

Μηχανουργική Τεχνολογία

Τόμος Β΄: Κατεργασίες κοπής

Δρ. Μηχ. Αριστομένης Αντωνιάδης

**Τίτλος πρωτοτύπου: ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ,
Τόμος Β΄: Κατεργασίες κοπής
Αριστομένης Αντωνιάδης**

Αποκλειστικότητα:

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

Κεντρικό: Φιλίππου 91, Τ.Κ. 54635, Τηλ. 2310 247887, 2310 213912, Fax 2310 210729
Αρμενοπούλου 23, Τ.Κ. 54635 Θεσσαλονίκη, Τηλ./Fax 2310 219184

Internet:

e-mail: info@tziola.gr
<http://www.tziola.gr>

Κατάστημα Αθηνών:

Πεσμαζόγλου 5 (Πανεπιστημίου 39)
ΣΤΟΑ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ - Αρσάκειο Μέγαρο
Κατάστημα 18,105 64,
Τηλ./Fax 210 3211097

Copyright © 2011 ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΙΟΛΑ

Copyright © 2011 TZIOLAS PUBLICATIONS

ISBN: 978-960-418-298-5

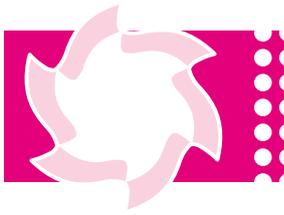
Η φωτογραφία του εξωφύλλου είναι προσφορά της DMG

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος του βιβλίου με οποιοδήποτε μέσο (φωτοτυπία, εκτύπωση, μικροφίλμ, αποθήκευση σε αρχείο πληροφοριών ή άλλη μηχανική ή ηλεκτρονική μέθοδο) χωρίς την έγγραφη άδεια του εκδότη.

No part of this publication may be reproduced or distributed in any form or by any means, or stored in data base or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

*αφιερώνεται
στην προσωποποίηση της έμπνευσης
και της κινητήριας δύναμης
για την όποια προσπάθεια,*

...στα παιδιά μου Θοδωρή και Βαγγελιώ !



Πρόλογος κ. Γραικούση

Τον αναπληρωτή καθηγητή πλέον του Πολυτεχνείου Κρήτης Αριστομένη Αντωνιάδη γνώρισα το 1979 σαν δευτεροετή φοιτητή Μηχανολόγο ως τότε καθηγητής των Στοιχείων Μηχανών του ΑΠΘ. Από τα πρώτα του βήματα στη Μηχανολογία ο «Μένιος» έδειξε την κλίση και την αγάπη του γι' αυτό τον κλάδο της Τεχνολογίας και το απέδειξε με την μέχρι σήμερα σταδιοδρομία του παραλαμβάνοντας επάξια από τους δάσκαλους του τη δάδα του Μαραθωνίου της Ελληνικής Μηχανολογίας με στόχο να την παραδώσει άσβεστη στις επόμενες γενιές. Το παρόν βιβλίο είναι και αυτό μια απόδειξη των επιδιώξεών του.

Η Μηχανουργική Τεχνολογία του καθηγητή Αντωνιάδη είναι μια άριστη εισαγωγή στη Μηχανουργική Τεχνολογία, που συμπληρώνει την σχετικά περιορισμένη Ελληνική Τεχνική βιβλιογραφία, και διακρίνεται για τη συστηματοποιημένη ταξινόμηση του εκτεταμένου αυτού γνωστικού πεδίου, τον απλό και σαφή γραπτό λόγο όπως και τις παραστατικές απεικονίσεις του. Είναι ένα διδακτικό βοήθημα για τον φοιτητή Μηχανικό Παραγωγής αλλά και τον Κατασκευαστή Μηχανολόγο, για να τον βοηθήσει να καταλάβει:

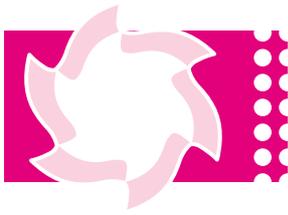
- ⊕ τις βασικές αρχές, στις οποίες στηρίζονται και συνεχώς εξελίσσονται οι Μηχανουργικές Κατεργασίες,
- ⊕ το ευρύ φάσμα των παραμέτρων, που επηρεάζουν την παραγωγικότητα και την ποιότητα του αποτελέσματος κάθε κατεργασίας και τέλος
- ⊕ τις δυνατότητες των σημερινών εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης.

