4.87) ζωής ενός δοντιού φραιζας εκπεφρασμένης σε μήκος l_z κατεργασμένης επιφάνειας.
C_s	Συμπληρωματική γωνία θέσεως της κύριας κόψης.
C_T	Σταθερά της εξισώσεως Taylor [σχέση (4.71)].
C_{T_z}	Σταθερά της εξισώσεως Taylor [σχέσεις (4.80), (4.81)] ανά δόντι φραιζας.
C_V	Σταθερά ζωής φραιζας εκπεφρασμένης σε όγκο αφαιρουμένου μετάλλου αντί δόντι.
C_v	Σταθερά της εξισώσεως ζωής του εργαλείου κατά Kronenberg [σχέσεις (2.22), (2.23)].
C_v^*	Σταθερά της γενικευμένης εξισώσεως Taylor (2.25) για την εκτίμηση της ταχύτητας κοπής v_T .
C_v	Σταθερά της σχέσεως (2.19) προσδιορισμού της ταχύτητας κοπής v_{60} .
C_{v_z}	Σταθερά της εξισώσεως (4.90) εκτιμήσεως της ταχύτητας κοπής v_T , για προκαθορισμένη ζωή T , σε χρονικές μονάδες, ενός δοντιού φραιζας.
C_{0B1}	Σταθερά της εξισώσεως (4.83).
C_1, C_2, C_3	Σταθερές προσδιορισμού των συνιστωσών F_{T_z} και F_v , καθώς και της ροπής στρέψεως M_d και της ισχύος κοπής P_C στην διάτρηση [εξισώσεις (3.26, 3.27, 3.28)].
$C_4, C_5 = \frac{C_3}{C_4}$	
D	Διάμετρος ακατέργαστης επιφάνειας τεμαχίου.
D	Στιγμιαία διάμετρος τεμαχίου κατά την κατεργασία του (π.χ. στην μετωπική τόννευση).
D	Ονομαστική διάμετρος εργαλείου, όπως λ.χ. τρυπάνου, φραιζας κ.ά.
D	Μέγιστη κατεργάσιμη διάμετρος τεμαχίου άνωθεν της κλίνης τόννου.
D_1	Μέγιστη διάμετρος τεμαχίου που μπορούμε να κατεργασθούμε άνωθεν του εργαλειοφορείου τόννου.
D	Διάμετρος διανοιγόμενης οπής (κοίλου).
D_m	Μέση διάμετρος τεμαχίου.
D_0, D, D_1	Μέγιστη (εξωτερική), στιγμιαία και ελάχιστη διάμετρος τεμαχίου κατά την μετωπική τόννευση.
d	Διάμετρος της προς διεύρυνση οπής (κοίλου) κατά την διάτρηση ή την εσωτερική τόννευση.

E	Μέγιστη απόσταση τραπέζης - κατώτερης επιφάνειας του ελκύθρου βραχείας πλάνης ή τραπέζης - ολισθητήρων ελκύθρου.
e	Εγκάρσια μετάθεση κεντροφορέα τόννου προκειμένου να εκτελεσθεί κωνική τόννευση.
e	Απόσταση του άξονα του στροφάλου πλάνης από τον πόλο του ταλαντωτή (σχ. 5.7).
F	Δύναμη κοπής ¹ .
F=-F	Αντίσταση κοπής ¹ .
F _F	Δύναμη τριβής.
F _j (j: T, R, V)	Συνιστώσες της δυνάμεως ¹ (ή της αντιστάσεως) κοπής (σχ. 2.20).
F _{jz}	Συνιστώσες της δυνάμεως (ή της αντιστάσεως κοπής) ανά κύρια κόψη ή οδόντα (π.χ. στο φραιζάρισμα).
F _N	Κάθετος προς την επιφάνεια επαφής αποβλίττου - εργαλείου δύναμη.
F _v (v: 1, 2, 3)	Συνιστώσες της δυνάμεως (ή αντιστάσεως) κοπής στην τυπική λοξή κοπή (σχ. 2.19).
F _{P_z}	Συνιστώσα της δυνάμεως κοπής ανά οδόντα κάθετος επί την δύναμη προώσεως.
F _R	Δύναμη απωθήσεως του εργαλείου στην διαμήκη τόννευση.
F _S	Αντίσταση διατμήσεως του κατεργαζομένου μετάλλου στην ορθογωνική κοπή.
F _{SN}	Κάθετος προς το επίπεδο διατμήσεως δύναμη κατά την ορθογωνική κοπή.
F _T	Κύρια συνιστώσα της δυνάμεως (ή αντιστάσεως) κοπής κατά την διαμήκη τόννευση· προσδιορίζει μαζί με την ταχύτητα κοπής την ισχύ κοπής.
F _T	Διορθωμένη κύρια συνιστώσα της δυνάμεως (ή αντιστάσεως) κοπής βάσει διορθωτικών συντελεστών κατά Victor - Kienzle.
F _{T_m}	Μέση κύρια συνιστώσα της δυνάμεως (ή αντιστάσεως) κοπής.
F _{T_z}	Κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής ανά κόψη ή δόντι κοπήρα.
F _{T_{zm}}	Μέση κύρια συνιστώσα της δυνάμεως κοπής ανά κόψη ή δόντι κοπήρα.

1. Προς αποφυγή επαναλήψεων, όταν συναντάται στο κείμενο **δύναμη κοπής** ή **αντίσταση κοπής** θα υπονοείται και η ίση και αντίθετη αντίσταση ή δύναμη κοπής, αντιστοίχως.

F_V	Δύναμη προώσεως.
F_Z	Δύναμη (ή αντίσταση) κοπής ανά κόψη ή δόντι κοπτήρα.
F_1	Κύρια συνιστώσα της δυνάμεως (ή αντιστάσεως) κοπής στην ορθογωνική κοπή.
F_2	Κάθετος προς την F_1 συνιστώσα.
f	Εκθέτης της εξισώσεως (2.22, 2.23) ζωής εργαλείου κατά Kronenberg.
f_0	Συχνότητα τροφοδοτικού δικτύου ηλεκτροκινητήρα εργαλειομηχανής.
$G = \frac{a}{s}$	Δείκτης μορφής του απαραμόρφωτου αποβλίττου.
G	Καθαρό βάρος εργαλειομηχανής.
g	Εκθέτης της εξισώσεως (2.22, 2.23) ζωής εργαλείου κατά Kronenberg.
$H = \frac{D}{2}$	Μέγιστο ύψος κέντρου από της κλίνης τόρνου.
H	Μέγιστη ωφέλιμη διαδρομή ελκύθρου (κεφαλής) στην οριζόντια, βραχεία και κατακόρυφη βραχεία πλάνη.
$H_1 = \frac{D_1}{2}$	Μέγιστο ύψος κέντρου από του εργαλειοφορείου τόρνου.
h	Θεωρητικό πάχος αποβλίττου (σταθερό ή μεταβαλλόμενο συναρτήσει του χρόνου).
h	Βήμα έλικος.
h_e	Ισοδύναμο πάχος αποβλίττου στην τόννευση.
h_M	Θεωρητικό μεσαίο πάχος αποβλίττου (για γωνία αποκοπής $\frac{\varphi_s}{2}$ στο περιφερικό φραιζάρισμα).
h_m	Θεωρητικό μέσο πάχος αποβλίττου.
h_{\max}	Θεωρητικό μέγιστο πάχος αποβλίττου.
i	Αριθμός αναγκαιούντων απαράλλακτων περασμάτων (πάσσων) εργαλείου προς εκτέλεση συγκεκριμένης κατεργασίας.
$i\lambda\lambda_s$	Γωνία λοξότητας της κύριας κόψης εργαλείου.
K	Δείκτης φθοράς κρατήρα.
K	Κωνικότητα [σχέση (2.42)].
K_{BT}	Διορθωτικός συντελεστής της κύριας συνιστώσας της δυνάμεως (ή αντιστάσεως) κοπής F_T στην διαμήκη τόννευση εξαιτίας μεταβολών του πλάτους B της ζωής φθοράς του εργαλείου.

