

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ:

**« ΒΕΛΤΙΣΤΗ ΧΡΗΣΗ ΥΓΡΩΝ ΚΟΠΗΣ ΜΕ ΚΡΙΤΗΡΙΟ
ΤΗΝ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΩΝ ΣΕ ΤΟΡΝΕΥΣΗ
ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΥ ΧΑΛΥΒΑ »**



ΡΟΥΣΜΕΝΗΣ ΑΝ. ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΕΤΡΟΠΟΥΛΟΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΧΑΣΙΩΤΗΣ

ΓΡΗΓΟΡΗΣ ΧΑΪΔΕΜΕΝΟΠΟΥΛΟΣ

ΙΟΥΝΙΟΣ 2003



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»

Αριθ. Εισ.: 786/1

Ημερ. Εισ.: 19-02-2004

Δωρεά:

Ταξιδετικός Κωδικός: ΠΤ ΜΜΒ

2003

ΡΟΥ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000070538

*Αφιερωμένη στα ανίψια μου
Τάσο και Βαλάντη αλλά και στο
τρίτο μου ανίψι που είναι στο δρόμο...*

Ευχαριστίες

Στα πέντε χρόνια που πέρασαν από τη στιγμή που πέτυχα στις πανελλήνιες εξετάσεις και εισήλθα στο τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Π.Θ. αισθάνθηκα πολλές φορές την ανάγκη να ευχαριστήσω όσους με στήριξαν επιστημονικά, ηθικά και οικονομικά ώστε να πετύχω τον σκοπό μου. Τώρα που πλησιάζω στο τέλος της φοίτησης μου οφείλω να το κάνω πράξη.

Ευχαριστώ λοιπόν θερμά τον κ. Γιώργο Πετρόπουλο για την καθοδήγησή και τη βοήθεια που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Επίσης, ευχαριστώ τα μέλη της τριμελούς μου επιτροπής για το ενδιαφέρον που έδειξαν για την εργασία μου.

Δε θα μπορούσα να ξεχάσω τον Δημήτρη Δραμαλή για τις πολύτιμες συμβουλές του και το ενδιαφέρον που έδειχνε κάθε φορά που χρειαζόμουνα τη βοήθειά του.

Θα ήθελα επιπλέον να ευχαριστήσω τον φίλο μου Κώστα Δανά για την πολύτιμη επιστημονική και ηθική βοήθειά που απλόχερα μου έδωσε όλα αυτά τα χρόνια της φοίτησής μας, καθώς και τους φίλους μου Γιώργο Λεμπέση και Μιχάλη Χρίτη.

Θερμές ευχαριστίες ανήκουν και στην κοπέλα μου Κατερίνα για τα τόσα πράγματα που άλλαξε στη ζωή μου απ' τη στιγμή που τη γνώρισα.

Πολύ έντονη αισθάνομαι την ανάγκη να ευχαριστήσω τα αδέρφια μου Δημήτρη και Νίκο που με στήριξαν με κάθε τρόπο ώστε να επιτύχω τον σκοπό μου στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.

Τέλος, στους γονείς μου ανήκει το μεγαλύτερο ευχαριστώ για τη στήριξη και την υπομονή τους σε όλη τη διάρκεια της φοίτησής μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΕΙΣΑΓΩΓΗ</u>	1
Σκοπός της εργασίας.....	1
Η επιφανειακή τοπογραφία.....	1
Κατάταξη επιφανειακών ανωμαλιών.....	5
Το σύστημα M.....	7
Παράμετροι μέτρησης της τραχύτητας.....	9
Μέση αριθμητική τραχύτητα Ra.....	10
Μέγιστο βάθος Rt.....	11
Παράμετρος Rsm.....	11
Παράμετρος Rsk ή λοξότητα.....	12
Παράμετρος Rku ή κύρτωση.....	12
Φθορά του εργαλείου κοπής.....	13
Υγρά κοπής και λιπαντικά.....	15
<u>2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ</u>	19
Γενικά.....	19
Μορφή, υλικό και χαρακτηριστικά μεγέθη του κοπτικού εργαλείου.....	19
Παρουσίαση της εργαλειομηχανής και χαρακτηριστικά μεγέθη της.....	21
Τεχνικά χαρακτηριστικά του συμβατικού τόρνου.....	22
Παρουσίαση του Τραχυμέτρου και των χαρακτηριστικών του.....	23
Talyrofile.....	24
Διαμήκης τόννευση.....	24
Μέτρηση φθοράς ένθετου πλακιδίου.....	25
Δεδομένα του πειράματος.....	25
Πειράματα.....	27
<u>3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΑΝΑΛΥΣΗ</u>	29
<u>4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</u>	49
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1</u>	51
<u>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2</u>	57

Σκοπός της εργασίας

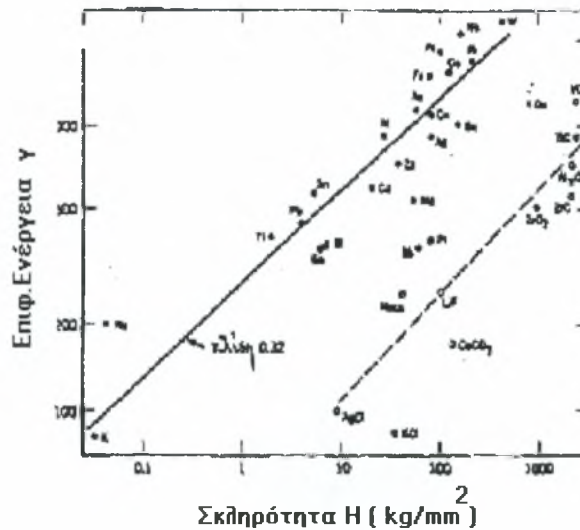
Στην εργασία που ακολουθεί έγινε μία προσπάθεια να συσχετιστεί η τραχύτητα τორνευμένων επιφανειών με τις συνθήκες κοπής, το υγρό κοπής και τη φθορά του κοπτικού εργαλείου.

Την παρούσα εργασία θα μπορούσαμε να την χωρίσουμε σε δύο μέρη ανάλογα με το αντικείμενο της μελέτης.

1. Το πρώτο μέρος αφορά την ποιότητα επιφανείας αλλά και τη φθορά του κοπτικού εργαλείου, ανάλογα με το λιπαντικό που χρησιμοποιήθηκε. Πραγματοποιήθηκε μία σειρά πειραμάτων που αφορούν διαμήκη τórνευση χρησιμοποιώντας διαφορετικά λιπαντικά υγρά. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να αξιολογηθούν τα λάδια κοπής ως προς τη φθορά που προκαλούν στο κοπτικό εργαλείο αλλά και ως προς την τραχύτητα της επιφανείας που προσδίδουν.
2. Το δεύτερο μέρος αφορά την τραχύτητα επιφάνειας, ανάλογα με τις συνθήκες κοπής (πρόωση και ταχύτητα κοπής) σε υγρή και στεγνή κοπή αντίστοιχα. Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να αξιολογηθεί η συμπεριφορά του υπό κατεργασία υλικού όσον αφορά την τραχύτητα της επιφανείας του σε διάφορες συνθήκες κοπής.

Η επιφανειακή τοπογραφία

Όπως είναι γνωστό, δεν υπάρχει στην πραγματικότητα απολύτως λεία επιφάνεια στερεού σώματος. Υπάρχουν πάντα ανωμαλίες που εξαρτώνται από τον τρόπο κατεργασίας της, τη λειτουργία της, τον τρόπο επαφής με άλλα σώματα (στατική, δυναμική, με ολίσθηση, κύλιση κ.λ.π.), τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του υλικού (από τα οποία εξαρτάται και η φθορά του) κ.λ.π.

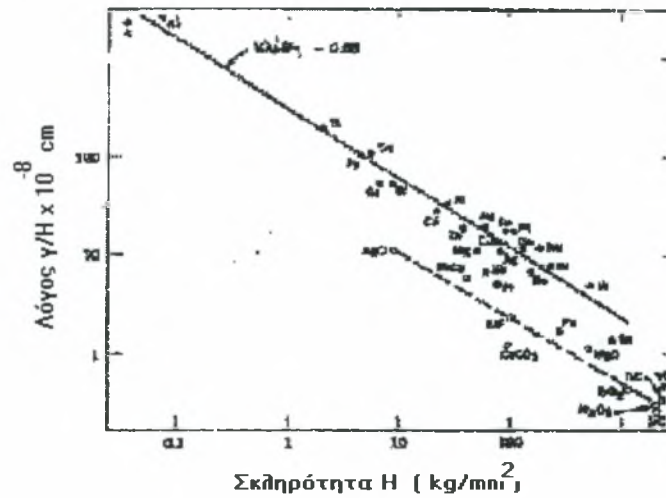


Σχ. 1.1: Η επιφανειακή ενέργεια σε θερμοκρασία τήξης σαν συνάρτηση της σκληρότητας H μερικών μετάλλων και αμετάλλων .

Ο όρος ποιότητα της επιφάνειας περιλαμβάνει συνοπτικά (όπως αναφέρθηκε) τόσο τα φυσικοχημικά (και μεταλλουργικά) χαρακτηριστικά της όσο και τα γεωμετρικά της, δηλαδή την τοπογραφία της.

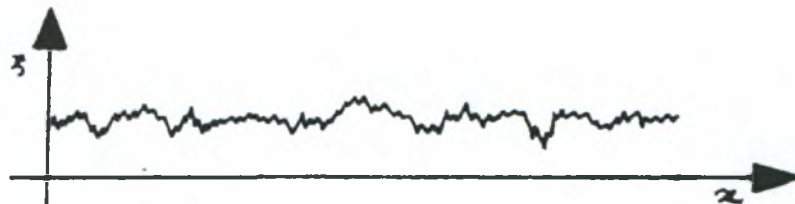
Μικροσκοπική παρατήρηση τομής επιφάνειας μακροσκοπικά "λείας", αποδεικνύει ότι πραγματικά η επιφάνεια δεν είναι απόλυτα λεία (Σχ.1.3). Παρουσιάζει μια συνεχή εναλλαγή εξάρσεων και βυθίσεων (κορυφών και κοιλάδων) που τα χαρακτηριστικά τους προσδιορίζονται κύρια από την μέθοδο κατασκευής (κατεργασίας) της επιφάνειας (κοπή, τόννευση, λείανση κ.λ.π.) αλλά και τις άλλες λειτουργικές παραμέτρους που προαναφέρθηκαν. Προφανώς η πλήρης ανάλυση των ανωμαλιών της επιφάνειας πρέπει να γίνεται τρισδιάστατα αφού θεωρητικά το ύψος z πάνω από τη θεωρητική (λεία) επιφάνεια του σώματος δίνεται γενικά από μία συνάρτηση της μορφής:

$$Z = Z(x,y)$$



Σχ.1.2: Συσχετισμός σκληρότητας και λόγου γ/H των υλικών του σχ.1.1

Εν τούτοις επειδή οι κυριότερες μηχανουργικές κατεργασίες λειτουργούν με αφαίρεση υλικού κατά συγκεκριμένη διεύθυνση προκύπτει επιφάνεια με προσανατολισμένα χαρακτηριστικά, δηλαδή μέγιστες ανωμαλίες κατά κάθετη προς τον άξονα κατεργασίας διεύθυνση και ελάχιστες ανωμαλίες κατά τον άξονα κατεργασίας (x).



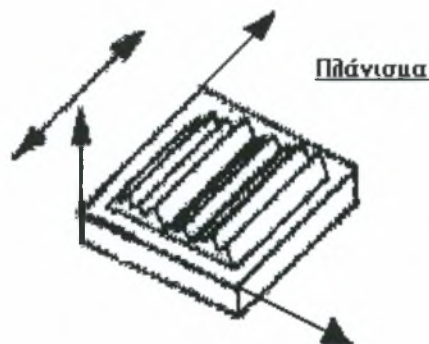
Σχ.1.3: Τομή επιφάνειας στερεού

Σε τέτοιες περιπτώσεις αρκεί η δισδιάστατη απεικόνιση της τραχύτητας:

$$Z = Z(y)$$

Για λόγους απλούστευσης η ανάλυση της επιφανειακής τοπογραφίας γίνεται γενικά δισδιάστατα, ακόμη και όταν δεν συντρέχουν οι παραπάνω λόγοι, με επιλογή του άξονα y κατά τέτοιο τρόπο ώστε να δίνει τις μέγιστες ανωμαλίες.

Γενικά η τομή ενός σώματος κοντά στην επιφάνεια παρουσιάζει τη μορφή του Σχ.1.5 Σε κάποια τυχούσα θέση x_a η πραγματική διάσταση σ_{π} διαφέρει από τη θεωρητική, επιθυμητή διάσταση a κατά a_1+a_2 αφ' ενός λόγω σφάλματος μορφής a_1 που προέκυψε από κακή ρύθμιση ή αδυναμία της κατεργασίας και αφ' ετέρου λόγω ανωμαλιών a_2 .



Σχ.1.4:Τυπική μορφή πλανισμένης επιφάνειας.

Λεπτομερέστερη εξέταση των ανωμαλιών που προκαλούν τις αποκλίσεις a_2 δείχνουν ότι ουσιαστικά αποτελούν το άθροισμα:

- α) Ανωμαλιών μεγάλου μήκους κύματος (ενδεικτική τάξη μεγέθους 0,5-100 mm) που ονομάζονται και κυμάτωση.
- β) Ανωμαλιών μέσου μήκους κύματος (ενδεικτικής τάξης 1μ-100μ) που ονομάζονται τραχύτητα.
- γ) Ανωμαλιών μικρού μήκους κύματος (ενδεικτικής τάξης 0,01μ-1μ) που ονομάζονται μικροτραχύτητα.

Κατατάσσονται λοιπόν οι αποκλίσεις της πραγματικής επιφάνειας από τη θεωρητική ως εξής [3,4,5]:

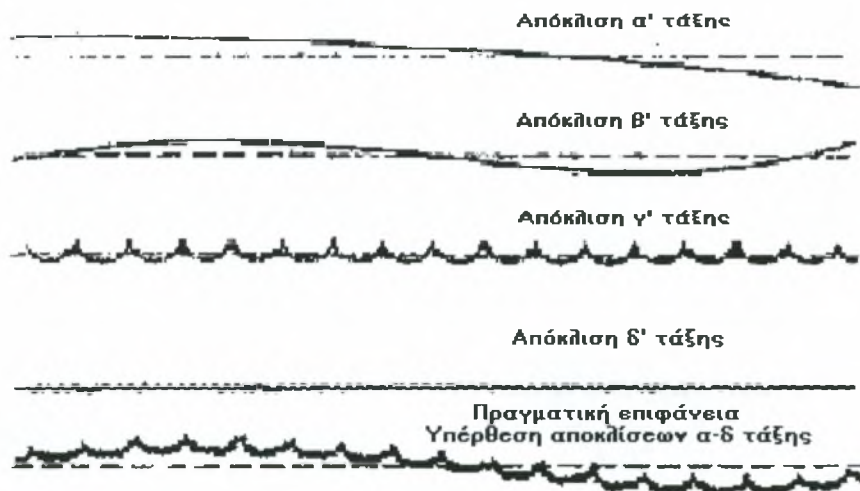
Κατάταξη επιφανειακών ανωμαλιών

ΤΑΞΗ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ
A (μακροτοπογραφική)	Σφάλμα Μορφής	Σφάλμα ρύθμισης εργαλειομηχανής, αστοχία εργαλείου (κάμψη, φθορά κ.λ.π.)
B	Κυμάτωση	Κάμψη εργαλείου ή μέρους της εργαλειομηχανής, εκκενρότητα, ταλαντώσεις
Γ	Τραχύτητα	Ανωμαλίες της αμής του κοπτικού εργαλείου, πρόωρη φθορά
Ανώτερη (Δ)	Μικροτραχύτητα	



Σχ.1.5: Απόκλιση θεωρητικής και πραγματικής επιφάνειας.

Η μέτρηση των χαρακτηριστικών της επιφανειακής τοπογραφίας παρουσιάζει αρκετές ιδιοτυπίες στο χώρο της μετρολογίας [6]. Ενώ οι διαστάσεις, οι μορφές και η μεταλλουργική δομή μπορούν αναμφίβολα να εκφραστούν (στην τεχνολογία) ποσοτικά σαν συναρτήσεις μήκους και μάζας, η ιδιότητα της επιφανειακής τοπογραφίας είναι ουσιαστικά ποιοτική.



Σχ. 1.6: Σύνθεση της πραγματικής επιφάνειας από αποκλίσεις α έως, δ τάξεως.

Ένας ποσοτικός δείκτης μπορεί να αποδοθεί σ' αυτήν την ιδιότητα, έμμεσα μόνο και σε συσχετισμό με το όργανο που έχει χρησιμοποιηθεί και τις γεωμετρικές παραμέτρους της μέτρησης. Κατά συνέπεια, δεν είναι δυνατό να περιγραφεί ακριβώς και να χαρακτηριστεί ικανοποιητικά η επιφανειακή τοπογραφία, με ένα από τα χρησιμοποιούμενα σήμερα μέτρα τραχύτητας.

Ο ποιοτικός χαρακτήρας της επιφανειακής τοπογραφίας φαίνεται επίσης και από το θεμελιώδη ορισμό της λείας επιφάνειας:

Λεία επιφάνεια λέγεται η επιφάνεια που η μέγιστη ανωμαλία της έχει ύψος της τάξης της διαμέτρου των επιφανειακών μορίων.

Τέτοιες επιφάνειες προσεγγίζονται μόνον από:

- Την επιφάνεια υγρού σε απόλυτη ηρεμία.
- Την επιφάνεια του γυαλιού όταν η πήξη του έχει γίνει σε απόλυτη ηρεμία.
- Τις επιφάνειες μονοκρυστάλλων που έχουν αναπτυχθεί σε διαλύματα αλάτων.

Για τη μέτρηση της τραχύτητας χρησιμοποιούνται σήμερα δύο συστήματα αναφοράς:

- α) Το σύστημα E (ή σύστημα περιβάλλουσας, *envelope*) κυρίως στη Δυτική Ευρώπη.
- β) Το σύστημα M (ή σύστημα μέσης γραμμής, *mean line*) κυρίως στις Αγγλοσαξονικές χώρες και την Ανατολική Ευρώπη. Το σύστημα αυτό κερδίζει σταθερά έδαφος έναντι του E, και γι' αυτόν το λόγο το αναλύουμε παρακάτω.

Το σύστημα M

Το 1938 ο Abbot κατασκεύασε το κατατομόμετρο ή προφιλόμετρο (*profilometer*) βασισμένο σε προηγούμενες προτάσεις (Schmaltz, 1929). Το προφιλόμετρο ήταν η πρώτη συσκευή μέτρησης του μεγέθους και σχήματος των ανωμαλιών της επιφάνειας με τη βοήθεια ειδικού μετρητικού δρομέα. Με το όργανο αυτό, εμφανίστηκε μία νέα μετρολογική αντίληψη έκφρασης της τραχύτητας των επιφανειών, το σύστημα Μέσης Γραμμής (*Mean Line system*) ή για συντομία το σύστημα M.

Στο σύστημα M η μέση γραμμή είναι η τροχιά του μέσου ενός ευθύγραμμου τμήματος κατάλληλου μήκους που κινείται πάνω στην κατατομή κατά τέτοιο τρόπο ώστε τα εμβαδά που περικλείονται από αυτό και την κατατομή, και από τις δύο πλευρές του να είναι ίσα και ελάχιστα (Σχ.1.8).

Η μέση γραμμή αποτελεί μία γραμμή αναφοράς (δηλ αρχή μέτρησης υψών της πραγματικής κατατομής) και ορίζεται (π.χ. Βρετ. Κανονισμοί BS 1134:1961) σαν *η γραμμή που έχει τη μορφή της ονομαστικής κατατομής μέσα στα όρια τον μήκους δειγματοληψίας, τοποθετημένη έτσι ώστε, μέσα στα όρια αυτά το άθροισμα των τετραγώνων των αποκλίσεων της πραγματικής κατατομής από αυτή να είναι ελάχιστο.*

Ο προσδιορισμός της μέσης γραμμής σύμφωνα με τον ορισμό αυτό που βασίζεται στην αρχή των ελαχίστων τετραγώνων προσκρούει σε πρακτικές δυσκολίες όσον αφορά τον ακριβή προσδιορισμό της θέσης και διεύθυνσης της για τον οποίο χρειάζονται 6 τουλάχιστον εμβαδομετρήσεις.

Τα ηλεκτρικά όργανα μέτρησης τραχύτητας που επινοήθηκαν αργότερα (τραχύμετρα στυλίσκου) δίνουν μία αρκετά ικανοποιητική απεικόνιση της πραγματικής κατατομής όταν η μέτρηση γίνεται από μία πραγματική στάθμη

αναφοράς. Στην πράξη όμως η στάθμη αναφοράς που χρησιμοποιούν τα τραχύμετρα αυτά είναι η θεωρητική κατατομή της επιφάνειας. Για να διαχωριστεί η τραχύτητα από το σφάλμα μορφής, χρησιμοποιούνται ηλεκτρικά φίλτρα αποκοπής των χαμηλών συχνοτήτων (high-pass) που εμποδίζουν το πέρασμα σημάτων κάτω από ορισμένη συχνότητα, που αντιστοιχούν σε επιφανειακές ανωμαλίες πάνω από ορισμένο "γεωμετρικό" μήκος κύματος.

Η γεωμετρική μορφή της πραγματικής κατατομής μπορεί να παρασταθεί μαθηματικά με μία σειρά Fourier, είναι δηλαδή το άθροισμα πολλών ημιτονοειδών ταλαντώσεων διαφόρων συχνοτήτων και εύρων. Όταν αφαιρούνται τα μεγάλα μήκη κύματος από μία τέτοια σειρά (με τη βοήθεια του φίλτρου) η εικόνα της κατατομής (όπως δίνεται από το τραχύμετρο) παρουσιάζεται αλλοιωμένη.

Ο καθορισμός της μέσης γραμμής στα τραχύμετρα αυτά είναι πρακτικά ανέφικτος και γι'αυτό αντικαταστάθηκε η μέση γραμμή από την **ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ** (centreline) που ορίζεται απλούστατα (μόνο μία εμβαδομέτρηση). Η κεντρική γραμμή της επιφάνειας είναι μία φανταστική γραμμή που παριστάνει (κατά προσέγγιση) την επιφάνεια αν δεν υπήρχαν ανωμαλίες, αλλά μόνο σφάλμα μορφής, ορίζεται δε ως εξής:

Κεντρική γραμμή (central line) λέγεται γραμμή παράλληλη προς τη γενική κατεύθυνση του πραγματικού περιγράμματος της επιφάνειας, τέτοια ώστε τα αποκοπτόμενα εμβαδά μεταξύ αυτής και του πραγματικού περιγράμματος, προς τα άνω και προς τα κάτω να είναι ίσα, για προκαθορισμένο μήκος L , που λέγεται "μήκος δειγματοληψίας".

Τα κύρια πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα του συστήματος M συνοψίζονται στα εξής:

- 1) Είναι απλό από μετροτεχνική άποψη και ιδεώδες για ηλεκτρική μέτρηση.
- 2) Ο ορισμός της κεντρικής γραμμής έχει χαρακτηριστεί σαν αυθαίρετος, ανακριβής και αντιεμπιστημονικός. Εν τούτοις τελευταίες έρευνες έχουν δείξει ότι τα σφάλματα που προκύπτουν από αυτή την προσέγγιση είναι πρακτικά αμελητέα.

- 3) Έχει υποστηριχθεί ότι η περιβάλλουσα επαφής του συστήματος E προσδιορίζεται ευκολότερα από τη μέση γραμμή του M. Όμως για να χαραχθεί η περιβάλλουσα πρέπει η πραγματική κατατομή να είναι ακριβώς γνωστή, πράγμα που δεν συμβαίνει στην πράξη, παρά μόνο όταν γίνεται

πλήρης καταγραφή της κατατομής και όχι απλά μέτρηση της τραχύτητας.

4) Στην πραγματικότητα τα σημερινά τραχύμετρα M χρησιμοποιούν σφαιρικό πέδιλο το οποίο ακολουθεί τη στάθμη αναφοράς. Λειτουργούν κατά συνέπεια με γεωμετρία του E αποτελώντας έτσι ένα συμβιβασμό μεταξύ των δύο συστημάτων.

Παράμετροι μέτρησης της τραχύτητας.

Το καθοριστικό στοιχείο της ποιότητας της επιφανείας (όσον αφορά τα τριβολογικά φαινόμενα) είναι η τραχύτητα. Η τιμή της τραχύτητας είναι ένα μέγεθος στοχαστικό. Ουσιαστικά η τραχύτητα δεν μετράται 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 τραχύτητας μπορούν να ταξινομηθούν σε τέσσερις ομάδες με κριτήριο τα χαρακτηριστικά του περιγράμματος που ποσοτικοποιούν:

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

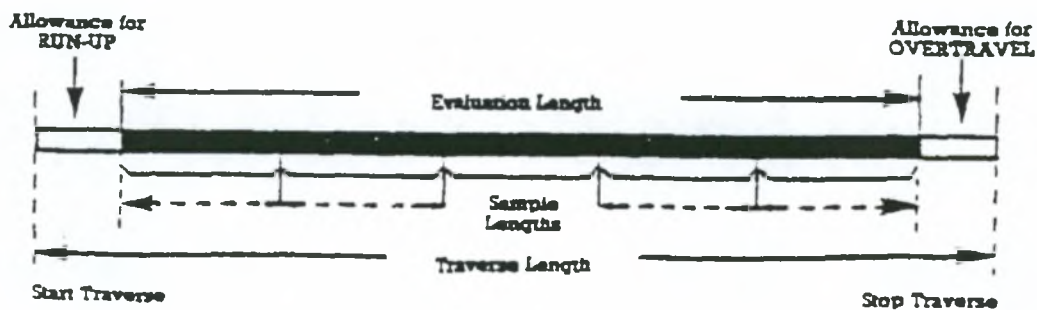
Ωστόσο υπάρχουν τρία χαρακτηριστικά μήκη που συνδέονται με τον αριθμητικό προσδιορισμό της τοπομορφίας της επιφανείας (Σχ.1.8).

1) Το δειγματοληπτικό μήκος, αυτό είναι το μήκος της επιφανείας στο οποίο γίνεται μία απλή εκτίμηση των παραμέτρων. Είναι το μήκος στο οποίο μετρείται η παράμετρος, έχει στατιστική σημασία χωρίς να είναι αρκετά μεγάλο ώστε να περιλαμβάνει τυχαίες λεπτομέρειες.

2) Το υπολογιζόμενο ή εκτιμώμενο μήκος, είναι το μήκος της επιφανείας που γίνεται η μέτρηση. Μπορεί να περιλαμβάνει διάφορα δειγματοληπτικά μήκη. Η τελική μέτρηση είναι η μέση αριθμητική τιμή των επιμέρους μετρήσεων που έγιναν σε κάθε ένα από τα δειγματοληπτικά μήκη, του υπολογιζόμενου μήκους.

3) Το συνολικό μήκος σάρωσης του στολίσκου κατά τη μέτρηση. Είναι μεγαλύτερο από το υπολογιζόμενο μήκος, αφού η περιλαμβάνει και τα διαστήματα επιτάχυνσης και επιβράδυνσης του στολίσκου στα οποία δεν γίνεται μέτρηση.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό μήκος επίσης μεγάλης σπουδαιότητας είναι το μήκος κύματος αποκοπής. Αυτό είναι ισοδύναμο με το δειγματοληπτικό μήκος.



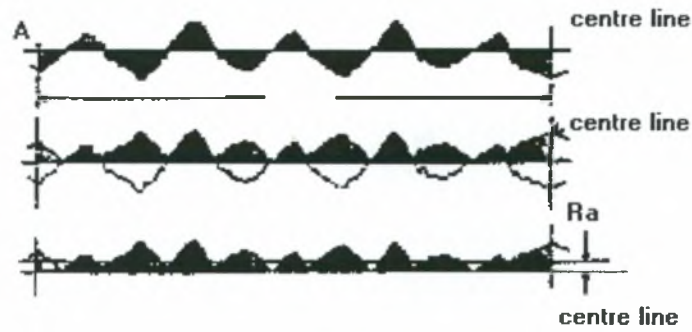
Σχ. 1.8: Χαρακτηριστικά μήκη μέτρησης της τραχύτητας.

Μέση αριθμητική τραχύτητα Ra

Είναι *παράμετρος εύρους* και ορίζεται από τη σχέση:

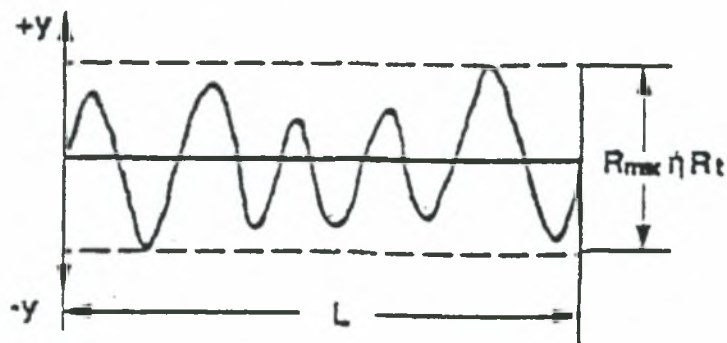
$$Ra = \frac{1}{L} \int_0^L |y| dx$$

και παριστάνει τη μέση τιμή των αποκλίσεων $|y|$ όλων των σημείων της πραγματικής κατατομής από την κεντρική γραμμή μέσα στο δεδομένο δειγματοληπτικό μήκος L (Σχ. 1.9).

Σχ.1.9:Γραφική παράσταση της R_a

Μέγιστο βάθος R_t

Είναι η υψομετρική διαφορά της υψηλότερης κορυφής των επιφανειακών ανωμαλιών από τη βαθύτερη κοιλάδα (εντός του δειγματοληπτικού μήκους). (Σχ. 1.10)

Σχ.1.10:Γεωμετρικά χαρακτηριστικά του R_t .

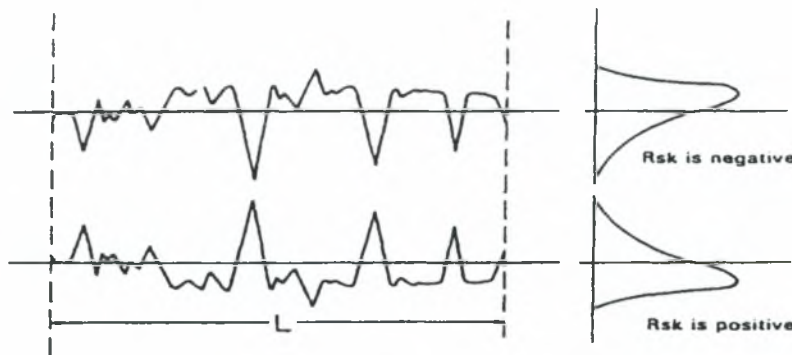
Το μέγεθος R_t μετράται πολύ εύκολα, έχει όμως το μειονέκτημα να να παρουσιάζει ευαισθησία σε τυχαίες τοπικές ανωμαλίες (π.χ. αμυχή στην επιφάνεια) που βρίσκονται συμπτωματικά μέσα στο μήκος δειγματοληψίας.

Παράμετρος R_{sm}

Είναι παράμετρος διαστήματος και αποτελεί τον μέσο όρο των διαστημάτων μεταξύ των κορυφών του περιγράμματος κατά μήκος της κεντρικής γραμμής και υπολογίζεται στο δειγματοληπτικό μήκος.

Παράμετρος R_{sk} ή λοξότητα

Η λοξότητα R_{sk} είναι στατιστική παράμετρος και αποτελεί τη ροπή τρίτης τάξεως της κατανομής των υψών του περιγράμματος ενώ δίνει το βαθμό ασυμμετρίας σε περιπτώσεις ασυμμετρικών στατιστικών κατανομών και χαρακτηρίζεται αναλόγως ως θετική ή αρνητική. (Σχ.1.11)

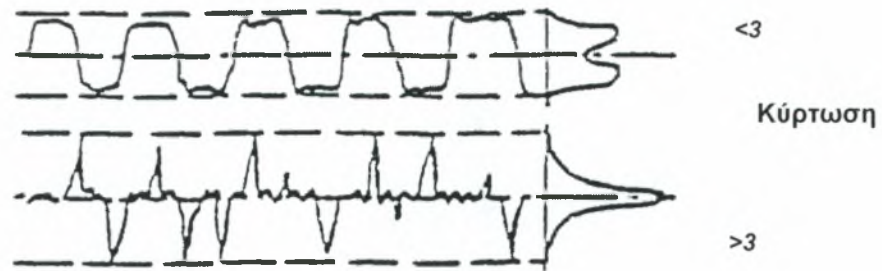


Σχ.1.11: Περιγράμματα επιφανειών με θετική και αρνητική λοξότητα.

Θετική λοξότητα εμφανίζουν επιφάνειες «άδειες από υλικό», ενώ αρνητική επιφάνειες «γεμάτες από υλικό». Είναι σημαντική παράμετρος για τριβολογικές εφαρμογές, όπως στη λειτουργικότητα επιφανειών εδράσεως, σε έλεγχο φθοράς, όπου οι χαρακτηριζόμενες από θετική λοξότητα επιφάνειες φθείρονται ταχύτερα κ.ά.. Η κανονική κατανομή παρουσιάζει $R_{sk}=0$.

Παράμετρος R_{ku} ή κύρτωση

Η κύρτωση R_{ku} είναι επίσης στατιστική παράμετρος και αποτελεί τη ροπή τέταρτης τάξεως της κατανομής των υψών του περιγράμματος ενώ δίνει το βαθμό οξύτητας της στατιστικής κατανομής και λαμβάνει την τιμή $\xi=3$ για την κανονική κατανομή. Στην περίπτωση όπου $\xi>3$ η επιφάνεια χαρακτηρίζεται από οξύτητα προεξοχών, ενώ όταν $\xi<3$ χαρακτηρίζεται από αμβλύτητα. Παρέχονται έτσι πληροφορίες για την επιφάνεια επαφής και την αντίσταση της σε φθορά, καθώς είναι δυνατό να εντοπιστεί περιοδικότητα του περιγράμματος ($\xi<3$), (Σχ. 1.12)



Σχ.1.12

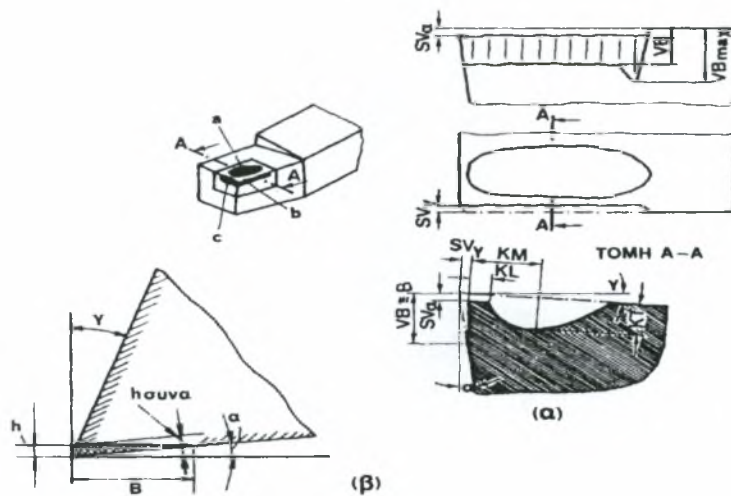
Φθορά του εργαλείου κοπής

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.



Σχ. 1.13: 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 αυξήσεως 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 απαράδεκτες ταλαντώσεις, όταν αυτό φθείρεται.

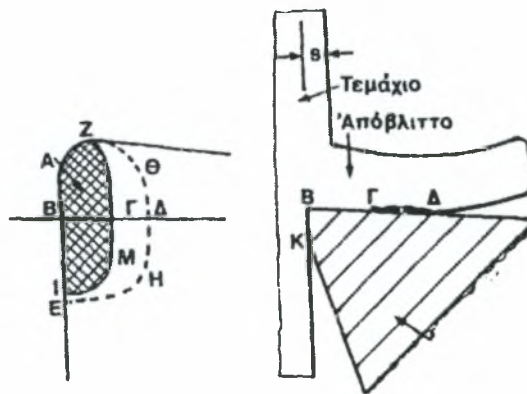
Παρακάτω αναφέρονται οι παράγοντες που επιδρούν στη ζωή του εργαλείου:

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.

Υγρά κοπής και λιπαντικά

Κατά τη στεγνή (χωρίς υγρό κοπής) κοπή των μετάλλων, στις συνήθεις συνθήκες της πράξεως, εμφανίζεται τριβή σύμφωνα με το πρότυπο Zorev,

δηλαδή στη διεπιφάνεια αποβλήτου - εργαλείου (θεωρούμε ότι δεν έχει σχηματισθεί ψευδόκοψη) λαμβάνουν χώρα τόσο τριβή ακινησίας με τη συνακόλουθη πλαστική παραμόρφωση του υλικού του αποβλήτου σε υπόστρωμα, όσο και συνήθης τριβή ολισθήσεως σε ορισμένη περιοχή της διεπιφάνειας γύρω από την περιοχή τριβής ακινησίας. Αν τώρα χρησιμοποιήσουμε λάδι κοπής με πρόσθετα υψηλής πίεσεως και σε χαμηλές ταχύτητες κοπής και πάλι, κατά κανόνα, θα εμφανισθεί **περιοχή τριβής ακινησίας**, σε μικρότερη όμως έκταση. Πέρα όμως από την περιοχή τριβής ακινησίας, υπάρχει και μία άλλη περιοχή, που περιβάλλει συνήθως την πρώτη, όπου παρατηρείται συνηθισμένη τριβή ολισθήσεως. Εκεί, θα δημιουργηθεί και **συνοριακό στρώμα**.



Σχ.1.14: Περιοχή τριβής ακινησίας (A) και περιοχή τριβής ολισθήσεως (M) σε ένα κοπτικό εργαλείο

Τα χαρακτηριστικά του συνοριακού στρώματος θα εξαρτηθούν από το είδος του υγρού κοπής, του οποίου θα κάνουμε χρήση. Στην ειδική περίπτωση, όπου οι συνθήκες θα ήταν τέτοιες, ώστε να μην εμφανιζόταν τριβή ακινησίας (πράγμα σπάνιο στις συνηθισμένες κατεργασίες), τότε θα είχαμε σχηματισμό συνοριακού στρώματος σε όλη την έκταση της διεπιφάνειας αποβλήτου - προσώπου εργαλείου, το οποίο όμως θα διακοπτόταν από νησίδες καθαρής μεταλλικής επαφής, λόγω σχηματισμού συγκολλητών δεσμών εκεί, όπου οι ορθές τάσεις θα ήταν αρκούντως υψηλές.

Κατά την κοπή των μετάλλων, η μία από τις ολισθαίνουσες επιφάνειες του ζεύγους μπορεί να αντιστοιχισθεί με την προς το εργαλείο επιφάνεια του

αποβλήτου (ή με τη νεοσχηματισμένη επιφάνεια του τεμαχίου) και ή άλλη με το πρόσωπο του εργαλείου (ή με την ελεύθερη επιφάνεια του εργαλείου). Κάτω από τις επικρατούσες συνθήκες κατά την κοπή (υψηλές σχετικά ορθές θλιπτικές τάσεις και θερμοκρασίες), στη διεπιφάνεια αποβλήτου - εργαλείου και σε χαμηλές ταχύτητες το υγρό κοπής δρα κατά τρόπο, ώστε να σχηματίζεται συνοριακό στρώμα, στην περιοχή της διεπιφάνειας, όπου δεν λαμβάνει χώρα τριβή ακινησίας (π.χ. στο μέρος M της διεπιφάνειας του (σχ.: 14), ενώ στην περιοχή A έχουμε καθαρά μεταλλική επαφή). Είναι φανερό, ότι με το σχηματισμό του συνοριακού στρώματος μειώνεται ο συντελεστής τριβής ολισθήσεως αποβλήτου - εργαλείου και ή μείωση του θα μεγαλώνει όσο ή επιφάνεια τριβής ακινησίας θα μικραίνει.

Από όσα μέχρι τώρα γνωρίζουμε από τη θεωρία της κοπής, η ελάττωση του μέσου φαινομένου συντελεστή τριβής, που επιτυγχάνεται με τη χρήση του εκάστοτε κατάλληλου υγρού κοπής, έχει τις ακόλουθες ευνοϊκές συνέπειες:

α) Αύξηση στη γωνία διατμήσεως με τις γνωστές ευεργετικές επιπτώσεις στην κοπή, δηλαδή ελάττωση στις δυνάμεις κοπής και στην εκλυόμενη θερμότητα, όπως και στις θερμοκρασίες, που τελικά αναπτύσσονται.

β) Μείωση στη φθορά (και αύξηση στη ζωή) του κοπτικού εργαλείου, ως επακόλουθο της μειώσεως των θερμοκρασιών.

γ) Καλύτερευση εν γένει στην τραχύτητα της κατεργασμένης επιφάνειας του τεμαχίου μέσω περιορισμού στο σχηματισμό της ψευδόκοψης.

Η λιπαντική δράση του υγρού κοπής, φυσικό - χημικού χαρακτήρα, όπως την έχουμε περιγράψει, είναι έντονη στις χαμηλές ταχύτητες κοπής (κάτω των 30 m/min περίπου στην κατεργασία χαλύβων) και εξασθενίζει, όσο ή ταχύτητα κοπής μεγαλώνει, μέχρι να μηδενισθεί εντελώς στις υψηλές ταχύτητες κοπής.

Η θερμοκρασία στο ρυθμό φθοράς και στη ζωή του εργαλείου παίζει τον πρωτεύοντα ρόλο. Η αύξηση της θερμοκρασίας (ιδιαίτερα στη ζώνη επαφής αποβλήτου - εργαλείου και δευτερευόντως σε εκείνη εργαλείου - τεμαχίου) συνεπάγεται ταχύρυθμη φθορά του εργαλείου, άρα και βράχυνση της ζωής του. Συνεπώς, οποιαδήποτε μείωση στη θερμοκρασία και με οποιοδήποτε μέσο, που να δικαιολογείται οικονομικά και τεχνολογικά, είναι καλοδεχούμενη. Στη μηχανουργική πράξη σήμερα, για το σκοπό αυτό, χρησιμοποιούνται διάφορα μέσα και ιδιαίτερα τα υγρά κοπής, που ασκούν ψυκτική δράση.

Η ψυκτική επενέργεια ενός υγρού κοπής χαρακτηρίζεται από την ικανότητα

του να αφαιρεί ένα μέρος από την παραγόμενη θερμότητα στην περιοχή κοπής, ιδιαίτερα κατά την κοπή χαλύβων και μετάλλων και κραμάτων με υψηλό σημείο τήξεως. Στο υγρό κοπής ως ψυκτικό, σοβαρό ρόλο, παίζουν οι θερμικές ιδιότητες του. Έτσι, υψηλή ειδική θερμότητα και λανθάνουσα θερμότητα ατμοποίησης, μεγάλος συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας και χαμηλό ιξώδες, συντελούν στην επίτευξη ικανοποιητικού ρυθμού αφαίρεσης θερμότητας. Επίσης, ή παροχή (όγκος υγρού στη μονάδα του χρόνου) του υγρού κοπής, όπως και οι συνθήκες μεταδόσεως θερμότητας (θέση ή θέσεις, από τις όποιες γίνεται ή απαγωγή της θερμότητας κ.α.) παίζουν το ρόλο τους.

Ο μηχανισμός απαγωγής της θερμότητας με τη βοήθεια υγρού κοπής είναι περίπλοκος, λόγω μεταβαλλόμενης γεωμετρικής μορφής του εργαλείου κατά τη διάρκεια της κοπής, αλλά και μεταβολών σε ορισμένες ιδιότητες του υλικού του τεμαχίου, εξαιτίας της εντόνου πλαστικής παραμορφώσεως, που αυτό υφίσταται κατά την κοπή.

Με την ψυκτική δράση του υγρού κοπής, επέρχεται πτώση της θερμοκρασίας στο κοπτικό εργαλείο (έστω και λίγων βαθμών ακόμη) με αποτέλεσμα τη σημαντική βελτίωση στη ζωή του. Ακόμη επιτυγχάνεται ταπείνωση στη γενική στάθμη της θερμοκρασίας του κομματιού και αποφεύγονται έτσι στρεβλώσεις του, ενώ διευκολύνονται οι χειρισμοί του.

Τα υγρά κοπής ως ψυκτικά χρησιμοποιούνται αποτελεσματικά εν γένει σε σχετικά υψηλές ταχύτητες κοπής, ενώ σε λίαν υψηλές ταχύτητες περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό (ή και εξαφανίζεται ακόμη) η ψυκτική τους δράση.