Οι γνώσεις της Μηχανουργικής Τεχνολογίας συμβάλλουν στην ανάπτυξη της δημιουργικότητας του Μηχανικού για την επίτευξη του στόχου του, που είναι η παραγωγή ανταγωνιστικών προϊόντων με:

- ⊕ λειτουργικότητα,
- ⊕ εύκολη συντήρηση,
- ⊕ υψηλή και σταθερή ποιότητα και τέλος αλλά εξ ίσου σημαντικό με
- ⊕ χαμηλό κόστος παραγωγής και λειτουργίας.

Μπορεί η παραγωγή στον Ελληνικό χώρο να έχει φθάσει σήμερα στο ναδίρ της, όμως εκτός απ' τις πολύ λίγες εξαιρέσεις, που ακμάζουν και είναι παραδείγματα για μίμηση, υπάρχουν ακόμη αρκετές εστίες παραγωγικής δημιουργικότητας, που σιγοκαίνε. Φτάνει να τις αναζωπυρώσουμε. Σ' αυτήν την προσπάθεια συμβάλλει και η «Μηχανουργική Τεχνολογία» του αναπλ. καθ. Α. Αντωνιάδη.

Ροβέρτος Γραικούσης



Πρόλογος

Το παρόν βιβλίο με τίτλο «Μηχανουργική τεχνολογία, τόμος Β': Κατεργασίες κοπής» απευθύνεται σε φοιτητές Τμημάτων Μηχανολόγων Μηχανικών, Ναυπηγών Μηχανικών αλλά και γενικά ειδικοτήτων Μηχανικών με επαφή στις κατασκευαστικές τεχνολογίες. Αποτελεί το δεύτερο τόμο μιας σειράς βιβλίων με θέματα τεχνολογιών παραγωγής και ακολουθεί τον πρώτο τόμο που περιλαμβάνει την αρχέγονη μορφοποίηση και τις κατεργασίες διαμόρφωσης.

Οι μηχανουργικές κατεργασίες και ιδιαίτερα οι κατεργασίες κοπής εξελίχθηκαν ιδιαίτερα την τελευταία δεκαετία, αφενός αναπτύσσοντας νέες στρατηγικές κατεργασίας, όπως η κοπή υψηλής ταχύτητας (High Speed Cutting) και η ξηρά κοπή και αφετέρου με την προόδο στα υλικά και τις επικαλύψεις των κοπτικών εργαλείων. Οι νέες αυτές προσεγγίσεις στην παραγωγική διαδικασία επηρέασαν την εξέλιξη των εργαλειομηχανών, με συνέπεια οι παραγωγικοί καθώς και οι μη παραγωγικοί χρόνοι να μειωθούν δραστικά. Παράλληλα, διαφορετικές κατεργασίες κοπής ενσωματώνονται πια σε μία εργαλειομηχανή ώστε να αποφεύγεται με αυτόν τον τρόπο η σπατάλη χρόνου για τη μεταφορά, επανατοποθέτηση, μηδενισμό κ.λπ., των τεμαχίων προς κατεργασία. Στον αντίποδα αυτής της ανάπτυξης, η ελαχιστοποίηση της ρύπανσης και η κατανάλωση ισχύος παραμένει μια πρόκληση για το μέλλον. Σήμερα, η κατεργασία σε ξηρό περιβάλλον αποτελεί τον τελικό στόχο της ερευνητικής κοινότητας για τις μηχανουργικές κατεργασίες, μια και απομακρύνει τα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με τα υγρά κοπής.