$K_{\kappa j}$ (j : T, R, V)	Διορθωτικοί συντελεστές των συνιστωσών F_T , F_R και F_V της δυνάμεως (ή αντιστάσεως) κοπής λόγω μεταβολών της γωνίας θέσεως κ της κύριας κόψης.
$K_{\sigma j}$, K_{Hj}	Συντελεστές διορθώσεως των συνιστωσών F_T , F_R και F_V από μεταβολές της μέγιστης αντοχής σ_B ή της σκληρότητας του κατεργαζόμενου μετάλλου, αντιστοίχως.
KT	Μέγιστο βάθος κρατήρα (κατά την φθορά κρατήρα) εργαλείου.
k	Εκθέτης του βάθους κοπής a στην γενικευμένη εξίσωση της ζωής του εργαλείου κατά Taylor [σχέση (1.18)].
$k_{ST} \int k_S$	Ειδική αντίσταση κοπής.
k_{SR}	Ανηγμένη αντίσταση κοπής ως προς την ακτινική κατεύθυνση του ορθογωνίου συστήματος συντεταγμένων V, R, T (ή x, y, z) του σχήματος (2.20).
k_{Sj}	Ανηγμένη αντίσταση κοπής ως προς την αξονική κατεύθυνση.
k_{Sji}	Σταθερά σχέσεων Kienzle - Victor προς εκτίμηση των k_{Sj} .
k_{Sm}	Μέση ειδική αντίσταση κοπής (π.χ. στο φραιζάρισμα).
L	Μετατόπιση του εργαλείου ανά πέρασμά του (πάσσο) στο τεμάχιο.
L	Μέγιστη απόσταση μεταξύ κέντρων στον τόρνο.
L_{B_1}	Θεωρητικό μήκος αποβλίπτου αποκοπτόμενο ανά οδόντα και αντιστοιχούν σε πλάτος φθοράς του B_1 .
L_z	Θεωρητικό μήκος ανά οδόντα και περιστροφή της φραιζας.
L_σ	Θεωρητικό συνολικό μήκος αποβλίπτου, ως ανεξάρτητη μεταβλητή για την εκτίμηση των μεγεθών φθοράς B_1 , KT και K του κοπτήρα στο περιφερικό φραιζάρισμα [σχέσεις (4.81)].
l	Μήκος τεμαχίου.
l_z	Η ζωή ενός οδόντα φραιζας εκπεφρασμένη σε μήκος κατεργασμένης επιφάνειας του τεμαχίου με κοιτήριο την στόμωση του οδόντα.
M_d	Ροπή στρέψεως.
M_V (v : 1, 2, ..., N)	Συντελεστές διορθώσεως για μεγέθη που δεν υπεισέρχονται στην εξίσωση (2.25).
M_1 , M_S , M_3	Διορθωτικοί συντελεστές των εξισώσεων (3.40) και (3.41) προσδιορισμού της ταχύτητας κοπής v_T στην διάτρηση.
M_L , M_B	

m	Εκθέτης της γενικευμένης εξισώσεως ζωής του εργαλείου κατά Taylor.
m_B, m_B	Εκθέτες εκτιμήσεως του πλάτους B της ζώνης φθοράς συναρτήσει του χρόνου κοπής t ή του θεωρητικού ολικού μήκους L_1 του αποβλήτου, αντιστοίχως.
m_K, m_{KT}	Σταθερές για την εκτίμηση των μεγεθών K και KT της φθοράς κρατήρα συναρτήσει του χρόνου κοπής t .
n	Περιστροφική ταχύτητα ή συχνότητα περιστροφής τεμαχίου (λχ. κατά την τόννευση) ή κοπτικού εργαλείου (όπως π.χ. του τρυπάνου στην διάτρηση και του κοπτήρα στο φραιζάρισμα) ή του στροφάλου στις βραχίεις πλάνες.
n	Εκθέτης της γενικευμένης εξισώσεως Taylor.
n	Συχνότητα παλινδρομήσεων ή κύκλων ή ενεργών διαδρομών του ελκύθρου ή της τραπέζης (DH/min) στις πλάνες.
n, n_0	Εκθέτες των εξισώσεων (3.32) και (3.38), αντιστοίχως, της ζωής τρυπάνων.
n_{B_1}	Εκθέτης της εξισώσεως (4.79) ζωής φραιζας.
P_c	Ισχύς κοπής.
P_{cm}	Μέση ισχύς κοπής.
P_e	Ονομαστική ισχύς του κυρίου ηλεκτροκινητήρα εργαλειομηχανής.
$P_{H_0}, P_{H_1}, P_{EM_0}$	Συμβολισμός της ροής της ισχύος από την είσοδο στον κύριο ηλεκτροκινητήρα (P_{H_0}) μέχρι την έξοδο από την εργαλειομηχανή (P_{EM_1}) P_c , σχήμα 1.24).
P_r, P_s, P_n	Σύστημα ονομαστικών επιπέδων αναφοράς κοπτικού εργαλείου λοξής κοπής, μιάς κόψης (σχ. 2.10, τυπικό εργαλείο τρονεύσεως).
P_p, P_f	
P_v	Ισχύς προώσεως εργαλειομηχανής.
p	Εκθέτης της γενικευμένης σχέσεως Taylor.
p	Αριθμός ζευγών πόλων ηλεκτροκινητήρα.
$q = \frac{n}{k}$	Εκθέτης γενικευμένης εξισώσεως ζωής του εργαλείου κατά Taylor.
$q = \frac{v_{Rm}}{v_{Am}}$	Λόγος των μέσων ταχυτήτων του ελκύθρου πλάνης [σχέση (5.17)].
q	Εκθέτης της ονομαστικής διαμέτρου D τρυπάνου στις εξισώσεις (3.35α) και (3.35β) για τον προσδιορισμό της ταχύτητας κοπής v_T .

