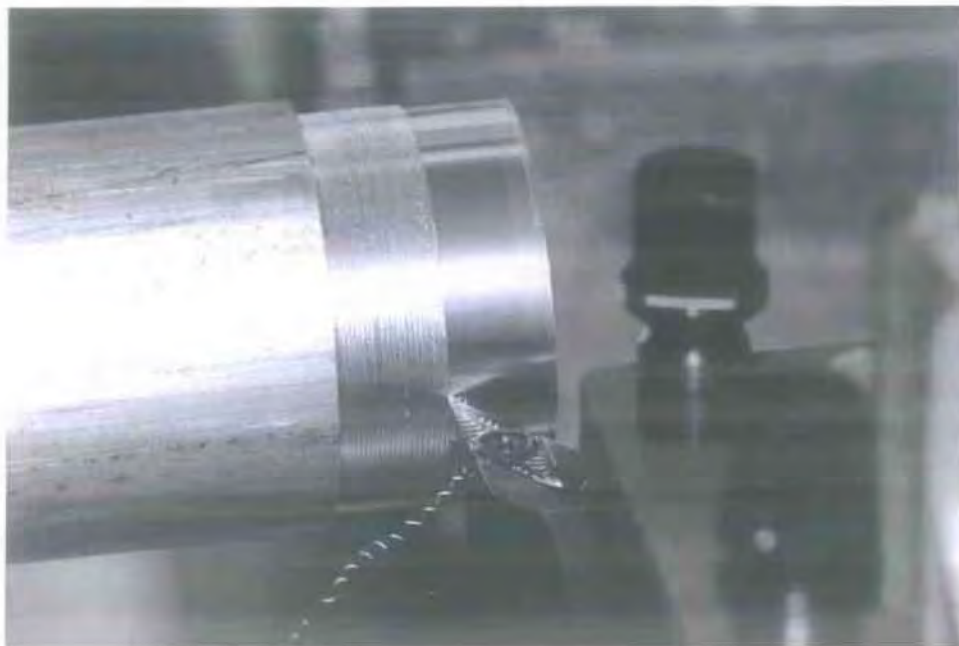


**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:
ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΚΡΙΤΗΡΙΩΝ
ΚΑΤΕΡΓΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΥΛΙΚΩΝ**



ΕΚΠΟΝΗΤΗΣ ΦΟΙΤΗΤΗΣ : ΚΑΤΣΑΟΥΝΗΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

Υπεβλήθη για την εκπλήρωση μέρους των απαιτήσεων για την απόκτηση
του Διπλώματος Μηχανολόγου Μηχανικού

ΒΟΛΟΣ 2009

© 2009 Κατσαούνης Ευάγγελος

Η έγκριση της εργασίας από το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών της Πολυτεχνικής Σχολής του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας δεν υποδηλώνει αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα (Ν. 5343/32 αρ. 202 παρ. 2).

Εγκρίθηκε από τα Μέλη της Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής:

Πρώτος Εξεταστής (Επιβλέπων) Δρ. Γεώργιος Πετρόπουλος
Επίκουρος Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής Δρ. Νικόλαος Χασιώτης
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής Δρ. Κωνσταντίνος Πανταζάρας
Καθηγητής, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διπλωματικής μου εργασίας κ. Γεώργιο Πετρόπουλο για την πολύ καλή συνεργασία του και την υπομονή του.

Πολλά ευχαριστώ χρωστάω στον κ. Νικόλαο Χασιώτη για την πολύ σημαντική του βοήθεια. Ο κ. Χασιώτης μου έδειξε τα βήματα ώστε να φέρω σε πέρας την πτυχιακή μου εργασία.

Δεν μπορώ να ξεχάσω τον Ντζιαντζιά Ιωάννη και ιδιαίτερα τον Αθανάσιο Βέργο που προσέφεραν την πολύτιμη βοήθειά τους όταν απαιτήθηκε κατά την διάρκεια διεκπεραίωσης της εργασίας.

Από την άλλη πλευρά θέλω να ευχαριστήσω τους φίλους μου Κωνσταντίνο Αθανασιάδη, Χαράλαμπο Αργυρίου, Αντώνη Γούλα, Γεώργιο Ζήση, Ευθύμιο Δημητρίου, Νικόλα Δημητρακόπουλο και Σπυρίδων Αντωνόπουλο για όλα αυτά τα χρόνια που περάσαμε στο Βόλο.

Πάνω από όλους θέλω να εκφράσω την βαθειά μου ευγνωμοσύνη στους γονείς μου Ιωάννη και Ελένη και στον αδερφό μου Θανάση για την υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια και όχι μόνο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Φθορά Κοπτικού Ερναλείου

Η κατεργαστικότητα αναφέρεται στον τρόπο προσαρμογής ενός υλικού ως προς συγκεκριμένες κατεργασίες, οι οποίες πρόκειται να πραγματοποιηθούν στα πλαίσια μίας συγκεκριμένης διαδικασίας μορφοποίησης του αντίστοιχου υλικού. Υπάρχει σημαντικός αριθμός κριτηρίων με τα οποία μπορούμε να εξάγουμε ασφαλή και έγκυρα συμπεράσματα όσον αφορά την κατεργαστικότητα συγκεκριμένων μηχανολογικών υλικών. Ορισμένα από αυτά είναι η φθορά, οι δυνάμεις κοπής, η τραχύτητα, η θερμοκρασία και η απομάκρυνση αποβλήτων. Στην παρούσα διπλωματική εργασία θα γίνει εκτενής αναφορά και διερεύνηση της φθοράς της τραχύτητας και των δυνάμεων κοπής, με χρήση οργάνων και ερευνητικού εξοπλισμού για την παρατήρηση και τη δημιουργία βάσεων δεδομένων. Θα εξετάσουμε με ποιόν τρόπο οι συνθήκες κοπής επηρεάζουν την κατεργαστικότητα ενός υλικού, τα προβλήματα που δημιουργούνται και πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης των παραπάνω προβλημάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
1.1 Κατεργαστικότητα.....	8
2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	8
2.1 Τα κατεργαζόμενα μεταλλικά υλικά.....	8
2.2 Το κοπτικό εργαλείο.....	10
2.2.1 Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κοπτικού εργαλείου.....	10
2.2.2 Δομή και χημική σύσταση του κοπτικού εργαλείου.....	14
2.2.3 Βήματα πειραματικής διαδικασίας.....	17
2.3 Εργαστηριακός εξοπλισμός.....	17
2.3.1 Τόρνος.....	17
2.3.2 Κοπτικά εργαλεία (cutting tools).....	25
2.3.3 Δυναμόμετρο.....	30
2.3.4 Παρουσίαση του τραχυμέτρου και των χαρακτηριστικών του.....	31
2.3.5 Μέτρηση φθοράς ένθετου πλακιδίου.....	33
3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΚΟΠΗΣ	34
3.1 Αστοχία των εργαλείων κοπής.....	34
3.2 Μορφές φθοράς κοπτικού εργαλείου και αίτια δημιουργίας.....	37

3.2.1 Τρόποι αντιμετώπισης.....	45
4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΤΟΡΝΕΥΜΕΝΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ.....	50
4.1 Κατηγορίες τραχύτητας.....	51
5 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	60
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	83
7 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	86
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	87

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Κατεργαστικότητα

Η κατεργαστικότητα ενός μηχανολογικού υλικού δείχνει την προσαρμοστικότητά του στις διαδικασίες κατεργασίας λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες όπως οι τέμνουσες δυνάμεις, η φθορά εργαλείων, οι δυνάμεις κοπής και η τραχύτητα επιφάνειας. Αντιπροσωπεύει μια εξαιρετική τεχνολογική δυνατότητα που βοηθά τον κατασκευαστή να πάρει τις κρίσιμες αποφάσεις και να εφαρμόσει τους κατάλληλους όρους κατεργασίας για την παραγωγή μηχανολογικών εξαρτημάτων κάθε φορά. Οι αποτελεσματικές και αξιόπιστες βάσεις δεδομένων των διαδικασιών παραγωγής που αφορούν την κοπή των μετάλλων έχουν αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια των προηγούμενων δεκαετιών. Η κατεργαστικότητα δείχνει ή ορίζει τη σχετική ευκολία με την οποία ένα υλικό είναι δυνατόν να επεξεργαστεί μηχανουργικά χρησιμοποιώντας την κατάλληλη σχεδίαση και κατάλληλες παραμέτρους κοπής.

2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

2.1 ΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Κατά την πειραματική διαδικασία, κατεργάσθηκαν σε τόρνο (Colchester Triumph 2500) κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες κοπής έξι διαφορετικά μεταλλικά υλικά. Εν συνεχεία με την χρήση ειδικών οργάνων έγινε η διερεύνηση συγκεκριμένων παραμέτρων όπως η τραχύτητα και οι δυνάμεις κοπής. Τα μεταλλικά υλικά που υποβλήθηκαν στην κατεργασία της κοπής, ήταν : **ck60**, **st37**, **c35**, **304(ανοξειδωτο)**, **καθαρό αλουμίνιο(Al)**, **ορείχαλκος**. Στην συνέχεια παρατίθεται η χημική σύσταση και οι μηχανικές ιδιότητες των προαναφερθέντων υλικών

- **Ck60**: χάλυβας χημικής σύνθεσης C% 0.61, Si% 0.20, Mn% 0.75, Cr% 0.20, Ni% 0.20, Mo% 0.05. Η αντοχή του ck60 σε εφελκυσμό[N/mm²] είναι 650-920, ενώ η σκληρότητά του σε[HB] είναι 241.
- **St37**: χάλυβας χημικής σύνθεσης C% 0.17, P% 0.04,S% 0.04, Si% 0.35.Η αντοχή του st37 σε εφελκυσμό[N/mm²] είναι 350-480, ενώ η σκληρότητά του σε[HB] είναι 140.
- **C35**: χάλυβας χημικής σύνθεσης C% 0.36, Si% 0.20, Mn% 0.65, Cr% 0.20, Ni% 0.20, Mo% 0.05. Η αντοχή του c35 σε εφελκυσμό[N/mm²] είναι 480-670, ενώ η σκληρότητά του σε[HB] είναι 156.

- **304:** ανοξείδωτος χάλυβας χημικής σύνθεσης C% 0.15, P% 0.045, S% 0.03, Si% 1.00, Mn% 2.00, Cr% 17.00, Ni% 7.00, Mo% .Η αντοχή του 301 σε εφελκυσμό[N/mm²] είναι 520, ενώ η σκληρότητά του σε[HB] είναι 202.
- **Αλουμίνιο:** καθαρό αλουμίνιο πυκνότητας 2.6898 g/cm³.Το καθαρό αλουμίνιο έχει μέτρο ελαστικότητας E=68.3 GPa και σημείο τήξης 660.2°C. Πρόκειται για ένα σχετικά μαλακό υλικό με χαμηλό δείκτη σκληρότητας.
- **Ορείχαλκος:** κράμα χημικής σύνθεσης Cu% 70, Zn% 30.Η αντοχή του ορείχαλκου σε εφελκυσμό[N/mm²] είναι 350, ενώ η σκληρότητά του σε[HB] είναι 100.Έχει πυκνότητα 8.45 g/cm³ και σημείο τήξης στους 900°C.

Πίνακας ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΛΛΙΚΩΝ ΥΛΙΚΩΝ														
N R	ΥΛΙ - ΚΟ	ΧΗΜΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ [%]											ΜΗΧ. ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	S	P	Cu	Zn	Al	Όριο εφελκυ- σμού [N/mm ²]	Σκληρ -ότητα [HB]
1	Ck60	0.61	0.20	0.75	0.20	-	0.05	0.03	0.03	-	-	-	650-920	241.
2	St37	0.17	0.35	-	-	-	-	0.04	0.04	-	-	-	350-480	140
3	C35:	0.36	0.20	0.65	0.20	0.2	0.05	-	-	-	-	-	480-670	156
4	304	0.15	1.00	2.00	17.00	7.0	-	0.03	0.045	-	-	-	520	202.
5	Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	99	-	-
6	CuZn	-	-	-	-	-	-	-	-	70	30	-	350	100
Al : ρ=2.6898 g/cm ³ , E=68.3 Gpa, Ts=660.2°C														
CuZn ρ=8.45 g/cm ³ , Ts=900°C														



Εικόνα 1. Τα κατεργαζόμενα μεταλλικά υλικά: **1.** 304, **2.** Cκ60, **3.** Ορείχαλκος , **4.** St37 , **5.** Αλουμίνιο, **6.** C35

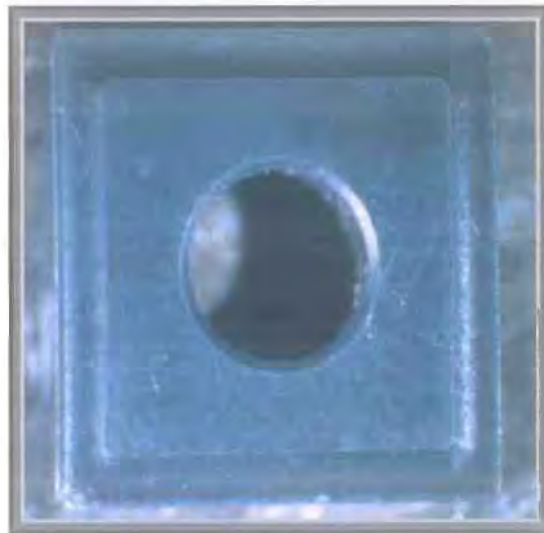
2.2 ΤΟ ΚΟΠΤΙΚΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ

Σε αυτήν την παράγραφο θα γίνει η παρουσίαση , του κοπτικού εργαλείου με το οποίο εκτελέσαμε πραγματοποιήθηκαν όλες τις κατεργασίες τόννευσης. Θα παρουσιασθούν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του, όπως επίσης η δομή του και η χημική του σύσταση.

2.2.1 Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κοπτικού εργαλείου

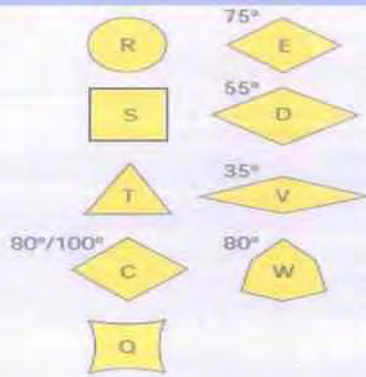
Όλα τα κοπτικά εργαλεία υπάγονται σε καταλόγους, οι οποίοι μπορούν πλήρως να μας περιγράψουν την γεωμετρία τους. Αυτοί οι κατάλογοι βέβαια ποικίλουν. Η κάθε εταιρία παραγωγής κοπτικών και όχι μόνο εργαλείων έχει το δικό της σύστημα αναγνώρισης. Το δικό μας κοπτικό εργαλείο και συνεπώς το δικό μας σύστημα αναγνώρισης προέρχεται από την εταιρία ISCAR. Το σύστημα αναγνώρισης της ISCAR γίνεται αντιληπτό αν δούμε με προσοχή τα παρακάτω.

Κάθε κοπτικό εργαλείο αντιστοιχεί σε κάποιον κώδικα που αποτελείται από γράμματα και αριθμούς. Το δικό μας κοπτικό έχει κωδικό **SNMG 12 04 08 E**. Τα τέσσερα πρώτα γράμματα αντιστοιχούν στα τέσσερα γράμματα του πρώτου καταλόγου που βρίσκονται στο κέντρο του και είναι τα **WNMG**. Το **W** όπως βλέπουμε αντιστοιχεί στο πρώτο σχήμα που βρίσκεται πάνω και αριστερά. Το κάθε γράμμα αντιστοιχεί σε κάποιο από τα υπάρχοντα σχήματα του πρώτου καταλόγου. Πηγαίνοντας τώρα στους επόμενους αριθμούς, μεταφερόμαστε αυτομάτως στον δεύτερο κατάλογο. Με την ίδια ακριβώς λογική αντιστοιχούμε τους αριθμούς που υπάρχουν στο κέντρο του καταλόγου βρίσκουμε το αντίστοιχο σχήμα και παίρνουμε την επιθυμητή πληροφορία. Στην εικόνα 2 βλέπουμε το κοπτικό μας εργαλείο.

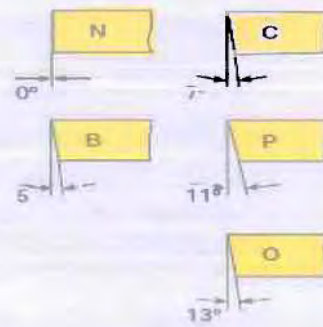


Εικόνα 2. Το κοπτικό μας εργαλείο

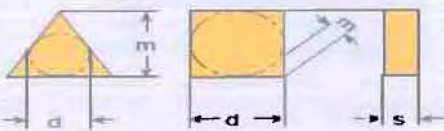
1. Σχήμα



2. Γωνία ελευθερίας



3. Αναχή



	m	s	d
E	±0.025	±0.025	±0.025
G	±0.025	±0.13	±0.025
M	fr. ±0.08 to ±0.18 ⁽¹⁾	±0.13	fr. ±0.05 to ±0.13 ⁽¹⁾
U	fr. ±0.13 to ±0.38 ⁽²⁾	±0.13	fr. ±0.08 to ±0.25 ⁽¹⁾

4. Κατηγορία

A Χωρίς γρεζοσπάση, με τρύπα



G Με γρεζοσπάση και στις 2 πλευρές, με τρύπα



M Με γρεζοσπάση στην μία πλευρά, με τρύπα



R Με γρεζοσπάση στη μία πλευρά, χωρίς τρύπα



B Κωνικά διευρυμένο από τη μία πλευρά, με τρύπα



T H Κωνικά διευρυμένο και με γρεζοσπάση από τη μία πλευρά, με τρύπα



P Ασυμμετρία από την μία ή και τις δύο πλευρές, με τρύπα



Z, X Ειδική παραγγελία

Κατάλογος 1

5. Μήκος κοπτικής άκρης

6. Πάχος

01	= 1.59 mm
02	= 2.38 mm
03	= 3.18 mm
T3	= 3.97 mm
04	= 4.76 mm
06	= 6.35 mm
07	= 7.94 mm

7. Ακτίνα καμπυλότητας

02	= 0.2 mm
04	= 0.4 mm
08	= 0.8 mm
12	= 1.2 mm
16	= 1.6 mm
20	= 2.0 mm
24	= 2.4 mm

NR
5

04
6

08
7

E
8

GN
9

8. Κοπτική άκρη (προαιρετικά)

	Σύμβολο
Αιχμηρή	F
Καμπυλωτή	E
Λοξόμητη	T
Λοξόμητη και καμπυλωτή	S

9. Κωδικά γράμματα γρεζοσπαστιών

-SF	-14	-PP	-NM
-NF	-17	-TF	-TNM
-RF/LF ^m	-19	-GN	

R
 L

R
 Right-hand

L
 Left-hand

Κατάλογος 2

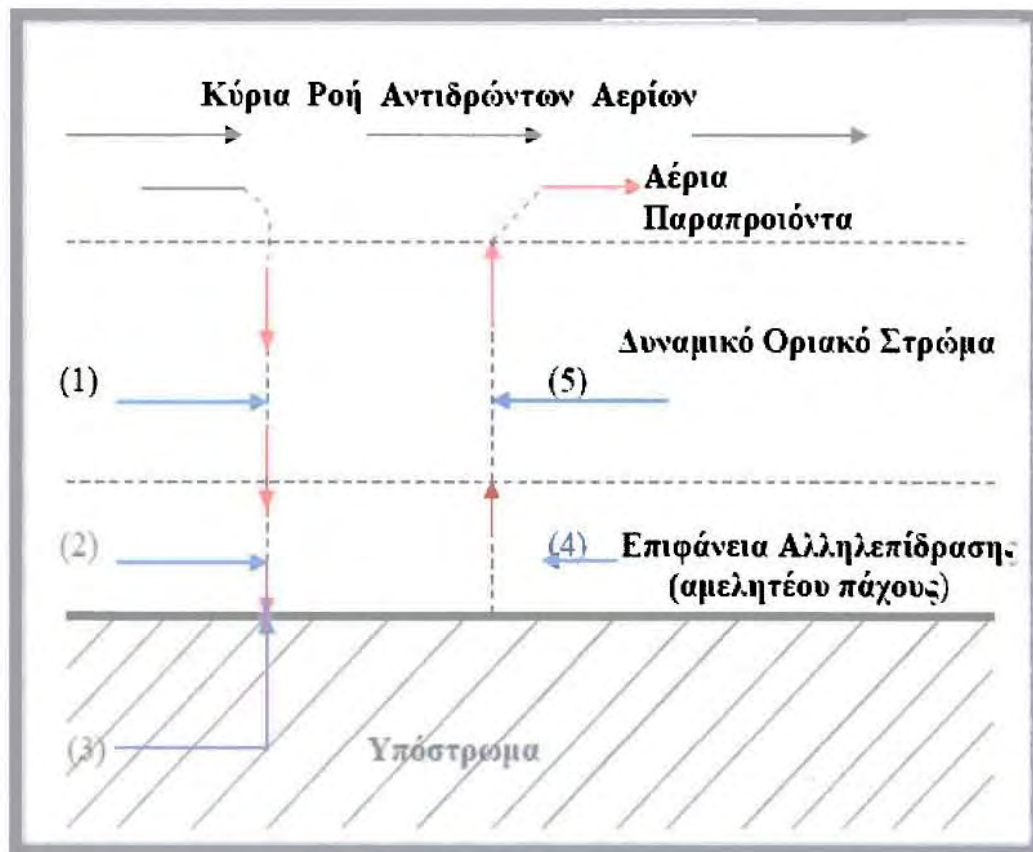
2.2.2 Δομή και χημική σύσταση του κοπτικού εργαλείου

Η βιομηχανική τεχνολογία εξελίσσει συνεχώς την δομή και τη χημική σύσταση των κοπτικών εργαλείων, με κυριότερο σκοπό την βελτιστοποίηση της αντίστασης στη φθορά. Με το πέρασμα των χρόνων, έχουν ανακαλυφθεί νέες τεχνικές που καθιστούν τα κοπτικά εργαλεία πιο ικανά στο να αντέχουν στις δύσκολες συνθήκες μιας βιομηχανικής κατεργασίας είτε αυτή λαμβάνει χώρα σε τόρνο είτε σε οποιαδήποτε άλλη εργαλειομηχανή. Μια από αυτές τις τεχνικές είναι και η **χημική εναπόθεση ατμών, (CVD)**. Η **CVD μέθοδος** είναι μια χημική διαδικασία κατά την οποία προστίθεται μια λεπτή επίστρωση στο βασικό υπόστρωμα του κοπτικού εργαλείου. Αυτή η νέα επίστρωση που δημιουργείται, έχει ισχυρούς δεσμούς πρόσφυσης με το αρχικό βασικό υπόστρωμα αλλά το σπουδαιότερο είναι ότι έχει εξαιρετική ανθεκτικότητα στην φθορά.

Η μέθοδος CVD, είναι μια σύνθετη διαδικασία, κατά την οποία τα χημικώς αντιδρώντα συστατικά αντιδρούν στην αέρια φάση, κοντά ή πάνω στο υπόστρωμα, το οποίο θερμαίνεται, με αποτέλεσμα το σχηματισμό στερεών επικαλυπτικών στρωμάτων. Ο σχηματισμός αυτός καθορίζεται από συγκεκριμένες βασικές αρχές, που προσδιορίζονται και προδιαγράφονται από τη χημεία, τη θερμοδυναμική, τη χημική κινητική, και τα φαινόμενα μεταφοράς.

Τυπικές αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα σε έναν αντιδραστήρα χημικής εναπόθεσης ατμών είναι η πυρόλυση, η αναγωγή, η οξείδωση και η νιτρίδωση και χρησιμοποιούνται σε ευρεία κλίμακα στη βιομηχανία των ημιαγωγών.

Η ακολουθία των φαινομένων κατά τη διάρκεια μιας CVD αντίδρασης, απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα.

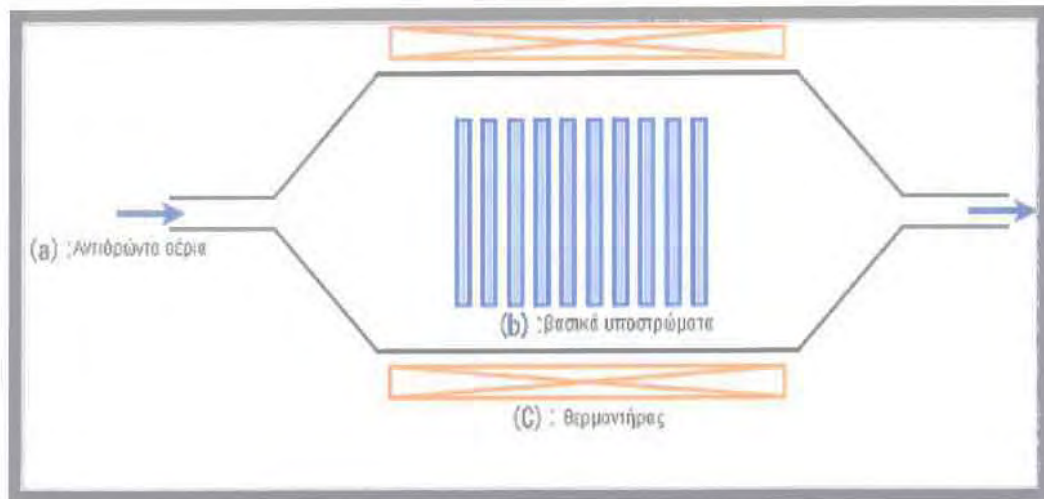


Εικόνα 3. CVD αντίδραση

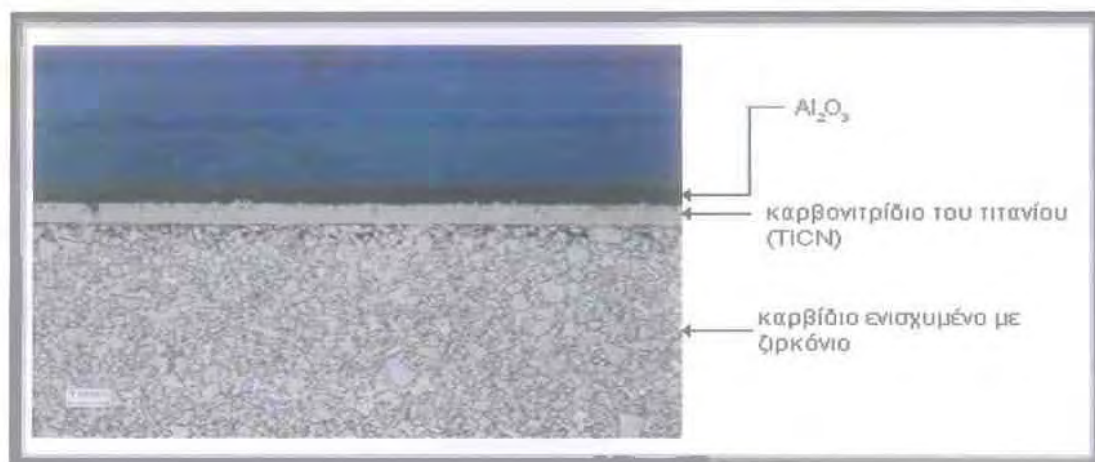
Οι διεργασίες των βημάτων 1 έως και 5, που απεικονίζονται στο παραπάνω σχήμα, αποδίδονται περιληπτικά ως εξής:

- 1) Τα αντιδρώντα αέρια εισάγονται στον αντιδραστήρα υπό συνθήκες εξαναγκασμένης ροής.
- 2) Απορρόφηση των αντιδρώντων αερίων στην επιφάνεια του υποστρώματος.
- 3) Η χημική αντίδραση λαμβάνει χώρα στην επιφάνεια επαφής.
- 4) Εκρόφιση των παραπροϊόντων της αντίδρασης.
- 5) Διάχυση των αερίων παραπροϊόντων, μέσω του δυναμικού οριακού στρώματος.