Γενικά

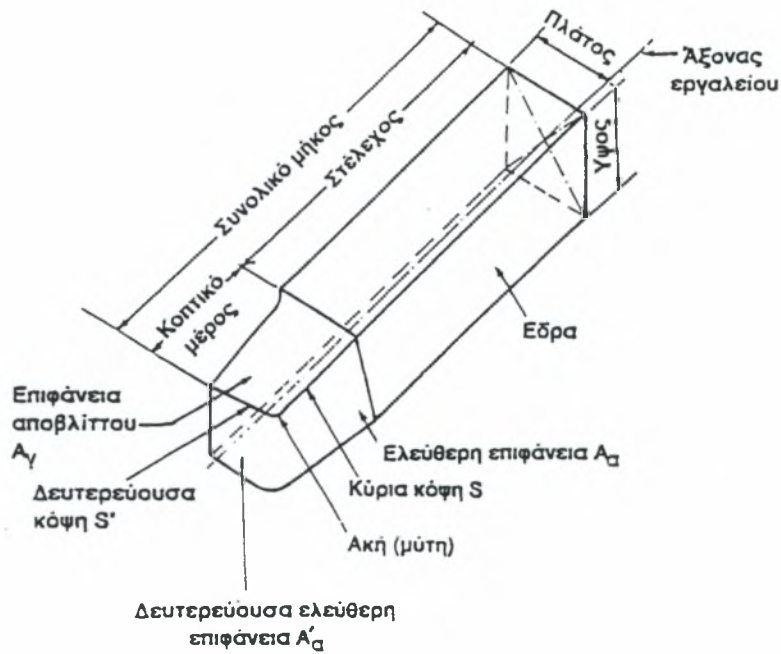
Αντικείμενο μελέτης της πειραματικής εργασίας είναι η μέτρηση των μεγεθών της τραχύτητας επιφανειών αλλά και της φθοράς του κοπτικού εργαλείου που έχουν προκύψει από κατεργασίες τόννευσης. Η τόννευση ανήκει στην ομάδα των κατεργασιών κοπής με περιστροφική την πρωτεύουσα κίνηση και μεταφορική την κίνηση της πρόωσης. Διάφορα κινηματικά είδη τόννευσης προκύπτουν με βάση την αμοιβαία σχέση των κύριων λειτουργικών κινήσεων.

Μορφή, υλικό και χαρακτηριστικά μεγέθη του κοπτικού εργαλείου.

Τα εργαλεία τριανεύσεως που χρησιμοποιούνται τα διακρίνουμε σε δύο ομάδες:

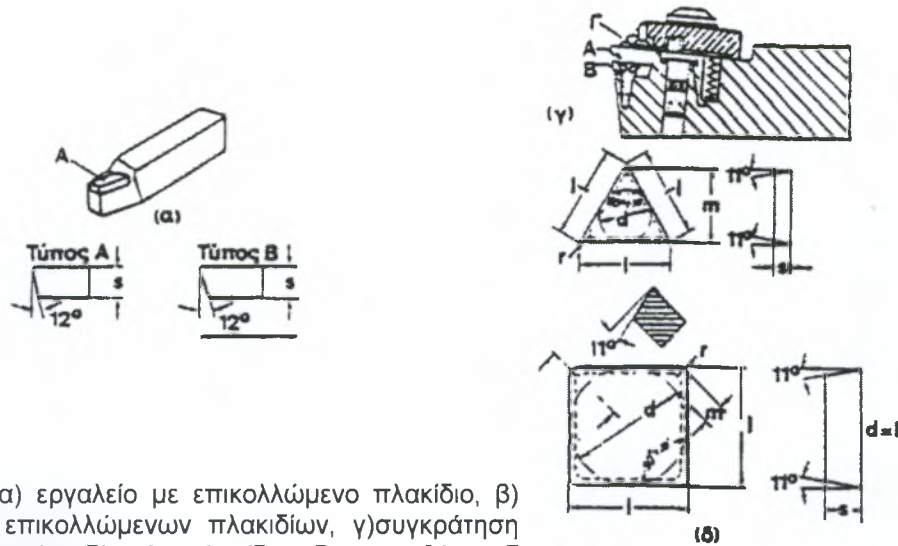
- σε εργαλεία μιας ή μόνης κύριας κόψης,
- σε εργαλεία πολλών κύριων κόψεων.

Το κοπτικό μέρος ενός εργαλείου μιας κόψης για να μπορέσει αποδοτικά να λειτουργήσει μορφοποιείται με τη δημιουργία και μίας άλλης κόψης, της δευτερεύουσας κόψης. Οι δύο παραπάνω κόψεις συνδέονται από μία καμπύλη με καθορισμένη ακτίνα καμπυλότητας, όπου σχηματίζεται η ακή του εργαλείου. Η κύρια κόψη αφαιρεί τον όγκο του μετάλλου, ενώ η δευτερεύουσα ελέγχει την ποιότητα (τραχύτητα και τα άλλα χαρακτηριστικά της κατεργασμένης επιφανείας). Το εργαλείο μιας κύριας κόψης αντιπροσωπεύεται από το τυπικό εργαλείο τριανεύσεως (σχ.2.15), το οποίο κατά κανόνα είναι εργαλείο λοξής κοπής και το απλούστερο και συνηθέστερο από όλα.



Σχ.2.15: Τυπικό εργαλείο τριβής

Για την κατασκευή των εργαλείων τριβής συνήθως χρησιμοποιούνται οι ταχυχάλυβες και τα σκληρομέταλλα, χωρίς όμως να αποκλείονται σε ειδικές περιπτώσεις οι ανθρακούχοι και κεραμικοί χάλυβες εργαλείων, τα χυτευτά κράματα, τα κεραμικά πυριμάχων οξειδίων και το διαμάντι. Τα εργαλεία τριβής κατασκευάζονται ως μονομεταλλικά ή ολόσωμα και ως διμεταλλικά. Στα πρώτα όλο το εργαλείο κατασκευάζεται από το υλικό του κοπτικού μέρους του (όπως στην περίπτωση ενός εργαλείου από ταχυχάλυβα) και σε μικρά σχετικά μεγέθη. Στα δεύτερα (διμεταλλικά), το στέλεχος είναι από χάλυβα κατασκευών κατάλληλων μηχανικών ιδιοτήτων και γεωμετρικών χαρακτηριστικών (τέτοιων, ώστε να μην προκύπτουν ανακρίβειες κατά τη λειτουργία του εργαλείου, όπως για παράδειγμα βέλος κάμψης στη θέση της ακής του) και το κοπτικό μέρος είναι κατά κανόνα πλακίδιο σκληρομετάλλου. Το πλακίδιο μπορεί να είναι επικολλώμενο με ψυχρή κόλληση ή ένθετο (προσαρμοζόμενο με μηχανικά μέσα) (σχ.2.16).



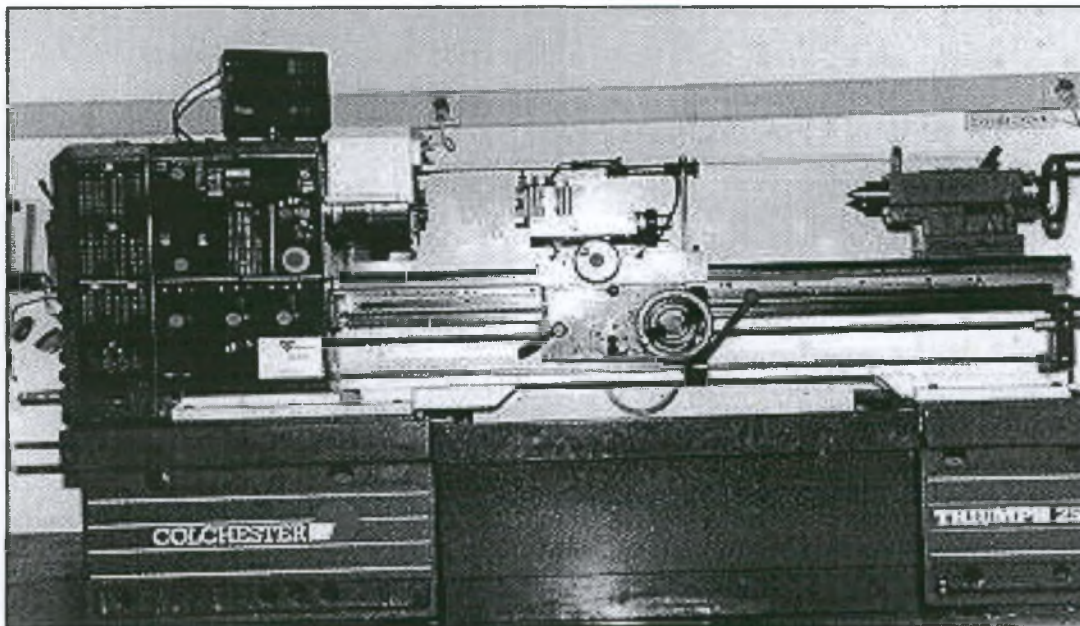
Σχ.2.16. α) εργαλείο με επικολλώμενο πλακίδιο, β) μορφές επικολλώμενων πλακιδίων, γ) συγκράτηση ένθετου πλακιδίου: Α πλακίδιο Β προσθήκη Γ γρεζοθραύστης δ) μορφή ένθετου πλακιδίου.

Τα εργαλεία απλής κύριας κόψης μπορεί να είναι αριστερόκοπα ή δεξιόκοπα ανάλογα με τον προσανατολισμό της κύριας κόψης. Οι τιμές που παίρνουν οι διάφορες γωνίες κοπής του εργαλείου εξαρτώνται από:

- το χαρακτήρα και το είδος της κατεργασίας,
- τις απαιτήσεις ποιότητας της κατεργασίας,
- την κατεργαστικότητα του υλικού του τεμαχίου,
- μηχανικές και κοπτικές ιδιότητες του εργαλείου.

Παρουσίαση της εργαλειομηχανής και χαρακτηριστικά μεγέθη της.

Οι κοπές των δοκιμών πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Μηχανουργικών Κατεργασιών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Χρησιμοποιήθηκε συμβατικός τόννος τύπου TRIUMPH 2500 της εταιρίας COLCHESTER (Σχ.2.17).



Σχ.2.17: Συμβατικός τόρνος.

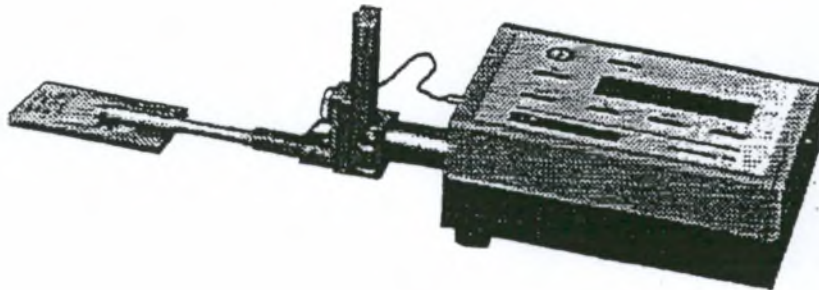
Τα κυριότερα γεωμετρικά και μηχανικά χαρακτηριστικά του φαίνονται στον παρακάτω πίνακα:

Τεχνικά χαρακτηριστικά του συμβατικού τόρνου.

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

Παρουσίαση του Τραχυμέτρου και των χαρακτηριστικών του.

Οι μετρήσεις έγιναν σε μηχανικό τραχύμετρο στυλίσκου τύπου Sutronic 3+ της εταιρίας RANK TAYLOR HOBSON LIMITED (Σχ.2.18).



Σχ.2.18. Τραχύμετρο

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:

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

Για την τόνρευση αποπεράτωσης επιλέχθηκε μήκος κύματος αποκοπής (cut-off length) ίσο με 0,8 mm, ενώ το δειγματοληπτικό μήκος ήταν $L_n=4$ mm.

Talysprofile

Για την επεξεργασία των μετρήσεων, που έγιναν στο προφιλόμετρο, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα **Talysprofile** 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.

Διαμήκης τόνρευση

Κατά τη διαμήκη τόνρευση 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, προσδέναμε το δοκίμιο στο σιαγωνινό σφιγκτήρα (τσοκ) του τόννου, 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 ό,τι θα μπορούσε να προκαλέσει φθορά και επομένως αλλοίωση των αποτελεσμάτων. Πριν από κάθε διαδικασία μέτρησης ακολουθούσαμε τα παρακάτω βήματα:

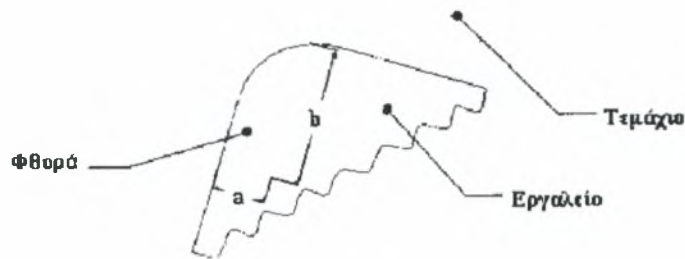
1. Η προς μέτρηση επιφάνεια δεν υφίστατο καμία ταλάντωση και το όργανο ήταν απόλυτα σταθερό κατά τη διάρκεια της μέτρησης
2. Πάντα ο στυλίσκος τοποθετούνταν κατά τέτοιο τρόπο ώστε να είναι κάθετος προς τη μετρήσιμη επιφάνεια.
3. Ο βραχίονας του τραχυμέτρου ήταν πάντα παράλληλος προς τη μετρήσιμη επιφάνεια.
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:

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

Μέτρηση φθοράς ένθετου πλακιδίου

Η φθορά των κοπτικών εργαλείων μετρήθηκε με τη βοήθεια μηχανουργικού οπτικού μικροσκοπίου μάρκας *Mitutoyo*. Πιο συγκεκριμένα μετρήθηκαν οι διαστάσεις (a και b) του κρατήρα φθοράς.(Σχ.2.19).



Σχ.2.19: Απεικόνιση της επιφάνειας φθοράς κρατήρα

Δεδομένα του πειράματος

Το τεμάχιο που κατεργαστήκαμε ήταν από ανοξείδωτο χάλυβα 304 (Διάμετρος: D=50mm,Μήκος: L=1000mm) με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

Σύσταση	% κ.β.
Άνθρακας C	0,08
Πυρίτιο Si	1,00
Μαγγάνιο Mn	2,00
Φώσφορος P	0,045
Θείο S	0,030
Χρώμιο Cr	19.00
Νικέλιο Ni	9.25

Οι κυριότερες μηχανικές ιδιότητες του είναι:

Αντοχή σε εφελκυσμό (N/mm ²)	520
Σκληρότητα (HB)	219
Εκατοστιαία επιμήκυνση (per cent)	40

Όλες οι κοπές έγιναν με διμεταλλικό εργαλείο κοπής με ένθετο πλακίδιο από σκληρομέταλλο P30 (κατά DIN 4990) χημικής σύνθεσης 82% WC, 10% Co και 8% TiC-TaC με τα παρακάτω γεωμετρικά χαρακτηριστικά:

Γωνία Πλακιδίου	90°
Γωνία ελευθερίας	11°
Διάμετρος του εγγεγραμμένου κύκλου	12,7 mm
Πάχος	3 mm
Ακτίνα μύτης	0,8 mm

Τα ιξώδες των τριών λαδιών κοπής που χρησιμοποιήθηκαν στο πρώτο μέρος της εργασίας αναφέρονται παρακάτω:

Λάδια κοπής	Ιξώδες στους 20°C (mm ² /sec)
A	158,78
B	127,02
Γ	182,75

Πειράματα

Τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία θα μπορούσαμε να τα χωρίσουμε σε δύο υποκατηγορίες ανάλογα με το αντικείμενο της μελέτης.

1. **Η πρώτη κατηγορία πειραμάτων** αφορά την ποιότητα επιφανείας αλλά και τη φθορά του κοπτικού εργαλείου, σε σχέση με το λιπαντικό που χρησιμοποιήθηκε.

Στη φάση αυτή έγιναν τέσσερις σειρές πειραμάτων. Μετρούσαμε την τραχύτητα επιφανείας και την φθορά του κοπτικού εργαλείου ανά 200mm μήκους κατεργασίας προκειμένου να είναι εμφανής η προοδευτική αύξηση των τιμών τους. Μία σειρά πειραμάτων έγινε με στεγνή κοπή και οι υπόλοιπες τρεις χρησιμοποιώντας κάθε φορά διαφορετικό λιπαντικό (Α,Β,Γ).

Στον παρακάτω πίνακα αναφέρονται οι συνθήκες κοπής με τις οποίες έγιναν τα πειράματα:

Συνθήκες κοπής	
Ταχύτητα κοπής U (m/s)	0,942
Πρόωση S (mm/στρ.)	0,1
Βάθος κοπής a (mm)	0,8
Μήκος κοπής L (mm)	200

Σκοπός αυτής της μελέτης είναι να αξιολογηθούν τα λάδια κοπής ως προς τη φθορά που προκαλούν στο κοπτικό εργαλείο αλλά και ως προς την τραχύτητα της επιφανείας που προσδίδουν.

Οι παράμετροι της τραχύτητας στις οποίες επικεντρώσαμε το ενδιαφέρον μας σ'αυτή τη φάση είναι η Ra, η Rt, και η Rsk.

2. **Η δεύτερη κατηγορία πειραμάτων** αφορά την τραχύτητα επιφανείας, ανάλογα με τις συνθήκες κοπής (πρόωση και ταχύτητα κοπής) σε υγρή και στεγνή κοπή αντίστοιχα. Αυτό έγινε για δύο περιπτώσεις:

- Χρησιμοποιώντας άφθαρτο εργαλείο για κάθε πείραμα.
- Χρησιμοποιώντας φθαρμένο εργαλείο, γνωστών τιμών των διαστάσεων της φθοράς ($a=0,7$ και $b=0,8$) (βλ. σχ.2.19).

Οι ταχύτητες κοπής που επιλέχθηκαν ήταν 19 για τα δύο είδη κοπής (υγρή και στεγνή) και κυμαίνονταν σε ένα εύρος από 5 m/min έως 200 m/min. Η πρόωση που επιλέχθηκε ήταν της τάξεως των 0,2 mm/στρ.

Οι προώσεις που επιλέχθηκαν ήταν και αυτές 19 και κυμαίνονταν σε ένα εύρος από 0,04 mm/στρ. έως 0,6 mm/στρ. Η ταχύτητα που επιλέχθηκε ήταν της τάξεως των 200 m/min.

Οι παράμετροι της τραχύτητας στις οποίες επικεντρώσαμε το ενδιαφέρον μας σ'αυτή τη φάση είναι η Ra, η Rsk, η Rku, και η Rsm.

Σ' αυτό το κεφάλαιο θα κάνουμε μία παρουσίαση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τα πειράματα που αναφέρθηκαν.

Για το πρώτο μέρος της εργασίας, προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες στους οποίους παρουσιάζονται:

- οι παράμετροι Ra, Rt και Rsk για τρεις περιοχές μετρήσεων (ανά 200 mm), για στεγνή αλλά και για υγρή κοπή με τη χρήση τριών διαφορετικών λιπαντικών. (πιν.1)
- οι διαστάσεις a και b της επιφάνειας της φθοράς κρατήρα αλλά και το εμβαδόν αυτής της επιφάνειας. (πιν.2)

ΜΗΚΟΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ (mm)	ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ			ΛΑΔΙ Α			ΛΑΔΙ Β			ΛΑΔΙ Γ		
	Ra(μm)	Rt(μm)	Rsk	Ra(μm)	Rt(μm)	Rsk	Ra(μm)	Rt(μm)	Rsk	Ra(μm)	Rt(μm)	Rsk
0-200	0,587	3,76	0,205	0,639	3,64	0,213	0,643	3,47	0,545	0,431	3,47	0,105
200-400	0,998	5,74	0,363	0,707	4,07	0,271	0,753	4,37	0,0304	0,467	3,4	0,0426
400-600	1,23	10,7	-0,151	0,794	4,25	0,267	0,859	4,88	0,336	0,517	3,72	0,145

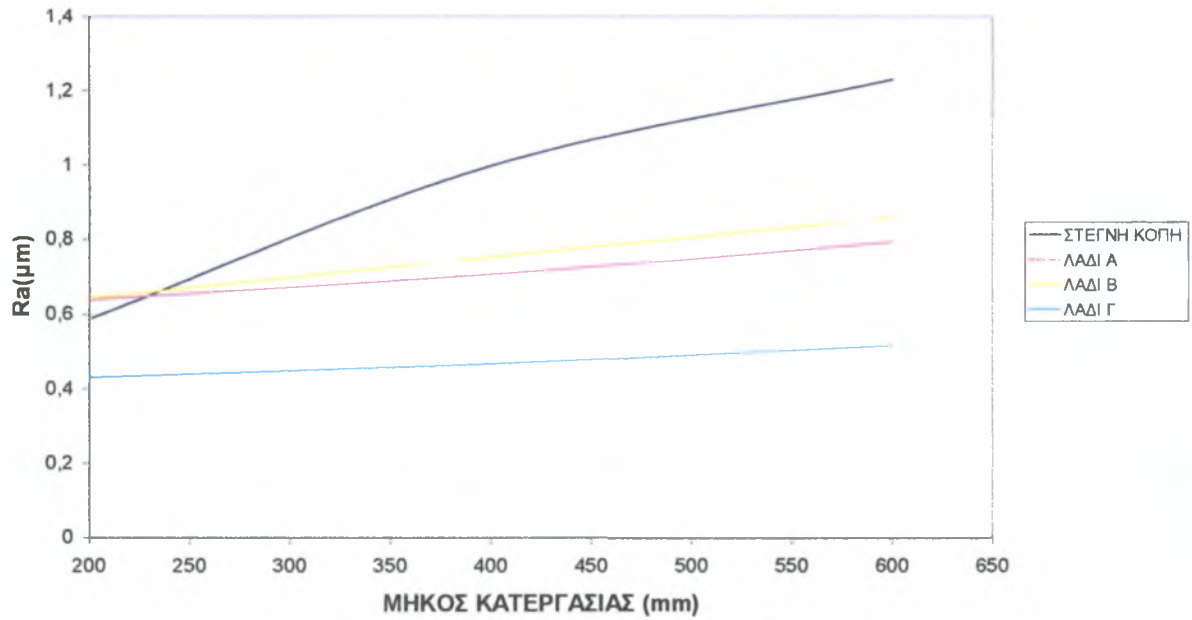
Πιν.: 1

ΜΗΚΟΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ (mm)	ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ			ΛΑΔΙ Α			ΛΑΔΙ Β			ΛΑΔΙ Γ		
	a(mm)	b(mm)	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΦΘΟΡΑΣ(mm ²)	a(mm)	b(mm)	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΦΘΟΡΑΣ(mm ²)	a(mm)	b(mm)	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΦΘΟΡΑΣ(mm ²)	a(mm)	b(mm)	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΦΘΟΡΑΣ(mm ²)
0-200	0,7	1	0,7	0,5	0,5	0,25	0,2	0,5	0,1	0,5	1,25	0,625
200-400	0,95	1,55	1,4725	0,5	0,5	0,25	0,4	0,6	0,24	0,5	1,4	0,7
400-600	1	1,75	1,75	0,75	0,75	0,5625	0,4	0,7	0,28	0,5	1,5	0,75

Πιν.: 2

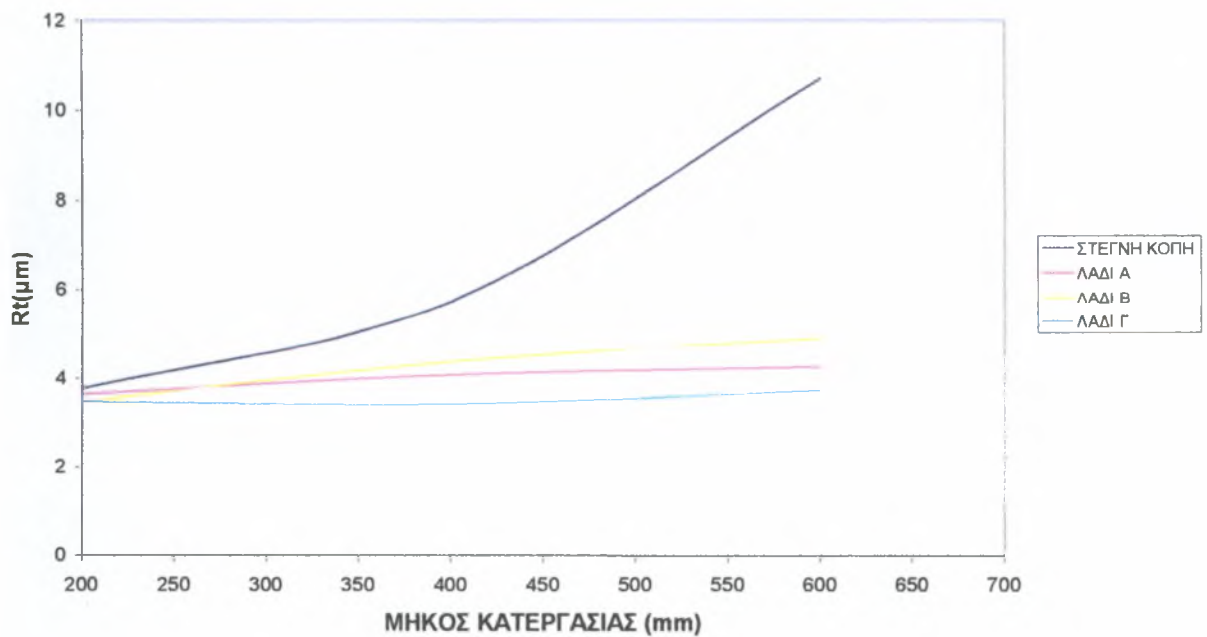
Τα παρακάτω διαγράμματα (Σχ.:3.1, έως 3.3) απεικονίζουν τη μεταβολή των παραμέτρων Ra, Rt, Rsk, ανάλογα με το μήκος κατεργασίας, για στεγνή κοπή και για κάθε μία από τις περιπτώσεις των τριών λιπαντικών.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ Ra ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ



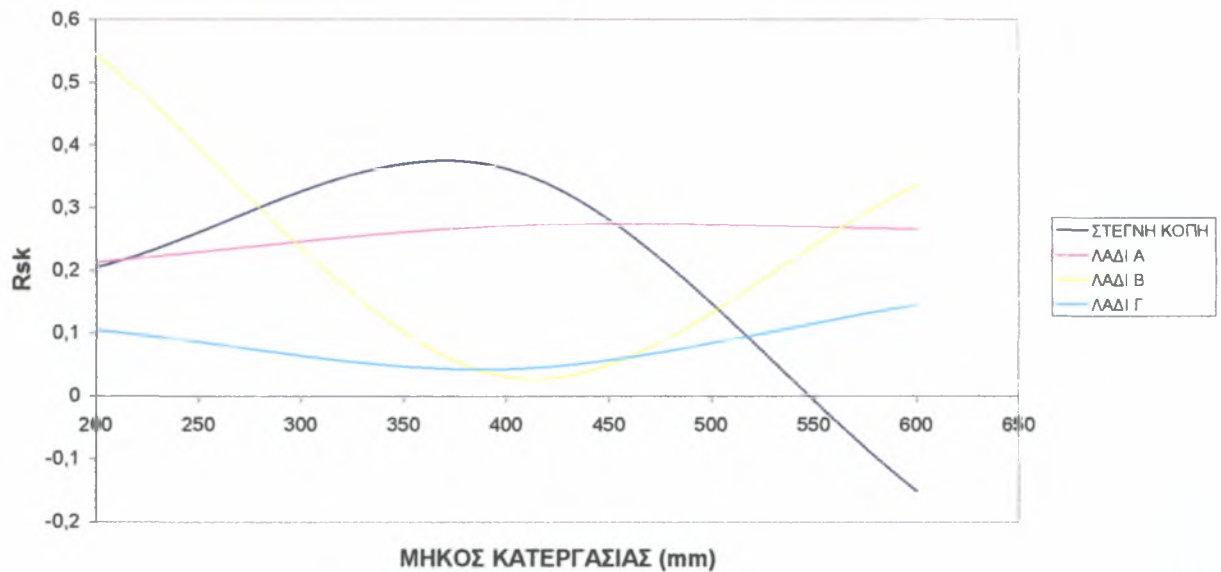
Σχ.: 3.1

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ R_t ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ



Σχ.: 3.2

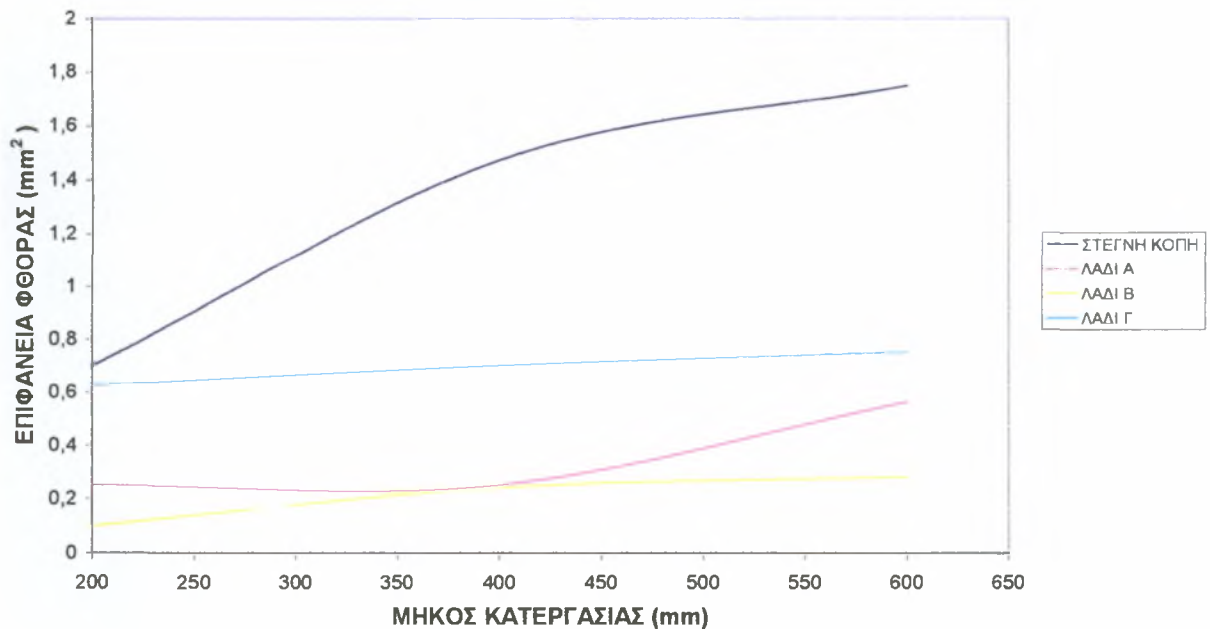
ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ Rsk ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ



Σχ.: 3.3

Στο παρακάτω διάγραμμα (Σχ.: 3.4) φαίνεται η αύξηση της επιφάνειας φθοράς ανάλογα με το μήκος κατεργασίας για τις περιπτώσεις της στεγνής κοπής αλλά και για τη χρήση των τριών λιπαντικών.

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΦΘΟΡΑΣ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΑ ΛΙΠΑΝΤΙΚΑ



Σχ.: 3.4

Παρατηρώντας τα παραπάνω διαγράμματα διακρίνουμε μία σταδιακή αύξηση των παραμέτρων συναρτήσει του χρόνου κοπής αλλά και μία έντονη διαφοροποίηση στην κατάταξη των ελαίων ως προς τις τιμές της τραχύτητας και της φθοράς του κοπτικού εργαλείου. Όσον αφορά τη στεγνή κοπή, τα αποτελέσματα φαίνονται απόλυτα φυσιολογικά, αφού όπως θα περιμέναμε εξ' αρχής οι τιμές της τραχύτητας αλλά και της φθοράς του κοπτικού εργαλείου για τη στεγνή κοπή είναι μεγαλύτερη από κάθε άλλη περίπτωση χρησιμοποίησης λιπαντικού. Τα λάδια κοπής όμως, κατατάσσονται πολύ διαφορετικά ανάλογα με την τιμή Ra της τραχύτητας και την επιφάνεια φθοράς του κοπτικού εργαλείου που επιφέρουν. Παρακάτω φαίνεται ένας πίνακας σχετικής κατάταξης των λαδιών κοπής.

Κατάταξη	Ra(μm)	Επιφ.Φθοράς(mm ²)
1	Γ	Β
2	Α	Α
3	Β	Γ

Πιν.:3

Για το **δεύτερο μέρος της εργασίας**, προκύπτουν οι παρακάτω πίνακες στους οποίους παρουσιάζονται οι παράμετροι Ra, Rsk, Rku, και Rsm της τραχύτητας για ένα εύρος προώσεων από 0,04 έως 0,6 mm/στρ. και ταχυτήτων από 5 έως 200 m/min για τις περιπτώσεις της στεγνής και της υγρής κοπής, αλλά και για τις περιπτώσεις χρήσης άφθαρτου και φθαρμένου εργαλείου γνωστής επιφάνειας φθοράς κρατήρα (a =0,7mm, b =0,8mm).

ΠΡΩΨΕΙΣ - ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ

s (mm/στρ.)	Ra(μm)	Rsk	Rku	Rsm(μm)
0,04	0,431	-0,73	3,09	25,9
0,05	0,546	-0,418	2,9	37,7
0,06	1,75	1,52	5,38	107
0,07	1,3	1,39	5,38	71,1
0,08	0,869	0,428	2,3	54,7
0,09	1,07	0,269	2,19	68,8
0,1	1,39	0,592	3,15	93,1
0,12	1,52	0,247	1,96	128
0,14	1,8	0,356	2,41	151
0,18	2,2	0,4	2,29	178
0,2	2,34	0,298	2,08	212
0,24	3,18	0,296	1,94	262
0,28	3,7	0,58	2,38	311
0,32	4,8	0,574	2,31	277
0,36	5,48	0,569	2,2	368
0,4	6,27	0,714	2,36	428
0,5	7,74	0,503	1,92	519
0,6	9,96	0,535	2,12	651

Πιν.:4

ΠΡΩΨΕΙΣ - ΥΓΡΗ ΚΟΠΗ

s (mm/στρ.)	Ra(μm)	Rsk	Rku	Rsm(μm)
0,04	0,554	0,295	2,88	48,6
0,05	0,516	0,297	3,38	65,4
0,06	0,751	0,654	5,04	89,9
0,07	0,794	-0,246	2,86	67,9
0,08	0,861	-0,684	2,76	61,6
0,09	0,97	-0,312	2,46	71,9
0,1	1,09	-0,31	2,18	87,6
0,12	1,14	-0,386	2,43	111
0,14	1,15	-0,175	2,3	86
0,18	1,15	0,129	3,11	70
0,2	1,31	-0,141	2,48	66,4
0,24	2,54	0,733	2,4	264
0,28	3,05	0,703	2,34	204
0,32	3,41	0,865	2,62	333
0,36	4,39	0,774	2,51	389
0,4	6,11	0,666	2,2	431
0,5	8,69	0,721	2,27	550
0,6	9,56	0,955	2,58	641

Πιν.:5

Σύμφωνα με τους παραπάνω πίνακες, η ευεργετική δράση του υγρού κοπής είναι εμφανής για ένα εύρος προώσεων από 0,05 έως 0,5 mm/στρ. Από εκεί και πάνω το υγρό φαίνεται να έχει ανεπαρκή δράση. Επίσης, όπως μπορούμε να διακρίνουμε, η τραχύτητα των επιφανειών στην υγρή κοπή αυξάνεται ομαλότερα απ' ό τι στη στεγνή κοπή.

ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ - ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ

v (m/min.)	Ra(μm)	Rsk	Rku	Rsm(μm)
5	6,56	0,499	2,13	220
10	2,34	0,244	2,28	131
15	1,95	0,323	2,7	96,2
20	1,4	0,0318	2,51	88,9
25	1,7	0,212	2,76	83
30	1,87	0,526	3,32	79,5
35	1,86	0,446	3,18	69,7
40	2,05	0,205	2,88	79,4
50	1,86	0,3	3,12	71,9
60	1,96	0,294	3,08	76,2
70	2	0,315	3,02	73,1
80	1,53	0,771	2,84	79,3
90	1,51	0,624	2,7	102
100	1,34	0,13	2,14	72,7
120	1,28	0,131	2,17	70,4
140	1,4	0,154	2,37	75
160	1,43	0,298	2,96	68,1
180	1,59	1,5	6,83	73,3
200	2,19	1,42	7,75	91,1

Πιν.:6

ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ - ΥΓΡΗ ΚΟΠΗ

V (m/min.)	Ra(μm)	Rsk	Rku	Rsm(μm)
5	8,89	0,395	1,8	223
10	3,67	0,312	1,85	204
15	1,11	-0,0334	3,16	63,8
20	1,35	-0,22	2,88	125
25	1,58	0,156	2,33	104
30	1,99	-0,301	1,93	107
35	2,07	-0,0385	1,6	106
40	2,08	-0,0503	1,72	109
50	2,12	-0,154	1,68	110
60	2,21	-0,185	1,67	103
70	2,17	-0,177	1,64	108
80	1,5	0,69	2,19	160
90	1,6	0,583	2,2	126
100	1,52	0,588	2,29	180
120	1,44	0,514	2,37	99,7
140	1,46	0,51	2,31	108
160	1,41	0,428	2,42	113
180	1,57	0,383	2,3	133
200	1,67	0,337	2,41	122

Πιν.:7

Κοιτώντας τους παραπάνω πίνακες, παρατηρούμε πως σε μικρές ταχύτητες η ψυκτική δράση του υγρού κοπής μηδενίζεται. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με τον έντονο σχηματισμό ψευδόκοπης οδηγούν στο συμπέρασμα πως η χρήση του υγρού κοπής ενδείκνυται για υψηλές τιμές ταχυτήτων. Εκεί η ψευδόκοψη μειώνεται ή και μηδενίζεται ενώ το υγρό κοπής δρα ως ψυκτικό.

ΠΡΟΩΣΕΙΣ – ΦΘΑΡΜΕΝΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ

ΠΡΟΩΣΕΙΣ (mm/στρ.)		Ra(μm)	Rsk	Rku	Rsm(μm)
ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ	0,04	0,268	0,0931	3,34	37,7
	0,08	0,604	0,33	3,21	58,8
	0,12	1,05	0,949	6,41	124
	0,2	0,746	0,043	3,31	70,5
	0,5	3,91	0,783	2,99	228
ΥΓΡΗ ΚΟΠΗ	0,04	0,629	0,0219	2,69	46,3
	0,08	0,66	-0,258	2,71	73,8
	0,12	1,03	-0,0548	2,17	122
	0,2	0,957	0,466	2,43	121
	0,5	4,37	0,776	2,73	536

Πιν.:8

Στον παραπάνω πίνακα παρατηρούμε τη μεταβολή της τραχύτητας να είναι μη ομαλή, γεγονός που κατά κύριο λόγο αποδίδεται στην αρχική φθορά του κοπτικού εργαλείου.

ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ – ΦΘΑΡΜΕΝΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ

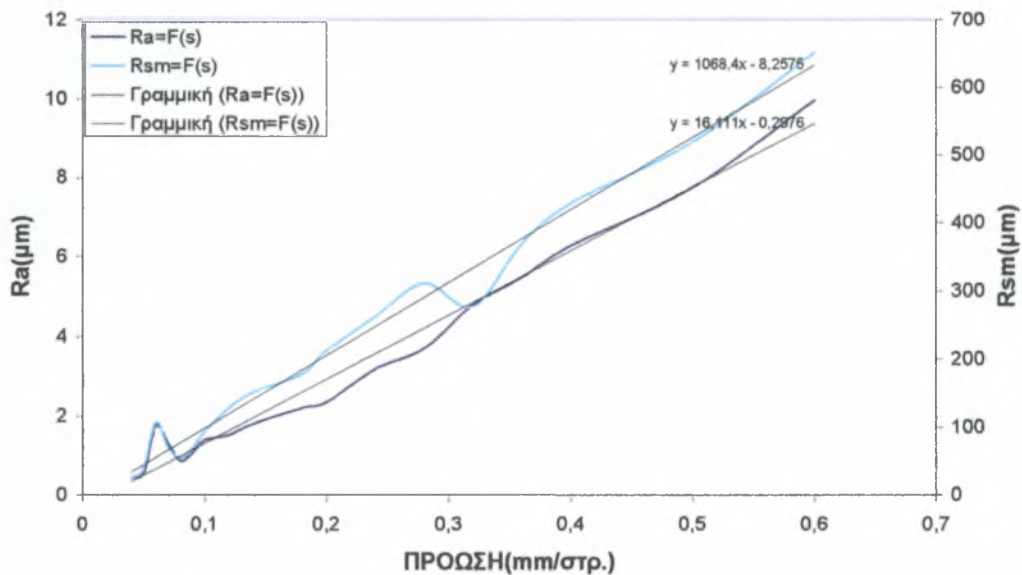
ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ (m/min)		Ra(μm)	Rsk	Rku	Rsm(μm)
ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ	10	2,47	0,0283	2,67	177
	30	1,14	0,527	4,21	108
	60	0,705	0,063	2,8	85,7
	100	0,756	0,256	2,5	108
	150	0,708	0,312	3,19	68,4
ΥΓΡΗ ΚΟΠΗ	10	1,18	-0,0596	2,48	145
	30	1,07	0,323	2,05	142
	60	0,958	0,363	2,54	103
	100	0,975	0,319	1,99	114
	150	0,896	-0,0876	2	87,5

Πιν.:9

Από πίνακα 9, φαίνεται πως σε μέσες ταχύτητες η ψυκτική δράση του υγρού κοπής μηδενίζεται, γεγονός που αποδεικνύεται από τη σύγκριση της στεγνής από την υγρή κοπή.

Τα παρακάτω διαγράμματα (Σχ.: 3.5 έως 3.20) απεικονίζουν τη μεταβολή των παραμέτρων Ra, Rsk, Rku και Rsm ανάλογα με τις συνθήκες κατεργασίας(πρόωση, ταχύτητα κοπής) για στεγνή και υγρή κοπή και για κάθε μία από τις περιπτώσεις που προαναφέρθηκαν. Στα διαγράμματα όπου παρατηρούνται υψηλές συσχετίσεις των παραμέτρων, καταρτίζονται στατιστικά μοντέλα παλινδρόμησης και πίνακες με τις τιμές των συντελεστών συσχέτισης (r) και προσδιορισμού (r^2).

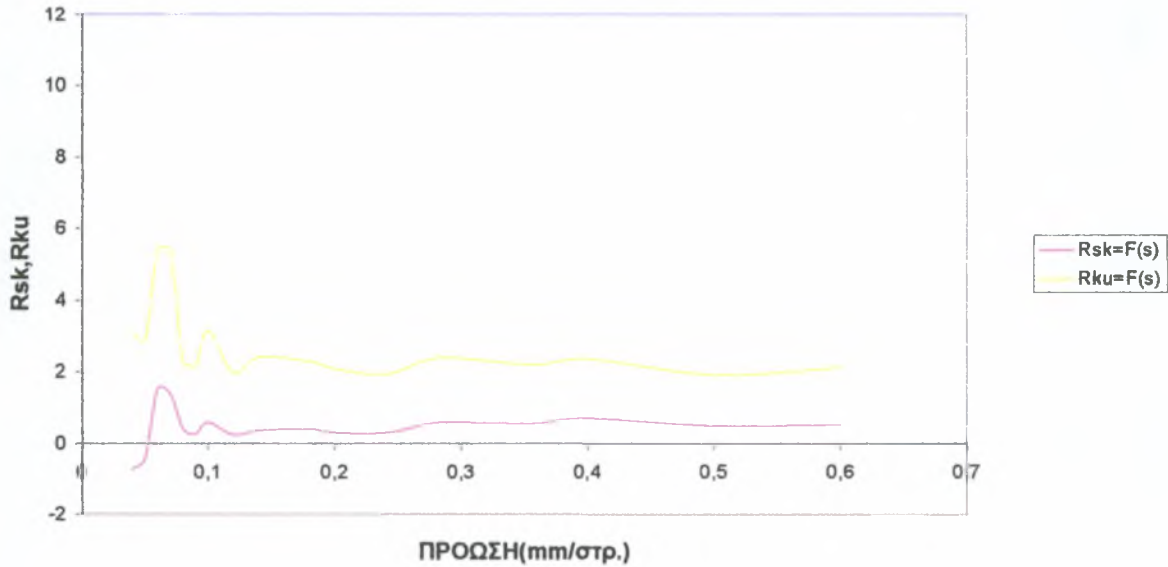
Ra & Rsm ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΩΣΗ ΣΕ ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ



Σχ.: 3.5

Μοντέλα f(s)	r	r ²
Ra	0,9883	0,9778
Rsm	0,9923	0,9848

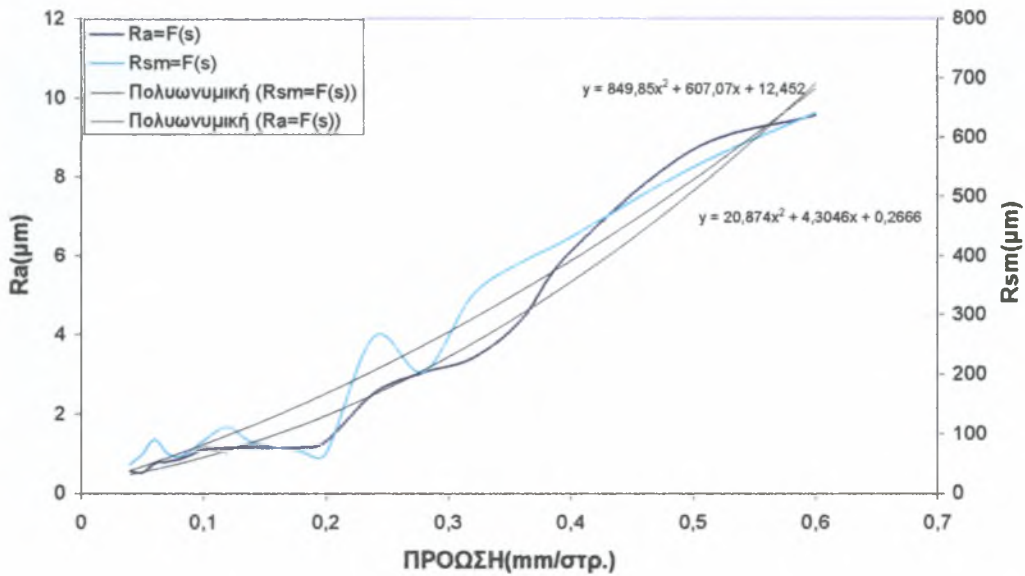
Στο παραπάνω διάγραμμα, εκτός από την έντονη αυξητική τάση στην τραχύτητα της επιφάνειας, παρατηρείται και μία μη ομαλή συμπεριφορά σε χαμηλές τιμές της πρόωσης (κάτω από 0,1mm/στρ.).

