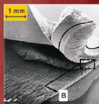
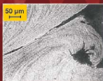


Καθηγητής Dr. – Ing. habil  
**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ – ΔΙΟΝΥΣΙΟΣ Ε. ΜΠΟΥΖΑΚΗΣ**  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΕΣ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΣΕΙΣ



ΤΟΜΗ Β-Β



Κάθε γνήσιο αντίτυπο υπογράφεται από το συγγραφέα

ISBN 960-431-710-5

© Copyright: Κ.-Δ. Μπουζάκης, Εκδόσεις Ζήτη, Απρίλιος 2001, 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.



Εκδοτική Ομάδα  
Εκδόσεις

**Η ΖΗΤΗ & Σα. ΟΕ**  
18ο χλμ. Οδού Αθηνών-Πελαίας  
Τ.Θ. 111 • Νέα Επιθήδες Θεσσαλονίκης • Τ.Κ. 57013  
Τηλ.: 050-72222 (3 γραμ.) - Fax 050-72229  
e-mail: info@ziti.gr

Επιχειρησικό

**ΕΚΔΟΣΗ ΖΗΤΗ**  
Λεμεναίου 21 • 54635 Θεσσαλονίκη  
Τηλ. (051) 208.720, Fax 211.303  
e-mail: sales@ziti.gr

www.ziti.gr

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

---

Οι τεχνικές μορφοποιήσεων τεμαχίων αποτελούν μια βασική γνωστική περιοχή του επαγγελματικού αντικειμένου των Μηχανολόγων Μηχανικών. Το μάθημα της εισαγωγής στις Μηχανουργικές Μορφοποιήσεις αποσκοπεί στο να φέρει σε πρώτη συστηματική επαφή τους σπουδαστές Μηχανολόγους Μηχανικούς με το γνωστικό αυτό αντικείμενο.

Το παρόν βοήθημα αναφέρεται συνοπτικά σε τρεις μεγάλες κατηγορίες κατεργασιών. Στις αρχέγονες, σε κατεργασίες με αφαίρεση υλικού, όπως και σε αυτές με παραμόρφωση του υλικού των τεμαχίων κατά την μορφοποίησή τους. Εν προκειμένω αποσκοπείται η κατανόηση βασικών αρχών των μεθόδων μορφοποίησης, προκειμένου να παραχθούν τεμάχια, που να εκπληρώνουν υψηλές απαιτήσεις διαστατικής ακρίβειας και εν γένει ιδιοτήτων.

Μέσω επιλεγμένων εργαστηριακών ασκήσεων μηχανουργικών κατεργασιών, καθώς επίσης και μετροτεχνικών διαδικασιών, επιδιώκεται η απόκτηση των πρώτων σχετικών εμπειριών της γνωστικής αυτής περιοχής. Τέλος οι επισκέψεις σε χαρακτηριστικά εργοστάσια, δίδουν την δυνατότητα της άμεσης εποπτείας των εφαρμογών των μεθόδων μηχανουργικών μορφοποιήσεων στην βιομηχανική πράξη.

Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 2001

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

---

1. Μέθοδοι μορφοποίησης τεμαχίων .....	7
2. Αρχέγονη μορφοποίηση .....	11
3. Μορφοποιήσεις με αφαίρεση υλικού .....	41
4. Κατεργασίες μορφοποίησης με αφαίρεση υλικού με προκαθορισμένη γεωμετρία κόψης .....	59
5. Μορφοποίηση με αφαίρεση υλικού με κοπτικά εργαλεία μη προκαθορισμένης γεωμετρίας κόψης .....	87
6. Μορφοποίηση τεμαχίων με πλαστική παραμόρφωση .....	107

ΚΕΦΑΛΑΙΟ

1

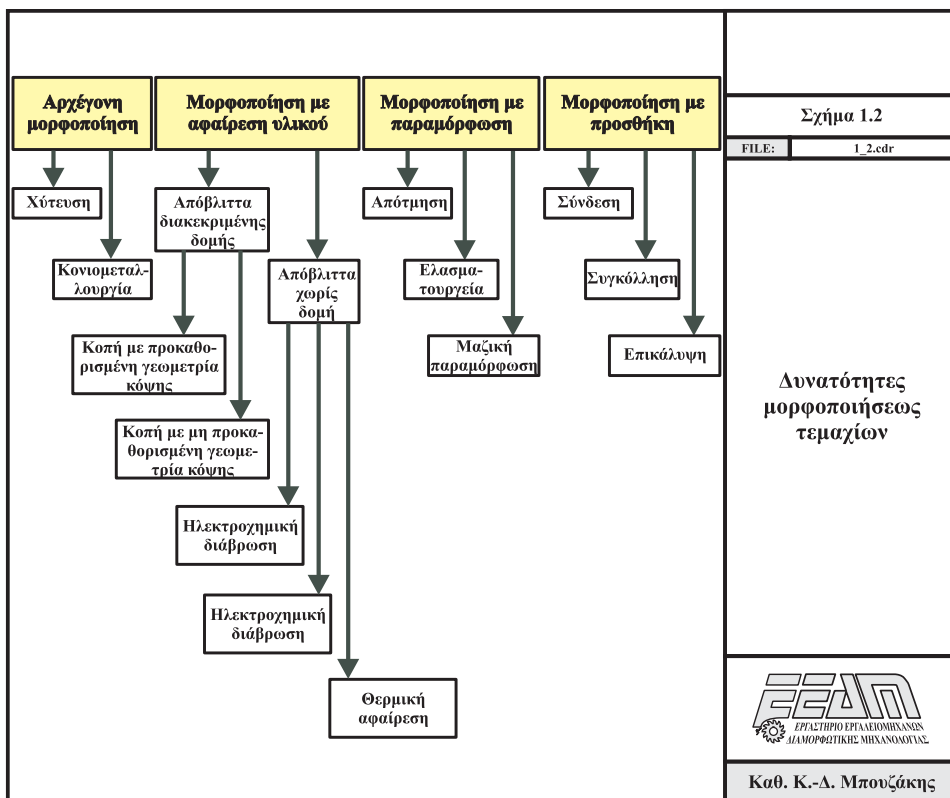
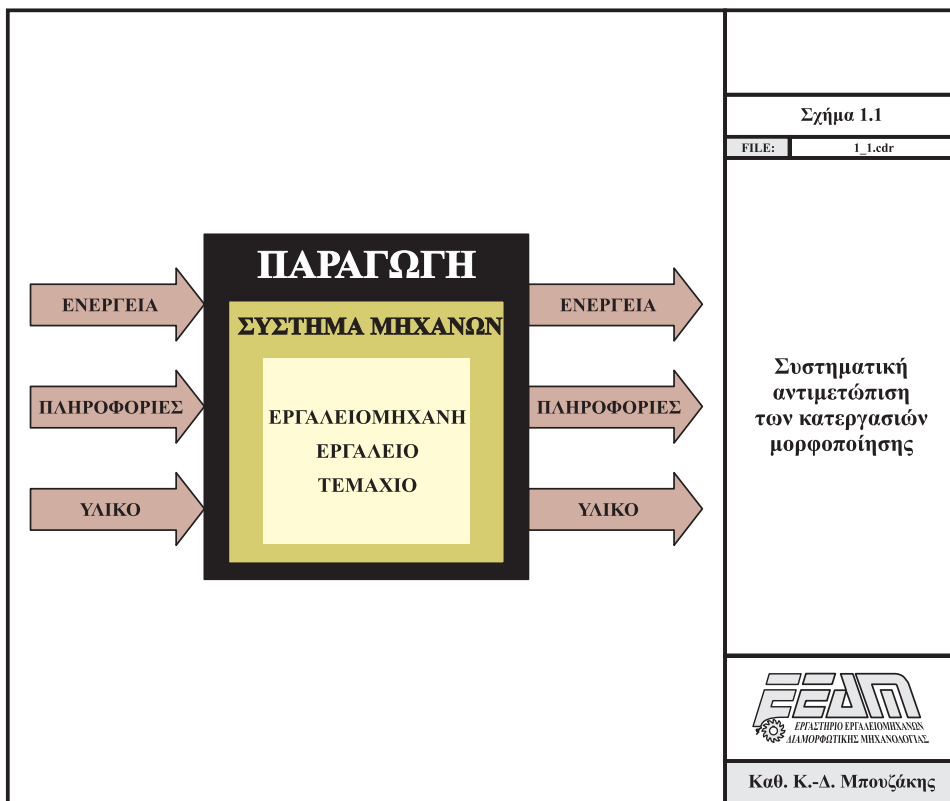
# Μέθοδοι μορφοποίησης τεμαχίων