Παρακάτω βλέπουμε μια διάταξη ενός αντιδραστήρα, στον οποίο πραγματοποιείται η χημική εναπόθεση.



Το κοπτικό εργαλείο που χρησιμοποιήσαμε, έχει επιπλέον μια ακόμη στρώση γ-αλουμίνας (Al_2O_3) η οποία προσφέρει στο εργαλείο μεγαλύτερη θερμική αντίσταση. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε αναλυτικά την δομή και την μορφολογία του κοπτικού μας εργαλείου



Εικόνα 5. Δομή και μορφολογία του κοπτικού μας εργαλείου

2.2.3. ΒΗΜΑΤΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

1. Αρχικά πρέπει να κατεργαστούμε τα υλικά στον τόρνο με τις κατάλληλες συνθήκες κοπής που έχουν δοθεί.
2. Παράλληλα με την κοπή του υλικού, θα γίνει καταγραφή των δυνάμεων κοπής, με την χρήση δυναμόμετρου.
3. Μέτρηση τραχύτητας, με την χρήση τραχυμέτρου
4. Μέτρηση φθοράς, με την χρήση μηχανουργικού οπτικού μικροσκοπίου
5. Συλλογή φωτογραφιών του κοπτικού υλικού μετά από κάθε κατεργασία στον τόρνο, όπως επίσης και συλλογή φωτογραφιών από τα απόβλητα των μετάλλων (γρέζια).

2.3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

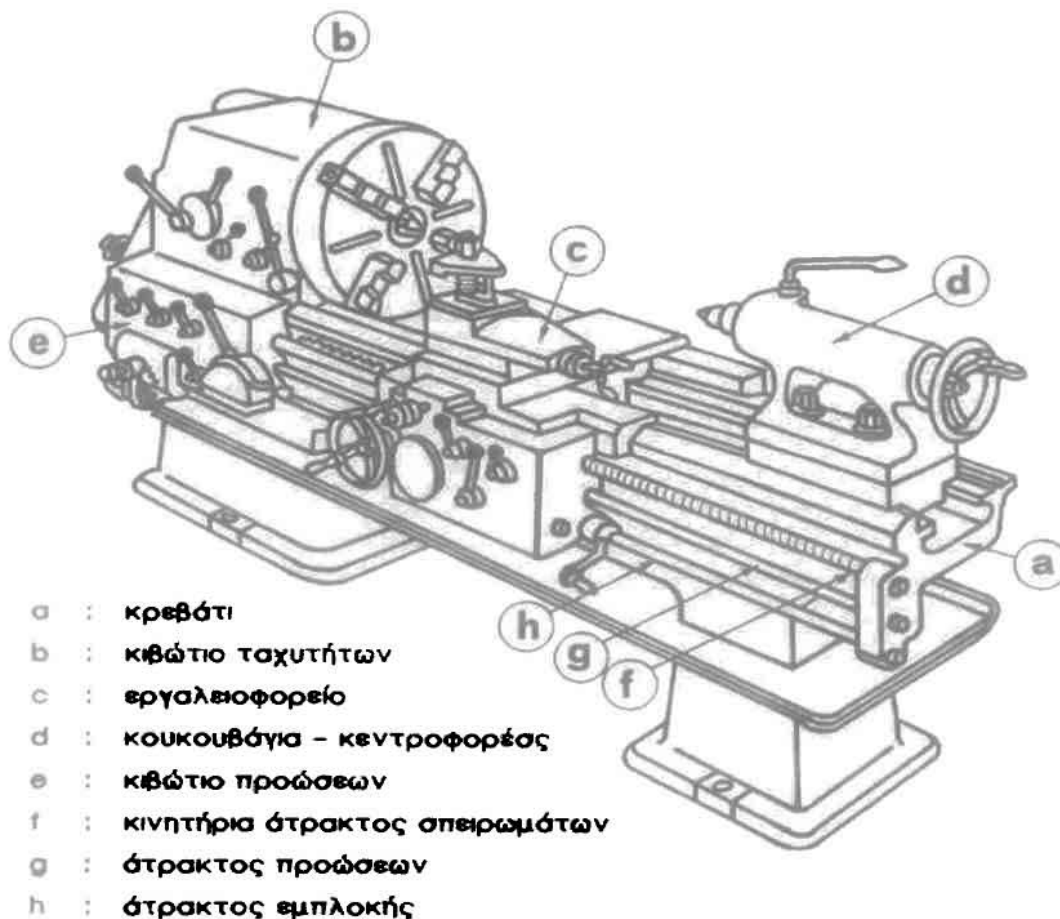
Αντικείμενο μελέτης της πειραματικής εργασίας είναι η μέτρηση της φθοράς του κοπτικού, των δυνάμεων κοπής, των μεγεθών της τραχύτητας επιφανειών που έχουν προκύψει από κατεργασίες τórνευσης. Η τórνευση ανήκει στην ομάδα των κατεργασιών κοπής με περιστροφική την πρωτεύουσα κίνηση και μεταφορική την κίνηση της πρόωσης. Διάφορα κινηματικά είδη τórνευσης προκύπτουν με βάση την αμοιβαία σχέση των κύριων λειτουργικών κινήσεων. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τη πειραματική διαδικασία είναι ο τόρνος για τη κοπή, το δυναμόμετρο για τη μέτρηση δυνάμεων, το μικροσκόπιο για τη μέτρηση φθοράς του κοπτικού εργαλείου και το τραχύμετρο για την μέτρηση των τραχυτήτων των επιφανειών.

2.3.1 ΤΟΡΝΟΣ

α). Η εργαλειομηχανή που εξασφαλίζει με ακρίβεια τις κινήσεις του τεμαχίου και του εργαλείου για την τórνευση, είναι ο τόρνος. Στην εικόνα 6 παρουσιάζεται σχηματικά ένας τόρνος, όπου διακρίνονται και τα μέρη από τα οποία αποτελείται. Στον παρακάτω πίνακα Π.1, παρουσιάζονται τα μέρη αυτά μαζί με την αγγλική αντίστοιχη ονομασία τους.

	Ελληνική ορολογία	Αγγλική ορολογία
a	κρεβάτι	lathe bed
b	κιβώτιο ταχυτήτων	headstock
c	εργαλειοφορείο	saddle with cross and compound slide
d	κουκουβάγια - κεντροφορέας	tailstock
e	κιβώτιο προώσεων	feed gear box
f	κινητήρια άτρακτος σπειρωμάτων	lead screw
g	άτρακτος προώσεων	feed shaft
h	άτρακτος εμπλοκής	switch bar

Πίνακας 1 : Μέρη του τόρνου



Εικόνα 6. Μέρη Τόρνου

Ο τόρνος αποτελεί μια από τις περισσότερο παραγωγικές εργαλειομηχανές και το 40% περίπου των εργασιών κοπής των μετάλλων γίνονται σε τόρνο. Οι σύγχρονοι τόρνοι έχουν δυνατότητα παραγωγής καμπύλων εξαρτημάτων, με μεγάλο αριθμό ακρίβειας και μεγάλες ταχύτητες παραγωγής. Το μέγεθος του τόρνου εκτιμάται βασικά από δύο χαρακτηριστικά :

- τη μέγιστη διάμετρος τεμαχίου που μπορεί να δεθεί στους σφικτήρες και να περιστραφεί γύρω από τους οδηγούς,
- το μήκος κρεβατιού.

Επισημαίνεται ότι το μήκος του κρεβατιού δεν αντιστοιχεί και στο μέγιστο μήκος τεμαχίου προς κατεργασία μια και αυτό καθορίζεται από την απόσταση των κέντρων του κιβώτιου ταχυτήτων και του κεντροφορέα. Εκτός των παραπάνω χαρακτηριστικών παίζουν σημαντικό ρόλο και τα εξής :

- ο μικρότερος και ο μεγαλύτερος αριθμός στροφών που μπορεί να επιτευχθεί,
- το πλήθος των ταχυτήτων,
- η ισχύς του ηλεκτροκινητήρα και
- το συνολικό βάρος του

Οι τόννοι, όπως και οι περισσότερες εργαλειομηχανές, μπορεί να είναι συμβατικοί πράγμα που σημαίνει πως καθοδηγούνται από τον χειριστή που κάνει όλες τις απαραίτητες κινήσεις και ρυθμίσεις για την κατεργασία, ή να είναι τόννοι ψηφιακά καθοδηγούμενοι όπου οι κινήσεις αλλά και οι ρυθμίσεις απαιτούν πολύ μικρή συμμετοχή του παραδοσιακού χειριστή μια και τις αναλαμβάνει μια ηλεκτρονική μονάδα καθοδήγησης που την χειρίζεται προγραμματιστής.

Η τεχνολογία όμως της κοπής κατά βάση παραμένει η ίδια. Έτσι οι επιλεγόμενες ταχύτητες κοπής, οι προώσεις, τα κοπτικά εργαλεία κλπ, καθορίζονται και στις δύο περιπτώσεις αντίστοιχα. Η αυτοματοποίηση αυτή των κατεργασιών που γίνεται τις τελευταίες δεκαετίες δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να καταργήσει την αναγκαιότητα γνώσης των υλικών, των καταλλήλων συνθηκών κοπής, της συμπεριφοράς της φθοράς των κοπτικών εργαλείων και γενικά αυτού που ονομάζεται τεχνολογία της κοπής. Οι τόννοι, παραδοσιακοί ή μη, διακρίνονται ανάλογα με την τοποθέτηση του σφικτήρα ή αντίστοιχα την τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου σε μετωπικούς και κάθετους τόννους.

Η χρήση του τόννου για κατεργασίες κοπής υπόκειται σε σημαντικούς κανόνες ασφαλείας που πρέπει να τηρούνται με θρησκευτική ευλάβεια. Έτσι :

- Δεν πρέπει να χειρίζεται τόννο κάποιος ή κάποια που δεν γνωρίζει επακριβώς τον χειρισμό του,
- Δεν πρέπει να χειρίζεται τόννο κάποιος ή κάποια που έχει λυμένα μακριά μαλλιά, που δεν φορά την

κατάλληλη ενδυμασία ή φορά μπρασελέ, βραχιόλια, πουκάμισα με φαρδιά
μανίκια και γενικά

οτιδήποτε θα μπορούσε να συλληφθεί από το περιστρεφόμενο τσοκ.

- Τα προστατευτικά γυαλιά για την προστασία των ματιών από τα απόβλητα, είναι υποχρεωτικά.

- Πρέπει πάντα να χρησιμοποιείται το κατάλληλο κοπτικό εργαλείο και μανέλα.

- Πρέπει πάντα να γίνεται έλεγχος αν ο σφιγκτήρας έχει κλείσει σωστά και το περιστρεφόμενο τεμάχιο

συγκρατείται καλά στην θέση του.

- Πριν ο τόνος τεθεί σε λειτουργία θα πρέπει να έχει κατέβει το προστατευτικό κάλυμμα του

σφιγκτήρα εκτός των άλλων και για να αποφευχθεί η περίπτωση να έχει ξεχαστεί το κλειδί του τσοκ

στην υποδοχή σύσφιξης.

- Πρέπει ο τόνος να σταματά σε κάθε απόπειρα μέτρησης.

- Πρέπει η περιοχή εργασίας του τόνου να είναι καθαρή από εργαλεία ή οτιδήποτε άλλο.

- Δεν πρέπει να κατεργάζονται μεγάλοι μήκους κομμάτια χωρίς την υποστήριξη του κεντροφορέα.

- Τα απόβλητα δεν πρέπει ποτέ να απομακρύνονται με το χέρι αλλά με ειδική βούρτσα και ποτέ όταν ο τόνος είναι σε λειτουργία.

- Πριν ο τόνος τεθεί σε λειτουργία πρέπει να γίνεται μια πλήρη περιστροφή του τσοκ με το χέρι ώστε

να ελέγχεται αν η κίνησή του εμποδίζεται από οτιδήποτε μπορεί να υπάρχει πάνω στον τόνο.

- Ο τόνος πρέπει να σταματά αμέσως μόλις ακουστεί οποιοσδήποτε ασυνήθιστος θόρυβος ή

παρουσιαστεί ταλάντωση και αμέσως να ενημερώνεται ο υπεύθυνος.

- Ο τόνος δεν πρέπει ποτέ να σταματά με αντιστροφή της περιστροφής του τσοκ.

- Κατά τον χειρισμό του τόνου ο υπεύθυνος και ο μόνος που έχει την δυνατότητα να τον θέσει ή όχι

σε λειτουργία είναι ο χειριστής του και για αυτό πρέπει πάντα να έχει την προσοχή του μόνο στον

τόνο.

Η συγκράτηση του κοπτικού εργαλείου στον εργαλειοδέτη, παραπάνω ή παρακάτω από το άξονα περιστροφής

του τεμαχίου, διαφοροποιεί τις γωνίες κοπής. Έτσι :

- η τοποθέτηση πάνω από τον άξονα του τεμαχίου μικραίνει την γωνία ελευθερίας α , με αποτέλεσμα να

μεγαλώνει η τριβή ανάμεσα στην ελεύθερη επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου και στην

κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου. Η γωνία αποβλήτου γ μεγαλώνει και το παραγόμενο

απόβλητο διαχωρίζεται εύκολα και απομακρύνεται. Για κατεργασία εκχονδρίσεως το κοπτικό

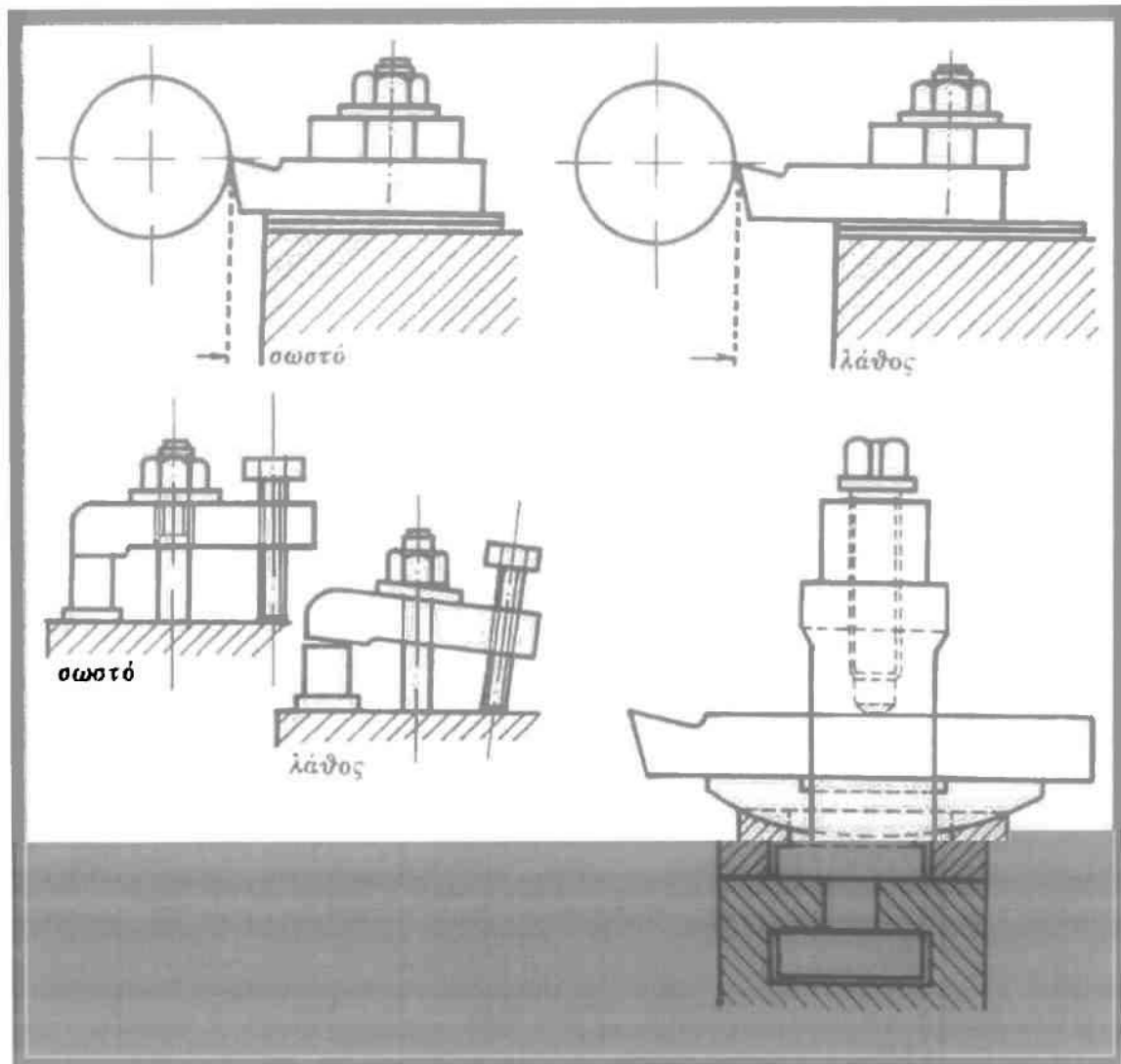
εργαλείο περιστασιακά τοποθετείται πάνω από τον άξονα του τεμαχίου, γύρω στο 2 % της διαμέτρου του.

- η τοποθέτηση κάτω από τον άξονα του τεμαχίου μεγαλώνει την γωνία ελευθερίας α , με αποτέλεσμα να μικραίνει η τριβή ανάμεσα στην ελεύθερη επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου και στην κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου. Η γωνία αποβλήτου γ μικραίνει και το παραγόμενο απόβλητο αποχωρίζεται δύσκολα.

Το κοπτικό εργαλείο, όπως φαίνεται και στο στην εικόνα 7, πρέπει να συγκρατείται ώστε το ελεύθερο μήκος του να είναι όσο το δυνατόν μικρότερο. Αυτό κρίνεται αναγκαίο, μια και το εργαλείο κατά την διάρκεια της κοπής, υπόκειται σε λυγισμό. Αν το ελεύθερο μήκος του εργαλείου είναι μεγαλύτερο από το επιτρεπτό, αυτό αναπηδά κατά την κοπή και δημιουργεί πολύ κακή επιφάνεια στο κατεργαζόμενο τεμάχιο.

Επίσης πολύ σημαντική παράμετρος για την ασφάλεια κατά την κοπή, είναι και η σωστή τοποθέτηση της πλάκας συγκρατήσεως. Η πλάκα συγκρατήσεως δεν πρέπει να συσφίγγεται πλάγια αλλά σε οριζόντια θέση, όπως φαίνεται και στην εικόνα 7. Η λανθασμένη τοποθέτησή της εγκυμονεί κινδύνους για τον χειριστή αλλά και δεν προκύπτει ακριβής κατεργασία.

Προσοχή : Τα κοπτικά εργαλεία δεν πρέπει να "δένονται" στον εργαλειοδέτη ενώ ο τόρνος βρίσκεται σε λειτουργία και το τσοκ περιστρέφεται.



Εικόνα 7. Τρόπος συγκράτησης κοπτικών εργαλείων τórνευσης

Κατά τη διαμήκη τórνευση το τεμάχιο εκτελεί περιστροφική ομοιόμορφη κίνηση γύρω από τον άξονά του, ενώ το εργαλείο μετατοπίζεται ευθύγραμμα και ισοταχώς, παράλληλα προς τον άξονα του τεμαχίου.

Για την αποφυγή βέλους κάμψης και όλων των αρνητικών επιπτώσεων που θα είχε αυτό στην τραχύτητα της επιφάνειας, προσδένουμε το δοκίμιο στο σιαγωνοτό σφιγκτήρα (τσοκ) του τórνου, έτσι ώστε να εξέχει από αυτόν ένα

σταθερό μήκος περίπου ίσο με 200 mm. Μετά από κάθε κατεργασία το τεμάχιο μεταφέρονταν στη βάση του τραχυμέτρου όπου και τοποθετούνταν κατάλληλα έτσι ώστε να αποφεύγεται η επαφή της νεοκατεργασμένης επιφάνειας με ότι θα μπορούσε να προκαλέσει φθορά και επομένως αλλοίωση των αποτελεσμάτων. Πριν από κάθε διαδικασία μέτρησης ακολουθήσαμε τα παρακάτω βήματα:

1. Η προς μέτρηση επιφάνεια δεν υφίστατο καμία ταλάντωση και το όργανο ήταν απόλυτα σταθερό κατά τη διάρκεια της μέτρησης
2. Πάντα ο στυλίσκος τοποθετούνταν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κάθετος προς τη μετρήσιμη επιφάνεια.
3. Ο βραχίονας του τραχυμέτρου ήταν πάντα παράλληλος προς τη μετρήσιμη επιφάνεια.
4. Η μέτρηση γίνονταν πάντα σε κατεύθυνση παράλληλη προς τον άξονα του τεμαχίου (διεύθυνση πρόωσης).

Για λειτουργικούς λόγους η ταχύτητα κοπής έπρεπε να μετατραπεί σε στροφές ανά λεπτό N (rpm). Αυτό έγινε με τη χρήση του γνωστού τύπου:

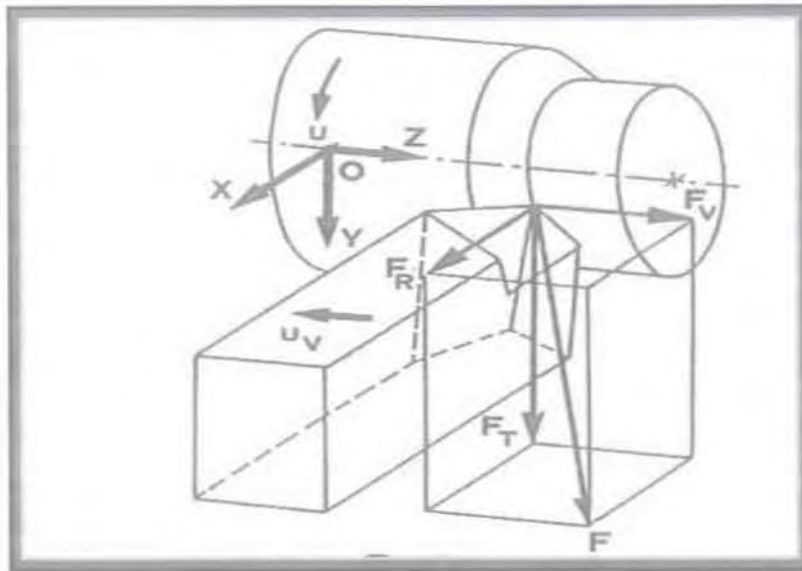
$$U = \pi D N / 1000 \quad (1)$$

Κατά τη διαμήκη τόννευση η δύναμη κοπής αναλύεται σε τρεις διαφορετικές συνιστώσες F_t , F_v και F_r .

Η συνιστώσα F_t είναι η κύρια δύναμη κοπής,

Η συνιστώσα F_v είναι η δύναμη προώσεως ,

και η F_r είναι η δύναμη απωθήσεως του εργαλείου



Εικόνα 8. Ανάλυση της δύναμης κοπής F στις συνιστώσες F_t , F_v και F_R κατά τη διαμήκη τórνευση

b). Οι κοπές των δοκιμών πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Μηχανουργικών Κατεργασιών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Χρησιμοποιήθηκε συμβατικός τórνος τύπου TRIUMPH 2500 της εταιρίας COLCHESTER (εικόνα 9).



Εικόνα 9. Συμβατικός τórνος.

Τα κυριότερα γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του φαίνονται στον παρακάτω πίνακα 2.:

Απόσταση μεταξύ των κέντρων	L=1250 mm
Ύψος κέντρων	H=195 mm
Ονομαστική ισχύς	Pe=7,5KW(10HP)
Εύρος περιστροφικών ταχυτήτων ανάλογα με την επιλεγόμενη κλίμακα	15-300 στροφές /λεπτό
	35-830 στροφές /λεπτό
	110-2500 στροφές /λεπτό
Εύρος προώσεων	S=0,036-1,2 mm /στροφή
Καθαρό βάρος	G=1500Kg
Χώρα προέλευσης	UK
Ύψος μηχανής (από το έδαφος έως το κέντρο περιστροφής)	1050 mm
Ολικό μήκος	2500 mm
Ολικό πλάτος	1100 mm
Ολικό ύψος	1300 mm

Πίνακας 2: Τεχνικά χαρακτηριστικά του συμβατικού τόννου.

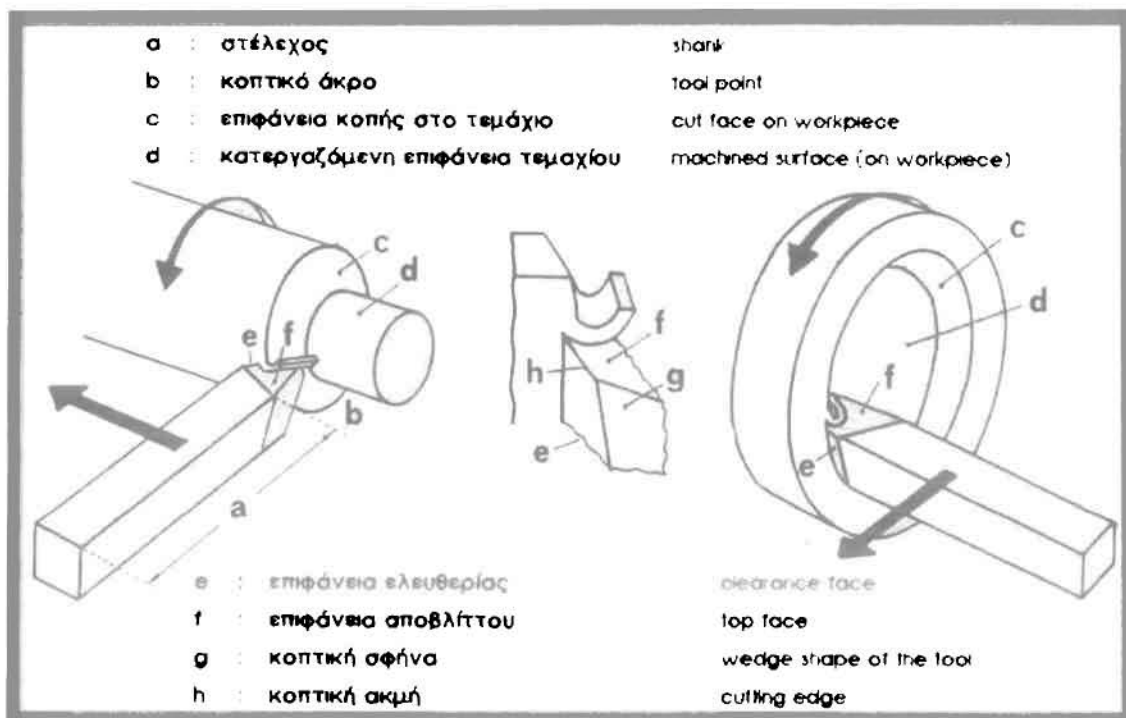
2.3.2 Κοπτικά Εργαλεία (cutting tools)

Για την κοπή στην τόννευση χρησιμοποιούνται κοπτικά εργαλεία συνήθως από χάλυβα εργαλείων, ταχυχάλυβα, σκληρομέταλλα και κεραμικά. Η διάρκεια ζωής ενός κοπτικού εργαλείου εξαρτάται κατά πολύ από το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο και από την γεωμετρία της κόψης του. Οι ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα κοπτικό εργαλείο συνοψίζονται στα παρακάτω :

- μεγάλη σκληρότητα, ώστε να μπορεί το εργαλείο να εισχωρεί στο μαλακότερο κατεργαζόμενο τεμάχιο
- αντίσταση στην θερμότητα, ώστε να διατηρεί την σκληρότητά του στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την κοπή και
- αντίσταση σε φθορά, ώστε η κοπτική ακμή του να διατηρεί τις κοπτικές ιδιότητές της.