Rsk & Rku ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΩΣΗ ΣΕ ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ

Σχ.:3.6

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται καθαρά ότι σε πολύ χαμηλές προώσεις και σε συνθήκες στεγνής κοπής παρατηρούνται μικρά πάχη αποβλήτου, γεγονός που οδηγεί σε σχηματισμό μη ομαλής επιφάνειας. Όμως για τιμές της πρόωσης πάνω από 0,1 mm/στρ. περίπου, οι μεταβολές είναι ανεπαίσθητες.

Ra & Rsm ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΩΣΗ ΣΕ ΥΓΡΗ ΚΟΠΗ



Σχ.:3.7

Μοντέλα f(s)	r	r ²
Ra	0,9871	0,9744
Rsm	0,9729	0,9466

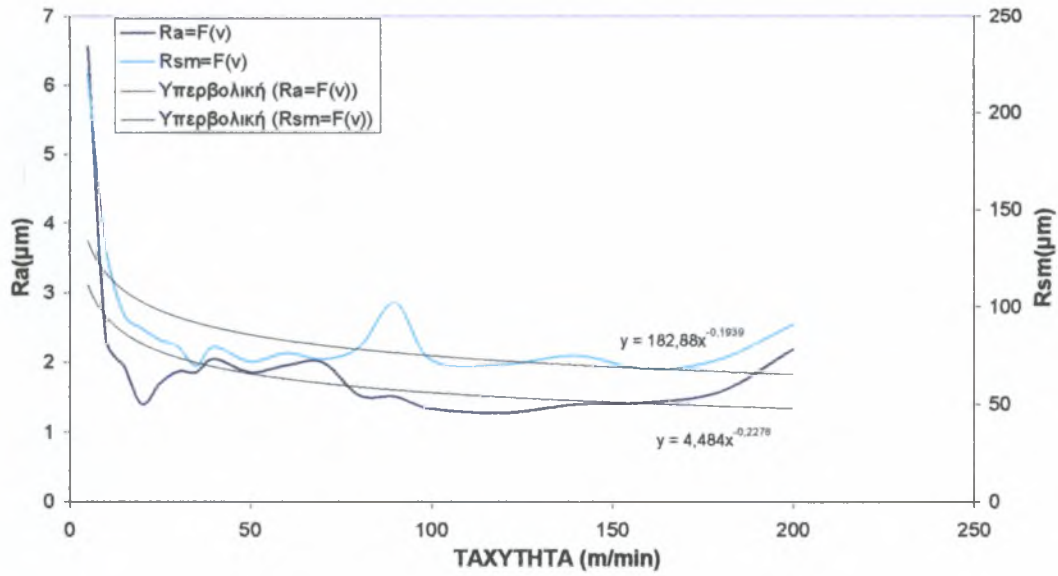
Παρατηρώντας το παραπάνω διάγραμμα, διαπιστώνουμε πως και στην υγρή κοπή υπάρχει μία γενική αυξητική τάση της τιμής της τραχύτητας, όπως ακριβώς συνέβαινε και στην περίπτωση της στεγνής κοπής.



Σχ.:3.8

Τα σχήματα 3.6 και 3.8 παρουσιάζουν μία σημαντική ομοιότητα. Η μία περίπτωση αφορά μεταβολή προώσεων σε συνθήκες στεγνής κοπής και η άλλη σε συνθήκες υγρής. Η μη ομαλή επιφάνεια για τιμές της πρόωσης κάτω από 0,1 mm/στρ. παρατηρείται και στις δύο περιπτώσεις μόνο που στην υγρή κοπή έχουμε σε γενικές γραμμές αρκετά μικρότερες τιμές τραχύτητας. Για τιμές πάνω από 0,1 mm/στρ. οι μεταβολές είναι και εδώ ανεπαίσθητες.

Ra & Rsm ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΕ ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ

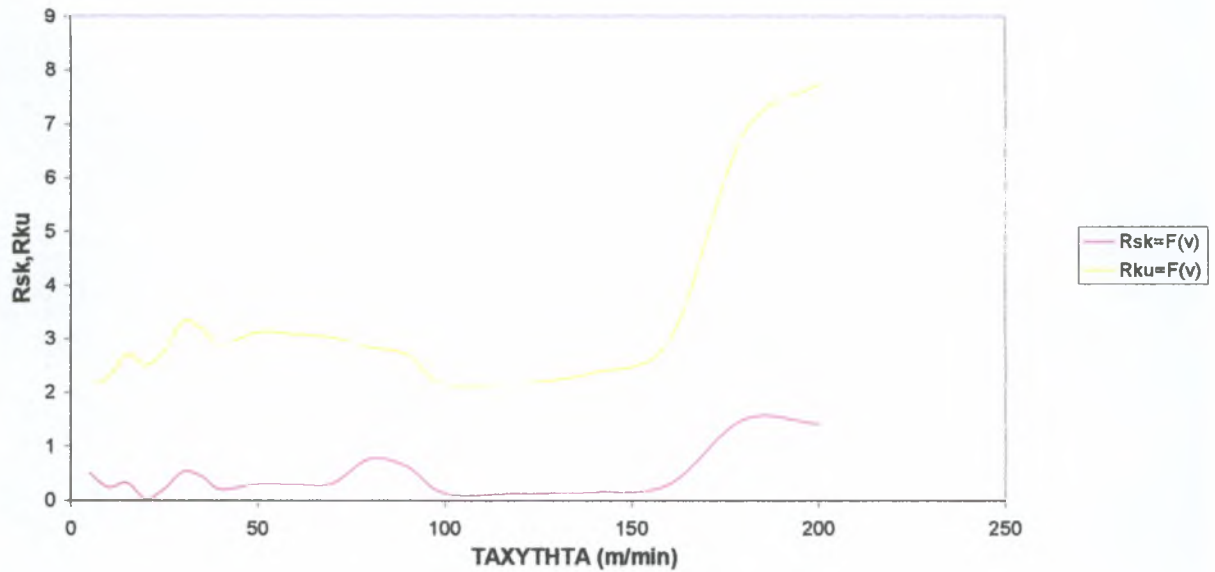


Σχ.:3.9

Μοντέλα f(v)	r	r ²
Ra	0,6586	0,4338
Rsm	0,7124	0,5076

Στο παραπάνω διάγραμμα φαίνεται ότι σε πολύ μικρές ταχύτητες και σε συνθήκες στεγνής κοπής λαμβάνει χώρα σχηματισμός ασυνεχούς αποβλήτου ή ψευδόκοπης γεγονός στο οποίο οφείλονται οι υψηλές τιμές των τιμών Ra και Rsm.

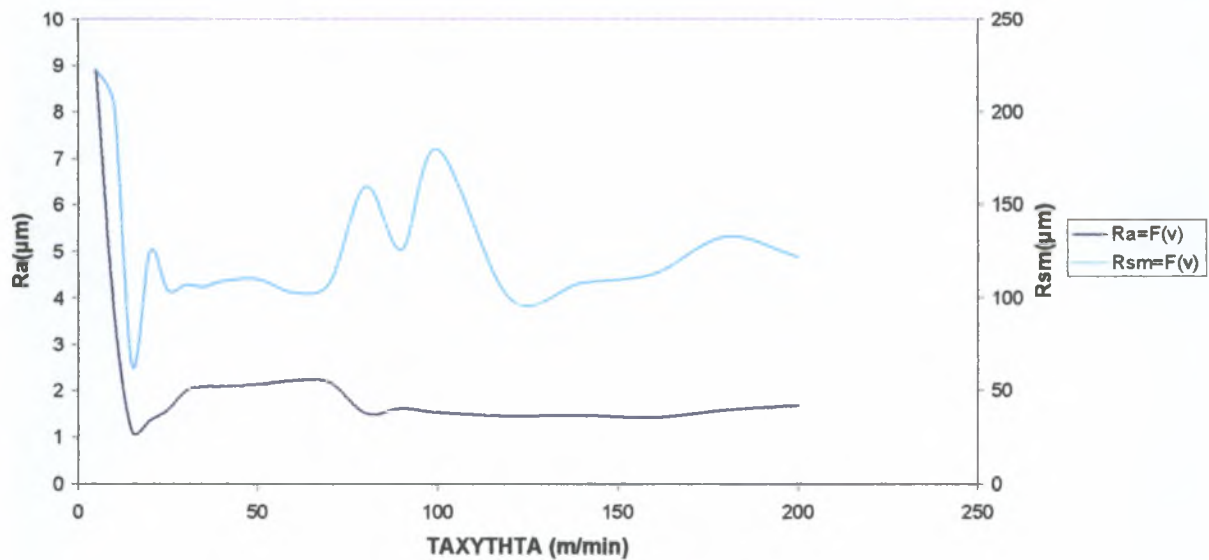
Rsk & Rku ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΕ ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ



Σχ.:3.10

Εδώ παρατηρούμε ότι για τιμές ταχύτητας μέχρι 150 m/min υπάρχει μία σχετική σταθερότητα ενώ από εκεί από και πάνω, οι τιμές της λοξότητας και της κύρτωσης αυξάνονται απότομα.

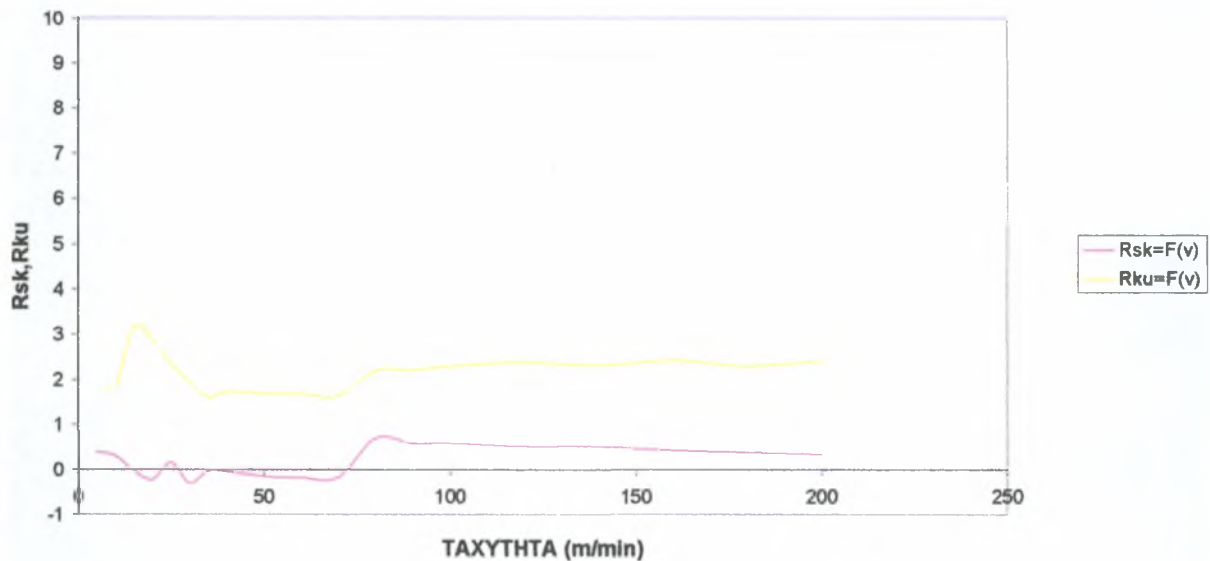
Ra & Rsm ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΕ ΥΓΡΗ ΚΟΠΗ



Σχ.:3.12

Εδώ βλέπουμε ότι για μικρές τιμές ταχυτήτων, η τραχύτητα της επιφάνειας αλλά και η μέση απόσταση μεταξύ των κορυφών του περιγράμματος παίρνουν υψηλές τιμές. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα, η Ra ομαλοποιείται ενώ η Rsm παρουσιάζει μεγάλη διακύμανση.

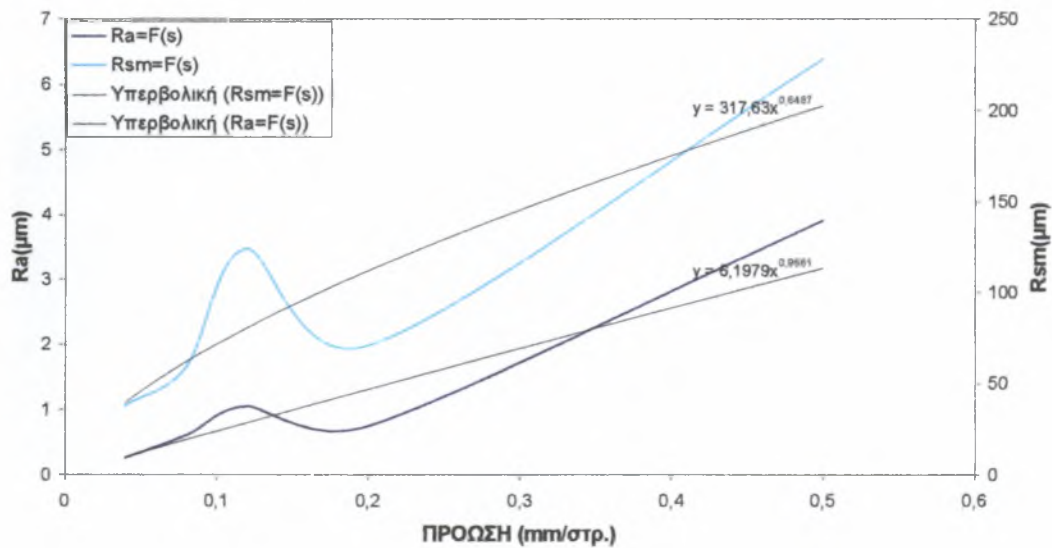
Rsk & Rku ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΕ ΥΓΡΗ ΚΟΠΗ



Σχ.:3.13

Για την περίπτωση της υγρής κοπής υπάρχει μία σχετική σταθερότητα σε αντίθεση με την στεγνή κοπή όπου για τιμές ταχύτητας μεγαλύτερες των 150 m/min, οι τιμές της λοξότητας και της κύρτωσης αυξάνονται απότομα.

Ra & Rsm ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΩΩΣΗ ΣΕ ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ ΜΕ ΦΘΑΡΜΕΝΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ

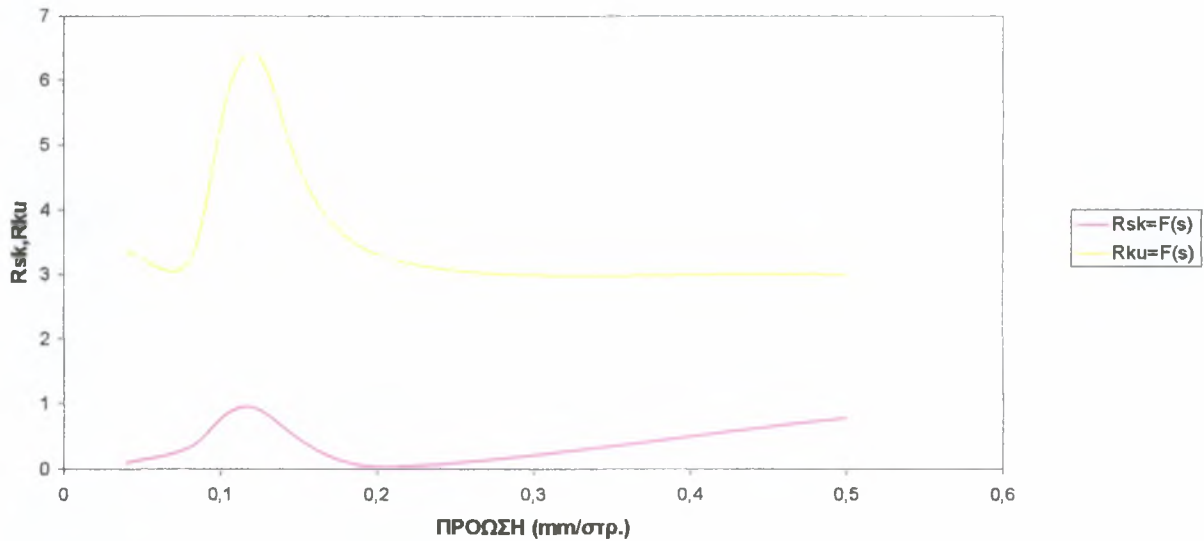


Σχ.:3.14

Μοντέλα f(s)	R	r ²
Ra	0,9398	0,8833
Rsm	0,8857	0,7844

Στην περίπτωση της χρησιμοποίησης φθαρμένου εργαλείου, η μη ομαλή συμπεριφορά σε χαμηλές τιμές της πρόωσης είναι ακόμα πιο έντονη και για μεγαλύτερες τιμές της πρόωσης. Αυτό μπορούμε να το συμπεράνουμε από τη σύγκριση του παραπάνω διαγράμματος με το σχήμα 3.5. Παρόλα αυτά όμως, η έντονη αυξητική τάση των παραμέτρων παρουσιάζεται και σ' αυτήν την περίπτωση.

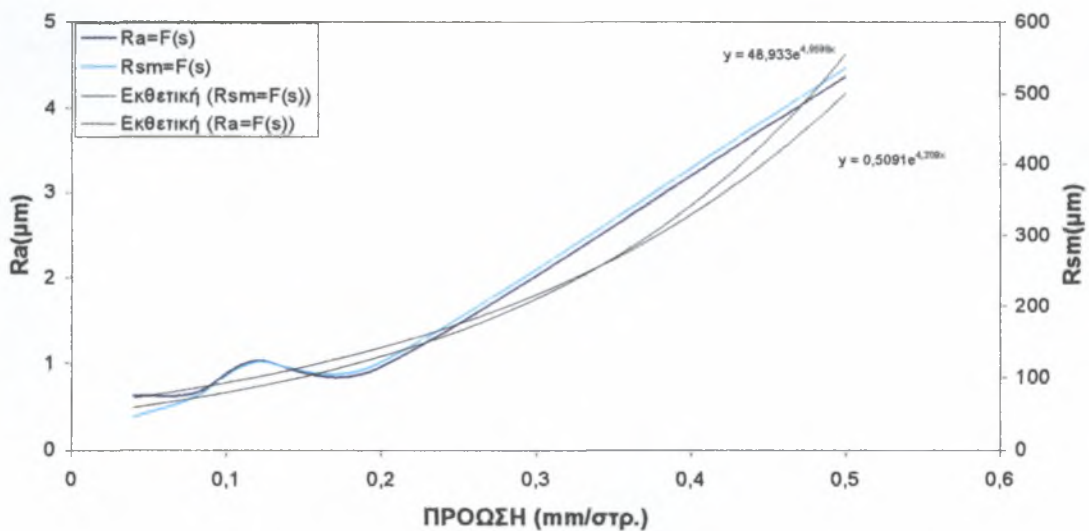
Rsk & Rku ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΩΩΣΗ ΣΕ ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ ΜΕ ΦΘΑΡΜΕΝΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ



Σχ.:3.15

Στην περίπτωση όπου χρησιμοποιούμε φθαρμένο εργαλείο, η τιμή της πρόωσης όπου η επιφάνεια παίρνει τη χαρακτηριστική για την τόννευση μορφή της, είναι αρκετά υψηλότερη από την περίπτωση της χρησιμοποίησης άφθαρτου εργαλείου. Στην ευρύτερη περιοχή όμως δεν υπάρχει και εδώ σημαντική μεταβολή.

Ra & Rsm ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΩΩΣΗ ΣΕ ΥΓΡΗ ΚΟΠΗ ΜΕ ΦΘΑΡΜΕΝΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ

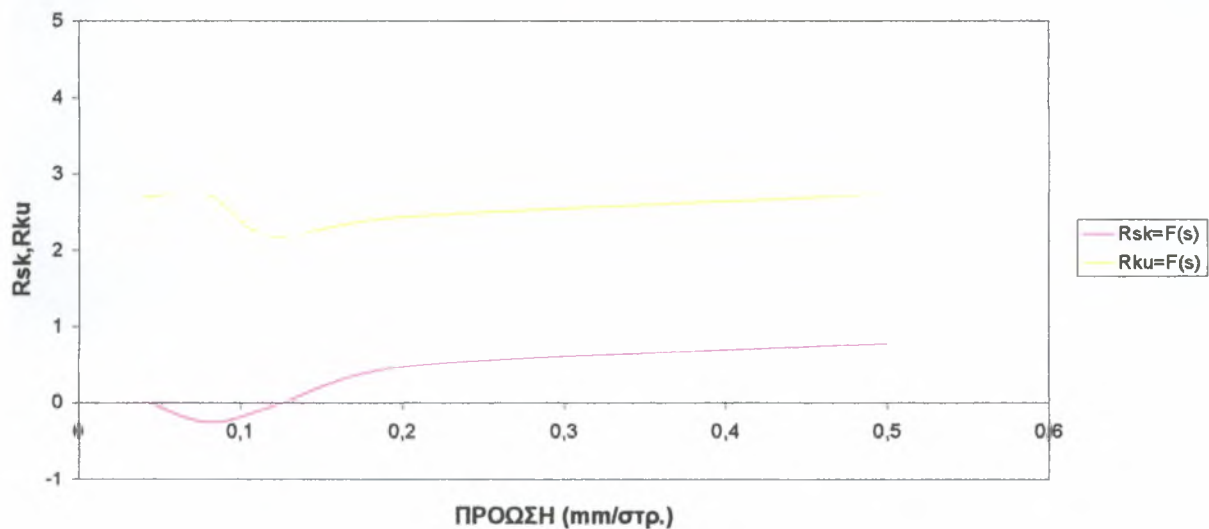


Σχ.:3.16

Μοντέλα f(s)	R	r ²
Ra	0,9807	0,9623
Rsm	0,9733	0,9474

Εδώ θα μπορούσαμε να τονίσουμε τον υψηλό βαθμό συσχέτισης που εμφανίζουν οι δύο παράμετροι, αλλά και την έντονη αυξητική τους τάση.

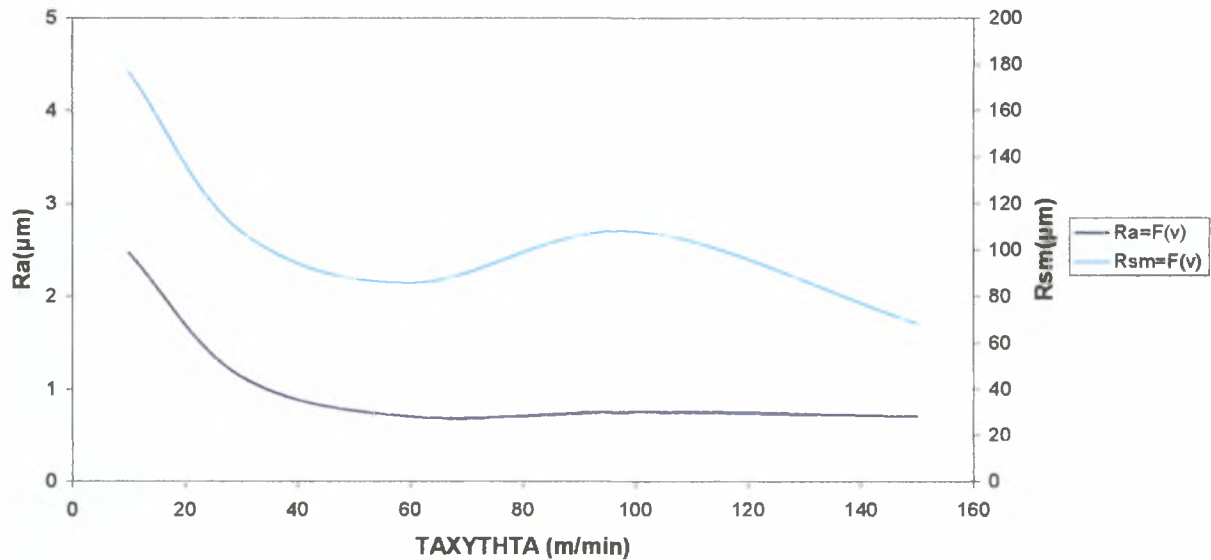
Rsk & Rku ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΠΡΟΩΣΗ ΣΕ ΥΓΡΗ ΚΟΠΗ ΜΕ ΦΘΑΡΜΕΝΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ



Σχ.:3.17

Και στην περίπτωση του φθαρμένου εργαλείου, η μεταβολή των προώσεων σε συνθήκες υγρής κοπής παρουσιάζει την ίδια περίπου συμπεριφορά με την περίπτωση της χρησιμοποίησης άφθαρτου εργαλείου κοπής (βλ.σχ.3.8).

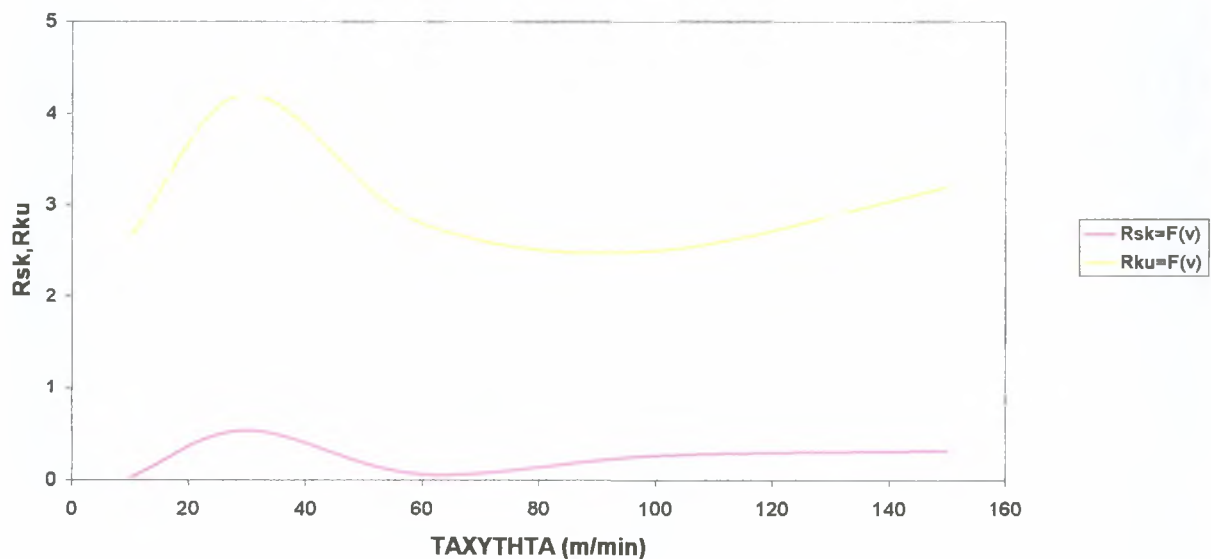
**Ra & Rsm ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΕ ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ ΜΕ
ΦΘΑΡΜΕΝΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ**



Σχ.:3.18

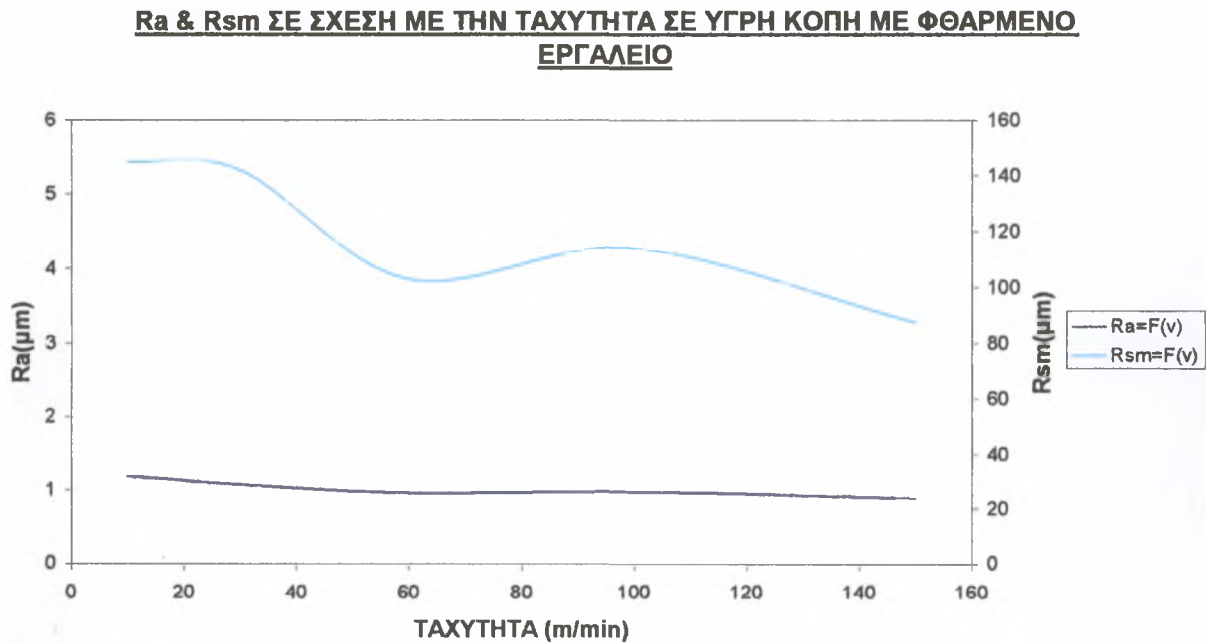
Εδώ βλέπουμε ότι για μικρές τιμές ταχυτήτων, η τραχύτητα της επιφάνειας αλλά και η μέση απόσταση μεταξύ των κορυφών του περιγράμματος βρίσκονται σε υψηλές τιμές. Στην εξέλιξη όμως το βάθος της επιφανειακής κατατομής ελαττώνεται και σταθεροποιείται ενώ η Rsm παρουσιάζει αστάθεια.

**Rsk & Rku ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΕ ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ ΜΕ
ΦΘΑΡΜΕΝΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ**



Σχ.:3.19

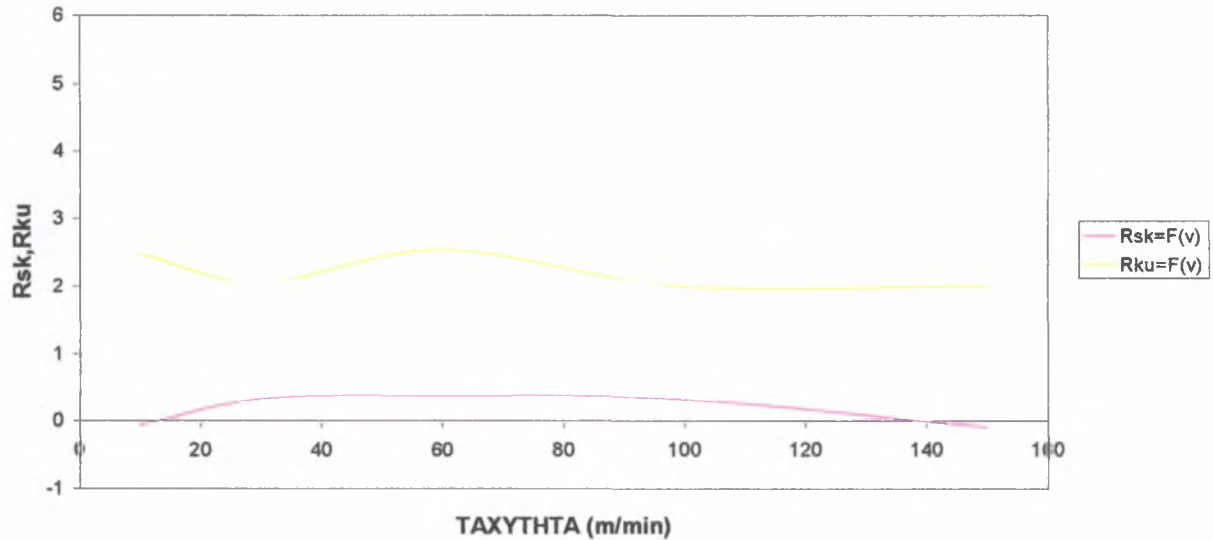
Η σχετική αύξηση που παρουσιάζεται στο παραπάνω διάγραμμα αφορά τις χαμηλές ταχύτητες κοπής, ενώ στην περίπτωση χρησιμοποίησης άφθαρτου εργαλείου (σχ.3.10) η αύξηση παρουσιαζόταν σε υψηλές τιμές ταχυτήτων.



Σχ.:3.20

Εδώ δεν παρουσιάζεται τόσο έντονο το φαινόμενο των υψηλών τιμών τραχύτητας στην χαμηλή ταχύτητα κοπής, όπως στην περίπτωση του άφθαρτου εργαλείου, αλλά η μέση απόσταση μεταξύ των κορυφών του περιγράμματος παρουσιάζει και εδώ μεγάλη διακύμανση.

Rsk & Rku ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗΝ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΣΕ ΥΓΡΗ ΚΟΠΗ ΜΕ ΦΘΑΡΜΕΝΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ



Σχ.:3.21

Όμοια και σ' αυτήν την περίπτωση η λοξότητα και η κύρτωση παρουσιάζουν σταθερότητα όπως ακριβώς και στην περίπτωση χρησιμοποίησης άφθαρτου εργαλείου.

Με το test των λιπαντικών που πραγματοποιήθηκε στο **πρώτο μέρος των πειραμάτων** επιτεύχθηκε η κατάταξή τους με κριτήριο την τραχύτητα της επιφάνειας που προσδίδουν αλλά και την επιφάνεια φθοράς κρατήρα του κοπτικού εργαλείου. Παρατηρώντας τον πίνακα κατάταξης των λαδιών κοπής στο Κεφάλαιο 3, βλέπουμε μία έντονη διαφοροποίηση. Ως προς τη φθορά του κοπτικού εργαλείου το λάδι Β παρουσιάζει την καλύτερη συμπεριφορά ενώ ως προς την τραχύτητα της επιφάνειας το λάδι Β έχει τη χειρότερη. Το αντίθετο συμβαίνει με το λάδι Γ ενώ το λάδι Α βρίσκεται στη μέση της κατάταξης και για τις δύο περιπτώσεις.

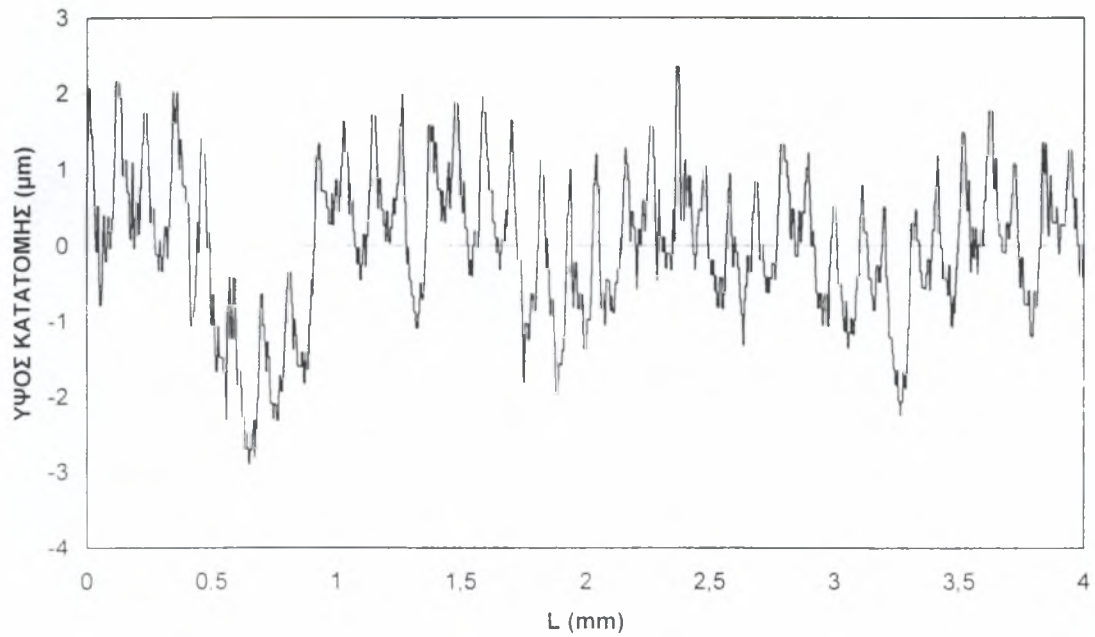
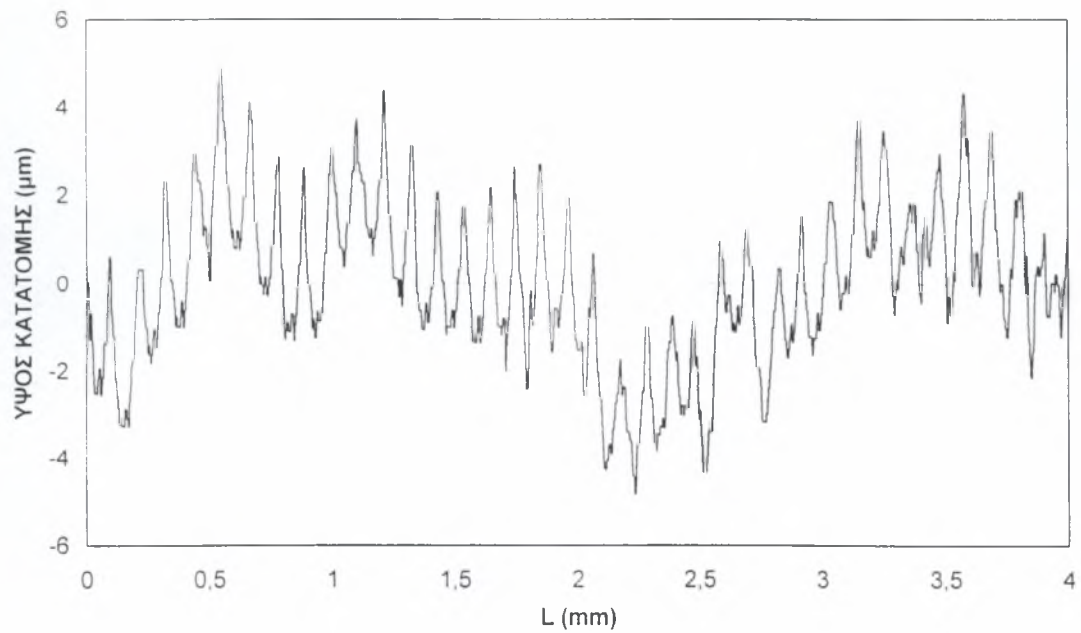
Τα παραπάνω αποτελέσματα θα μπορούσαν να συσχετιστούν και με τα ιξώδες των λαδιών κοπής που χρησιμοποιήθηκαν, τα οποία καταγράφονται στο Κεφάλαιο 2. Το λάδι Γ το οποίο παρουσιάζει το μεγαλύτερο ιξώδες έχει την καλύτερη συμπεριφορά όσον αφορά την τραχύτητα της επιφάνειας και τη χειρότερη αν πρόκειται για τη φθορά του κοπτικού εργαλείου. Το λάδι Β που παρουσιάζει τη μικρότερη τιμή ιξώδους έχει την καλύτερη συμπεριφορά στη φθορά του εργαλείου και τη χειρότερη στην τραχύτητα της επιφάνειας. Καταλήγουμε δηλαδή στο συμπέρασμα πως η χρήση των λαδιών κοπής σε διαμήκη τόννευση ανοξειδωτου χάλυβα έχει να κάνει με το αποτέλεσμα που θέλουμε να επιτύχουμε. Η ποιότητα λοιπόν στην επιφάνεια αυξάνει το κόστος κατεργασίας μιας και απαιτεί τη συχνή αντικατάσταση των εργαλείων κοπής. Τα αποτελέσματα βέβαια αυτά προέκυψαν για συγκεκριμένες συνθήκες κοπής ($v=0,942\text{m/sec}$, $s=0,1\text{mm/στρ.}$). Για περισσότερο ακραίες τιμές ταχυτήτων και προώσεων τα αποτελέσματα ίσως να ήταν πολύ διαφορετικά. Μία λοιπόν πρόταση για περαιτέρω έρευνα είναι η μελέτη λαδιών κοπής σε διαφορετικές συνθήκες κοπής.

