

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:
ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΡΑΜΑΤΟΣ
ΧΑΛΚΟΥ



ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ:
ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΧΑΣΙΩΤΗΣ
Δρ. ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ

ΕΚΠΟΝΗΤΡΙΑ: ΖΗΣΗ ΖΩΗ

ΒΟΛΟΣ 2011

© 2011 Ζήση Ζωή

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: Δρ. Νικόλαος Χασιώτης
(Επιβλέπων) Δρ. Μεταλλουργός Μηχανικός
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπ. Θεσσαλίας

Δεύτερος Εξεταστής: Δρ. Θ.Κερμανίδης
Λέκτορας, Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών,
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

Τρίτος Εξεταστής: Δρ. Νικόλαος Βαξεβανίδης
Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπ. Θεσσαλίας

Ευχαριστίες

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

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

Πάνω από όλους θέλω να εκφράσω την βαθειά μου ευγνωμοσύνη στους γονείς μου Σωτήρη και Θεοδώρα και στην αδερφή μου Μαρία για την υποστήριξή τους όλα αυτά τα χρόνια και όχι μόνο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

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 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 κράματος χαλκού $CuZn39Pb3$, τα προβλήματα που δημιουργούνται και πιθανούς τρόπους αντιμετώπισης των παραπάνω προβλημάτων.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	7
1.1 Κατεργαστικότητα.....	7
2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	7
2.1 Τα κατεργαζόμενα μεταλλικά υλικά.....	7
2.2 Βήματα πειραματικής διαδικασίας.....	11
2.3 Εργαστηριακός εξοπλισμός.....	11
2.3.1 Τόρνος.....	11
2.3.2 Δυναμόμετρο.....	23
2.3.4 Τραχύμετρο.....	26
3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΤΟΡΝΕΥΜΕΝΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ	29
3.1 Κατηγορίες τραχύτητας.....	30
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	38
4.1 Απεικόνιση αποτελεσμάτων-ανάλυση.....	57
4.1.1 Ανάλυση αποτελεσμάτων για 800στρ/min.....	57
4.1.2 Ανάλυση αποτελεσμάτων για 1600στρ/min.....	59
4.1.3 Απεικόνιση γραφημάτων.....	61
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	67
5.1 Συμπεράσματα.....	67
5.2 Προτάσεις.....	68
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	69
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	70

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Κατεργαστικότητα

Η κατεργαστικότητα ενός μηχανολογικού υλικού δείχνει την προσαρμοστικότητα 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.

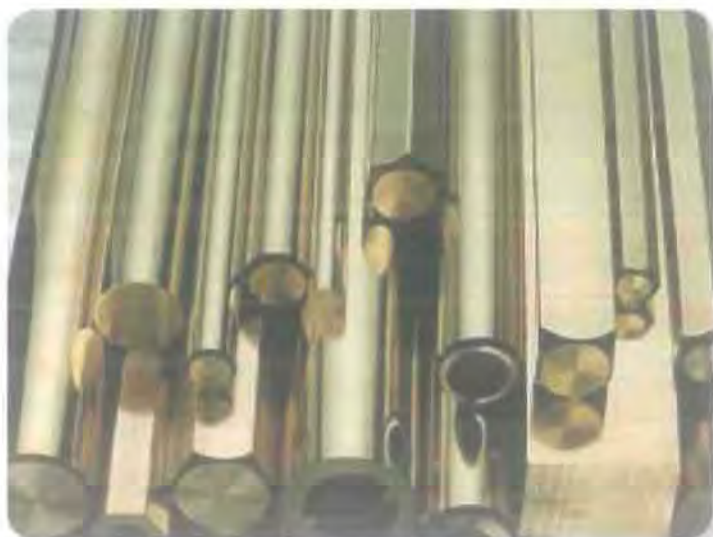
2. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ

2.1 ΤΑ ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΛΛΙΚΑ ΥΛΙΚΑ




Κατά την πειραματική διαδικασία, κατεργάσθηκαν σε τόρνο (Colchester Triumph 2500) κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες κοπής έξι ράβδοι ορειχάλκου. Εν συνεχεία με την χρήση ειδικών οργάνων έγινε η διερεύνηση συγκεκριμένων παραμέτρων όπως η τραχύτητα και οι δυνάμεις κοπής.

Στην συνέχεια, παρατίθεται η χημική σύσταση και οι μηχανικές ιδιότητες του υλικού:
CuZn39Pb3

Η παραγωγή των ράβδων ορειχάλκου γίνεται σύμφωνα με τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές EN12164/12165/12168/12163 ή με άλλες διεθνείς προδιαγραφές όπως ASTM B16/B124/B249 και ISO 426. [1]



ΠΑΡΑΓΟΜΕΝΕΣ ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΣΥΣΚΕΥΑΣΙΕΣ

			ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ
$\Phi = 2 - 60 \text{ mm}$	$L = 4 - 35 \text{ mm}$	$L = 4 - 50 \text{ mm}$	Πρέσας και πάγκου σκληρά όπως παράγονται
$\Phi = 60 - 100 \text{ mm}$	$L = 35 - 50 \text{ mm}$	$L = 50 - 100 \text{ mm}$	Πρέσας

Ανοχές: CLASS A (παλαιοί συμβολισμοί H10/H11).
Ανοχές: CLASS B Μετά από συνεννόηση.

	ΕΛΑΧΙΣΤΟ ΠΑΧΟΣ (mm)		ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ
Φ (mm)		L (mm)	
15-20	3,0	16-20	Πρέσας και πάγκου σκληρά όπως παράγονται
21-30	3,5	21-30	(ελάχιστη εσωτερική διάμετρος 8 mm)
31-40	4,0	31-40	Πρέσας ή πάγκου
41-48	5,0	41-50	Πρέσας ή πάγκου
49 - 60	5,5	51 - 60	Πρέσας ή πάγκου
61 - 75	6,0	61-75	Πρέσας ή πάγκου



ΜΟΡΦΕΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ: συνήθεις μορφές είναι οι στρογγυλές και οι πολύγωνες.
Ειδικές μορφές παράγονται μετά από συνεννόηση.
Συνήθη μήκη: 3-4m.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΑΡΩΝ

ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ Φ \varnothing L (mm)				ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ Φ \varnothing L (mm)			
2	0,027	0,034	0,029	49	16,03	20,41	17,77
2,5	0,04	-	-	50	16,69	21,25	18,51
3	0,06	0,08	0,067	51	17,36	22,11	19,25
3,5	0,08	-	-	52	18,05	22,98	20,01
4	0,11	0,14	0,12	53	18,75	23,88	20,79
4,5	0,14	0,17	-	54	19,46	24,79	21,58
5	0,17	0,21	0,18	55	20,19	25,71	22,38
5,5	0,20	0,26	0,22	56	20,94	26,66	23,21
6	0,24	0,31	0,27	57	21,69	27,62	24,05
7	0,33	0,42	0,36	58	22,46	28,59	24,90
8	0,43	0,54	0,47	59	23,24	29,59	25,76
9	0,54	0,69	0,60	60	24,03	30,60	26,64
10	0,67	0,85	0,74	61	24,84	31,63	27,54
11	0,81	1,03	0,90	62	25,66	32,67	28,44
12	0,96	1,22	1,06	63	26,50	33,74	29,37
13	1,13	1,44	1,25	64	27,34	34,82	30,31
14	1,31	1,67	1,45	65	28,20	35,91	31,26
15	1,50	1,91	1,66	66	29,08	37,03	32,24
16	1,71	2,18	1,90	67	29,97	38,16	33,32
17	1,93	2,46	2,14	68	30,87	39,30	34,21
18	2,16	2,75	2,39	69	31,78	40,47	35,23
19	2,41	3,07	2,67	70	32,71	41,65	36,26
20	2,67	3,40	2,96	71	33,65	42,85	37,30
21	2,94	3,75	3,26	72	34,60	44,06	38,36
22	3,23	4,11	3,58	73	35,57	45,30	39,44
23	3,53	4,50	3,92	74	36,56	46,55	40,53
24	3,84	4,90	4,24	75	37,55	47,81	41,62
25	4,17	5,13	4,62	76	38,56	49,10	42,75
25,4	4,27	5,48	-	77	39,58	50,40	43,88
26	4,51	5,75	5,00	78	40,62	51,71	45,02
27	4,87	6,20	5,40	79	41,66	53,05	46,18
28	5,23	6,66	5,80	80	42,72	54,40	47,36
29	5,61	7,15	6,22	81	43,80	55,77	48,55

30	6,00	7,65	6,66	82	44,89	57,15	49,75
31	6,41	8,17	7,11	83	45,99	58,56	50,98
32	6,84	8,70	7,58	84	47,10	59,98	52,22
33	7,27	9,26	8,06	85	48,23	61,41	53,46
34	7,72	9,83	8,56	86	48,37	62,87	54,73
35	8,18	10,41	9,06	87	50,53	64,34	56,01
36	8,65	11,02	9,59	88	51,70	65,82	57,30
37	9,14	11,64	10,13	89	52,88	67,33	58,62
38	9,64	12,27	10,68	90	54,07	68,85	59,94
39	10,15	12,93	11,26	91	55,28	70,39	61,28
40	10,68	13,60	11,84	92	56,50	71,94	62,63
41	11,22	14,29	12,50	93	57,74	73,52	64,01
42	11,77	15,00	13,06	94	58,99	75,11	65,39
43	12,34	15,72	13,68	95	60,25	76,71	66,78
44	12,77	16,46	14,33	96	61,52	78,34	68,20
45	13,52	17,21	14,98	97	62,81	79,98	69,63
46	11,13	17,99	15,66	98	64,11	81,63	71,07
47	11,77	15,00	13,06	99	65,43	83,31	72,53
48	15,38	19,58	17,04	100	67,00	85,00	74,00

2.2. 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

2.3. ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Αντικείμενο μελέτης της πειραματικής εργασίας είναι η μέτρηση των δυνάμεων κοπής, των μεγεθών της τραχύτητας επιφανειών 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.

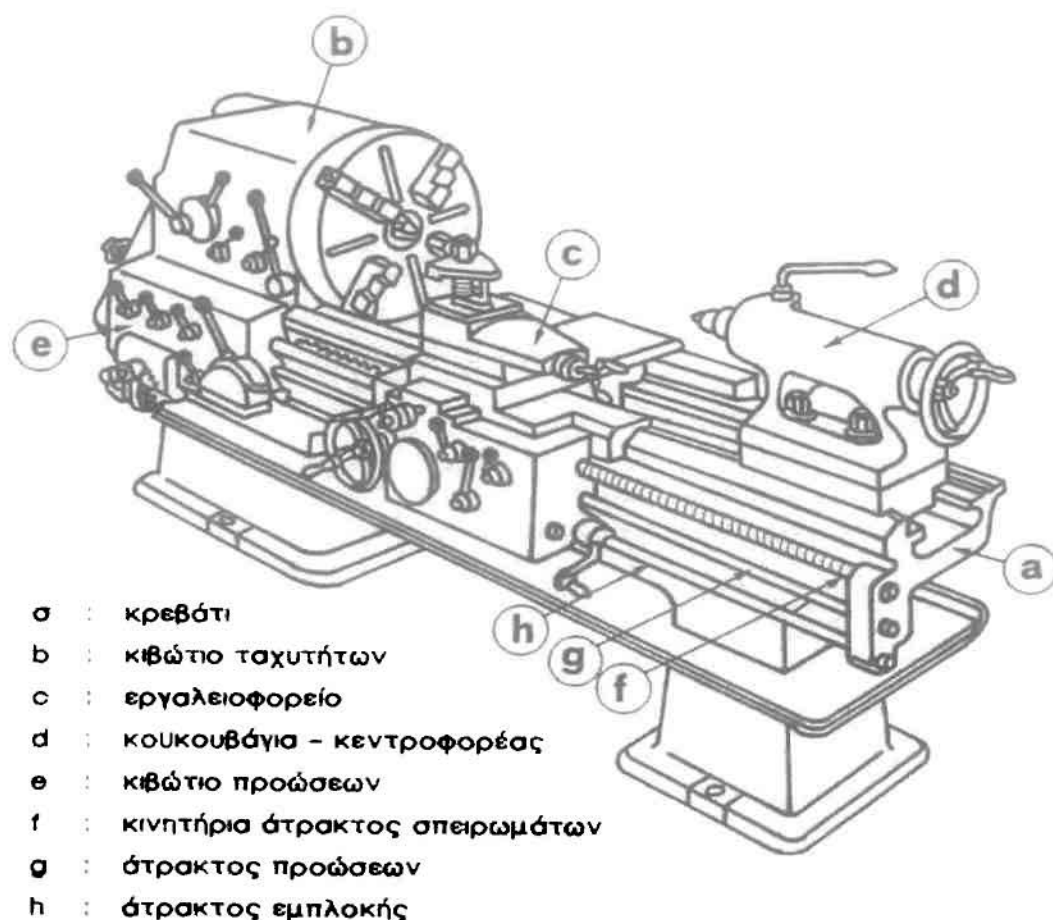
Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται για τη πειραματική διαδικασία είναι ο τόρνος για τη κοπή, το δυναμόμετρο για τη μέτρηση δυνάμεων και το τραχύμετρο για την μέτρηση των τραχυτήτων των επιφανειών.

2.3.1 ΤΟΡΝΟΣ

α). Η εργαλειομηχανή που εξασφαλίζει με ακρίβεια τις κινήσεις του τεμαχίου και του εργαλείου για την τόννευση, 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 [2].

	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 1 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 τόρνοι, 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 σφικτήρας έχει κλείσει σωστά και το περιστρεφόμενο τεμάχιο συγκρατείται καλά στην θέση του.
- Πριν ο τόννος τεθεί σε λειτουργία θα πρέπει να έχει κατέβει το προστατευτικό κάλυμμα του σφικτήρα εκτός των άλλων και για να αποφευχθεί η περίπτωση να έχει ξεχαστεί το κλειδί του τσοκ στην υποδοχή σύσφιξης.
- Πρέπει ο τόννος να σταματά σε κάθε απόπειρα μέτρησης.
- Πρέπει η περιοχή εργασίας του τόννου 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 τόννος είναι σε λειτουργία.
- Πριν ο τόννος 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 τόννο.

- Ο τόννος πρέπει να σταματά αμέσως μόλις ακουστεί οποιοσδήποτε ασυνήθιστος θόρυβος ή παρουσιαστεί ταλάντωση και αμέσως να ενημερώνεται ο υπεύθυνος.
- Ο τόννος δεν πρέπει ποτέ να σταματά με αντιστροφή της περιστροφής του τσοκ.
- Κατά τον χειρισμό του τόννου 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 τόννο.

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 σημαντικός παράμετρος για την ασφάλεια κατά την κοπή, είναι και η σωστή τοποθέτηση της

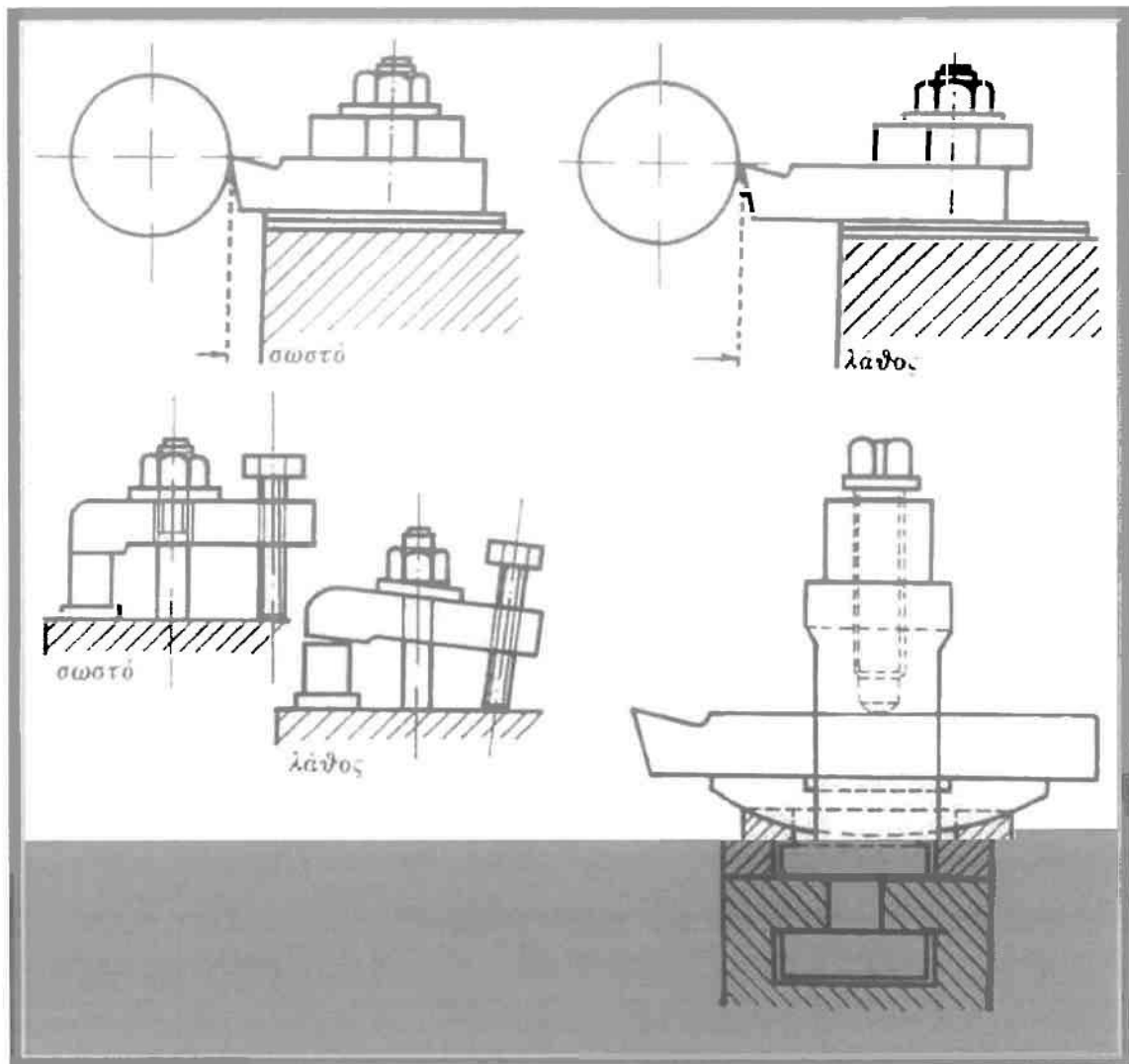
πλάκας συγκρατήσεως. Η πλάκα συγκρατήσεως δεν πρέπει να συσφίγγεται πλάγια αλλά σε οριζόντια θέση, όπως φαίνεται και στην εικόνα 7 Η λανθασμένη τοποθέτησή

της εγκυμονεί κινδύνους για τον χειριστή αλλά και

δεν προκύπτει ακριβής κατεργασία.