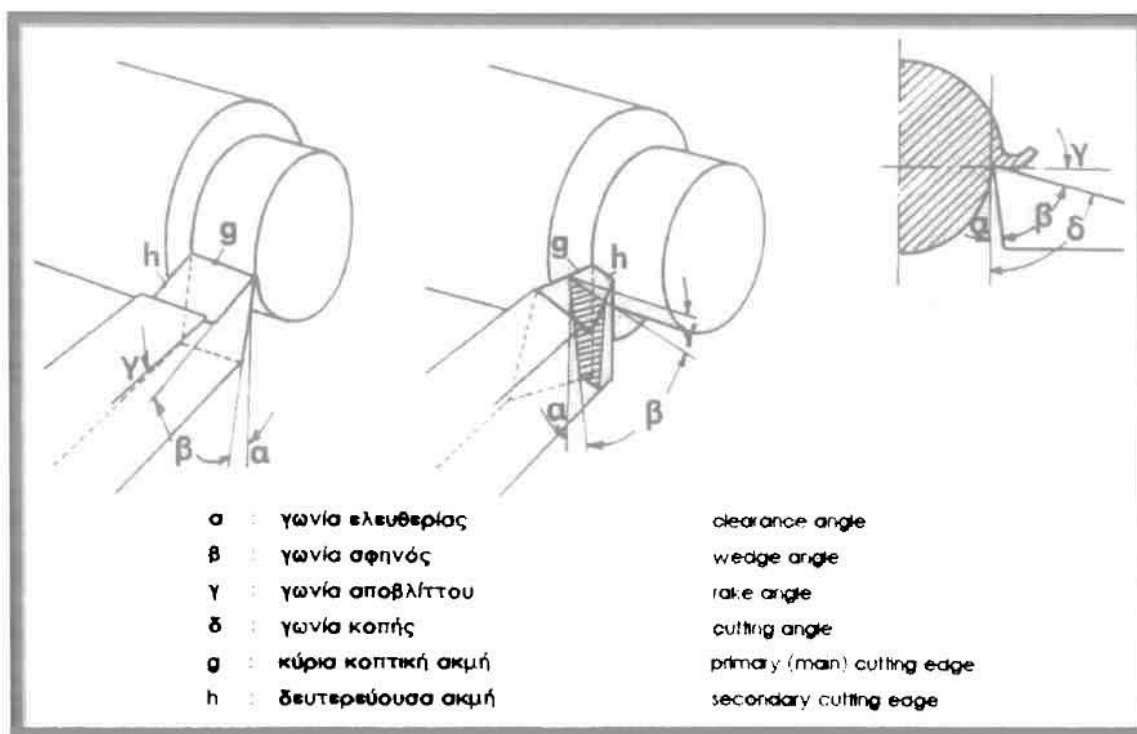
Στο κοπτικό εργαλείο διακρίνονται δύο χαρακτηριστικά τμήματα, όπως φαίνεται και στην εικόνα 10, το στέλεχος

(shank) και το κοπτικό άκρο (tool point). Το μεν στέλεχος χρησιμοποιείται για την συγκράτηση του εργαλείου στον εργαλειοδέτη, ενώ το κοπτικό άκρο περιλαμβάνει τις κοπτικές ακμές που συμμετέχουν στην κοπή. Το στέλεχος είναι από μαλακό υλικό ώστε να δέχεται τα κρουστικά φορτία και τις δυναμικές καταπονήσεις κατά την διάρκεια της κοπής χωρίς να θραύεται. Μια επίπεδη τομή του κοπτικού άκρου έχει το σχήμα σφήνας ή οποία ονομάζεται και κοπτική σφήνα (wedge shape of the tool). Στο ίδιο σχήμα παρουσιάζονται γενικά, οι χαρακτηριστικές επιφάνειες και ακμές του εργαλείου και του κατεργαζόμενου τεμαχίου κατά την τόννευση.



Εικόνα 10. Χαρακτηριστικές ακμές και επιφάνειες εργαλείου και τεμαχίου στην τόννευση

Η γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου καθορίζεται από τις κοπτικές γωνίες του. Στην εικόνα 11 φαίνονται οι χαρακτηριστικές επιφάνειες, ακμές και γωνίες ενός κοπτικού εργαλείου τόννευσης οι οποίες είναι :



Εικόνα 11. Χαρακτηριστικές γωνίες κοπτικού εργαλείου τórνευσης

Οι γωνίες κοπής που προαναφέρθηκαν, επηρεάζουν σημαντικά τα αποτελέσματα της κοπής (ποιότητα επιφάνειας, τραχύτητα κλπ) και εξαρτώνται από το υλικό που πρόκειται να κατεργαστεί. Έτσι για να αποφευχθεί θραύση της κοπτικής ακμής στην κατεργασία σκληρών υλικών, επιλέγεται μεγάλη γωνία σφηνός. Η γωνία ελευθερίας κρατείται τόση ώστε να μην δημιουργείται τριβή ανάμεσα στην επιφάνεια ελευθερίας και την κατεργαζόμενη επιφάνεια του τεμαχίου ενώ η μεγάλη γωνία αποβλήτου βοηθά στην καλύτερη ροή του αποβλήτου και κατά συνέπεια στην διαδικασία της κοπής. Η γωνία αποβλήτου όμως δεν μπορεί να μεγαλώνει τυχαία μια και επηρεάζει την γωνία σφηνός. Αυτό σημαίνει πως ανάμεσα στις κοπτικές γωνίες του εργαλείου υπάρχει αλληλεξάρτηση και πρέπει να γίνεται βέλτιστη επιλογή τους. Οι κατάλληλες αυτές γωνίες για τον συνδυασμό υλικό κοπτικού εργαλείου - υλικό κατεργαζόμενου τεμαχίου, προκύπτουν μετά από συστηματικά πειράματα. Σήμερα υπάρχουν αρκετά τέτοια αποτελέσματα που προτείνουν γωνίες κοπής ανάλογα το υλικό που πρόκειται να κατεργαστεί. Γενικά όμως ισχύουν τα παρακάτω :

- σκληρό υλικό απαιτεί μεγάλη γωνία σφηνός
- μαλακό υλικό απαιτεί μεγάλη γωνία αποβλήτου

Στον πίνακα 3, δίδονται ενδεικνυόμενες τιμές για τις τρεις γωνίες κοπής για κοπτικά εργαλεία

από ταχυχάλυβα (HSS) και καρβίδια

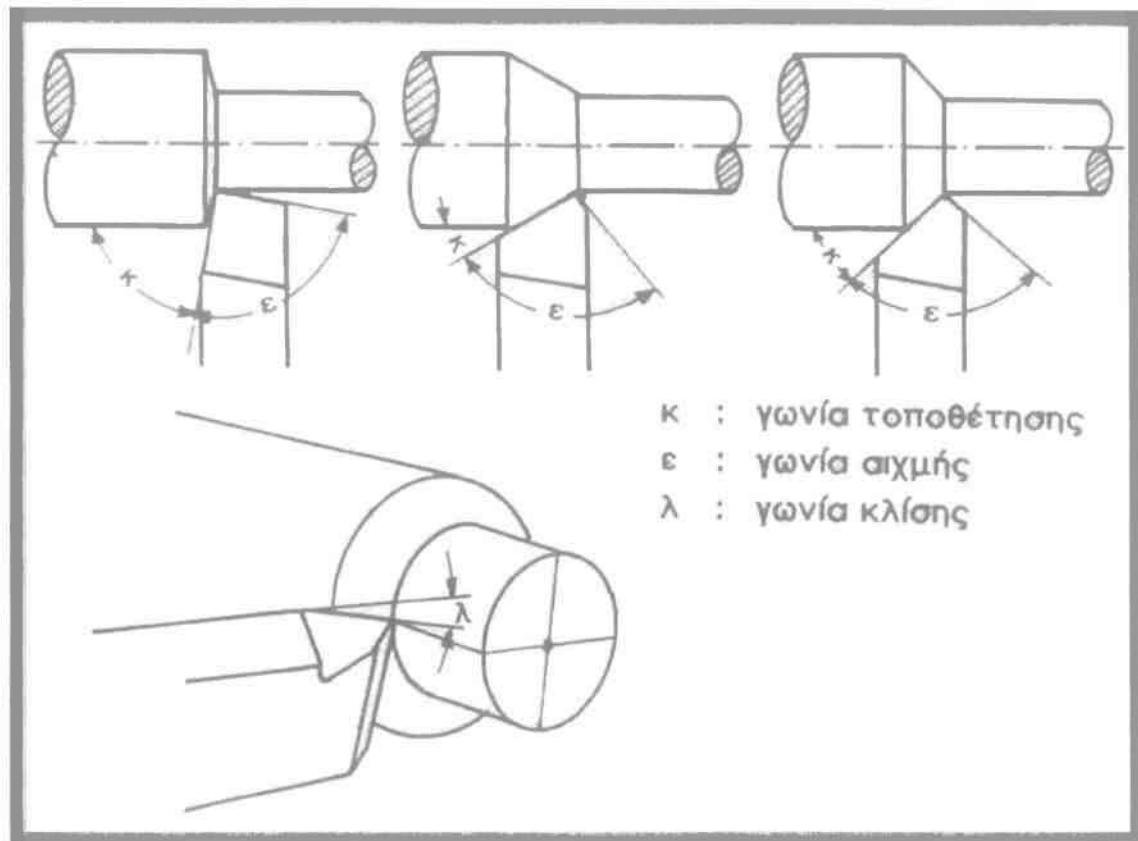
ΤΑΧΥΧΑΛΥΒΑΣ HSS			ΥΛΙΚΟ	ΚΑΡΒΙΔΙΑ		
α°	β°	γ°		α°	β°	γ°
8	88	14	ΧΑΛΥΒΑΣ ΕΣΙ 70 Kg/cm ²	8	79	10
8	72	10	ΧΥΤΟΧΑΛΥΒΑΣ ΕΣΙ 50 Kg/cm ²	8	79	6
8	60	14	ΧΑΛΥΒΟΚΡΑΜΑΤΑ ΕΣΙ 85 Kg/cm ²	8	79	10
8	72	10	ΧΑΛΥΒΟΚΡΑΜΑΤΑ ΕΣΙ 100 Kg/cm ²	9	77	8
8	72	10	ΕΛΑΤΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ	9	79	10
8	82	0	ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ	9	85	0
8	64	16	ΧΑΛΚΟΣ	8	64	19
8	82	0	ΟΡΕΙΧΑΛΚΟΣ	9	79	6
12	48	30	ΚΑΘΑΡΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	12	48	30
12	64	14	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΧΥΤΕΥΣΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΑΜΑΤΑ	12	60	19
8	76	6	ΚΡΑΜΑΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ	9	79	6
12	64	14	ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	12	64	14
12	62	10	ΣΚΛΗΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΣΚΛΗΡΟ ΧΑΡΤΙ	12	66	10
-	-	-	ΠΟΡΕΣΛΑΝΗ	9	85	0

Πίνακας 3 : Τιμές αναφοράς για γωνίες κοπής σε τόννευση με σκληρομέταλλα και ταχυχάλυβα

Εκτός από τις τρεις βασικές γωνίες κοπής, υπάρχουν και άλλες τρεις γωνίες, σημαντικές για την κατεργασία της τόννευσης. Οι γωνίες αυτές που παρουσιάζονται στο σχήμα 2.7, είναι οι παρακάτω :

- γωνία τοποθέτησης κ : ορίζεται ανάμεσα στην κύρια κοπτική ακμή και στην κατεργαζόμενη επιφάνεια. Όταν η γωνία κ είναι μεγάλη το πάχος του αποβλήτου είναι μικρό αλλά η κατανομή της φόρτισης στο εργαλείο γίνεται σε μια πολύ μικρή περιοχή του. Αυτό έχει σαν συνέπεια την ελάττωση του χρόνου ζωής του κοπτικού εργαλείου. Μια μικρή γωνία κ ισοδυναμεί με πιο παχύ απόβλητο για το ίδιο βάθος κοπής αλλά η διάρκεια ζωής του εργαλείου μεγαλώνει. Συνήθως η γωνία κ λαμβάνεται 45°.
- γωνία αιχμής ϵ : ορίζεται ανάμεσα στην κύρια και δευτερεύουσα κόψη του εργαλείου. Συνήθως είναι γύρω στις 90°, ενώ εργαλεία με μικρή γωνία αιχμής ϵ γρήγορα γίνονται ιδιαίτερα μυτερά.
- γωνία κλίσης λ : η γωνία αυτή προσδιορίζει την θέση της κύριας κοπτικής ακμής ως προς την οριζόντια θέση. Η ακμή αυτή μπορεί να λαμβάνει θέση οριζόντια ή με κλίση. Για τόννευση εκχονδρίσματος, η κλίση της κύριας κόψης

αποδεικνύεται ευνοϊκή μια και το απόβλητο ρέει ευκολότερα. Η γωνία κλίσης λ για εργαλεία εκχονδρίσματος λαμβάνει τιμές περίπου από 3° έως 5° .



Εικόνα 12. Χαρακτηριστικές γωνίες τοποθέτησης κοπτικού εργαλείου τόννευσης

Ανάλογα την μορφή και το είδος της τόννευσης απαιτούνται και διαφορετικά κοπτικά εργαλεία ως προς τη μορφή και την γεωμετρία τους. Έτσι ειδικής μορφής εργαλεία χρησιμοποιούνται για εκχονδρίση, άλλα για φινίρισμα και για κοπή σπειρώματος, άλλα για boring κ.λπ.. Όπως κάθε κοπτικό εργαλείο έτσι και τα κοπτικά εργαλεία της τόννευσης έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής. Λέγοντας ζωή του εργαλείου εννοείται ο χρόνος που το εργαλείο μπορεί να συνεχίζει να κόβει χωρίς να χρειαστεί επανατροχισμό ή να απορριφθεί. Τα κριτήρια σύμφωνα με τα οποία ένα εργαλείο κρίνεται προς απομάκρυνση καλούνται κριτήρια αστοχίας. Στην πράξη κριτήρια αστοχίας μπορεί να είναι :

- η ανώτερη επιτρεπτή τιμή για το πλάτος ζώνης φθοράς B , ή για το βάθος κρατήρα KT ή και για τα δύο μαζί,

- η ανώτερη τιμή της τραχύτητας της κατεργασμένης επιφάνειας,
- η επιτρεπόμενη ανοχή διαστάσεων στο κατεργασμένο τεμάχιο,
- το προκαθορισμένο μέγιστο ποσοστό αύξησης των δυνάμεων κοπής ή της ισχύος κοπής,
- η στόμωση του εργαλείου.

Οι παράγοντες που επιδρούν σημαντικά στην ζωή του κοπτικού εργαλείου είναι :

- οι συνθήκες κοπής (ταχύτητα κοπής, πρόωση και βάθος κοπής),
- η γεωμετρία του εργαλείου,
- το υλικό του εργαλείου,
- το κατεργαζόμενο υλικό,
- το υγρό κοπής.

Η βέλτιστη επιλογή των παραγόντων αυτών οδηγεί σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου με αποτέλεσμα την οικονομικότερη κατεργασία.

2.3.3 Δυναμόμετρο

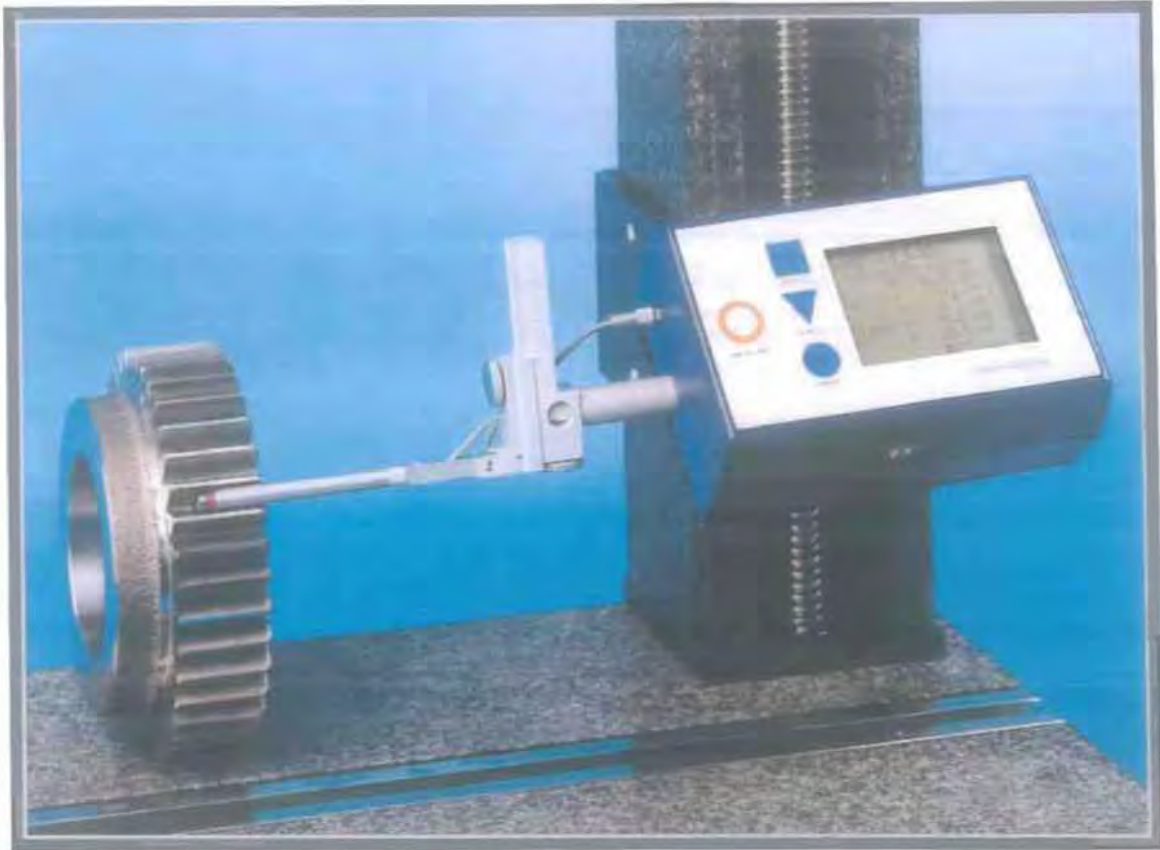
Το δυναμόμετρο που χρησιμοποιούμε είναι της εταιρείας KISTLER και τύπου CH-8408 . Υπολογίζει τις 3 δυνάμεις κοπής : την κύρια δύναμη κοπής, τη δύναμη πρόωσης και τη δύναμη απωθήσεως.



Εικόνα 13. Δυναμόμετρο KISTLER CH-4208

2.3.4 Παρουσίαση του Τραχυμέτρου και των χαρακτηριστικών του

Οι μετρήσεις έγιναν σε μηχανικό τραχύμετρο στυλίσκου τύπου Sutronic 25 της εταιρίας RANK TAYLOR HOBSON LIMITED .



Εικόνα 14. Τραχύμετρο Sutronic 25

Το βασικό χαρακτηριστικό των προφιλόμετρων είναι το μήκος κύματος αποκοπής. Αυτό επιλέγεται ανάλογα με την κατεργασία κοπής που έχει προηγηθεί όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 4:

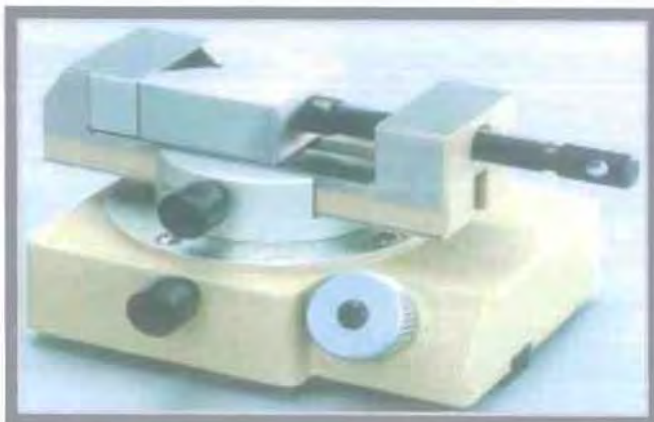
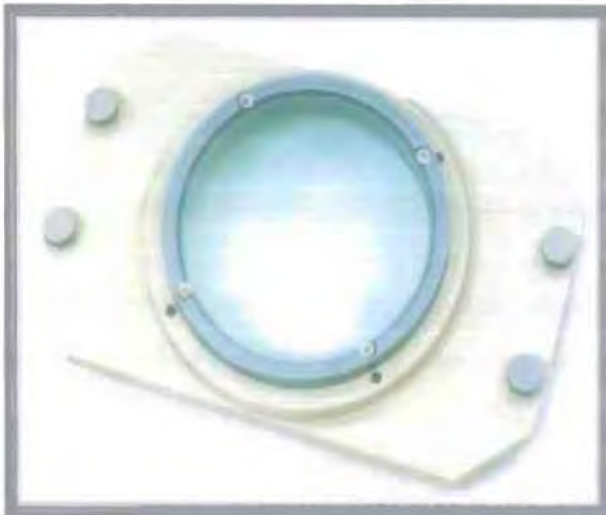
Κατεργασία αποπεράτωσης	Αναμενόμενο εύρος τιμών Ra	Προτεινόμενο μήκος cut-off		
		0,25mm	0,8μm	2,5μm
Υπερλείανση	0,05-0.2 μm	*	*	
Lapping	0,05-0,4 μm	*	*	
Honing	0,1-0,8 μm	*	*	
Ακόνισμα	0.1-1,6 μm	*	*	*
Τόρνευση με διαμάντι	0,1-0,4 μm	*	*	
Τόρνευση	0,4-12,3 μm		*	*
Διάτρηση	0,4-12,3 μm		*	*
Φραιζάρισμα	0,8-12,3 μm		*	*

Πίνακας 4 : Χαρακτηριστικά τραχυμέτρου Sutronic 25

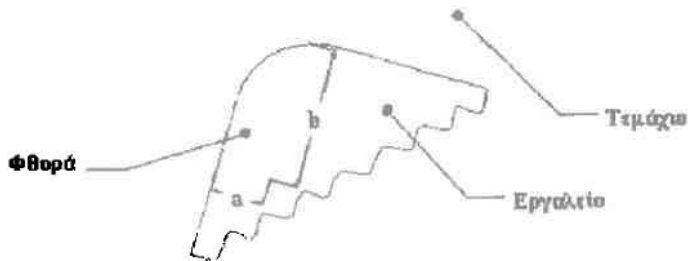
Για την επεξεργασία των μετρήσεων, που έγιναν στο προφιλόμετρο, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Talysrprofile της εταιρίας RANK TAYLOR HOBSON LIMITED. Το προφιλόμετρο και ο υπολογιστής ήταν συνδεδεμένα κατάλληλα έτσι ώστε το ηλεκτρικό σήμα του πρώτου να είναι η είσοδος στο δεύτερο.

2.3.5 Μέτρηση φθοράς ένθετου πλακιδίου

Η φθορά των κοπτικών εργαλείων μετρήθηκε με τη βοήθεια μηχανουργικού οπτικού μικροσκοπίου μάρκας **Mitutoyo** (εικόνα 15). Πιο συγκεκριμένα μετρήθηκαν οι διαστάσεις (a και b) του κρατήρα φθοράς.(εικόνα 16).



Εικόνα 15. Μικροσκόπιο Mitutoyo



Εικόνα 16. Απεικόνιση της επιφάνειας φθοράς κρατήρα

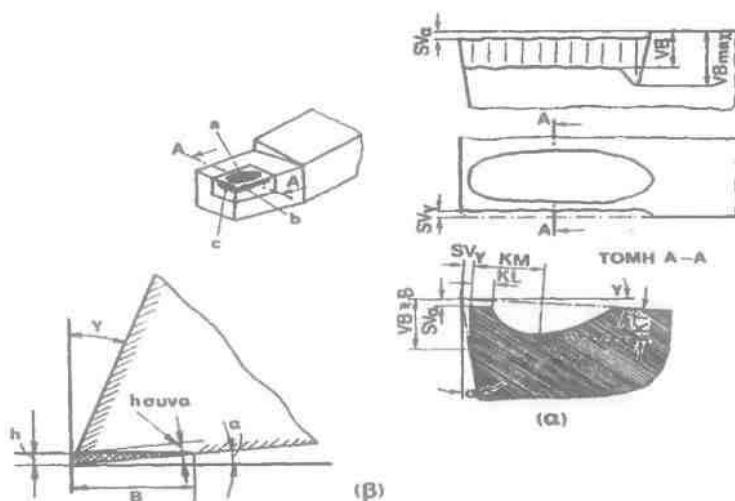
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ ΤΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΚΟΠΗΣ

3.1 Αστοχία των εργαλείων κοπής

Κατά την κοπή των μετάλλων, το κοπτικό εργαλείο υπόκειται σε υψηλές θερμοκρασίες, των οποίων η διανομή παρουσιάζει απότομες τοπικές μεταβολές, όπως και σε υψηλές τάσεις. Ακόμα, η νεοσχηματιζόμενη επιφάνεια του αποβλήτου και του κομματιού επάνω στις οποίες τρίβεται το εργαλείο δεν προφθάνουν να οξειδωθούν ή να σκεπασθούν από άλλα στρώματα και κατά συνέπεια μπορούμε να δεχθούμε ότι υφίσταται καθαρή μεταλλική επαφή ανάμεσα στο εργαλείο και στο απόβλητο και ανάμεσα στο εργαλείο και στο κομμάτι. Περιορίζεται βέβαια σημαντικά αυτή η μεταλλική επαφή με χρήση τέτοιου υγρού κοπής, που να μπορεί να δράσει ως λιπαντικό. Κάτω από τις πολύ δυσμενείς αυτές συνθήκες εργασίας του, το κοπτικό εργαλείο φθείρεται ή και αστοχεί.

Η αστοχία ενός εργαλείου οφείλεται σε μία ή σε συνδυασμό των παρακάτω αιτιών:

1. Στην ανάπτυξη **ζώνης φθοράς** στην ελεύθερη επιφάνεια του εργαλείου
2. Στη δημιουργία φθοράς επάνω στην επιφάνεια αποβλήτου του εργαλείου, την οποία καλούμε **φθορά κρατήρα** λόγω της μορφής την οποία παίρνει.
3. Στην απολέπιση του εργαλείου στην κόψη του και στην επιφάνεια αποβλήτου κατά τον τεμαχισμό της ψευδόκοψης και γενικότερα εξαιτίας δημιουργίας συγκολλητών μικροδεσμών.
4. Μικροθραύσεις στην κόψη εξαιτίας μηχανικών τάσεων ή κρούσεων.
5. Πλαστική παραμόρφωση της ακής του κοπτικού εργαλείου, από τις υψηλές θερμοκρασίες και τάσεις, που επικρατούν στην περιοχή αυτή.
6. Δημιουργία ρωγμών, λόγω μεγάλων διαφορών θερμοκρασίας.
7. Θραύση της ακής του εργαλείου, που οφείλεται κυρίως σε επιβολή κρουστικών φορτίων.



Εικόνα 17. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά της ζώνης φθοράς και της φθοράς κρατήρα

Από τις αναφερθείσες αιτίες αστοχίας των κοπτικών εργαλείων οι δύο πρώτες δεν είναι δυνατό να αποφευχθούν, οποιαδήποτε μέτρα και αν ληφθούν και πρακτικώς τα δύο αυτά είδη φθοράς αποτελούν αύξουσα συνεχή συνάρτηση του χρόνου κοπής. Το κοπτικό εργαλείο, συνεπώς, φθείρεται προοδευτικά στην επιφάνεια αποβλήτου και στην ελεύθερη επιφάνειά του μέχρι να αστοχήσει. Οι υπόλοιπες αιτίες αστοχίας δεν είναι δυνατόν να

αποτελέσουν, προς το παρών, κριτήρια αστοχίας, λόγω ανεπαρκούς γνώσεως της πολύπλοκης εξαρτήσεώς τους από βασικές μεταβλητές και παραμέτρους της κοπής των μετάλλων.