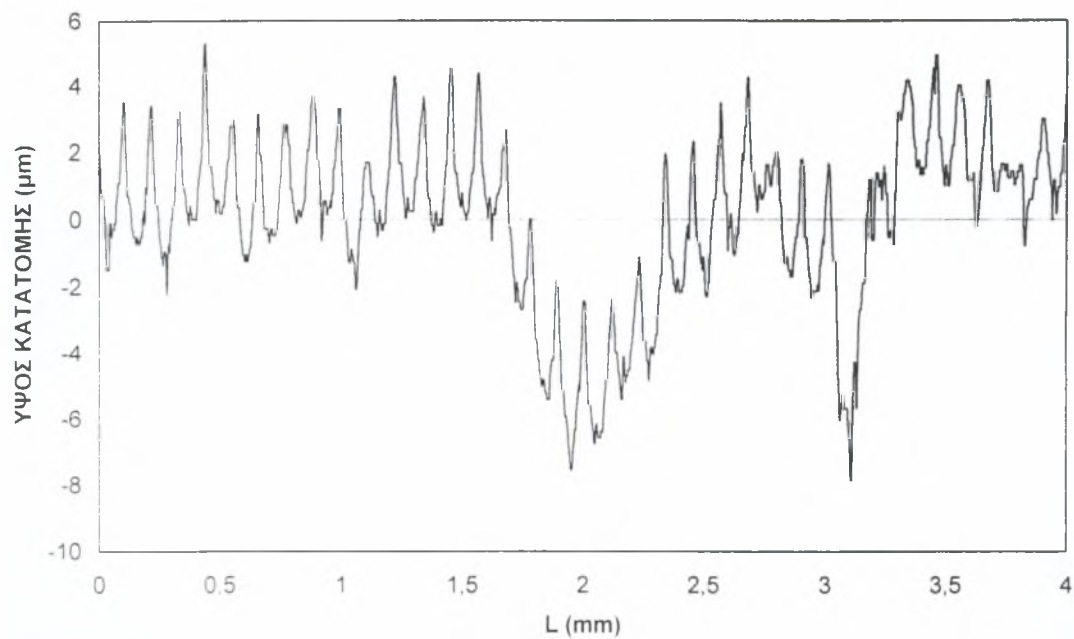
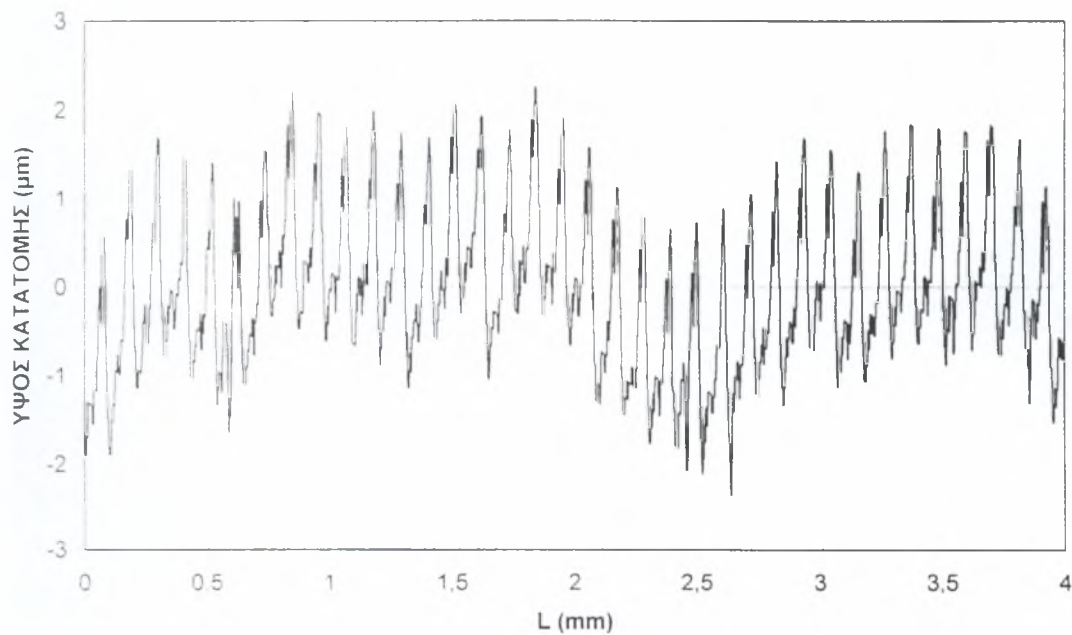
Με τη μεταβολή των συνθηκών κοπής σε ευρεία περιοχή που πραγματοποιήθηκε στο **δεύτερο μέρος των πειραμάτων** προκύπτουν οι συνθήκες ευνοϊκότερων συνθηκών χρήσης του υγρού κοπής. Για τις πολύ χαμηλές και τις πολύ υψηλές τιμές των προώσεων, η χρήση του υγρού κοπής επιφέρει τα αντίθετα αποτελέσματα από τα προηγηθέντα, αφού οι τιμές της τραχύτητας για αυτές τις περιπτώσεις είναι υψηλότερες στην υγρή κοπή παρά στη στεγνή. Συνεπώς, η χρήση του υγρού κοπής στην κατεργασία ανοξειδωτου χάλυβα συνίσταται μόνο σε προώσεις από 0,06 έως 0,32 mm/στρ. Από τα πειράματα που πραγματοποιήθηκαν μεταβάλλοντας τις

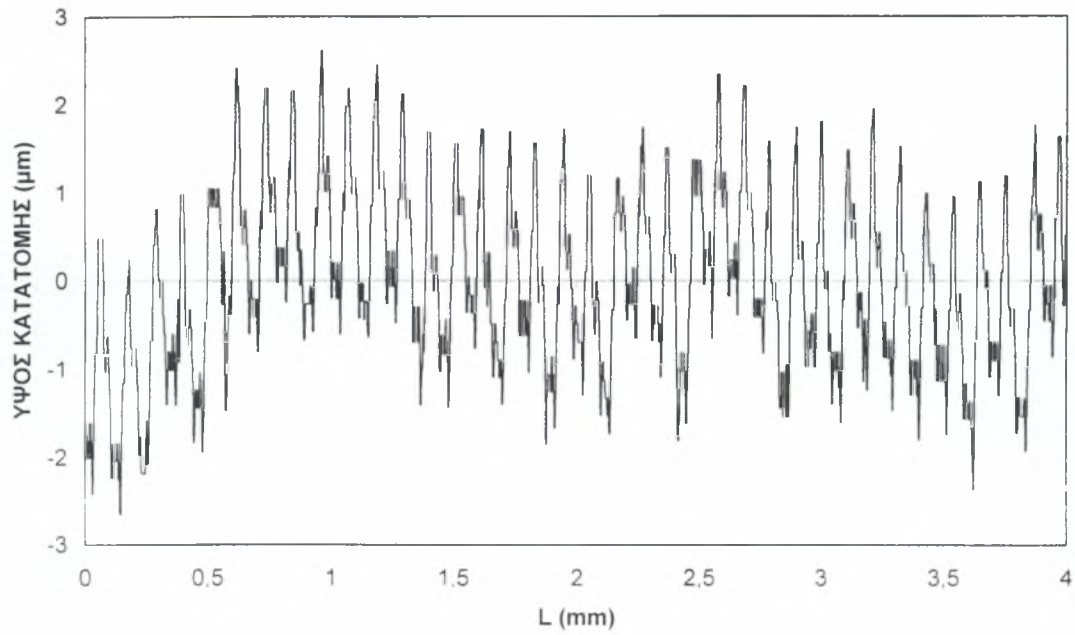
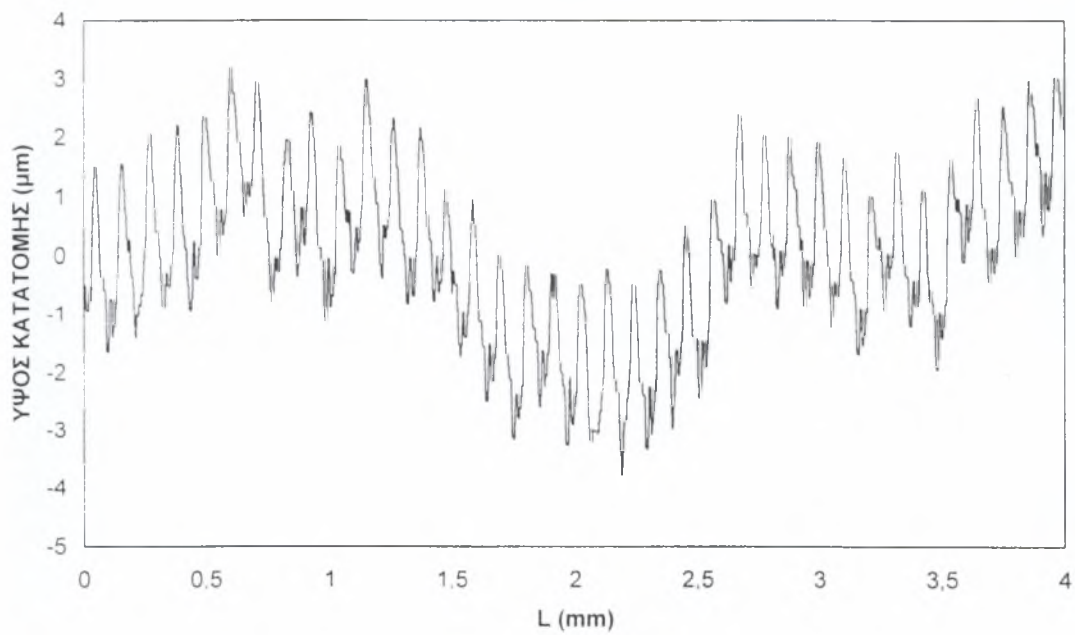
τιμές των ταχυτήτων δεν προκύπτει κάποια αξιοσημείωτη διαφορά της στεγνής κοπής από την υγρή. Γενικότερα, παρατηρούμε ότι σε συνθήκες υψηλών προώσεων και ταχυτήτων όπου αναπτύσσονται υψηλές τιμές θερμοκρασιών η τραχύτητα είναι μικρότερη όταν η κατεργασία γίνεται στεγνά. Μία πιθανή εξήγηση αυτού του φαινομένου είναι πως η στεγνή κοπή προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας κοντά στη ζώνη κοπής με επακόλουθη την μείωση του ορίου διαρροής του υλικού. Το γεγονός αυτό κάνει ευκολότερο τον σχηματισμό του αποβλήτου, προκαλώντας μείωση της δύναμης κοπής και συνεπώς μείωση της τραχύτητας. Έτσι, η χρήση υγρού κοπής ως ψυκτικού σε υψηλές θερμοκρασίες προκαλεί τα αντίθετα αποτελέσματα από τα αναμενόμενα. Τέλος, από τα πειράματα με φθαρμένο εργαλείο, δεν προκύπτει κάποιο διαφορετικό συμπέρασμα αφού οι τιμές της τραχύτητας, ακολουθούν παρόμοια μεταβολή με την περίπτωση χρήσης άφθαρτου εργαλείου κοπής.

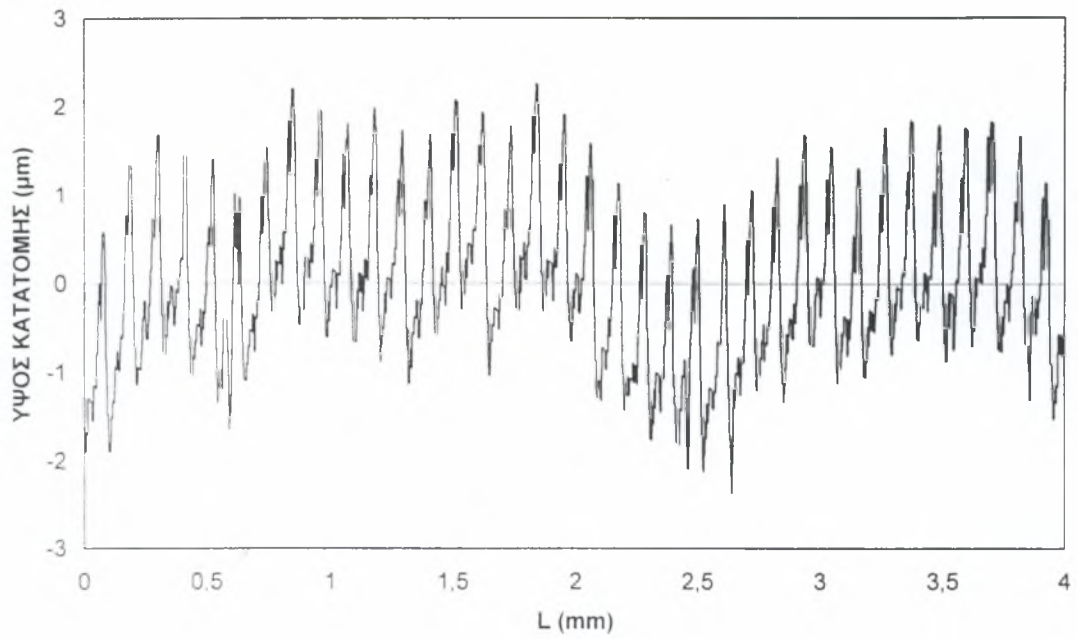
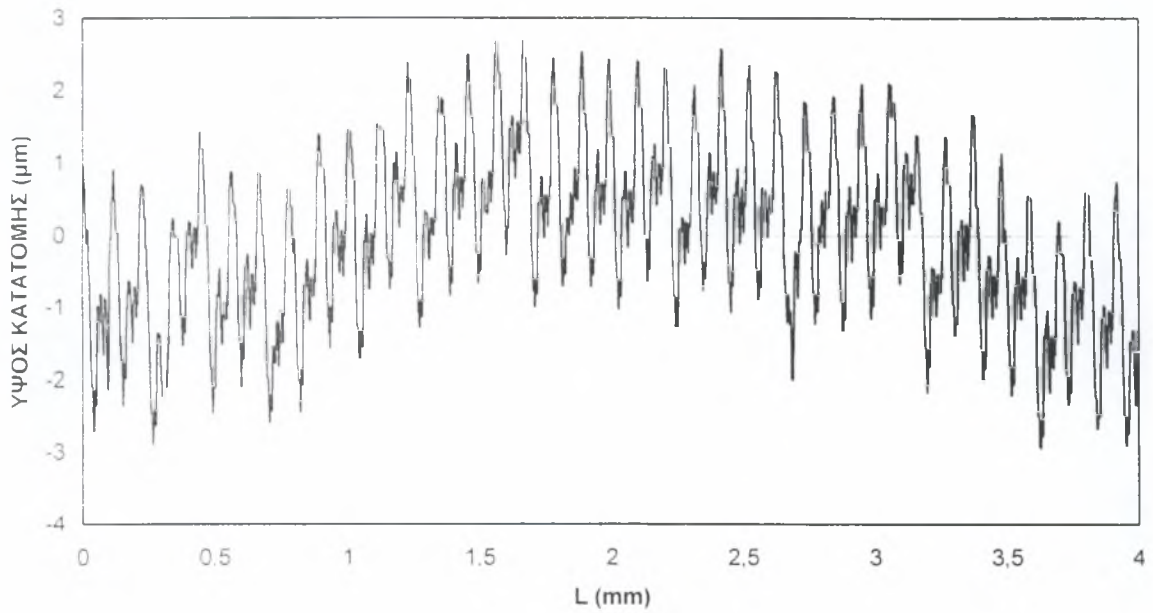
Γενικότερα, θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε μία παρόμοια συμπεριφορά στη μεταβολή των παραμέτρων σε όλα τα είδη των πειραμάτων. Ο χρόνος και το μήκος κοπής είναι ανάλογο με την τραχύτητα των επιφανειών αλλά και με τη φθορά του κοπτικού εργαλείου. Οι παράμετροι R_t , R_a και R_{sm} που έχουν να κάνουν με το βάθος της επιφανειακής κατατομής και την απόσταση μεταξύ των κορυφών του διαγράμματος, μεταβάλλονται ανάλογα με το μήκος κατεργασίας.

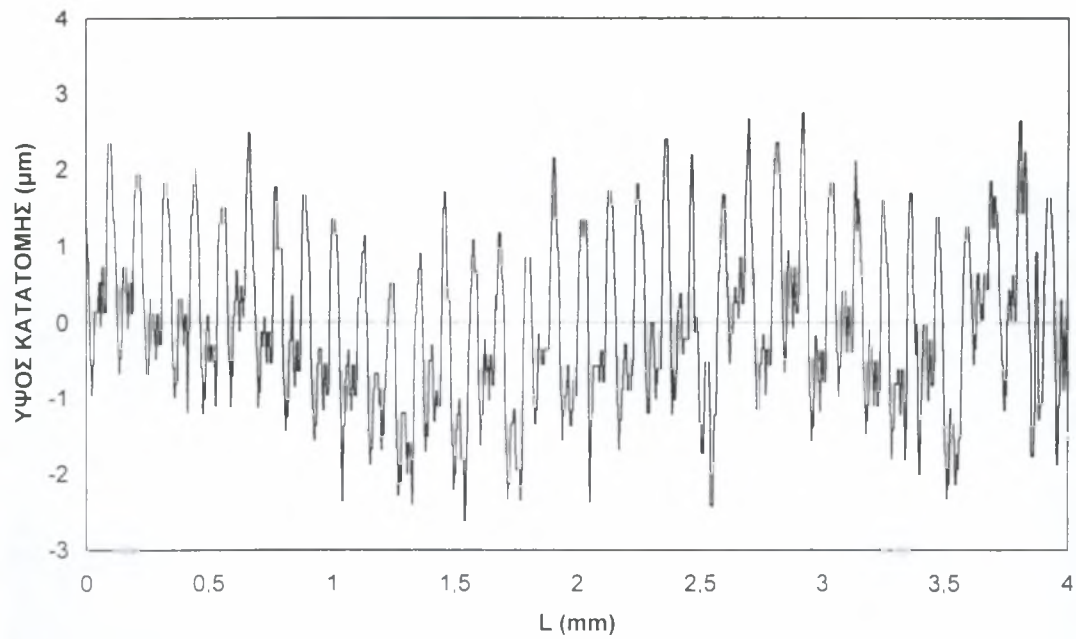
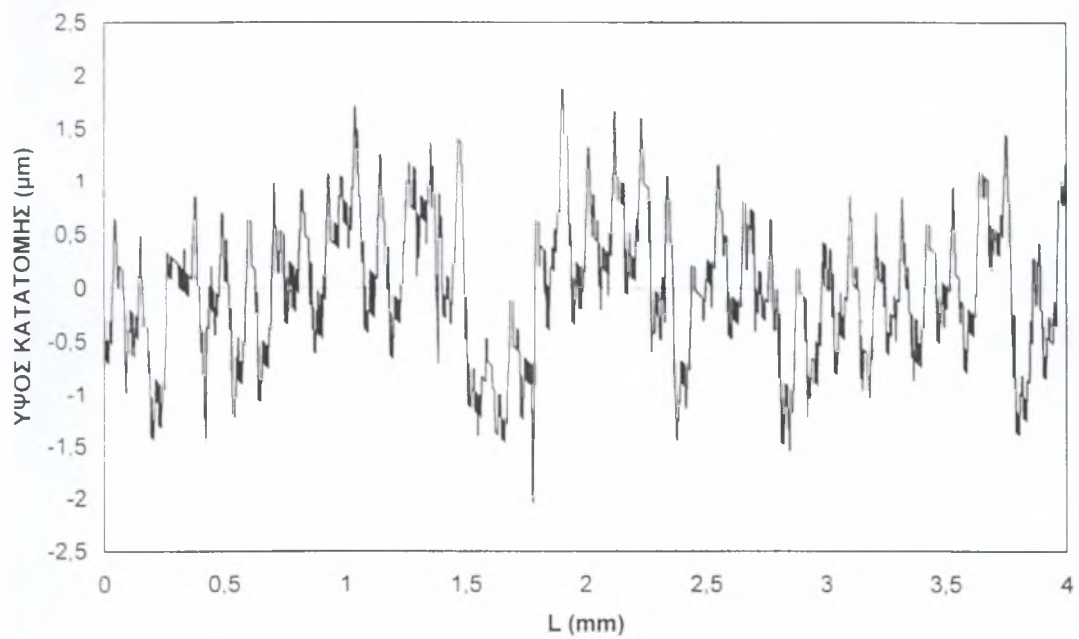
Από τα παραπάνω θα μπορούσε να προκύψει μία ολοκληρωμένη πρόταση για ό,τι αφορά περαιτέρω έρευνα και μελέτη πάνω σε διάφορα ζητήματα μηχανουργικών κατεργασιών. Συγκεκριμένα, η συμπεριφορά του ανοξειδωτου χάλυβα που μελετήσαμε στην παρούσα εργασία θα ήταν ενδιαφέρον να συγκριθεί με άλλους χάλυβες ανοξειδωτους ή μη. Έτσι θα ήταν εύκολο να χαρακτηριστεί η κατεργασιμότητα του κάθε χάλυβα έχοντας σαν κριτήριο τις χημικές και μηχανικές του ιδιότητες. Επίσης, η εξέταση της συμπεριφοράς άλλων υγρών κοπής θα ήταν χρήσιμη και θα έδινε λύσεις στην προσπάθεια μείωσης του κόστους πάνω στον τομέα των μηχανουργικών κατεργασιών.

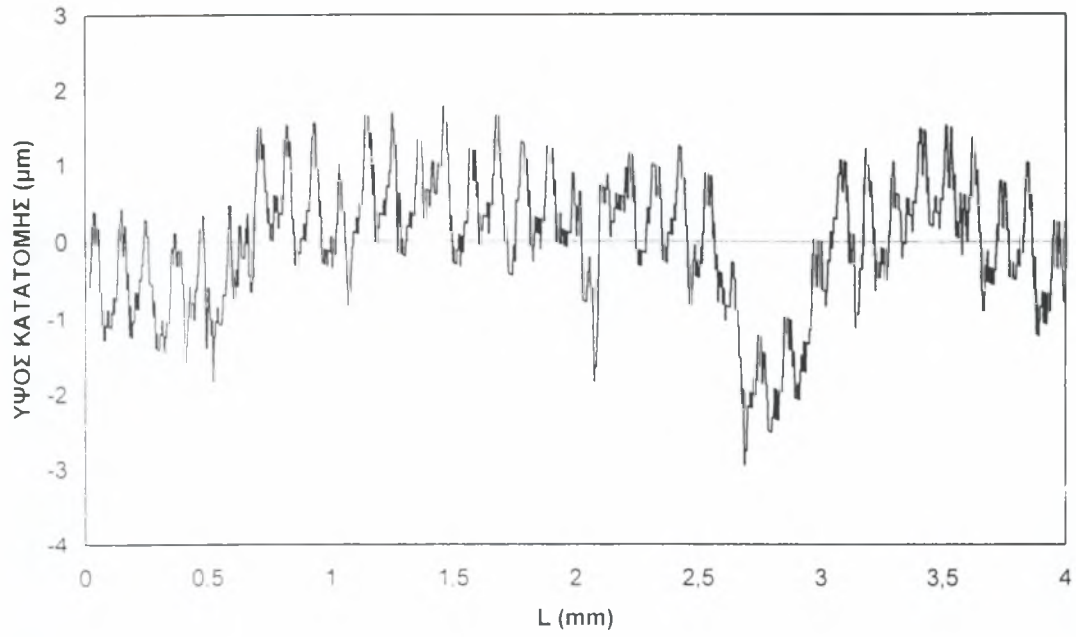
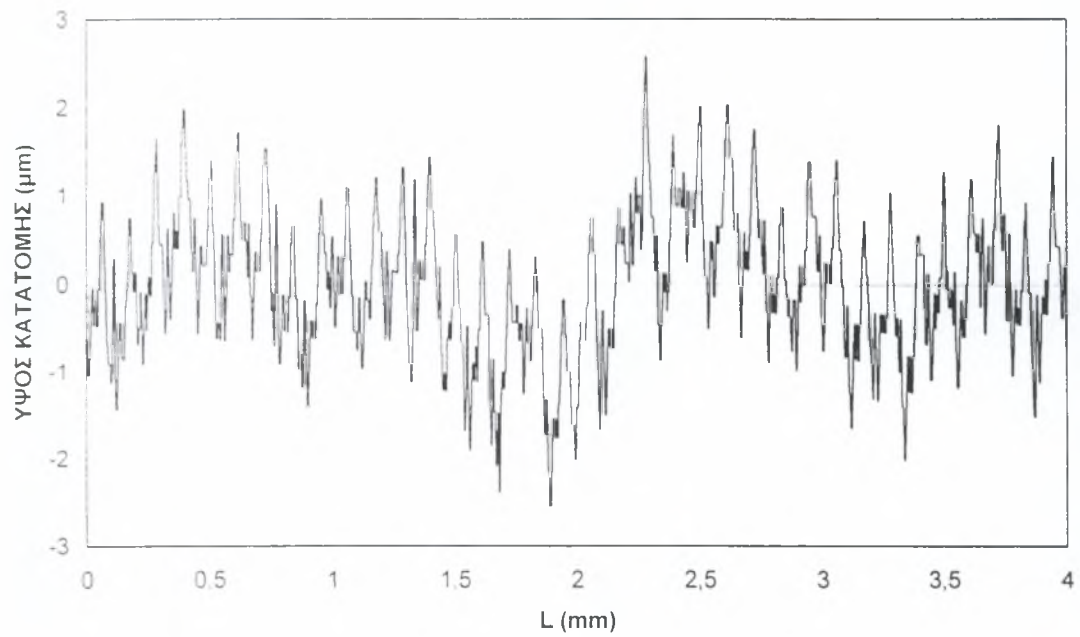
ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ (0-200mm)ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ (200-400mm)

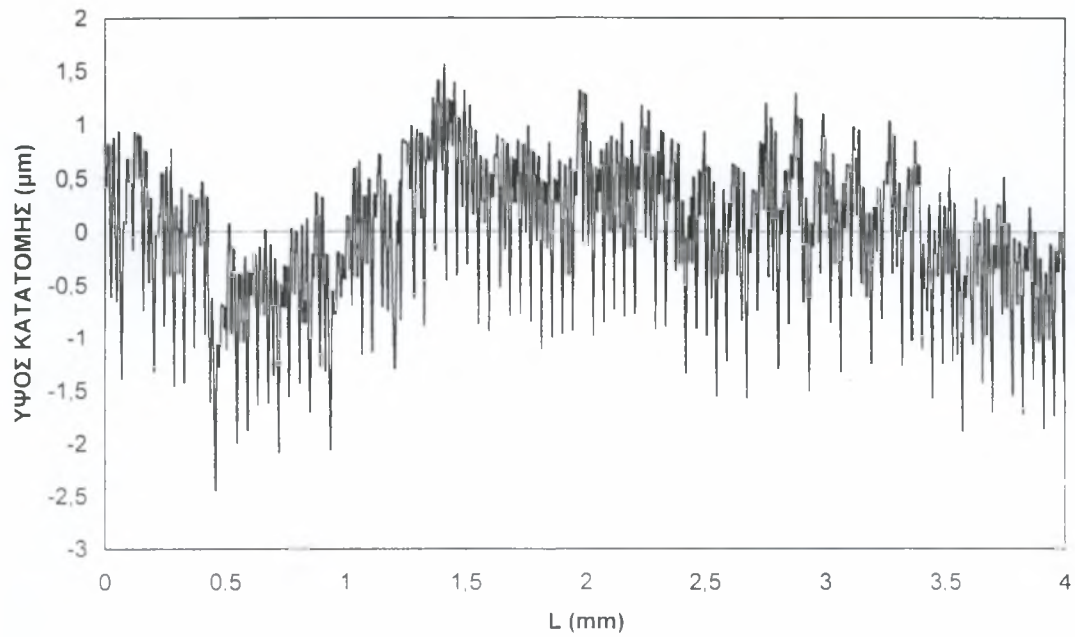
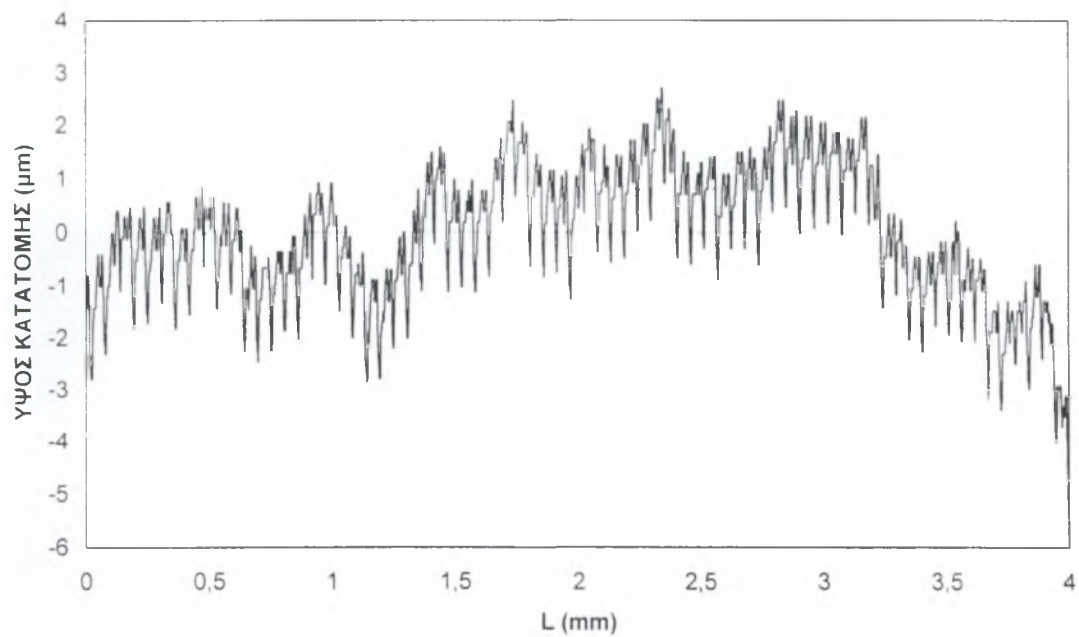
ΣΤΕΓΝΗ ΚΟΠΗ (400-600mm)ΛΑΔΙ Α (0-200mm)

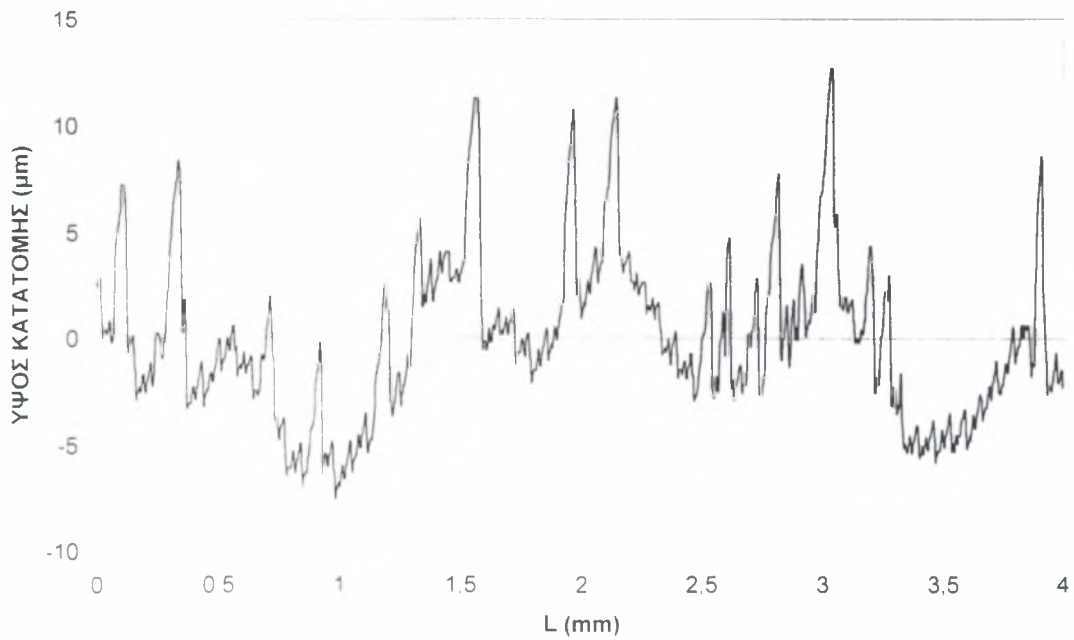
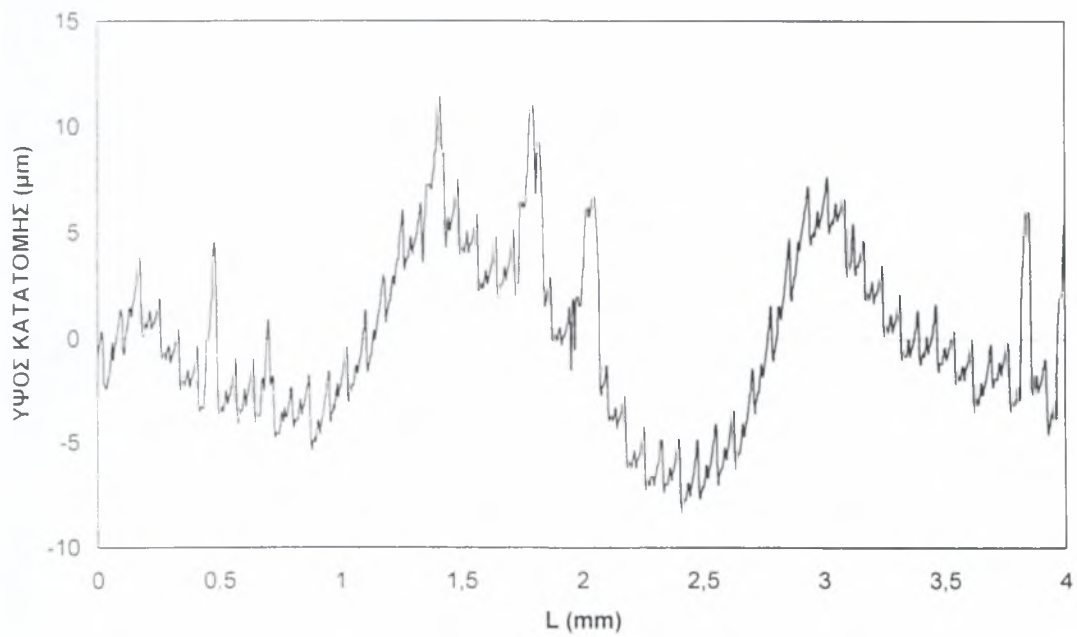
ΛΑΔΙ Α (200-400mm)ΛΑΔΙ Α (400-600mm)

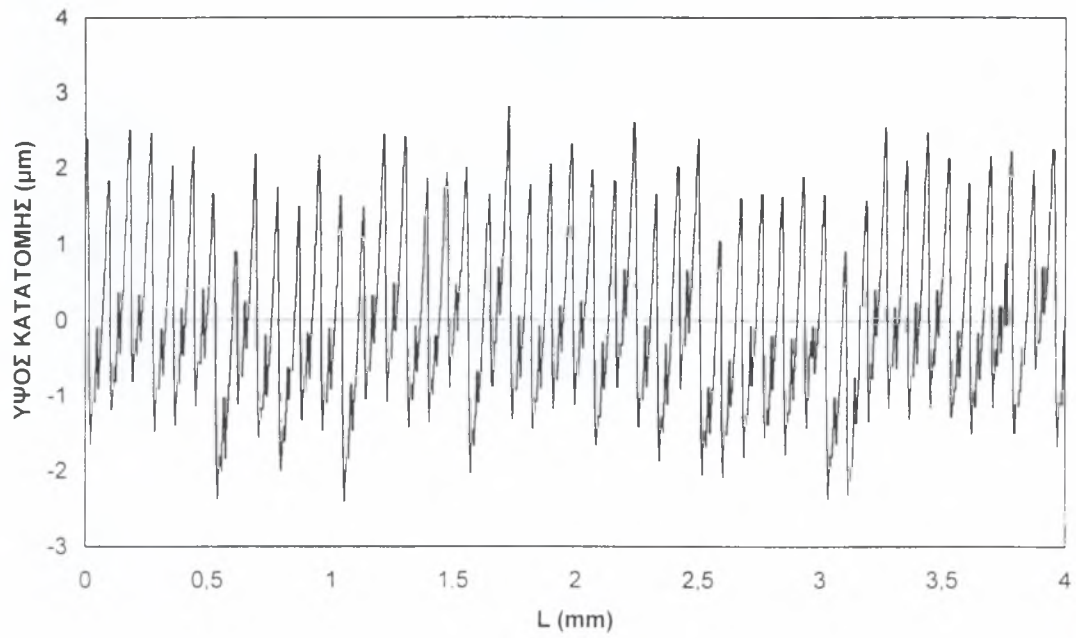
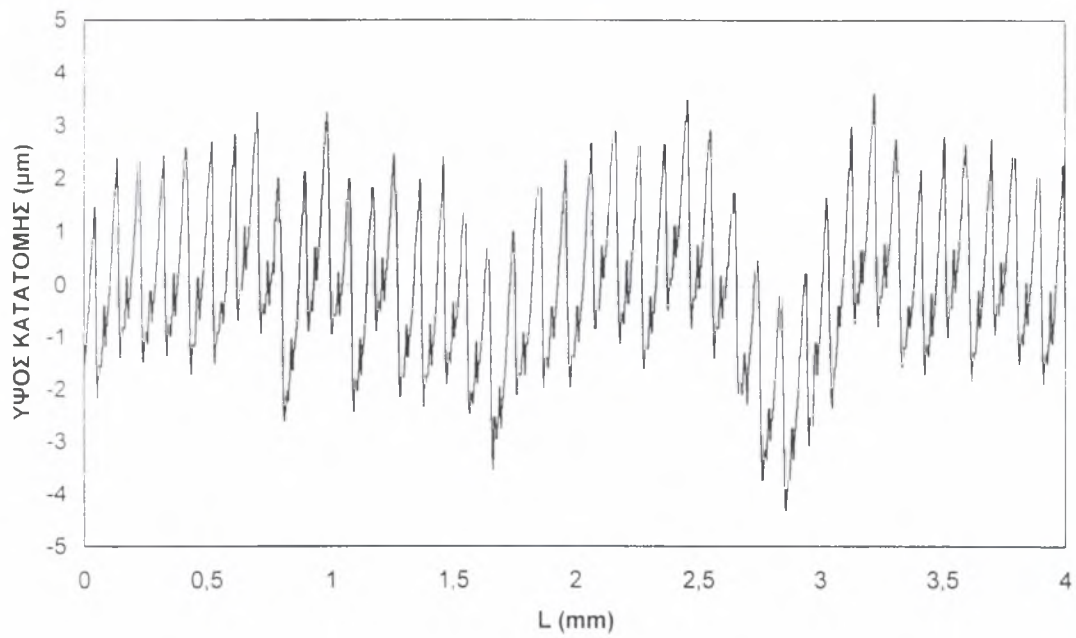
ΛΑΔΙ Β (0-200mm)ΛΑΔΙ Β (200-400mm)

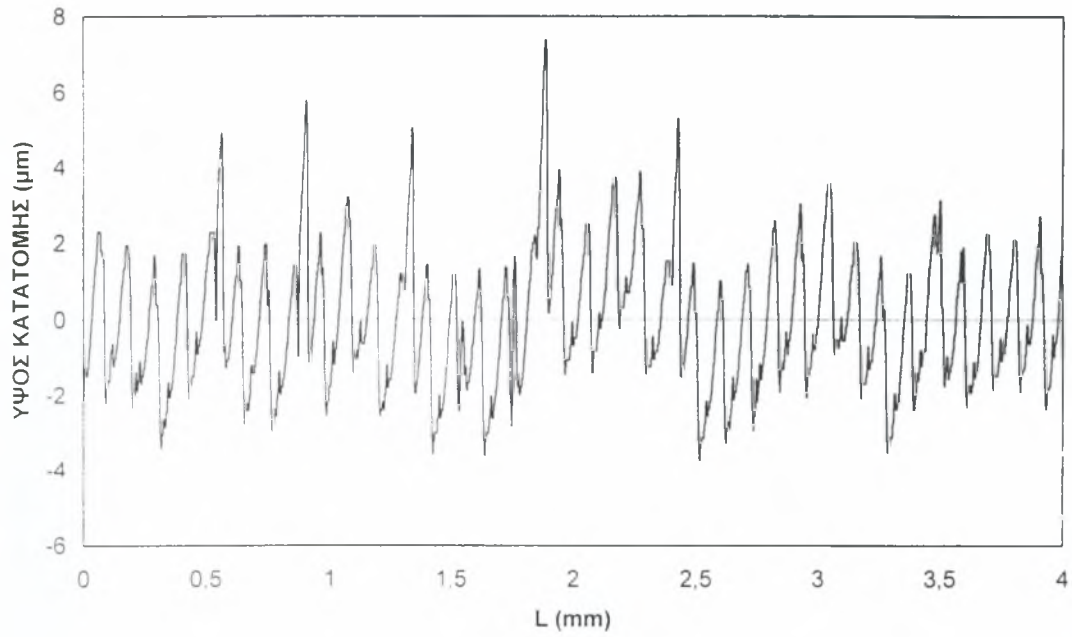
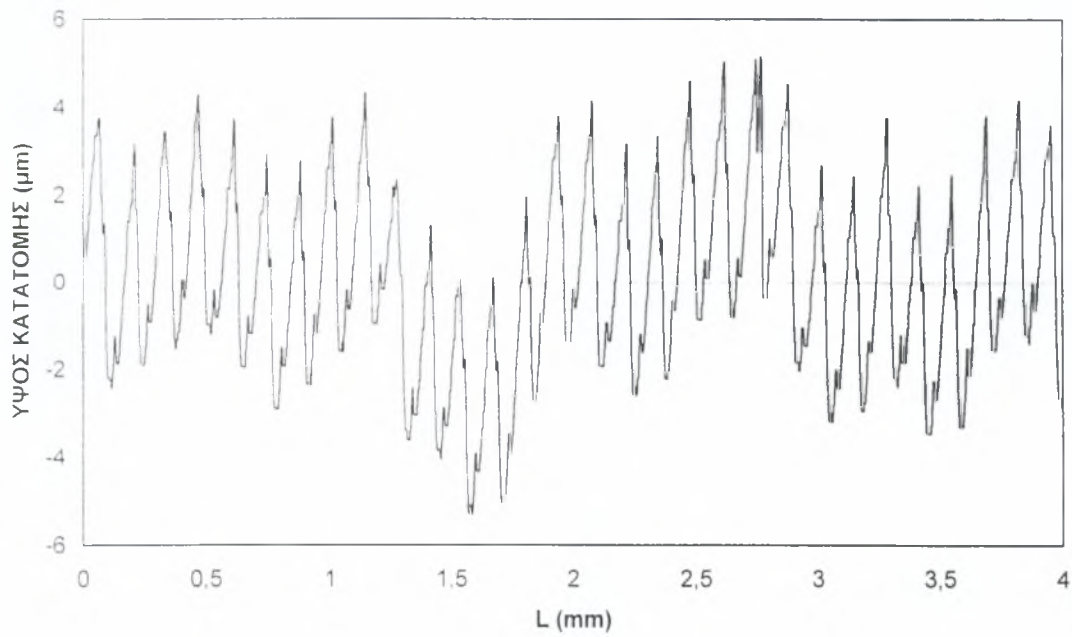
ΛΑΔΙ Β (400-600mm)ΛΑΔΙ Γ (0-200mm)

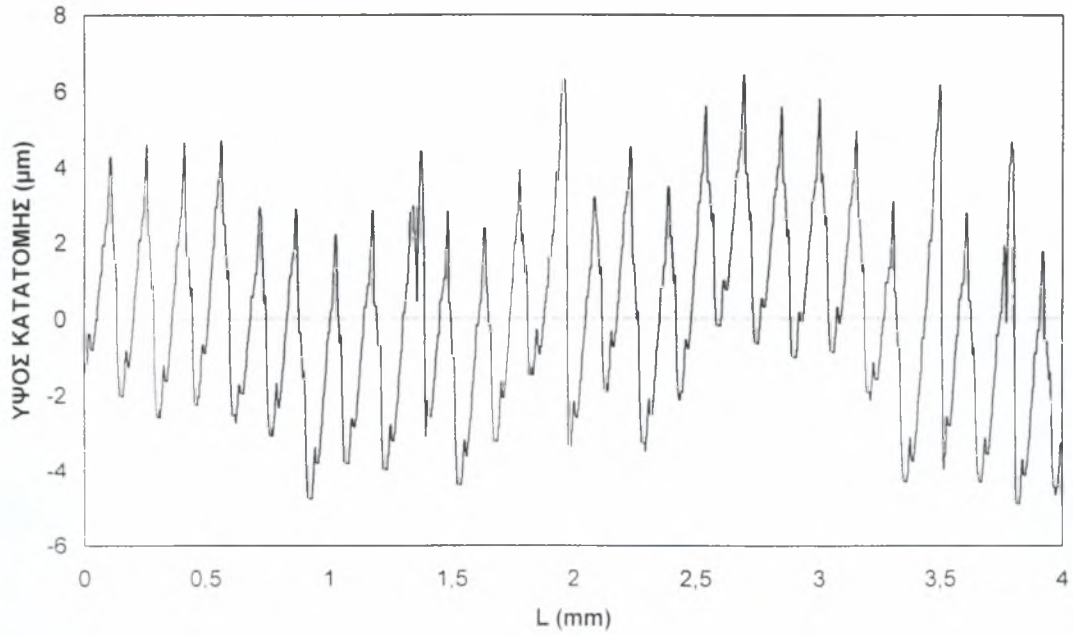
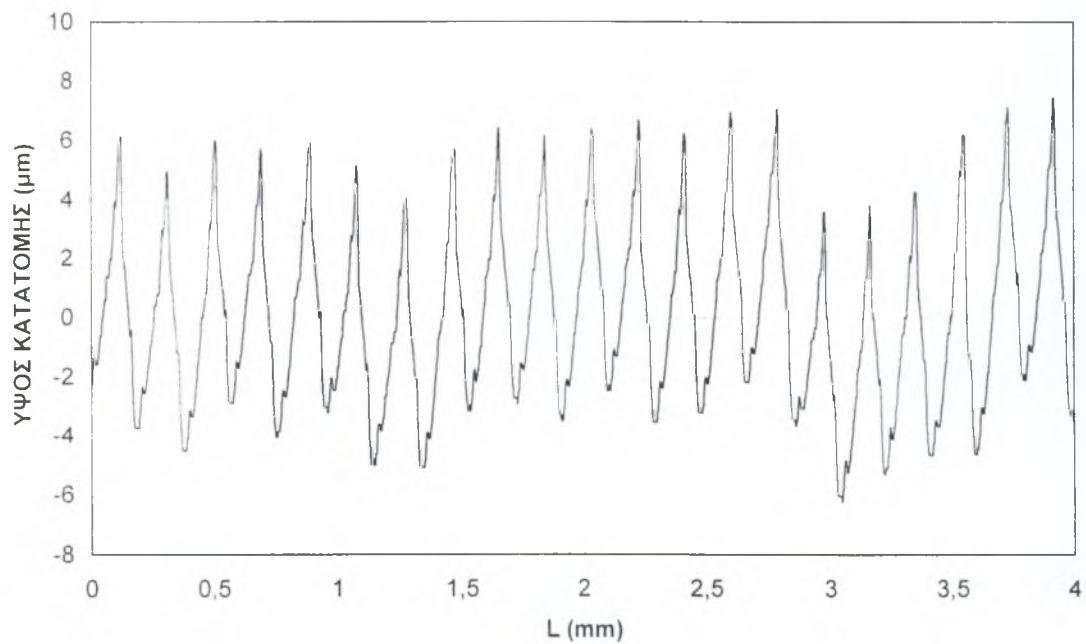
ΛΑΔΙ Γ (200-400mm)ΛΑΔΙ Γ (400-600mm)

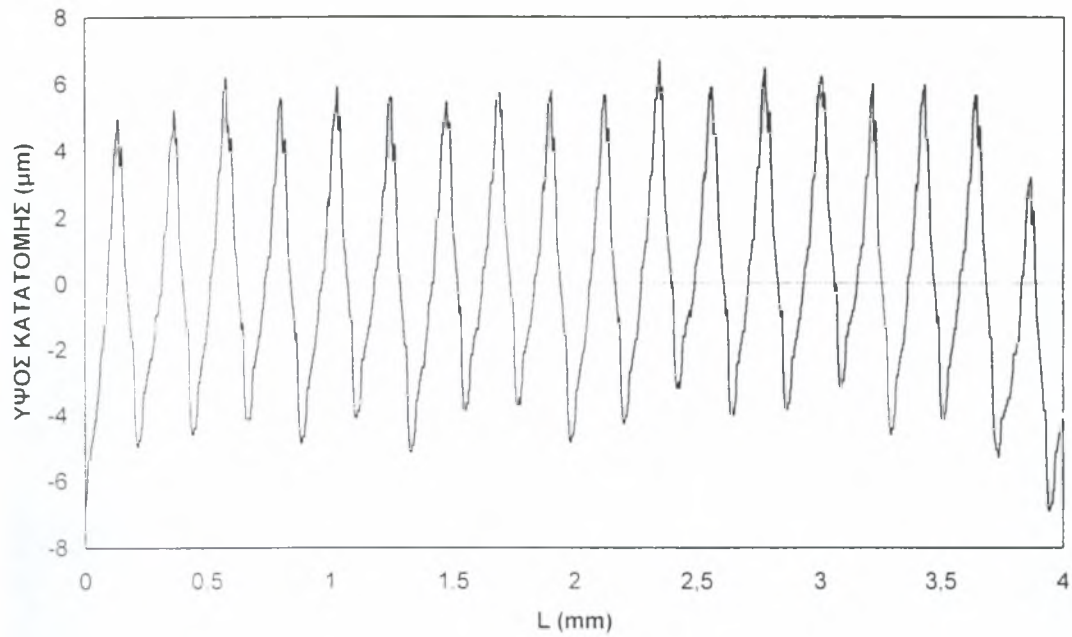
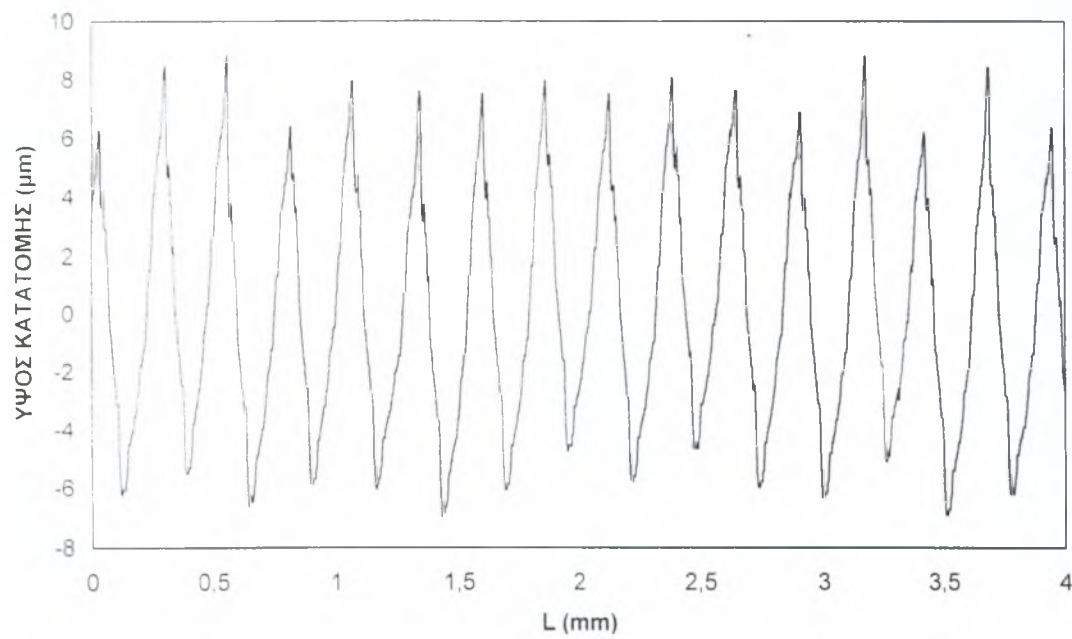
ΠΡΟΩΣΗ 0.04 mm/στρο.ΠΡΟΩΣΗ 0.05 mm/στρο.