Προσοχή : Τα κοπτικά εργαλεία δεν πρέπει να "δένονται" στον εργαλειοδέτη ενώ ο τόννος βρίσκεται σε

λειτουργία και το τσοκ περιστρέφεται.



Εικόνα 2. Τρόπος συγκράτησης κοπτικών εργαλείων τόννευση.

Κατά τη διαμήκη τόννευση 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 ότι 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:

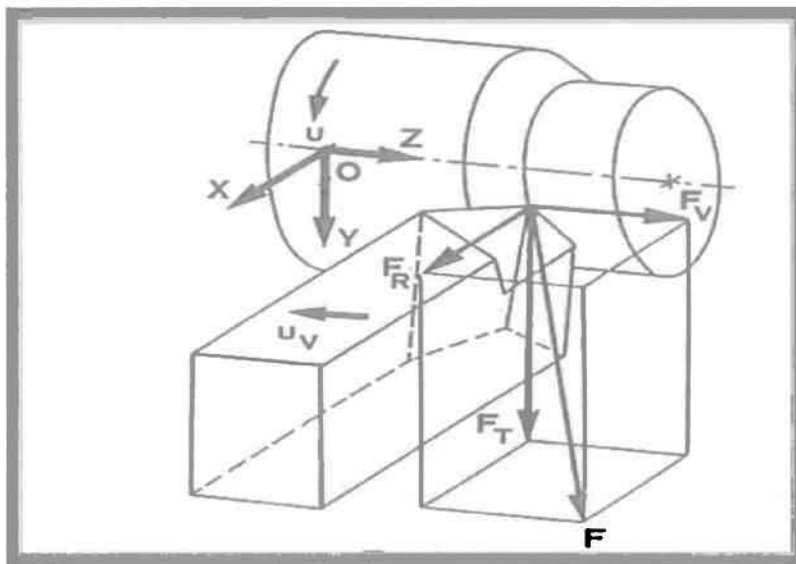
$$U = \pi D N / 1000 \quad (1)$$

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

Η συνιστώσα F_T είναι η κύρια δύναμη κοπής,

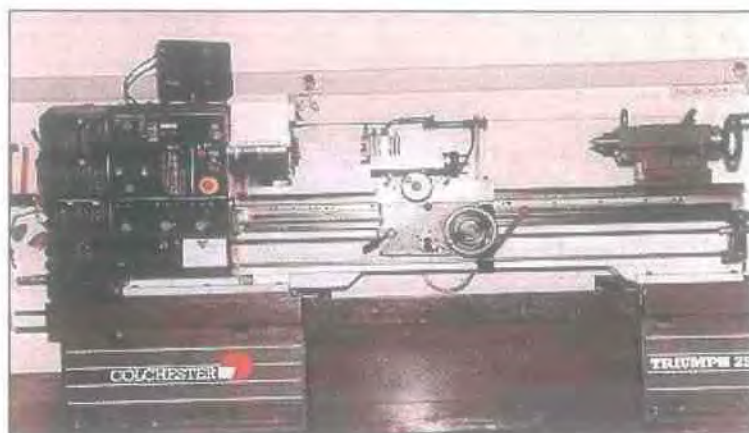
Η συνιστώσα F_v είναι η δύναμη προώσεως ,

και η F_R είναι η δύναμη απωθήσεως του εργαλείου



Εικόνα 3. Ανάλυση της δύναμης κοπής F στις συνιστώσες F_t , F_v και F_R κατά τη διαμήκη τόνρευση

b). Οι κοπές των δοκιμών πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Μηχανουργικών Κατεργασιών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Χρησιμοποιήθηκε συμβατικός τόρνος τύπου TRIUMPH 2500 της εταιρίας COLCHESTER (εικόνα 4).



Εικόνα 4. Συμβατικός τόρνος.

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 τόρνου.

2.3.2 Κοπτικά Εργαλεία (cutting tools)

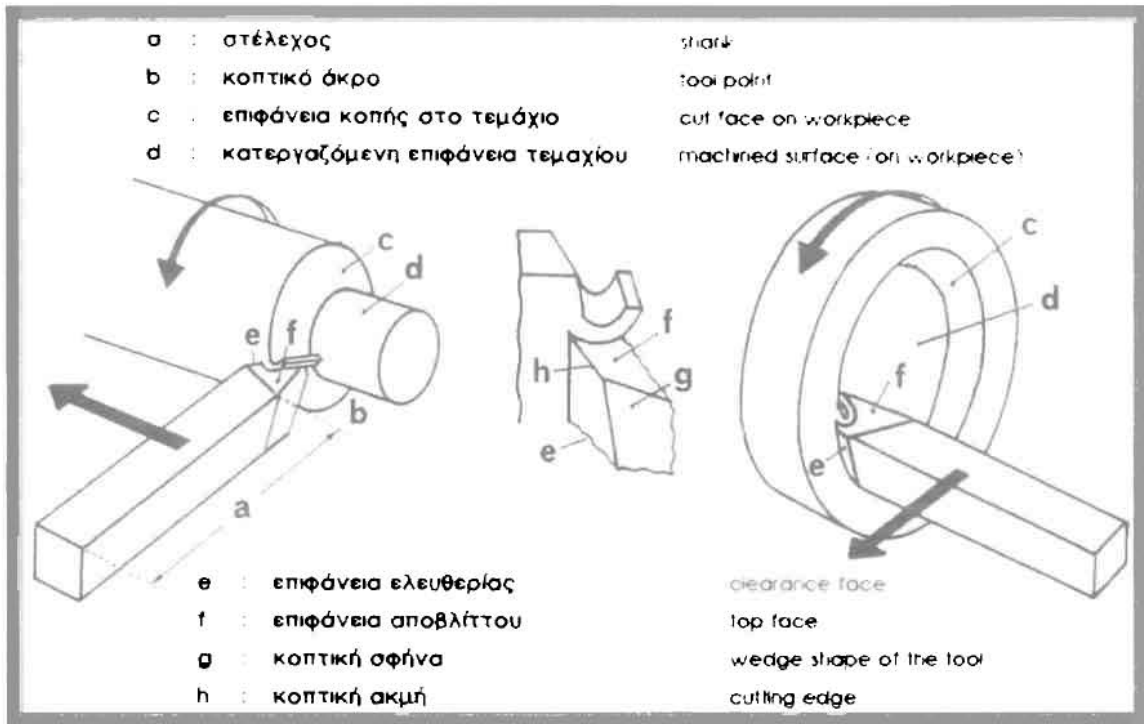
Για την κοπή στην τόννευση χρησιμοποιούνται κοπτικά εργαλεία συνήθως από χάλυβα εργαλείων, ταχυχάλυβα, σκληρομέταλλα και κεραμικά. Η διάρκεια ζωής ενός κοπτικού εργαλείου εξαρτάται κατά πολύ από το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο και από την γεωμετρία της κόψης του. Οι ιδιότητες που πρέπει να έχει 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 5, το στέλεχος (shank) και το κοπτικό άκρο (tool point). Το μεν στέλεχος χρησιμοποιείται για την συγκράτηση του εργαλείου

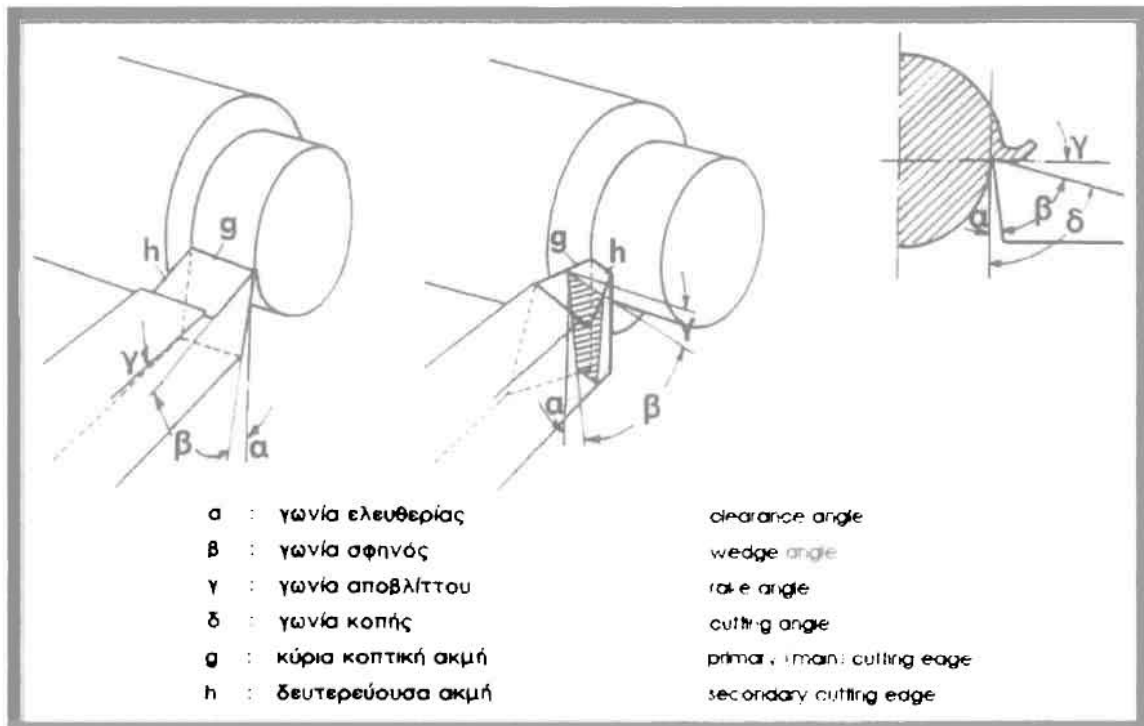
στον εργαλειοδέτη, ενώ το κοπτικό άκρο περιλαμβάνει τις κοπτικές ακμές που συμμετέχουν στην κοπή. Το στέλεχος είναι από μαλακό υλικό ώστε να δέχεται τα κρουστικά φορτία και τις δυναμικές καταπονήσεις κατά την διάρκεια της κοπής χωρίς να θραύεται.

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 [3]



Εικόνα 5. Χαρακτηριστικές ακμές και επιφάνειες εργαλείου και τεμαχίου στην τόννευση

Η γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου καθορίζεται από τις κοπτικές γωνίες του. Στην εικόνα 6 φαίνονται οι χαρακτηριστικές επιφάνειες, ακμές και γωνίες ενός κοπτικού εργαλείου τόννευσης οι οποίες είναι :



Εικόνα 6. Χαρακτηριστικές γωνίες κοπτικού εργαλείου τόννευσης

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	68	14	ΧΑΛΥΒΑΣ ΕΣΣ 70 Kg/cm ²	5	75	10
8	72	10	ΧΥΤΟΧΑΛΥΒΑΣ ΕΣΣ 90 Kg/cm ²	5	79	6
8	60	14	ΧΑΛΥΒΟΚΡΑΜΑΤΑ ΕΣΣ 85 Kg/cm ²	5	75	10
8	72	10	ΧΑΛΥΒΟΚΡΑΜΑΤΑ ΕΣΣ 100 Kg/cm ²	5	77	8
8	72	10	ΕΛΑΤΟΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ	5	75	10
8	82	0	ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ	5	85	0
8	64	18	ΧΑΛΚΟΣ	8	64	18
8	82	0	ΟΡΕΙΧΑΛΚΟΣ	5	75	6
12	48	30	ΚΑΘΑΡΟ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	12	48	30
12	64	14	ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΧΥΤΕΥΣΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΑ ΚΡΑΜΑΤΑ	12	60	18
8	76	6	ΚΡΑΜΑΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ	5	79	6
12	64	14	ΜΟΝΩΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	12	64	14
12	68	10	ΣΚΛΗΡΟ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΣΚΛΗΡΟ ΧΑΡΤΙ	12	88	10
-	-	-	ΠΟΡΣΕΛΑΝΗ	5	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

τόρνευσης. 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

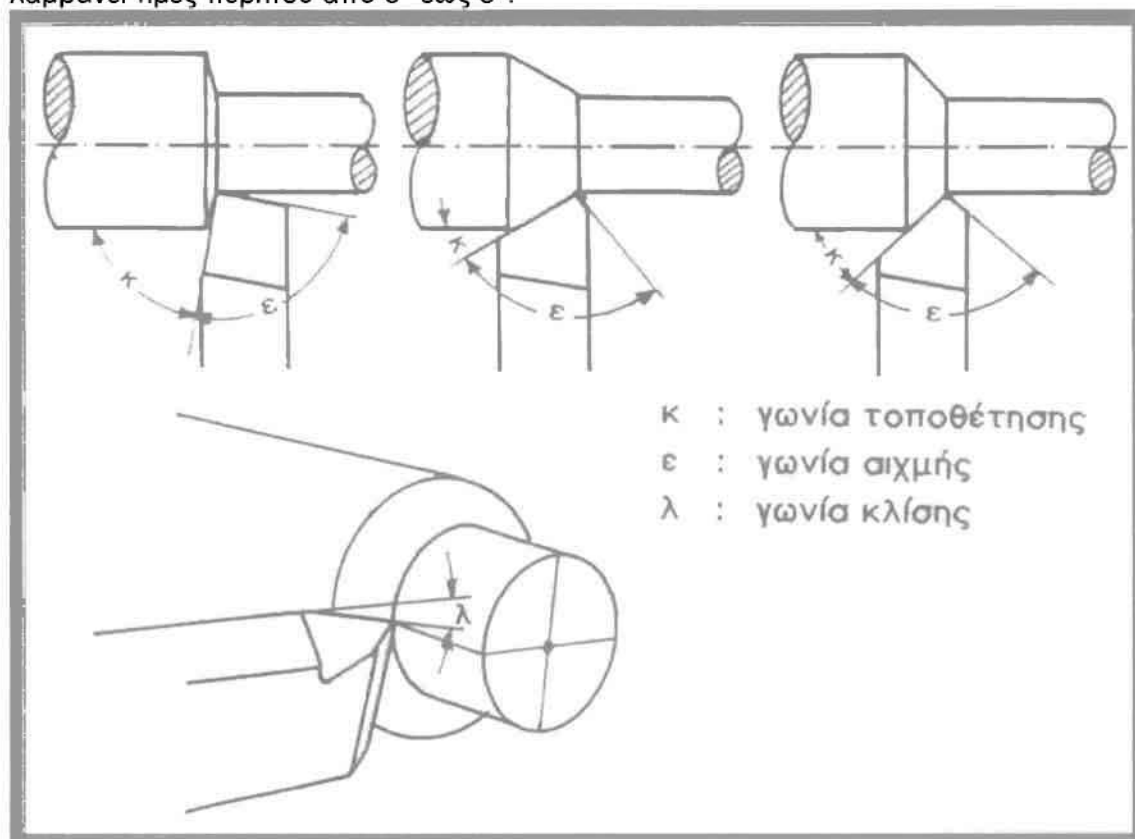
45° .

- 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 τόρνευση 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 7. Χαρακτηριστικές γωνίες τοποθέτησης κοπτικού εργαλείου τόρνευσης

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 εκχόνδριση, 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

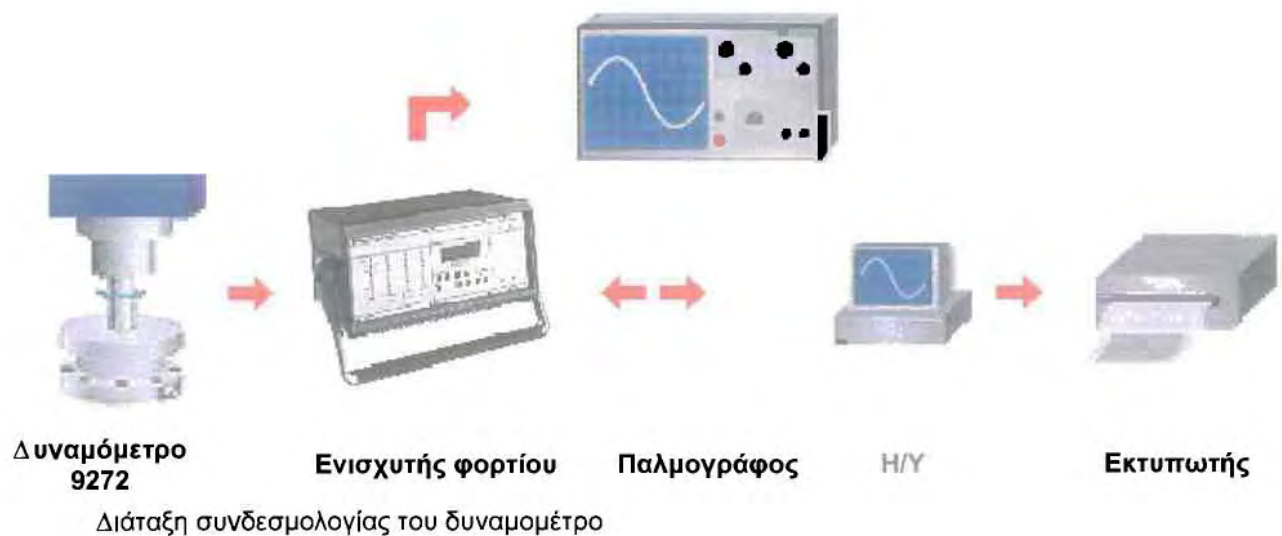
2.3.3 Δυναμόμετρο

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



Εικόνα 8. Δυναμόμετρο KISTLER CH-4208 [4]

Η διάταξη συνδεσμολογίας του δυναμομέτρου είναι η ακόλουθη:



Η δύναμη που επιδρά στο δυναμόμετρο μεταδίδεται μέσω της επάνω πλάκας στο κυρίως τμήμα του, στο οποίο βρίσκονται ο χαλαζίας σε μορφή δακτυλίων.