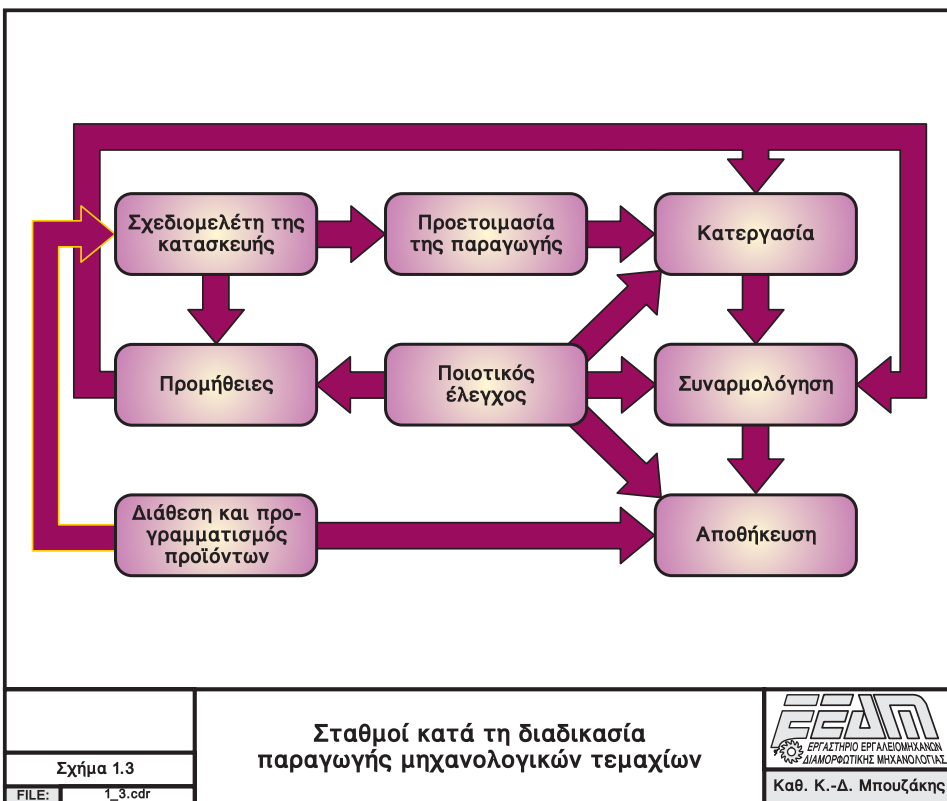
### **1. Δυνατότητες μορφοποίησης τεμαχίων**

Σχήμα 1.1	Συστηματική αντιμετώπιση των κατεργασιών μορφοποίησης .....	9
» 1.2	Δυνατότητες μορφοποίησης τεμαχίων.....	9

### **2. Συστηματικοποίηση διαδικασιών κατά την παραγωγή τεμαχίων μέσω μεθόδων μορφοποίησης**

Σχήμα 1.3	Σταθμοί κατά τη διαδικασία παραγωγής μηχανολογικών τεμαχίων.....	10
-----------	--	----







ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3

## Μορφοποιήσεις με αφαίρεση υλικού

## 1. Κοπτικά εργαλεία μεθόδων μορφοποίησης με αφαίρεση υλικού, προκαθορισμένης γεωμετρίας κόψης

### 1.1. Γεωμετρία κόψης

Σχήμα 3.1 Γεωμετρία κοπτικού εργαλείου τόννευσης.....44

### 1.2. Δημιουργία και είδη αποβλίττου

Σχήμα 3.2 Συνθήκες κατά την κοπή .....44

» 3.3 Θέση δημιουργίας αποβλίττου .....45

» 3.4 Μορφές αποβλίττου σε σχέση με ιδιότητες του υλικού του κατεργαζόμενου τεμαχίου .....45

### 1.3. Ψευδόκοψη

Σχήμα 3.5 Δημιουργία ψευδόκοψης κατά την αφαίρεση υλικού .....46

» 3.6 Χαρακτηριστική μορφή ψευδόκοψης και κατανομή σκληρότητας.....46

» 3.7 Περιοδικός σχηματισμός ψευδόκοψης .....47

### 1.4. Μεταβολές ενέργειας στην κόψη του εργαλείου

Σχήμα 3.8 Πηγές θερμότητας κατά την κοπή .....47

### 1.5. Κατανομή θερμοκρασίας στο τεμάχιο, το απόβλιττο και το εργαλείο

Σχήμα 3.9 Κατανομή θερμοκρασίας στο τεμάχιο, απόβλιττο και εργαλείο κατά την κοπή χάλυβα.....48

» 3.10 Ενδεικτική κατανομή έργου κοπής σε σχέση με το πάχος του αποβλίττου κατά την κοπή (τορνάρισμα) .....48

### 1.6. Μηχανισμοί καταπόνησης του κοπτικού εργαλείου. Δυνάμεις κοπής

Σχήμα 3.11 Δύναμη κοπής και οι συνιστώσες της στην τόννευση .....49

» 3.12 Επίδραση της ταχύτητας κοπής στο δυναμικό και στο στατικό μέρος της δύναμης κοπής.....49