Το είδος της κατεργασίας, οι συνθήκες κατεργασίας, η γεωμετρική μορφή του κοπτικού εργαλείου, ο συνδυασμό υλικών τεμαχίου-εργαλείου και το είδος του υγρού κοπής καθορίζουν τη μορφή και το μέγεθος της φθοράς των κοπτικών εργαλείων. Η φθορά κρατήρα και η ζώνη φθοράς επηρεάζουν τη λειτουργία του κοπτικού εργαλείου κατά διάφορους τρόπους. Οι δυνάμεις κοπής αυξάνονται εν γένει με την πρόοδο της φθοράς. Η φθορά κρατήρα εν τούτοις, υπό ορισμένες συνθήκες, έχει ως αποτέλεσμα ελάττωση των δυνάμεων κοπής, λόγω αύξησεως της γωνίας αποβλήτου του εργαλείου. Η ζώνη φθοράς πάντοτε, συμβάλει στην αύξηση των δυνάμεων κοπής, από την αύξηση της δυνάμεως τριβής στην επιφάνεια επαφής εργαλείου-τεμαχίου. Η τραχύτητα επιφανείας γενικά χειροτερεύει, καθώς το εργαλείο φθείρεται στην ελεύθερη του επιφάνεια.

Η ζώνη φθοράς μεταβάλλει τη γεωμετρία του εργαλείου, με αποτέλεσμα να επηρεάζει τη διαστατική ακρίβεια του τεμαχίου ή την ακρίβεια μορφής του, όταν αυτό κατεργάζεται με εργαλείο μορφής ή προκύπτει από γένεση. Η δυναμική συμπεριφορά του συστήματος εργαλείο-τεμάχιο-εργαλειομηχανή επηρεάζεται δυσμενώς από τη φθορά του εργαλείου. Η ζώνη φθοράς αυξάνει την τάση του κοπτικού εργαλείου για δυναμική αστάθεια. Κατεργασία κοπής, για παράδειγμα, που είναι απαλλαγμένη από ταλαντώσεις, όταν το κοπτικό εργαλείο είναι οξύ, είναι δυνατό να εμπλακεί σε απaráδεκτες ταλαντώσεις, όταν αυτό φθείρεται.

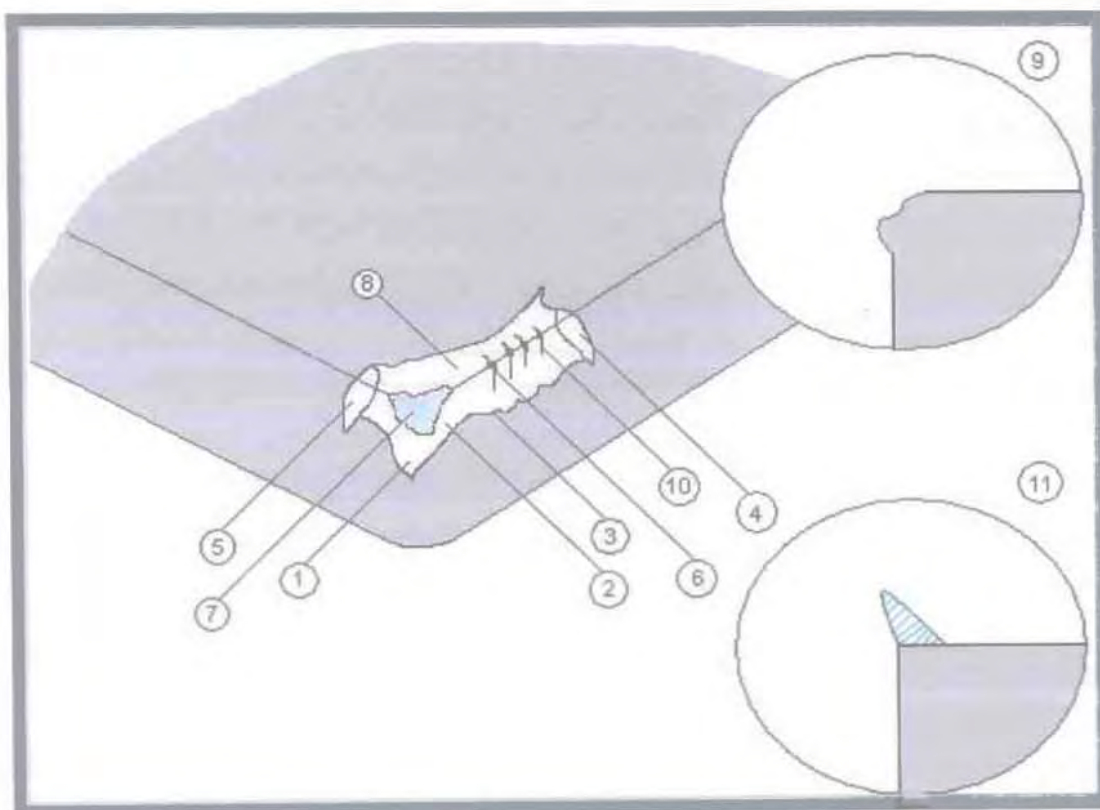
Παρακάτω αναφέρονται οι παράγοντες που επιδρούν στη ζωή του εργαλείου:

1. Οι συνθήκες κοπής (ταχύτητα κοπής, πρόωση, βάθος κοπής).
2. Η γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου.
3. Το υλικό του εργαλείου.
4. Το υλικό του τεμαχίου.
5. Το υγρό κοπής.

6. Η δυναμική συμπεριφορά του συστήματος εργαλειομηχανή-εργαλείο-τεμάχιο.
7. Ο τρόπος προσδέσεως εργαλείου και τεμαχίου.

3.2 Μορφές φθοράς κοπτικού εργαλείου και αίτια δημιουργίας.

Στην συνέχεια θα γίνει αναλυτική παρουσίαση, με την βοήθεια σχημάτων, των κυριότερων μορφών φθοράς ενός κοπτικού εργαλείου, οι αιτίες οι οποίες το προκαλούν και οι τρόποι αντιμετώπισης τους.



Εικόνα 18. Διαφορετικές μορφές καταστροφής του κοπτικού εργαλείου.

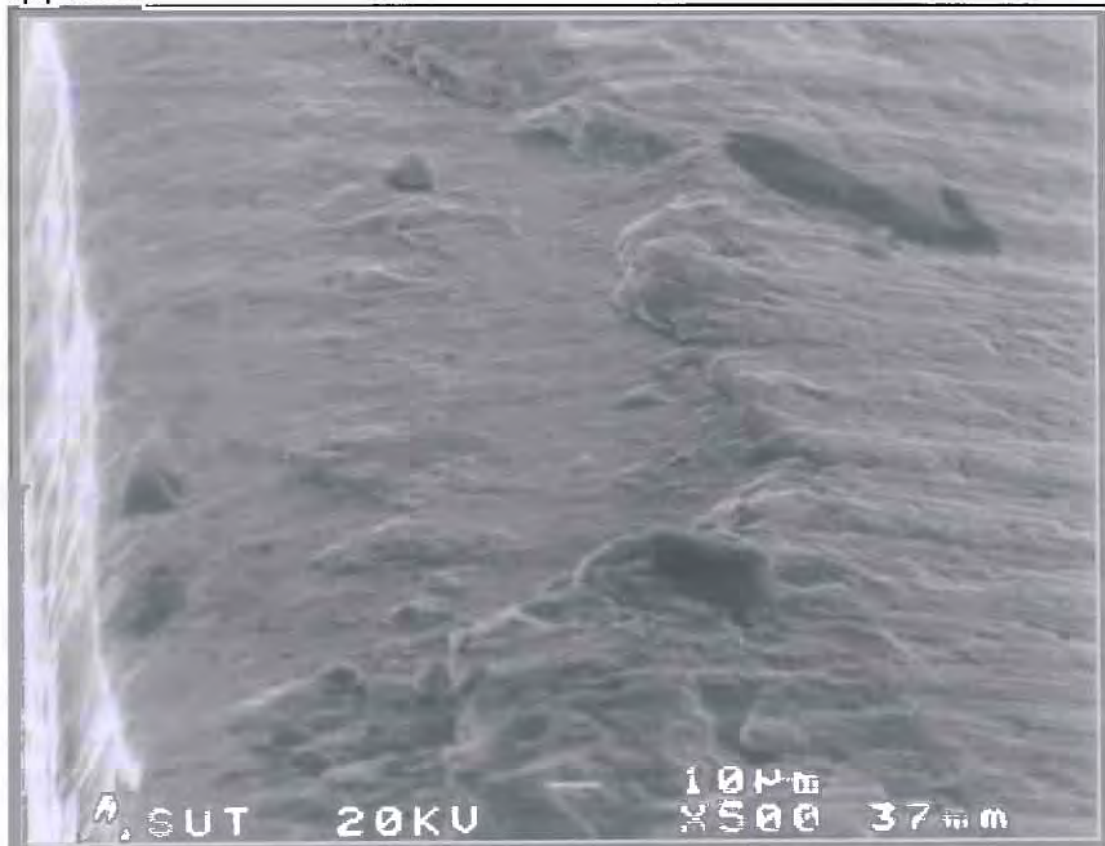
Με την βοήθεια της εικόνας 17, θα ξεχωρίσουμε τις περιπτώσεις αστοχίας ενός κοπτικού υλικού όπως επίσης και τα αίτια τα οποία προκαλούν την αστοχία.

Αστοχία Νο:1-5

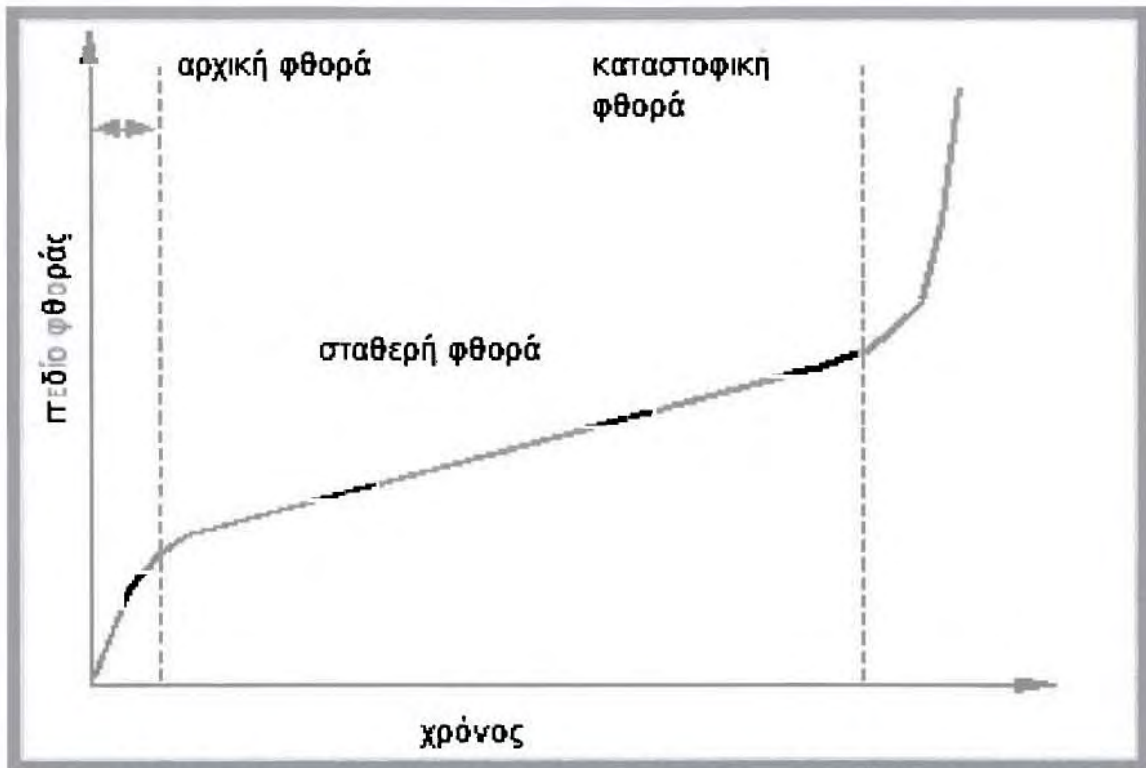
Τύπος αστοχίας: Πεδίο φθοράς.(Flank wear)

Αιτία:

Αυτός ο τύπος φθοράς προέρχεται κυρίως από το φαινόμενο της τριβής που λαμβάνει χώρα στις 2 πλευρικές επιφάνειες. Αυτό που προκαλεί αυτό το είδος φθοράς είναι οι σκληρές ίνες ή οι κόκκοι που υπάρχουν στο τεμάχιο κατεργασίας. Οφείλεται στην ολίσθηση / τριβή του εργαλείου επάνω στο τεμάχιο και συνδέεται με μηχανισμούς συγκόλλησης (adhesion) και διάβρωσης/τριβής (abrasion) που ενισχύονται από τις μεγάλες θερμοκρασίες της κοπής. Το πεδίο φθοράς προκαλεί σταδιακή μείωση του βάθους κοπής. Στην εικόνα 19 φαίνεται σε μικροσκόπιο το πεδίο φθοράς ενός κοπτικού εργαλείου.



Εικόνα 19.



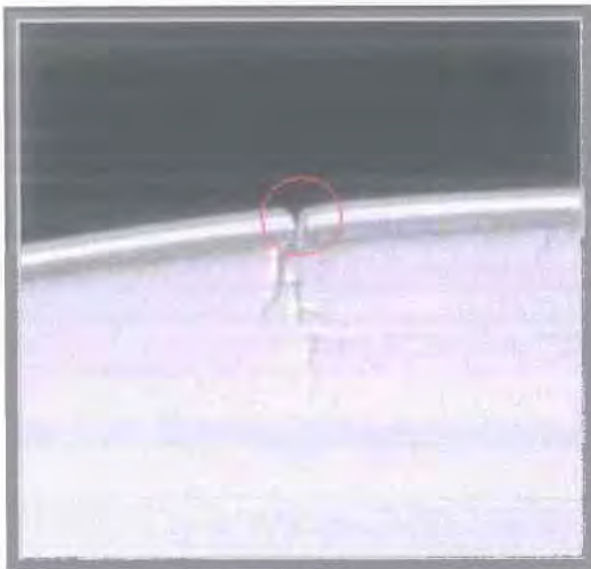
Εικόνα 20. Σε αυτό το διάγραμμα φαίνονται τα 3 στάδια του πεδίου φθοράς σε συνάρτηση με τον χρόνο.

Αστοχία Νο:6

Τύπος αστοχίας: αποκολλήσεις. (chipping)

Αιτία:

Σε αυτή την περίπτωση παρατηρείται απώλεια μικρών κομματιών λόγω θραύσης, η οποία μπορεί να προκαλείται είτε από υψηλή πίεση που ασκείται στο υλικό προς κατεργασία κατά την κοπή, είτε από κάποιο <<χτύπημα>> λόγω δονήσεων. Αυτές οι δονήσεις μπορεί να προέρχονται από πολλούς λόγους, ένας από τους οποίους είναι η λανθασμένη στήριξη του κομματιού στο τσόκ με αποτέλεσμα το κομμάτι να εκτελεί μια παλινδρομική κίνηση στο ένα του άκρο. Αυτές συμβαίνουν σε μικρό-κλίμακα οπότε εμπίπτουν στη φθορά και σε μακρό-κλίμακα οπότε εμπίπτουν στην καταστροφική θραύση



Εικόνα 21. Μέσα στον κόκκινο κύκλο παρατηρούμε την αποκόλληση ενός μικρού κομματιού.

Αστοχία Νο:7

Τύπος αστοχίας: μερική θραύση ή μερικό σπάσιμο(*partial fracture*)

Αιτία:

Αυτήν την μερική θραύση την προκαλεί η μηχανική σύγκρουση μεταξύ κομματιού και κοπτικού εργαλείου, όταν ασκείται μια υπερβολικά μεγάλη δύναμη κοπής στην κοπτική ακμή από το κομμάτι στο κοπτικό εργαλείο. Αυτή η υπερβολική δύναμη είναι πιθανό να προέρχεται από μεγάλο βάθος κοπής. Η μερική θραύση σχήμα μας αναγκάζει να αλλάξουμε κοπτική ακμή αλλά όχι και κοπτικό εργαλείο. Υπάρχει όμως περίπτωση η μερική θραύση να πάρει τεράστιες διαστάσεις. Στην τελευταία περίπτωση θα μιλούσαμε για ολική θραύση σχήμα, κάτι το οποίο κάνει επιτακτική την ανάγκη αλλαγής του κοπτικού εργαλείου.



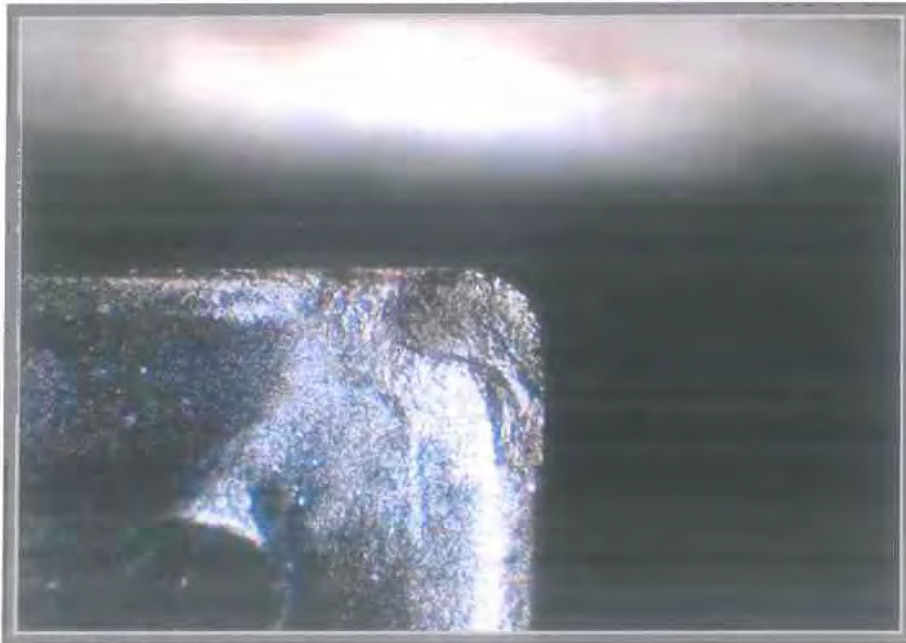
Εικόνα 21. μερική και ολική θραύση

Αστοχία Νο:8

Τύπος αστοχίας: φθορά κρατήρα.(Crater wear)

Αιτία:

Η κύρια αιτία είναι βασικά ο συνδυασμός φθοράς από τριβή και συγκολλήσεων, μεταξύ των μικροθραυσμάτων και της επάνω επιφάνειας του κοπτικού εργαλείου. Έτσι όσο μεγαλώνει ο χρόνος κατεργασίας, τόσο περισσότερο γίνεται αντιληπτός ο κρατήρας που δημιουργείται.



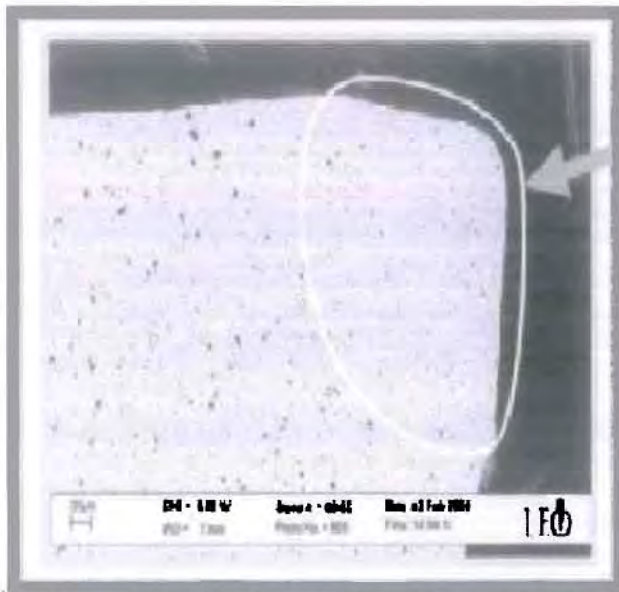
Εικόνα 22. Φθορά κρατήρα.

Αστοχία Νο:9

Τύπος αστοχίας: Πλαστική παραμόρφωση.(Plastic deformation)

Αιτία:

Η αιτία σε αυτήν την περίπτωση είναι η υψηλή θερμοκρασία που αναπτύσσεται κατά την κοπή η οποία με την σειρά της παραμορφώνει την ακμή του κοπτικού υλικού. Έτσι στην μικρή περιοχή της ακμής του εργαλείου, η θερμοκρασία που αναπτύσσεται ξεπερνάει το σημείο τήξης του κοπτικού υλικού, με αποτέλεσμα να μειωθεί η σκληρότητα του κοπτικού εργαλείου. Αυτή η μείωση της σκληρότητας σε συνδυασμό με τις υπάρχουσες τάσεις και εφαρμοζόμενες δυνάμεις κατά την κοπή οδηγεί σε πλαστική παραμόρφωση του εργαλείου



Εικόνα 23. Το βέλος δείχνει την περιοχή της πλαστικής παραμόρφωσης.

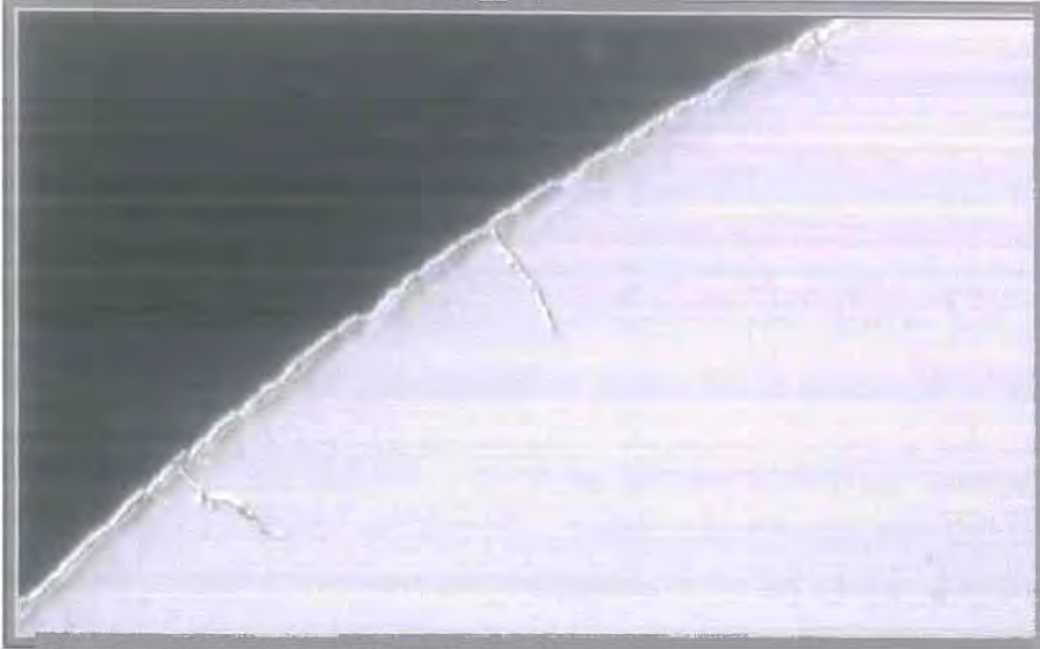
Αστοχία Νο:10

Τύπος αστοχίας: *Θερμική ρωγμή(thermal crack)*

Αιτία:

Για να φέρουμε ένα ακατέργαστο υλικό στις γεωμετρικές προδιαγραφές που εμείς επιθυμούμε, το υλικό αυτό σε πολλές περιπτώσεις περνάει από πολλές φάσεις κατεργασίας. Κατά την διάρκεια μίας κατεργασίας η θερμοκρασία του κοπτικού υλικού αυξάνεται απότομα.. Όταν όμως η διαδικασία της κοπής σταματήσει προσωρινά έως ότου ξαναρχίσει, η θερμοκρασία του κοπτικού μειώνεται απότομα. Άρα οι πολλές κατεργασίες, δημιουργούν έναν κύκλο απότομης αυξομείωσης της θερμοκρασίας του κοπτικού που έχει σαν αποτέλεσμα την θερμική καταπόνηση και θερμική εξάντληση του εργαλείου. Αυτή η θερμική εξάντληση μπορεί να προκαλέσει

ρωγμή στην επιφάνεια του υλικού μας.



Εικόνα 24. Χαρακτηριστικές θερμικές ρωγμές.

Αστοχία No:11

Τύπος αστοχίας: ψευδόκοψη.(*Built up edge*)

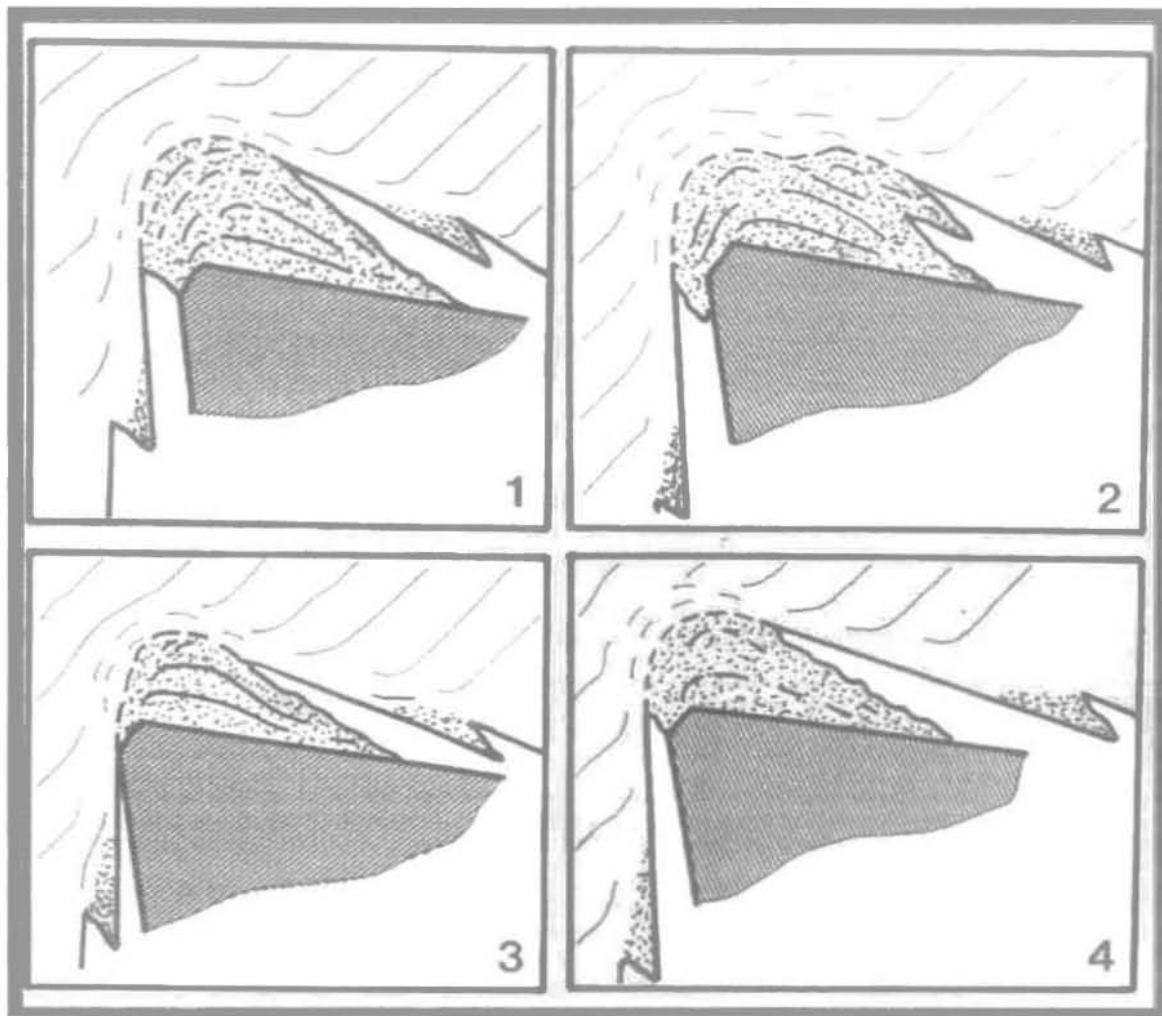
Αιτία:

Κατά την διαδικασία δημιουργίας του αποβλήτου, υπό κατάλληλες προϋποθέσεις, είναι δυνατόν να δημιουργηθεί στην κόψη του εργαλείου η ψευδόκοψη. Πρόκειται για σφηνοειδές, ασύμμετρο σώμα από ισχυρά παραμορφωμένο και σκληρυμένο υλικό του τεμαχίου, όπως φαίνεται στην εικόνα 25. Στο σχήμα αυτό διακρίνονται η κοπτική ακμή του εργαλείου που έχει μορφή σφήνα, το κατεργαζόμενο τεμάχιο, το απόβλητο που παράγεται και η ψευδόκοψη ανάμεσα στο κοπτικό εργαλείο και το τεμάχιο. Η ψευδόκοψη αυτή δημιουργείται από επάλληλα στρώματα υλικού του τεμαχίου, που προσκολλώνται στην επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου



Εικόνα 25. Ψευδόκοψη

Η ψευδόκοψη αναπτύσσεται καθώς η κοπή προχωρεί. Όταν η ψευδόκοψη αποκτά ένα ορισμένο μέγεθος, αποχωρίζονται από το σώμα της, λόγω των δυνάμεων κοπής, μικρά κομμάτια τα οποία προσκολλώνται είτε στο απόβλητο που ρέει, είτε στην νεοσχηματισμένη επιφάνεια του τεμαχίου. Ο περιοδικός αυτός σχηματισμός και τεμαχισμός της ψευδόκοψης φαίνεται στην εικόνα 26, όπου παρατηρείται στην φάση 2 ο διαχωρισμός της ψευδόκοψης προς το απόβλητο και την κατεργασμένη επιφάνεια του τεμαχίου, τεμαχισμός που ολοκληρώνεται στη συνέχεια.