Εκτός όμως τις μάκρο κατεργασίες, ο τομέας των μικρο κατεργασιών κερδίζει συνεχώς έδαφος στο ενδιαφέρον των κατασκευαστών, λόγω των αυξανόμενων απαιτήσεων των καταναλωτών σε μικροσκοπικά προϊόντα. Η έρευνα για τα φαινόμενα που συμβαίνουν στη μικρο διάσταση είναι ακόμα στα αρχικά στάδια, μια και όπως έχει ήδη διαφανεί από την υπάρχουσα ερευνητική δραστηριότητα, η επίδραση του μεγέθους είναι καθοριστική και διαφοροποιεί τους μηχανισμούς και τις συμπεριφορές. Ουσιαστικά πρόκειται για μια καινούρια αρχή στις τεχνολογίες παραγωγής και τις ερευνητικές τους διαδρομές.

Σε αυτό το περιβάλλον που διαμορφώνεται συνεχώς, το παρόν βιβλίο στοχεύει να αποτελέσει ένα βασικό βοήθημα. Παρ' όλο που τα περιεχόμενα του βιβλίου παρουσιάζουν έντονο επιστημονικό ενδιαφέρον και χρήζουν αντιμετώπισης υψηλού επιπέδου, κατεβλήθησαν προσπάθειες να παρουσιασθούν με σαφήνεια και παραστατικότητα (μέσω μεγάλου αριθμού καταλλήλων σχημάτων) χωρίς αυστηρό μαθηματικό φορμαλισμό. Ο τελικός σκοπός αυτού του βιβλίου είναι η παρουσίαση της βασικής θεωρίας της αφαίρεσης υλικού, αλλά και η σχετικά απλή αναφορά στις μεθόδους με τις οποίες αυτή υλοποιείται, έτσι ώστε τελικά ο φοιτητής, σε συνδυασμό με τις άλλες μηχανουργικές τεχνολογίες, να γνωρίσει «...πως φτιάχνεται τί», γνώση που του είναι απαραίτητη ως μελλοντικός Μηχανικός.

Το βιβλίο αποτελείται από δέκα κεφάλαια με το ένατο κεφάλαιο να αποτελείται από πίνακες που έχουν άμεση σχέση με τη Μηχανουργική Τεχνολογία και το δέκατο κεφάλαιο να περιλαμβάνει τη βιβλιογραφία. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγή στις κατασκευαστικές τεχνολογίες, περιλαμβάνοντας μια εκτενή ιστορική αναδρομή στις μηχανουργικές κατεργασίες κοπής, από τα λίθινα εργαλεία στις απαρχές της ανθρώπινης διαδρομής, μέχρι τις

πολυαξονικές εργαλειομηχανές του σήμερα. Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται ο μηχανισμός της κοπής, ο τρόπος δημιουργίας του αποβλίττου, οι αναπτυσσόμενες δυνάμεις κοπής και η φθορά των κοπτικών εργαλείων. Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα υλικά των δύο κυρίαρχων παραγόντων της κοπής που είναι το κοπτικό εργαλείο και το κατεργαζόμενο τεμάχιο. Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφονται όσο το δυνατόν πιο εποπτικά, οι βασικές μηχανουργικές κατεργασίες με αφαίρεση υλικού που χρησιμοποιούν κοπτικά εργαλεία με καθορισμένη γεωμετρικά κόψη. Αντίστοιχα, στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφονται, οι μηχανουργικές κατεργασίες με αφαίρεση υλικού, που χρησιμοποιούν όμως κοπτικά εργαλεία που δεν έχουν καθορισμένη γεωμετρικά κόψη, όπως είναι η λείανση.