## 2. Υλικά κοπτικών εργαλείων προκαθορισμένης γεωμετρίας κόψεων και κοπτικές ιδιότητές τους

### 2.1. Υλικά κοπής

Σχήμα 3.13 Χαρακτηριστικές ιδιότητες και τυπικές περιοχές ταχυτήτων κοπής διαφόρων κοπτικών εργαλείων (ενδεικτικές περιοχές για κοπή χάλυβα με  $R_m = 70 \text{ daN/mm}^2$ ) .....50

### 2.2. Ταχυχάλυβες

Σχήμα 3.14 Ταξινόμηση ταχυχαλύβων σύμφωνα με τη χημική τους σύνθεση και τις κοπτικές ιδιότητές τους .....50

### **2.3. Σκληρομέταλλα**

Σχήμα 3.15 Κρυσταλλική δομή σκληρομετάλλου .....	51
» 3.16 Χημική σύνθεση και ιδιότητες διαφόρων σκληρομετάλλων .....	51
» 3.17 Επίδραση της σύνθεσης και της κρυσταλλικής δομής στις ιδιότητες των σκληρομετάλλων .....	52

### **2.4. Επικαλυμμένα σκληρομέταλλα**

Σχήμα 3.18 Κρυσταλλικές δομές επιφανειακά CVD επικαλυμμένων σκληρομετάλλων .....	52
--	----

### **2.5. Μηχανισμοί φθοράς εργαλείων με προκαθορισμένη γεωμετρία κόψης**

#### **2.5.1. Φθορά κοπτικού εργαλείου**

Σχήμα 3.19 Φθορά εργαλείου .....	53
» 3.20 Δομές PVD επικαλύψεων .....	53
» 3.21 Μορφές φθοράς και γεωμετρικά μεγέθη περιγραφής της .....	54
» 3.22 Μηχανισμοί φθοράς κατά την κοπή (κατά Vieregge) .....	54

#### **2.5.2. Παράγοντες που επιδρούν στην φθορά**

##### **Δημιουργία ψευδόκοψης**

Σχήμα 3.23 Φθορά επιφάνειας ελευθερίας και σχηματισμός της ψευδόκοψης .....	55
---	----

##### **Συνθήκες κατεργασίας**

» 3.24 Φθορά επιφάνειας ελευθερίας σε εργαλεία τόννευσης .....	55
--	----

##### **Υγρά κοπή**

» 3.25 Η επίδραση των διαφόρων υγρών κοπής στη διάρκεια ζωής εργαλείων τόννευσης .....	56
--	----

##### **Οξειδωση**

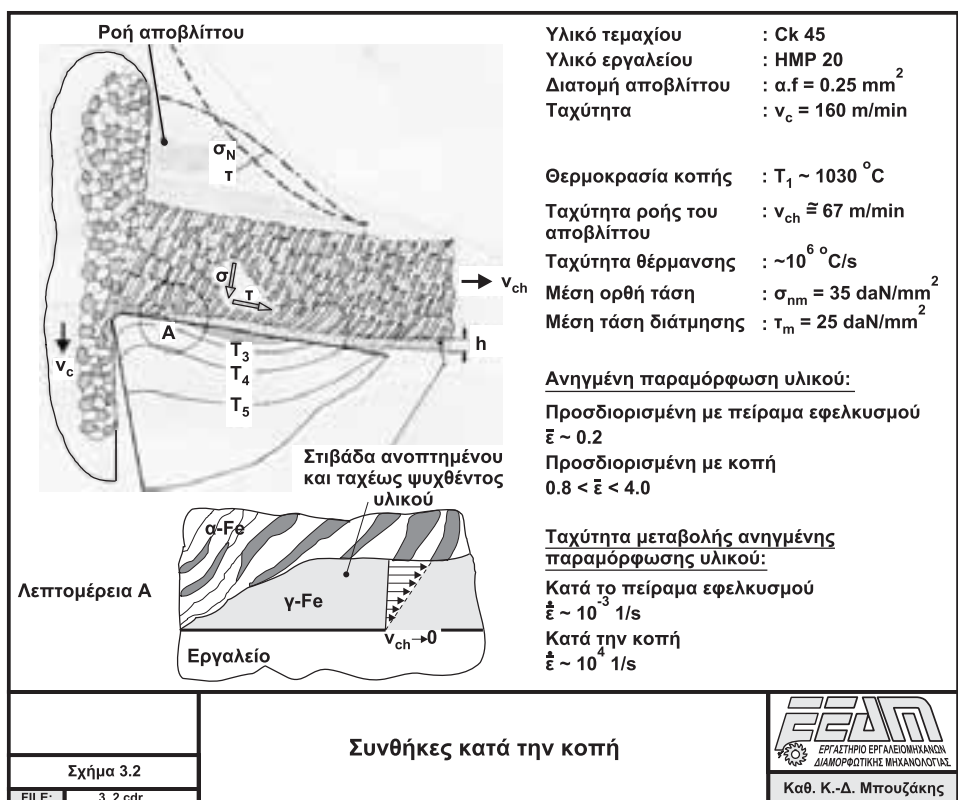
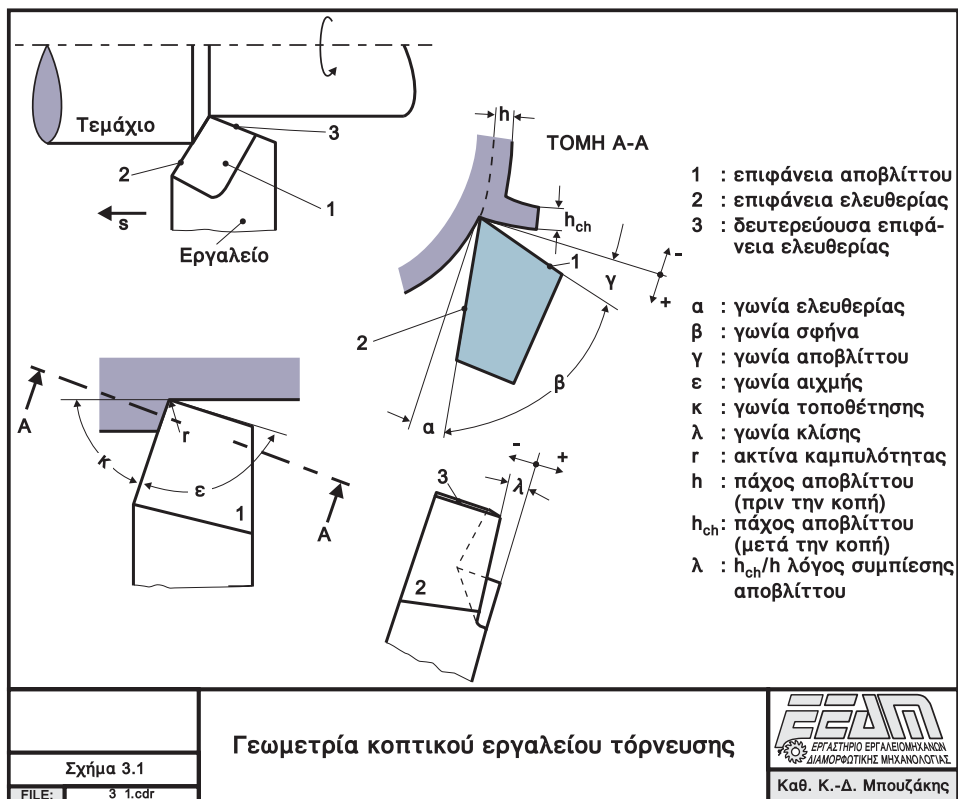
» 3.26 Ζώνες οξείδωσης σε εργαλεία τόννευσης από σκληρομέταλλο .....	56
--	----