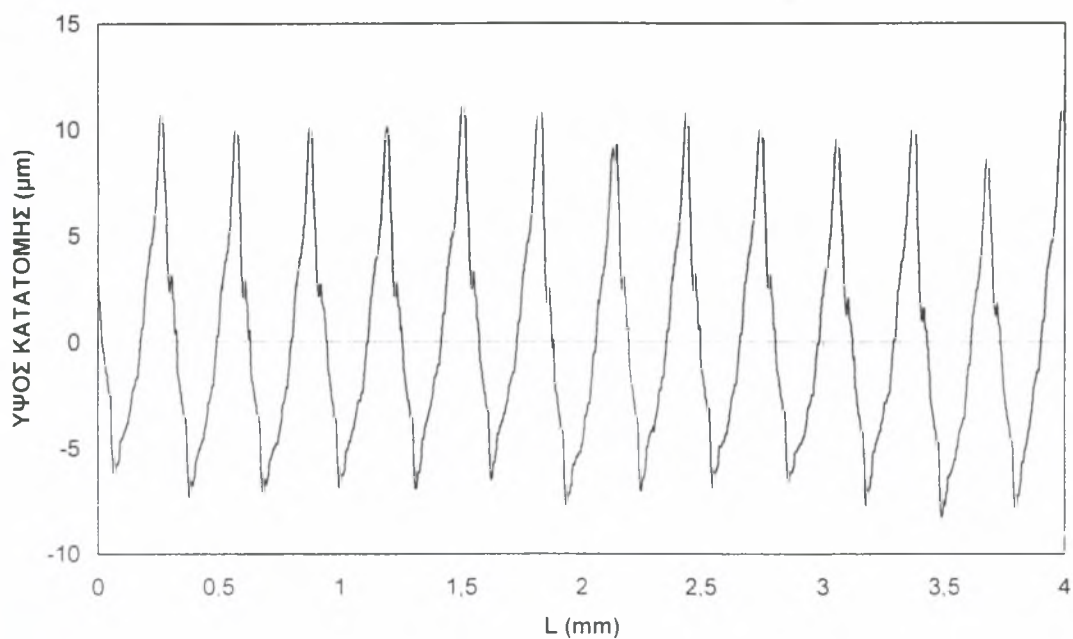
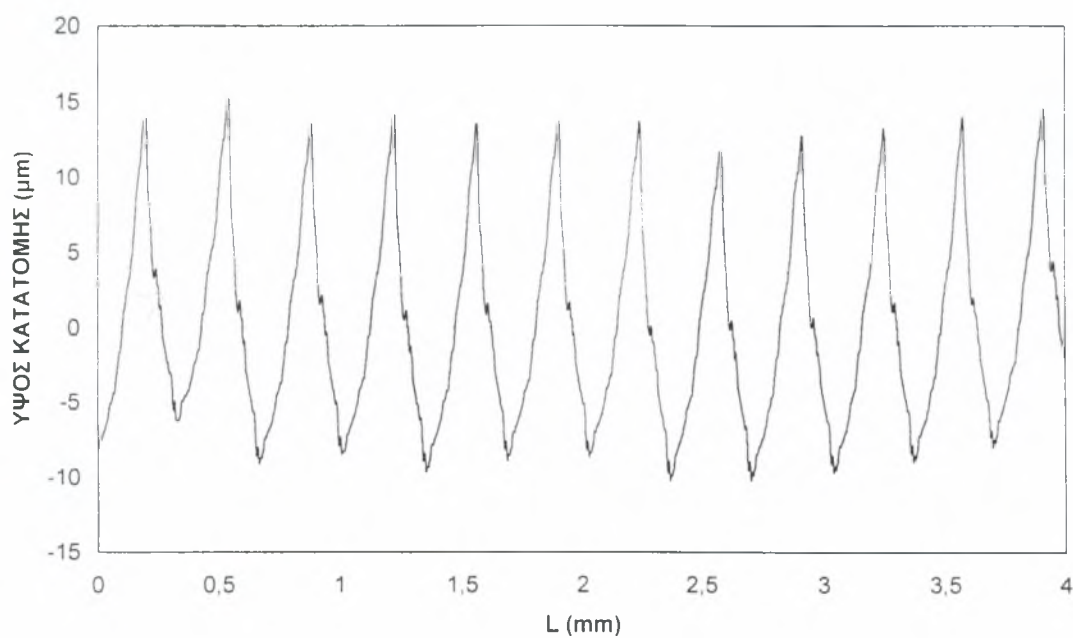
ΠΡΟΩΣΗ 0.06 mm/στρ.ΠΡΟΩΣΗ 0.07 mm/στρ.

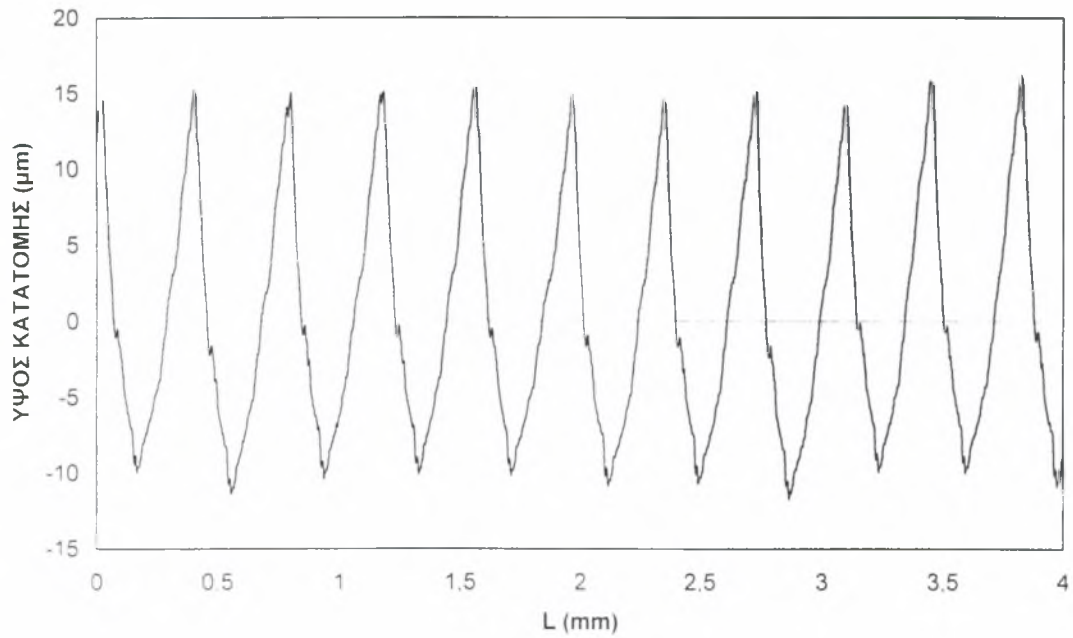
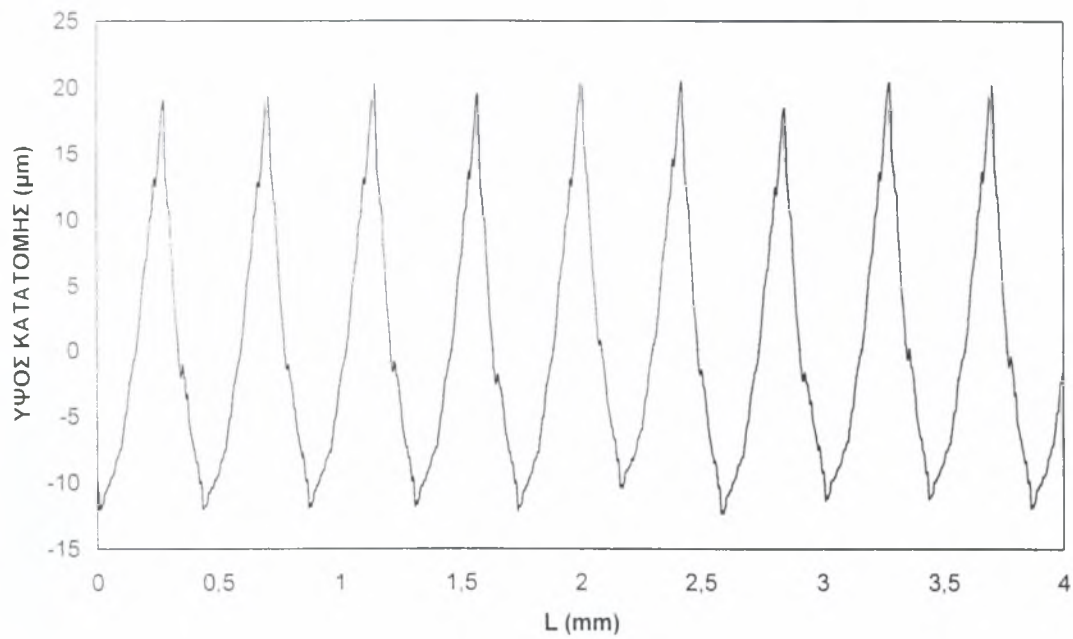
ΠΡΟΩΣΗ 0.08 mm/στρο.ΠΡΟΩΣΗ 0.09 mm/στρο.

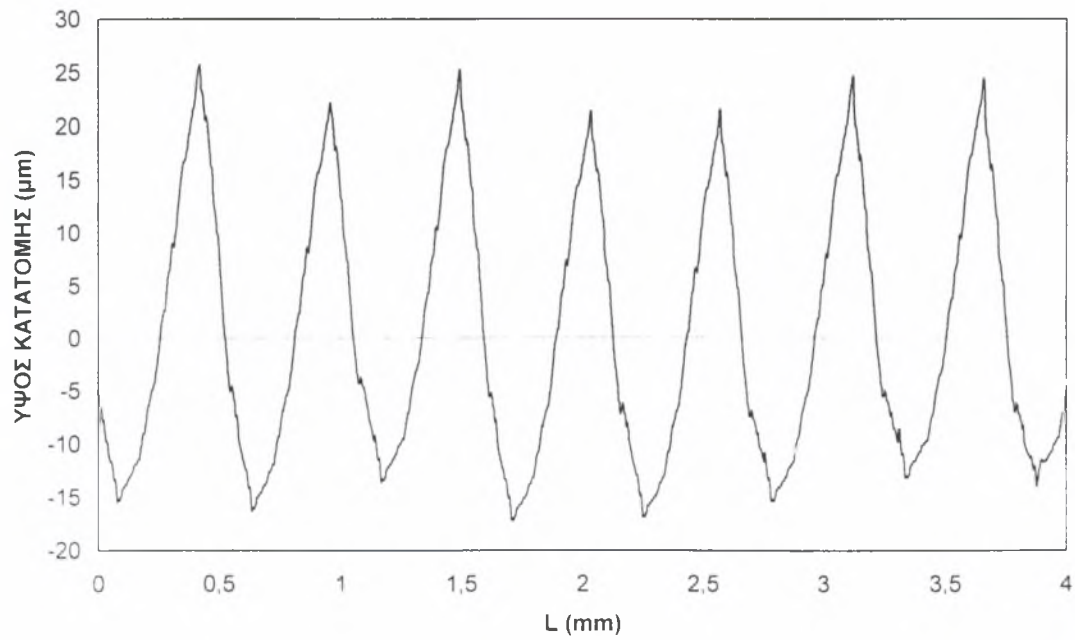
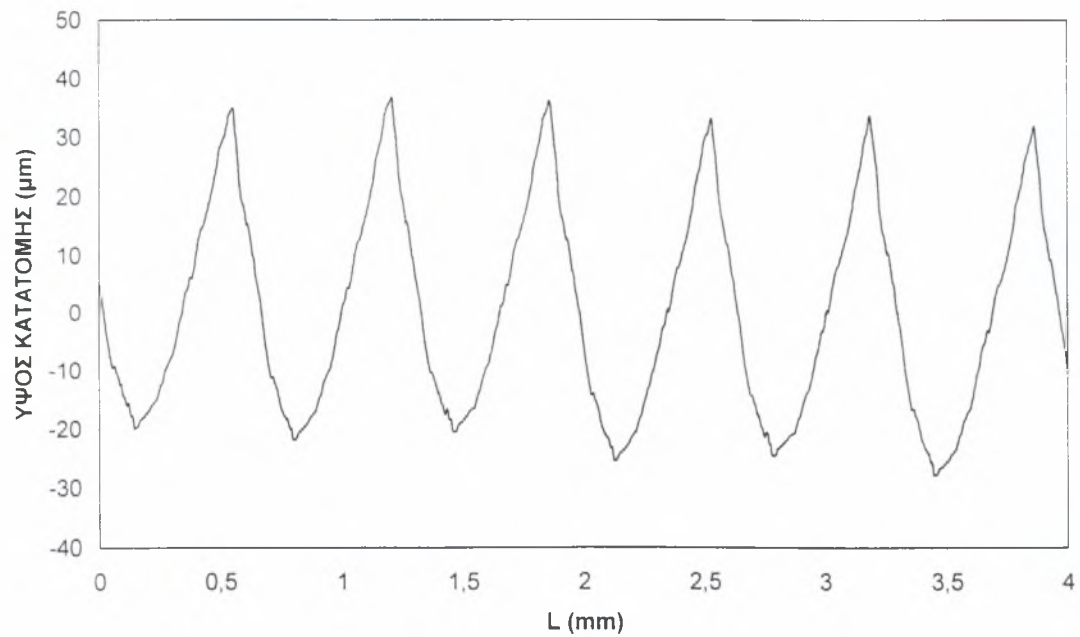
ΠΡΟΩΣΗ 0.1 mm/στρ.ΠΡΟΩΣΗ 0.12 mm/στρ.

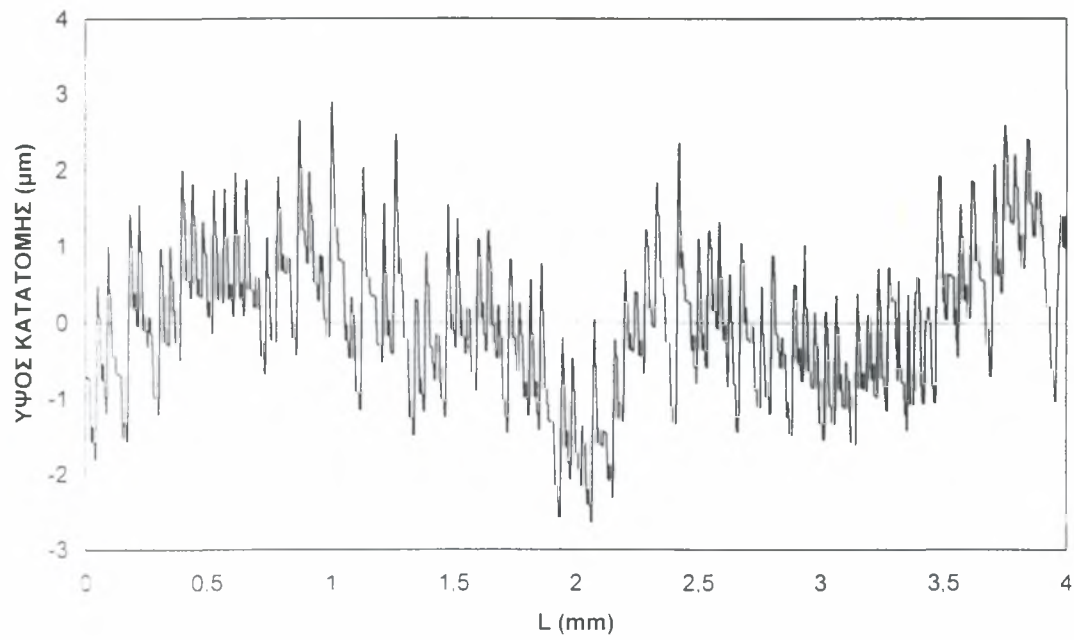
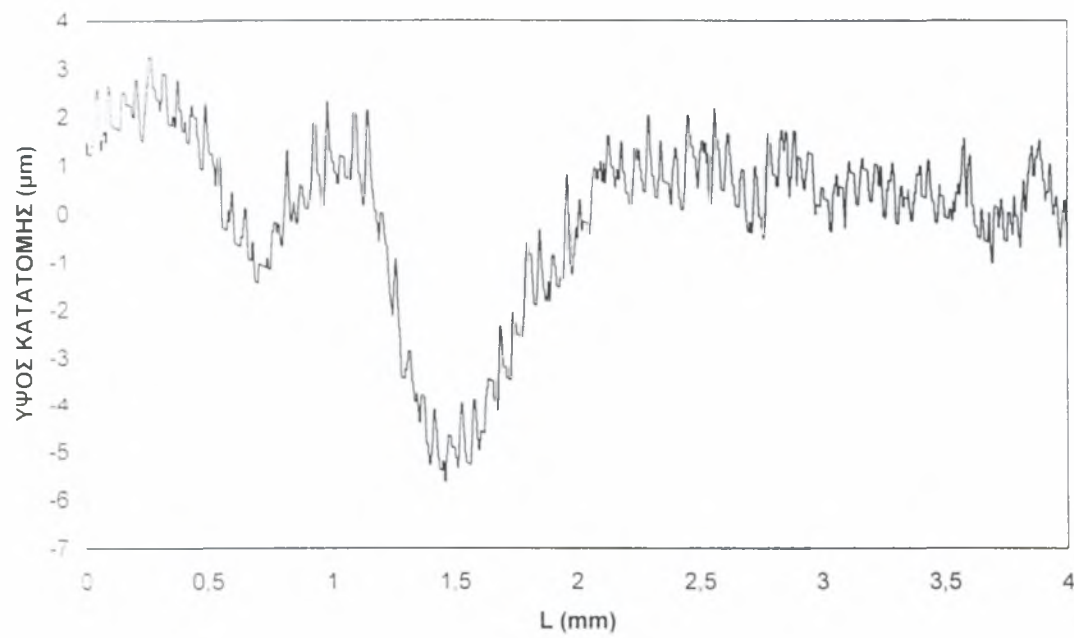
ΠΡΟΩΣΗ 0.14 mm/στρ.ΠΡΟΩΣΗ 0.18 mm/στρ.

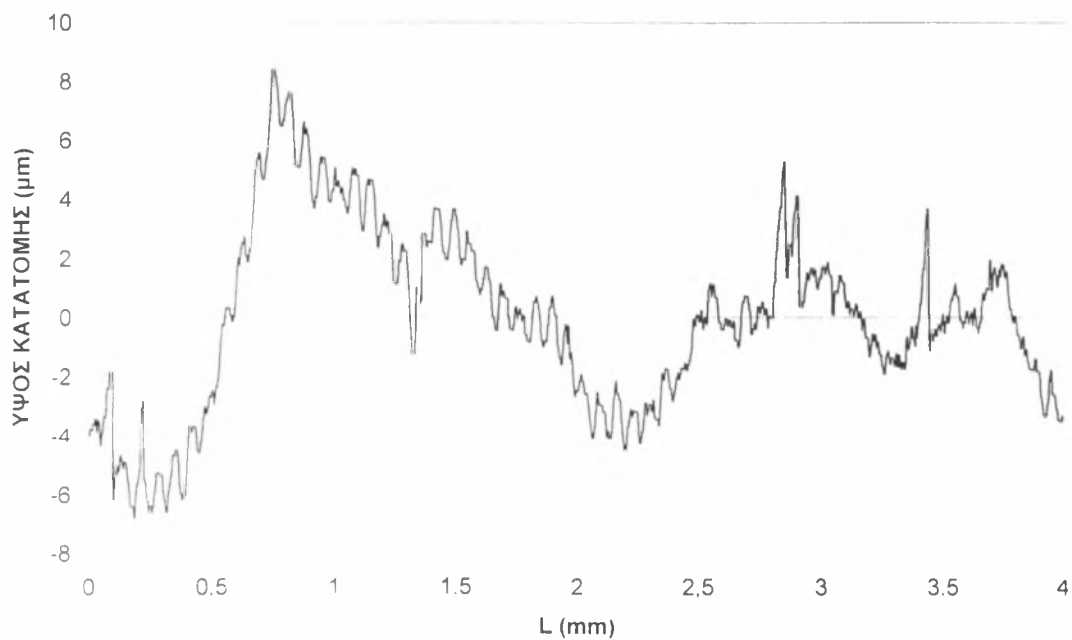
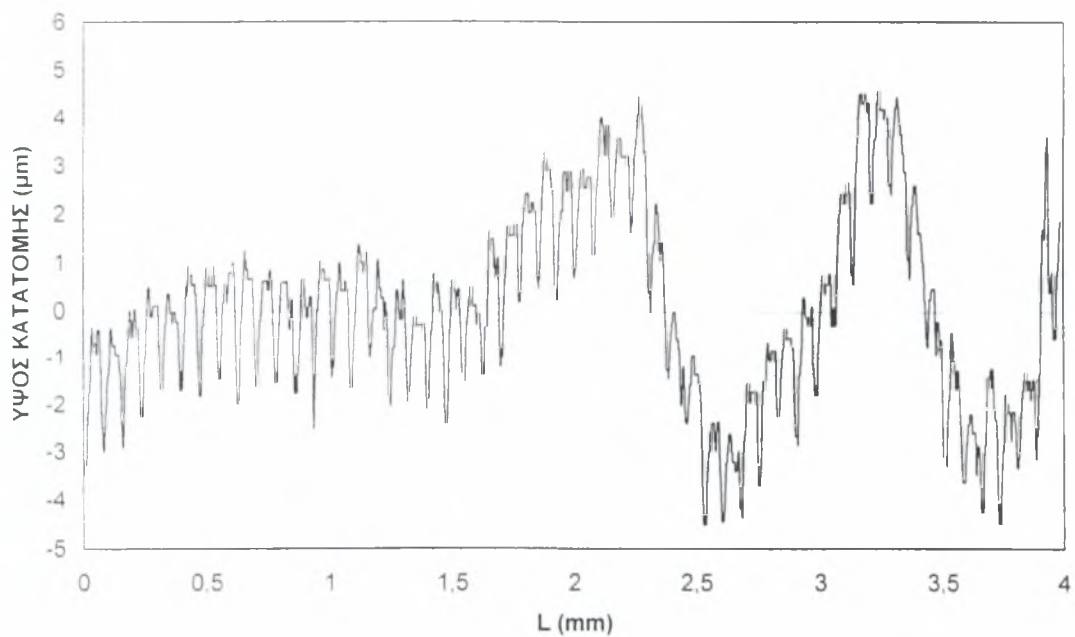
ΠΡΟΩΣΗ 0.2 mm/στρ.ΠΡΟΩΣΗ 0.24 mm/στρ.

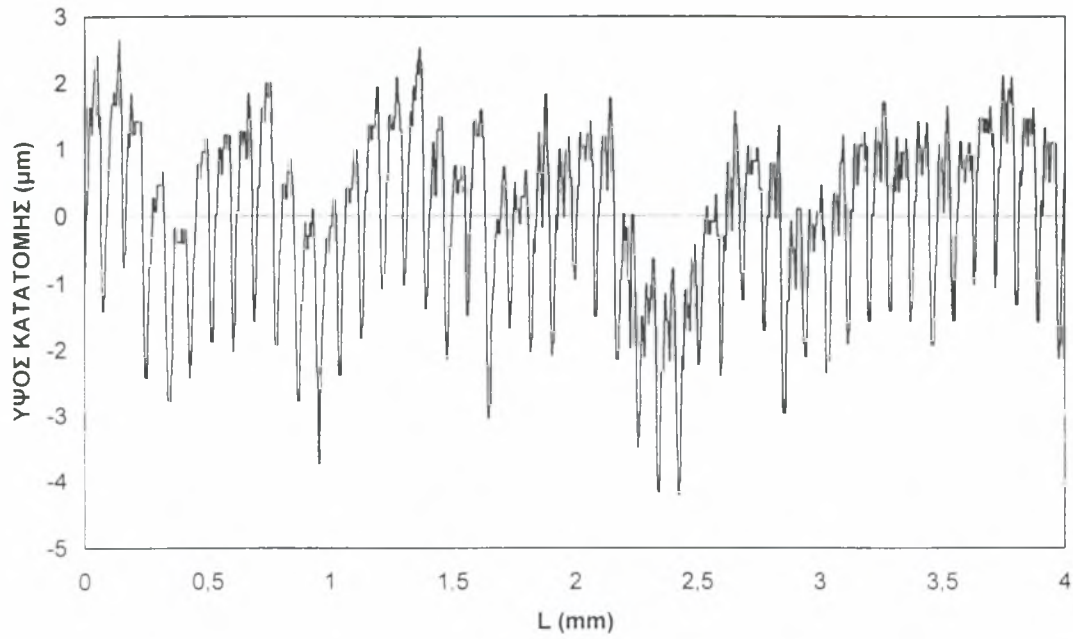
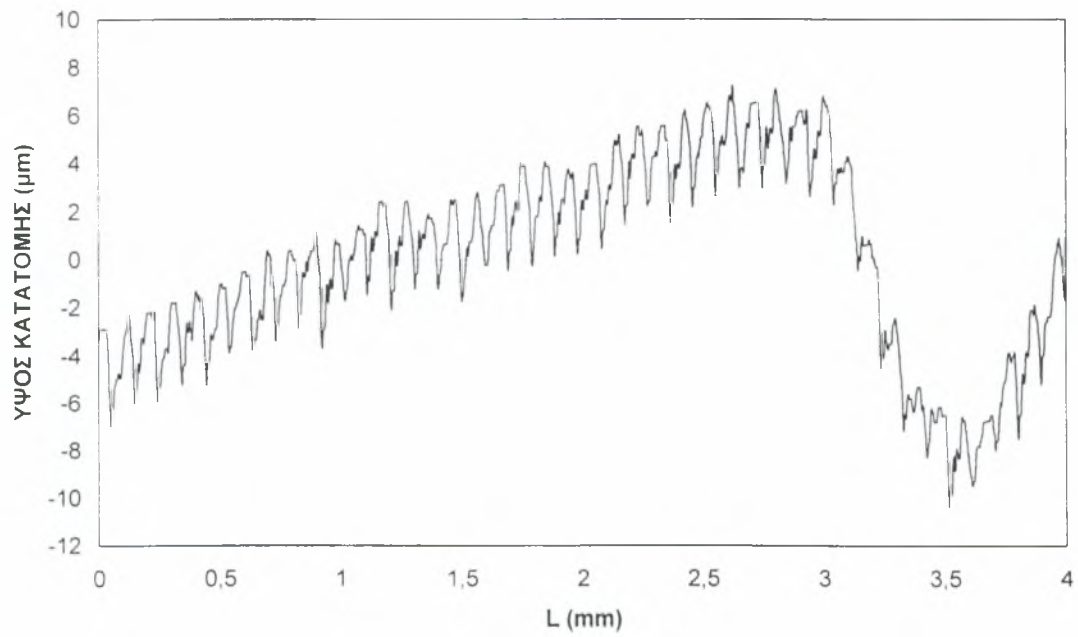
ΠΡΟΩΣΗ 0.28 mm/στρο.ΠΡΟΩΣΗ 0.32 mm/στρο.

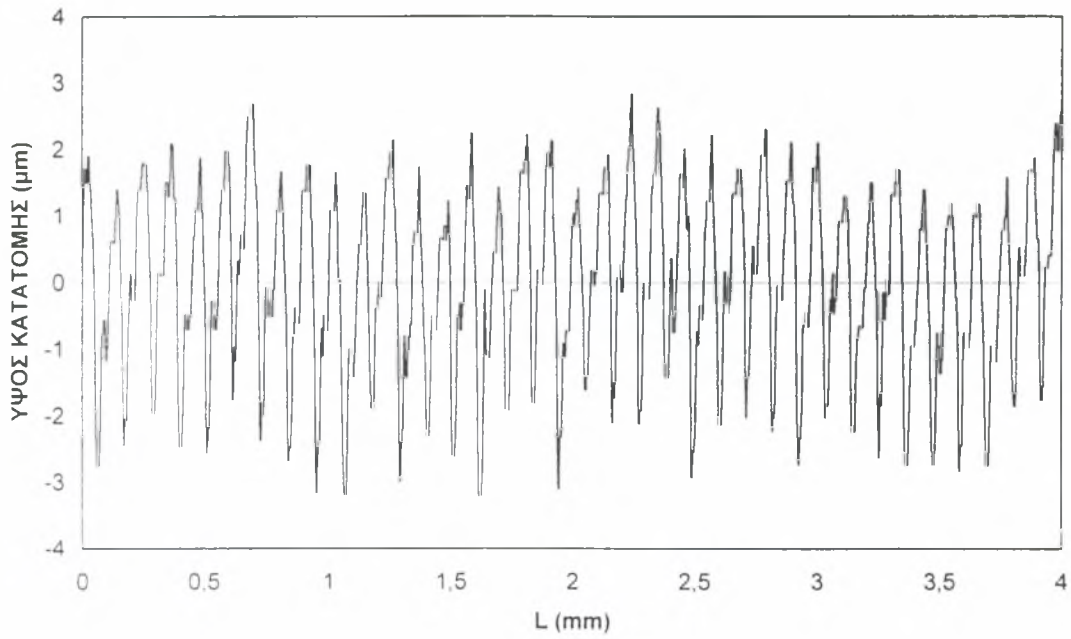
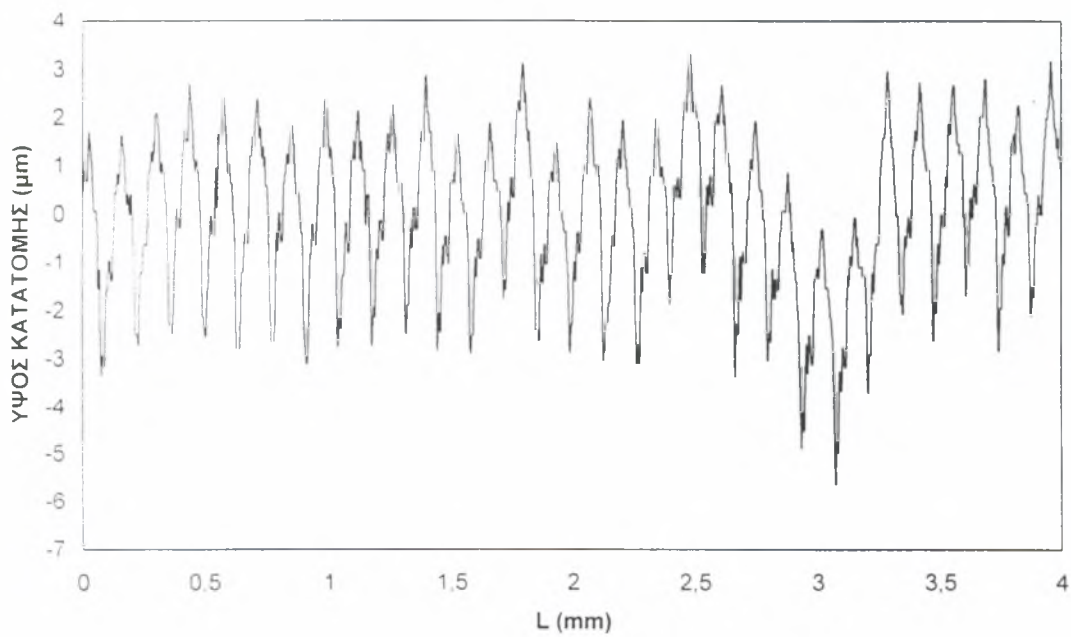
ΠΡΟΩΣΗ 0.36 mm/στρ.ΠΡΟΩΣΗ 0.4 mm/στρ.

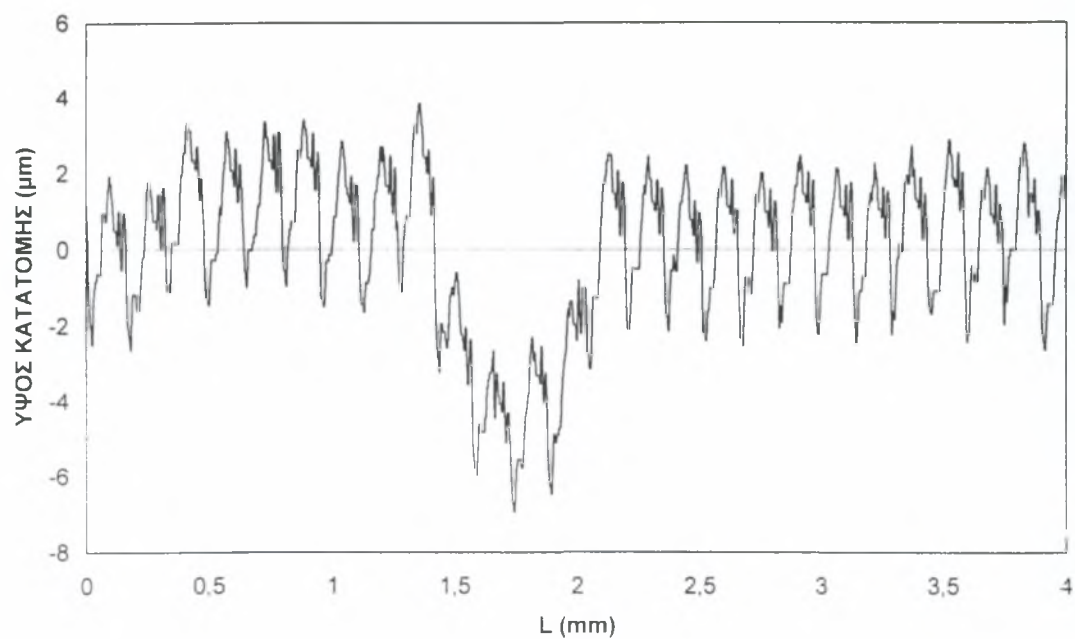
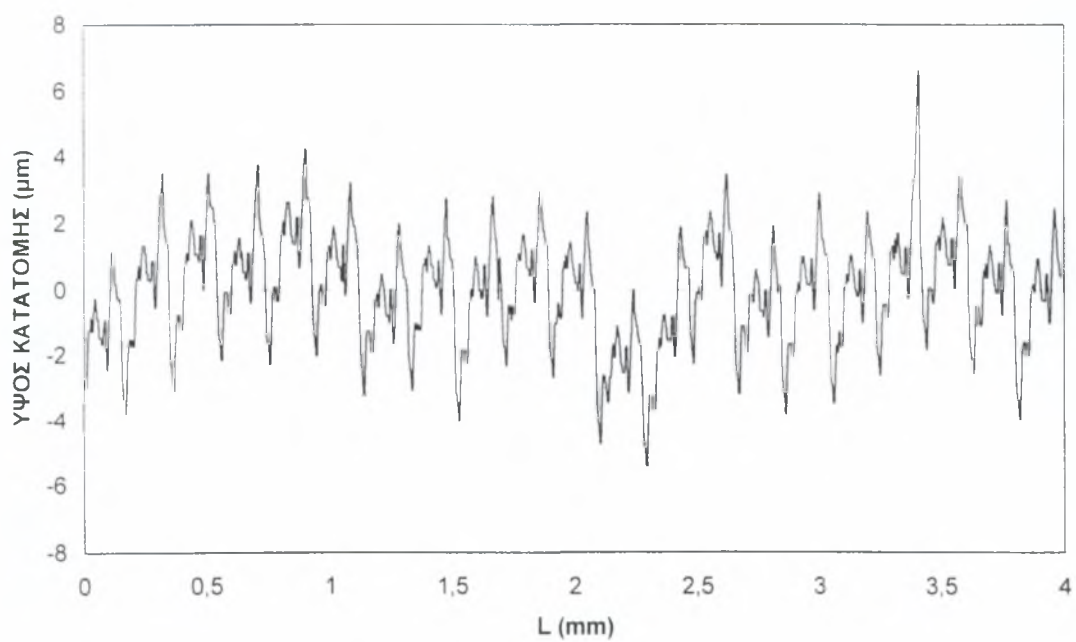
ΠΡΟΩΣΗ 0.5 mm/στρ.ΠΡΟΩΣΗ 0.6 mm/στρ.

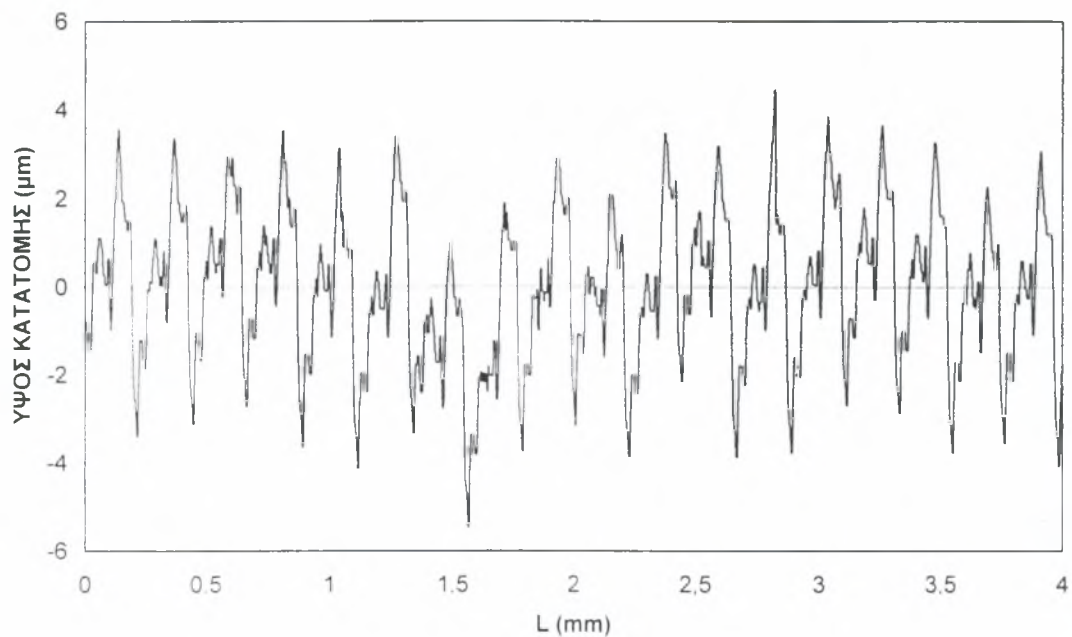
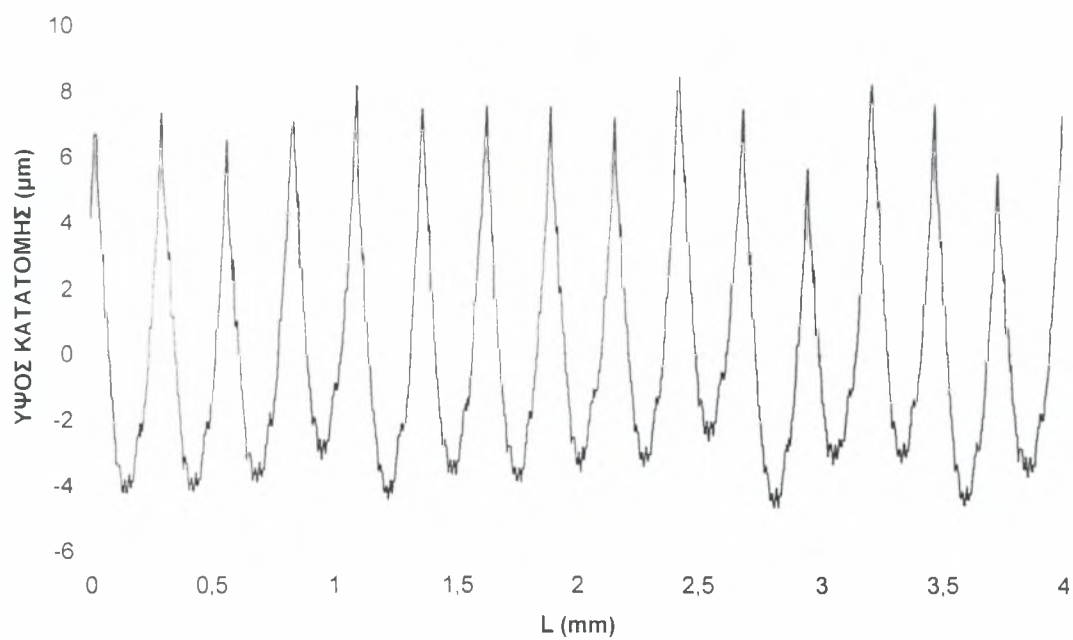
ΠΡΩΣΗ 0.04 mm/στρ.ΠΡΩΣΗ 0.05 mm/στρ.

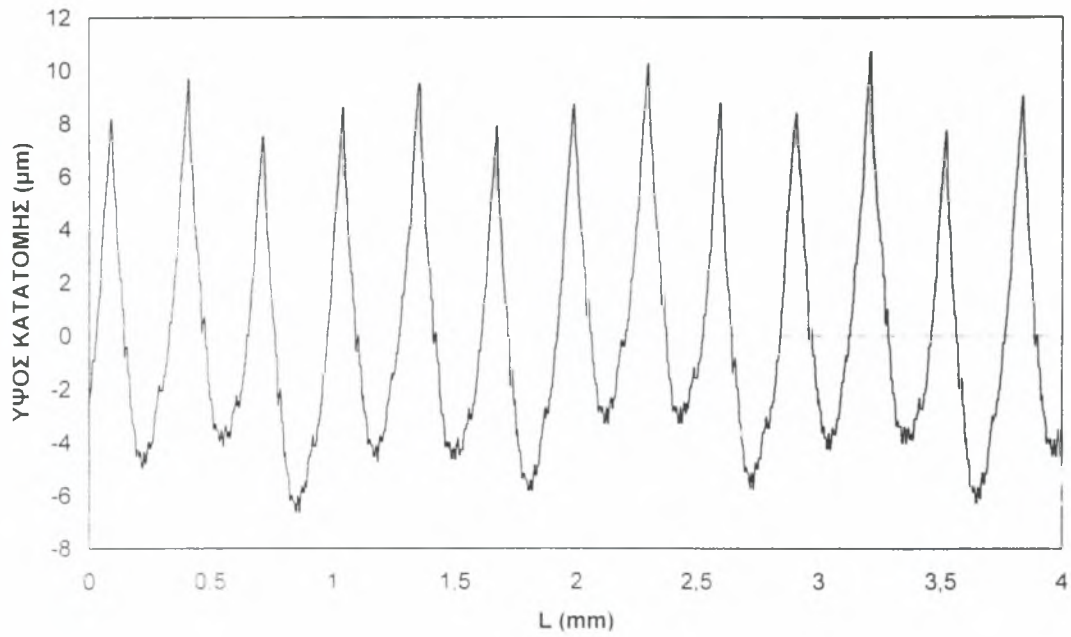
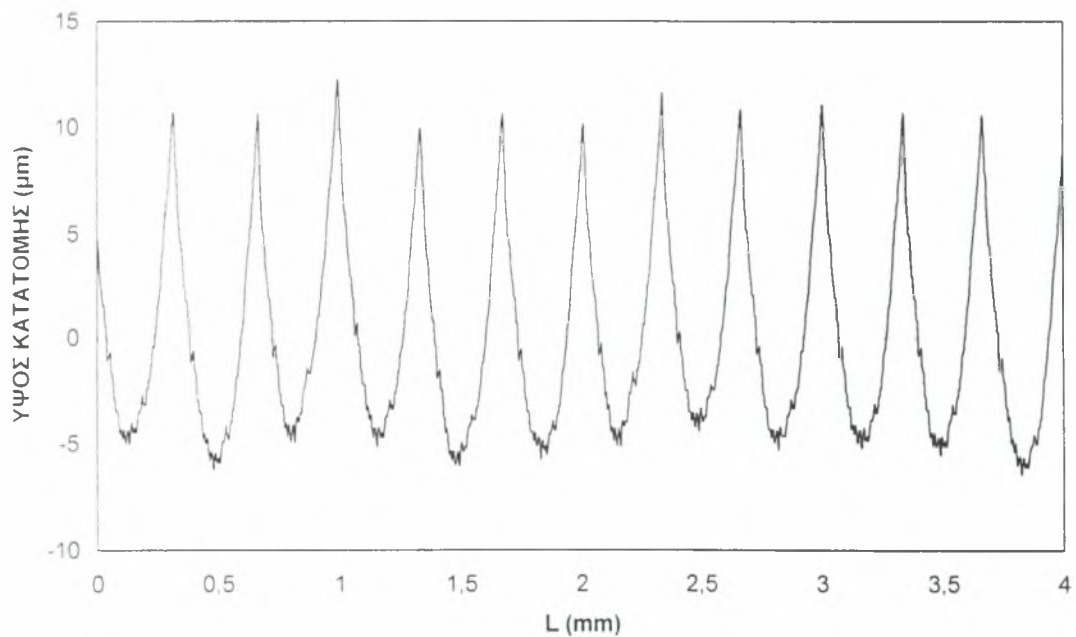
ΠΡΟΩΣΗ 0.06 mm/στρ.ΠΡΟΩΣΗ 0.07 mm/στρ.