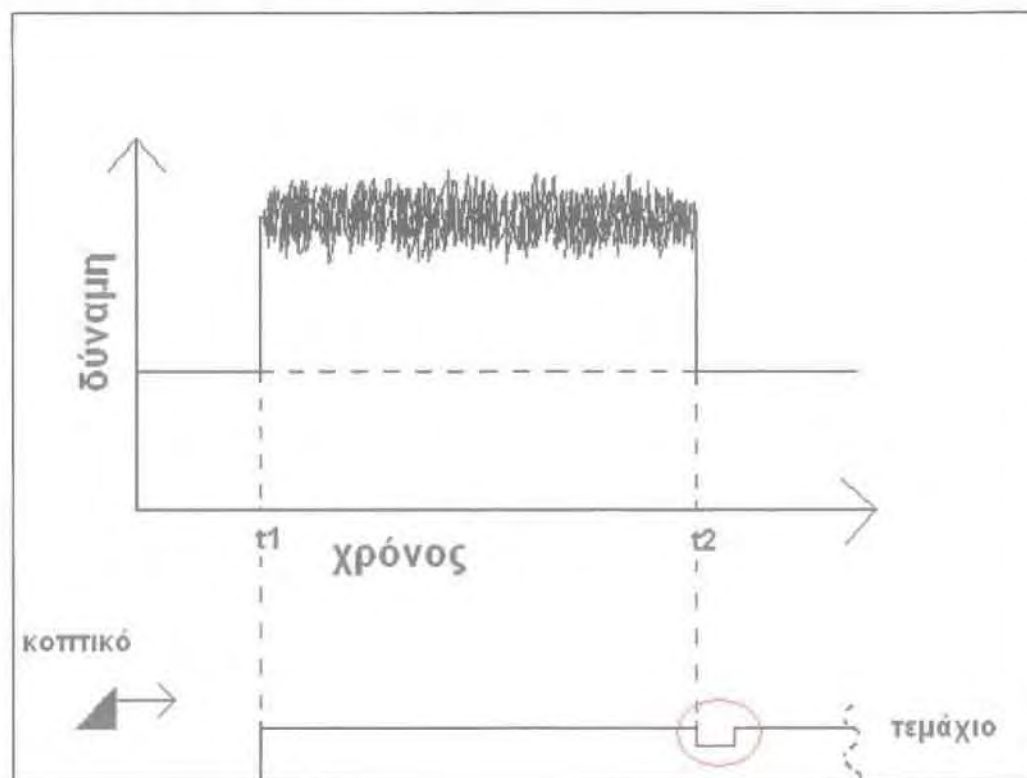
Ένας δακτύλιος κρυστάλλου χαλαζία είναι ευαίσθητος σε συμπίεση καταμετρώντας την αξονική δύναμη F_z . Άλλοι δυο δακτύλιοι είναι ευαίσθητοι σε διάτμηση ένας κατά την x διεύθυνση και ο άλλος κατά την y , αποδίδοντας τις δυνάμεις F_x και F_y αντίστοιχα.

Τα φορτία που παράγονται από τις πλάκες χαλαζία συλλέγονται με ηλεκτρόδια που είναι συνδεδεμένα στην έξοδο του δυναμομέτρου και ανάλογα με την διεύθυνση της δύναμης εμφανίζονται αντίστοιχα θετικά ή αρνητικά φορτία.

Το δυναμόμετρο επικοινωνεί με τον ενισχυτή φορτίου (charge amplifier) με το ειδικό καλώδιο σύνδεσης που είναι γειωμένο και αδιάβροχο.

Για την επεξεργασία των μετρήσεων που έγιναν στο δυναμόμετρο χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα DynoWare της ίδιας εταιρείας.

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



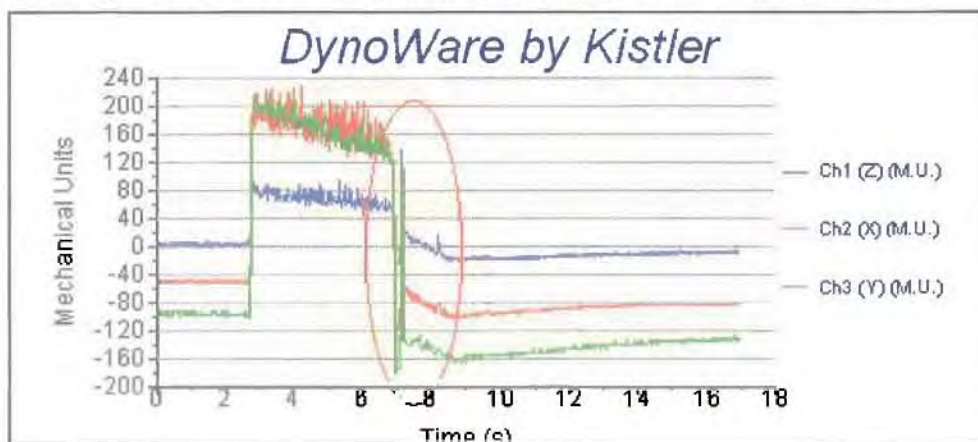
Όπως απεικονίζεται στην εικόνα, μέχρι την χρονική στιγμή t_1 το κοπτικό εργαλείο βρίσκεται στον αέρα και δεν έχει ξεκινήσει την κοπή. Την χρονική στιγμή t_1 το κοπτικό εργαλείο ακουμπάει το τεμάχιο και σαν αποτέλεσμα στο διάγραμμα έχουμε την πρώτη ένδειξη δύναμης η οποία κατά μέσο όρο θα διατηρηθεί μέχρι 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.

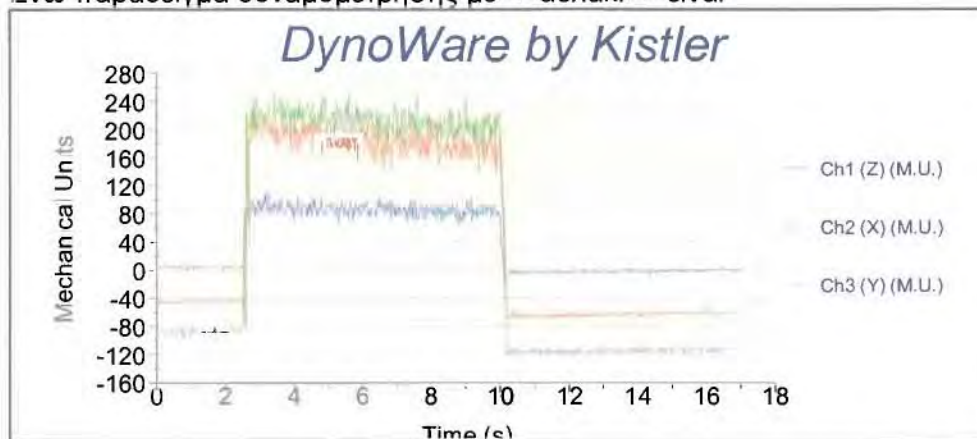
Στην περίπτωση που δεν έχουμε αφήσει <<αυλάκι>>, ο μόνος τρόπος για να απομακρύνουμε το κοπτικό εργαλείο από το τεμάχιο, είναι με το χέρι. Όμως η χειροκίνητη απομάκρυνση αν και με <<γυμνό>> μάτι μοιάζει ακαριαία, το δυναμόμετρο καταγράφει την αυξομείωση της δύναμης και σαν αποτέλεσμα προκαλείται μια 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..

Γραφική παράσταση δυναμομέτρησης με χειροκίνητη απομάκρυνση.



Ένώ παράδειγμα δυναμομέτρησης με <<αυλάκι>> είναι



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 9. 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 [5]

Για την επεξεργασία των μετρήσεων που έγιναν στο τραχύμετρο χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Talysrprofile 1.1.2 της ίδιας εταιρείας. Συνοπτικά τα βασικότερα χαρακτηριστικά του προγράμματος Talysrprofile είναι τα εξής:

- Απεικόνιση τόσο του φιλτραρισμένου, όσο και του αφιλτράριστου περιγράμματος της επιφάνειας, με δυνατότητες επιλογής εναλλακτικών φίλτρων, αλλά και διαφόρων τιμών όσον αφορά το μήκος κύματος αποκοπής.
 - Φασματική ανάλυση του περιγράμματος.
 - Παρουσίαση της καμπύλης κατανομής των εύρων (amplitude distribution) και της καμπύλης φέρουσας επιφάνειας (bearing area curve ή material ratio curve ή Abbott-Firestone curve).
 - Μέτρηση απόστασης μεταξύ δύο σημείων του περιγράμματος.
 - Εμβαδομέτρηση σε επιλεγμένη περιοχή του περιγράμματος.
 - Υπολογισμός πληθώρας παραμέτρων κατά τα διεθνή πρότυπα (π.χ. R_a , R_{tp} , R_{sk}), αλλά και παραμέτρων κατά DIN 4776 (R_k , R_{pk} κ.α.) και κατά ISO 12085. Όλες αυτές οι παράμετροι μπορούν να υπολογιστούν σε φιλτραρισμένο και αφιλτράριστο περίγραμμα, αλλά και για το περίγραμμα της κυμάτωσης.

3. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ 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).

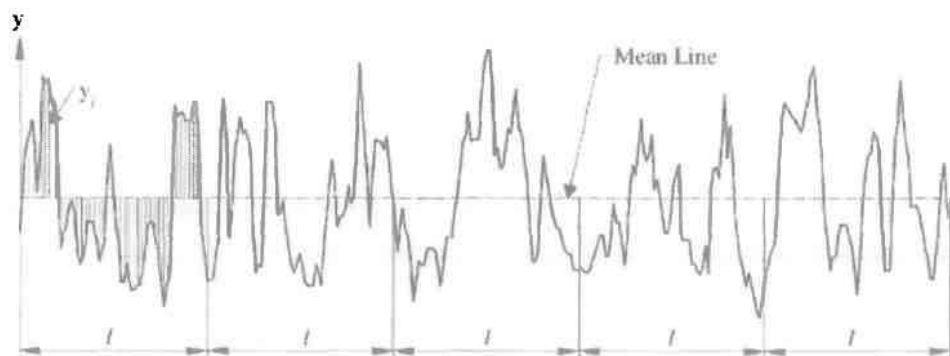
3.1 Κατηνορίες τραχύτητας

- **Μέση αριθμητική τραχύτητα Ra**

Η μέση αριθμητική τραχύτητα είναι παράμετρος εύρους και ορίζεται από τη σχέση :

$$R_a = \frac{1}{L} \int_0^L |y(x)| dx$$

Παριστάνει τη μέση τιμή των αποκλίσεων $|y|$ όλων των σημείων της πραγματικής κατατομής από την κεντρική γραμμή μέσα στο δεδομένο δειγματοληπτικό μήκος L (εικόνα 10).



Εικόνα 10. Ορισμός της μέσης αριθμητικής τραχύτητας Ra.

Πρόκειται για την πλέον διαδεδομένη παράμετρο ποσοτικού χαρακτηρισμού της τραχύτητας δεδομένης επιφάνειας, καθώς ορίζεται και υπολογίζεται εύκολα με άμεση ολοκλήρωση από τα τραχύμετρα. Η γνώση της παρέχει μια χρήσιμη μέση τιμή,

τόσο για τον έλεγχο της συναφής κατεργασίας παραγωγής της επιφάνειας, όσο και για

τη λειτουργική της συμπεριφορά. Όμως δεν δίνει πληροφορίες για το πραγματικό ύψος των ανωμαλιών και δεν έχει ιδιαίτερη φυσική έννοια.

- **Μέση τετραγωνική τιμή της τραχύτητας R_q**

Το μέτρο της R_q ορίζεται από τη σχέση

$$R_q = \sqrt{\frac{1}{L} \int_0^L y^2 dx}$$

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**

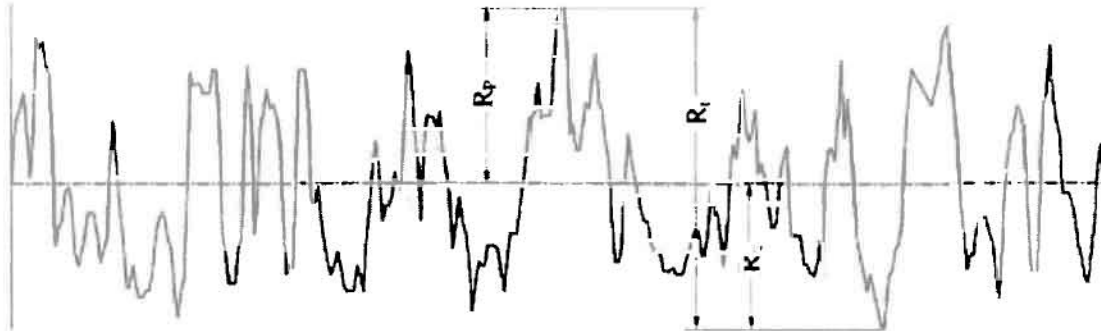
Είναι το μέγιστο ύψος του περιγράμματος από την κεντρική γραμμή εντός του δειγματοληπτικού μήκους .

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

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

- **Μέγιστο βάθος Rt**

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 11. Ορισμός των παραμέτρων R_p , R_v και R_t

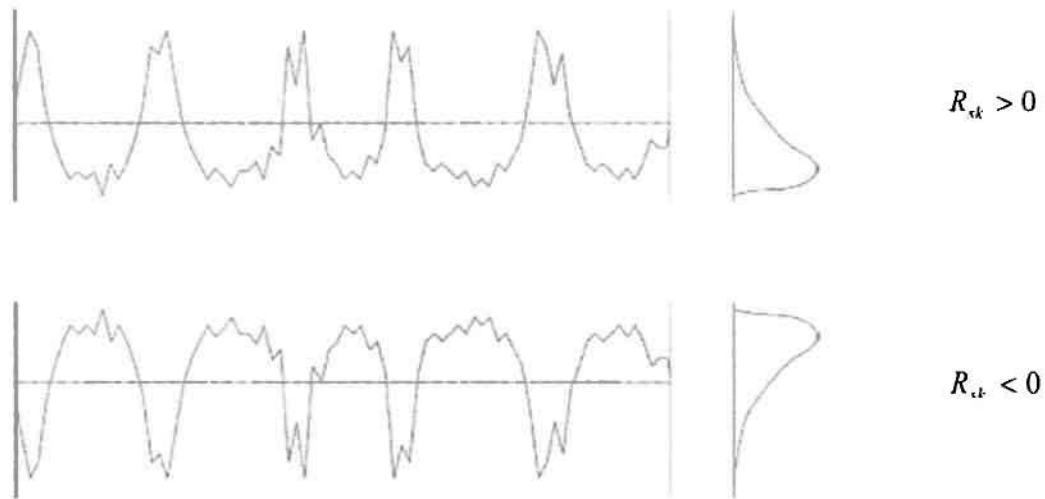
Το μέγεθος R_t μετρείται πολύ εύκολα, έχει όμως το μειονέκτημα να παρουσιάζει ευαισθησία σε τυχαίες τοπικές ανωμαλίες (π.χ. αμυχή στην επιφάνεια) που βρίσκονται συμπτωματικά μέσα στο μήκος δειγματοληψίας και δεν χαρακτηρίζουν την επιφάνεια.

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

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

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.



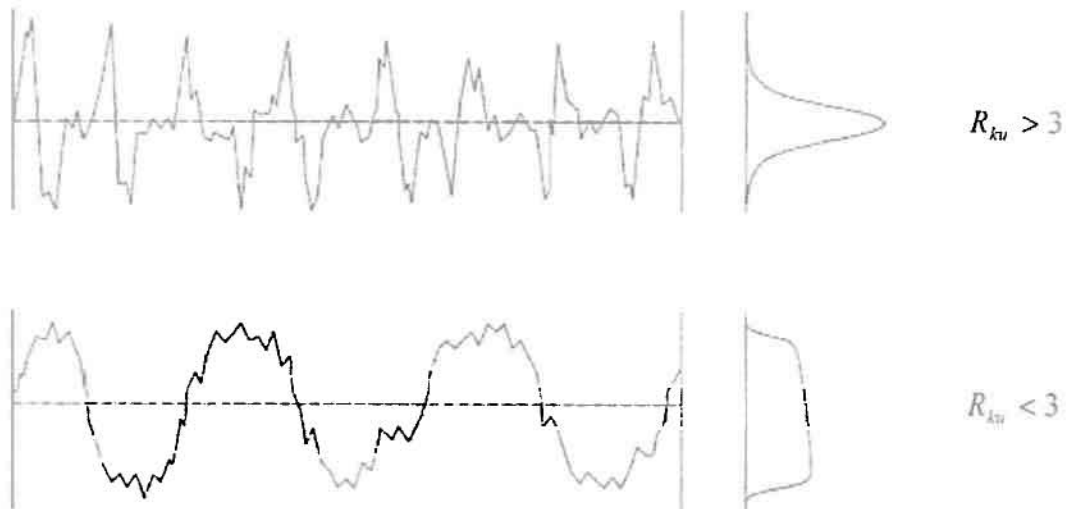
Εικόνα 12. Περιγράμματα επιφανειών με θετική και αρνητική λοξότητα

- **Κύρτωση Rku**

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 13). Παρέχει δε πληροφορίες για την επιφάνεια επαφής και την αντίσταση της σε φθορά.

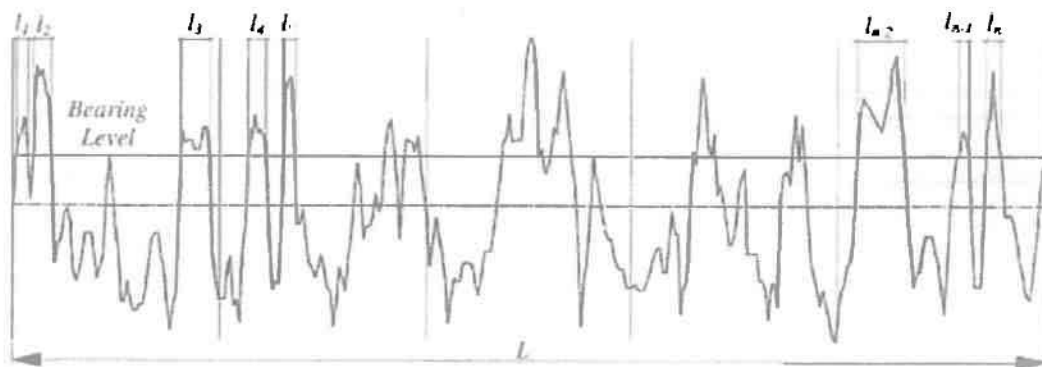


Εικόνα 13. Περιγράμματα επιφανειών με κύρτωση μεγαλύτερη και μικρότερη από 3.

- **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 13 είναι προφανές ότι το μήκος φέρουσας επιφάνειας υπολογίζεται από τη σχέση

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



Εικόνα 14. Ορισμός του μήκους φέρουσας επιφάνειας R_{fp}

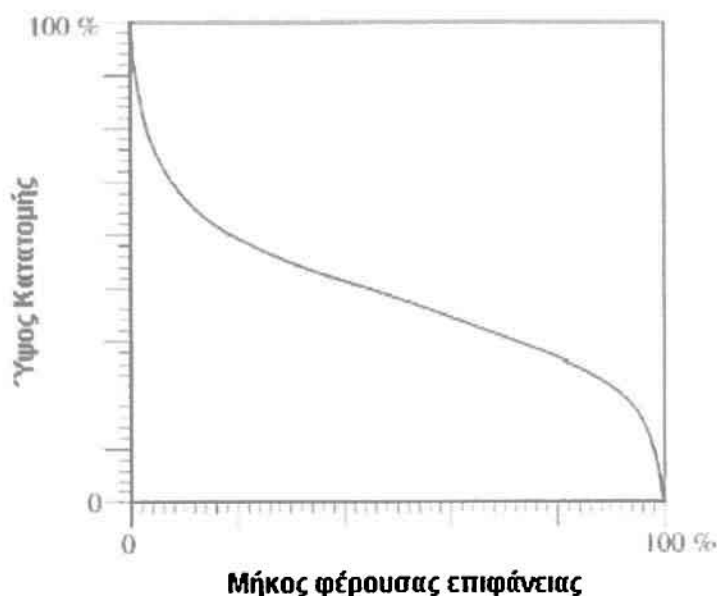
Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της παραμέτρου R_{tp} είναι τα παρακάτω.