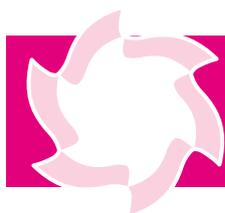
Τα επόμενα τρία κεφάλαια αγκαλιάζουν τρεις εξειδικευμένες περιοχές της μηχανουργικής τεχνολογίας. Στο έκτο κεφάλαιο γίνεται μια συνοπτική αναφορά στις κατεργασίες κοπής σε μικροκλίμακα, που αποτελούν σήμερα την αιχμή του δόρατος στις κατασκευαστικές τεχνολογίες. Στο έβδομο κεφάλαιο παρουσιάζεται, με τη βοήθεια σημαντικών παραδειγμάτων, η χρησιμότητα των μεθόδων προσομοίωσης των μηχανουργικών κατεργασιών με σκοπό τη βελτιστοποίησή τους, ενώ στο όγδοο κεφάλαιο γίνεται μια βασική αναφορά στις εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση και τον προγραμματισμό τους.

Επιθυμώ να ευχαριστήσω όλους όσους στήριξαν την προσπάθεια συγγραφής του παρόντος βιβλίου και ιδιαίτερα:

- ⊕ τους συνεργάτες μου Διπλωματούχους Μηχανικούς: **Παναγιώτη Κυράτση, Νίκο Ταπόγλου, Ταξιάρχη Μπελή, Δημήτρη Βακόνδιο, Φώτη Αγαλιανό και Χρήστο Μουστεράκη**, χωρίς τη βοήθεια των οποίων το βιβλίο αυτό δε θα είχε ολοκληρωθεί,
- ⊕ τους καλούς φίλους **Λευτέρη Δερμιτζάκη και Τέση Κατσαμάκη** για τη βοήθεια που μου παρείχαν, όποτε τους ζητήθηκε,
- ⊕ τον συνάδελφο και φίλο **Δρ. Μηχ. Γεώργιο Πανταζόπουλο**, για την άδειά του να χρησιμοποιηθεί υλικό που είχε επιμεληθεί προσωπικά, από το κοινό μας βιβλίο Μηχανουργική Τεχνολογία II (Μηχανικές διαμορφώσεις) του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου,
- ⊕ τα παιδιά μου για τη βοήθειά τους στη σχεδίαση των σχημάτων του βιβλίου,
- ⊕ την κ. **Ματούλα Τσάρη** για την άριστη συνεργασία στην επιμέλεια του βιβλίου και την κ. **Γιώτα Φαρμάκη** για την σχεδίαση του εξωφύλλου.

Τέλος, θέλω να απευθύνω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου, στους συναδέλφους και τους φίλους, για την ενθάρρυνση, συμπαράσταση και κατανόηση σε όλο το διάστημα της συγγραφής του βιβλίου.

Αριστομένης Αντωνιάδης



Περιεχόμενα

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή στις κατεργασίες κοπής

1.1 Ιστορική αναδρομή	13
1.1.1 Από την αρχαιότητα έως το Μεσαίωνα	13
1.1.2 Από την Αναγέννηση έως τη βιομηχανική επανάσταση	17
1.1.3 Η βιομηχανική επανάσταση	19
1.1.4 19ος αιώνας	22
1.1.5 Από το 1900 έως το 1990	26
1.1.6 Τα τελευταία είκοσι χρόνια	28
1.2 Γενική εποπτεία των κατεργασιών με αφαίρεση υλικού	31
1.2.1 Βασικές κατεργασίες κοπής	31
1.2.2 Σύγχρονες τάσεις στη μηχανουργική τεχνολογία	34

Κεφάλαιο 2

Αρχές της κοπής

2.1 Είδη κοπής και σχηματισμός αποβλίττου	37
2.1.1 Γεωμετρία της κόψης	39
2.1.2 Μηχανισμός της κοπής	41
2.1.3 Είδη αποβλίττου	45
2.1.4 Ψευδόκοψη	51
2.2 Θερμοκρασία κοπής και φθορά εργαλείων	54
2.2.1 Θερμοκρασίες κατά την κοπή	54
2.2.2 Φθορά κοπτικών εργαλείων	57
2.3 Δυνάμεις κοπής	61
2.3.1 Υπολογισμός δυνάμεων κοπής	61
2.3.2 Παράγοντες που επηρεάζουν τις συνιστώσες της δύναμης κοπής	68
2.3.3 Μέτρηση των δυνάμεων κοπής	70
2.4 Ποιότητα κατεργασμένης επιφάνειας	72
2.4.1 Τραχύτητα επιφάνειας	73
2.4.2 Η εμφανιζόμενη τραχύτητα της επιφάνειας κατά την κατεργασία	76
2.4.3 Τραχυμέτρηση Επιφάνειας	76