q_s	Ρυθμός αφαιρέσεως μετάλλου ανά μονάδα καταναλισκόμενης ισχύος (π.χ. ανά μετρικό ίππο PS ή κιλοβάττ kW).
R R_a, R_{a_0}	Μήκος ταλαντωτή πλάνης. Μέσο μετρούμενο (προτυποποιημένο κατά το σύστημα M), και μέσο θεωρητικό ύψος τραχύτητας, επιφανείας, αντιστοίχως.
R_{\max} ή R_t R_{\max_0} ή R_{t_0}	Μέγιστο μετρούμενο (προτυποποιημένο) και μέγιστο θεωρητικό ύψος τραχύτητας επιφανείας, αντιστοίχως.
R_z	Ύψος τραχύτητας (προτυποποιημένο) επιφανείας υπολογιζόμενο από δέκα σημεία του πραγματικού περιγράμματος της επιφανείας (των πέντε υψηλότερων επαρκμάτων και των πέντε βαθύτερων εσοχών) μέσα στο εκάστοτε καθοριζόμενο δειγματοληπτικό μήκος.
r ή r_n	Ακτίνα καμπυλότητας ακής κοπτικού εργαλείου.
r	Ακτίνα στροφάλου πλάνης.
S	Ωφέλιμο εμβαδόν τραπέζης εργαλειομηχανής.
s_f, s_n	Πρώωση ανά περιστροφή.
s_l, s_r	Διαμήκης και αξονική πρώωση.
s_z	Πρώωση ανά κύρια κόψη ή ανά οδόντα κοπτήρα.
T	Ωφέλιμη ζωή κοπτικού εργαλείου σε χρονικές μονάδες (min) και με κριτήριο την στόμωσή του.
T_B, T_K, T_{KT}	Ζωή του εργαλείου, σε χρονικές μονάδες (min), για προκαθορισμένη τιμή του πλάτους B της ζώνης φθοράς, ή του δείκτη K ή του βάθους φθοράς κρατήρα.
T_{l_0}	Ζωή τρυπάνου, σε χρονικές μονάδες, για συνολικό μήκος l_0 ανοιγομένων οπών.
T_{V_σ}	Ζωή φραιζας (ως συνόλου) εκπεφρασμένη σε όγκο αφαιρουμένου μετάλλου.
$T_{V_{\sigma z}}$	Χρόνος, κατά τον οποίο κάθε δόντι κοπτήρα αφαιρεί συνολικό όγκο $V_{\sigma z}$ μετάλλου.
T_z	Ζωή, σε χρονικές μονάδες (min) ενός οδόντα κοπτήρα μέχρι αστοχίας βάσει του εκάστοτε τιθεμένου σχετικού κριτηρίου.
t	Καθαρός χρόνος κοπής.
t	Συνολικός χρόνος διατρήσεως i οπών του αυτού βάθους l .
t_c	Χρόνος κοπής.
t_{cz}	Χρόνος, καθόν αποκόπτεται απόβλιττο, μήκους L_z .
t_1	Θεωρητικό πάχος αποβλίττου ή πάχος απαραιμόρφωτου αποβλίττου.

t_2	Πραγματικό πάχος αποβλίττου ή πάχος παραμορφωμένου αποβλίττου.
u	Συνολική ανηγμένη ενέργεια κοπής.
u_F	Ανηγμένη ενέργεια τριβής.
u_p	Ανηγμένη ενέργεια σχηματισμού νέας (κατεργασμένης) επιφάνειας.
u_S	Ανηγμένη ενέργεια διατμήσεως.
V_σ	Ζωή φραιζας (ως συνόλου) σε όγκο αφαιρουμένου μετάλλου.
$V_{\sigma Z}$	Όγκος αφαιρουμένου μετάλλου ανά δόντι σε n_σ περιστροφές της φραιζας.
v	Ταχύτητα κοπής.
v_A	Ταχύτητα ελκύθρου (στο πλάνισμα) κατά την ενεργό διαδρομή του.
v_c	Ταχύτητα αποβλίττου.
v_e	Συνισταμένη ταχύτητα κοπής.
v_ε	Στιγμιαία ταχύτητα του ελκύθρου βραχείας πλάνης ή κατακορύφου πλάνης.
v_m	Μέση ταχύτητα κοπής.
v_R	Ταχύτητα ελκύθρου (στο πλάνισμα) κατά την νεκρά διαδρομή του.
v_S	Ταχύτητα διατμήσεως.
$v_T, v_{T'}$	Ταχύτητα κοπής για δεδομένη ζωή T ή T' του εργαλείου (σημαντικός δείκτης κατεργαστικότητας των μετάλλων).
v_V	Ταχύτητα προώσεως.
v_{Vp}, v_{Vr}	Διαμήκης και ακτινική ταχύτητα προώσεως.
v_0, v, v_1	Μέγιστη (στην περιφέρεια), στιγμιαία και ελάχιστη ταχύτητα κοπής κατά σειρά στην μετωπική τόρνευση.
v_1	Περιφερειακή ταχύτητα του στροφάλου πλάνης.
w	Εκθέτης της θεωρητικής διατομής A του αποβλίττου στην σχέση προσδιορισμού της ειδικής αντιστάσεως κοπής k_S .
X, Y, Z	Δεξιόστροφο τρισσορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων για μεταφορικές κινήσεις του κοπτικού εργαλείου.
X, Y, Z	Δεξιόστροφο τρισσορθογώνιο σύστημα συντεταγμένων για μεταφορικές κινήσεις του τεμαχίου με αντίθετη όμως φορά ως προς εκείνη των αξόνων του συστήματος X, Y, Z .
x, y	Εκθέτες των εξισώσεων (4.60, 4.61) ζωής ανά οδόντα φραιζας στο μετωπικό φραιζάρισμα.