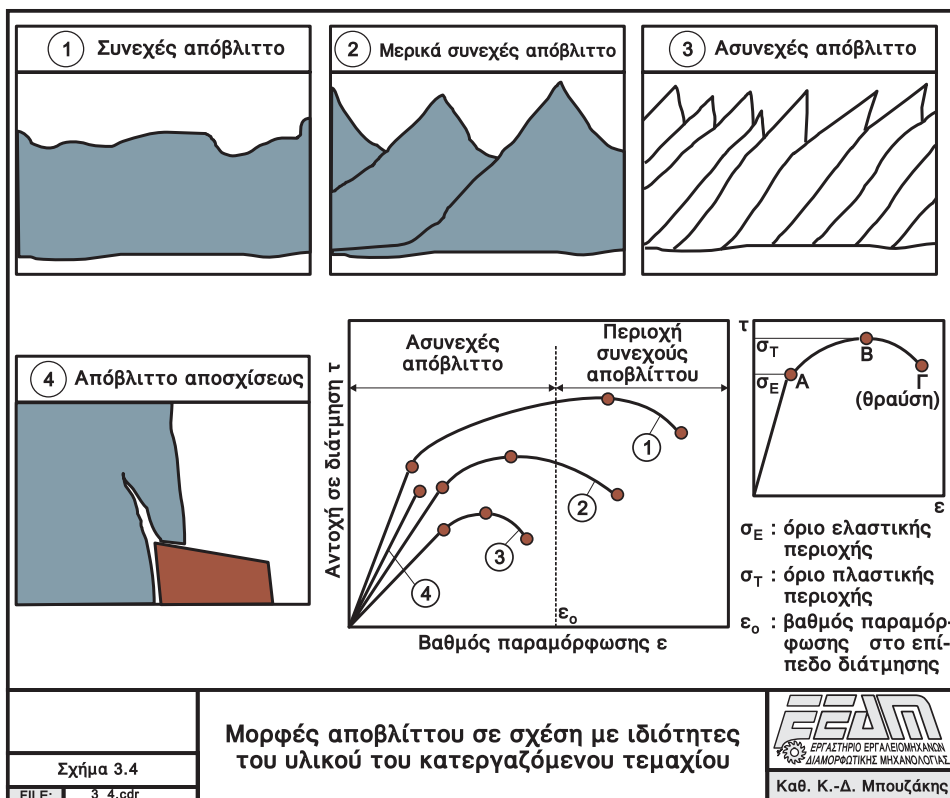
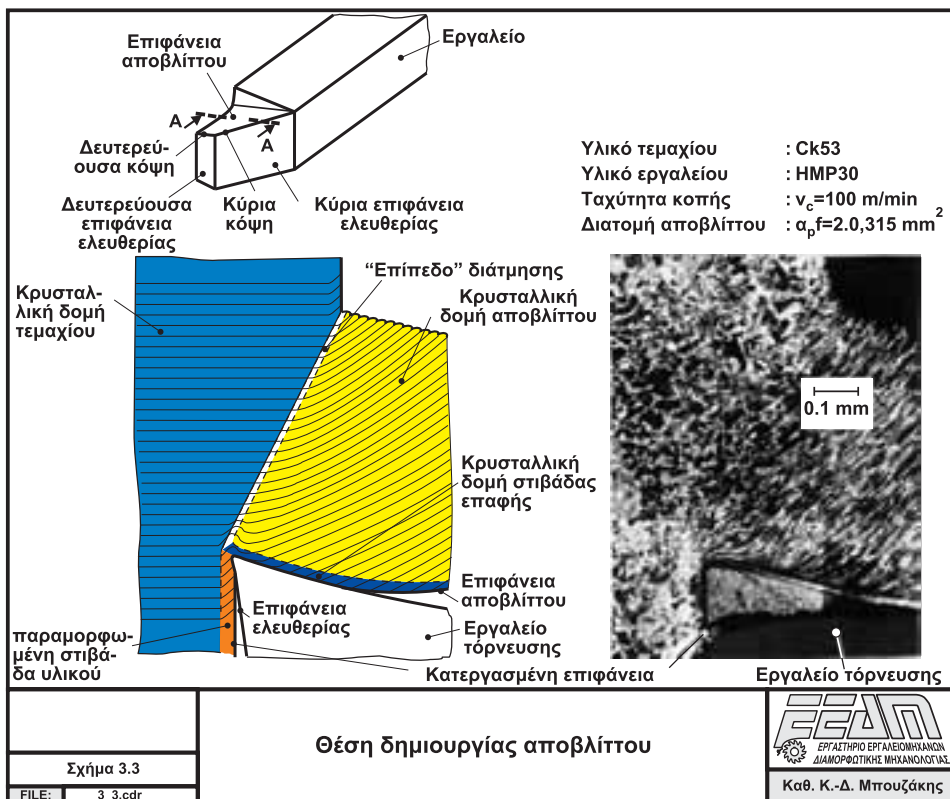
##### **Διάχυση**