Κεφάλαιο 3

Εργαλεία και κατεργαζόμενα υλικά

3.1 Υλικά κοπτικών εργαλείων	81
3.1.1 Εργαλειοχάλυβες: Ανθρακούχοι χάλυβες	85
3.1.2 Εργαλειοχάλυβες: Κεκραμμένοι χάλυβες	86
3.1.3 Ταχυχάλυβες	88
3.1.4 Σκληρομέταλλα	90
3.1.5 Κεραμικά	91
3.1.6 Κυβικό Βοριονιτρίδιο CBN	92
3.1.7 Φυσικό διαμάντι	92
3.2 Επικαλύψεις κοπτικών εργαλείων	93
3.2.1 Είδη επικαλύψεων	94

3.2.2 Χαρακτηριστικά επικαλύψεων	96
3.3 Γεωμετρία της κόψης	97
3.4 Κοπτικά πλακίδια	98
3.4.1 Διάρκεια ζωής εργαλείων	100
3.5 Κατεργαζόμενα υλικά	104
3.5.1 Σιδηρούχα κράματα	104
3.5.1.1 Χάλυβες	104
3.5.1.2 Κραματωμένοι χάλυβες	105
3.5.1.3 Ανοξειδωτοι χάλυβες	105
3.5.1.4 Εργαλειοχάλυβες	105
3.5.1.5 Χυτοσίδηροι	106
3.5.2 Μη σιδηρούχα κράματα	107
3.5.2.1 Κράματα χαλκού	107
3.5.2.2 Κράματα Cu-Zn (Ορείχαλκοι)	108
3.5.2.3 Κράματα Cu-Sn (Μπρούντζοι)	109
3.5.2.4 Κράματα Cu-Al (χαλκοαλουμίνιο)	110
3.5.2.5 Κράματα Cu-Ni (χαλκονικέλιο)	110
3.5.2.6 Κράματα Αλουμινίου	110
3.5.2.7 Ντουραλουμίνιο	111
3.5.2.8 Κράματα Μαγνησίου	111
3.5.2.9 Κράματα Τιτανίου	112
3.5.2.10 Κράματα Νικελίου	112
3.5.2.11 Κράματα Ψευδαργύρου	113
3.5.2.12 Κράματα Μολύβδου	113
3.5.3 Κεραμικά - Γυαλιά	114
3.5.3.1 Παραδοσιακά κεραμικά	115
3.5.3.2 Προηγμένα κεραμικά	115
3.5.4 Σύνθετα υλικά	116

Κεφάλαιο 4

Κοπές με εργαλεία με γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

4.1 Τόρνευση (turning)	121
4.1.1 Ο παραδοσιακός τόρνος	122
4.1.2 Τα κοπτικά εργαλεία	130
4.1.3 Οι συνθήκες κοπής	137
4.1.4 Παράδειγμα πλάνου εργασίας	141
4.1.5 Σύγχρονοι τόρνοι και Κέντρα τόρνευσης	142
4.1.6 Γενικές οδηγίες για την τόρνευση	144
4.1.7 Ασφάλεια κατά την τόρνευση	146
4.2 Διάτρηση (drilling)	147
4.2.1 Το δρόπανο	149
4.2.2 Το τρυπάνι	151
4.2.3 Οι συνθήκες κοπής στη διάτρηση	154
4.2.4 Επιλογή συνθηκών κοπής	156
4.2.5 Ανάπτυξη θερμότητας κατά τη διάτρηση	157
4.2.6 Δυνάμεις κοπής και φθορά στη διάτρηση	160
4.2.7 Ασφάλεια κατά τη διάτρηση	161
4.3 Φραιζάρισμα (milling)	162
4.3.1 Είδη φραιζαρίσματος	163
4.3.2 Η φραιζα (Milling machine)	165
4.3.3 Κοπτικά εργαλεία (cutting tools)	167
4.3.4 Συνθήκες κατεργασίας (Cutting conditions)	170
4.3.5 Ειδικά θέματα για το μετωπικό φραιζάρισμα	173
4.3.6 Αποπεράτωση με κονδυλοφόρα εργαλεία με σφαιρική απόληξη	174
4.4 Πλάνιση (shaping)	178
4.4.1 Κοπτικά εργαλεία πλάνισης	179