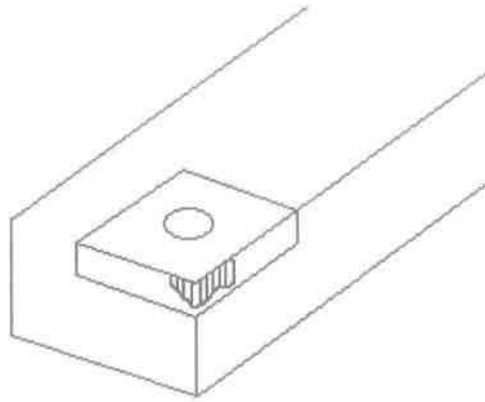
Εικόνα 26. Φάσεις δημιουργίας της ψευδόκοψης

Οι περιπτώσεις 1 έως 7 προέρχονται από μηχανικά αίτια ενώ τα αίτια που προκαλούν τις περιπτώσεις 8 έως 11 έχουν χημική προέλευση.

3.2.1 Τρόποι αντιμετώπισης.

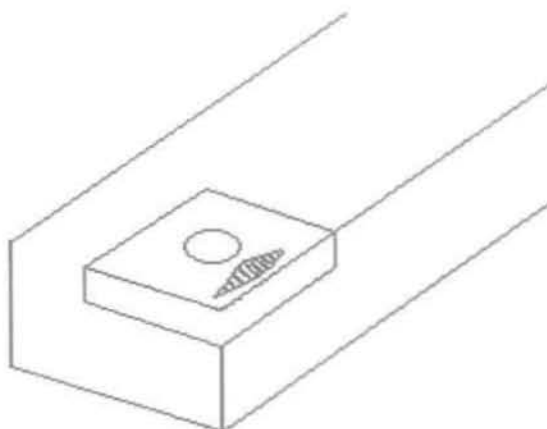
Σε αυτό το υποκεφάλαιο θα δούμε με ποιους τρόπους μπορούμε να αντιμετωπίσουμε τις διαφορετικές μορφές φθοράς ενός κοπτικού εργαλείου, είτε αυτές προέρχονται από τις συνθήκες κοπής είτε από τα χαρακτηριστικά του εργαλείου.

- Υπερβολικό πεδίο φθοράς



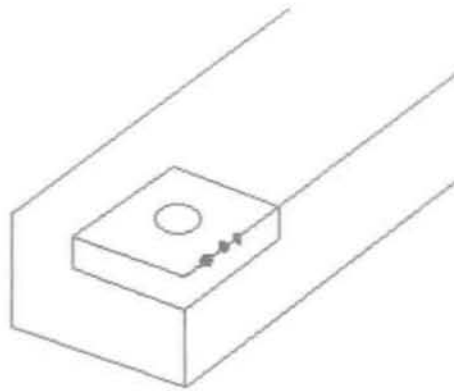
ΑΙΤΙΑ	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ
<u>Υλικό κοπτικού εργαλείου</u>	Επιλέγουμε ένα υλικό με μεγαλύτερη αντίσταση στη φθορά.
<u>Συνθήκες κοπής</u>	Μειώνουμε την ταχύτητα κοπής.
<u>Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κοπτικού εργαλείου</u>	Επιλέγουμε εργαλείο με μεγαλύτερη γωνία αποβλήτου.

- Υπερβολική φθορά κρατήρα



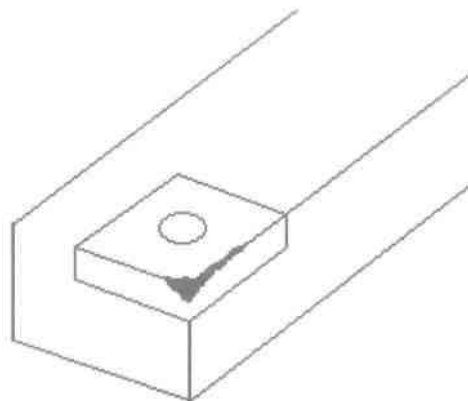
ΑΙΤΙΑ	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ
<u>Υλικό κοπτικού εργαλείου</u>	Επιλέγουμε ένα υλικό με μεγαλύτερη αντίσταση στη φθορά κρατήρα, πχ με επικάλυψη τιτανίου.
<u>Συνθήκες κοπής</u>	-Μειώνουμε την ταχύτητα κοπής. -Μειώνουμε την πρόωση. -Μειώνουμε το βάθος κοπής.
<u>Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κοπτικού εργαλείου</u>	-Επιλέγουμε εργαλείο με μεγαλύτερη γωνία αποβλήτου. -Επιλέγουμε ένα εργαλείο με κατάλληλο για την κατεργασία γρεζοσπάστη.

- Αποκολλήσεις



ΑΙΤΙΑ	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ
<u>Υλικό κοπτικού εργαλείου</u>	<p>-Επιλέγουμε ένα υλικό με μεγαλύτερη σκληρότητα.</p> <p>-Αν η αιτία είναι το φαινόμενο της ψευδόκοψης, επιλέγουμε ένα λιγότερο ευαίσθητο υλικό, πχ κεραμομέταλλο (cermet).</p>
<u>Συνθήκες κοπής</u>	<p>Αν η αιτία είναι το φαινόμενο της ψευδόκοψης, απλά αυξάνουμε την ταχύτητα κοπής.</p>
<u>Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κοπτικού εργαλείου</u>	<p>-Επιλέγουμε εργαλείο με μικρότερη γωνία αποβλήτου.</p>

- Θραύση η σπάσιμο κοπτικής άκρης



ΑΙΤΙΑ	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ
<u>Υλικό κοπτικού εργαλείου</u>	-Επιλέγουμε ένα υλικό με μεγαλύτερη σκληρότητα.
<u>Συνθήκες κοπής</u>	-Μειώνουμε το βάθος κοπής -Μειώνουμε την πρόωση -Επιλέγουμε εργαλείο με κάποια επιπλέον επικάλυψη, έτσι ώστε ο γρεζοσπάστης στην άκρη της κοπτικής παρυφής να είναι πιο σκληρός. -Επιλέγω στέλεχος με μεγαλύτερη γωνία τοποθέτησης.
<u>Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κοπτικού εργαλείου</u>	-Επιλέγουμε μεγαλύτερο στέλεχος για να στερεώσουμε το κοπτικό εργαλείο, έτσι ώστε να επιτύχουμε μεγαλύτερη σταθερότητα χωρίς κραδασμούς.

- Ψευδόκοψη

ΑΙΤΙΑ	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ
<u>Υλικό κοπτικού ερναλείου</u>	-Επιλέγουμε ένα υλικό με μεγαλύτερη αντίσταση στις προσκολλήσεις.
<u>Συνθήκες κοπής</u>	-Αυξάνουμε την ταχύτητα κοπής. -Αυξάνουμε την πρόωση -Επιλέγουμε εργαλείο με μεγαλύτερη αντίσταση στην θερμότητα.

- Πλαστική παραμόρφωση

ΑΙΤΙΑ	ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ
<u>Υλικό κοπτικού ερναλείου</u>	-Επιλέγουμε ένα υλικό με μεγαλύτερη αντίσταση στην θερμότητα.
<u>Συνθήκες κοπής</u>	-Αυξάνουμε την ταχύτητα κοπής. -Αυξάνουμε την πρόωση -Επιλέγουμε εργαλείο με μεγαλύτερη αντίσταση στην θερμότητα.

4. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΤΟΡΝΕΥΜΕΝΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ

Το καθοριστικό στοιχείο της ποιότητας της επιφάνειας είναι η τραχύτητα. Η τιμή της τραχύτητας είναι ένα μέγεθος στοχαστικό, λόγω της μεταβλητότητας της κατεργασίας και του μετροτεχνικού σφάλματος. Ουσιαστικά η τραχύτητα δεν μετρείται, αλλά χαρακτηρίζεται.

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορα μέτρα τραχύτητας, που ανήκουν και στα δύο παραπάνω συστήματα, με ποικίλα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Τα παραπάνω, που είναι και παράμετροι μέτρησης της τραχύτητας, μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις ομάδες με κριτήριο τα χαρακτηριστικά του περιγράμματος που ποσοτικοποιούν.

- 1) Παράμετροι εύρους
- 2) Παράμετροι διαστήματος.
- 3) Στατιστικές παράμετροι.
- 4) Άλλες παράμετροι.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ενδεικτικά ορισμένοι παράμετροι μέτρησης της τραχύτητας. Ενδεχόμενη απόπειρα ορισμού του συνόλου αυτών θα ήταν ανέφικτη, καθώς έχουν προταθεί περισσότερες από εκατό παράμετροι χαρακτηρισμού της επιφανειακής τοπογραφίας. Οι συγκεκριμένες παράμετροι που αναλύονται, εκτός του ότι είναι από τις πλέον διαδεδομένες και χρήσιμες διεθνώς, είναι και αυτές που χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές που ακολουθούν.

Άξιο αναφοράς είναι το γεγονός ότι όλες οι παράμετροι που παρουσιάζονται αναφέρονται στην τραχύτητα και για αυτό το λόγο στον ορισμό τους χρησιμοποιείται το γράμμα R (Roughness). Παρόλα αυτά κατά πλήρη αντιστοιχία ορίζονται και οι παράμετροι της κυμάτωσης, οι οποίες χρησιμοποιούν το γράμμα W (waviness), αλλά και οι παράμετροι του αφιλτράριστου περιγράμματος (δηλαδή τραχύτητα συν κυμάτωση), που ξεκινούν με το γράμμα P (Profile).

4.1 Κατηγορίες τραχύτητας

- **Μέση αριθμητική τραχύτητα Ra**

Η μέση αριθμητική τραχύτητα είναι παράμετρος εύρους και ορίζεται από τη

Πρόκειται ουσιαστικά για την τυπική απόκλιση των αποστάσεων των κορυφών και των εσοχών από τη μέση γραμμή. Είναι περισσότερο ευαίσθητη από την R_a σε περιπτώσεις μεγάλων αποκλίσεων από την κεντρική γραμμή κάτι που αποτελεί μάλλον μειονέκτημα για το γενικό χαρακτηρισμό της επιφάνειας.

- **Μέγιστο ύψος από την κεντρική γραμμή R_p**

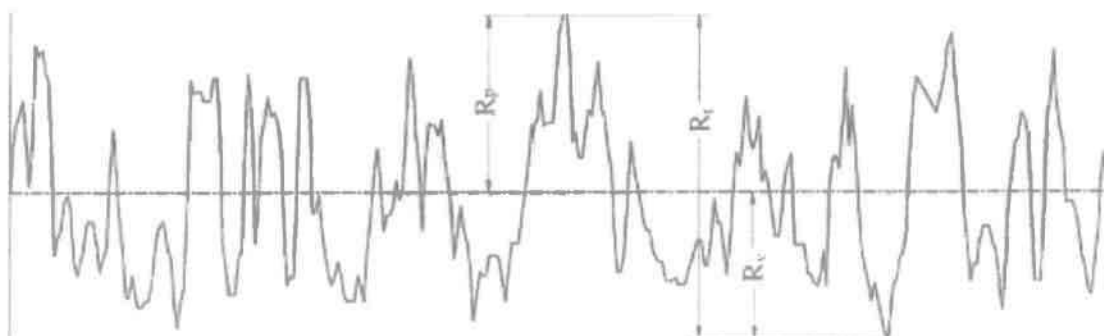
Είναι το μέγιστο ύψος του περιγράμματος από την κεντρική γραμμή εντός του δειγματοληπτικού μήκους .

- **Μέγιστο βάθος από την κεντρική γραμμή R_v**

Είναι το μέγιστο βάθος του περιγράμματος από την κεντρική γραμμή εντός του δειγματοληπτικού μήκους .

- **Μέγιστο βάθος R_t**

Είναι η υψομετρική διαφορά της υψηλότερης κορυφής των επιφανειακών ανωμαλιών από τη βαθύτερη κοιλάδα εντός του δειγματοληπτικού μήκους. Προφανώς ισχύει η σχέση $R_t = R_p + R_v$



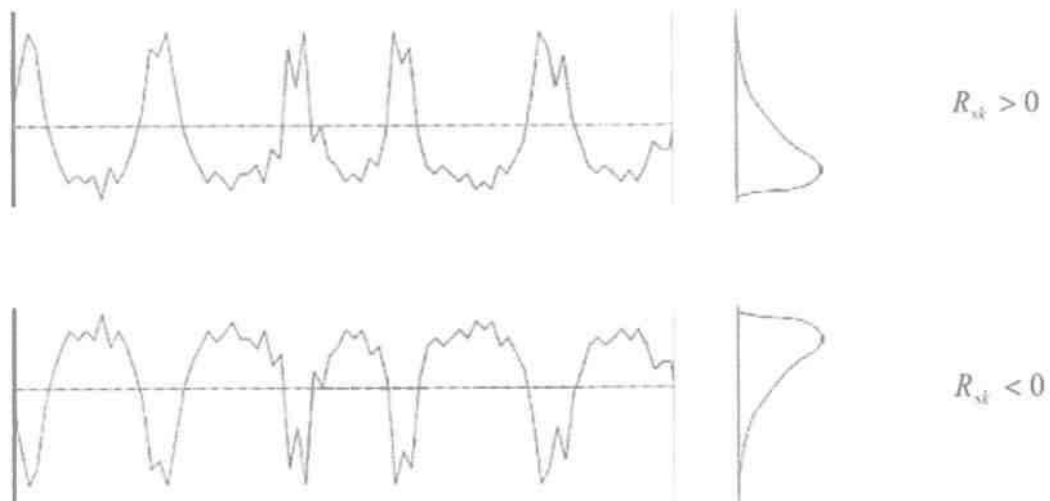
Εικόνα 28. Ορισμός των παραμέτρων R_p , R_v και R_t

Το μέγεθος R_t μετρείται πολύ εύκολα, έχει όμως το μειονέκτημα να παρουσιάζει ευαισθησία σε τυχαίες τοπικές ανωμαλίες (π.χ. αμυχή στην επιφάνεια) που βρίσκονται συμπτωματικά μέσα στο μήκος δειγματοληψίας και δεν χαρακτηρίζουν την επιφάνεια.

• **Λοξότητα R_{sk}** Η λοξότητα είναι η τρίτη κεντρική ροπή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας του περιγράμματος και ορίζεται ως εξής

$$R_{sk} = \frac{1}{R_v^3} \int_{-\infty}^{+\infty} y^3 p(y) dy$$

Δίνει το βαθμό ασυμμετρίας του περιγράμματος, όσον αφορά την κεντρική γραμμή, παίρνοντας μηδενική τιμή για περιγράμματα που περιγράφονται από την κανονική κατανομή. Πρόκειται για σημαντική παράμετρο όσον αφορά τριβολογικές εφαρμογές, όπως η λειτουργικότητα των επιφανειών έδρασης και ο έλεγχος φθοράς, καθώς επιφάνειες χαρακτηριζόμενες από θετική λοξότητα φθείρονται ταχύτερα κ.λπ.



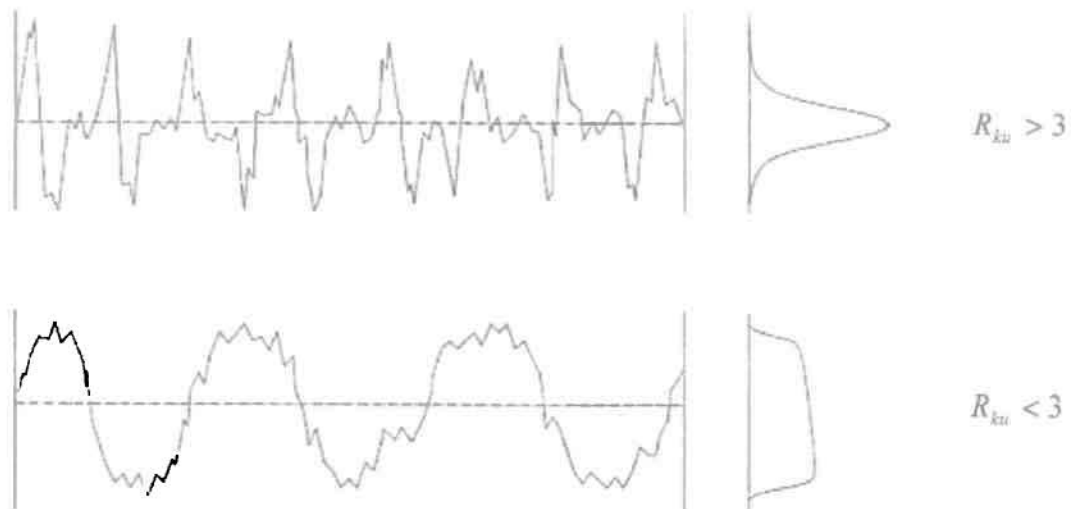
Εικόνα 29. Περιγράμματα επιφανειών με θετική και αρνητική λοξότητα

- **Κύρτωση R_{ku}**

Η κύρτωση είναι η τέταρτη κεντρική ροπή της συνάρτησης πυκνότητας πιθανότητας του περιγράμματος και ορίζεται από τη σχέση

$$R_{ku} = \frac{1}{R_q^4} \int_{-\infty}^{+\infty} y^4 p(y) dy$$

Δίνει το βαθμό οξύτητας του περιγράμματος και λαμβάνει τιμή ίση με 3 για περιγράμματα που ακολουθούν την κανονική κατανομή. Στην περίπτωση όπου $R_{ku} > 3$ η επιφάνεια εμφανίζει οξύτητα προεξοχών και χαρακτηρίζεται ως λεπτόκυρτη, ενώ όταν $R_{ku} < 3$ εμφανίζει αμβλύτητα προεξοχών και χαρακτηρίζεται ως πλατύκυρτη (εικόνα 30). Παρέχει δε πληροφορίες για την επιφάνεια επαφής και την αντίσταση της σε φθορά.

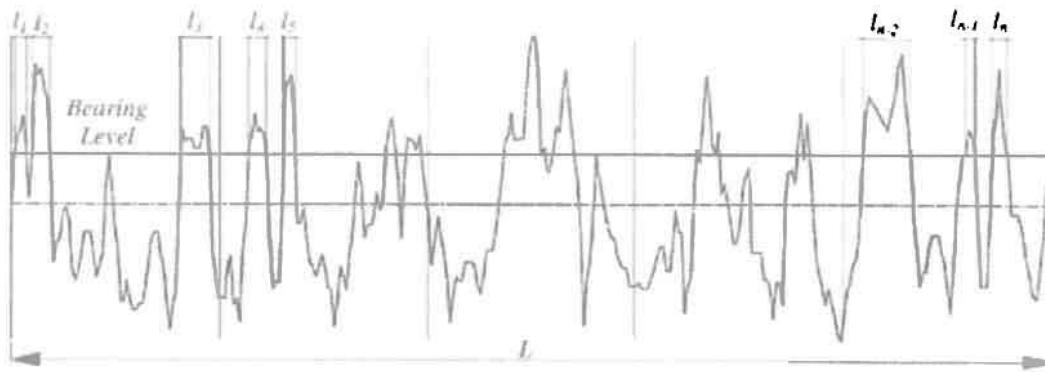


Εικόνα 30. Περιγράμματα επιφανειών με κύρτωση μεγαλύτερη και μικρότερη από 3.

- **Μήκος φέρουσας επιφάνειας R_{fp}**

Το μήκος φέρουσας επιφάνειας R_{fp} εκφράζεται ως το ποσοστό του μήκους επαφής προς το υπολογιζόμενο μήκος, για κάθε ύψος περιγράμματος. Από την εικόνα 31 είναι προφανές ότι το μήκος φέρουσας επιφάνειας υπολογίζεται από τη σχέση

$$R_{fp} = \frac{1}{L} \sum_{i=1}^n l_i$$



Εικόνα 31. Ορισμός του μήκους φέρουσας επιφάνειας R_{tp}

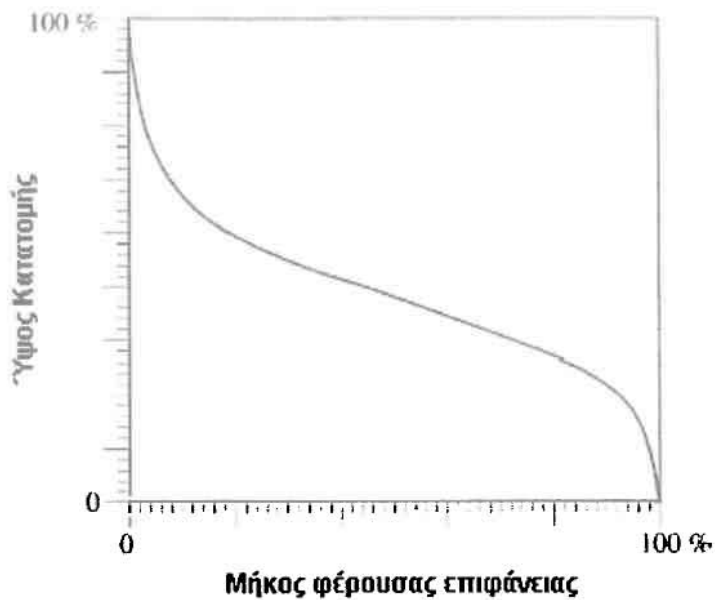
Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της παραμέτρου R_{tp} είναι τα παρακάτω.

- Είναι κλάσμα μήκους και όχι μιας περιοχής της επιφάνειας.
- Καθορίζεται από ένα μικρό δείγμα της επιφάνειας και αγνοεί τις ανωμαλίες που μπορεί να οφείλονται στην κυμάτωση.
- Σχετίζεται με την αφόρτιστη επιφάνεια, αλλά στην πράξη η επιφάνεια αυτή μπορεί να υφίσταται ελαστική παραμόρφωση.
- Η φθορά συχνά συνοδεύεται από φυσική διαρροή του υλικού και η γεωμετρική θεώρηση ότι οι κορυφές περικόπτονται ευθύγραμμα είναι μη ρεαλιστική.

Παρόλα αυτά η R_{tp} είναι μια παράμετρος η οποία έχει γίνει ευρέως αποδεκτή στη μηχανολογία, βρίσκοντας αρκετές εφαρμογές σε κρίσιμους τομείς όπως η τριβή, η φθορά κ.α.

Υπολογίζοντας την παράμετρο R_{tp} σε κάθε στάθμη του περιγράμματος προκύπτει η καμπύλη φέρουσας επιφάνειας (bearing area curve ή material ratio curve ή Abbott-Firestone curve) (εικόνα 32). Πρόκειται για την καμπύλη που παριστάνει την αθροιστική συχνότητα εμφάνισης ύψους ανωμαλίας μεγαλύτερου από δεδομένη στάθμη

$$P_{(y>h)} = \int_h^{\infty} p(y) dy$$



1.
Εικόνα 32. Η καμπύλη φέρουσας επιφάνειας

Η καμπύλη φέρουσας επιφάνειας. καμπύλη φέρουσας επιφάνειας ονομάζεται έτσι, διότι παριστάνει την πραγματική διατομή του υλικού που υπάρχει σε κάθε ύψος H και φέρει κατανεμημένο το εξωτερικά ασκούμενο φορτίο. Συσχετίζεται δε άμεσα με την τριβολογική συμπεριφορά και κυρίως με την πραγματική επιφάνεια επαφής, τη μηχανική αντοχή των κορυφών και τη φθορά

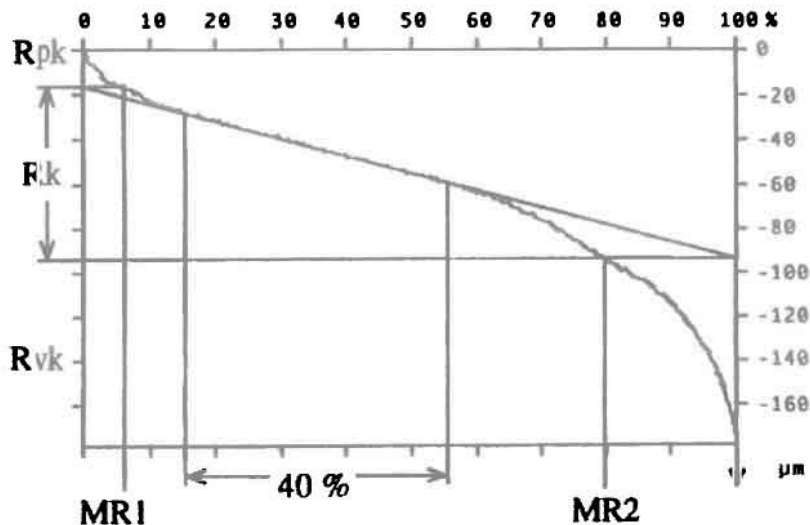
- **Ομάδα παραμέτρων R_k**

Η μορφή της καμπύλης φέρουσας επιφάνειας εμπεριέχει πολλές και σημαντικές πληροφορίες, όσον αφορά την συμπεριφορά του περιγράμματος. Η γερμανική αυτοκινητοβιομηχανία στην προσπάθειά της να μελετήσει κυλίνδρους μηχανών εσωτερικής καύσης δημιούργησε το πρότυπο DIN 4776: 1985 (ή πιο πρόσφατα ISO 13565-2: 1996). Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό επιχειρείται τόσο μια γραμμική προσέγγιση της καμπύλης φέρουσας επιφάνειας, όσο και ο ορισμός μιας σειράς παραμέτρων (εικόνα 33).

Πιο αναλυτικά αναζητείται εκείνο το ευθύγραμμο τμήμα το οποίο θα έχει μήκος ίσο με το 40% του συνόλου και παράλληλα θα έχει την ελάχιστη κλίση. Με την εύρεση της ευθείας γίνεται και η προέκταση της μέχρις ότου τμήσει τον άξονα. Ορίζονται έτσι οι παρακάτω παράμετροι.