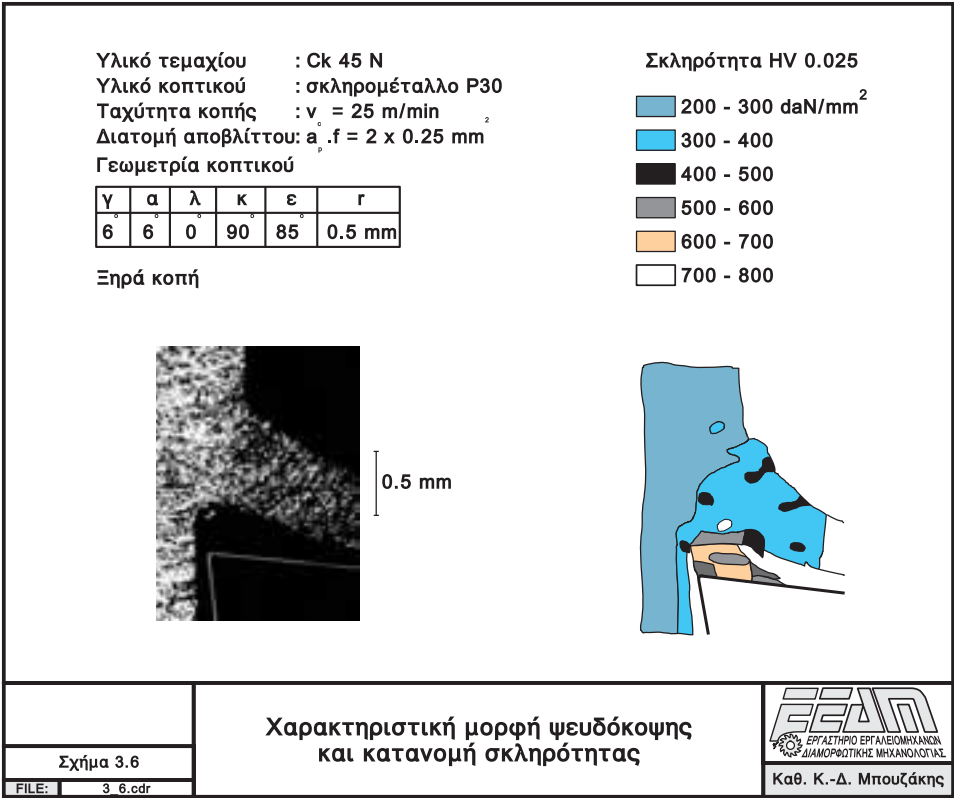
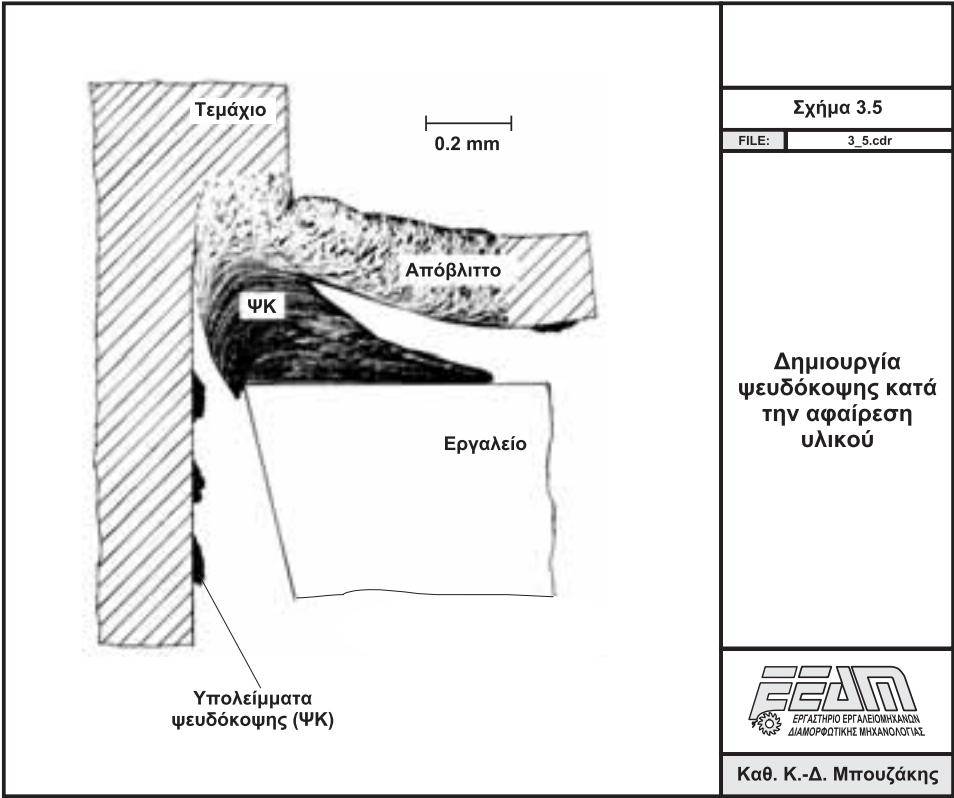
» 3.27 Σχηματική παράσταση διαδικασιών διάχυσης σε εργαλεία από σκληρομέταλλο .....	57
---	----

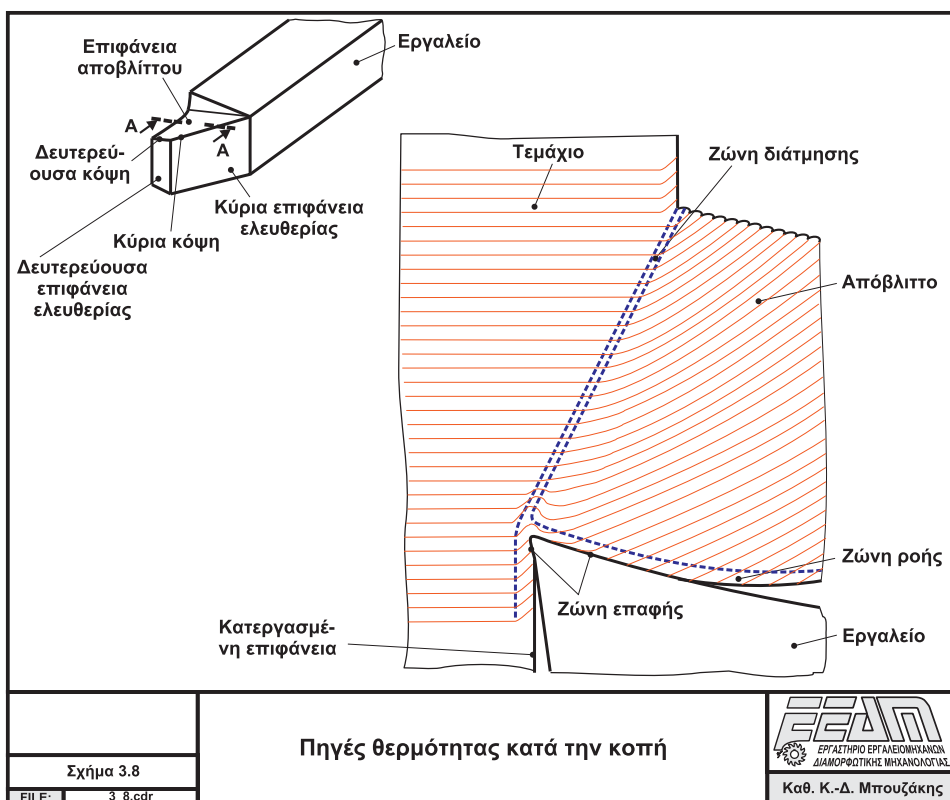
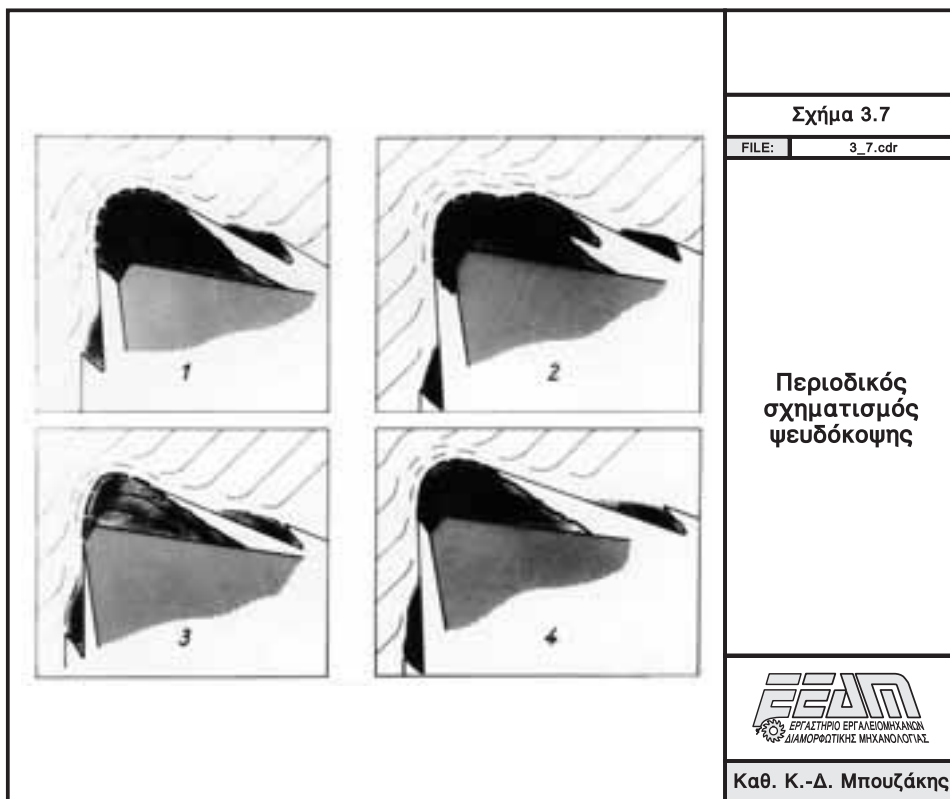
#### **2.5.3. Θραύσεις**