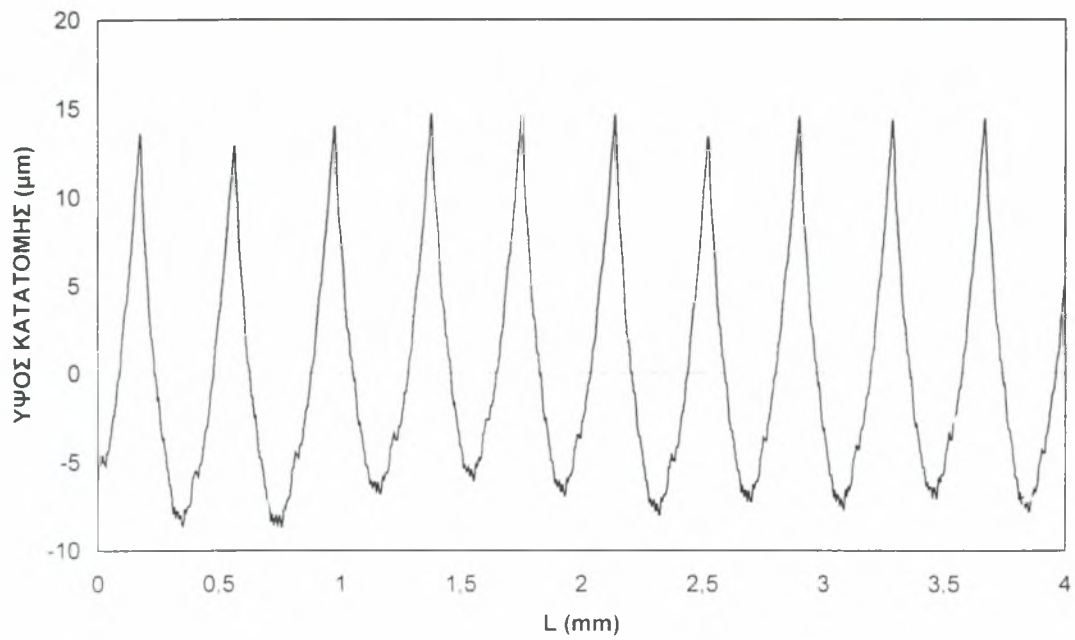
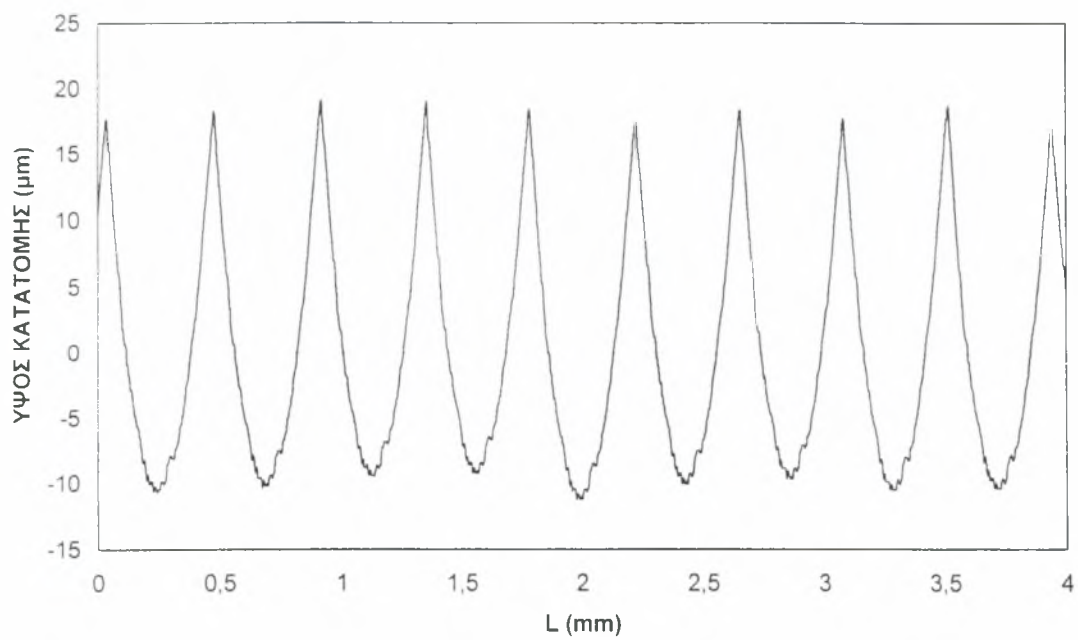
ΠΡΟΩΣΗ 0.08 mm/στρ.ΠΡΟΩΣΗ 0.09 mm/στρ.

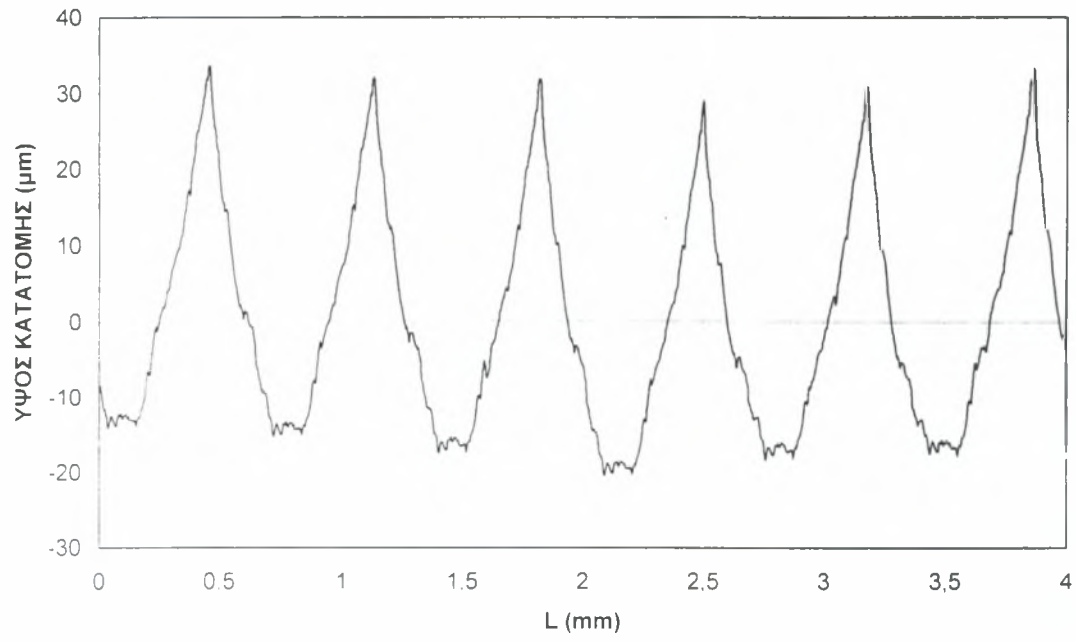
ΠΡΟΩΣΗ 0.1 mm/στρο.ΠΡΟΩΣΗ 0.12 mm/στρο.

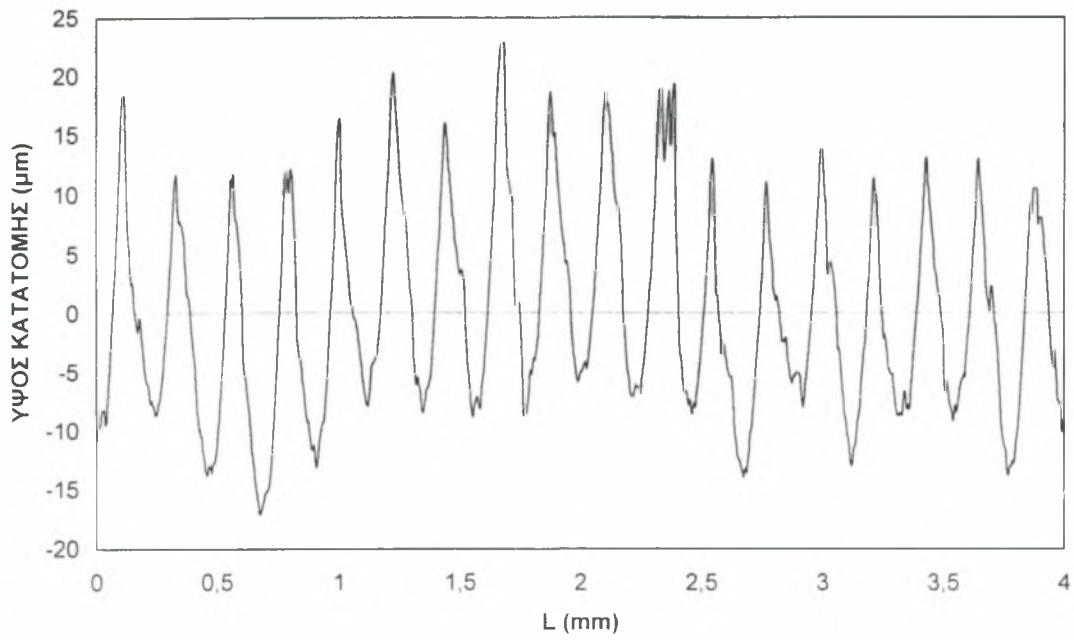
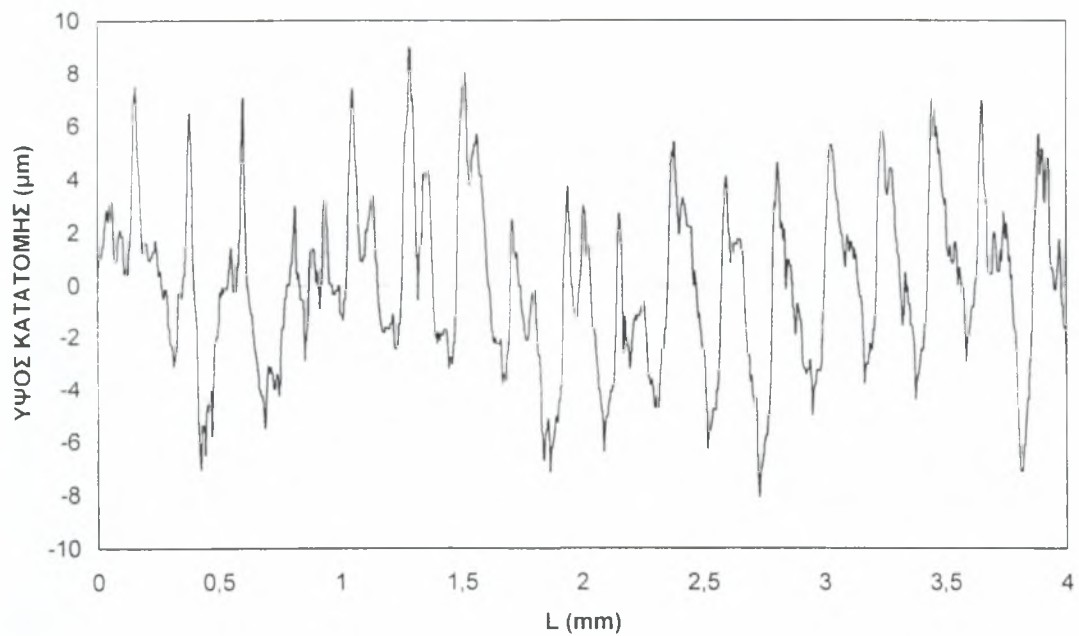
ΠΡΟΩΣΗ 0.14 mm/στρ.ΠΡΟΩΣΗ 0.18 mm/στρ.

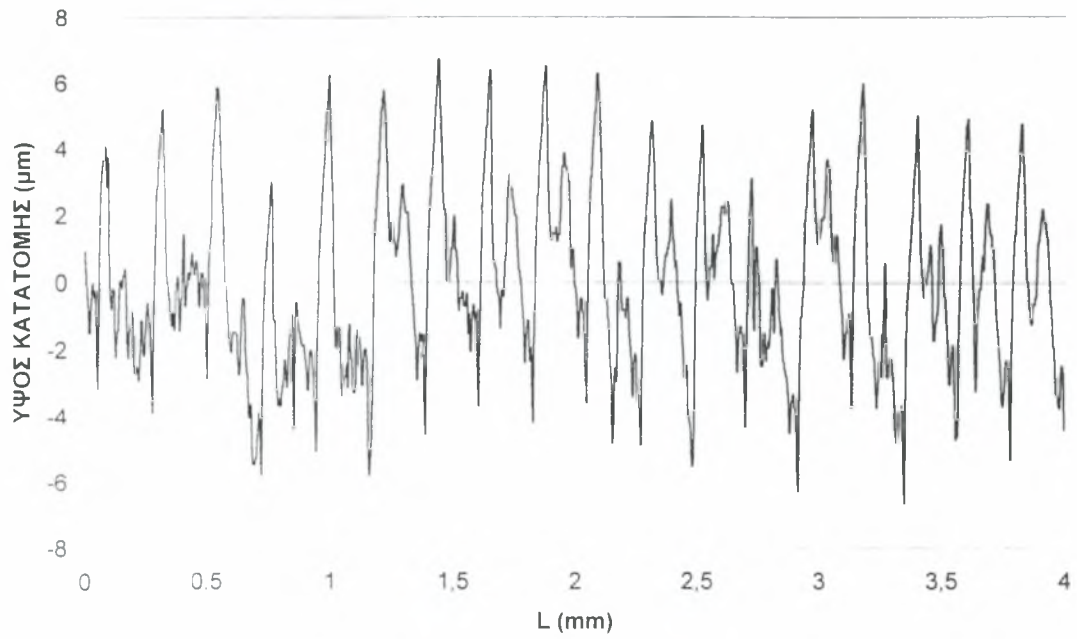
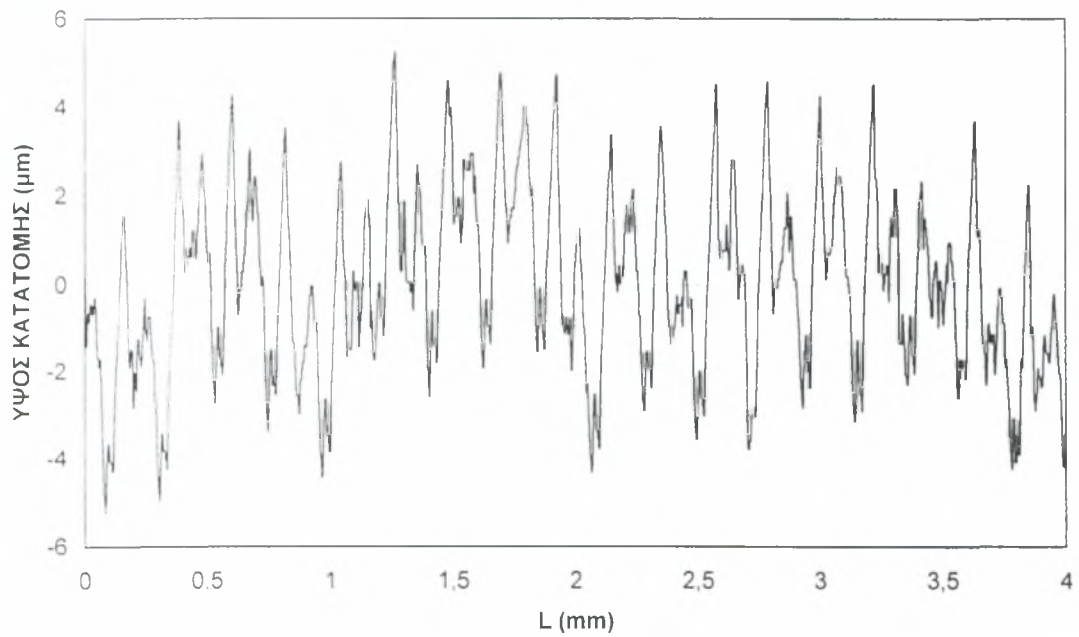
ΠΡΟΩΣΗ 0.2 mm/στρ.ΠΡΟΩΣΗ 0.24 mm/στρ.

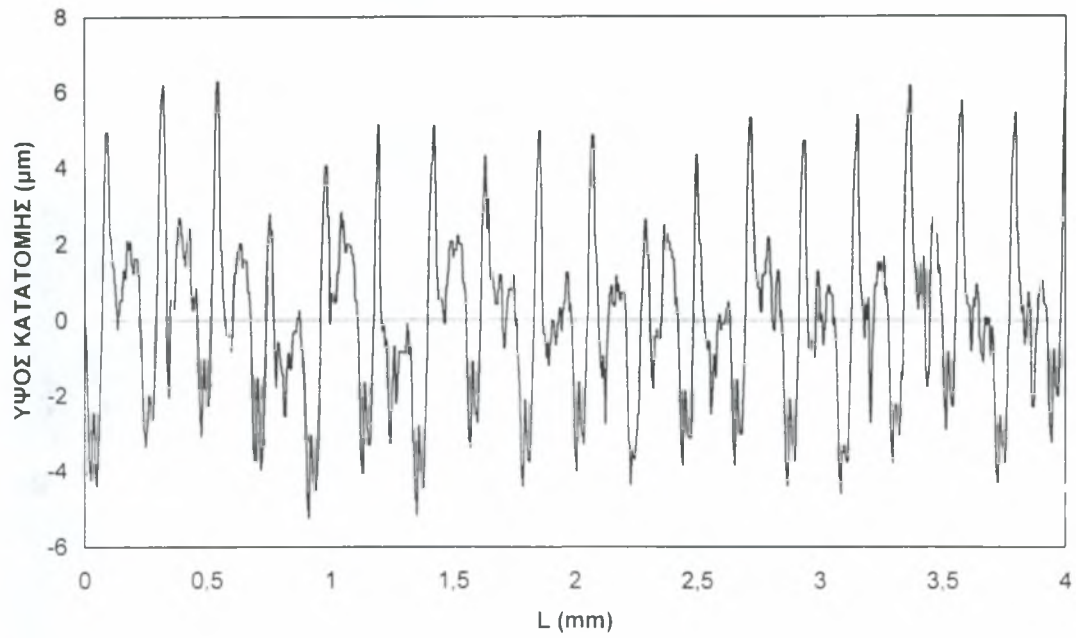
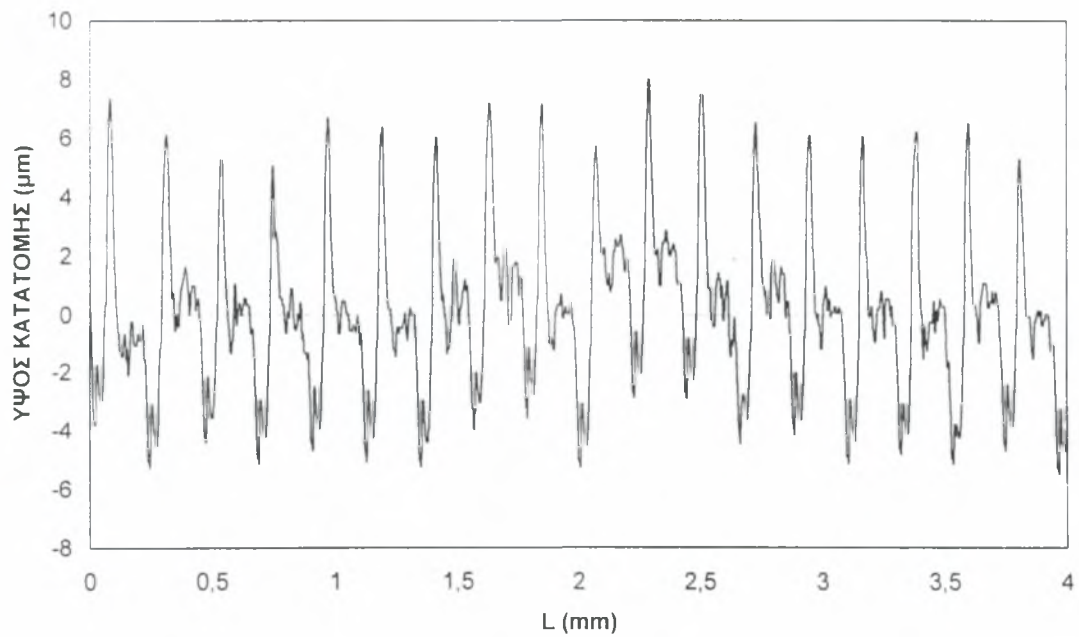
ΠΡΟΩΣΗ 0.28 mm/στρο.ΠΡΟΩΣΗ 0.32 mm/στρο.

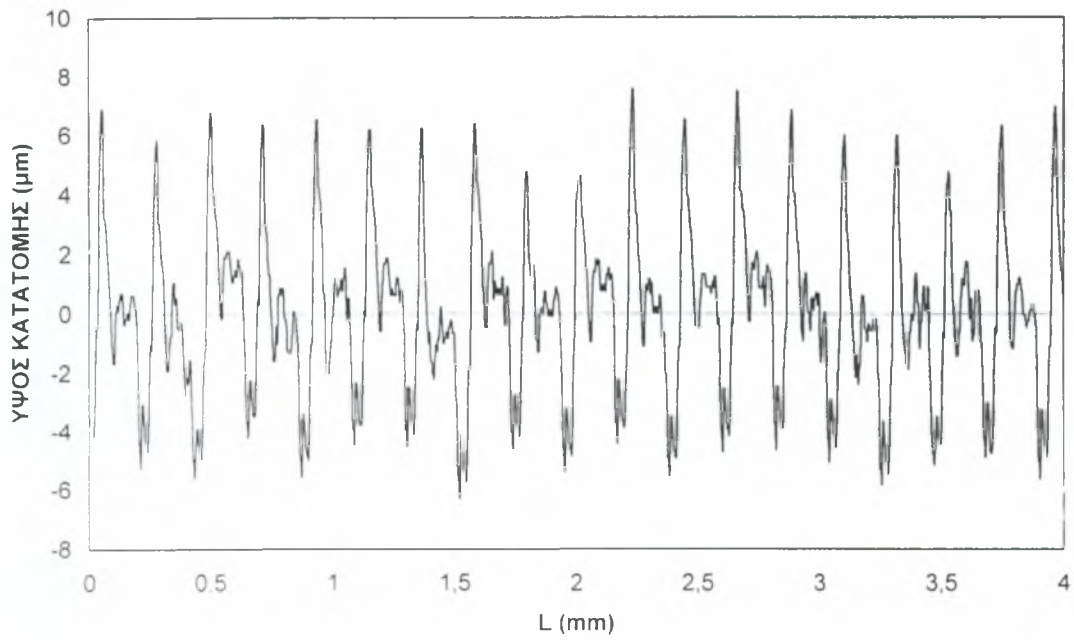
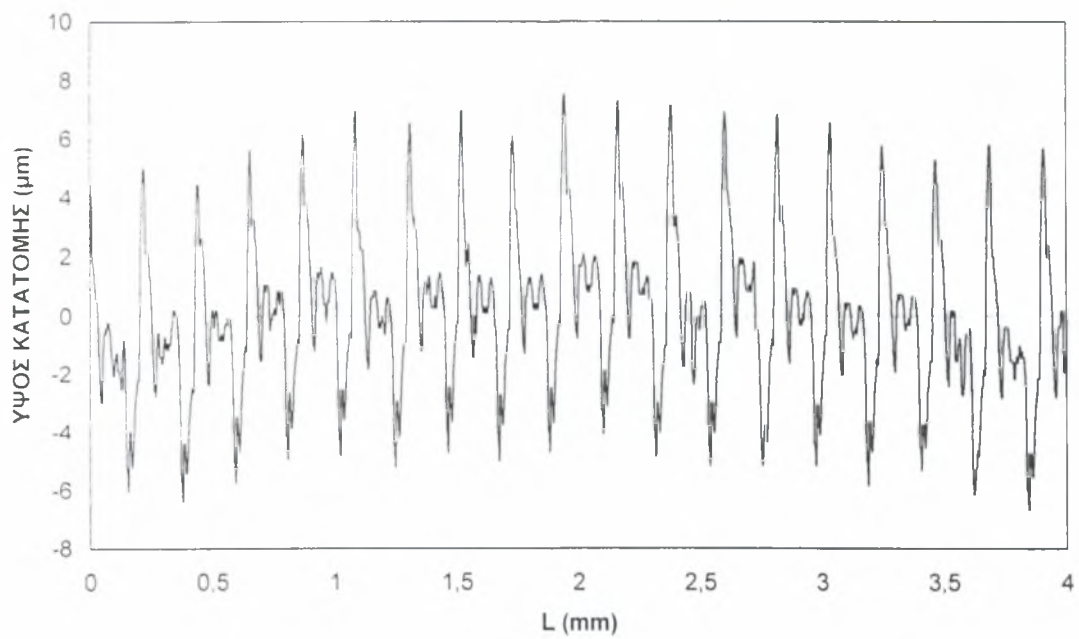
ΠΡΟΩΣΗ 0.36 mm/στρ.ΠΡΟΩΣΗ 0.4 mm/στρ.

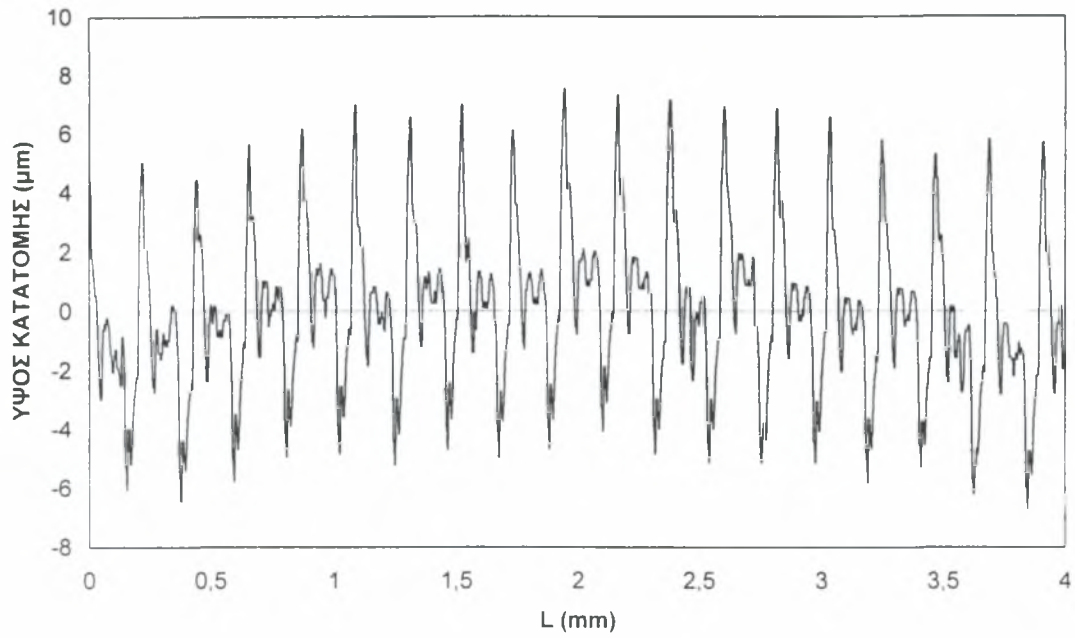
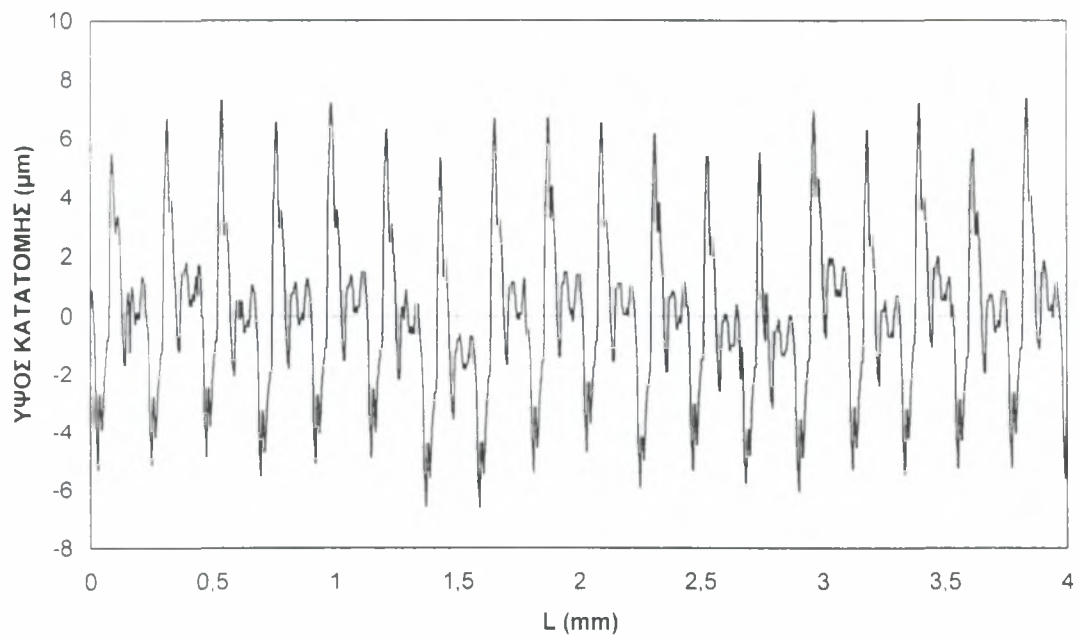
ΠΡΟΩΣΗ 0.6 mm/στρ.

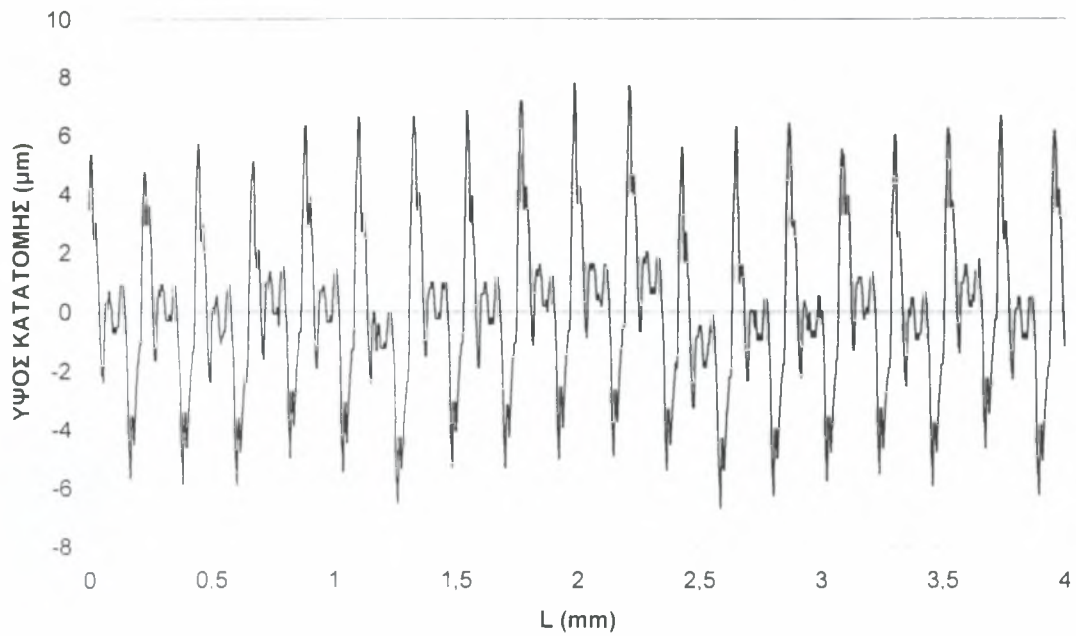
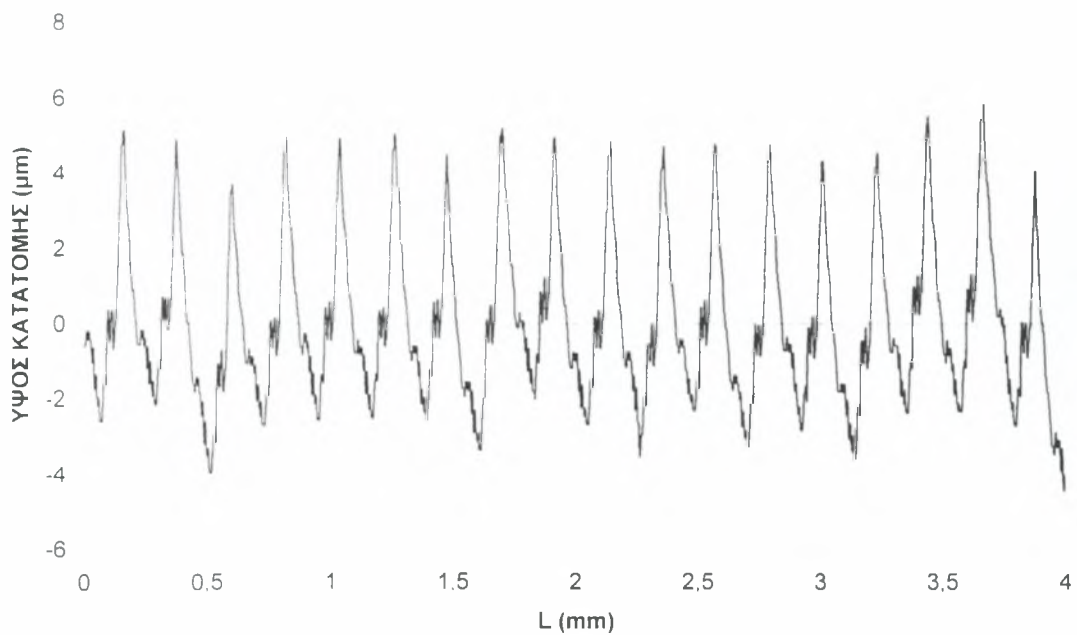
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 5 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 10 m/min.

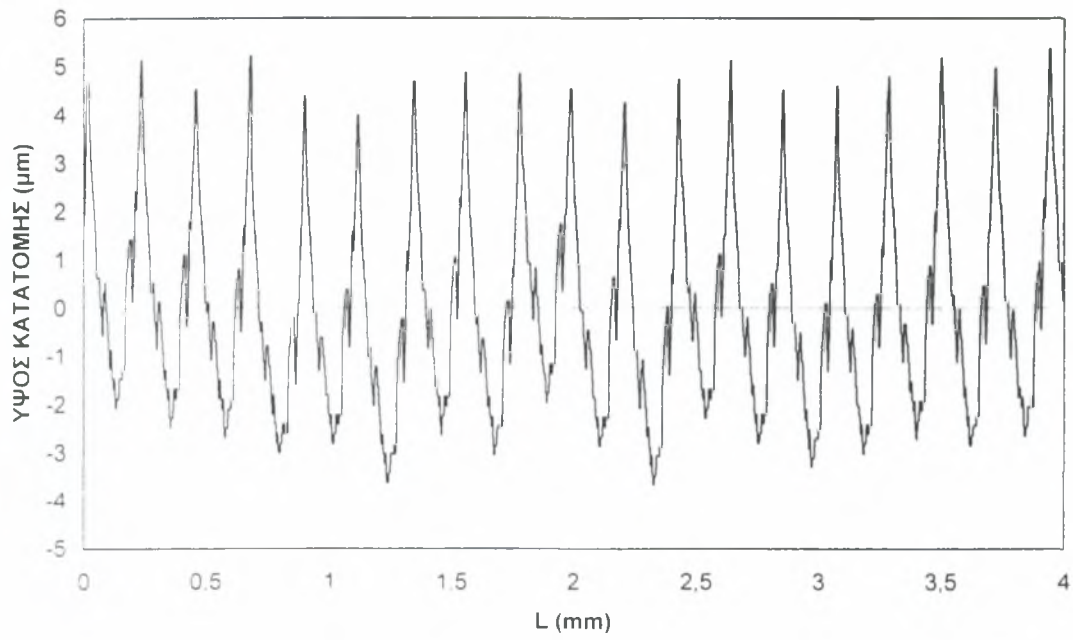
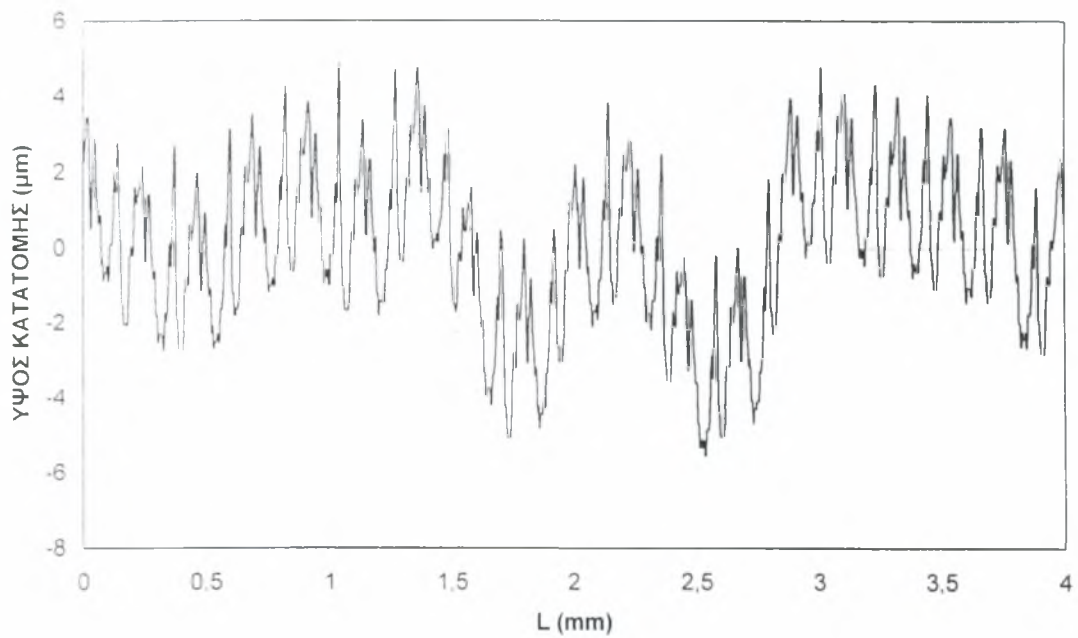
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 15 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 20 m/min.

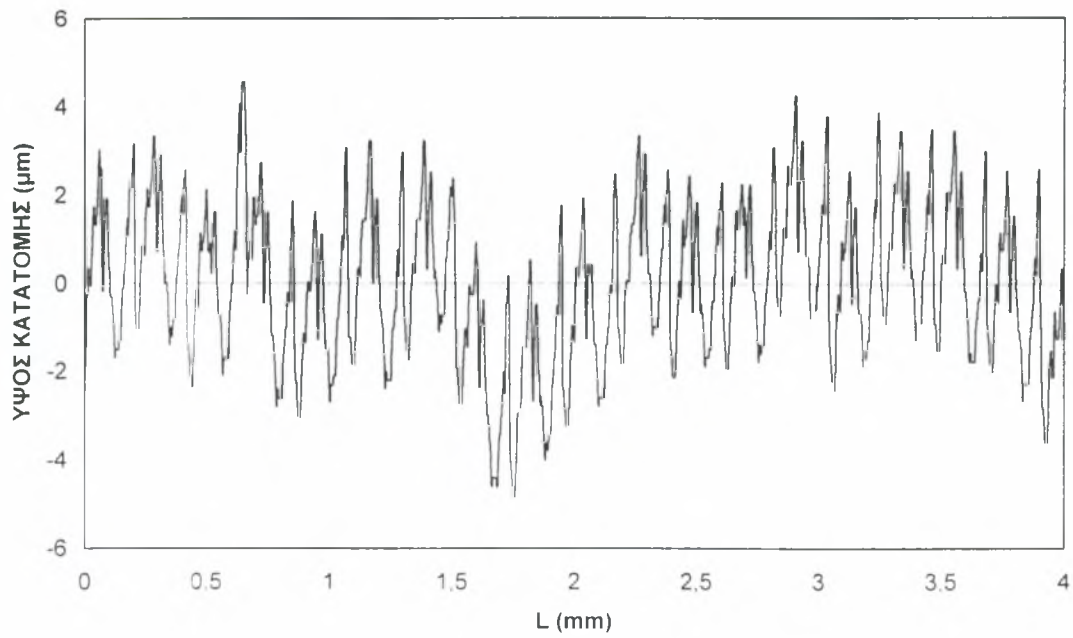
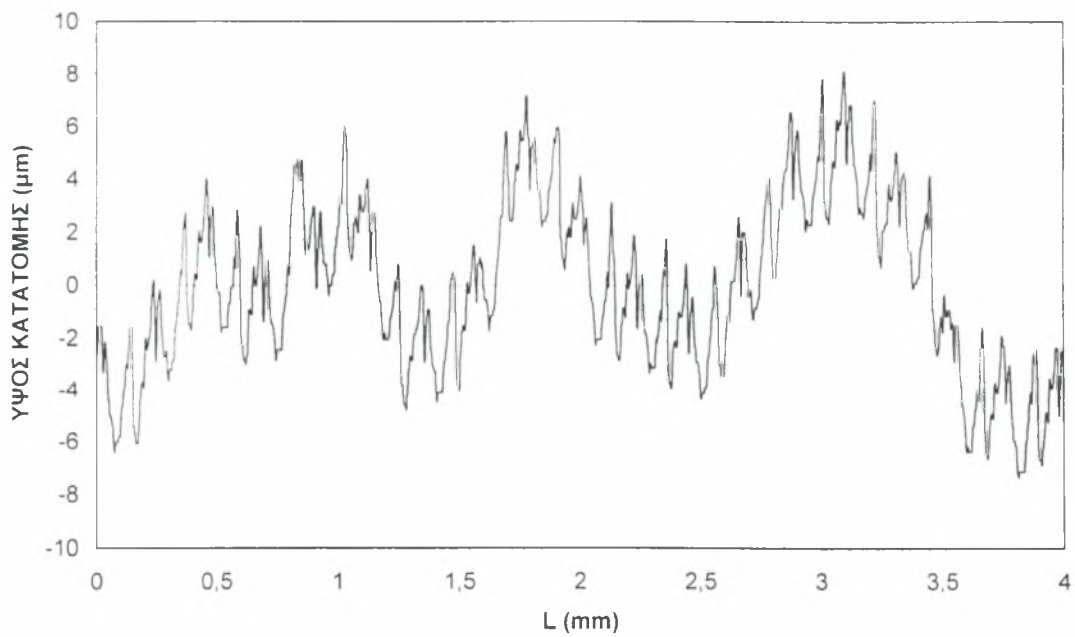
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 25 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 30 m/min.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 35 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 40 m/min.

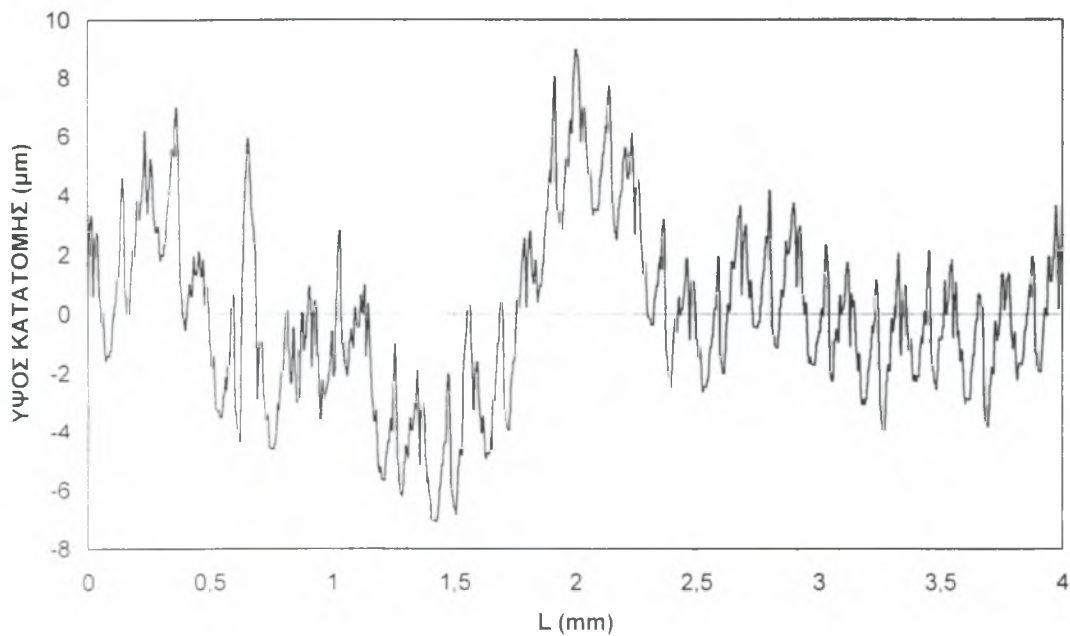
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 50 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 60 m/min.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 70 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 80 m/min.