x_j, y_j	Εκθέτες της προώσεως s και του βάθους κοπής a των εμπειρικών σχέσεων (2.15, 2.16) εκτιμήσεως των συνιστωσών F_j της δυνάμεως κοπής.
x_s	Μέσο πάχος της ζώνης διατμήσεως.
x_1, x_2, x_3	Εκθέτες των σχέσεων (3.26) προσδιορισμού των F_{Tz}, F_V και M_d στην διάτρηση.
y_1, y_2, y_3	
Z	Απλός δείκτης σχετικής κατεργαστικότητας των μετάλλων.
Z_e	Αριθμός οδόντων (π.χ. στο φραιζάρισμα) ή κύριων κόψεων εργαλείων απλής κόψης, που αποκόπτουν συγχρόνως.
Z_{100}	Δείκτης εκατοστιαίας σχετικής κατεργαστικότητας των μετάλλων.
Z	Αριθμός κόψεων εργαλείου.
Z_j	Εκθέτες των σχέσεων (2.10, 2.11) Kienzle - Victor.
$\frac{\alpha}{2}$	Ημιγωνία κορυφής κωνικού τεμαχίου.
α_b	Οπίσθια γωνία αποβλίττου τυπικού εργαλείου τορνεύσεως (αμερικανική προτυποποίηση, σχ. 2.13).
α_s	Πλευρική γωνία αποβλίττου τυπικού εργαλείου τορνεύσεως (σχ. 2.13).
$\gamma_n, \alpha_n, \beta_n$	Γωνία αποβλίττου, ελευθερίας και σφήνα του τυπικού εργαλείου τορνεύσεως σε κάθετο επί την κόψη επίπεδο (σχ. 2.11, προτυποποίηση κατά ISO και βρετανική).
γ, α, β	Γωνία αποβλίττου, ελευθερίας και σφήνα του τυπικού εργαλείου τορνεύσεως σε κάθετο επί το επίπεδο κόψης επίπεδο (σχ. 2.12, γερμανική προτυποποίηση).
$\gamma_x, \alpha_x, \beta_x$	
$\gamma_y, \alpha_y, \beta_y$	
γ_a	Αξονική γωνία αποβλίττου μετωπικής φραιζας.
γ_e	Ενεργός γωνία αποβλίττου εργαλείου.
γ_π	Πραγματική γωνία αποβλίττου εργαλείου.
γ_r	Ακτινική γωνία αποβλίττου μετωπικής φραιζας.
γ_{xy}	Διατμητική παραμόρφωση.
$\dot{\gamma}_{xy}$	Ταχύτητα διατμητικής παραμορφώσεως.
η	Γωνία συνισταμένης κινήσεως κοπής ως προς την κατεύθυνση της πρωτεύουσας κινήσεως.
η_c	Γωνία εκτροπής του αποβλίττου.
$\eta_H, \eta_I, \eta_{EM}$	Βαθμοί αποδόσεως από την είσοδο της ισχύος στον κύριο ηλεκτροκινητήρα μέχρι την έξοδο της εργαλειομηχανής (σχ. 1.24).
η_o, η_e	
Θ	Ρυθμός αφαιρέσεως μετάλλου.

Θ_0, Θ_m	Μέγιστος και μέσος ρυθμός αφαιρέσεως μετάλλου κατά την μεταωπική τόνευση.
θ_F	Μέση αναπτυσσόμενη θερμοκρασία στην διεπιφάνεια αποβλίττου - εργαλείου.
κ ή κ_T	Γωνία θέσεως της κύριας κόψης εργαλείου
κ ή κ_T	Γωνία θέσεως της δευτερεύουσας κόψης (σχ. 2.11, 2.12)
λ	Δείκτης ή συντελεστής συμπίεσεως του αποβλίττου.
λ ή λ_S	Προτυποποιημένη γωνία λοξότητας της κύριας κόψης εργαλείου.
μ	Μέσος φαινόμενος συντελεστής τριβής.
Π_i ($i: 1, 2, \dots, I$)	Αριθμός πράξεων για την μορφοποίηση με κατεργασίες κοπής συγκεκριμένου τεμαχίου.
ϱ	Μέση φαινόμενη γωνία τριβής.
ϱ	Ακτίνα του βασικού κύκλου για την γένεση της κυκλοειδούς καμπύλης (κινηματική του φραιζαρίσματος).
Σ_{ij} ($j: 1, 2, \dots, J$)	j-στή πρόσδεση τεμαχίου κατά την i-στή πράξη κατεργασίας τεμαχίου.
σ	Γωνία έλικος.
τ_{SY}	Μέσο δυναμικό όριο διαρροής σε διάτμηση μετάλλου.
Φ_{ijk} ($k: 1, 2, \dots, K$)	k-στή φάση κατεργασίας στην j-στή πρόσδεση του τεμαχίου κατά την i-στή πράξη.
φ	Προτυποποιημένος λόγος γεωμετρικής προόδου διαβαθμίσεως περιστροφικών ταχυτήτων ή ταχυτήτων προώσεως εργαλειομηχανών (σειρές Renard ή συνοπτικά σειρές R).
φ	Γωνία διατμήσεως στην ορθογωνική κοπή.
$\varphi, \varphi_S, \varphi_1, \varphi_2$	Γωνίες αποκοπής οδόντα κατά το φραιζάρισμα (σχ. 4.5, 4.6, 4.16).
φ_m	Η μεταξύ της οδηγού και ουραίας αιχμής ελικοειδούς οδόντος κοπτήρα (φραιζας) γωνία (σχ. 4.23, 4.25).
φ_z	Η ανάμεσα σε δύο διαδοχικούς οδόντες κοπτήρα (φραιζας) γωνία (σχ. 4.15, 4.25).
$\omega = \varrho - \gamma$	Γωνία επενέργειας της δυνάμεως κοπής (ορθογωνική κοπή, σχ. 1.12).
ω	Γωνία κορυφής τρυπάνου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ ΚΑΙ ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΔΙΕΞΑΓΩΓΗ ΤΟΥΣ

1.1. ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ, ΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΧΑΡΑ- ΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ ΚΟΠΗΣ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ [A45]¹

1.1.1. Γενική θεώρηση των μεθόδων παραγωγής μεταλλικών προϊό- ντων

Τα ποικίλα διάκριτα² (σε αντίθεση προς τα προϊόντα βιομηχανιών συνε-
χών διεργασιών, όπως της χημικής επί παραδείγματι βιομηχανίας) μεταλ-
λικά προϊόντα, τα καλούμενα **μηχανουργικά προϊόντα** (τεμάχια, συγ-
κροτήματα, μηχανές, συσκευές, διατάξεις κ.ά.) παράγονται με κάποια από
τις μεθόδους *διομηχανικής παραγωγής* (Πίνακας 1.1) ή και με συνδυα-
σμούς τους, με τη βοήθεια πάντοτε των εκάστοτε αναγκαίων μέσων παρα-
γωγής, όπως είναι κυρίως οι πάσης φύσεως εργαλειομηχανές και εργαλεία,
της απαραίτητης τεχνολογικής, οργανωτικής και διοικητικής υποστηρίξεως
και με κατανάλωση του κατά περίπτωση κατεργασίας απαιτούμενου ποσού
ενέργειας. Στις μεθόδους αυτές παραγωγής συγκαταλέγονται οι λεγόμενες
μηχανικές κατεργασίες των μετάλλων³ (όπως αυτές θα ορισθούν παρα-
κάτω), καθώς επίσης και άλλες μέθοδοι μορφοποίησεως ή ακόμη και ορι-
σμένες διεργασίες, που όλες αυτές ταξινομημένες κατά κύριες ομάδες φαιί-

1. Τόμος I-1: σ.σ. 1-1 έως 1-68.