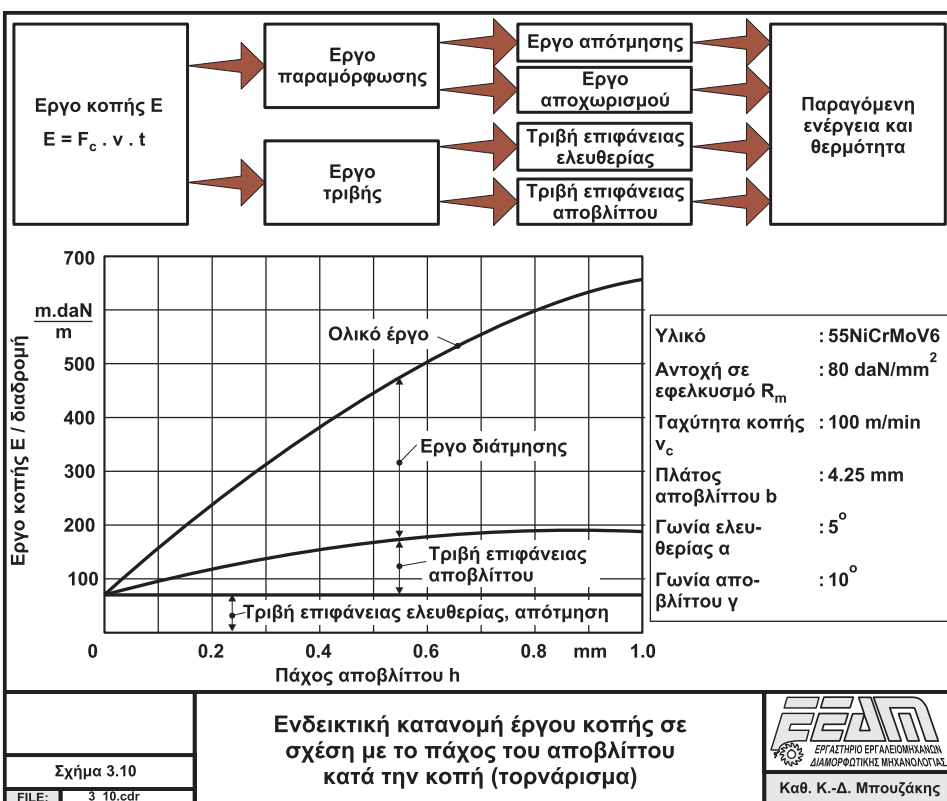
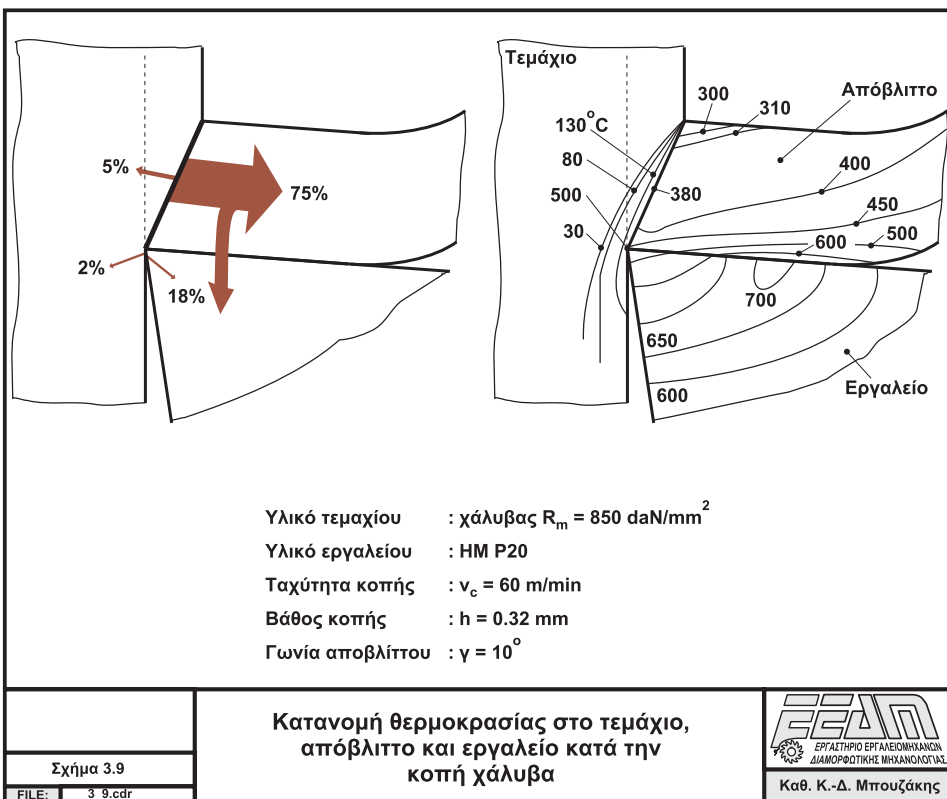
Σχήμα 3.28 Δημιουργία διαμήκων και εγκάρσιων μικρορωγμών κατά την κοπή .....	57
--	----