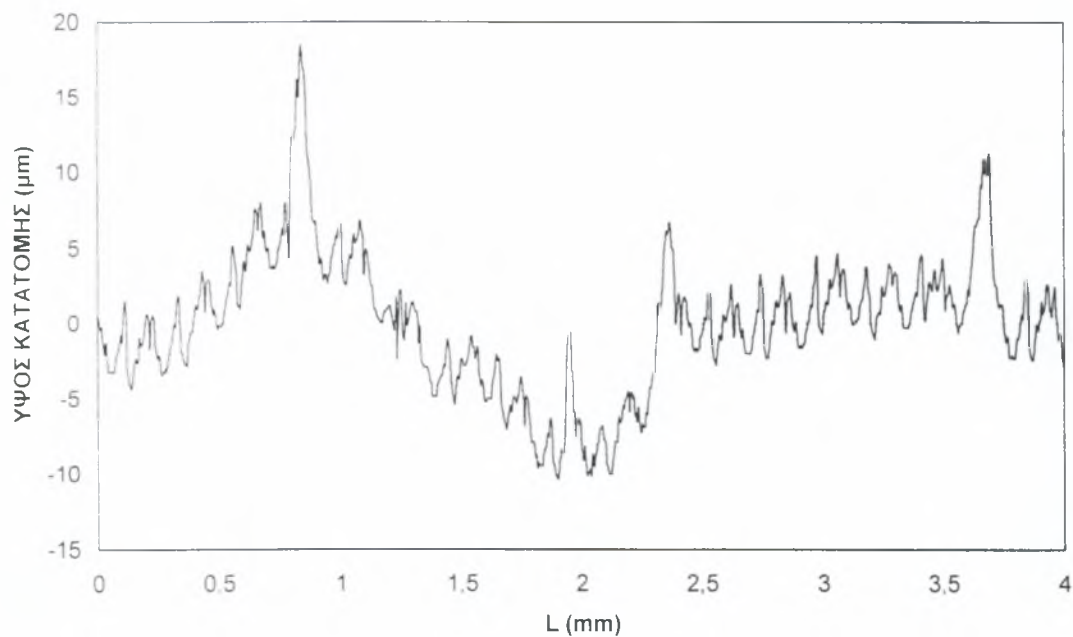
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 90 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 100 m/min.

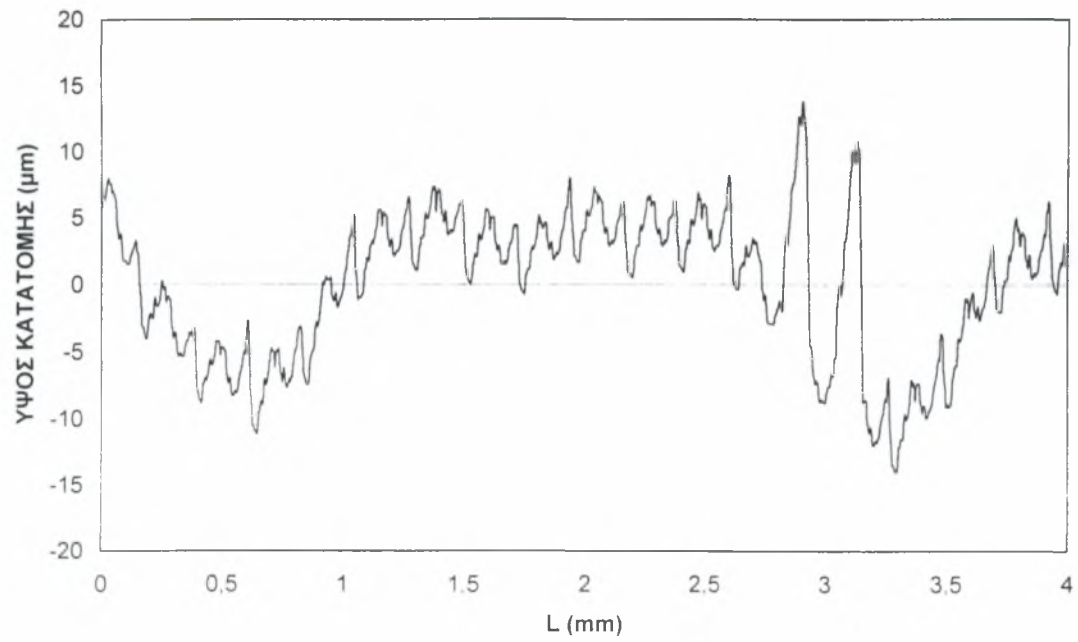
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 120 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 140 m/min.

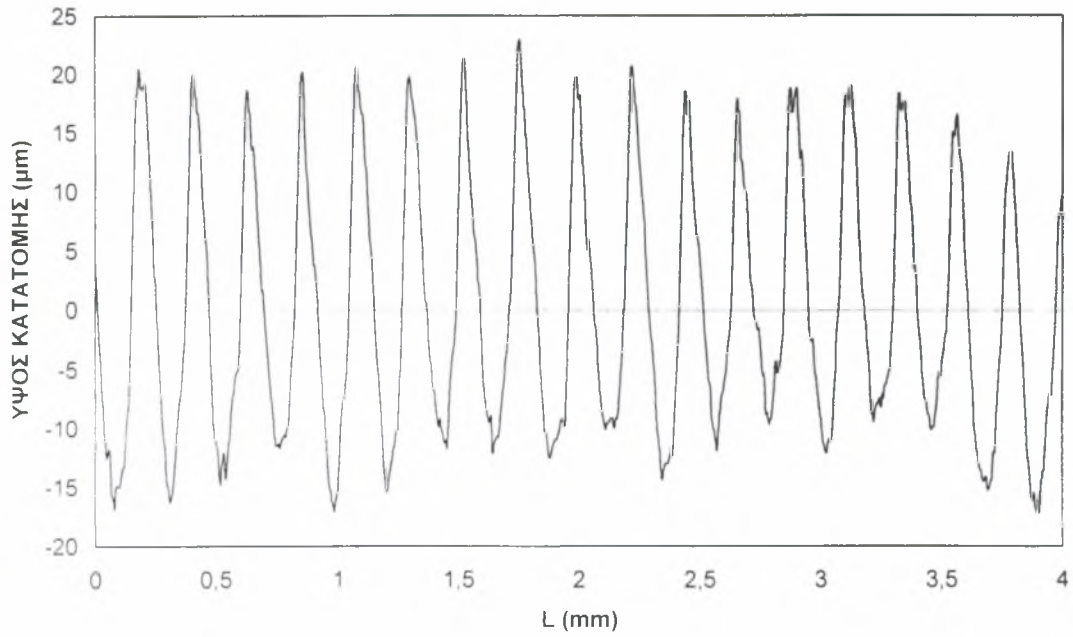
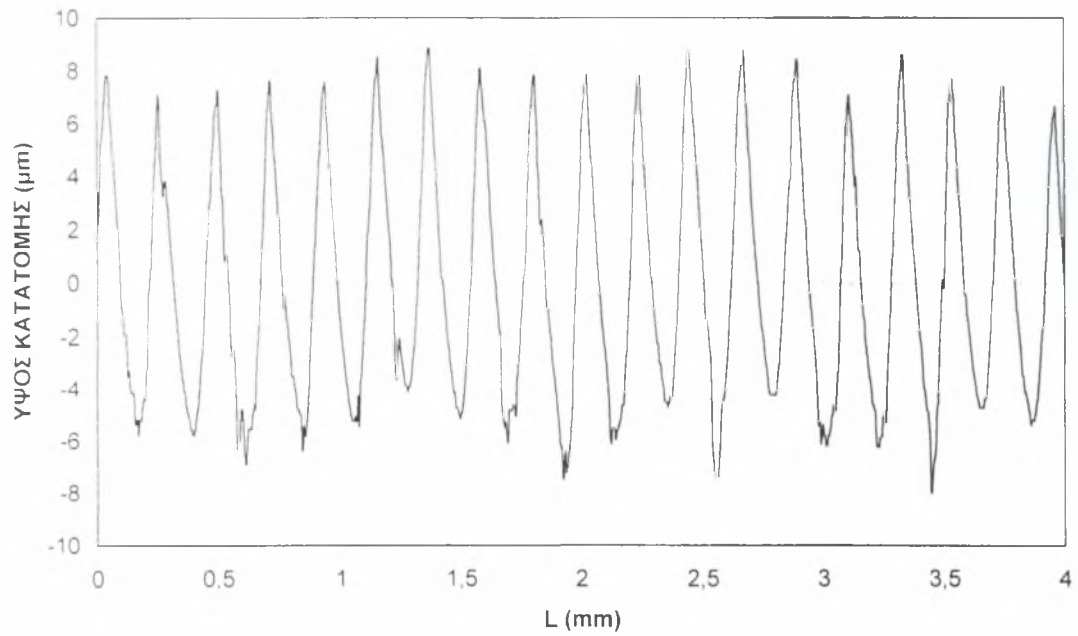
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 160 m/min.

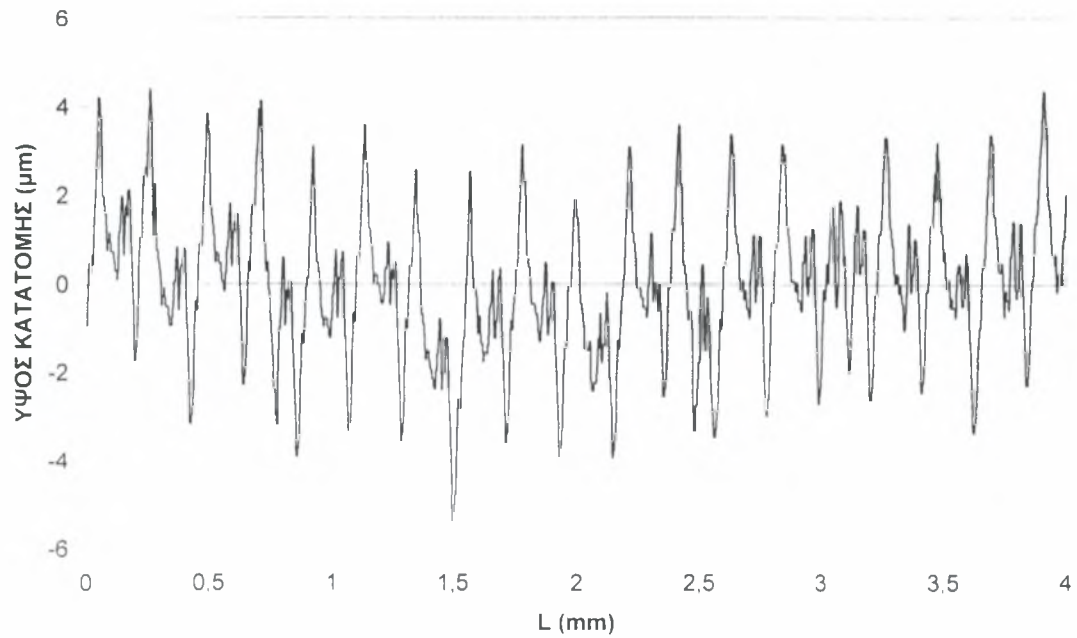
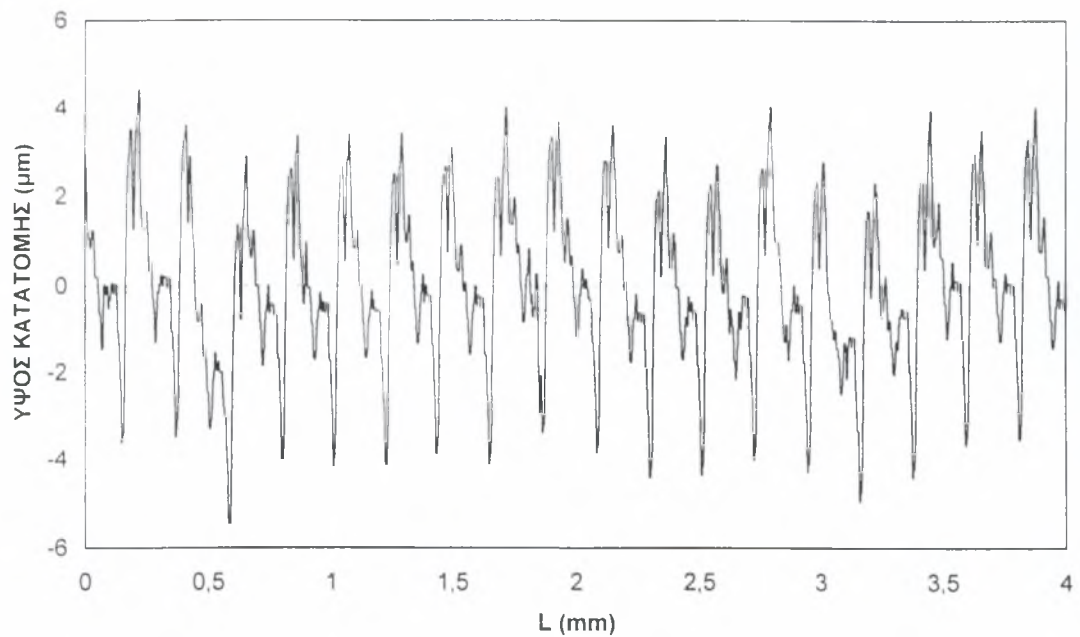


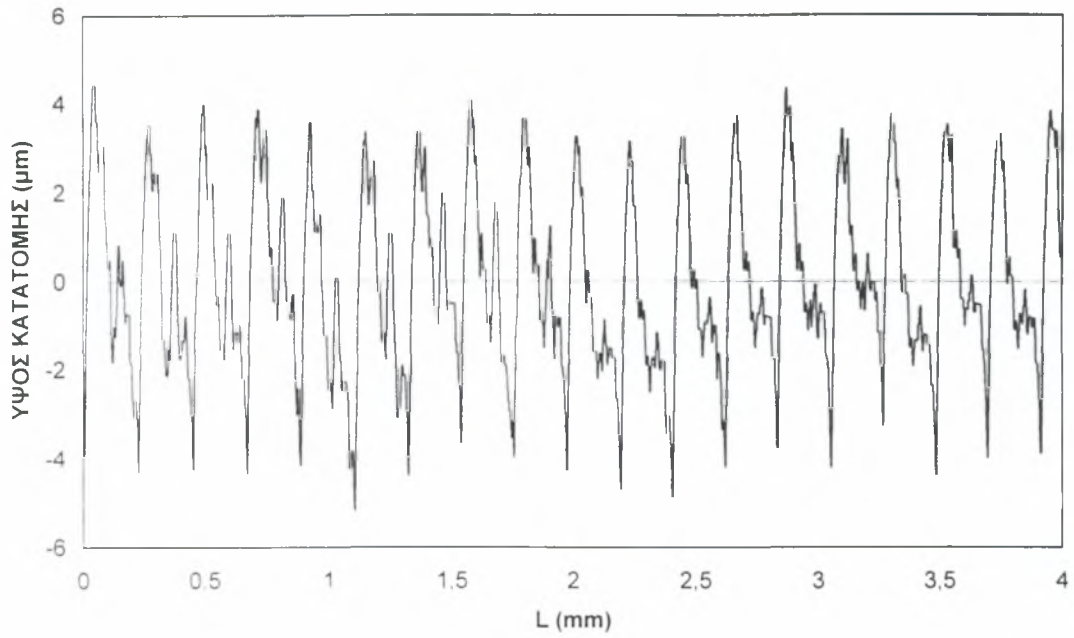
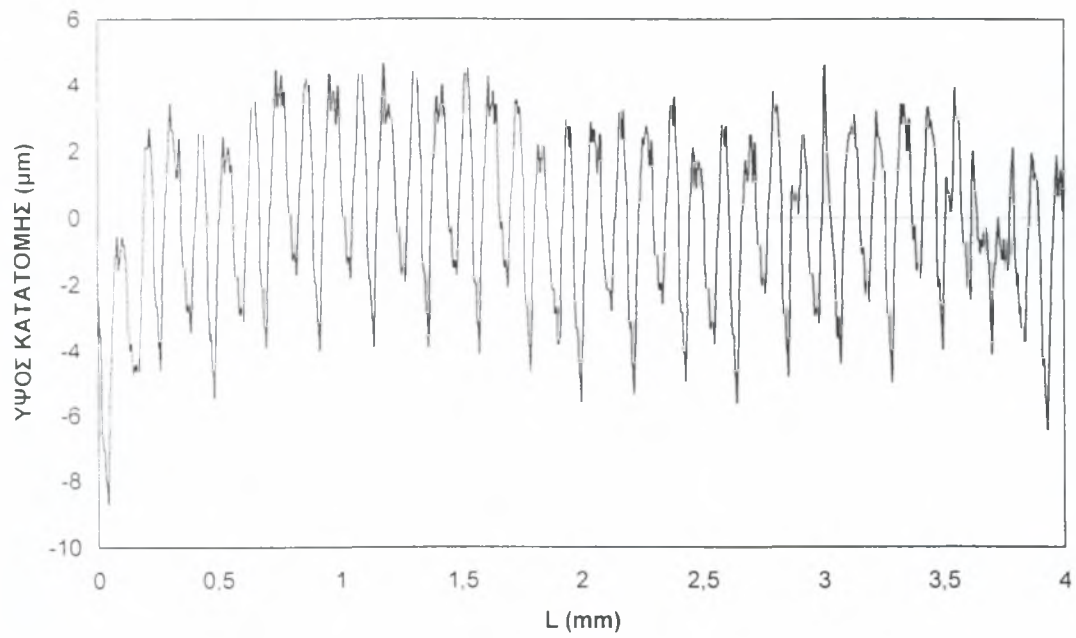
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 180 m/min.

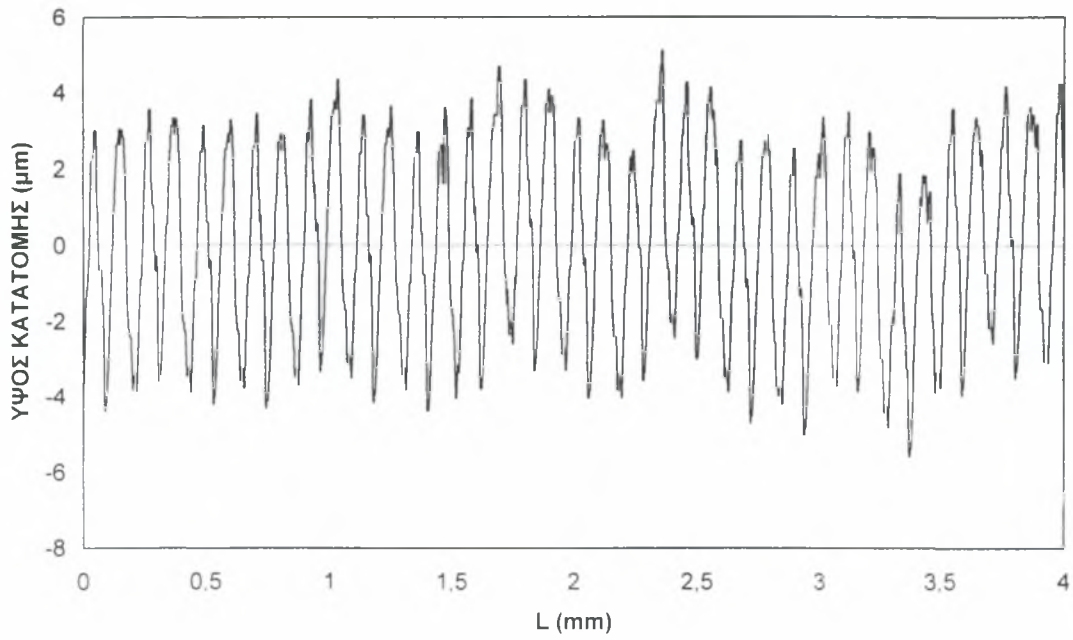
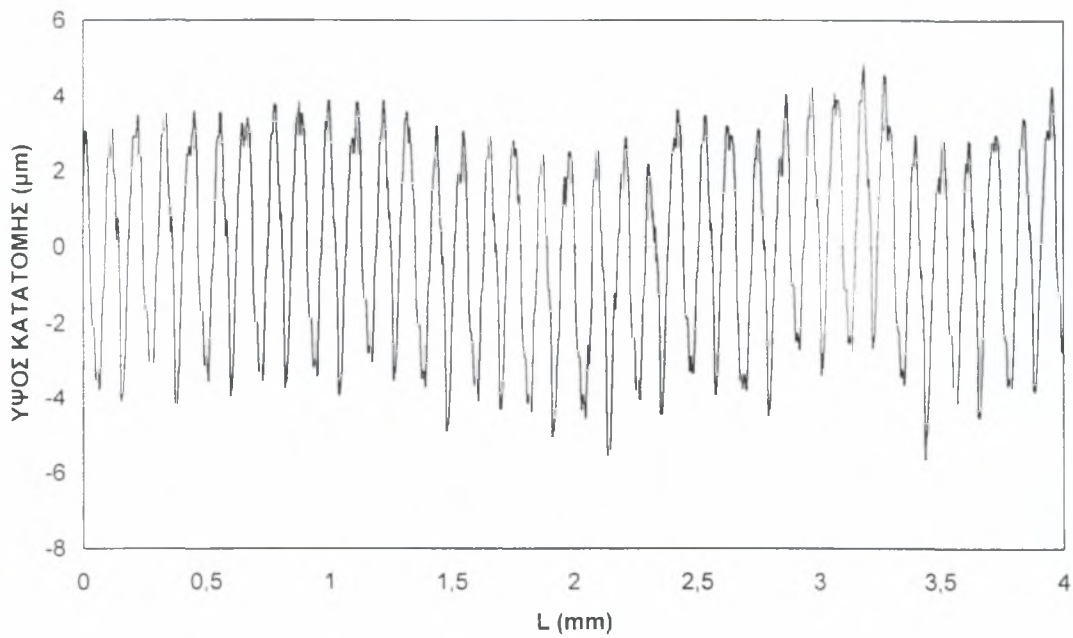


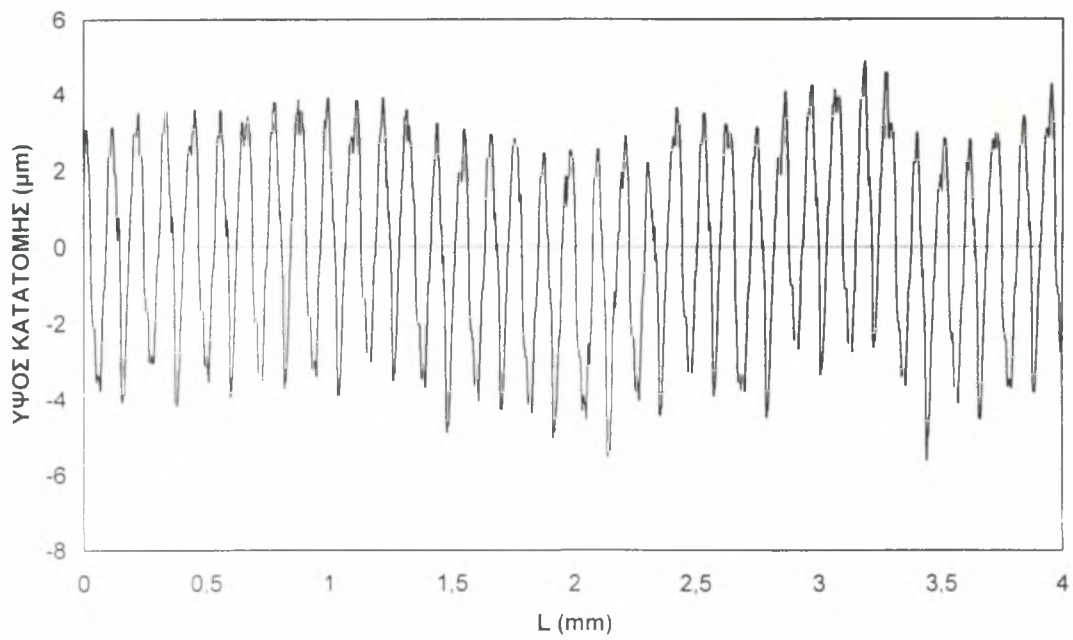
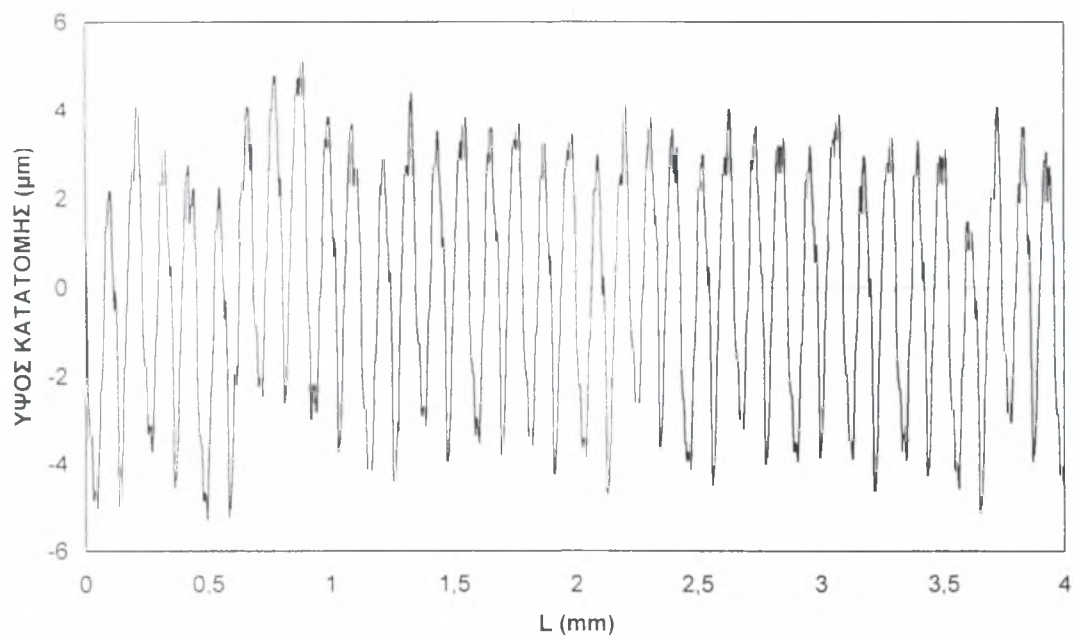
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 200 m/min.

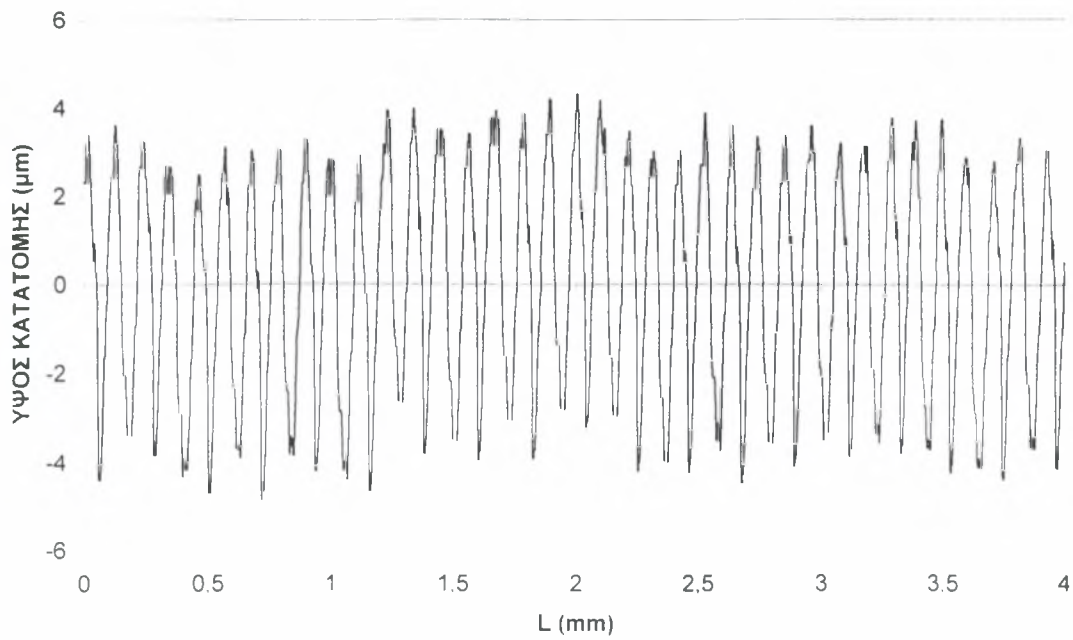
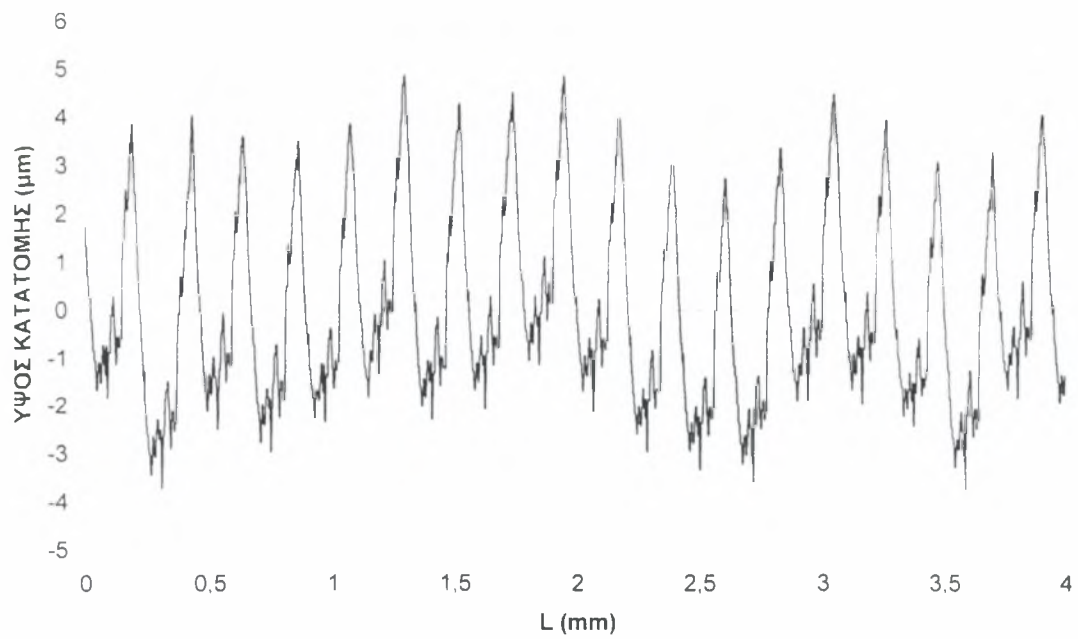
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 5 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 10 m/min.

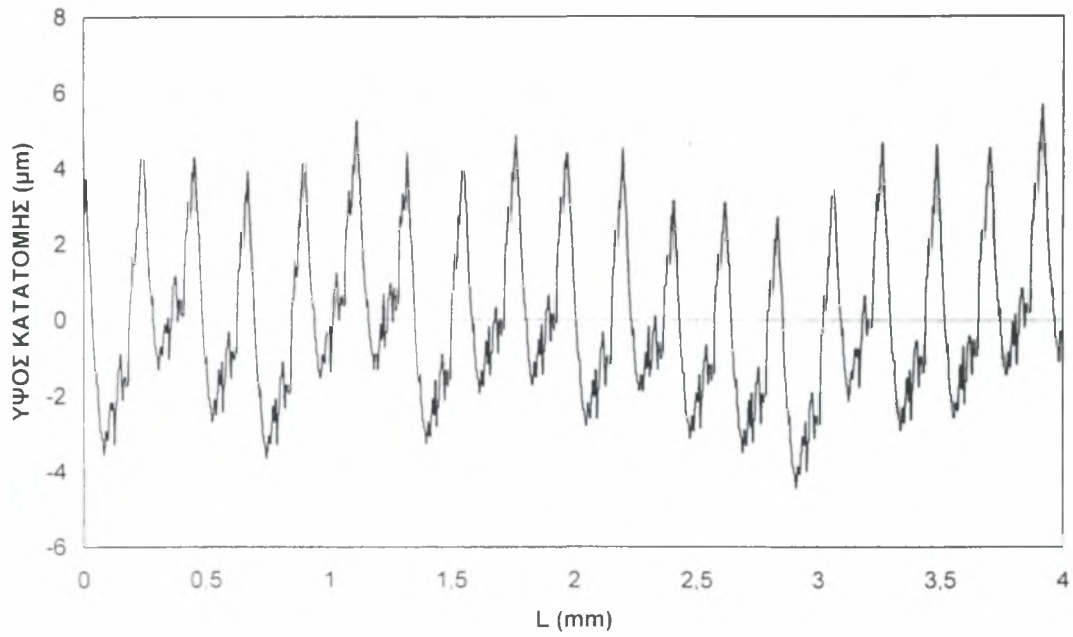
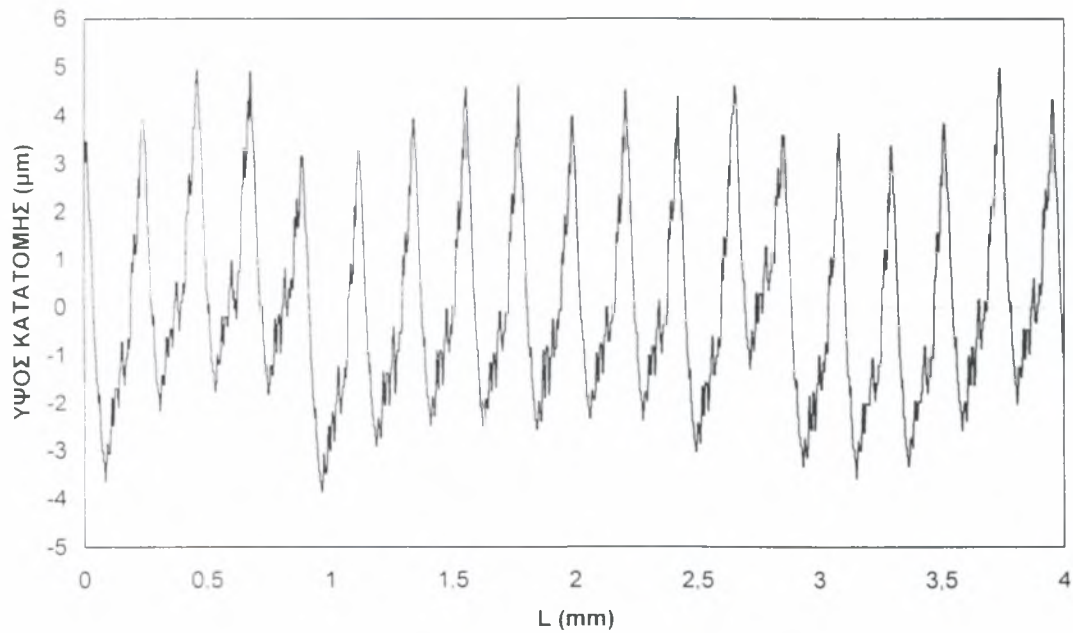
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 15 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 20 m/min.

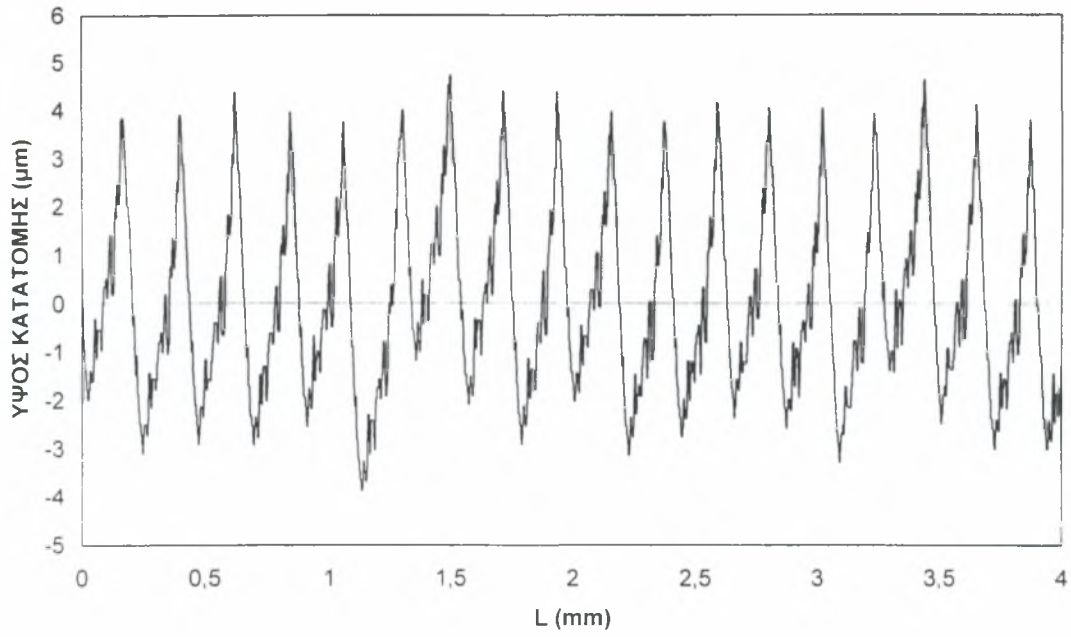
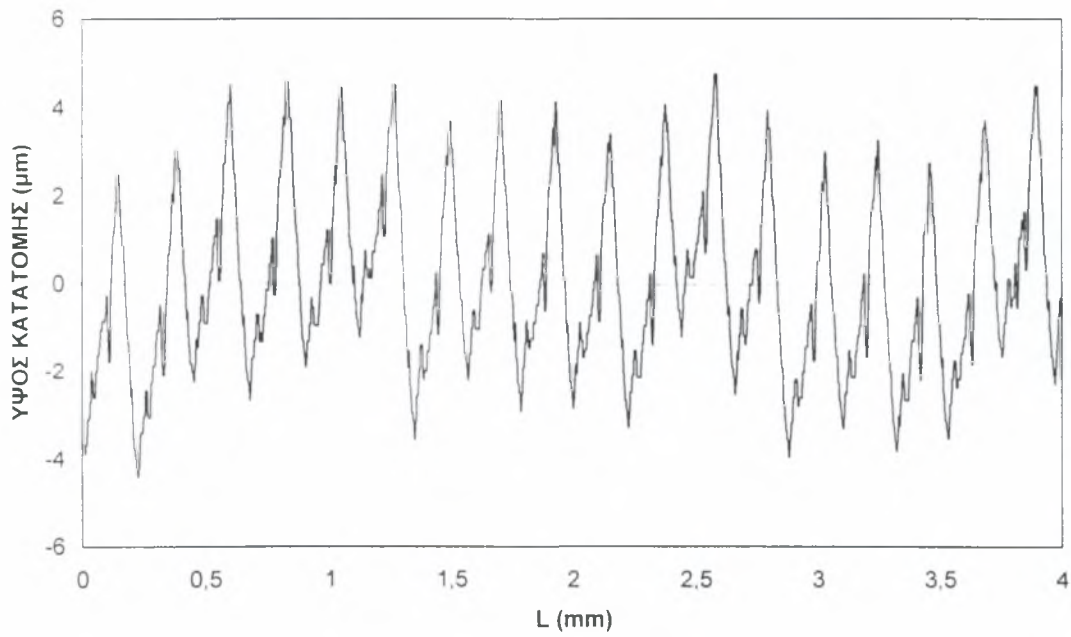
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 25 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 30 m/min.

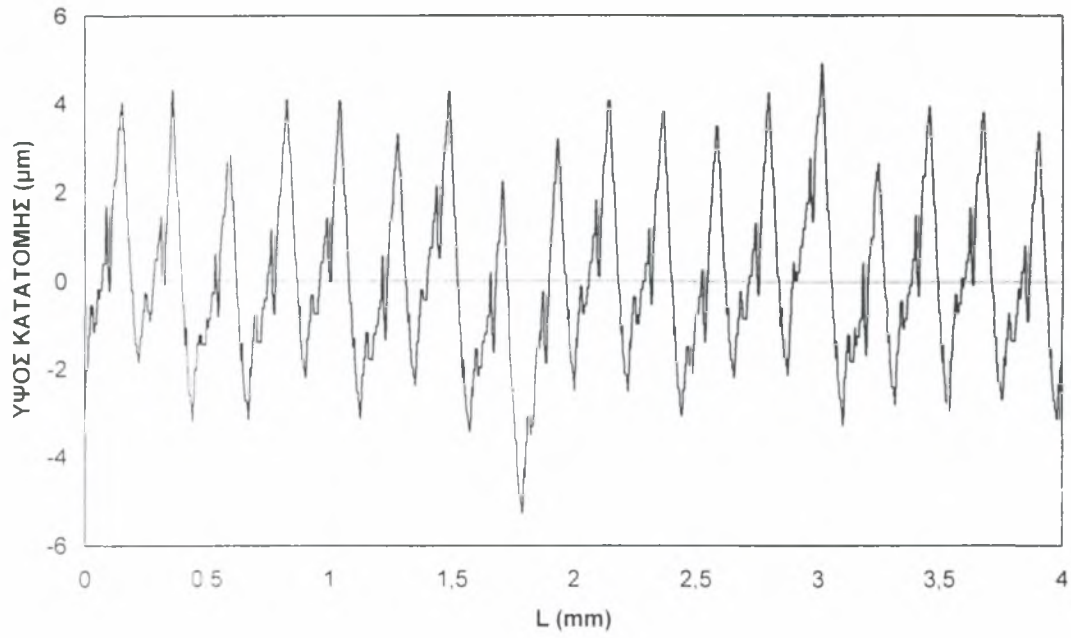
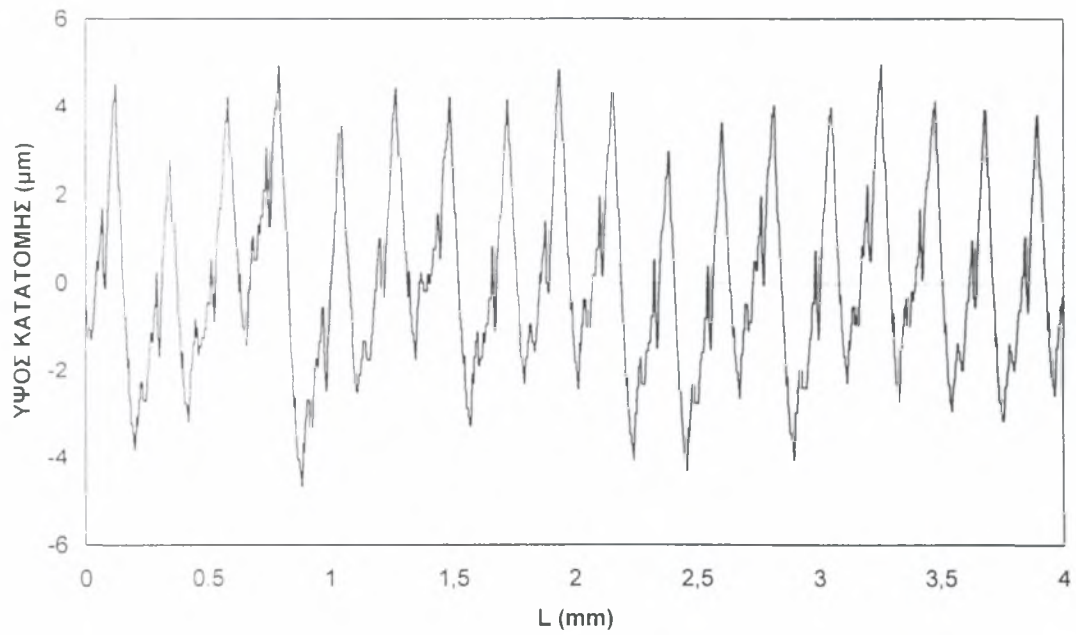
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 35 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 40 m/min.

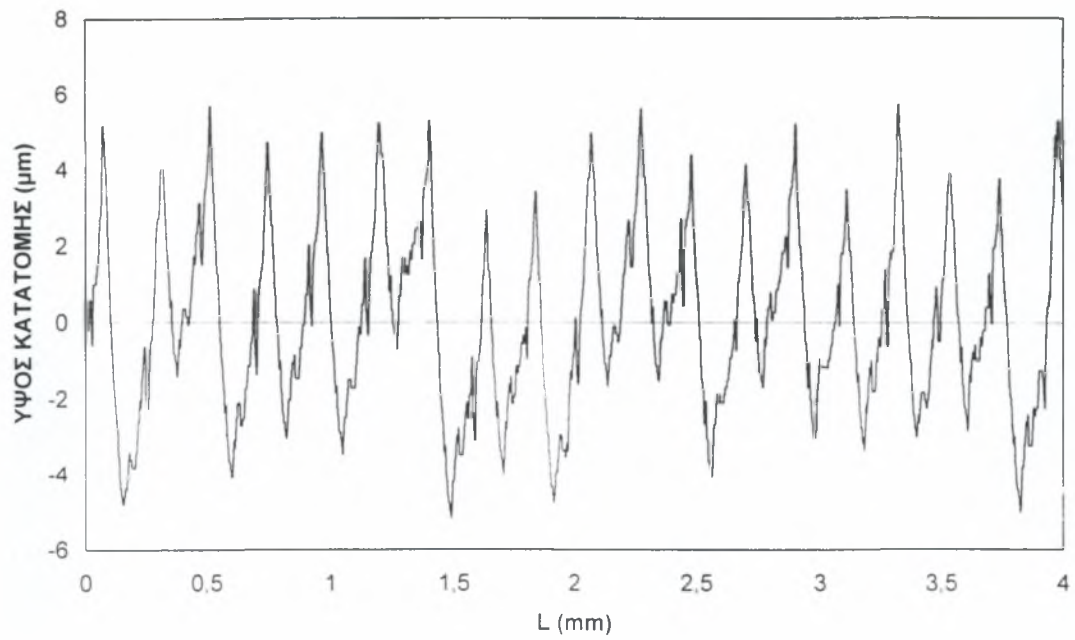
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 50 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 60 m/min.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 70 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 80 m/min.