- 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 15). Πρόκειται για την καμπύλη που παριστάνει την αθροιστική συχνότητα εμφάνισης ύψους ανωμαλίας μεγαλύτερου από δεδομένη στάθμη

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



Εικόνα 15. Η καμπύλη φέρουσας επιφάνειας

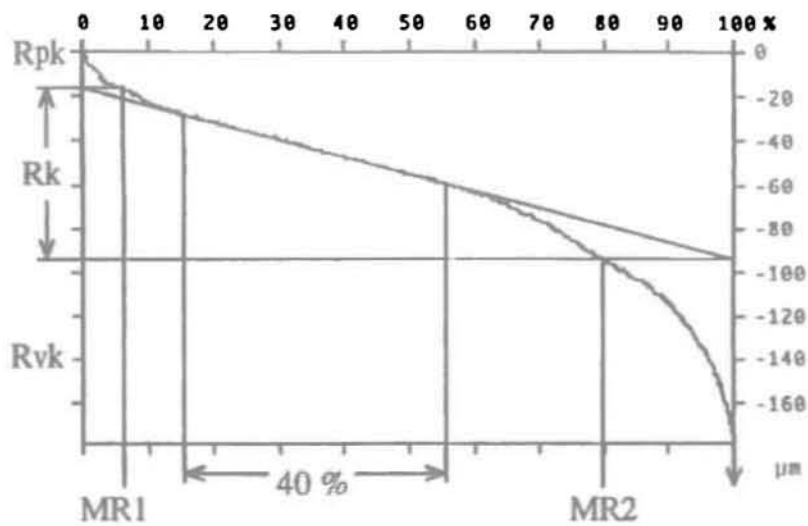
Η καμπύλη φέρουσας επιφάνειας, καμπύλη φέρουσας επιφάνειας ονομάζεται έτσι, διότι παριστάνει την πραγματική διατομή του υλικού που υπάρχει σε κάθε ύψος Η και φέρει κατανεμημένο το εξωτερικά ασκούμενο φορτίο. Συσχετίζεται δε άμεσα με την τριβολογική συμπεριφορά και κυρίως με την πραγματική επιφάνεια επαφής,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

- **Ομάδα παραμέτρων Rk**

Η μορφή της καμπύλης φέρουσας επιφάνειας εμπεριέχει πολλές και σημαντικές πληροφορίες, όσον αφορά την συμπεριφορά του περιγράμματος. Η γερμανική αυτοκινητοβιομηχανία στην προσπάθεια 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 16).

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.

- Rk: 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"
- Rpk: Αντιστοιχεί στις μικρές κορυφές οι οποίες και θα φθαρούν γρήγορα κατά τη διάρκεια της αρχικής περιόδου λειτουργίας της επιφάνειας.
- Rvk: 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.



Εικόνα 16. Ορισμός της ομάδας παραμέτρων R_k .

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ**

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

A/A	n(στρο/min)	s(mm/rev)	s(mm)
1	800	0,1	1,5
2	800	0,1	1.0
3	800	0,1	0,5
4	800	0,18	1,5
5	800	0,18	1.0
6	800	0,18	0,5
7	800	0,33	1,5
8	800	0,33	1.0
9	800	0,33	0,5
10	1600	0,1	1,5
11	1600	0,1	1.0
12	1600	0,1	0,5
13	1600	0,18	1,5
14	1600	0,18	1.0
15	1600	0,18	0,5
16	1600	0,33	1,5
17	1600	0,33	1.0
18	1600	0,33	0,5

Πίνακας: Συγκεντρωτικός πίνακας μετρήσεων των συνθηκών

n: συχνότητα περιστροφής(στρο/min)

s: πρόωση(mm/rev)

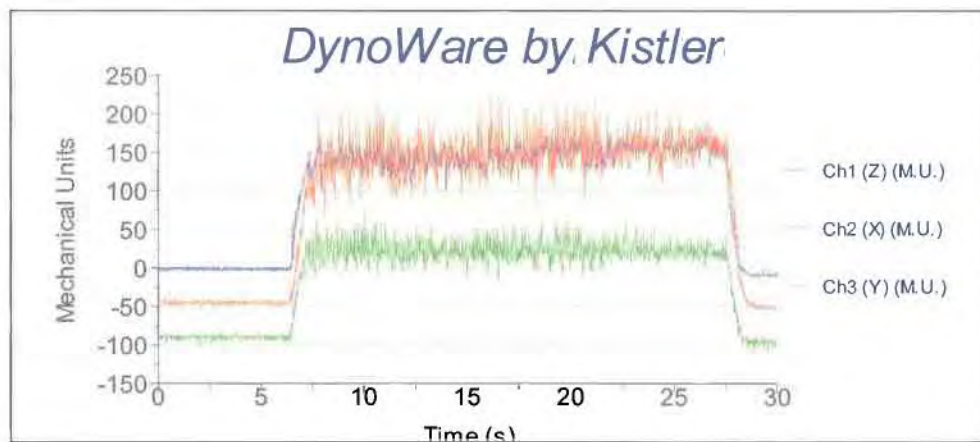
α: βάθος κοπής(mm)

1^η Επιφάνεια

Συνθήκες κοπής:

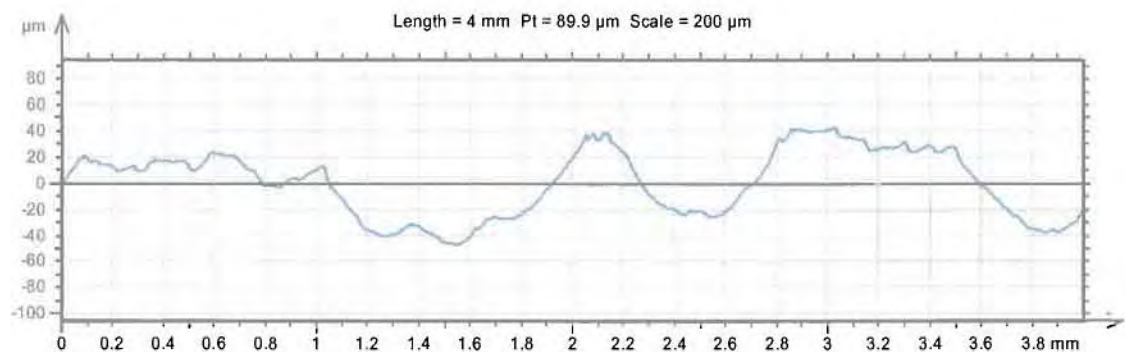
Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.1(mm/rev)	1,5mm	25sec	800

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



Ch1->F_v:δύναμη πρόωσης(N)
 Ch2->F_r:δύναμη απωθήσεως εργαλείου(N)
 Ch3->F_t:κύρια δύναμη κοπής(N)

ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



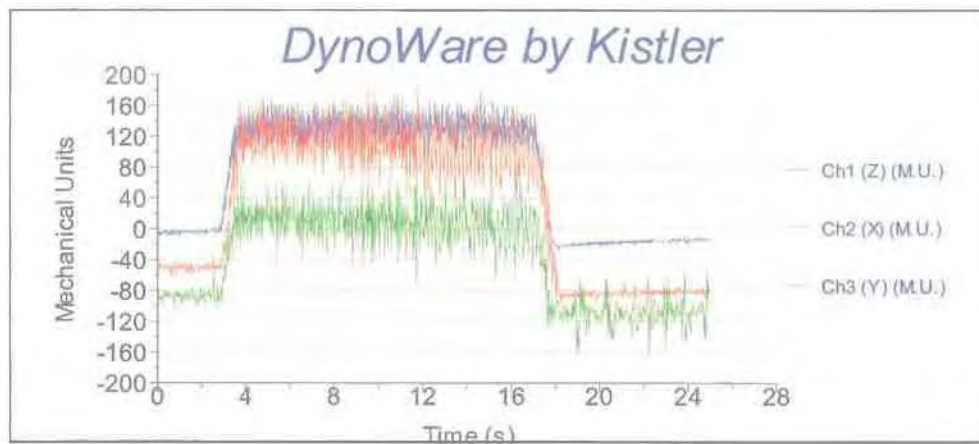
Ra(μm)=	7,34	Rv(μm)=	12,3	Rku=	3,2
Rp(μm)=	17,9	Rt(μm)=	37,7	Rtp=	0,90%
Rq(μm)=	8,5	Rsk=	0,61	Rk(μm)=	28,2

2^η Επιφάνεια

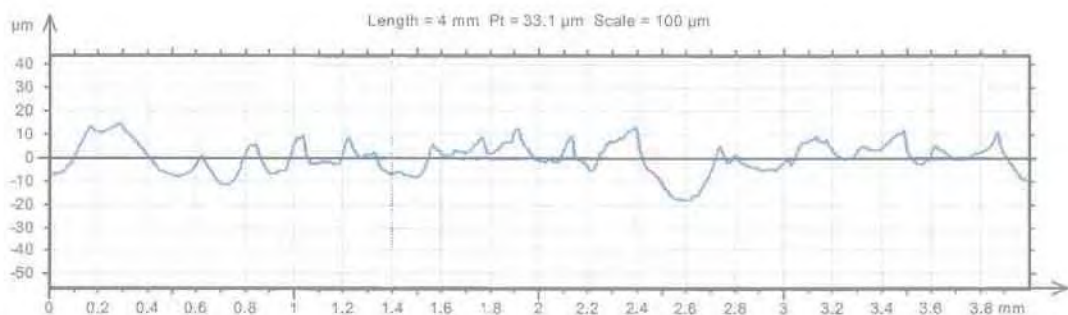
Συνθήκες κόπης:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.1(mm/rev)	1,0mm	25sec	800

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



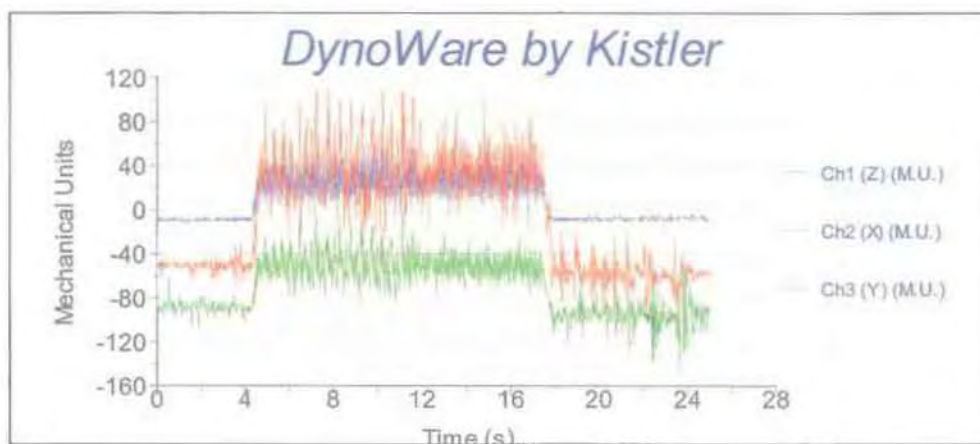
Ra(μm)=	4,33	Rv(μm)=	8,4	Rku=	2,83
Rp(μm)=	11,5	Rt(μm)=	25,6	Rtp=	0,30%
Rq(μm)=	5,09	Rsk=	0,199	Rk(μm)=	13,8

3^η Επιφάνεια

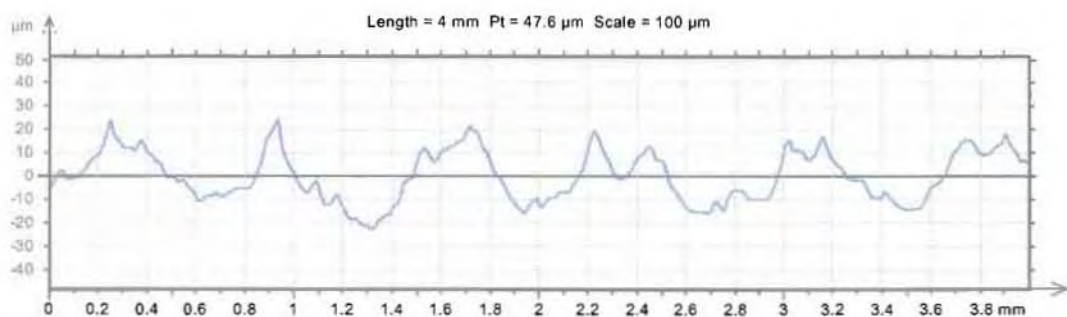
Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.1(mm/rev)	0.5mm	25sec	800

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



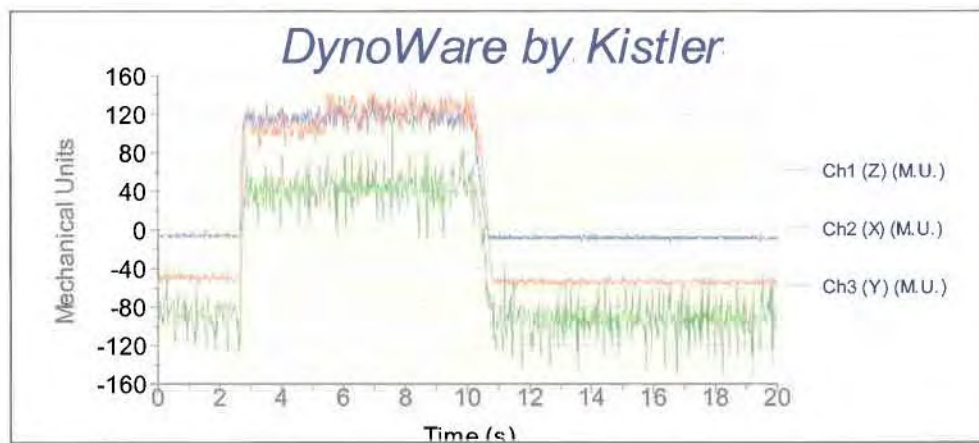
Ra(μm)=	6,02	Rv(μm)=	10	Rku=	2,94
Rp(μm)=	18,8	Rt(μm)=	36,5	Rtp=	0,30%
Rq(μm)=	7,25	Rsk=	0,644	Rk(μm)=	22,2

4^η Επιφάνεια

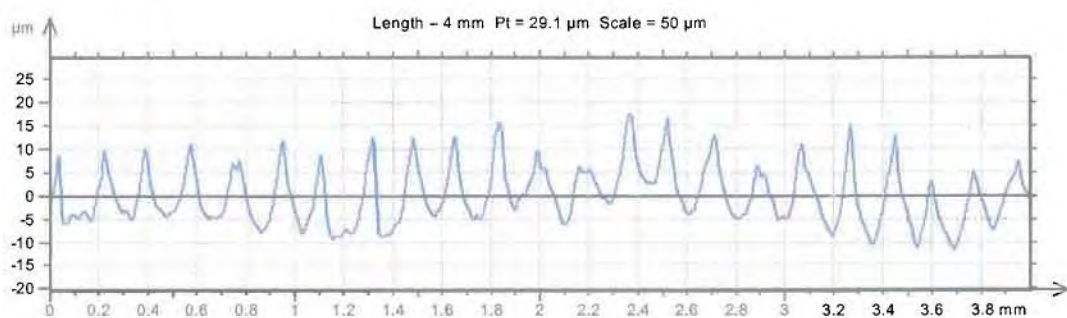
Συνθήκες κοπής:

Πρώση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.18(mm/rev)	1.5mm	20sec	800

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



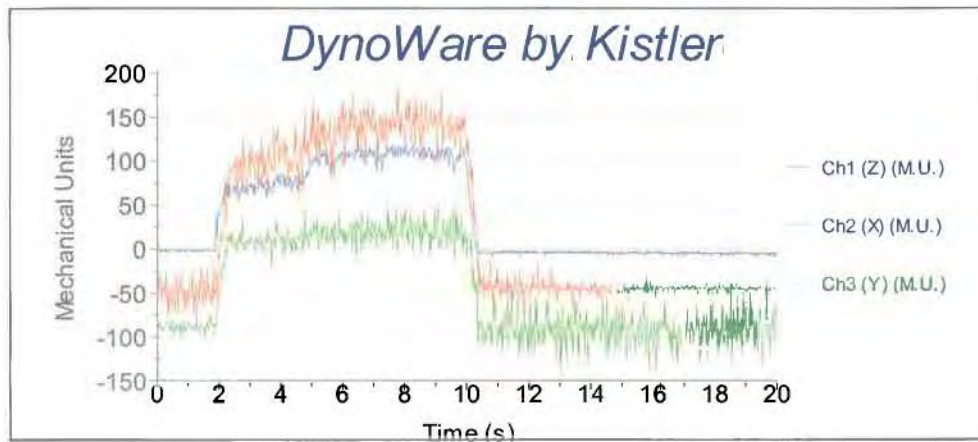
Ra(μm)=	4,62	Rv(μm)=	7,54	Rku=	2,54
Rp(μm)=	13,5	Rt(μm)=	25,2	Rtp=	0,27%
Rq(μm)=	5,5	Rsk=	0,723	Rk(μm)=	12,4

5^η Επιφάνεια

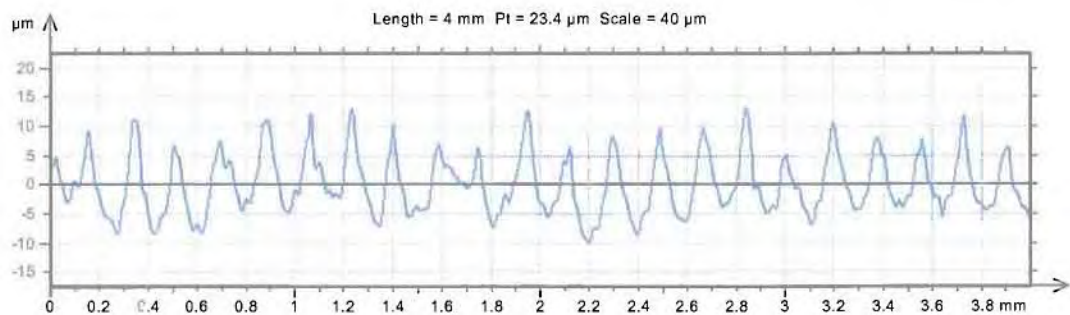
Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.18(mm/rev)	1.0mm	20sec	800