2. Τα έτοιμα μεταλλικά προϊόντα, όσο σύνθετα και αν είναι (συναντούμε μεταλλικά
προϊόντα, που πολλές φορές απαρτίζονται από εκατοντάδες ή και χιλιάδες ακόμη τεμά-
χια) έχουν ως βασικό στοιχείο το *τεμάχιο*. Ένα κιβώτιο ταχυτήτων λ.χ., το οποίο αποτελεί
ένα *συγκρότημα*, όπως το ονομάζουμε, προκύπτει ύστερα από συναρμολόγηση του σώμα-
τος, του καλύμματος, αξόνων, εδράνων, σφηνών, κ.ά., δηλαδή από μηχανουργικά τεμά-
χια. Βλέπουμε καθαρά, δηλαδή, ότι όλα τα μηχανουργικά τεμάχια έχουν το χαρακτήρα του
διάκριτου (ξεχωριστού) και προφανώς η φύση αυτή των μηχανουργικών προϊόντων επη-
ρεάζει σε μεγάλο βαθμό τόσο τις επιλεκτές μεθόδους, όσο και τα μέσα παραγωγής τους.

3. Με ορισμένες από αυτές τις μεθόδους παραγωγής είναι δυνατή η μορφοποίηση και
προϊόντων από μη μεταλλικά υλικά, όπως π.χ. από πλαστικά, ξύλο κ.λπ.

νονται στον Πίνακα 1.1. σύμφωνα με την προδιαγραφή DIN 8580. Οι κύριες ομάδες ταξινομήσεως υποδιαιρούνται περαιτέρω σε ομάδες και υποομάδες, όπως καθορίζει το αντίστοιχο κατά περίπτωση φύλο DIN ή άλλης προτυποποίησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1. Μέθοδοι βιομηχανικής παραγωγής μεταλλικών προϊόντων κατά DIN 8580.

Κύρια ομάδα	Ονομασία μεθόδου παραγωγής	Προδιαγραφή DIN
1	Χύτευση.	8593
2	Κατεργασίες διαμορφώσεως.	8582
3	Κατεργασίες αφαίρεσεως μετάλλου.	8588
4	Εργασίες συνδέσεως μεταλλικών εξαρτημάτων συγκολλήσεις, κοχλιοσυνδέσεις, ηλώσεις κ.ά.	8593
5	Διεργασίες επικαλύψεως.	—
6	Διεργασίες αλλαγής ιδιοτήτων του μετάλλου.	—

Θεωρούμε σκόπιμο να δώσουμε εδώ τον ορισμό της **βιομηχανικής παραγωγής μεταλλικών προϊόντων**. Και τούτο, γιατί με αυτή άμεσα σχετίζονται οι μηχανικές κατεργασίες των μετάλλων, που όπως θα διαπιστώσουμε στα επόμενα, αποτελούν θεμελιώδεις μεθόδους μορφοποίησης μεταλλικών προϊόντων. Έτσι, με τον όρο βιομηχανική παραγωγή εννοούμε την αλληλουχία λειτουργιών (οι λειτουργίες αυτές είναι δυνατό να είναι **φάσεις κατεργασιών** και **ειδικές εργασίες**, όπως π.χ. βαφή, αποσκωρίωση, επικαλύψεις κ.ά.), που στοχεύουν στην κατασκευή **τεμαχίων (Τμ)** ή **κομματιών (Κμ)** και στη μετέπειτα **συναρμολόγησή** τους σε **έτοιμα προϊόντα**, για πώληση και χρησιμοποίηση, με τη βοήθεια των αναγκαίων κατά περίπτωση μεθόδων παραγωγής (Πίνακας 1.1) έτσι, ώστε σε όλα τα στάδια της παραγωγής να καλύπτονται οι απαιτήσεις των σχετικών προδιαγραφών που απαραίτητως θα πρέπει να προκαθορίζονται με πληρότητα και σαφήνεια, με το **χαμηλότερο δυνατό κόστος παραγωγής**. Θα ήταν παράλειψη, αν στις συνιστώσες αυτές της βιομηχανικής παραγωγής δεν συμπεριλαμβανόταν και ο συναφής έλεγχος ποιότητας (εξασφαλίζεται με την επιτυχή εφαρμογή του η ποιότητα της παραγωγής) τόσο των τεμαχίων σε καθορισμένες κρίσιμες φάσεις κατεργασίας τους, όσο και του τελικού προϊόντος, αλλά και των πρώτων υλών ή εξαρτημάτων (κομματιών), που εισρέουν στην παραγωγική διαδικασία από προμήθειες. Ακόμη, η οργάνωση και εκτέλεση της βιομηχανικής παραγωγής ενός προϊόντος θα πρέπει εν γένει να είναι τέτοια, ώστε να ελαχιστοποιείται το κόστος της μονάδος παραγωγής, μέσα βεβαίως στα όρια αποδεκτής στάθμης ποιότητας.

Συνηθίζεται, η βιομηχανική παραγωγή μεταλλικών προϊόντων με τη

βοήθεια των μεθόδων του Πίνακα 1.1, με εξαίρεση τη χύτευση (μόνον όμως αυτή και όχι παραπέρα κατεργασίες μορφοποίησής των χυτών), να αποκαλείται **μηχανουργική παραγωγή** και η αντίστοιχη βιομηχανία **μηχανουργική βιομηχανία**.

Οι μηχανουργικές κατεργασίες των μετάλλων, που συνιστούν σχεδόν στο σύνολό της τη μηχανουργική παραγωγή, της προσδίδουν χαρακτήρα **καθέτου βιομηχανίας** καλύπτουσες ευρύ φάσμα κατεργασιών από μορφοποίηση π.χ. πλινθωμάτων χάλυβα (προερχόμενων από καμίνους παρασκευής χάλυβα), πρώτης δηλαδή ύλης, μέχρι την παραγωγή ποικίλων τεμαχίων (μικρού, μεσαίου και μεγάλου μεγέθους) και τη συναρμολόγησή τους σε έτοιμα προϊόντα για πώληση και χρησιμοποίηση.

Από τις κύριες ομάδες ταξινόμησης των μεθόδων παραγωγής μεταλλικών προϊόντων του Πίνακα 1.1 θα μας απασχολήσουν ευθύς αμέσως στα επόμενα οι εξής κύριες ομάδες:

- Οι κατεργασίες αφαίρεσής μετάλλου (κύρια ομάδα 3) και
- οι κατεργασίες διαμορφώσεως (κύρια ομάδα 2).

Και τις δύο αυτές ομάδες μαζί θα τις ονομάσουμε **μηχανικές κατεργασίες μορφοποίησής των μετάλλων ή κατεργασίες πλαστικής μορφοποίησής των μετάλλων ή μηχανουργικές κατεργασίες**¹ για λόγους που θα φανούν πιο κάτω. Οι κατεργασίες αφαίρεσής μετάλλου ομαδοποιούνται στις **κατεργασίες κοπής** και στις λεγόμενες **μη συμβατικές κατεργασίες αφαίρεσής μετάλλου**. Στις τελευταίες η αφαίρεση του μετάλλου δεν λαμβάνει χώρα μηχανικώς με πλαστική παραμόρφωση, αλλά θερμικώς, ηλεκτρικώς, χημικώς ή κατ' άλλο τρόπο. Παρόλον τούτο, έχει επικρατήσει η συνήθεια να περιλαμβάνονται και αυτές στην κατηγορία των μηχανικών κατεργασιών των μετάλλων.