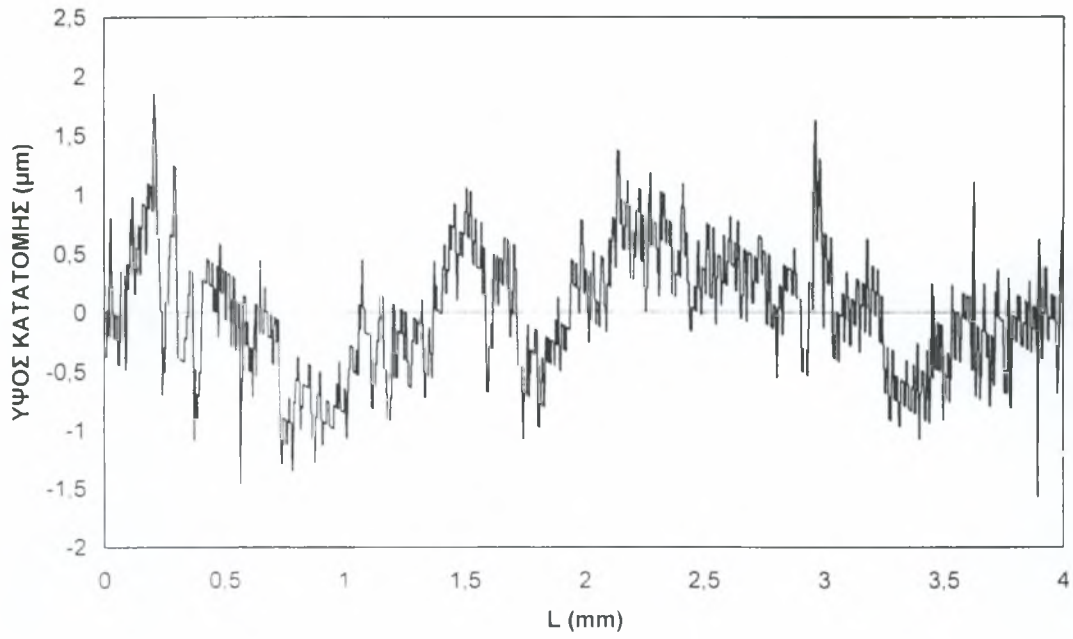
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 90 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 100 m/min.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 120 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 140 m/min.

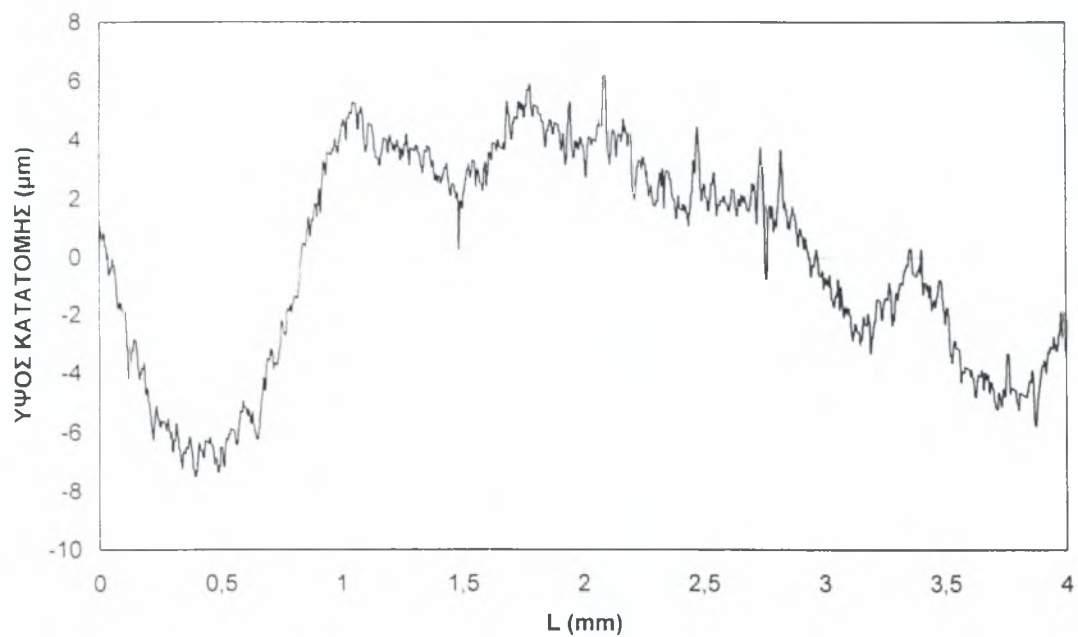
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 160 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 180 m/min.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 200 m/min.

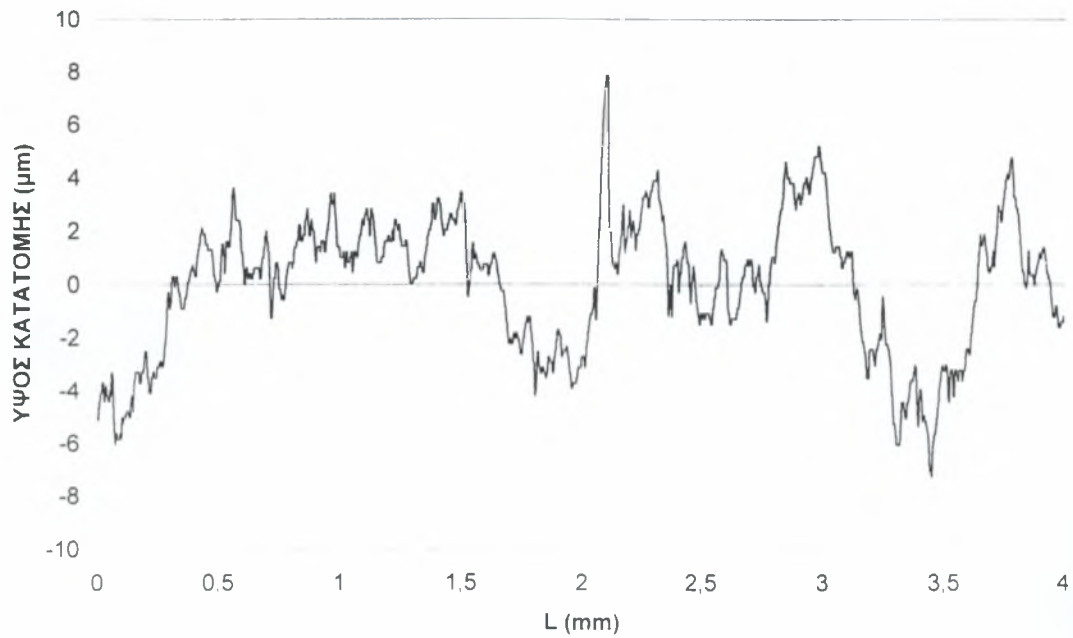
ΠΡΟΩΣΗ 0.04 mm/στρ.



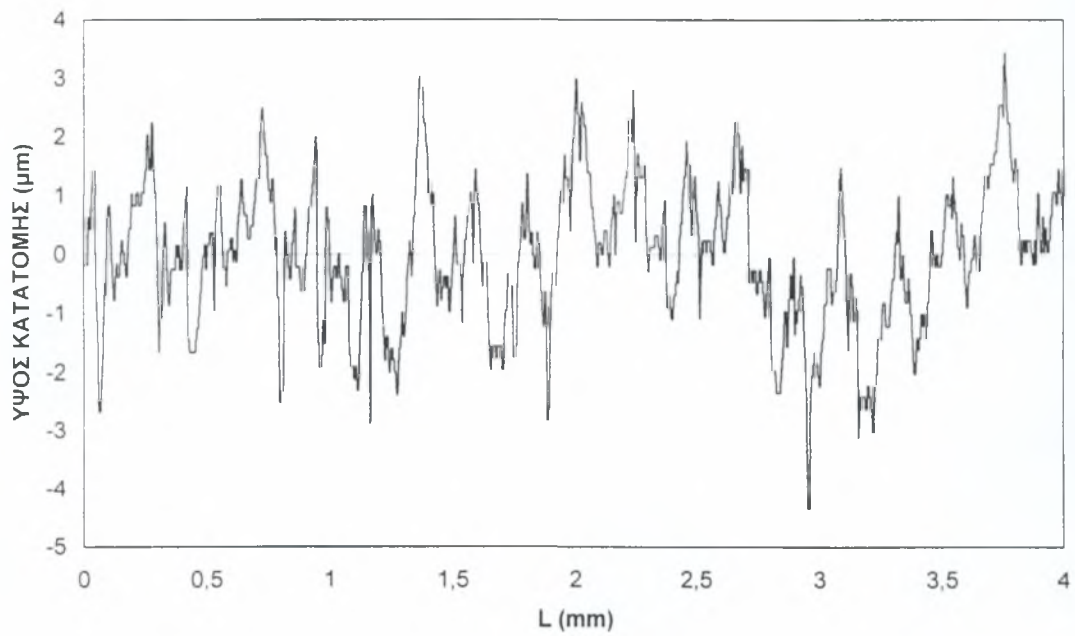
ΠΡΟΩΣΗ 0.08 mm/στρ.



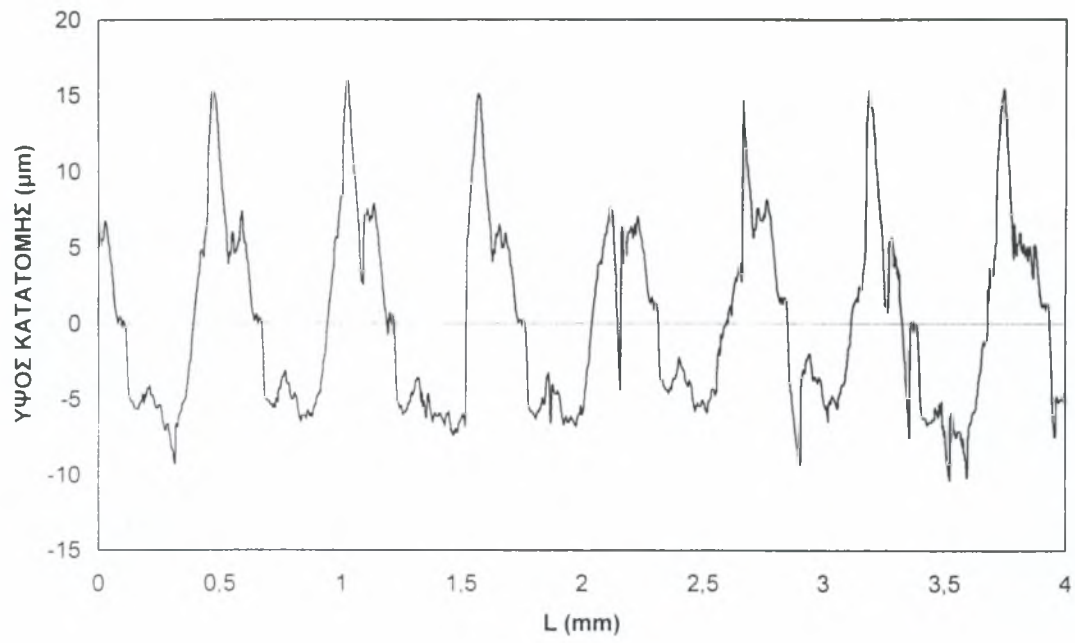
ΠΡΟΩΣΗ 0.12 mm/στρο.



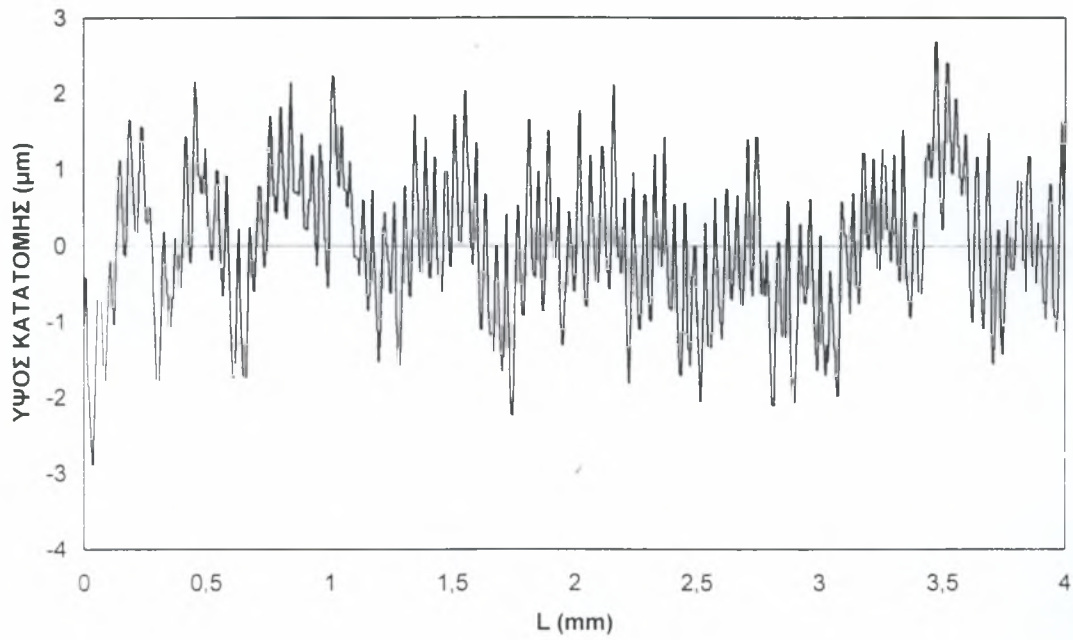
ΠΡΟΩΣΗ 0.20 mm/στρο.



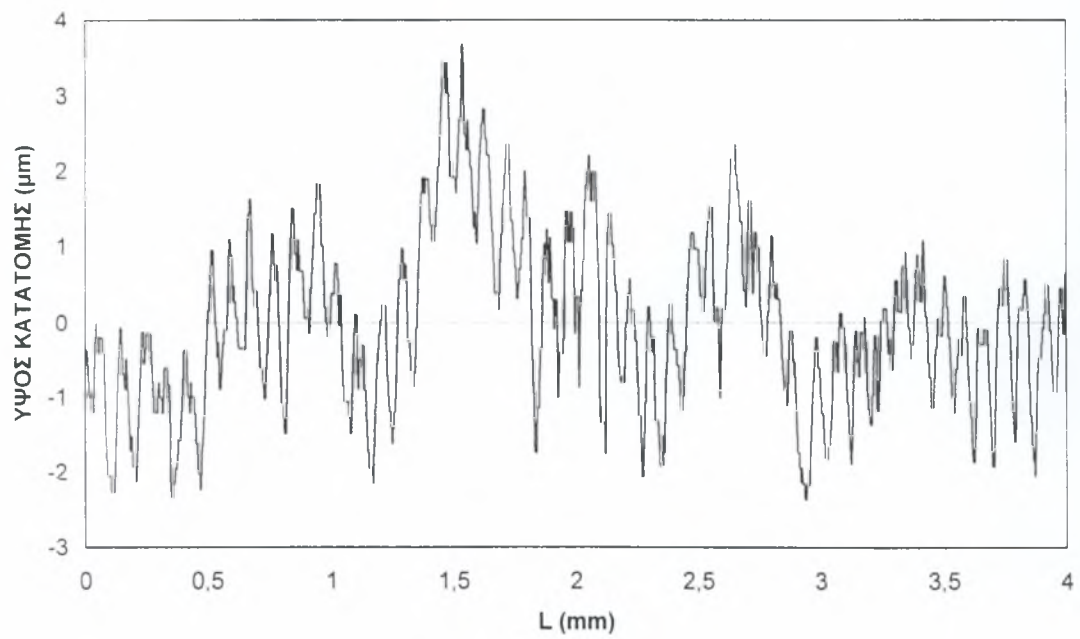
ΠΡΟΩΣΗ 0.5 mm/στρ.



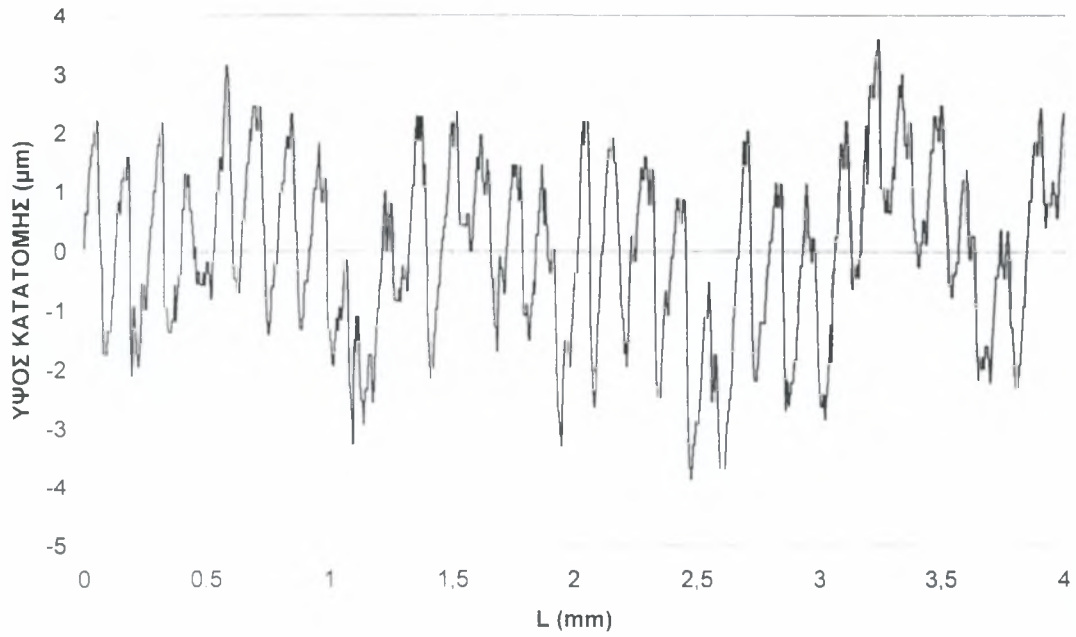
ΠΡΟΩΣΗ 0.04 mm/στρ.



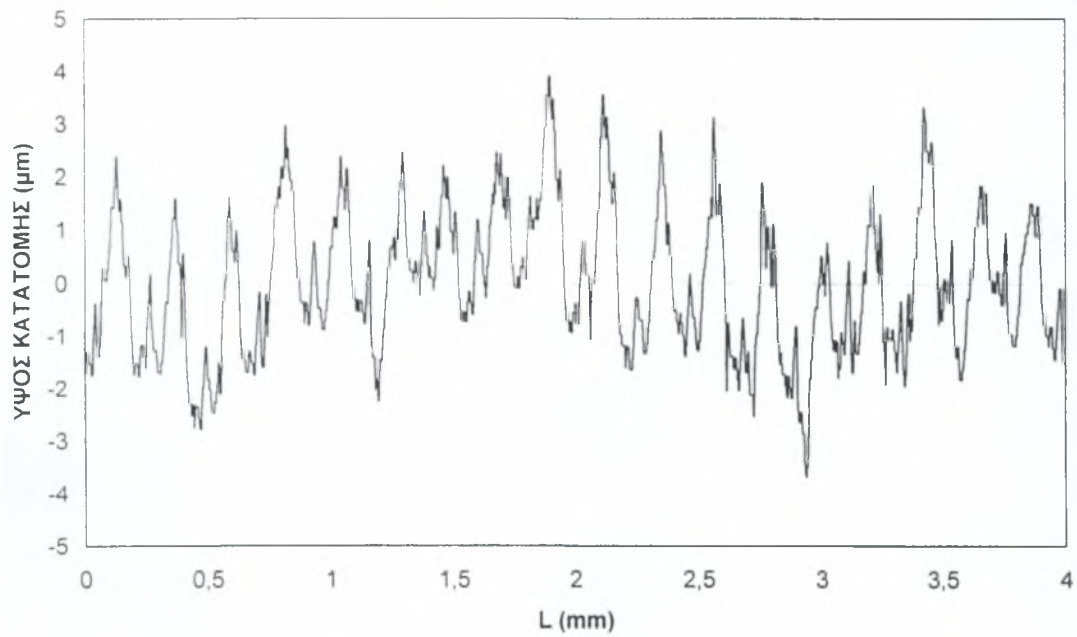
ΠΡΟΩΣΗ 0.08 mm/στρ.



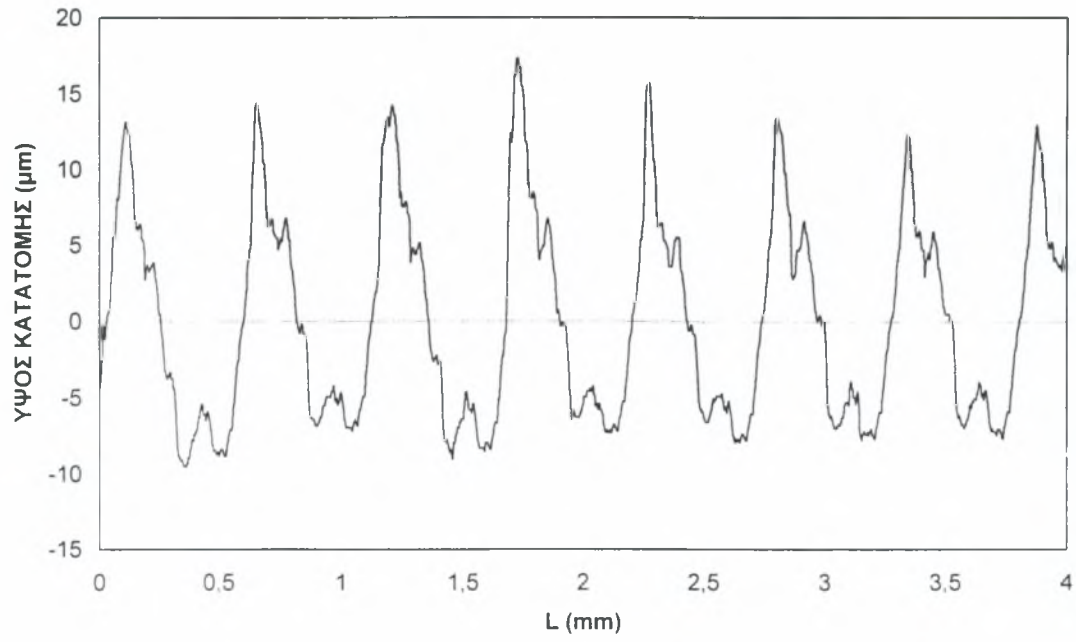
ΠΡΟΩΣΗ 0.12 mm/στρ.

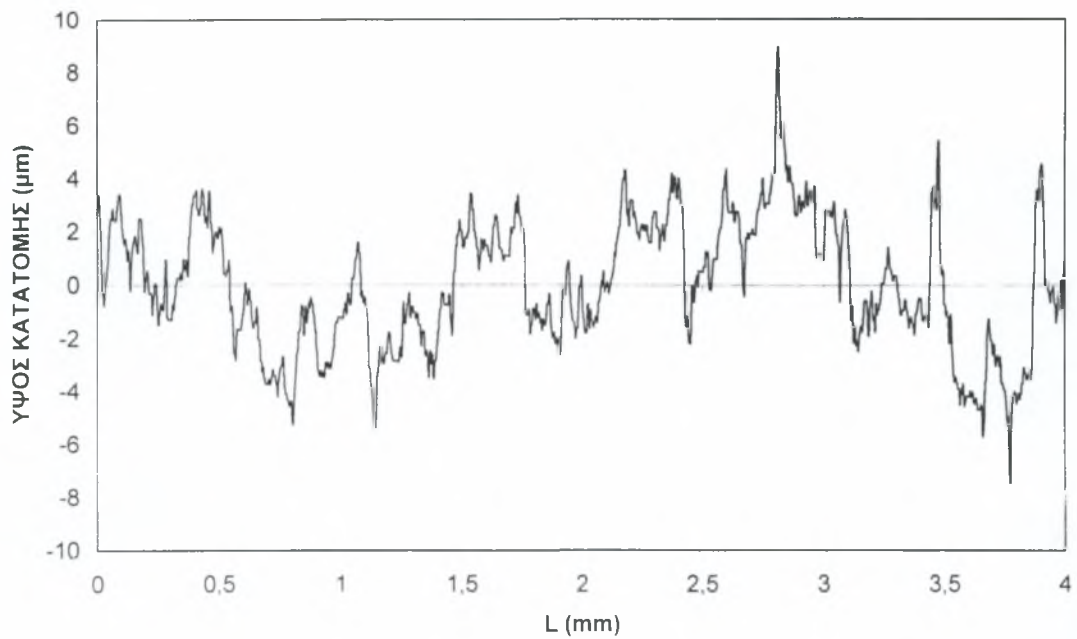
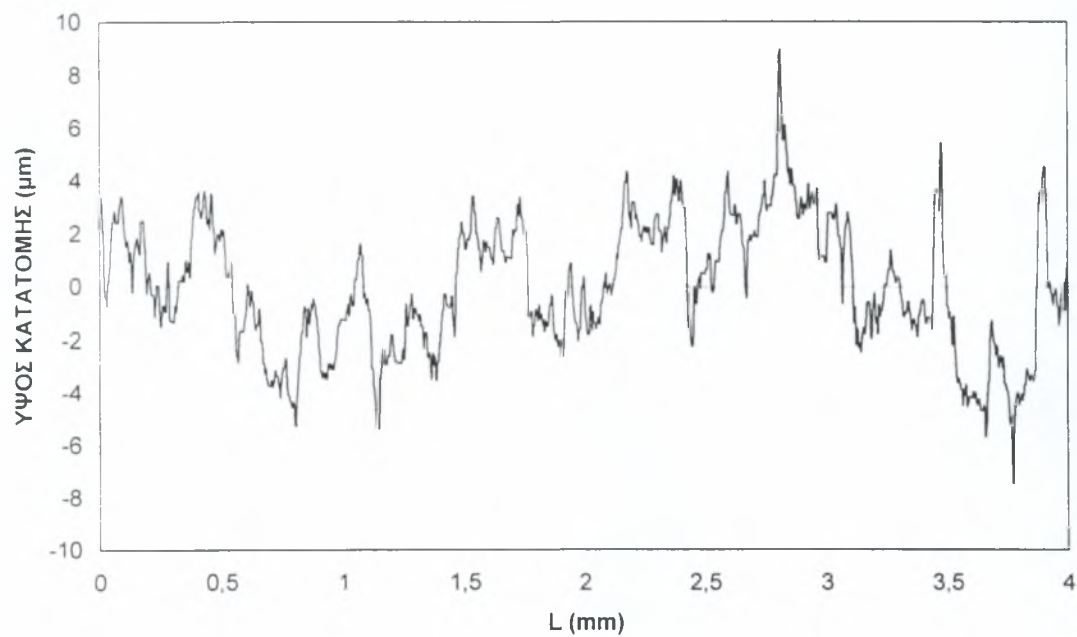


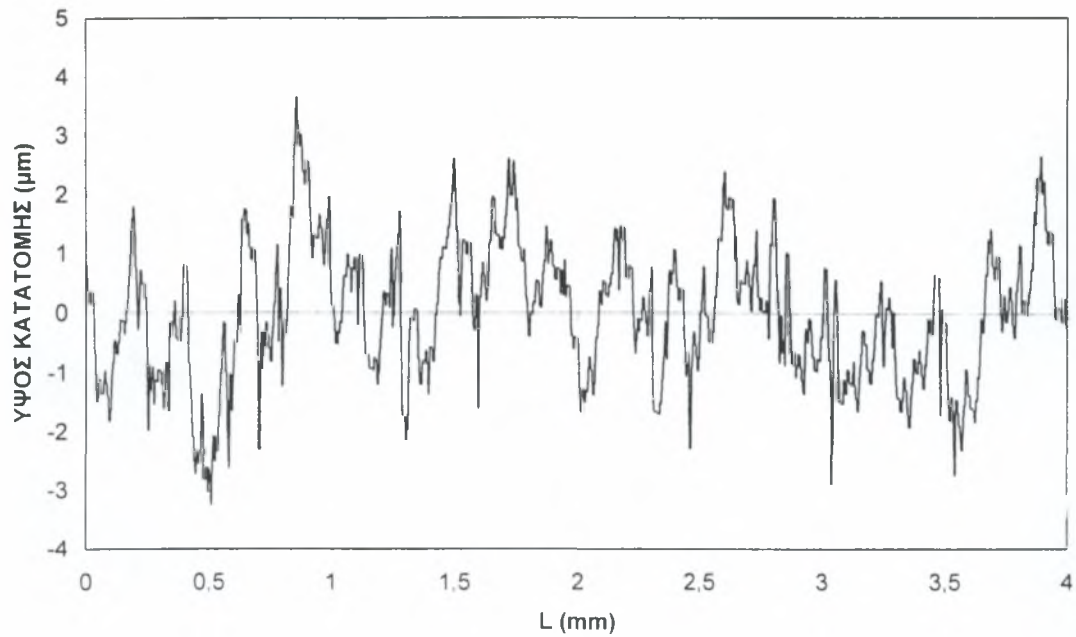
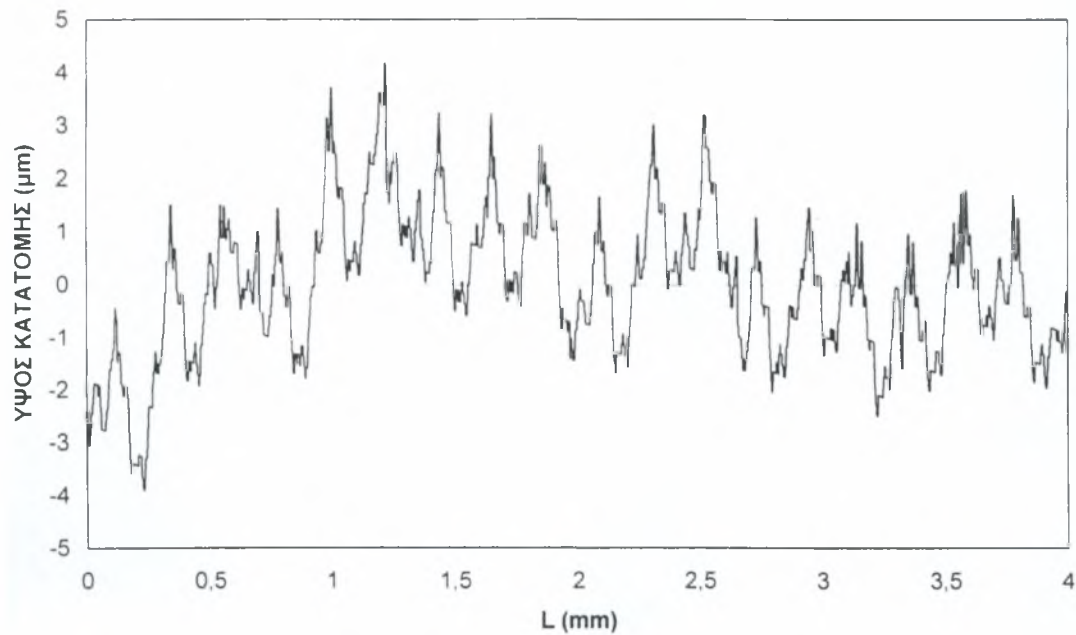
ΠΡΟΩΣΗ 0.2 mm/στρ.



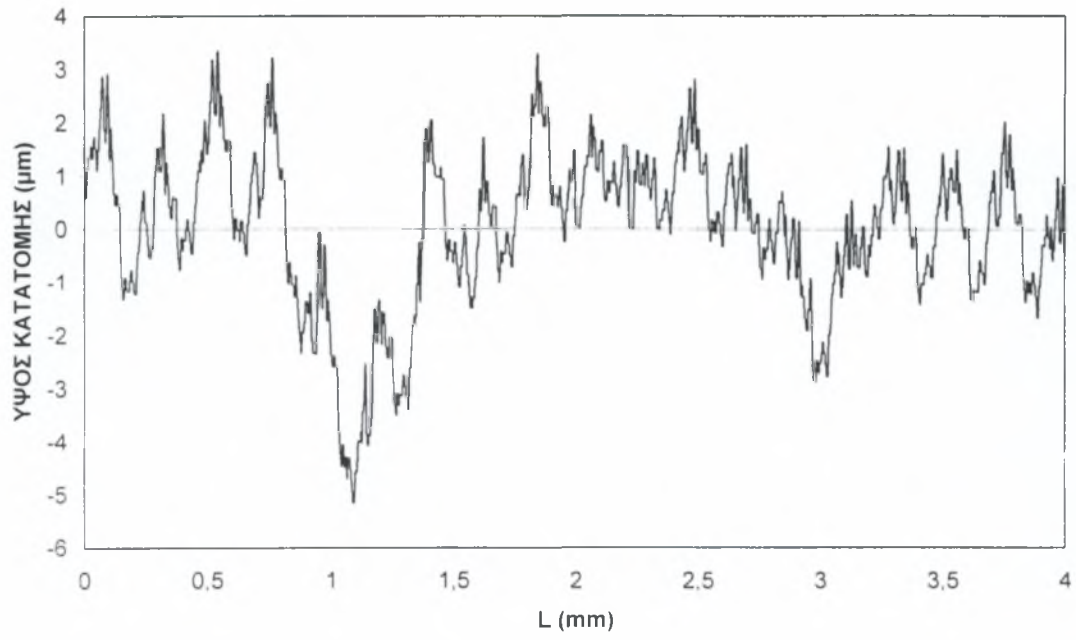
ΠΡΟΩΣΗ 0.5 mm/στρ.



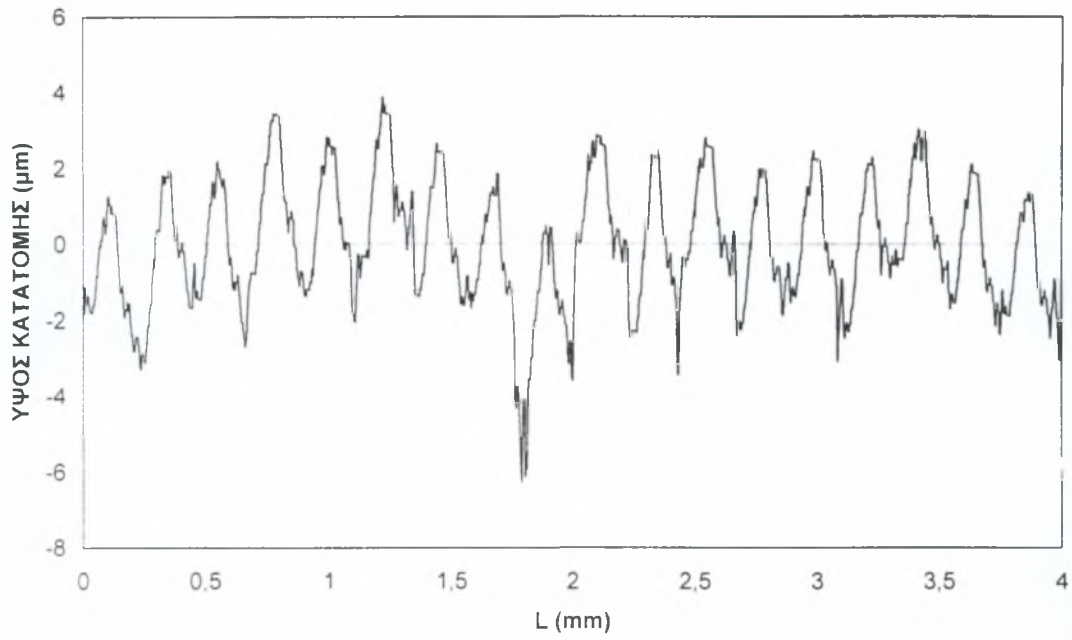
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 10 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 30 m/min.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 60 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 100 m/min.

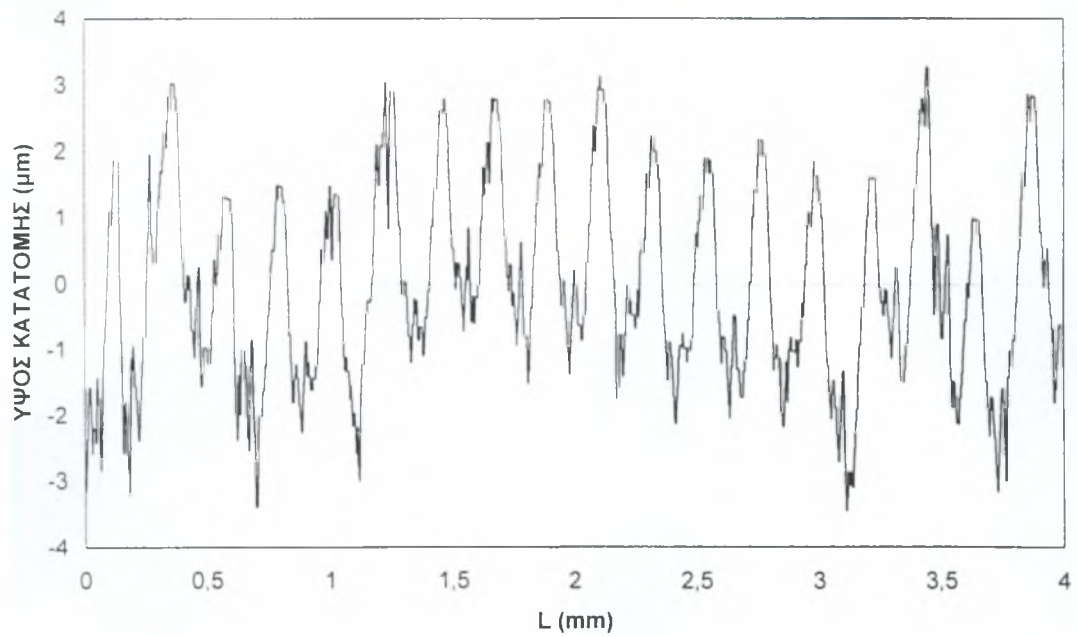
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 150 m/min.

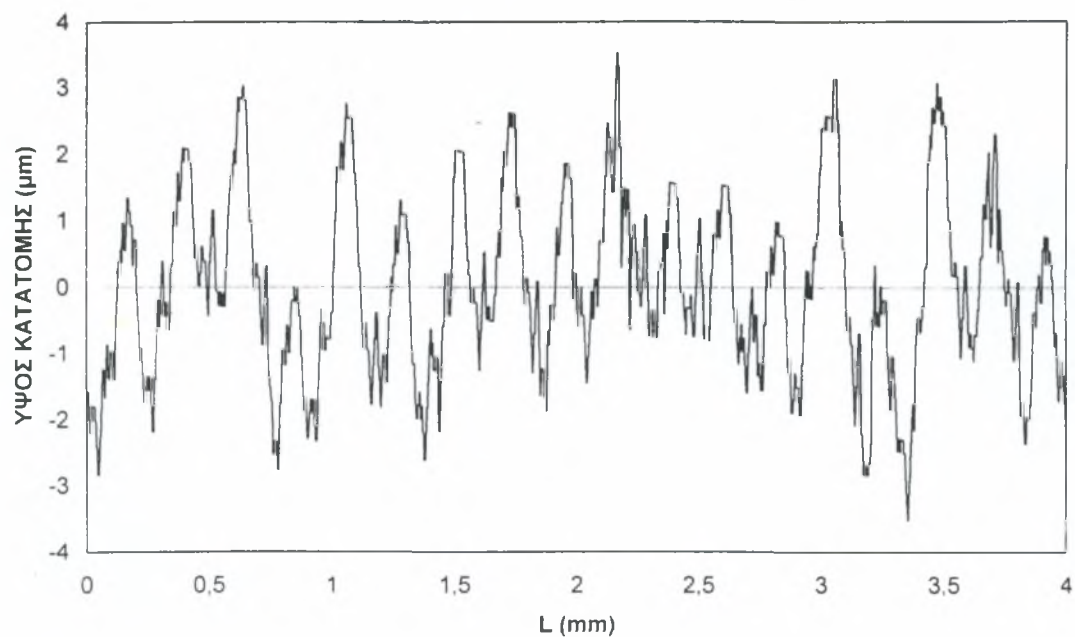
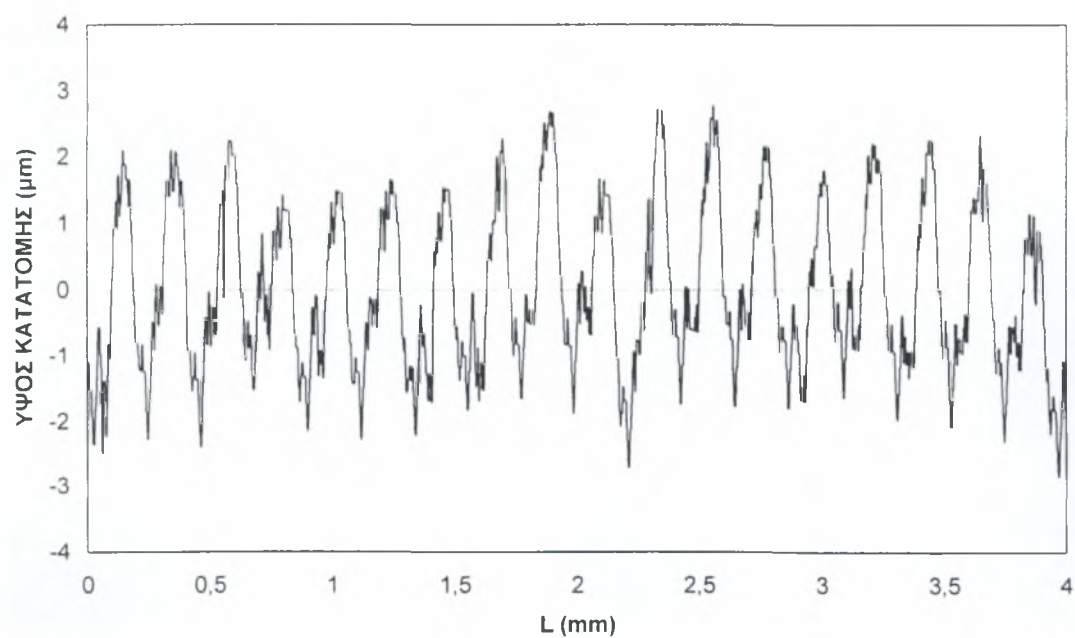


ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 10 m/min.

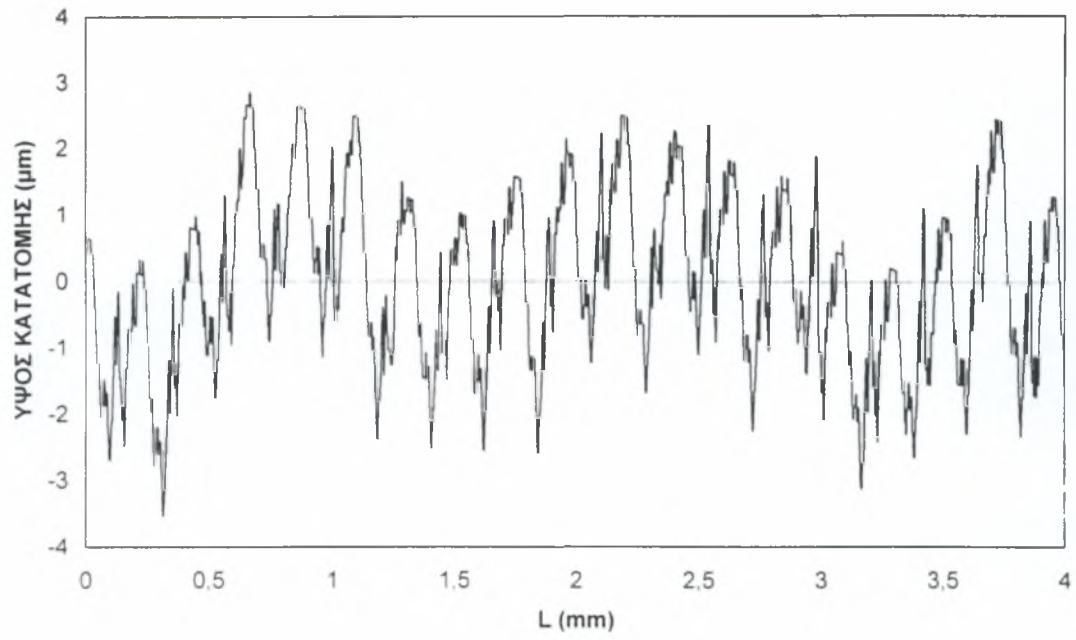


ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 30 m/min.



ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 60 m/min.ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 100 m/min.

ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ 150 m/min.



**ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ**

Θεωρία και Τεχνολογία Μηχανουργικών Κατεργασιών των μετάλλων – ΤΕΥΧΟΣ ΙΙ

Πέτρου Γ. Πετρόπουλου

Καθηγητή Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ

Τεχνολογία Κατεργασιών Κοπής των μετάλλων – ΤΟΜΟΣ ΙΙ –1

Πέτρου Γ. Πετρόπουλου

Καθηγητή Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

Phenomenological Investigation of Cutting Oils: Antifriction and Antiwear Behaviour at Low Contact Temperatures.

C.N. Pandazaras, B. Ivcovic and G.P. Petropoulos

Tribotest journal 7 – 3, March 2001

Applied Regression Analysis and Experimental Design

Richard J. Brook and Gregory C. Arnold

New York: Marcel Dekker, 1985

THE PRACTICAL ESTIMATION OF TOOL WEAR IN TURNING

M. R. SEWAILEM and I. M. MOBARAK

Wear, 67 (1981) 261 – 269

Cutting conditions for finish turning process aiming:the use of dry cutting

Anselmo Eduardo Diniz and Ricardo Micaroni

International Journal of Machine Tools & Manufacture 42 (2002) 899 - 904