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



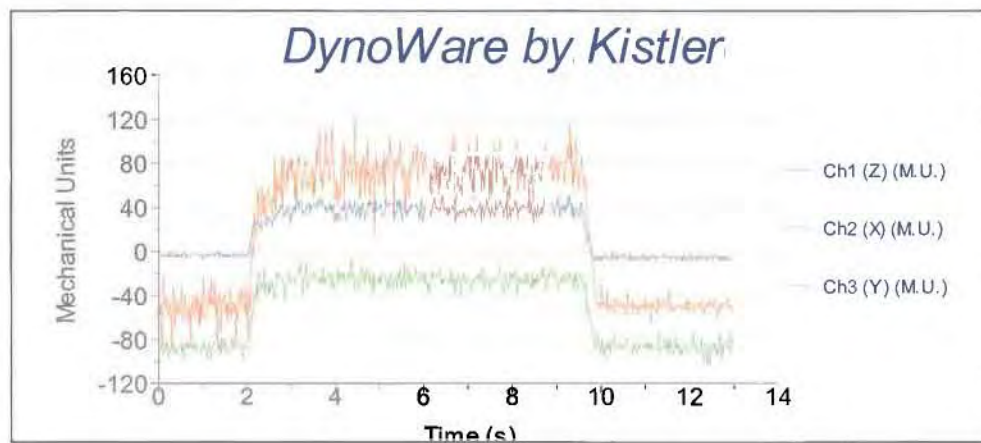
Ra(μm)=	4,23	Rv(μm)=	7,84	Rku=	2,21
Rp(μm)=	11,2	Rt(μm)=	21,1	Rtp=	0,71%
Rq(μm)=	4,98	Rsk=	0,406	Rk(μm)=	12,2

6^η Επιφάνεια

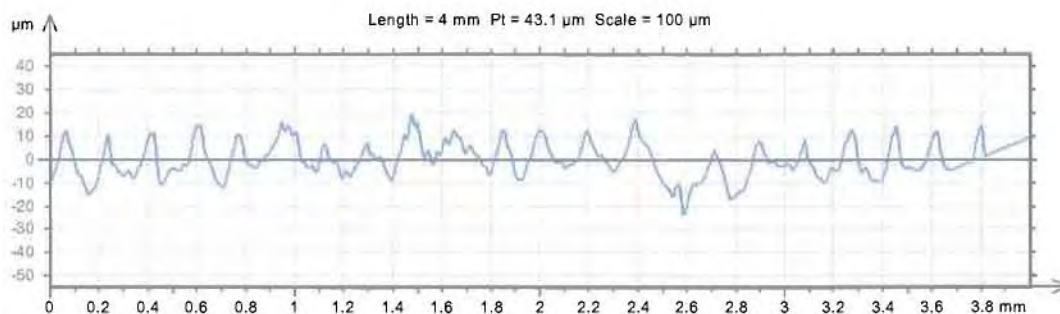
Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.18(mm/rev)	0.5mm	13sec	800

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ

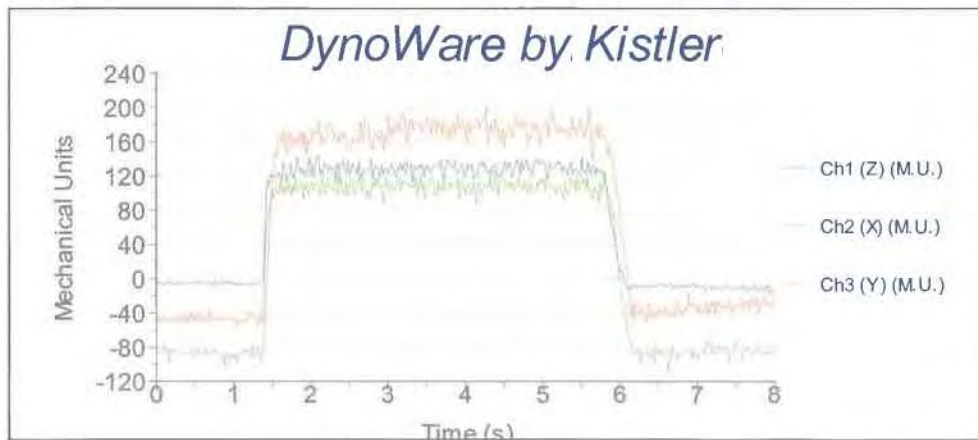


Ra(μm)=	5,52	Rv(μm)=	13,7	Rku=	2,49
Rp(μm)=	10,2	Rt(μm)=	34,5	Rtp=	0,30%
Rq(μm)=	6,7	Rsk=	0,302	Rk(μm)=	15,7

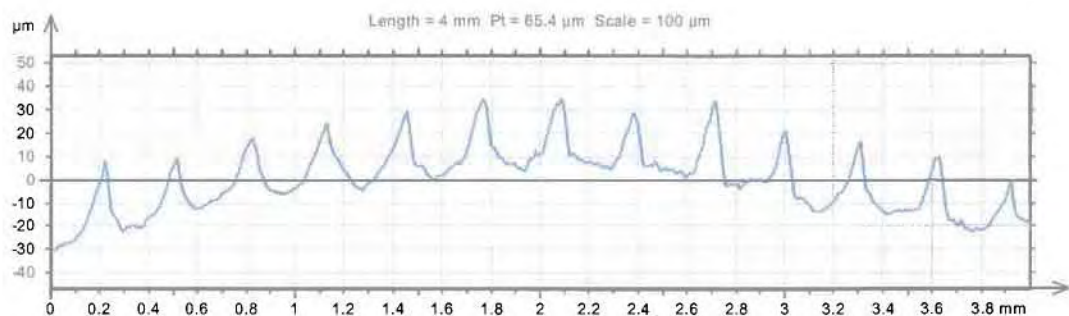
7^η Επιφάνεια Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.33(mm/rev)	1.5mm	8sec	800

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ

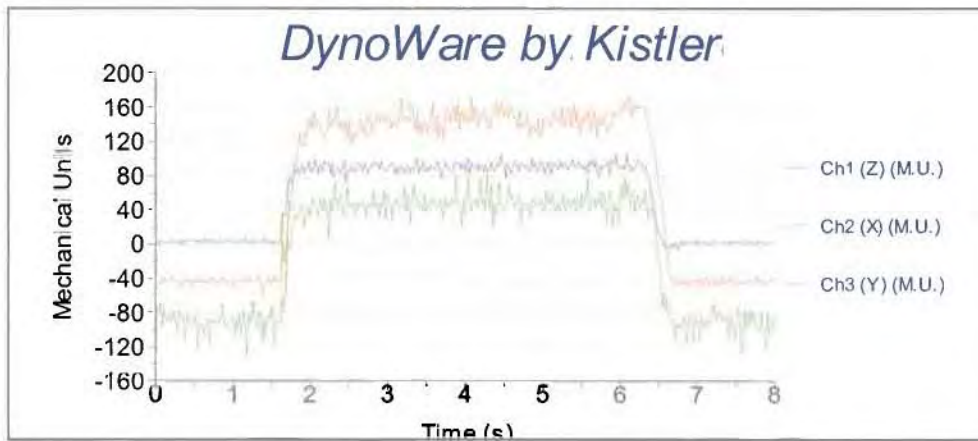


Ra(μm)=	7,14	Rv(μm)=	9,54	Rku=	3,11
Rp(μm)=	22,4	Rt(μm)=	33,8	Rtp=	0,30%
Rq(μm)=	8,75	Rsk=	1,19	Rk(μm)=	11,1

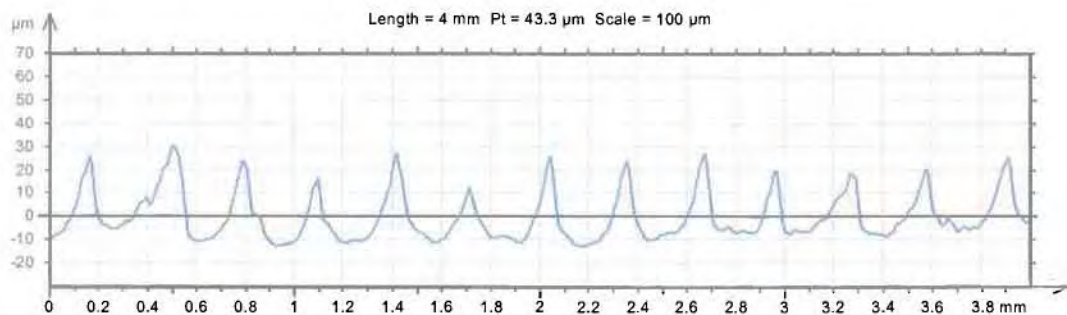
8^η Επιφάνεια Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.33(mm/rev)	1.0mm	8sec	800

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



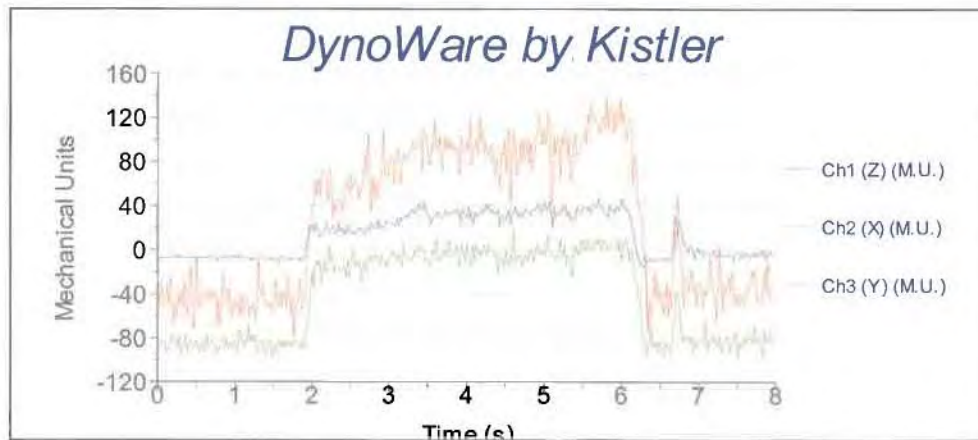
Ra(μm)=	8,51	Rv(μm)=	11,2	Rku=	3,1
Rp(μm)=	27	Rt(μm)=	42,7	Rtp=	0,40%
Rq(μm)=	10,4	Rsk=	1,11	Rk(μm)=	10,3

9^η Επιφάνεια

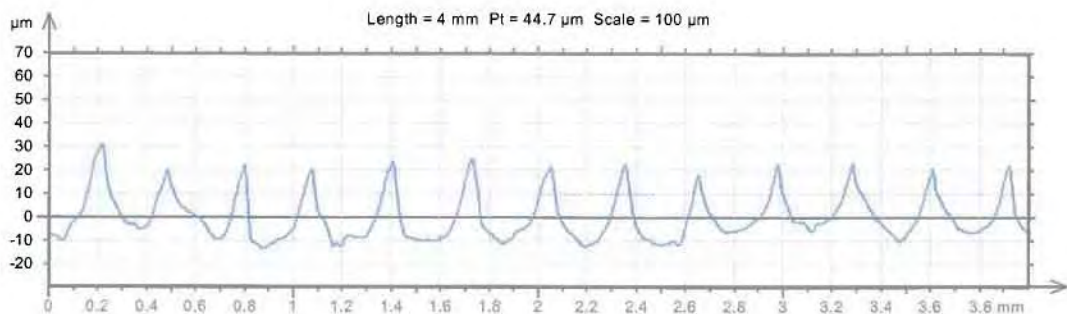
Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.33(mm/rev)	0.5mm	8sec	800

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



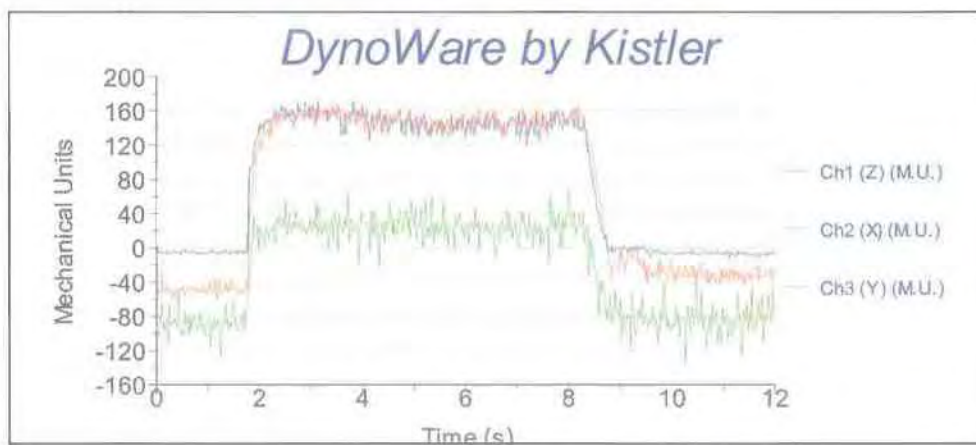
Ra(μm)=	8,02	Rv(μm)=	10,6	Rku=	2,94
Rp(μm)=	25,1	Rt(μm)=	37,5	Rtp=	0,80%
Rq(μm)=	9,76	Rsk=	1,06	Rk(μm)=	12,7

10^η Επιφάνεια

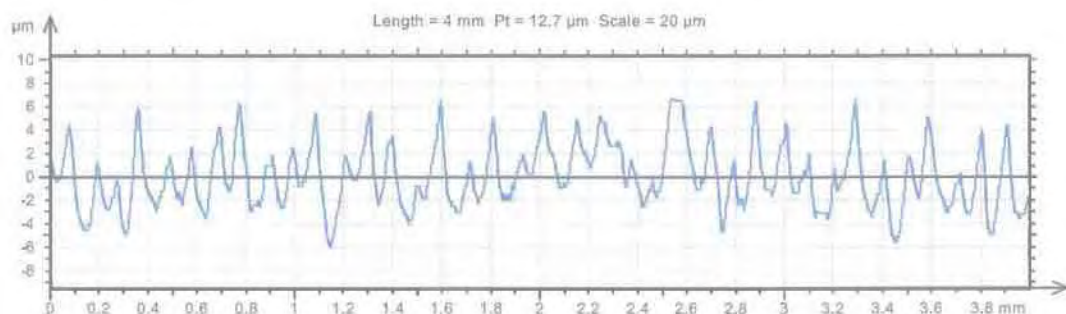
Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.10(mm/rev)	1.5mm	12sec	1600

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



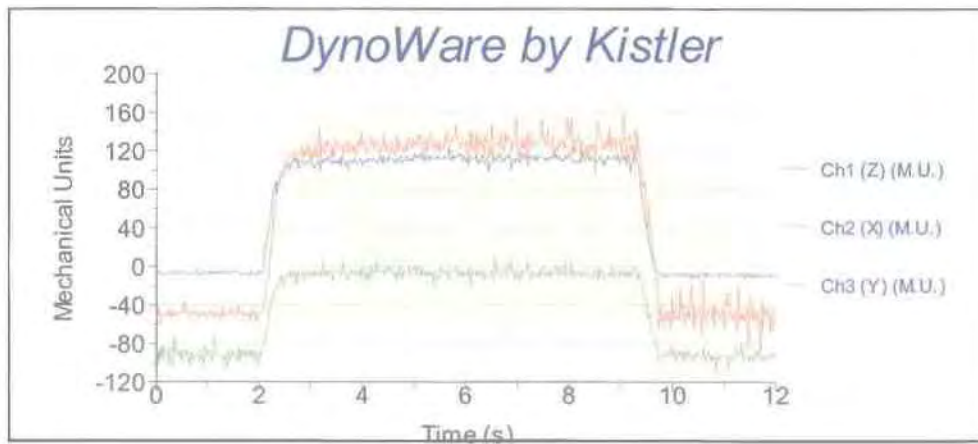
Ra(μm)=	1,44	Rv(μm)=	5,12	Rku=	2,81
Rp(μm)=	6,1	Rt(μm)=	13,2	Rtp=	0,62%
Rq(μm)=	2,4	Rsk=	0,388	Rk(μm)=	0,12

11^η Επιφάνεια

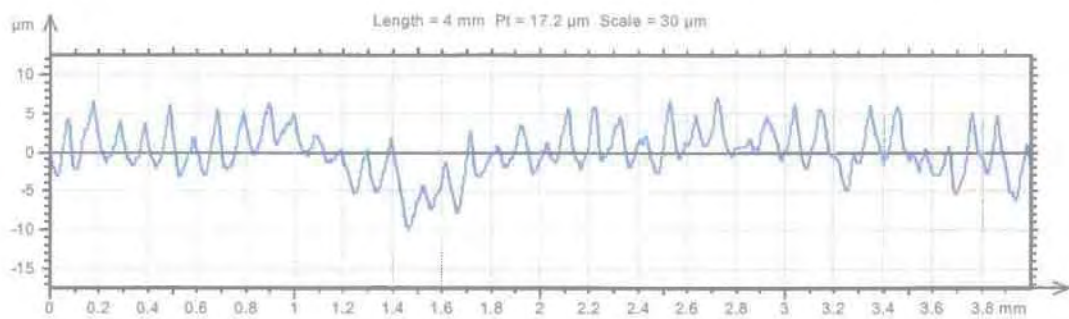
Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.10(mm/rev)	1.0mm	12sec	1600

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



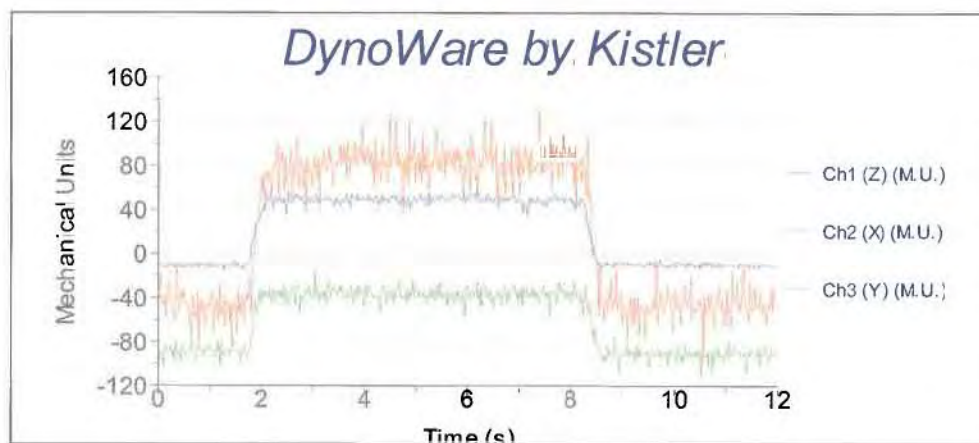
Ra(μm)=	1,78	Rv(μm)=	4,42	Rku=	2,77
Rp(μm)=	5,6	Rt(μm)=	11,5	Rtp=	3,29%
Rq(μm)=	2,22	Rsk=	0,325	Rk(μm)=	5,22