Με τις **κατεργασίες κοπής**, ως μεθόδου παραγωγής μεταλλικών προϊόντων, **αφαιρείται** προοδευτικά προκαθορισμένος κατά στρώσεις όγκος μετάλλου με τη βοήθεια εργαλείου σε σχήμα σφήνας, με **πλαστική παραμόρφωσή** του κατεργαζόμενου τεμαχίου υπό μορφή **αποβλίττων** (γρεζιών) σε μέγεθος και σχήμα που ποικίλλουν κατά περίπτωση κατεργασίας. Έτσι, με τις κατεργασίες κοπής προσδίδομε στο κατεργαζόμενο τεμάχιο την επιθυμητή (προδιαγεγραμμένη) μορφή και διαστάσεις μέσα σε επιτρεπόμενα όρια ανοχών και ακόμη την απαραίτητη ποιότητα των τεχνολογικών επιφανειών του τεμαχίου, ώστε αυτό να μπορέσει να ανταποκριθεί ικανοποιητικά στις λειτουργικές απαιτήσεις κατά τη χρήση του, για την οποία και προορίζεται.

Η κοπή επιτυγχάνεται με τη βοήθεια του κατάλληλου εκάστοτε **κοπτι-**

1. Από το γεγονός ότι οι μηχανικές κατεργασίες των μετάλλων αποτελούν τις βασικές κατεργασίες ανάμεσα στις μηχανουργικές (τόσο σε ποικιλία ειδών, όσο και σε όγκο παραγωγής), συνηθίζεται να αποκαλούνται και **μηχανουργικές κατεργασίες**.

κού εργαλείου (απλούστερα **εργαλείου ή κοπτικού**), οπωσδήποτε αρκετά σκληρότερου από το υλικό που κατεργαζόμαστε και της συναφούς **εργαλειομηχανής**, που προσδίδει την απαιτούμενη για την κοπή ισχύ και εκτελεί τις αναγκαίες για την μορφοποίηση του κομματιού κινήσεις τόσο του κομματιού, όσο και του εργαλείου.

Οι **μη συμβατικές (μη καθιερωμένες) κατεργασίες αφαιρέσεως μετάλλου** έχουν ως κοινό γνώρισμα με τις κατεργασίες κοπής το ότι και με τις πρώτες, για να μορφοποιηθεί το τεμάχιο, αφαιρείται από αυτό το μέταλλο που πλεονάζει. Όμως, το αποβαλλόμενο μέταλλο δεν έχει τη μορφή αποβλίττου ούτε και σχηματίζεται με τον ίδιο μηχανισμό (υψηλού βαθμού πλαστική παραμόρφωση), αλλά παρουσιάζεται υπό μορφή ποικίλων τελικά σχημάτων, όπως σφαιριδίων, ακανόνιστων τεμαχιδίων κ.ά. Ακόμη, η προσδιδόμενη, για να λάβει χώρα μία μη συμβατική κατεργασία αφαιρέσεως μετάλλου ενέργεια, δεν είναι εν γένει μηχανική, όπως συμβαίνει στις κατεργασίες κοπής, αλλά θερμική, χημική, ηλεκτροχημική ή κάποιας άλλης μορφής. Υπάρχει επιπλέον και η δυνατότητα συνδυασμού μη συμβατικών κατεργασιών αφαιρέσεως μετάλλου με κατεργασίες κοπής. Πολλές τέτοιες κατεργασίες έχουν αναπτυχθεί εν γένει, πλην όμως ένας μικρός αριθμός από αυτές, όπως λ.χ. η αφαίρεση μετάλλου με ηλεκτρικό σπινθήρα (EDM), η ηλεκτροχημική λείανση (ECG) και η αφαίρεση μετάλλου με υπερήχους (USM) έχουν αναπτυχθεί σε υψηλό βαθμό από αρκετών ετών και έχουν τύχει ευρείας και επιτυχούς εφαρμογής στη μηχανουργική πράξη. Άλλες από τις κατεργασίες αυτές χρησιμοποιούνται ήδη, αλλά σε περιορισμένη έκταση και για πολύ ειδικές κατεργασίες, ενώ οι υπόλοιπες ευρίσκονται ακόμη σε στάδια θεωρητικής και πειραματικής μελέτης και εξέλιξης.

Στις κατεργασίες αφαιρέσεως μετάλλου, μόνο μία στρώση υλικού της κατεργασμένης επιφάνειας σε μικρό ή σε μεγαλύτερο βάθος, ανάλογα με την περίπτωση κατεργασίας, υφίσταται πλαστική παραμόρφωση και αλλαγές ή και μετασχηματισμούς στην κρυσταλλική του δομή, άρα και σε ορισμένες ιδιότητές του, σε πλήρη αντίθεση με τις κατεργασίες διαμορφώσεως, όπου τέτοιες μεταβολές πραγματοποιούνται στην όλη μάζα του κομματιού ή σε σημαντικό μέρος του. Η κατ' αυτό τον τρόπο διαμορφωμένη επιφανειακή στιβάδα των κατεργασμένων επιφανειών ενός κομματιού, είναι φανερό, ότι θα έχει οπωσδήποτε λειτουργικές επιπτώσεις, όπως και επιπτώσεις σε τυχόν παραπέρα κατεργασία του.

Με τις **κατεργασίες διαμορφώσεως** αλλάζει η μορφή στερεών (συμπαγών) μεταλλικών τεμαχίων με τη βοήθεια κατάλληλων προς τούτο εργαλείων (των **εργαλείων διαμορφώσεως**) και με εφαρμογή των αναγκαίων φορτίων (η απαιτούμενη ενέργεια διαμορφώσεως προσδίδεται από την αντίστοιχη εργαλειομηχανή). Η μορφοποίηση των κομματιών επιτυγχάνεται μέσω **μηχανισμών πλαστικής παραμορφώσεως** χωρίς πρακτικώς αφαίρε-

ση μετάλλου και χωρίς να παρατηρούνται φαινόμενα αστάθειας της κατεργασίας (όπως π.χ. εκλεπτύνσεις), ρωγμές ή θραύση. Οι κατεργασίες διαμορφώσεως μπορούν κατά περίπτωση να εκτελεσθούν στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (*διαμόρφωση εν ψυχρώ*), σε θερμοκρασία ανώτερη από τη θερμοκρασία ανακρυσταλλώσεως του μετάλλου του κομματιού (*διαμόρφωση εν θερμώ*) ή και σε ενδιάμεση θερμοκρασία, οπωσδήποτε όμως αρκετά μεγαλύτερη από εκείνη του περιβάλλοντος (*ημίθερμη διαμόρφωση*). Στις κατεργασίες διαμορφώσεως συνήθως δεν λαμβάνει χώρα γένεση (με συνδυασμό κινήσεων) της επιθυμητής μορφής του τεμαχίου, πράγμα που συμβαίνει στις κατεργασίες κοπής. Το διαμορφωμένο τεμάχιο θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των προδιαγραφών σε ό,τι αφορά την ακρίβεια μορφής και διαστάσεων, όπως επίσης και την ποιότητα επιφάνειας (τραχύτητα, κρυσταλλοδομή και μηχανικές ιδιότητες της επιφανειακής στιβάδας, παραμένουσες τάσεις).