4.4.2 Χαρακτηριστικά μεγέθη στην πλάνιση	181
4.5 Πριόνισμα (sawing)	183
4.5.1 Είδη πριονίσματος	183
4.5.2 Εργαλεία πριονίσματος	186
4.6 Αυλάκωση (broaching)	188
4.6.1 Εργαλεία αυλάκωσης	189
4.6.2 Εργαλειομηχανές αυλάκωσης	190
4.6.3 Συνθήκες κατεργασίας	192
4.7 Γλύφανση (reaming)	193
4.8 Κοπή οδοντώσεων	196
4.8.1 Γενικά για τις οδοντώσεις	196
4.8.2 Γενικά για την κοπή οδοντώσεων	198
4.8.2.1 Φαιζάρισμα με κύλιση οδοντώσεων (gear hobbing)	200
4.8.2.2 Πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων (gear shaping)	204
4.8.2.3 Πλάνιση με κύλιση με οδοντωτό κανόνα	206

Κεφάλαιο 5

Κοπές με εργαλεία με μη γεωμετρικά καθορισμένη κόψη

5.1 Λείανση (grinding)	207
5.1.1 Είδη λείανσης	208
5.1.2 Μηχανισμός λείανσης	209
5.1.3 Ο λειαντικός τροχός και η λειαντική εργαλειομηχανή	211
5.1.4 Ονοματολογία λειαντικού τροχού	215
5.1.5 Συνθήκες κοπής	217
5.2 Χόνινγκ (honning)	217
5.3 Λάπινγκ (lapping)	219

Κεφάλαιο 6

Μικροκοπή

6.1 Γενικά για τις μικροκατεργασίες	223
6.2 Μηχανισμός της μικροκοπής	225
6.2.1 Μορφοποίηση αποβλίττου και ψευδοκοπή	229
6.3 Μικροκατεργασίες	233
6.3.1 Μικροφραιζάρισμα	233
6.3.2 Μικροδιάτρηση	235
6.4 Μικροεργαλεία	236
6.4.1 Κοπτικά εργαλεία μικροφραιζαρίσματος και μικροδιάτρησης	237
6.4.2 Φθορά μικροεργαλείων	238
6.4.3 Υγρά κοπής	238

Κεφάλαιο 7

Προσομοίωση κατεργασιών κοπής

7.1 Ο σύγχρονος ρόλος της προσομοίωσης	245
7.2 Μέθοδοι προσομοίωσης μηχανουργικών κατεργασιών	248
7.2.1 Αναλυτικές μέθοδοι προσομοίωσης	248
7.2.2 Αριθμητικές μέθοδοι προσομοίωσης	251
7.2.3 Πειραματικές μέθοδοι προσομοίωσης	252
7.2.4 Προσομοίωση βασισμένη στην τεχνητή νοημοσύνη	253
7.3 Μελέτες Περιπτώσεων	254
7.3.1 Προσομοίωση κατεργασίας μετωπικού φραιζαρίσματος	254
7.3.3 Το προσομοιωτικό μοντέλο CutPro	258
7.3.2 Το προσομοιωτικό μοντέλο πολυαξονικού φραιζαρίσματος MSN 256	256
7.3.4 Προσομοίωση κατεργασίας οδοντώσεων με φραιζάρισμα με κύλιση	259
7.3.5 Χαρακτηριστικά μοντέλα πεπερασμένων στοιχείων (FEM) για κατεργασίες	263