12^η Επιφάνεια

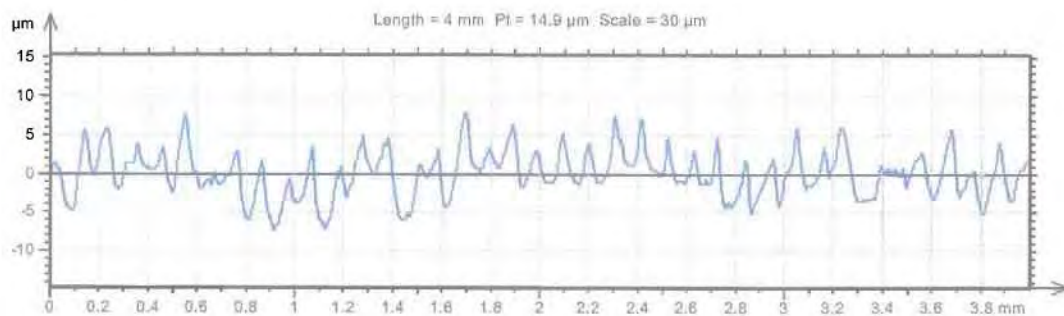
Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.10(mm/rev)	0.5mm	12sec	1600

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



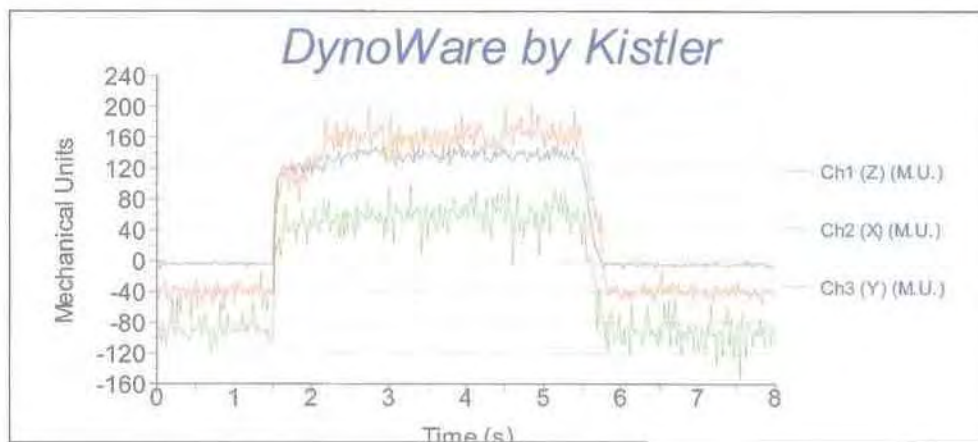
Ra(μm)=	2,03	Rv(μm)=	4,68	Rku=	2,84
Rp(μm)=	6,48	Rt(μm)=	12,4	Rtp=	1,00%
Rq(μm)=	2,54	Rsk=	0,268	Rk(μm)=	6,16

13^η Επιφάνεια

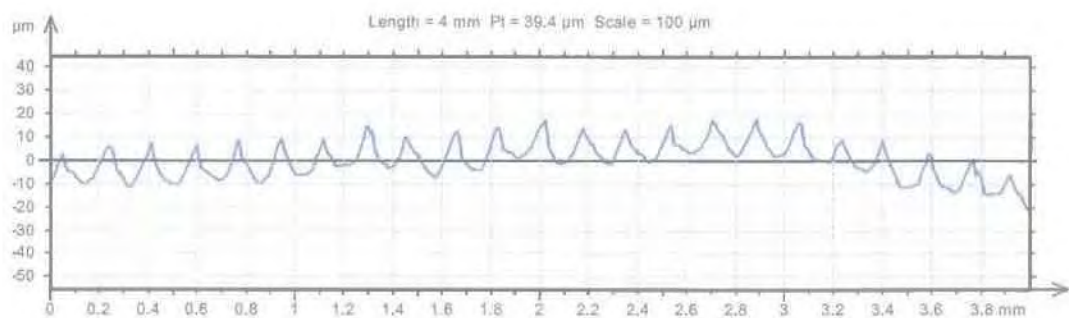
Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.18(mm/rev)	1.5mm	8sec	1600

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ

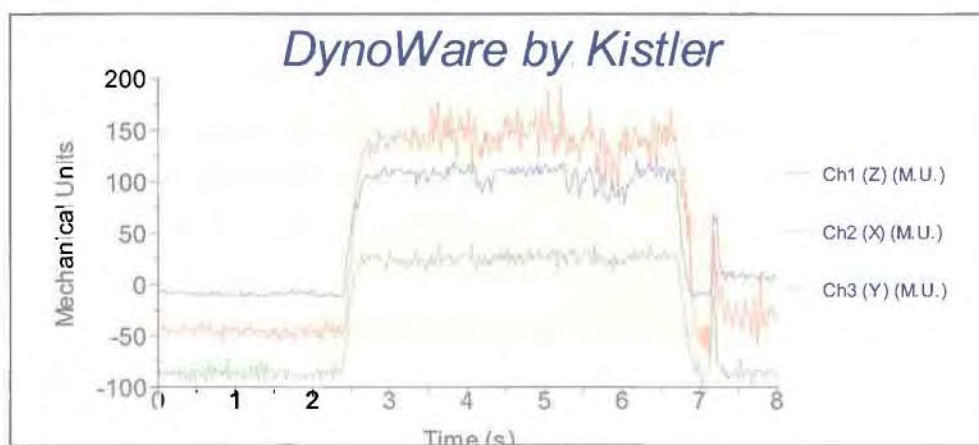


Ra(μm)=	4,24	Rv(μm)=	7,7	Rku=	2,39
Rp(μm)=	12,3	Rt(μm)=	22,2	Rtp=	0,50%
Rq(μm)=	5,07	Rsk=	0,615	Rk(μm)=	11,1

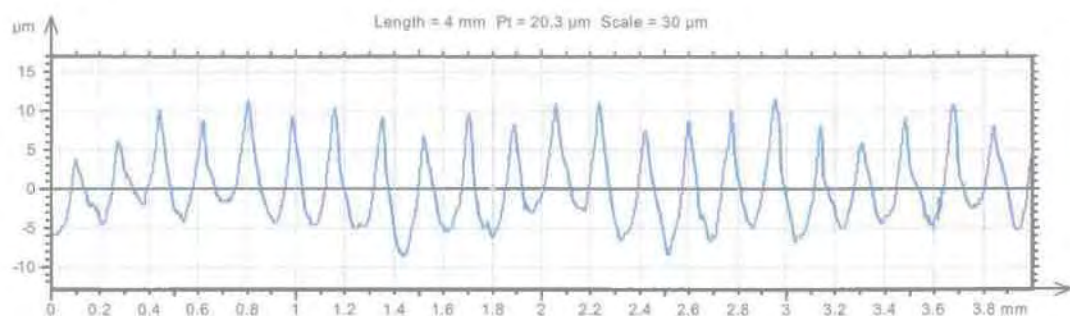
14^η Επιφάνεια Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.18(mm/rev)	1.0mm	8sec	1600

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



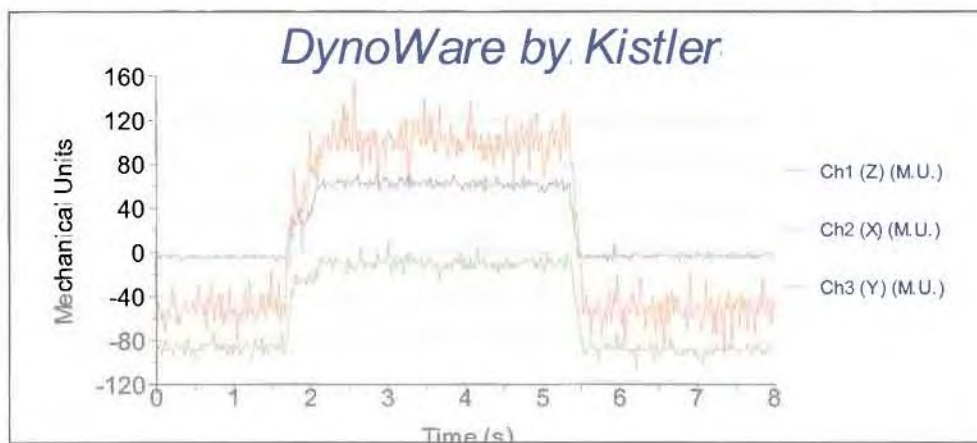
Ra(μm)=	3,94	Rv(μm)=	6,72	Rku=	2,76
Rp(μm)=	10,6	Rt(μm)=	19	Rtp=	0,643%
Rq(μm)=	4,63	Rsk=	0,628	Rk(μm)=	9,94

15^η Επιφάνεια

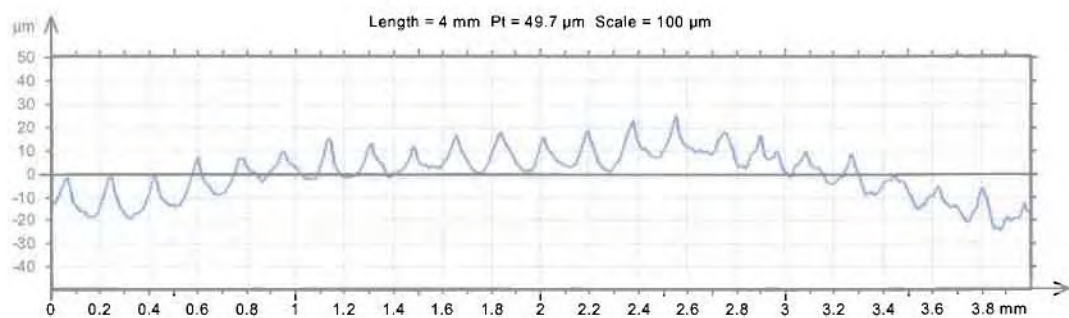
Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.18(mm/rev)	0.5mm	8sec	1600

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



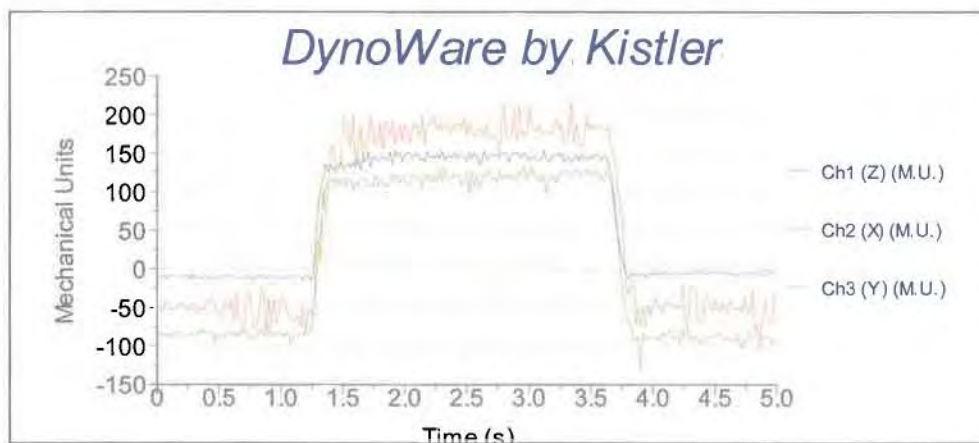
Ra(μm)=	4	Rv(μm)=	6,97	Rku=	2,6
Rp(μm)=	12,3	Rt(μm)=	21,7	Rtp=	0,40%
Rq(μm)=	4,8	Rsk=	0,778	Rk(μm)=	11,7

16^η Επιφάνεια

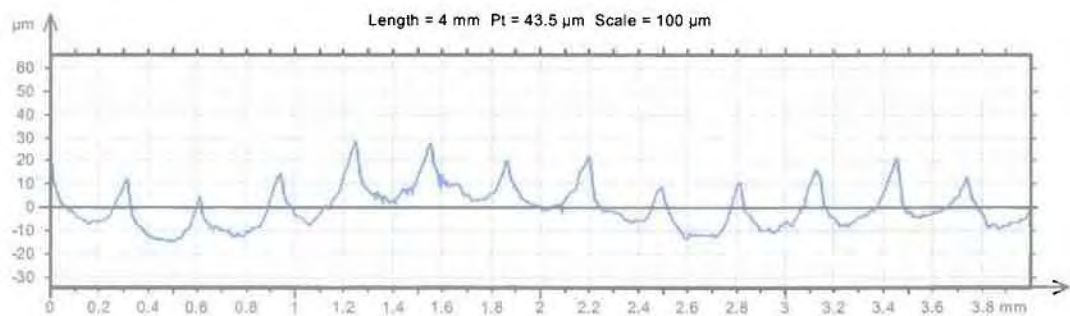
Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.33(mm/rev)	1.5mm	5sec	1600

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



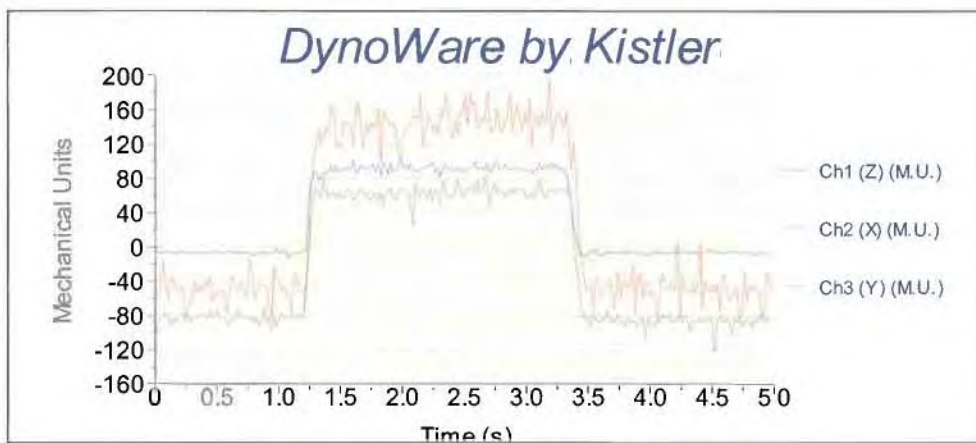
Ra(μm)=	5,13	Rv(μm)=	9,38	Rku=	3,54
Rp(μm)=	18,8	Rt(μm)=	30,7	Rtp=	0,20%
Rq(μm)=	6,41	Rsk=	1,12	Rk(μm)=	9,69

17^η Επιφάνεια

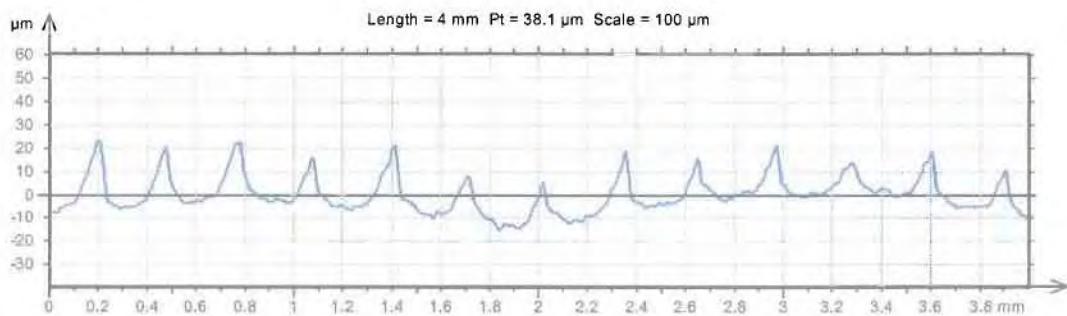
Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.33(mm/rev)	1.0mm	5sec	1600

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



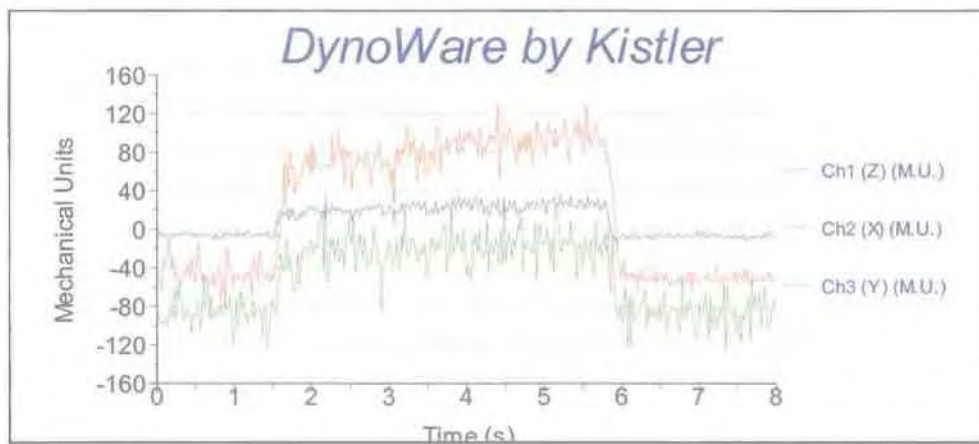
Ra(μm)=	5,26	Rv(μm)=	6,62	Rku=	3,86
Rp(μm)=	20,2	Rt(μm)=	26,8	Rtp=	0,30%
Rq(μm)=	6,62	Rsk=	1,37	Rk(μm)=	7,26

18^η Επιφάνεια

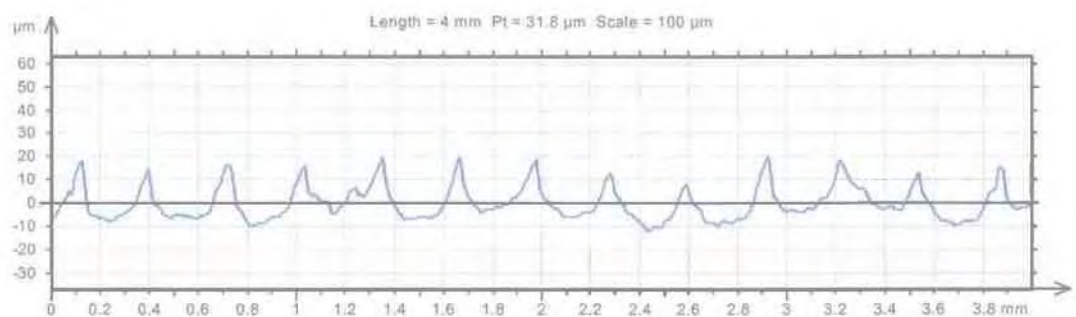
Συνθήκες κοπής:

Πρόωση	Βάθος κοπής	Χρόνος κοπής	Στροφές/min
0.33(mm/rev)	0.5mm	5sec	1600

ΔΥΝΑΜΟΜΕΤΡΗΣΗ



ΤΡΑΧΥΜΕΤΡΗΣΗ



Ra(μm)=	5,28	Rv(μm)=	8,32	Rku=	3,14
Rp(μm)=	16,7	Rt(μm)=	28,5	Rtp=	0,30%
Rq(μm)=	6,45	Rsk=	0,957	Rk(μm)=	11,3

4.1. Συνολική απεικόνιση αποτελεσμάτων τραχύτητας Ra- Δυνάμεων κοπής F(Nt)-Ανάλυση αποτελεσμάτων

Βάση των συνθηκών για δεδομένη σταθερή πρόωση και στροφές και αλλαγή του βάθους κοπής παρουσιάζονται οι παρακάτω πίνακες:

4.1.1 Για 800 στρ/min

A/A	n(στρ/min)	s(mm/rev)	a(mm)	Ra(μm)	Rt(μm)	F(Nt)
1	800	0,1	1,5	7,34	37.7	200
2	800	0,1	1.0	4,33	25.6	160
3	800	0,1	0,5	6,02	25.2	90

Πίνακας 1(Επιφάνειες 1,2,3)

Παρατηρούμε από τον πίνακα 1^ο ότι για 800 στρ/min και πρόωση σταθερή ίση με $s=0.1$ mm/rev υπάρχουν 2 πεδία σε σύναρτηση με το βάθος κοπής. Για τις τιμές από 1,5-1,0 mm έχουμε μείωση της τραχύτητας από $Ra=7.34$ σε 4.33 μm και $Rt=37.7$ σε 25,6 μm.