- R_k : Εξομοιώνει τη βασική τραχύτητα, η οποία σχετίζεται με το τμήμα της επιφάνειας το οποίο και θα "φέρει" το φορτίο λειτουργίας, μετά το φαινόμενο "running-in"
- R_{pk} : Αντιστοιχεί στις μικρές κορυφές οι οποίες και θα φθαρούν γρήγορα κατά τη διάρκεια της αρχικής περιόδου λειτουργίας της επιφάνειας.
- R_{vk} : Παριστά τις κοιλάδες οι οποίες περιγράφουν τα κατώτερα μέρη της επιφάνειας και δείχνουν τη δυνατότητα του περιγράμματος να διατηρεί λιπαντικό κατά την περίοδο της λειτουργίας.
- $MR1$: Είναι το ανώτατο όριο της βασικής τραχύτητας.
- $MR2$: Είναι το κατώτατο όριο της βασικής τραχύτητας.

με την πραγματική επιφάνεια επαφής, τη μηχανική αντοχή των κορυφών και τη φθορά



Εικόνα 33. Ορισμός της ομάδας παραμέτρων R_k .

5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα δούμε συνολικά τα 12 βήματα μέσα από τα οποία καταγράφουμε σε κάθε περίπτωση ξεχωριστά, τις δυνάμεις κοπής, την φθορά και την τραχυμέτρηση.

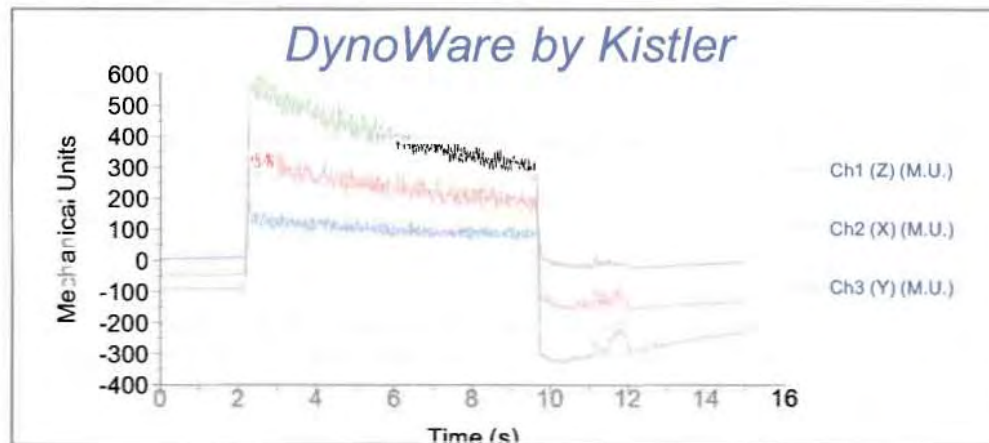
- **Πριν την πρώτη κοπή**



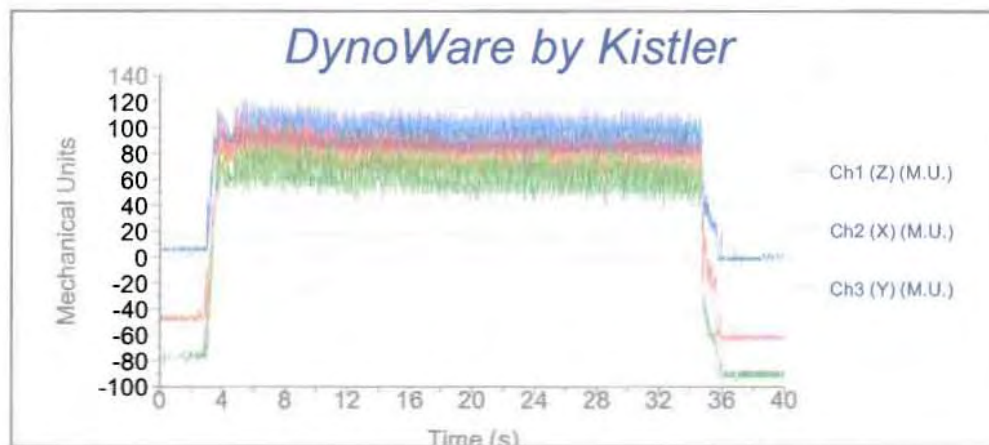
• Πρώτη κοπή: Ck60

Πρόωση	Μήκος κοπής	Διάμετρος	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.6	40mm	82mm	1mm	5.2sec	777
0.08	30mm	81mm	1mm	28.5sec	787

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ για πρόωση 0.6:

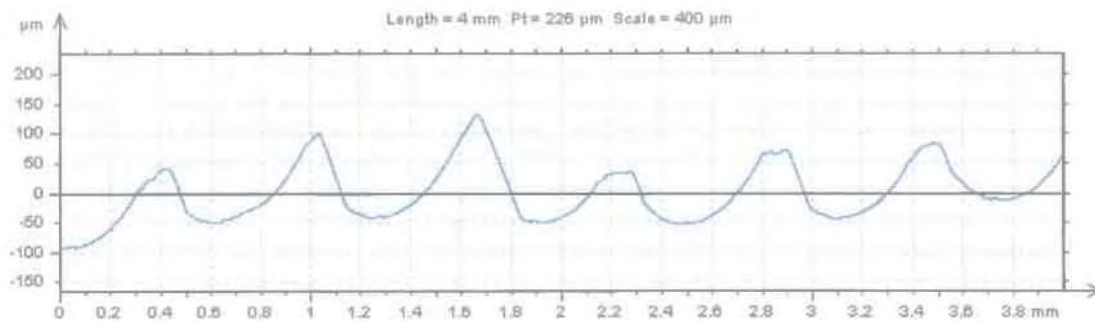


ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ για πρόωση 0.08:

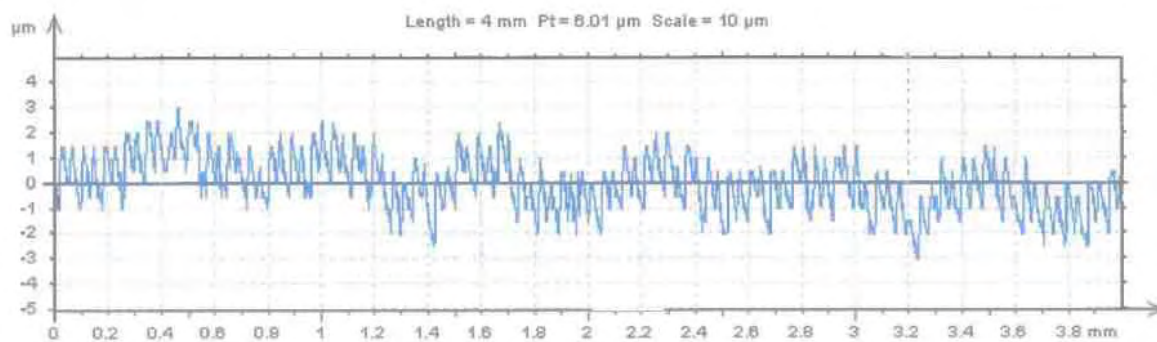


ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ

Για 0.6:



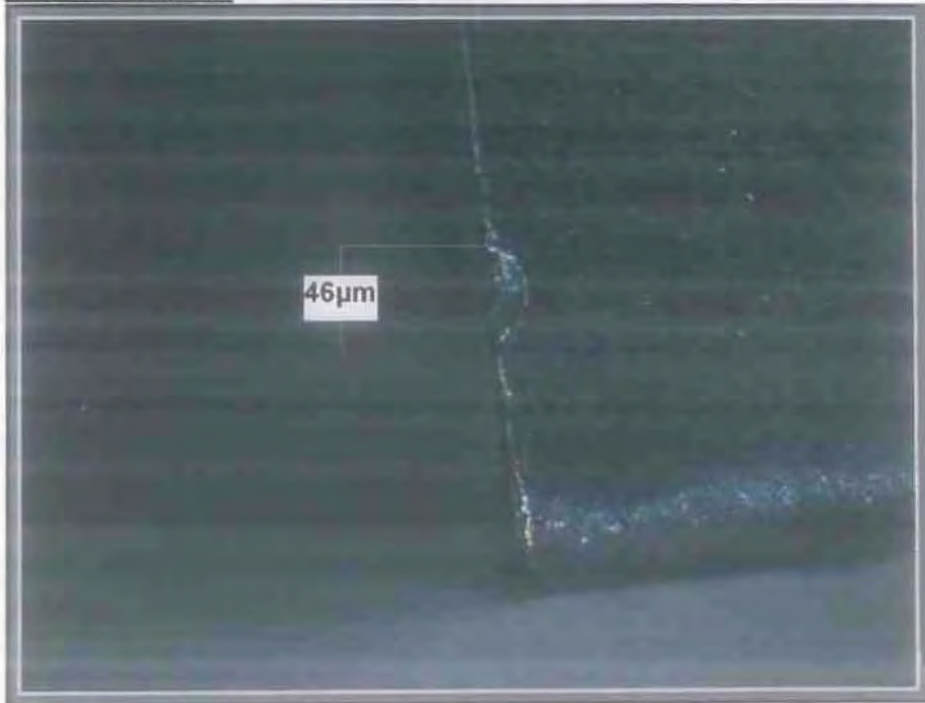
Για 0.08:



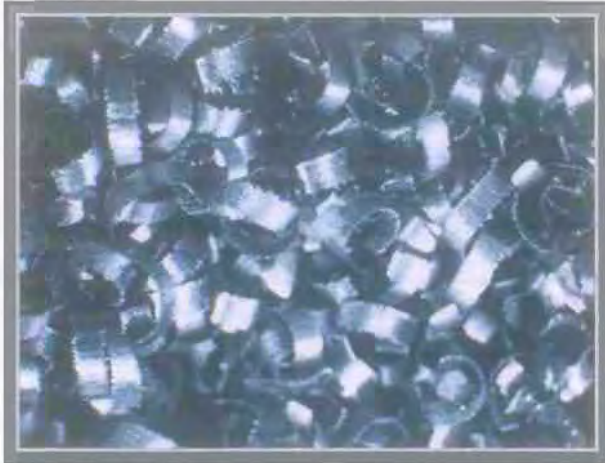
ΦΘΟΡΑ ΚΡΑΤΗΡΑ



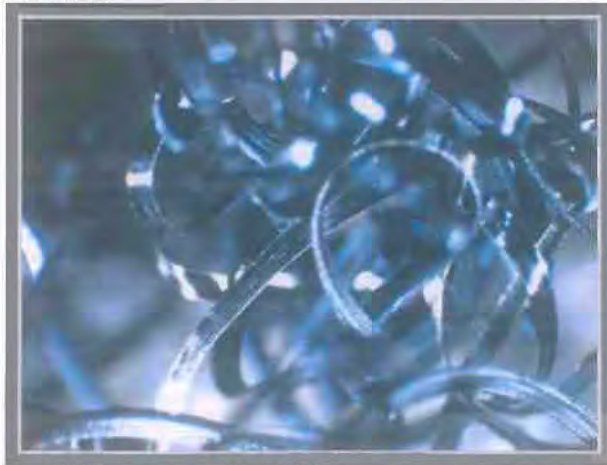
ΠΕΔΙΟ ΦΘΟΡΑΣ



ΑΠΟΒΛΗΤΟ
Για 0.6



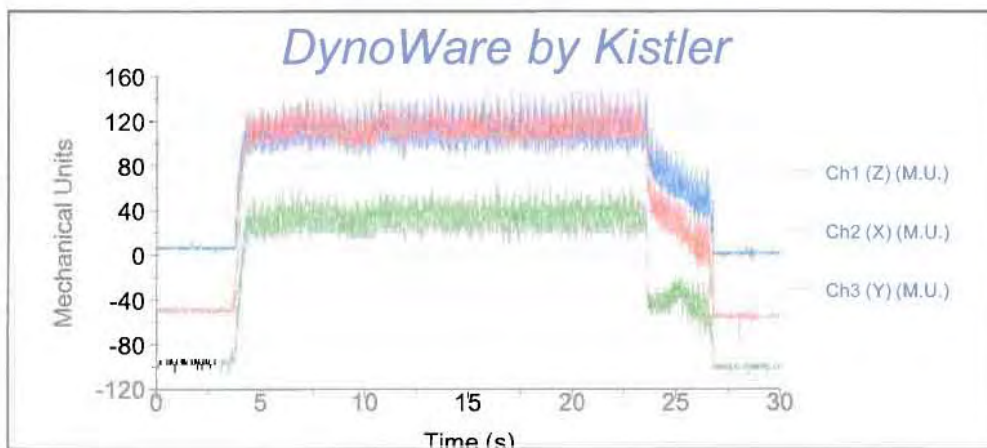
Για 0.08



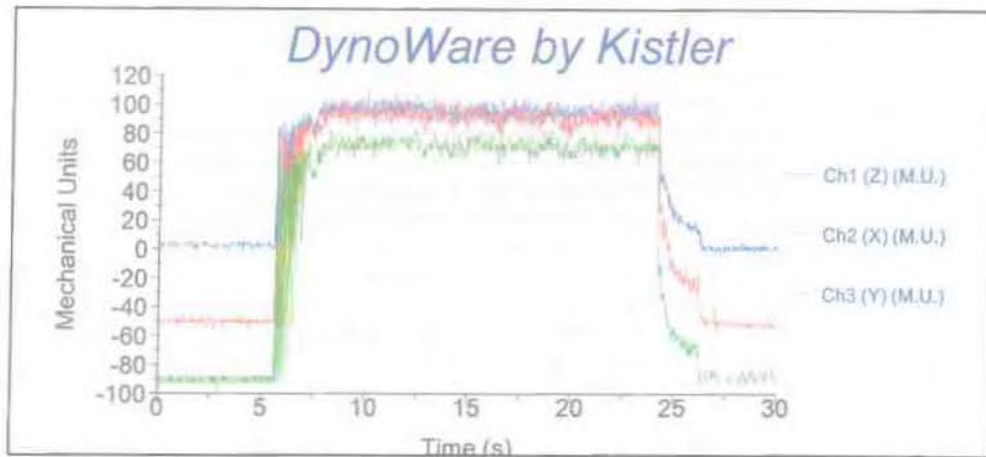
- **Δεύτερη κοπή: St37**

Πρόωση	Μήκος κοπής	Διάμετρος	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.6	100mm	78mm	1mm	12.2sec	816
0.08	20mm	77mm	1mm	17sec	838

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ για πρόωση 0.6:

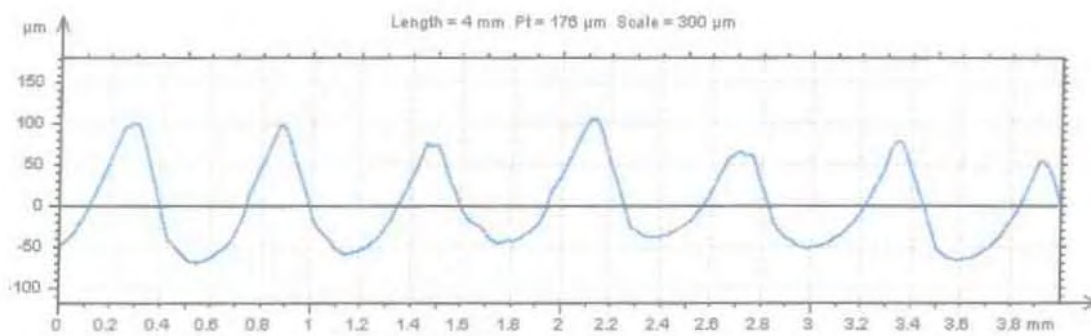


ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ για πρόωση 0.08:

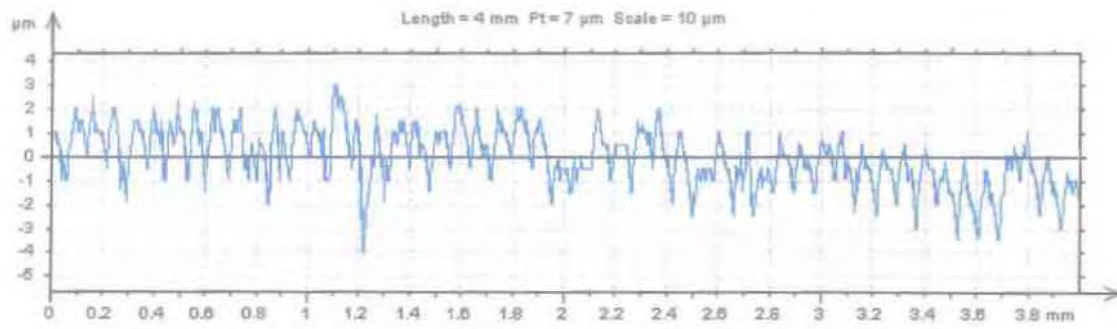


ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ

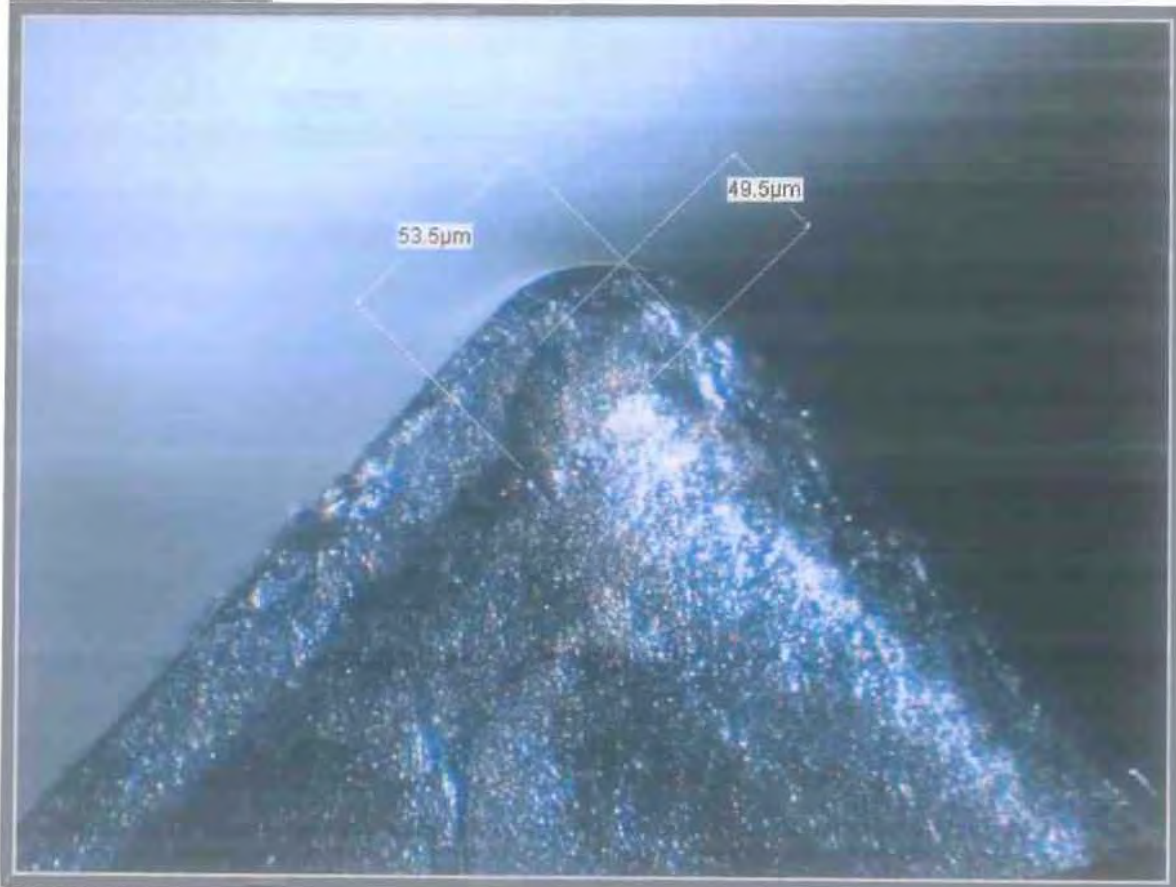
Για 0.6:



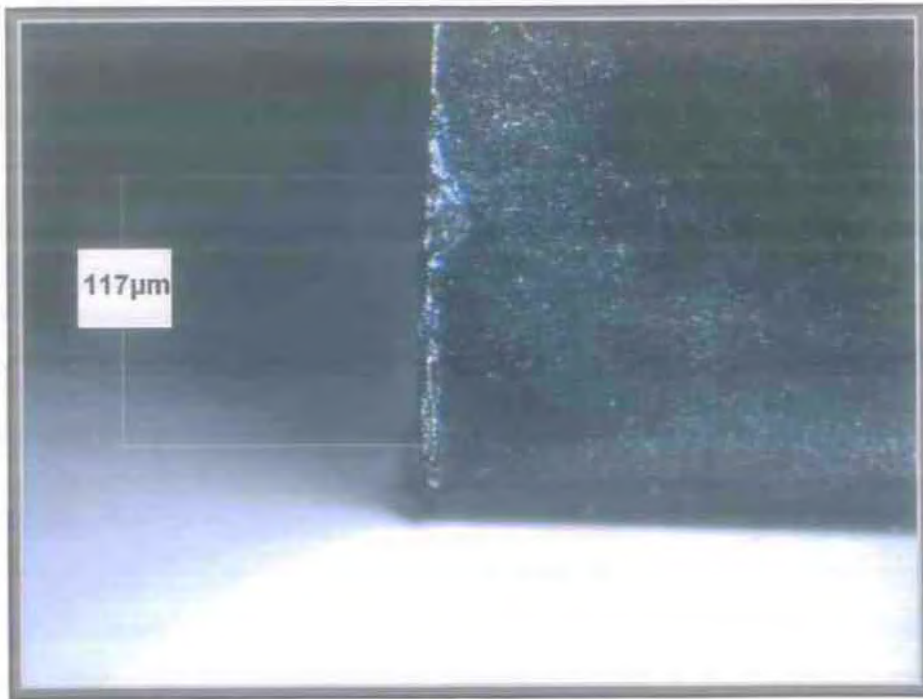
Για 0.08:



ΦΘΟΡΑ ΚΡΑΤΗΡΑ



ΠΕΔΙΟ ΦΘΟΡΑΣ



ΑΠΟΒΛΗΤΟ
Για 0.6



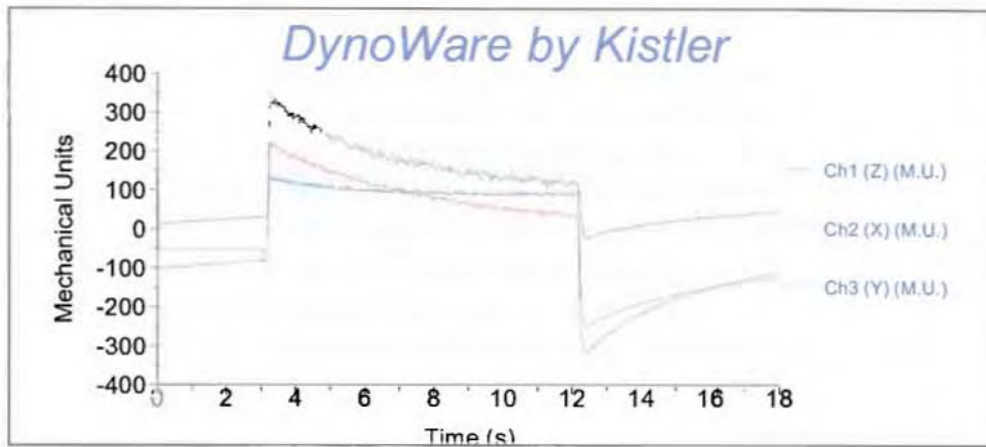
Για 0.08



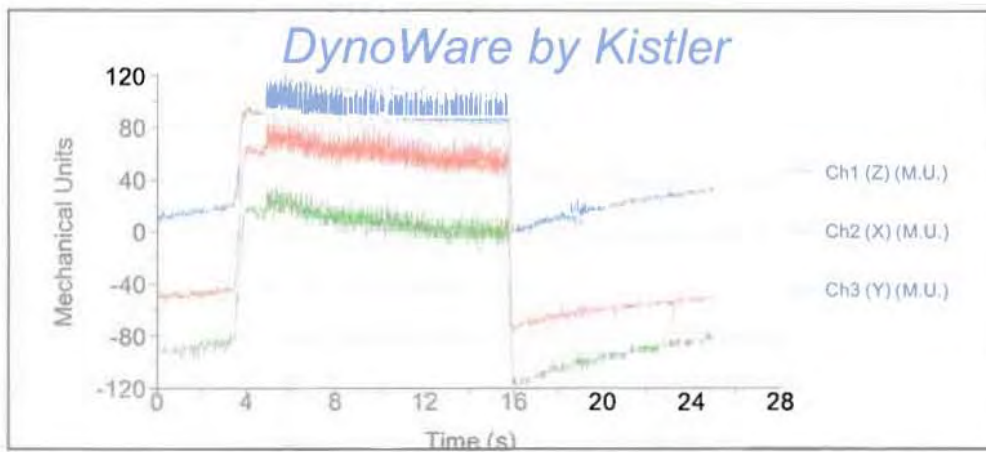
- Τρίτη κοπή: C35

Πρόωση	Μήκος κοπής	Διάμετρος	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.6	60mm	52mm	1mm	4.9sec	1224
0.08	20mm	51mm	1mm	12sec	1248

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ για πρόωση 0.6

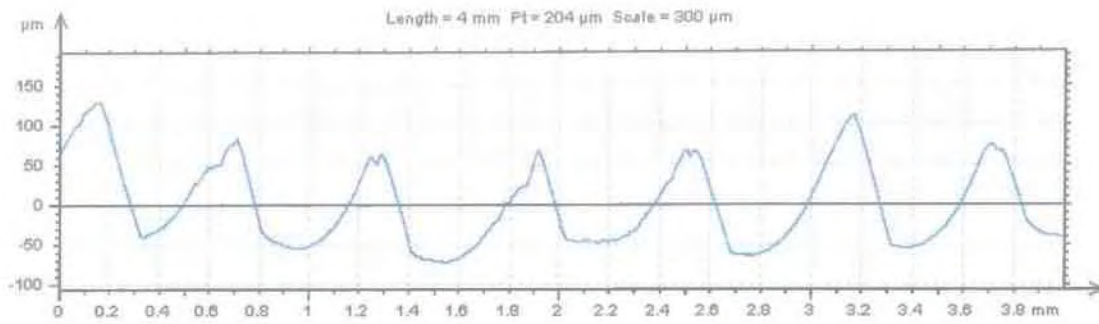


ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ για πρόωση 0.08

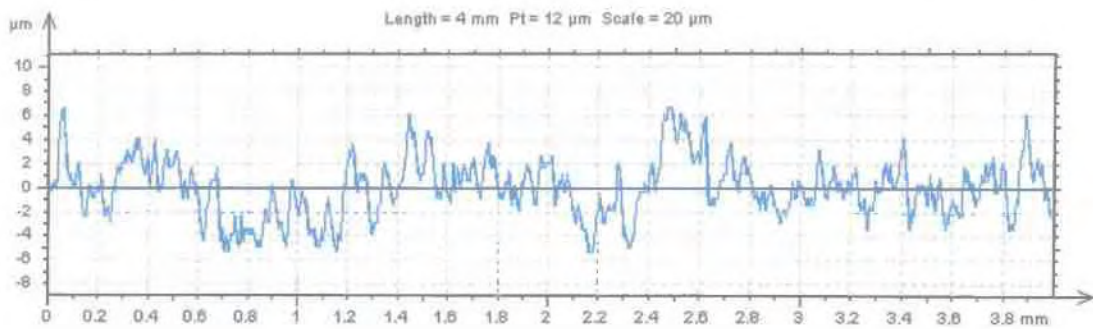


ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ

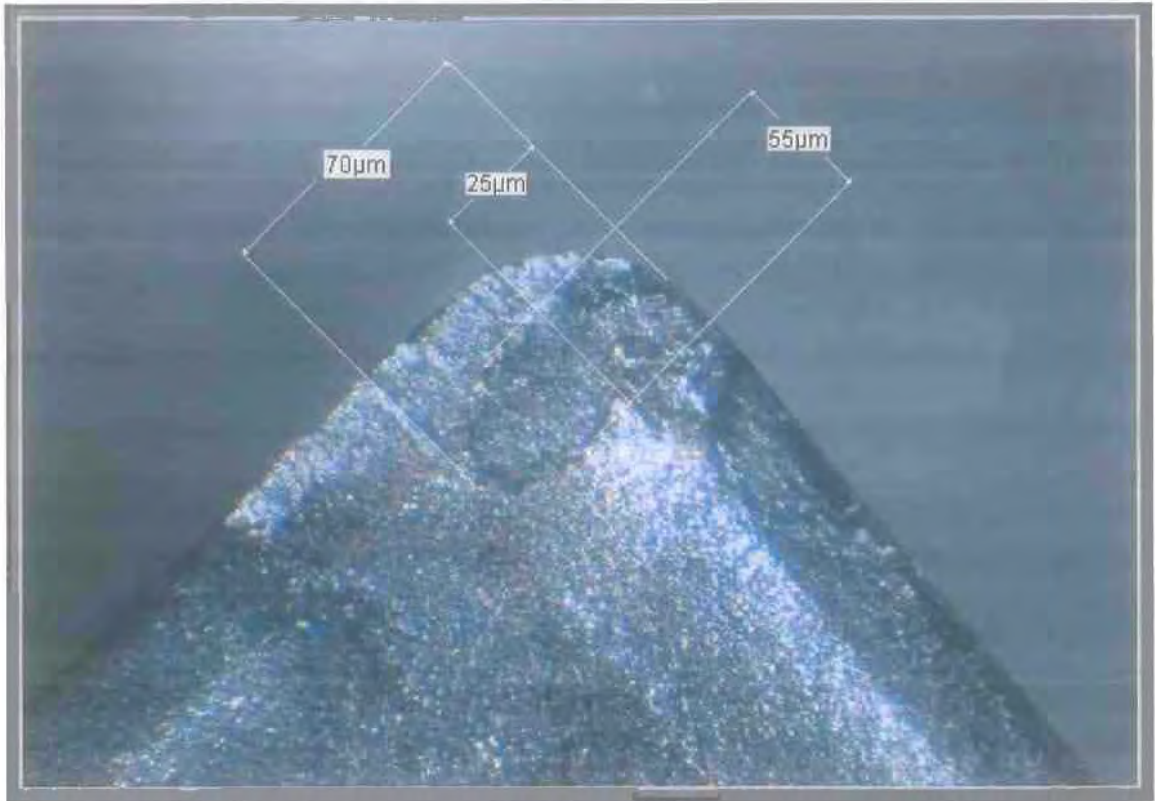
Για 0.6:



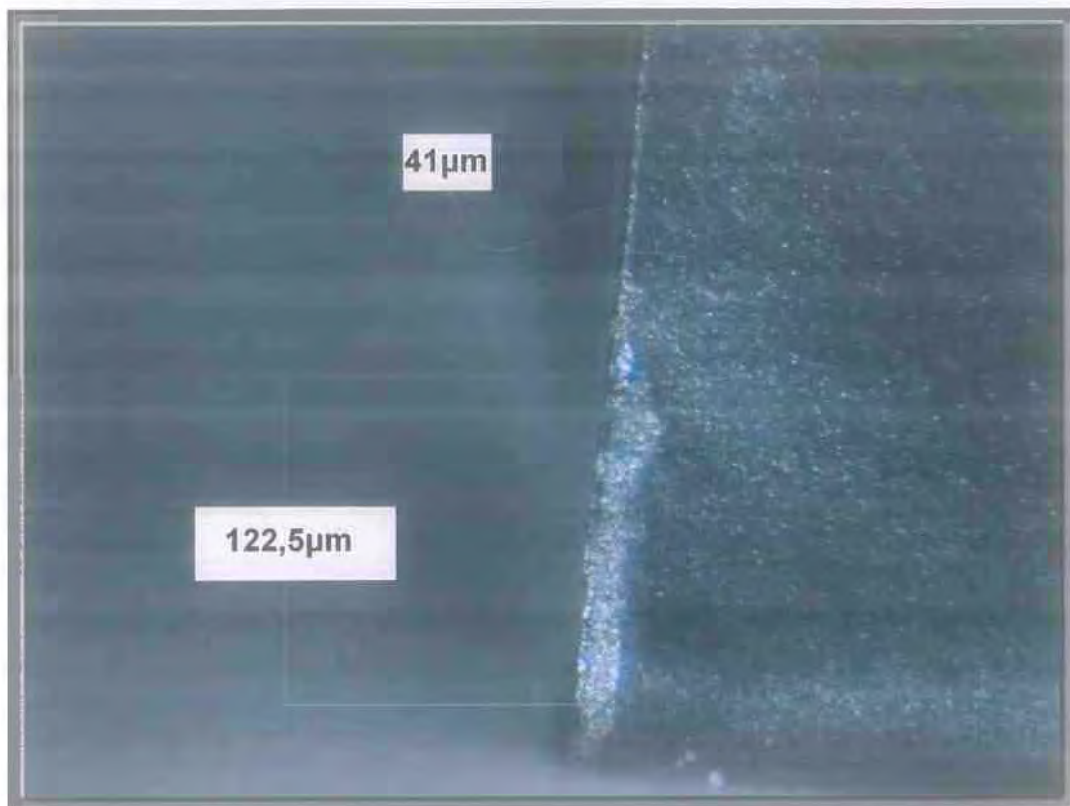
Για 0.08:



ΦΘΟΡΑ ΚΡΑΤΗΡΑ

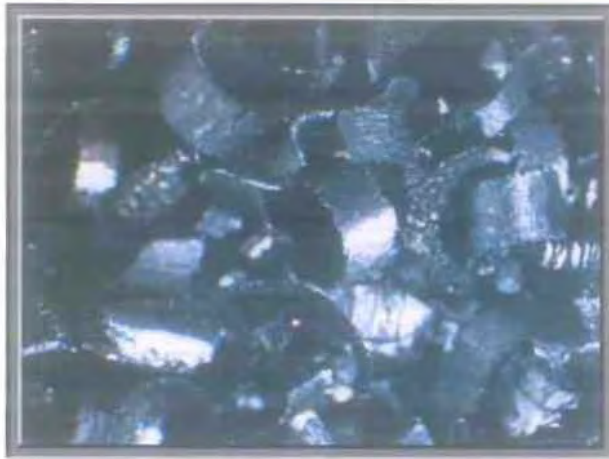


ΠΕΔΙΟ ΦΘΟΡΑΣ



ΑΠΟΒΛΗΤΟ

Για 0.6



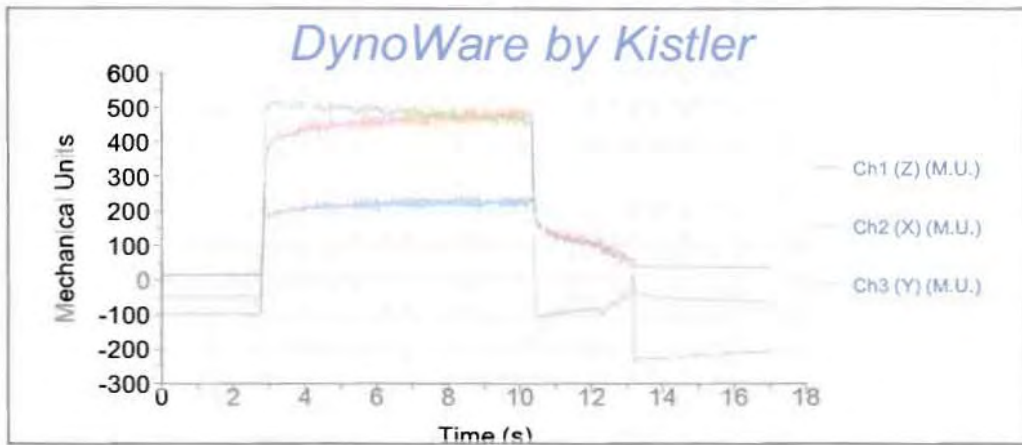
Για 0.08



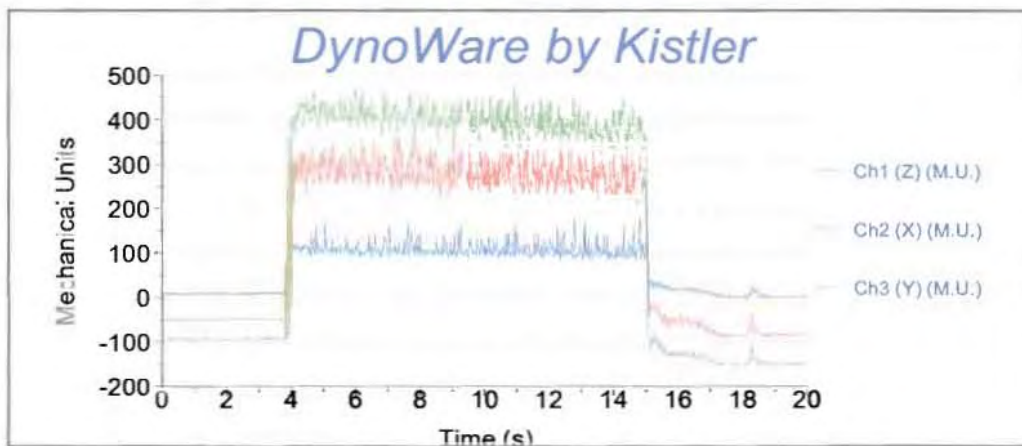
• Τέταρτη κοπή: 304

Πρόωση	Μήκος κοπής	Διάμετρος	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.6	60mm	79mm	1mm	7.4sec	806
0.08	20mm	78mm	1mm	18sec	816

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ *για πρόωση 0.6*

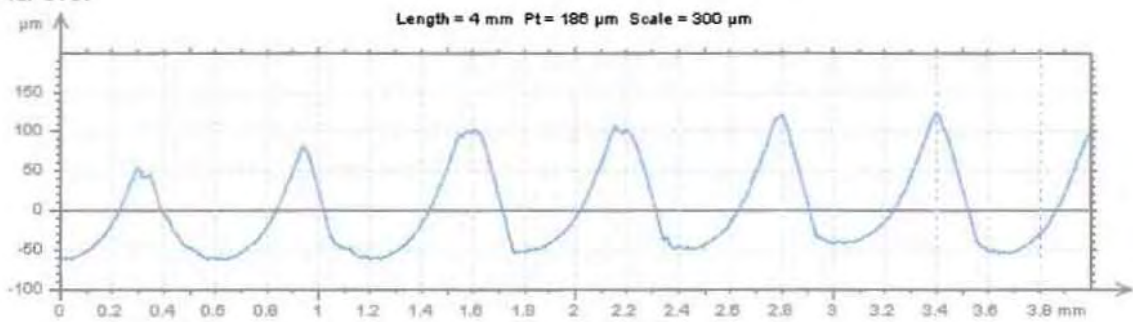


ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ για πρόωση 0.08

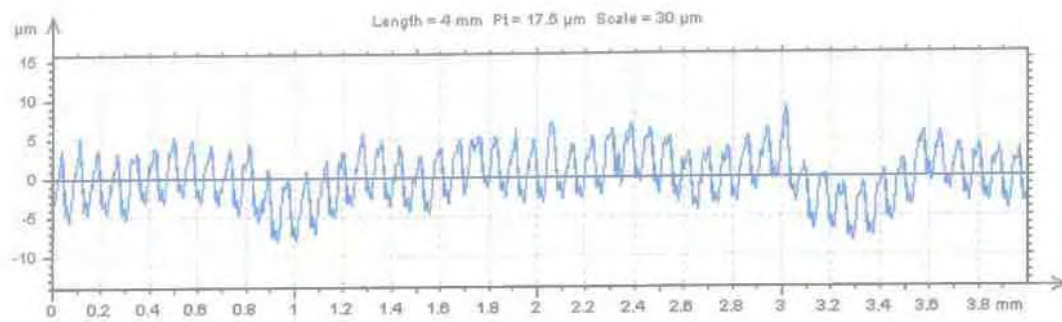


ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ

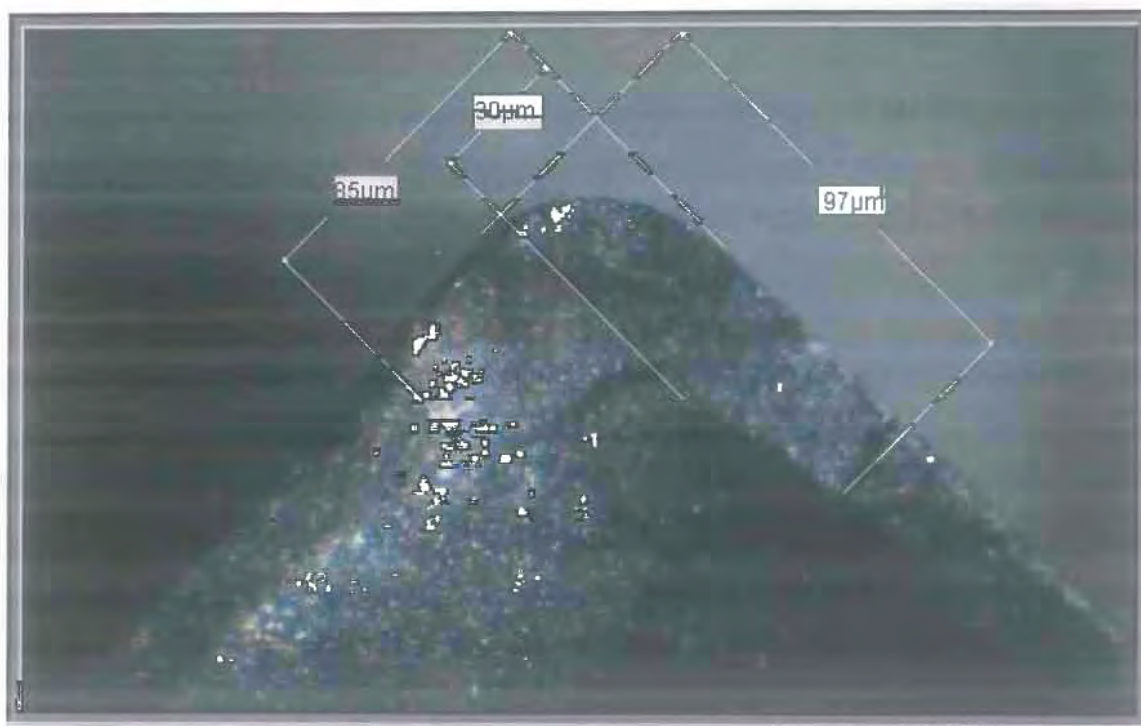
Για 0.6:



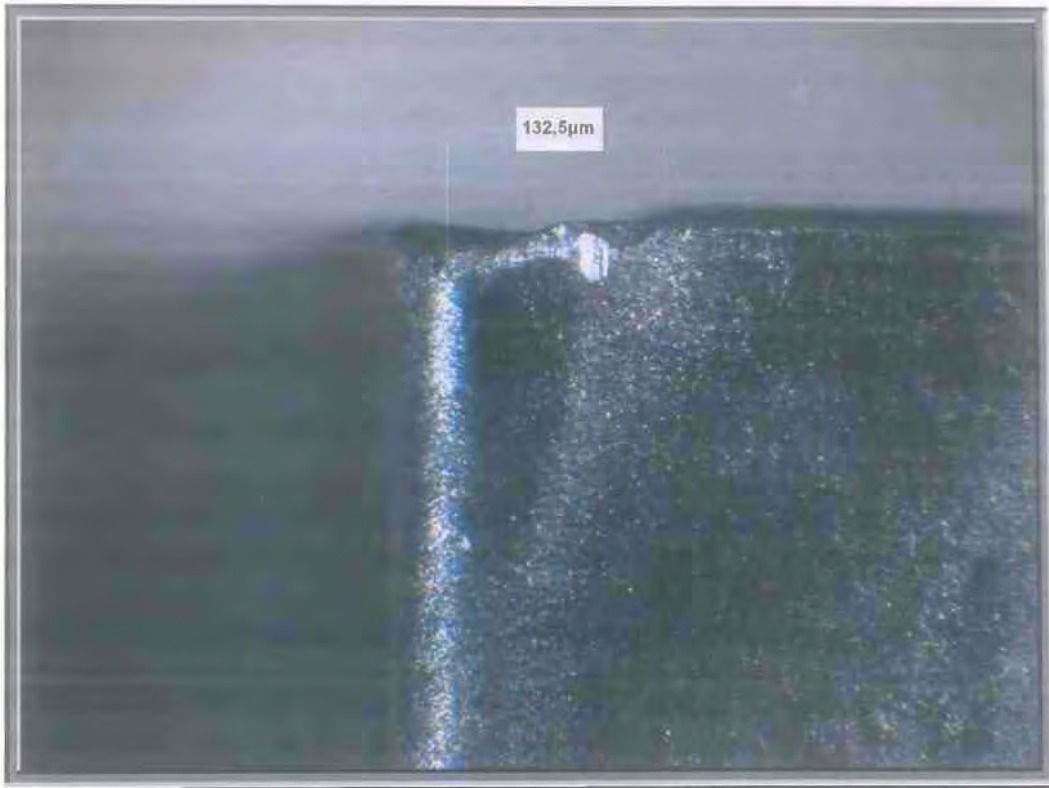
Για 0.08:



ΦΘΟΡΑ ΚΡΑΤΗΡΑ



ΠΕΔΙΟ ΦΘΟΡΑΣ



ΑΠΟΒΛΗΤΟ
Για 0.6



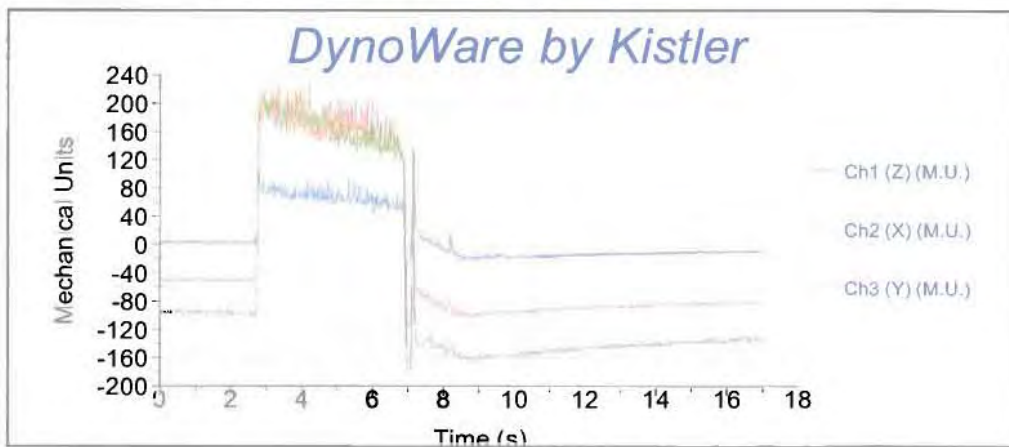
Για 0.08



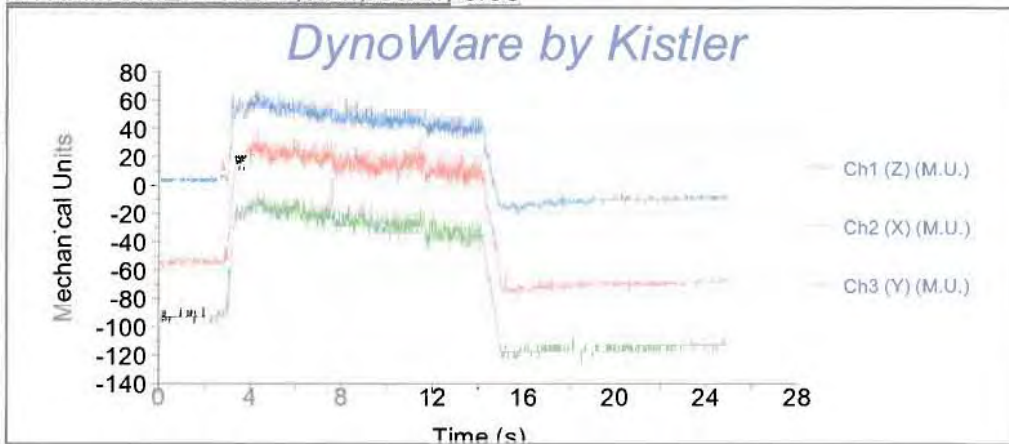
• **Πέμπτη κοπή: Al**

Πρόωση	Μήκος κοπής	Διάμετρος	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.6	60mm	45mm	1mm	7.4sec	1415
0.08	20mm	44mm	1mm	10.36sec	1447

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ για πρόωση 0.6

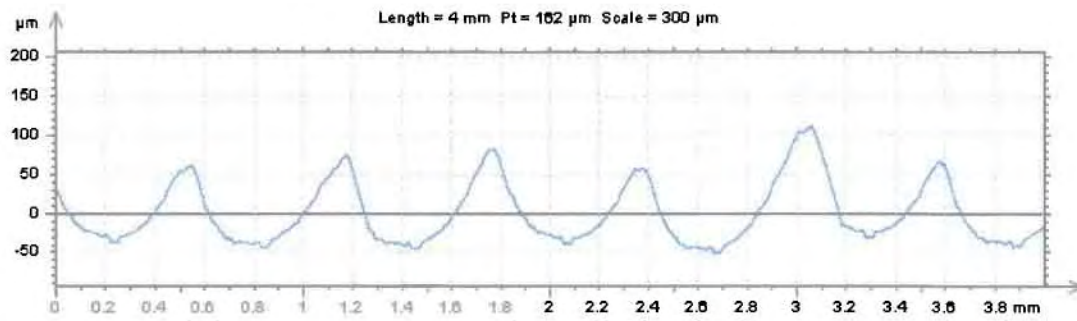


ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ για πρόωση 0.08

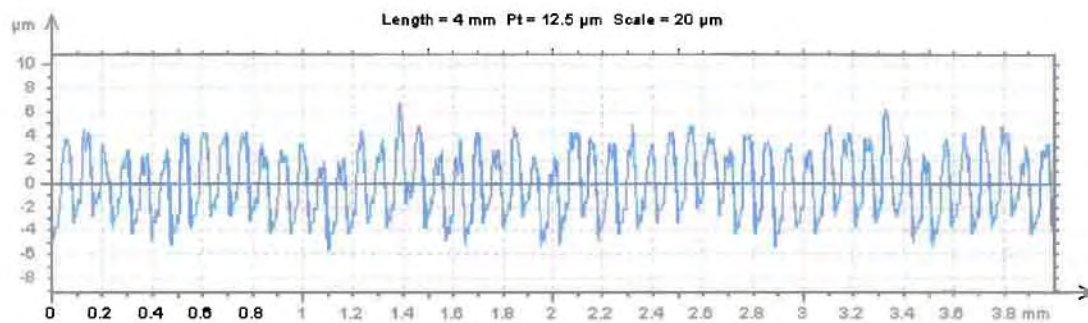


ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ

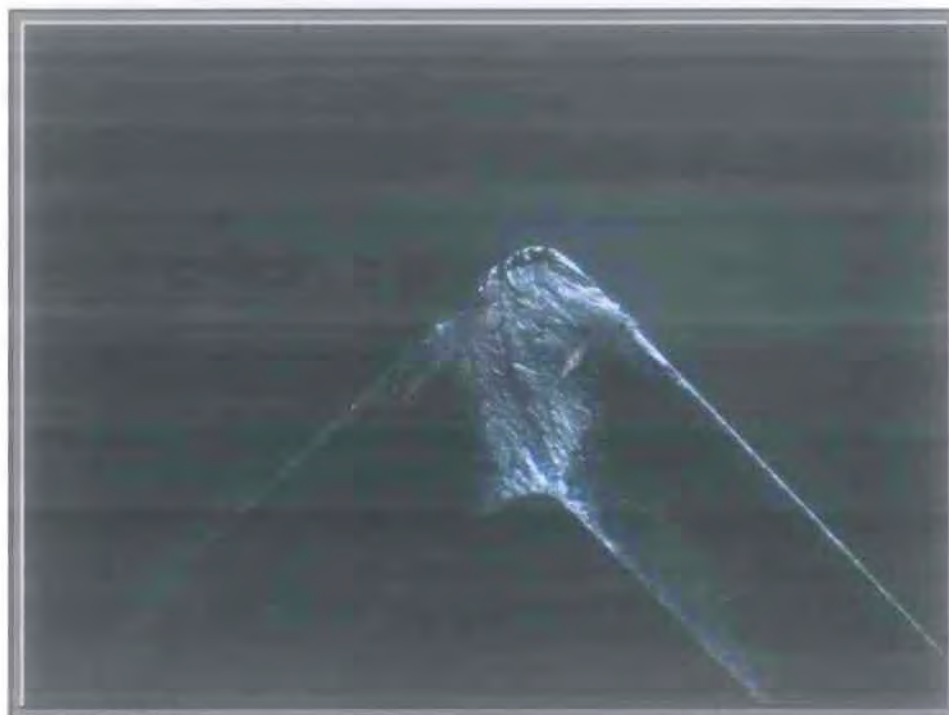
Για 0.6:



Για 0.08:



ΦΘΟΡΑ ΚΡΑΤΗΡΑ



ΑΠΟΒΛΗΤΟ

Για 0.6



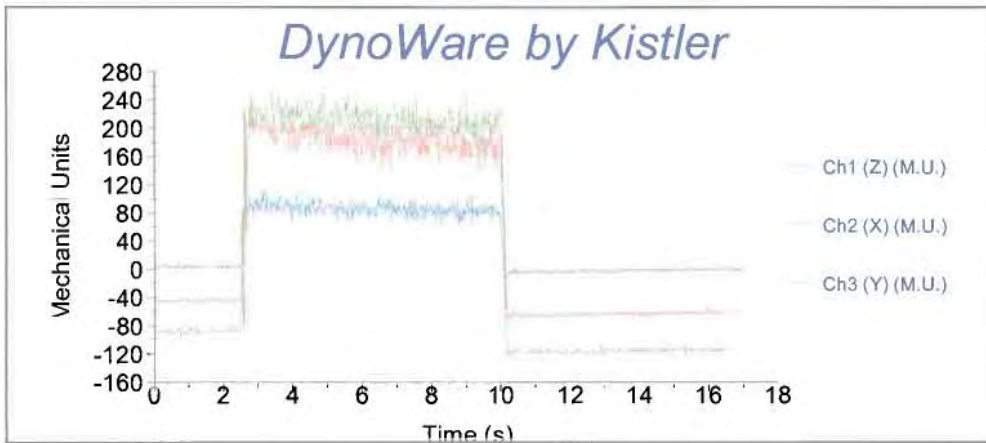
Για 0.08



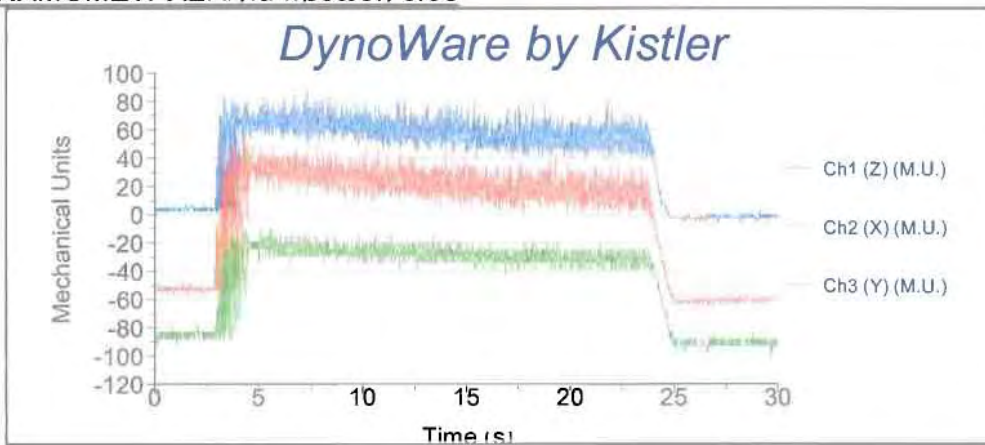
• Έκτη κοπή: Ορείχαλκος

Πρόωση	Μήκος κοπής	Διάμετρος	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.6	60mm	81mm	1mm	7.6sec	786
0.08	20mm	80mm	1mm	118.8sec	796