Θεωρούμε σκόπιμο να τονίσουμε στο σημείο αυτό, ότι στις κατεργασίες διαμορφώσεως συντελείται κατά κανόνα πλαστική παραμόρφωση, όπως έχουμε προαναφέρει, ομοιογενής ή ανομοιογενής, σε όλη τη μάζα του διαμορφούμενου μετάλλου (καθολικώς) ή και μερικώς, με συνέπεια αλλαγές εν γένει στην κρυσταλλική του δομή, άρα και στις μηχανικές του ιδιαίτερα ιδιότητες.

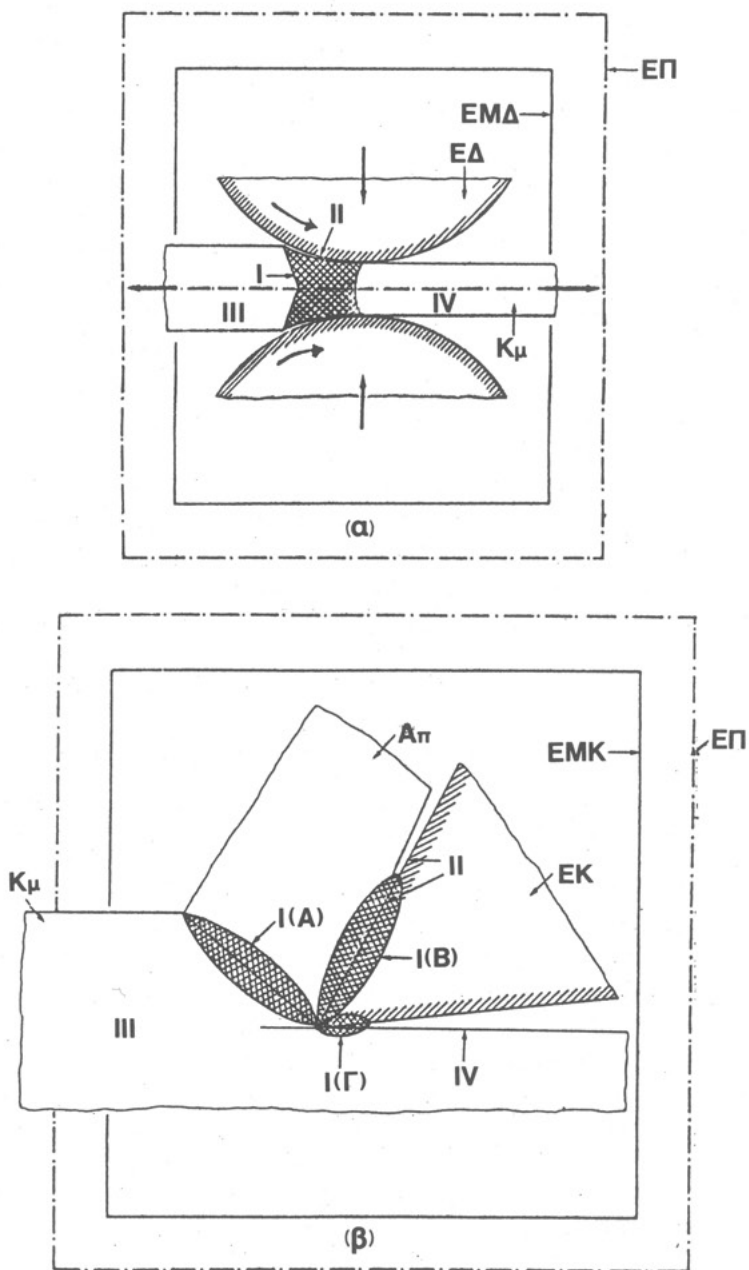
1.1.2. Ταξινόμηση των κατεργασιών κοπής των μετάλλων

1.1.2.1. Οι μηχανικές κατεργασίες των μετάλλων (μηχανουργικές κατεργασίες) ως σύστημα

Στην προηγούμενη παράγραφο συμπεριλάβαμε στις *μηχανικές κατεργασίες* ή *μηχανουργικές κατεργασίες* μορφοποιήσεως των μετάλλων: τις *κατεργασίες διαμορφώσεως* και τις *κατεργασίες αφαιρέσεως μετάλλου*, δηλαδή τις *κατεργασίες κοπής* μαζί με τις *μη συμβατικές κατεργασίες αφαιρέσεως μετάλλου*.

Οι κατεργασίες διαμορφώσεως, όπως και οι κατεργασίες κοπής, θεωρούμενες ως **σύστημα** (δηλαδή ως συνδυασμός διαφόρων μονάδων ή χαρακτηριστικών συνιστωσών κατά τρόπο, ώστε αυτές να απαρτίζουν ένα οργανικό σύνολο που, λειτουργώντας αρμονικά, να οδηγεί στην επίτευξη κάποιου επιδιωκόμενου σκοπού ή αποτελέσματος) εμφανίζονται στα γενικευμένα υποδείγματα των σχημάτων 1.1α και 1.1β, αντιστοίχως.

Και τα δύο αυτά πρότυπα ουσιαστικώς έχουν κοινά όλα τους σχεδόν τα χαρακτηριστικά, παρά τη μεγάλη ποικιλία κατεργασιών της μηχανουργικής πράξεως, με ελάχιστες διαφορές τις οποίες θα επισημάνουμε στο τέλος της παραγράφου 1.1.2.2, όπου θα επιχειρήσουμε μία κριτική σύγκριση ανάμεσα



Σχ. 1.1.

Κατεργασία και εργαλειομηχανή ως σύστημα. α) Διαμόρφωση. β) Κοπή.

στις κατεργασίες διαμορφώσεως και στις κατεργασίες κοπής. Έτσι, οι κύριες συγκροτούσες μονάδες του κοινού πλέον συστήματος των μηχανικών κατεργασιών μορφοποίησεως των μετάλλων είναι το τεμάχιο ή κομμάτι (Τμ) ή (Κμ) και το εργαλείο (Ε) μαζί με τις αντίστοιχες συσκευές ή διατάξεις συγκρατήσεώς τους και την περιβάλλουσα αυτά ατμόσφαιρα, η εργαλειομηχανή (ΕΜ) και η κατεργασία (Κ). Κατά συνέπεια, μπορούμε το σύστημα αυτό να το παραστήσουμε με το συμβολισμό (Κ–Ε–Τμ–Ε), οποίο και θα ονομάσουμε *σύστημα Κατεργασίας–Εργαλειομηχανής* ή *Μηχανουργικό Σύστημα* ή με συνοπτικότερο συμβολισμό ως σύστημα (Κ–ΕΜ). Το σύστημα αυτό μπορεί να αναφέρεται σε *διαμόρφωση* ή σε *κοπή* των μετάλλων.