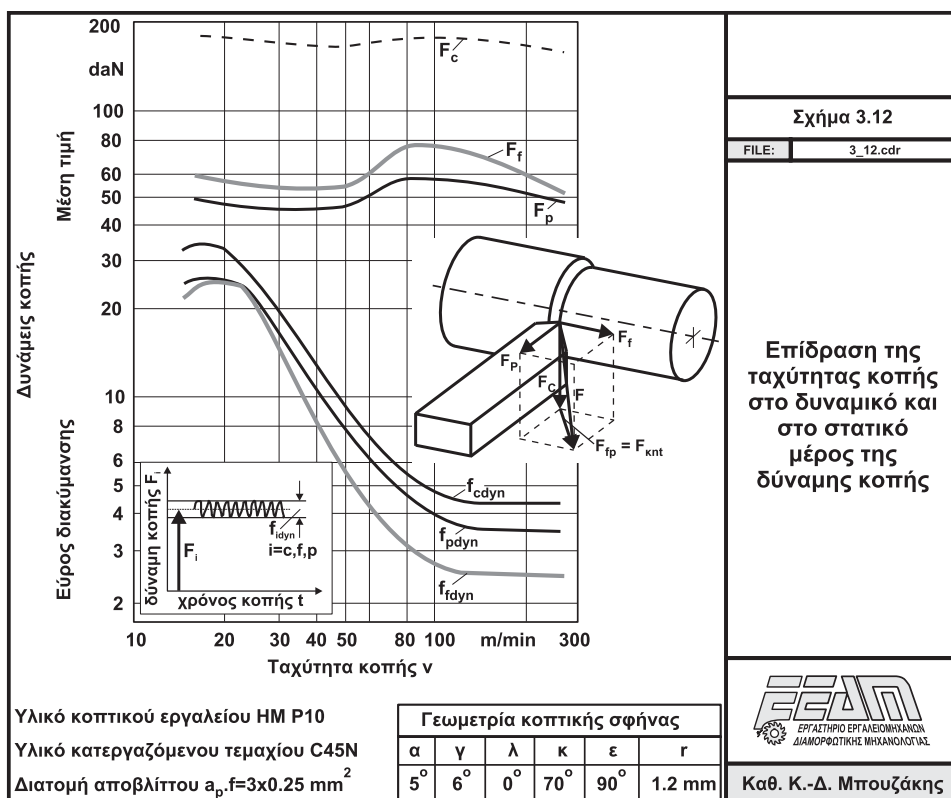
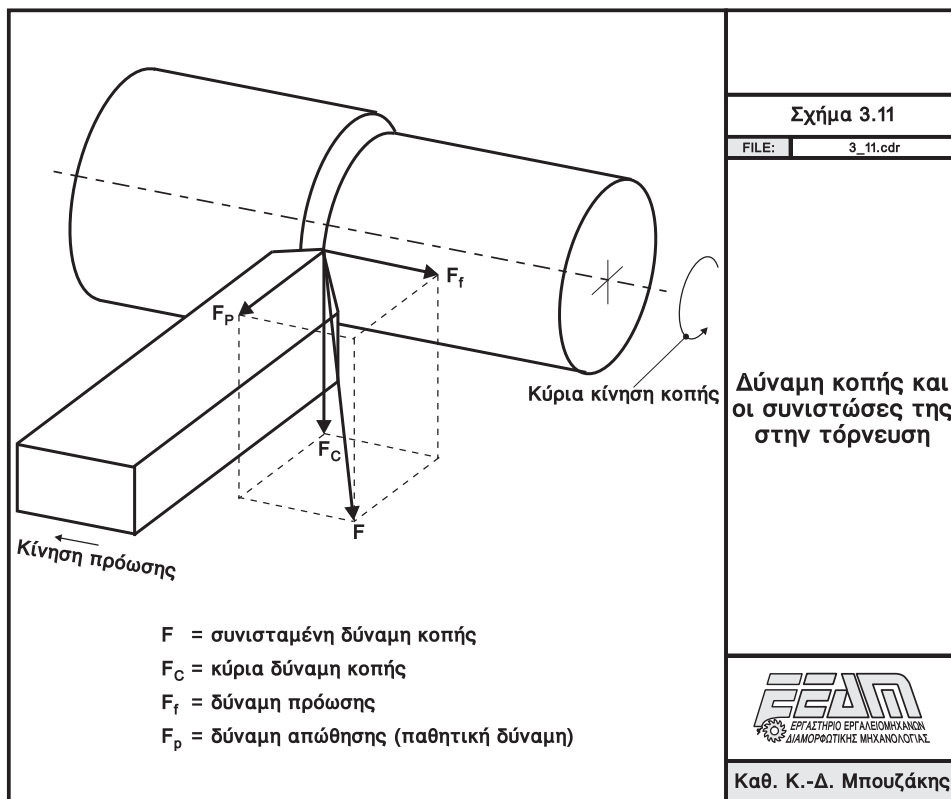