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ για πρόωση 0.6

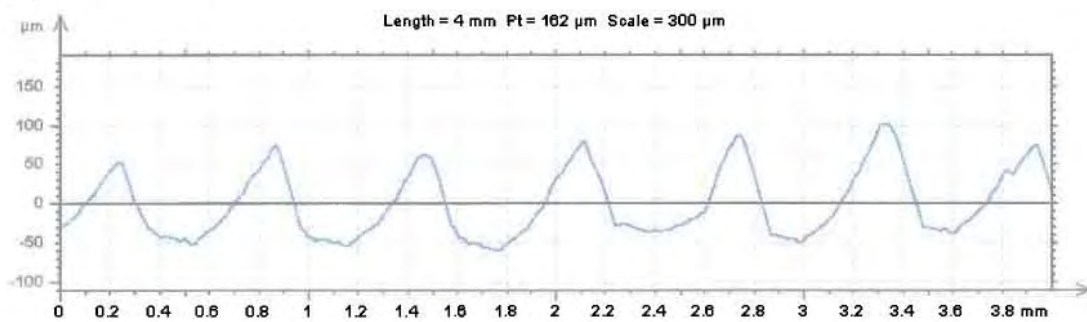


ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ για πρόωση 0.08

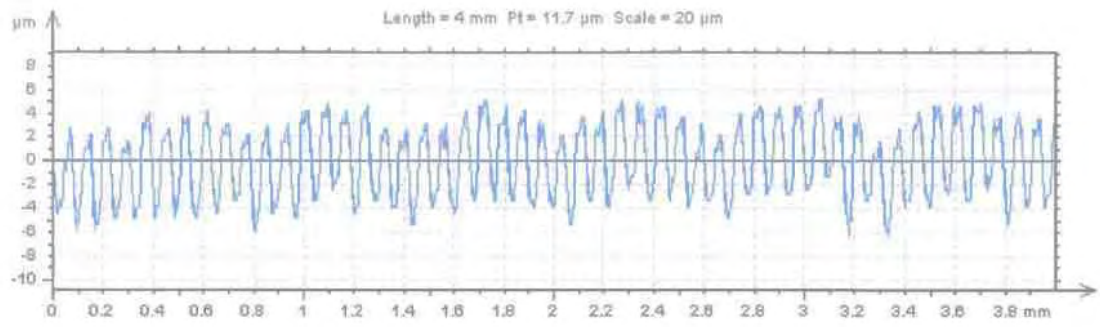


ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ

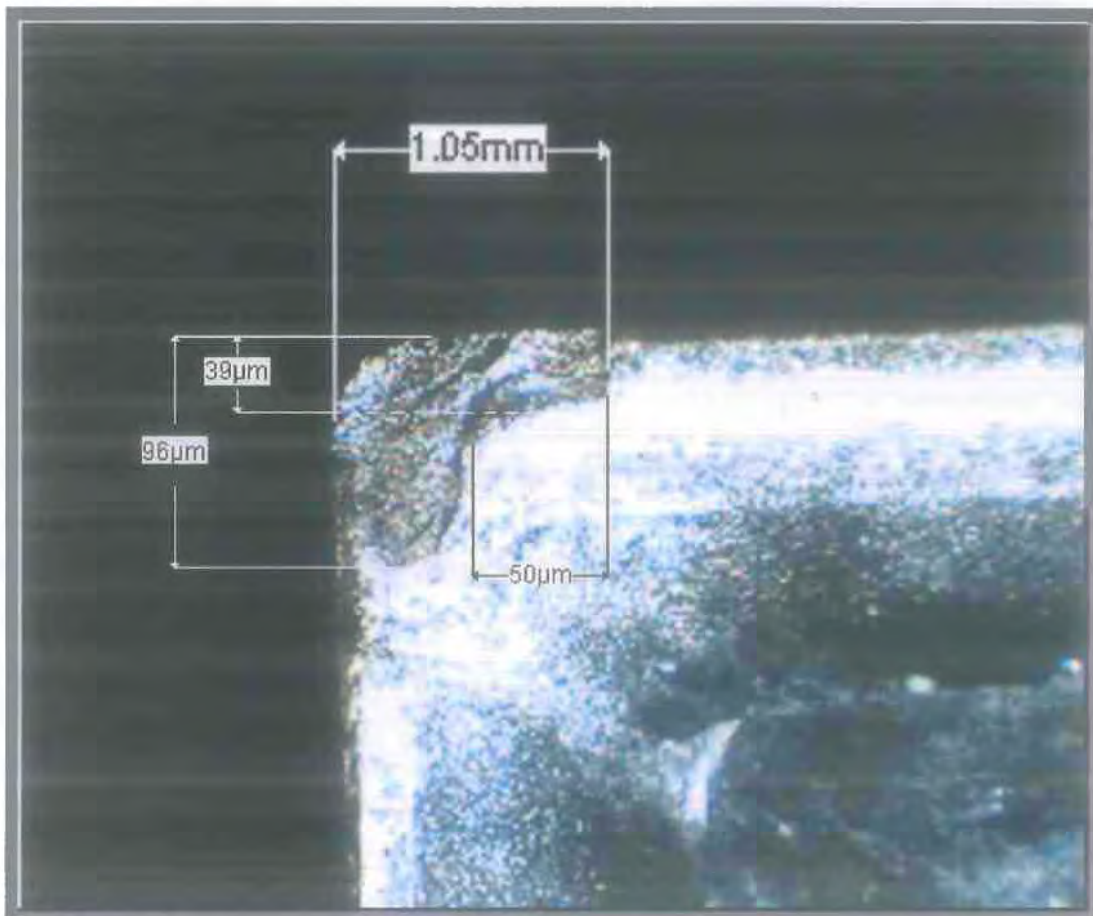
Για 0.6:



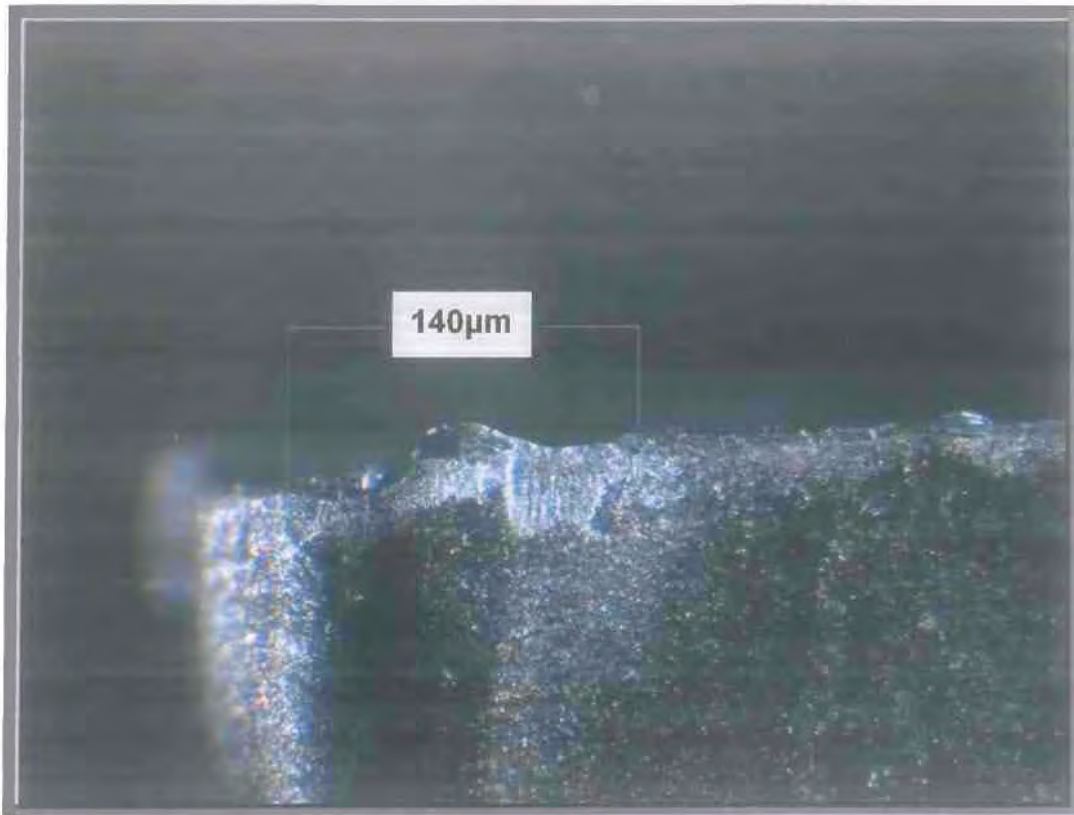
Για 0.08:



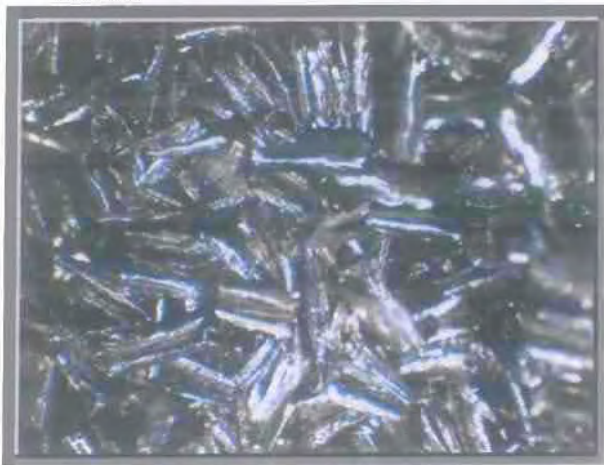
ΦΘΟΡΑ ΚΡΑΤΗΡΑ



ΠΕΔΙΟ ΦΘΟΡΑΣ



ΑΠΟΒΛΗΤΟ
Για 0.6



Για 0.08



	C35		Ck60		Al		304		St37		Ορείχαλκος	
	0.6	0.08	0.6	0.08	0.6	0.08	0.6	0.08	0.6	0.08	0.6	0.08
Ra (μm)	27.5	1.59	30.8	0.702	23.2	2.48	31.7	2.5	27.3	0.757	25.6	2.59
Rq (μm)	31.7	1.94	34.7	0.844	26.9	2.74	36.9	2.81	31.6	0.959	29.6	2.85
Rp (μm)	67	4.64	71.1	1.97	59.6	5.2	80.9	5.97	70.1	2.02	66.1	4.67
Rv (μm)	39.8	4.1	38.6	2.01	29.1	5.03	43.4	5.32	37.5	3	30.2	5.22
Rt (μm)	135	9.88	12.7	4.74	106	11.7	145	14.8	136	0.85	116	11.1
Rsk (μm)	0.651		0.579		0.858		0.806		0.807		0.989	
	0.198		-0.057		0.0553		0.0582		-0.567		-0.115	
Rk (μm)	52.4	4.91	52.8	2.47	40.6	7.58	59.1	9.17	64.5	2.29	39.6	7.24
Rtp (%)	0.2	1.5	0.2	8.59	0.3	0.5	0.4	0.4	0.435	2.6	0.3	6.6
Rku	2.14	2.73	2.07	2.4	2.36	1.65	2.42	1.77	2.75	4.16	2.52	1.54

Πίνακας 5 : Συνολική απεικόνιση αποτελεσμάτων τραχύτητας

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός του συγκεκριμένου κεφαλαίου είναι η εξαγωγή συμπερασμάτων, που αφορούν τις κατεργασίες οι οποίες πραγματοποιήθηκαν, όπως επίσης και σημαντικών επεξηγήσεων για την καλύτερη κατανόηση των τελικών αποτελεσμάτων. Τα βασικά κριτήρια κατεργασιμότητας στα οποία θα αναφερθούμε σε αυτό το κεφάλαιο είναι η φθορά, η δυναμομέτρηση και η τραχυμέτρηση.

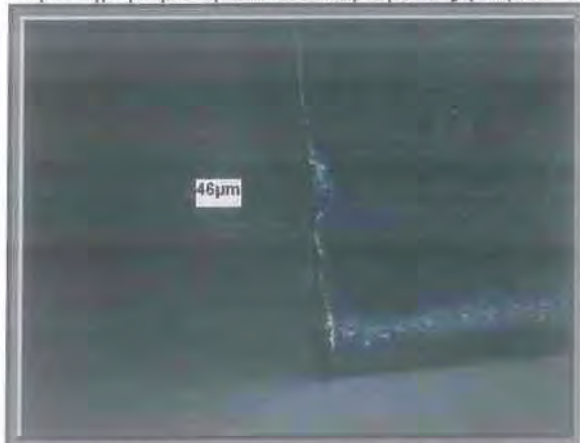
ΦΘΟΡΑ

Λίγο πριν το ξεκίνημα των κατεργασιών και συγκεκριμένα πριν την πρώτη κοπή, το κοπτικό μας εργαλείο όπως είναι φυσικό δεν έχει υποστεί καμία είδους φθορά (εικόνα 34)



Εικόνα 34. το κοπτικό εργαλείο πριν την πρώτη κοπή.

Μετά την πρώτη κοπή η φθορά κρατήρα είναι ανεπαίσθητη και μη μετρήσιμη, όμως παρατηρήθηκε η αποκόλληση ενός μικρού κομματιού (εικόνα 35)



Εικόνα 35. το κοπτικό εργαλείο μετά την πρώτη κοπή

Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφέρουμε πως η λεπτή επίστρωση της γ-αλούμινας (Al_2O_3) που υπάρχει στο κοπτικό μας εργαλείο, προσδίδει στο εργαλείο μια εξαιρετικά μεγάλη αντίσταση στη θερμική φθορά. Στον αντίποδα όμως η γ-αλούμινα δεν έχει μεγάλη ανθεκτικότητα στην μηχανική καταπόνηση. Οπότε δεν αποτελεί έκπληξη το γεγονός της αποκόλλησης αυτού του μικρού κομματιού.

Ένα άλλο σημείο στο οποίο πρέπει να αναφερθούμε, είναι το αποτέλεσμα της κατεργασίας του καθαρού αλουμινίου. Το καθαρό αλουμίνιο είναι ένα σχετικά <<μαλακό>> υλικό το οποίο κατέστησε δύσκολη έως αδύνατη την μέτρηση των διαστάσεων φθοράς στο μηχανουργικό οπτικό μικροσκόπιο. Μετά την κοπή του αλουμινίου παρατηρήθηκε πως η επιφάνεια του κοπτικού επικαλύφθηκε από ένα <<στρώμα>> αλουμινίου. Χαρακτηριστική είναι η εικόνα 36 όπου βλέπουμε μια μικρή επικάλυψη αλουμινίου σε μορφή σταγόνας.



Εικόνα 36. <<κατάλοιπο>> αλουμινίου σε μορφή σταγόνας.

Σε γενικές γραμμές, οι δύο κύριες μορφές φθοράς που παρατηρήθηκαν ήταν το πεδίο φθοράς και η φθορά κρατήρα. Όσον αφορά τις διαστάσεις φθοράς, μπορούμε να πούμε πως υπήρξε μια, όπως είναι λογικό, συνεχώς αυξανόμενη φθορά, η οποία κινήθηκε μέσα στα φυσιολογικά πλαίσια.

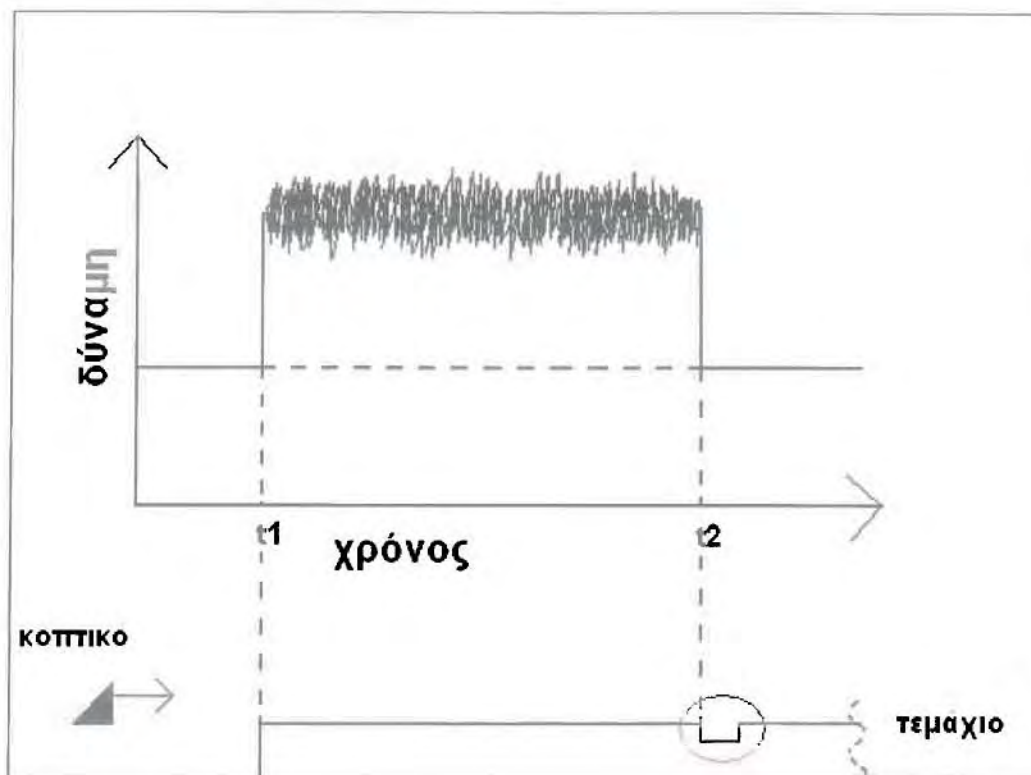
Δεν παρατηρήθηκε το φαινόμενο της ψευδόκοψης, όπως επίσης δεν παρατηρήθηκαν φθορές τύπου πλαστικής παραμόρφωσης ή θερμικές ρωγμές καθώς όπως έχουμε προαναφέρει, το εργαλείο μας είναι ενισχυμένο με γ-αλούμινα η οποία έχει εξαιρετικά μεγάλη θερμική αντίσταση.

Κάτι το οποίο πρέπει να αναφερθεί είναι πως κατά την διάρκεια των κατεργασιών, δεν χρησιμοποιήθηκε λιπαντικό υγρό. Ένα γεγονός το οποίο σίγουρα προκαλεί <<επιτάχυνση>> της φθοράς.

Ένα τελικό συμπέρασμα που προκύπτει για το κοπτικό μας εργαλείο, είναι το ότι παρά τις 12 συγκεκριμένες κατεργασίες που πραγματοποιήθηκαν, η κοπτική άκρη του εργαλείου παρότι υπέστη κάποια φθορά, μπορούσε να χρησιμοποιηθεί περαιτέρω για επιπλέον κατεργασίες καθώς η επιφάνεια των κατεργασμένων τεμαχίων δεν παρουσίαζε μεγάλη τραχύτητα όπως έδειξαν οι τραχυμετρήσεις.

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ

Το ιδανικό διάγραμμα ή γραφική παράσταση μίας δυναμομέτρησης πρέπει να έχει την ακόλουθη μορφή:

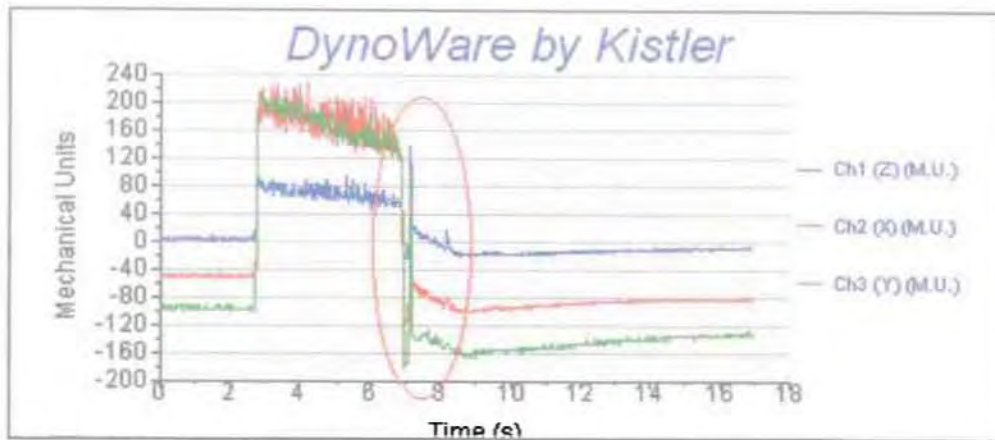


Όπως απεικονίζεται στην εικόνα 37, μέχρι την χρονική στιγμή t_1 το κοπτικό εργαλείο βρίσκεται στον αέρα και δεν έχει ξεκινήσει την κοπή. Την χρονική στιγμή t_1 το κοπτικό εργαλείο ακουμπάει το τεμάχιο και σαν αποτέλεσμα στο διάγραμμα έχουμε την πρώτη ένδειξη δύναμης η οποία κατά μέσο όρο θα διατηρηθεί μέχρι την χρονική στιγμή t_2 . Η ένδειξη αυτή θα διατηρηθεί μέχρι την t_2 επειδή έχουμε σταθερές συνθήκες κοπής. Παρατηρούμε στο σχήμα πως έχουμε αφήσει ένα <<αυλάκι>> (κόκκινος κύκλος) το οποίο χρησιμεύει στην ομαλή <<επιστροφή>> του κοπτικού εργαλείου στην ηρεμία. Έτσι υπάρχει μια συμμετρία στην γραφική παράσταση καθώς μετά την χρονική στιγμή t_2 η τελική τιμή της δύναμης συμπίπτει με την αρχική.

Στην περίπτωση που δεν έχουμε αφήσει <<αυλάκι>>, ο μόνος τρόπος για να απομακρύνουμε το κοπτικό εργαλείο από το τεμάχιο, είναι με το χέρι. Όμως η χειροκίνητη απομάκρυνση αν και με <<γυμνό>> μάτι μοιάζει ακαριαία, το δυναμόμετρο καταγράφει την αυξομείωση της δύναμης και σαν αποτέλεσμα προκαλείται μια ασυμμετρία στη γραφική παράσταση. Παρόλα αυτά, μετά το πέρας λίγων δευτερολέπτων, παρατηρείται σταδιακή προσέγγιση της αρχικής τιμής έως ότου ταυτιστούν.

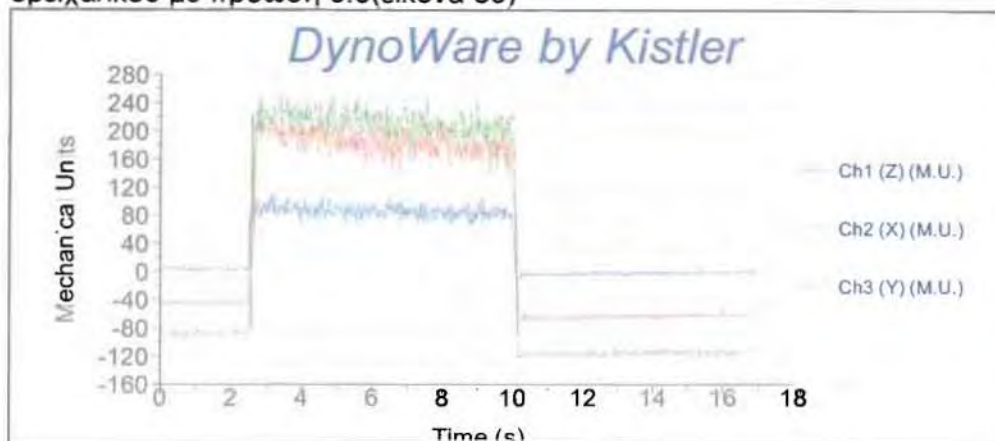
Κατά την διάρκεια των 12 κοπών των 6 υλικών μας, σε ορισμένα τεμάχια υπήρχε το <<αυλάκι>> και σε άλλα όχι.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα χειροκίνητης απομάκρυνσης του εργαλείου είναι η δυναμομέτρηση του αλουμινίου για πρόωση 0.6(εικόνα 38).



Εικόνα 38. γραφική παράσταση δυναμομέτρησης με χειροκίνητη απομάκρυνση.

Ενώ παράδειγμα δυναμομέτρησης με <<αυλάκι>> είναι η κοπή του φωσφορούχου ορείχαλκου με πρόωση 0.6(εικόνα 39)



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ

Από τους πίνακες των τραχυμετρήσεων, παρατηρούμε πως όλες οι τιμές και για τις 12 κοπές των 6 υλικών, κυμαίνονται σε φυσιολογικές γραμμές και βλέπουμε πως όλες οι αντίστοιχες τιμές δεν έχουν μεγάλη διασπορά μεταξύ τους, κάτι το οποίο μας δείχνει πως το κοπτικό μας εργαλείο δεν υπέστη φθορά ικανή να το <<αχρηστέψει>>.

7. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Όπως προαναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι 2 κύριες μορφές φθοράς που παρατηρήθηκαν είναι το πεδίο φθοράς και η φθορά κρατήρα. Αναφέραμε πως το συγκεκριμένο κοπτικό εργαλείο που χρησιμοποιήσαμε, δεν παρουσίασε φθορά μεγάλης κλίμακας και θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί και για περαιτέρω επεξεργασία. Στην περίπτωση όμως που θα θέλαμε να πραγματοποιήσουμε τις ίδιες

κατεργασίες ή και περισσότερες με ένα κοπτικό εργαλείο το οποίο θα <<αντισταθεί>> περισσότερο στη φθορά, μια πολύ καλή λύση θα ήταν να επιλέξουμε ένα εργαλείο με επικάλυψη τιτανίου ή κάποιο εργαλείο από κεραμικό υλικό, κάτι το οποίο να μην θα μας προσέφερε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής που συνεπάγεται περισσότερες κατεργασίες κοπής, όμως θα αύξανε το κόστος καθώς εργαλεία από κεραμικά υλικά και με επικαλύψεις τιτανίου είναι πιο ακριβά από αυτό που χρησιμοποιήσαμε κατά την διάρκεια της διπλωματικής.

Προκειμένου να φέρουμε σε πέρας μία κατεργασία κοπής και όχι μόνο, πρέπει να σκεφτούμε όλους αυτούς τους παράγοντες που επηρεάζουν το τελικό αποτέλεσμα. Το τελικό αποτέλεσμα όμως δεν αφορά μόνο τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κατεργασμένου υλικού. Το τελικό αποτέλεσμα αφορά και το οικονομικό κόστος. Στην δική μας περίπτωση όπου είχαμε μόνο ένα κοπτικό εργαλείο, το οικονομικό κόστος ήταν μηδενικό. Όμως αν σκεφτούμε τις αμέτρητες κατεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε μία βιομηχανική μονάδα ή σε ένα μηχανουργείο μαζικής παραγωγής, αμέσως γίνεται αντιληπτό πως μία λάθος επιλογή κοπτικού εργαλείου θα εκτοξεύσει το κόστος παραγωγής. Άρα διαπιστώνουμε το πόσο σημαντικός είναι ο προσεκτικός σχεδιασμός και επιλογή κοπτικού εργαλείου.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ASM Handbook, Surface Engineering of Titanium and Titanium Alloys
2. ASM Handbook , Surface Engineering of Zirconium and Hafnium
3. ASM Handbook , Introduction to the Fundamentals of Corrosion
4. ASM Handbook , High-Strength Aluminum Powder Metallurgy Alloys
5. ASM Handbook , Stress-Corrosion Cracking
6. YUNUS A. CENGEL, μεταφορά θερμότητας
7. Piping Handbook-Crocker & King
8. Perry's Chemical engineer's Handbook-Perry Chilton Kirkparick
9. www.specialmetals.com
10. www.brushwellman.com
11. www.assda.asn.au/mechprop.html