Κεφάλαιο 8**Στοιχεία Ψηφιακής Κοθοδήγησης**

8.1 Γενικά για την ψηφιακή καθοδήγηση	269
8.1.1 Εργαλειομηχανές	270
8.2 Συντεταγμένες	274
8.2.1 Καρτεσιανές συντεταγμένες	274
8.2.2 Πολικές συντεταγμένες	274
8.2.3 Απόλυτες και σχετικές συντεταγμένες	276
8.2.4 Χρήση των συστημάτων συντεταγμένων σε εργαλειομηχανές	276
8.3 Χαρακτηριστικά γεωμετρικά σημεία	280
8.3.1 Αντιστάθμιση	283
8.4 Προγραμματισμός σε κώδικα μηχανής	283
8.4.1 Βασικές εντολές προγραμματισμού (εντολές G)	285
8.4.2 Βασικές εντολές προγραμματισμού λειτουργιών (εντολές M)	288
8.4.3 Κύκλοι κατεργασίας	289
8.4.4 Προγραμματισμός με υποπρογράμματα και παραμετρικός προγραμματισμός	291
8.5 Παραδείγματα προγραμματισμού σε CNC εργαλειομηχανές	294
8.5.1 Παράδειγμα προγραμματισμού τόννευσης	294
8.5.2 Παράδειγμα προγραμματισμού φραιζαρίσματος	295
8.6 Ασφάλεια εργασίας σε CNC εργαλειομηχανές	299

Κεφάλαιο 9**Χρήσιμοι πίνακες**

9.1 Σύγχρονη (EN) και παλαιά (DIN) ονοματολογία υλικών	303
9.1.1 Κοινοί χάλυβες κατασκευών	303
9.1.2 Χάλυβες επιβελτίωσης	303
9.1.3 Χάλυβες επιβελτίωσης	304
9.1.4 Χάλυβες εργαλείων	304
9.1.5 Ταχυχάλυβες (HSS)	305
9.1.6 Ανοξειδωτοι χάλυβες	305
9.1.7 Χάλυβες για ελάσματα βαθείας κοίλανσης	306
9.1.8 Χάλυβες κατασκευής κοχλιών και περικοχλίων	306
9.1.9 Ελατά κράματα αλουμινίου	306
9.1.10 Χυτοσίδηροι	306
9.1.11 Χυτοχάλυβες	307
9.1.12 Μαλακοί ορείχαλκοι (για ψυχρηλασία)	307
9.2 Διεθνείς τυποποιήσεις και ονοματολογία υλικών – Γενικοί χάλυβες	307
9.3 Διεθνείς τυποποιήσεις και ονοματολογία υλικών – Ανοξειδωτοι χάλυβες και χυτοσίδηροι	310
9.4 Διεθνείς τυποποιήσεις και ονοματολογία υλικών – Μη σιδηρούχα υλικά	
9.5 Ιδιότητες μηχανολογικών υλικών	313
9.5.1 Κοινοί χάλυβες κατασκευών κατά DIN EN 10025 (DIN 17100)	313
9.5.2 Χάλυβες κατά DIN EN 10130 (DIN 1623 T1) < 3mm πάχος	313
9.5.3 Χάλυβες ενανθράκωσης κατά DIN 17210	313
9.5.4 Χάλυβες επιβελτίωσης κατά DIN EN 10083 (DIN 17200)	314
9.5.5 Χυτοχάλυβες κατά DIN EN 1559 (DIN 1681)	314
9.5.6 Χυτοσίδηροι κατά DIN EN 1561 (DIN 1691)	314
9.5.7 Χυτοσίδηροι κατά DIN EN 1561 (DIN 1693)	315
9.6 Ειδικές αντιστάσεις κοπής	315
9.6.1 Τιμές ειδικών αντιστάσεων κοπής σιδηρούχων υλικών	315
9.6.2 Τιμές ειδικών αντιστάσεων κοπής στη διάτρηση	316
9.7 Επικαλύψεις	316
9.7.1 Ιδιότητες επικαλύψεων εργαλείων από ταχυχάλυβα	316

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία	317
Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία	317