Άλλα χαρακτηριστικά του υπόψη συστήματος, για πλήρη μελέτη του είναι τα ακόλουθα:

- Η ζώνη πλαστικής παραμορφώσεως ή πλαστικής ροής (Ι) [ή οι ζώνες I(A), I(B) και I(Γ) στις κατεργασίες κοπής].
- Οι συνθήκες, που επικρατούν στις επιφάνειες επαφής εργαλείου–κομματιού (ΙΙ) στις κατεργασίες διαμορφώσεως ή εργαλείου–αποβλήτου ή εργαλείου–κομματιού στις κατεργασίες κοπής, δηλαδή οι *τριβολογικές* λεγόμενες *συνθήκες*.
- Οι ιδιότητες και χαρακτηριστικά του αρχικού ανέπαφου υλικού του κομματιού προ της κατεργασίας, όπως και εκείνες κάτω από τις συνθήκες κατεργασίας (ΙΙΙ).
- Οι ιδιότητες και χαρακτηριστικά του κατεργασμένου κομματιού (ΙV) σε όλη του τη μάζα στις κατεργασίες διαμορφώσεως (ή μερικώς σε ορισμένες) και σε επιφανειακό στρώμα της κατεργασμένης επιφάνειας στις κατεργασίες κοπής.
- Ο χώρος (το περιβάλλον) και ο εξοπλισμός (πλην εργαλειομηχανών, εργαλείων και συναφών συσκευών και διατάξεων) του μηχανουργείου ή του εργοστασίου–μηχανουργείου, όπου εκτελείται η κατεργασία και οι διάφορες δραστηριότητες σχεδιασμού και ελέγχου της μηχανουργικής παραγωγής, όπως και οι ποικίλες υπηρεσίες υποστηρίξεως.

Πριν προχωρήσουμε, σε περιορισμένο έστω σχολιασμό των αναφερθέντων χαρακτηριστικών του συστήματος των μηχανικών κατεργασιών μορφοποίησης των μετάλλων, κρίνουμε αναγκαίο να δώσουμε εδώ μερικούς απαραίτητους ορισμούς:

Ακατέργαστο κομμάτι ή τεμάχιο: Στη γενική του έννοια είναι ένας όγκος μετάλλου ή κράματος (ένα σώμα) με καθορισμένη κατά περίπτωση μορφή και διαστάσεις, που μορφοποιείται σύμφωνα με προκαθορισμένες προδιαγραφές (που αναφέρονται στη μορφή και στις διαστάσεις, όπως και στην ακρίβεια επιτευξέώς τους και ακόμα στην ποιότητα των κατεργασμένων επιφανειών του), σε επιθυμητό **κατεργασμένο κομμάτι ή τεμάχιο** με

τη βοήθεια επιλεγόμενων εκάστοτε κατάλληλων μηχανικών κατεργασιών και με την εφαρμογή αποτελεσματικού ποιοτικού ελέγχου.

Στην ευρεία του σημασία ως **εργαλείο (κοπτικό εργαλείο ή εργαλείο διαμορφώσεως)** μπορεί να ορισθεί κάθε μέσον ή όργανο, που έρχεται σε άμεση επαφή με το κομμάτι κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, με σκοπό την επιβολή σε αυτό (στο κομμάτι) δυνάμεων και τον έλεγχο της ροής του υλικού του κομματιού· και όλα αυτά για την επίτευξη προδιαγεγραμμένης μορφοποιήσεως του κομματιού.

Η **εργαλειομηχανή** (κοπής ή διαμορφώσεως), με τη βοήθεια της οποίας πραγματοποιείται η μορφοποίηση ενός ακατέργαστου τεμαχίου, εκτελεί εν γένει τις ακόλουθες βασικές λειτουργίες:

- α) Παρέχει την αναγκαία για την εκάστοτε συγκεκριμένη κατεργασία ισχύ, συνήθως με τη βοήθεια ενός ή και περισσότερων επιλεγμένων ηλεκτροκινητήρων.
- β) Διαθέτει μέσα για τη στερεά και ασφαλή συγκράτηση τόσο του εργαλείου, όσο και του κομματιού και εξασφαλίζει τη σωστή αρχική σχετική μεταξύ τους θέση.
- γ) Εκτελεί και ελέγχει τις απαραίτητες για την κατεργασία βασικές κινήσεις έτσι, ώστε να διατηρείται η ορθή σχετική θέση του εργαλείου και του κομματιού καθ' όλη τη διάρκεια της κατεργασίας.
- δ) Επιτυγχάνει προκαθορισμένη, μέσα σε ορισμένα όρια, διαστατική ακρίβεια και ακρίβεια μορφής στο κομμάτι μαζί με τον απαιτούμενο βαθμό τραχύτητας των κατεργασμένων επιφανειών του (σε συνάφεια πάντοτε με την κατεργασία) και όλα αυτά σταθερά στο χρόνο και ανεξάρτητα, κατά το δυνατό, από τη δεξιότητα του τεχνίτη.
- ε) Πρέπει, τέλος, να είναι συναγωνιστική λειτουργικά, παρουσιάζουσα υψηλό βαθμό αξιοπιστίας και οικονομικής αποδόσεως.

Κάθε κατεργασία εκτελείται σε ειδικά γι' αυτή σχεδιασμένη και συγκροτημένη εργαλειομηχανή. Και για να ανταποκριθεί μια εργαλειομηχανή στις παραπάνω βασικές της λειτουργίες, αποτελείται από τα **δομικά της στοιχεία** (βάση, ορθοστάτης ή κορμός κ.ά.), όπως και από τα λειτουργικά στοιχεία που συνδέονται με τα δομικά (άτρακτος, έδρανα, ολισθητήρες κ.λπ.), από τα **στοιχεία μεταδόσεως κινήσεως**, από τα **ποικίλα εξαρτήματα, συσκευές και διατάξεις για την πρόσδεση των εργαλείων και των κομματιών**, καθώς και από τα **στοιχεία ελέγχου** των διαφόρων λειτουργιών της εργαλειομηχανής και τα **στοιχεία προστασίας** από βλάβες και ατυχήματα.

Και μετά τον ορισμό του **τεμαχίου, εργαλείου** και της **εργαλειομηχανής**, που έχουμε δώσει, ας επανέλθουμε στα χαρακτηριστικά του συστήματος των μηχανικών κατεργασιών μορφοποιήσεως των μετάλλων.

Αναφορικά προς το ακατέργαστο και κατεργασμένο τεμάχιο, πέρα από