Στο πεδίο αυτό η Ft μειώνεται από 200 σε 160Nt..

Για το 2 πεδίο με τιμές βάθους κοπής 1,0-0,5 μm έχουμε μια αύξηση της τραχύτητας από $Ra=4.3$ σε 6,02μm και $Rt=25.6$ σε 26,5 μm.

Στο πεδίο αυτό παρατηρείται σημαντική μείωση και της Ft από 160 σε 90 Nt

A/A	n(στρ/min)	s(mm/rev)	a(mm)	Ra(μm)	Rt(μm)	F(Nt)
1	800	0,18	1,5	4,62	25.2	130
2	800	0,18	1.0	4,23	21.1	120
3	800	0,18	0,5	5,52	34.5	80

Πίνακας 2(Επιφάνειες4,5,6)

Στο 2^ο πίνακα όπου έχουμε 800 στρ/min και $s=0.18$ mm/rev αντιμετωπίζουμε πάλι 2 πεδία. Για την Ra έχω μείωση στο πέδιο από 1,5 σε 1,0 μm βάθος κοπής όπως και για την Rt από 4,62 σε 4,23 m και 25,2 σε 21,1 μm αντίστοιχα. Η δύναμη κοπής μειώνεται από 130 σε 120Nt.Ενώ στο πεδίο 1,0-0,5 μm έχουμε αύξηση της τραχύτητας και της Ra και της Rt από 4,23 σε 5,32 μm και 21,1 σε 34,5 μm αντίστοιχα και μείωση της δύναμης κοπής από 120σε 80 Nt.

A/A	n(σπρ/min)	s(mm/rev)	a(mm)	Ra(μm)	Rt(μm)	F(Nt)
1	800	0,33	1,5	7,14	33.8	165
2	800	0,33	1.0	8,51	42.7	160
3	800	0,33	0,5	8,02	37.5	100

Πίνακας 3(Επιφάνειες 7,8,9)

Στο 3^ο πίνακα για 800 σπρ/min και s=0.33 mm/rev παρατηρούμε πάλι το ίδιο φαινόμενο στη τραχύτητα Ra και Rt.. Αύξηση από 7,14 σε 8,51 μm και 33,8 σε 42,7 μm στο πρώτο πεδίο ενώ στη δύναμη έχω σχεδόν σταθερή τιμή 160Nt στο πεδίο του βάθους κοπής 1,5 σε 1,0 μm.

Στο πεδίο 1,0-0,5 μm έχουμε μείωση της τιμής της τραχύτητας Ra και Rt από 8,51 σε 8,02 μm και 42,7 σε 37,5 μm αντίστοιχα ενώ η δύναμη κοπής μειώνεται από 160 σε 100 Nt.

4.1.2 Για 1600 στρ/min

A/A	n(στρ/min)	s(mm/rev)	a(mm)	Ra(μm)	Rt(μm)	F(Nt)
1	1600	0,1	1,5	1,94	13.2	160
2	1600	0,1	1.0	1,78	11.5	130
3	1600	0,1	0,5	2,03	12.4	85

Πίνακας 4(Επιφάνειες 10,11,12)

Για τον 4^ο πίνακα όπου έχουμε 1600 στρ/min και πρόωση σταθερή ίση με $s=0.1$ mm/rev στο πρώτο πεδίο τιμών του βάθους κοπής 1,5-1,0 μm έχουμε μείωση της τραχύτητας Ra και Rt από 1,94 σε 1,78 μm και 13,2 σε 11,5 μm. Ενώ για τη δύναμη κοπής παρατηρείται μείωση από 160 σε 130 Nt.

Στο πεδίο 1,0-0,5 μm αντίθετα η τραχύτητα Ra καθώς και η Rt αυξάνεται από 1,78 σε 2,03 μm και 11,5 σε 12,4 μm. Την ίδια πτωτική πορεία όπως στο πρώτο πεδίο ακολουθεί η Ft από 130 σε 85 Nt.

A/A	n(στρ/min)	s(mm/rev)	a(mm)	Ra(μm)	Rt(μm)	F(Nt)
1	1600	0,18	1,5	4,24	22.2	170
2	1600	0,18	1.0	3,94	14	150
3	1600	0,18	0,5	4	21.7	100

Πίνακας 5(Επιφάνειες 13,14,15)

Στο 5^ο πίνακα έχουμε 1600 στρ/min και πρόωση σταθερή ίση με $s=0.18$ mm/rev στο πεδίο 1,5-1,0 μm έχω μείωση της τραχύτητας Ra από 4.24 σε 3,94 μm και Rt από 22,2 σε 14 μm. Ενώ η δύναμη κοπής μειώνεται από 170 σε 150 Nt.

Στο κομμάτι 1,0-0,5 μm η τραχύτητα αυξάνεται από 3,94 σε 4 μm και 14 σε 21,7 μm αντίστοιχα. Όμως η Ft συνεχίζει πτωτική πορεία από 150 σε 100 Nt.

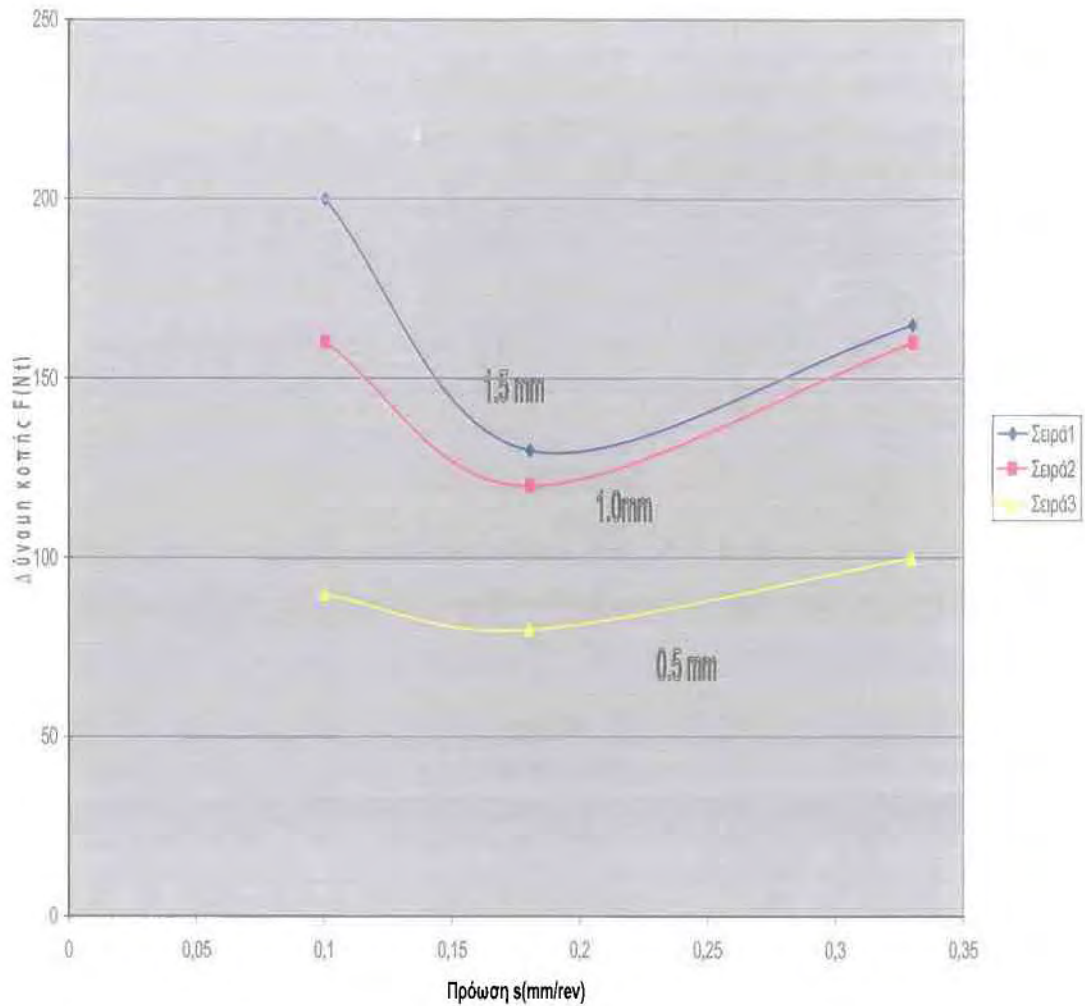
A/A	n(σπρ/min)	s(mm/rev)	a(mm)	Ra(μm)	Rt(μm)	F(Nt)
1	1600	0,33	1,5	5,13	20.7	190
2	1600	0,33	1.0	5,26	26.8	150
3	1600	0,33	0,5	5,28	28.5	110

Πίνακας 6(Επιφάνειες 16,17,18)

Τέλος ο πίνακας 6^ο για 1600 σπρ/min και πρόωση σταθερή ίση με $s=0.33$ mm/rev Έχω για την τραχύτητα συνεχόμενη αύξηση της Ra στις τιμες από 5,13 σε 5,26 και 5,28 μm και της Rt από 20.7 σε 26.8 και 28,5 μm για βάθος κοπής από 1,5 σε 1,0 και 0,5 μm αντίστοιχα.Ενώ η δύναμη κοπής έχει φθίνουσα πορεία από 190 σε 150 και 110 Nt.

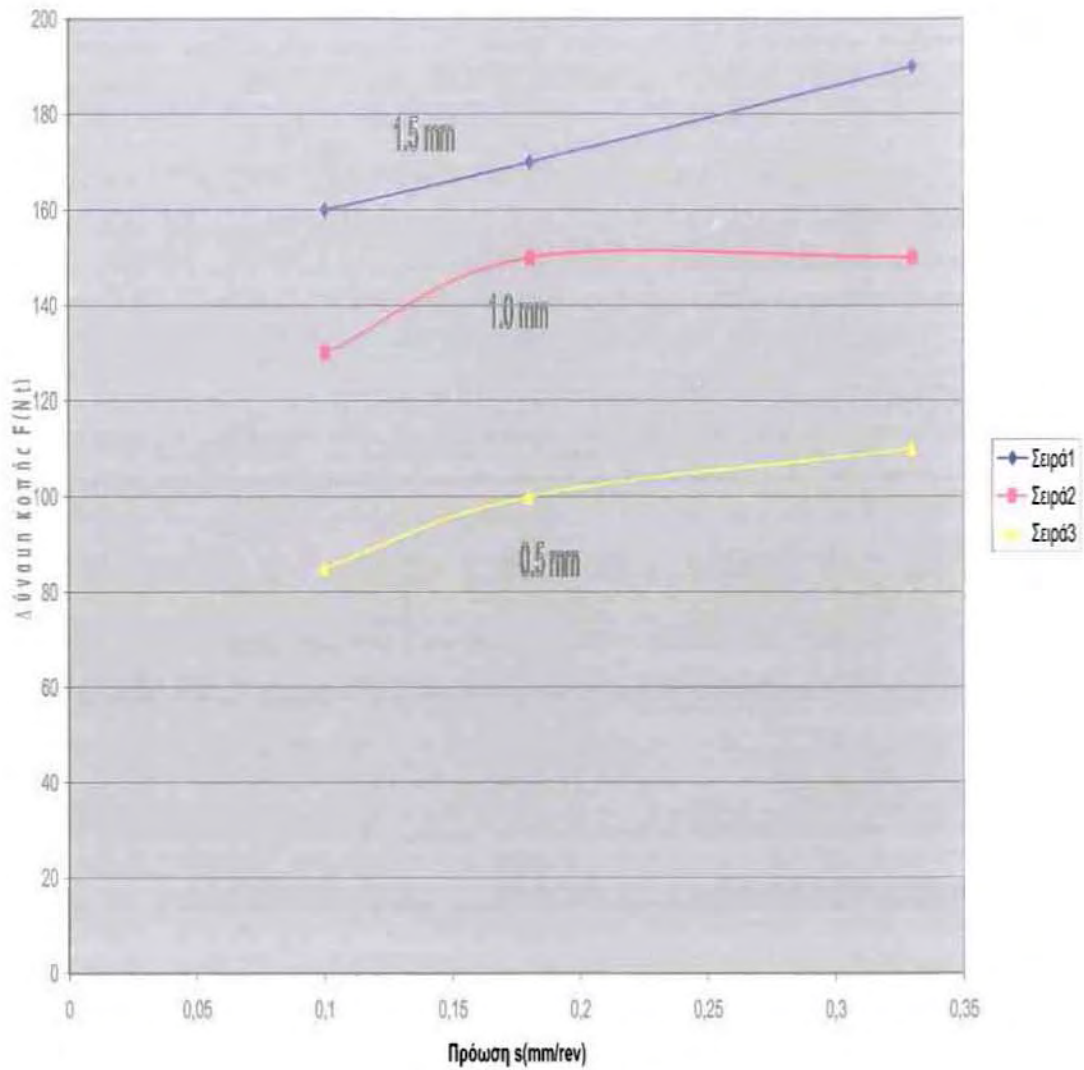
4.1.3. Απεικόνιση σε γραφήματα της πρόωσης συναρτήσει της τραχύτητας (Ra και Rt) και δύναμη κοπής.

Γραφημα 1 για 800στρο/min



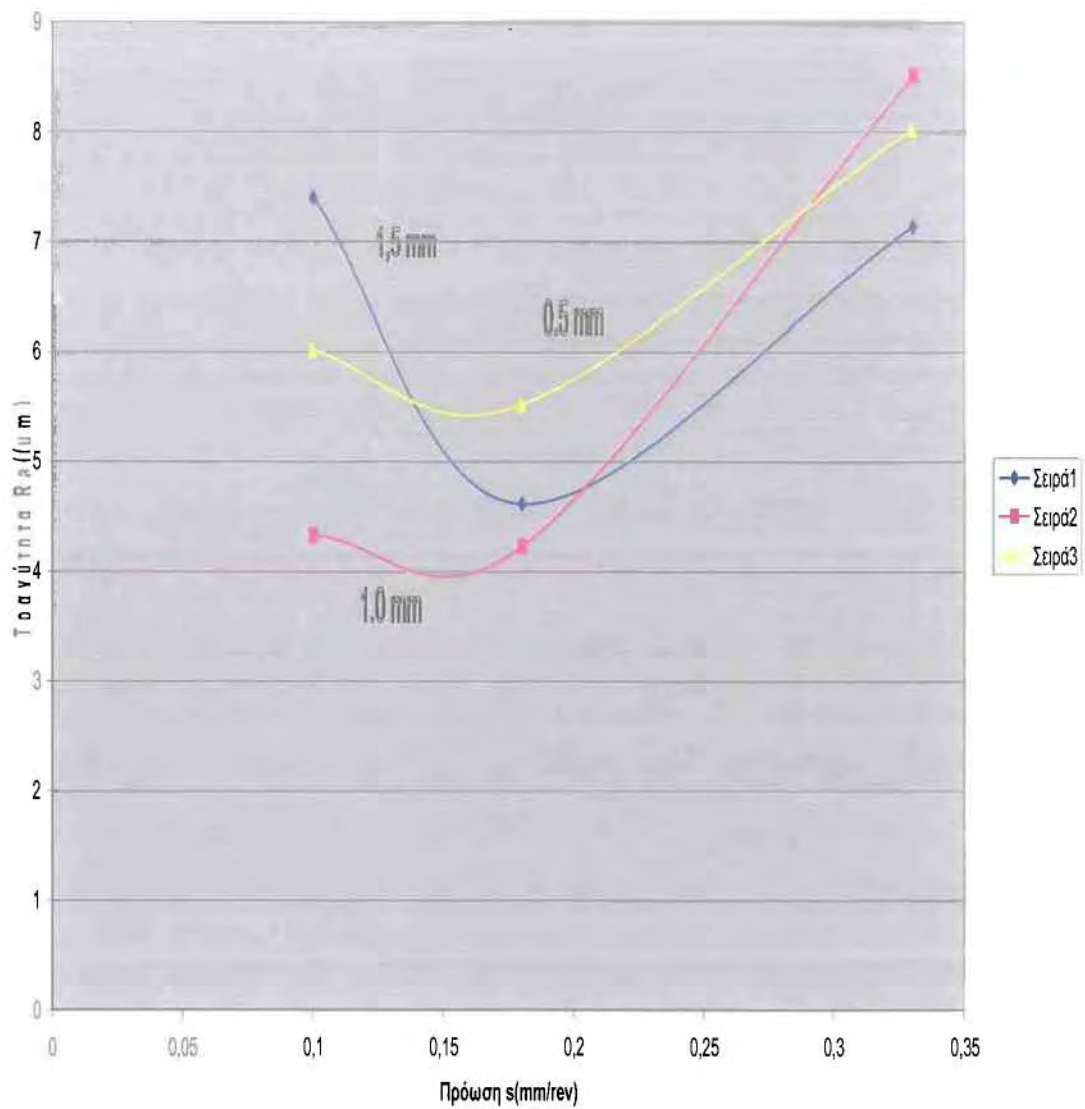
	a(mm)	1.5	1.0	0.5
A/A	s(mm/rev)(χ)	F(Nt)	F(Nt)	F(Nt)
1	0,1	200	160	90
2	0,18	130	120	80
3	0,33	165	160	100