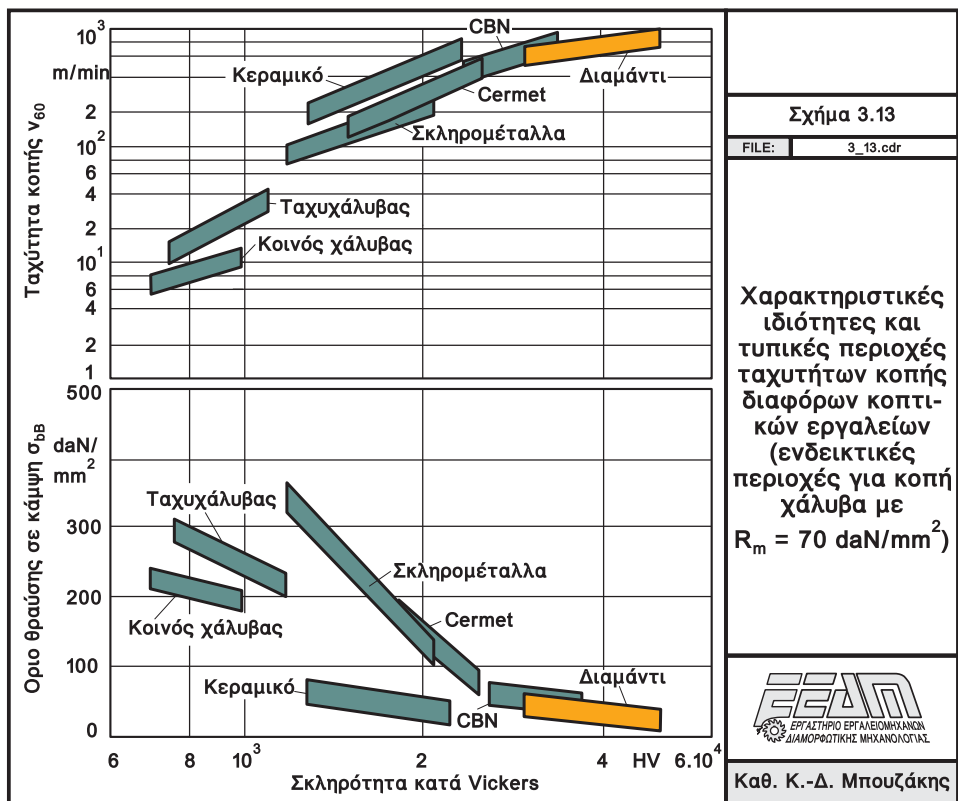












Ομάδα χάλυβα	Κωδική ονομασία W-Mo-V-Co	Παλαιά κωδική ονομασία	Για κατεργασία χάλυβα		
			σε μέτριες καταπονήσεις	σε υψηλές καταπονήσεις	
				εκχόνδριση	αποπεράτωση
18% W	S 18-0-1	B 18	X	-	-
	S 18-1-2-5	E 18 Co 5	X	X	-
	S 18-1-2-10	E 18 Co 10		XX	-
	S 18-1-2-15	E 18 Co 15		XX	-
12% W	S 12-1-2	D	X	-	-
	S 12-1-4	EV 4		-	X
	S 12-1-2-3	E Co 3		(X)	X
	S 12-1-4-5	EV 4 Co		(X)	XX
6% W + 5% Mo	S 3-3-2	ABC III	X	-	-
	S 6-5-2	D Mo 5	XX	-	-
	S 6-5-3	E Mo 5 V 3		-	X
	S 6-5-2-5	E Mo 5 Co 5		XX	-
2% W + 9% Mo	S 10-4-3-10	EW 9 Co 10		XX	XX
	S 2-9-1	B Mo 9	X	-	-
	S 2-9-2	M 7 κατά	X	-	-
	S 2-9-2-5	M 30 AISI		X	-
	S 2-9-2-8	M 34		XX	X

**Σχήμα 3.14**

FILE: 3\_14.cdr

**Ταξινόμηση ταχυχαλύβων σύμφωνα με τη χημική τους σύνθεση και τις κοπτικές ιδιοτητές τους**

**ΕΕΔΝ**  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΡΓΑΣΙΟΜΗΧΑΝΩΝ  
ΚΑΙ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Καθ. Κ.-Δ. Μπουζάκης

P 10: 65% WC, 26% (TiC-TaC-NbC), 9% Co



2 μm

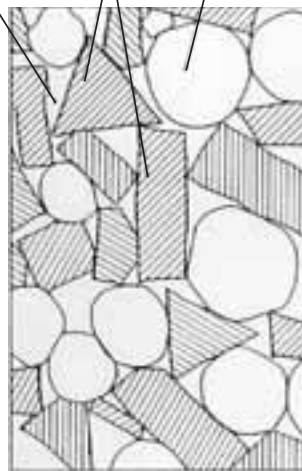
P 20: 76% WC, 14% (TiC-TaC-NbC), 10% Co



2 μm

## Σχηματική παράσταση

Co-WC-μικτός κρύσταλλος WC TiC-WC (TaC+NbC)-μικτό καρβίδιο



## Κρυσταλλική δομή σκληρομετάλλου

Σχήμα 3.15

FILE: 3\_15.cdr



Καθ. Κ.-Δ. Μπουζάκης

Ομάδα χρησιμο- ποίησης κατά ISO	Αύξηση κατά τη διεύθυνση του βέλους	Σύνθεση			Σκληρό- τητα Vickers	Αντοχή σε κάμψη	Αντοχή σε θλίψη	Μέτρο ελαστι- κότητας	Συντελεστής θερμικής διαστολής
		WC	TiC+ TaC	Co					
		%	%	%	HV 30	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	μm/m grad
P 02	Αύξηση και σκληρότητα (ταχύτητα κοπής) ↑ ↓ (πρώση)	33	59	8	1650	800	5100	440000	7.5
P 03		32	56	12	1500	1000	5250	430000	8
P 04		62	33	5	1700	1000	5250	500000	7
P 10		55	36	9	1600	1300	5200	530000	6.5
P 15		71	20	9	1500	1400	5100	530000	6.5
P 20		76	14	10	1500	1500	5000	540000	6
P 25		70	20	10	1450	1750	4900	550000	5.5
P 30		82	8	10	1450	1800	4800	560000	5.5
P 40		74	12	14	1350	1900	4600	560000	5.5
M 10	Συμπεριφορά φθοράς (ταχύτητα κοπής) ↑ ↓ (πρώση)	84	10	6	1700	1350	6000	580000	5.5
M 15		81	12	7	1550	1550	5500	570000	5.5
M20		82	10	8	1550	1650	5000	560000	5.5
M40		79	6	15	1350	2100	4400	540000	5.5
K 03	Συμπεριφορά φθοράς (ταχύτητα κοπής) ↑ ↓ (πρώση)	92	4	4	1800	1200	6200	630000	5
K 05		92	2	6	1750	1350	6000	630000	5
K 10		92	2	6	1650	1500	5800	630000	5
K 20		92	2	6	1550	1700	5500	620000	5
K 30		93	7	7	1400	2000	4600	600000	5.5
K 40		88	12	12	1300	2200	4500	580000	5.5

## Χημική σύνθεση και ιδιότητες διαφόρων σκληρομετάλλων


Σχήμα 3.16

FILE: 3\_16.cdr




Καθ. Κ.-Δ. Μπουζάκης


Παράμετροι επίδρασης	Βασικές ιδιότητες σκληρομετάλλων					
		Σκληρότητα	Αντοχή σε εναλλασσόμενη καμπτική καταπόνηση. Αντοχή σε εναλλαγές θερμοκρασίας	Αντοχή σε προσκολλήσεις και συγκολλήσεις	Αντοχή των ακμών	Αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και αντοχή σε φθορά διάχυσης
Αύξηση της περιεκτικότητας σε TiC και TaC	<div>Μείωση ↓ Αύξηση ↑</div>	↑	↓	↑	↓	↑
Μείωση της περιεκτικότητας σε Co		↑	↓	↑	*	↑
Μείωση του μεγέθους των κόκκων		↑	↓	↑	↑	*
* καμία ξεκάθαρη εξάρτηση						

Επίδραση της σύνθεσης και της κρυσταλλικής δομής στις ιδιότητες των σκληρομετάλλων		 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΤΙΚΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ Καθ. Κ.-Δ. Μπουζάκης
Σχήμα 3.17		
FILE:	3_17.cdr	


**Βασικό σκληρομέταλλο : P 15**



TiN - στοιβάδα



TiC - στοιβάδα




10 μm

**Κρυσταλλικές δομές επιφανειακά CVD επικαλυμμένων σκληρομετάλλων**

Σχήμα 3.18

FILE: 3\_18.cdr

  
 Καθ. Κ.-Δ. Μπουζάκης