Γράφημα 2 για 1600στρο/μιν



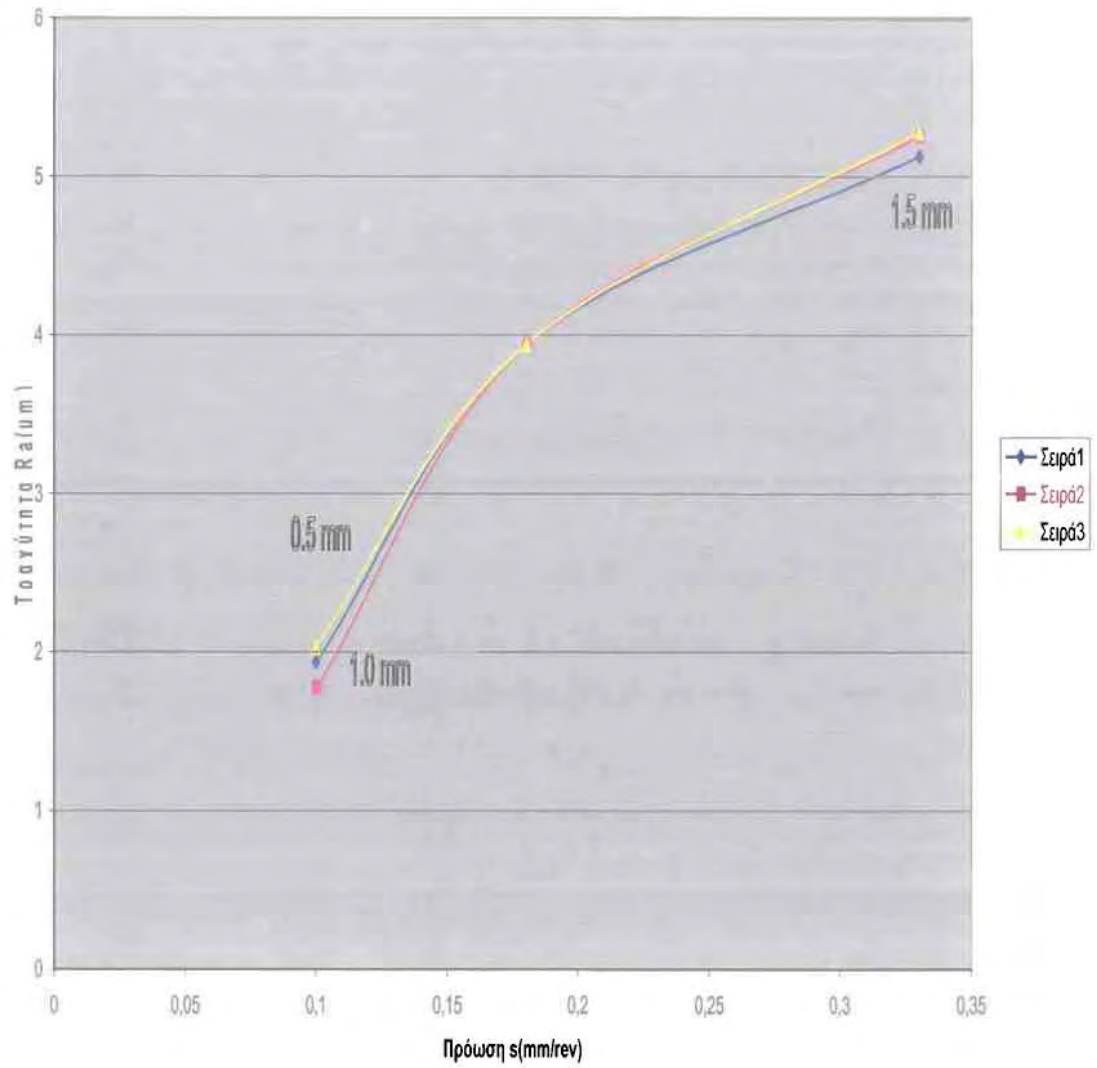
	a(mm)	1.5	1.0	0.5
A/A	s(mm/rev)	F(Nt)	F(Nt)	F(Nt)
1	0,1	160	130	85
2	0,18	170	150	100
3	0,33	190	150	110

Γράφημα 3 για 800στρ/min



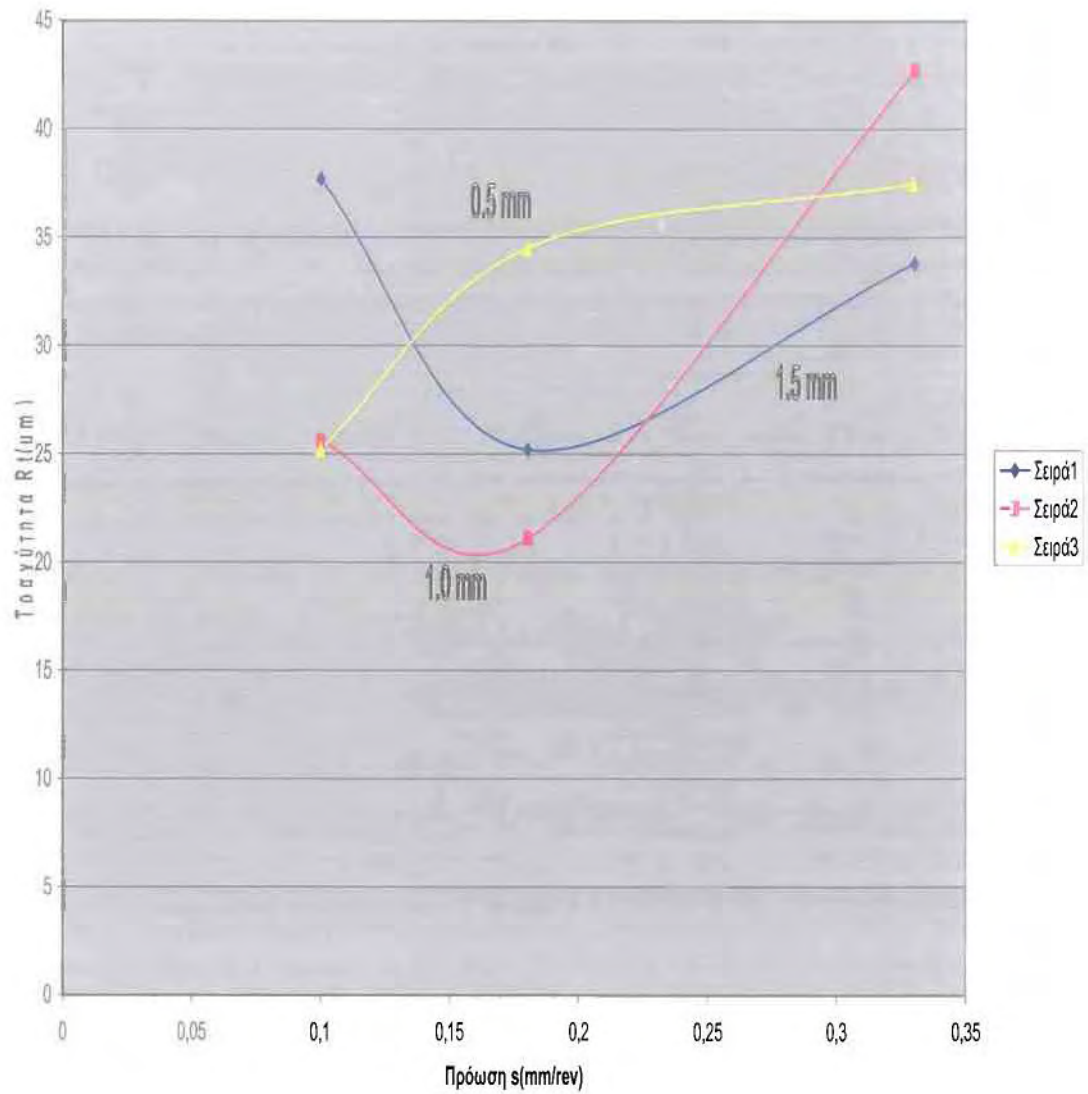
	a(mm)	1.5	1.0	0.5
A/A	s(mm/rev)	Ra(μm)	Ra(μm)	Ra(μm)
1	0,1	7,4	4,33	6,02
2	0,18	4,62	4,23	5,52
3	0,33	7,14	8,51	8,02

Γράφημα 4 για 1600στρ/μιν



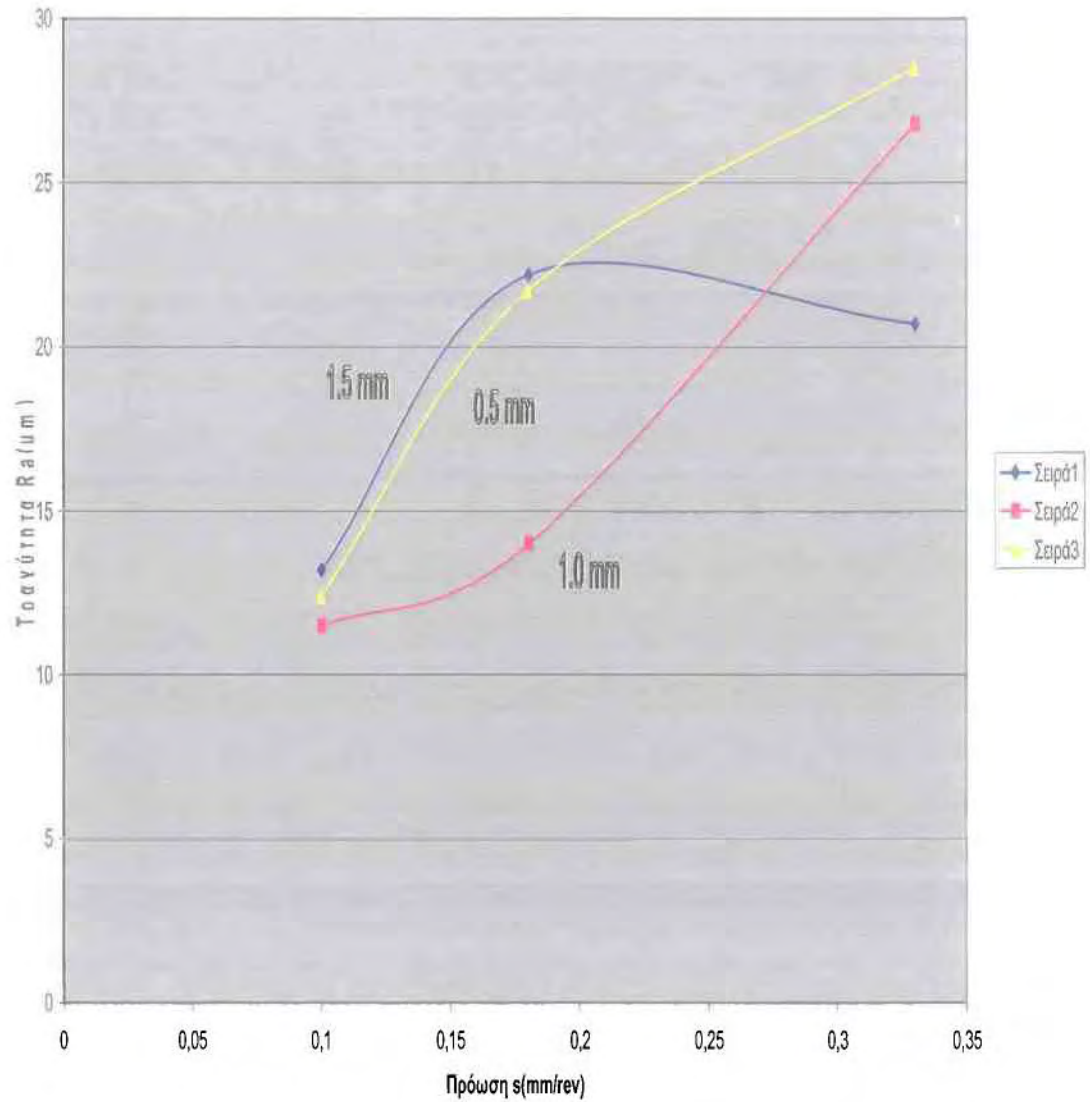
	a(mm)	1,5	1	0,5
A/A	s(mm/rev)	Ra(μm)	Ra(μm)	Ra(μm)
1	0,1	1,94	1,78	2,03
2	0,18	3,94	3,94	3,94
3	0,33	5,13	5,26	5,28

Γράφημα 5 για 800στρ/μιν



	$a(\text{mm})$	1,5	1	0,5
A/A	$s(\text{mm/rev})$	$R_t(\mu\text{m})$	$R_t(\mu\text{m})$	$R_t(\mu\text{m})$
1	0,1	37,7	25,6	25,2
2	0,18	25,2	21,1	34,5
3	0,33	33,8	42,7	37,5

Γράφημα 6 για 1600στρ/min



	a(mm)	1,5	1	0,5
A/A	s(mm/rev)	Rt(μm)	Rt(μm)	Rt(μm)
1	0,1	13,2	11,5	12,4
2	0,18	22,2	14	21,7
3	0,33	20,7	26,8	28,5

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

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 δυναμομέτρηση και η τραχυμέτρηση.

5.1.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Από τους άνωθεν πίνακες των αποτελεσμάτων παρατηρούμε ότι για 800στρ/μίν και 1,5 μμ βάθος κοπής η Ra και η Rt μειώνονται για το πεδίο της πρόωσης από 0,1 σε 0,18 mm/rev ενώ από 0,18 σε 0,33 mm/rev αυξάνονται. Η δύναμη κοπής μειώνεται και για τα δύο πεδία.
- Για 800στρ/μίν και 1,0 μμ βάθος κοπής η τραχύτητα και η Ra καθώς και η Rt έχουν την ίδια συμπεριφορά με το παραπάνω αλλά η δύναμη στο πρώτο πεδίο μειώνεται ενώ στο δεύτερο αυξάνεται.
- Τέλος για 800στρ/μίν και 0,5 μμ βάθος κοπής η Ra μειώνεται για το πεδίο της πρόωσης από 0,1 σε 0,18 mm/rev ενώ από 0,18 σε 0,33 mm/rev αυξάνεται. Αντίθετα η Rt αυξάνεται και στα δύο πεδία ενώ η δύναμη κοπής μειώνεται στο 1^ο πεδίο ενώ αυξάνεται στο πεδίο τιμών 0,18 σε 0,33 mm/rev.
- Από τους πίνακες για 1600 αυξάνεται στρ/μίν και 1,5 μμ βάθος κοπής παρατηρούμε ότι όσο η πρόωση αυξάνεται από 0,1 σε 0,18 και 0,33 mm/rev οι τιμές της τραχύτητας τόσο της Ra όσο και της Rt αυξάνονται γεγονός που σημαίνει ότι η τραχύτητα χειροτερεύει. Επίσης αφού αυξάνεται η πρόωση αυξάνονται και οι τιμές της δυνάμεως κοπής.
- Την ίδια συμπεριφορά έχουμε και για βάθος κοπής 1,0 μμ τόσο στη Ra όσο και στη Rt. όσο και για την δύναμη κοπής από πρόωση 0,1 σε 0,18 mm/rev και 0,33 mm/rev να παρουσιάζουν αύξηση.
- Τέλος για βάθος κοπής 0,5 μμ αντιμετωπίζουμε την ίδια συμπεριφορά όπως και για 1,0 μμ τόσο στη Ra όσο και στη Rt και για την δύναμη κοπής
- Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι στις 1600 στρ/μίν το υλικό μας όσο η πρόωση αυξάνεται η τραχύτητα χειροτερεύει κάτι που συμβαίνει μερικώς στις 800 στρ/μίν με πιθανή αιτία την ύπαρξη ταλαντώσεων. Επίσης η δύναμη κοπής ακολουθεί αυξητική τάση από 0,1 σε 0,18 mm/rev και 0,33 mm/rev.

5.2.ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

- 1) 1) Επιπλέον κατεργασίες για μεγαλύτερο εύρος τιμών της πρόωσης, του βάθους κοπής και των στροφών.
- 2) Κατεργασία του συγκεκριμένου υλικού με χρήση διαφορετικών εργαλειομηχανών όπως φρέζα, δράπανο, πλάνη και γλύφανση.
- 3) Επεξεργασία των αποτελεσμάτων με χρήση υπολογιστικών εργαλείων για άμεση χρήση στις διεργασίες της τórνευσης.
- 4) Συγκριτική μελέτη με άλλα κράματα χαλκού
- 5) Μελέτη της μεταβολής της δομής του επιφανειακού κατεργασμένου στρώματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1) www.specialmetals.com

2) Π. Γ. Πετρόπουλου, *"Μηχανουργική Τεχνολογία - Τεχνολογία Κατεργασιών Κοπής των Μετάλλων - ΤΟΜΟΣ ΙΙ-1 "*, Εκδόσεις Ζήτη, 1991

3) Π. Γ. Πετρόπουλου, *"Μαθήματα Μηχανουργικής Τεχνολογίας – Θεωρία και Τεχνολογία Μηχανουργικών Κατεργασιών των Μετάλλων – ΤΕΥΧΟΣ ΙΙ "*, Εκδόσεις Ζήτη, 1991.

4) <http://www.kistler.com>

5) Rank TaylorHobson, *"Talyprofile handbookversion 1.1.1"*, 1995

6) <http://www.metadosi-ischios.gr>

7) <http://www.matweb.com>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1) Parameters calculated on the profile daf000124

* Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.

* A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 7.34 μm
Ra = 7.34 μm
Rq = 8.58 μm
Rp = 17.9 μm
Rv = 12.3 μm
Rt = 37.7 μm
Rsk = 0.61
Rku = 3.2
Rz = 30.3 μm
Rmr = 0.9 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 15.8 μm (20%-80%)
RSm = 0.36 mm
Rdq = 11.1 °
RLq = 0.277 mm
RLo = 1.95 %
RzJIS = 27.1 μm
R3z = 26.4 μm
RPc = 2.81 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 18.7 μm
Rfd = 1.19
RHSC = 3 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 8.38 °
RLa = 0.315 mm
Rmax = 37.7 μm
Rtm = 30.3 μm
Ry = 37.7 μm
RH = 27.6 μm
RD = 2.78 1/mm
RS = 0.323 mm
RVo = 0.017 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.9 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 15.8 μm (20%-80%)
Rrms = 8.58 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Wa = 15.4 μm
Wq = 17.1 μm
Wp = 14.9 μm
Wv = 25.5 μm
Wt = 71 μm
Wsk = -1.69
Wku = 3.64

$Wz = 40.4 \mu\text{m}$
 $Wmr = 4.32 \% \text{ (1 } \mu\text{m under the highest peak)}$
 $Wdc = 36.4 \mu\text{m (20\%-80\%)}$
 $Wsm = 1.14 \text{ mm}$
 $Wdq = 4.65^\circ$
 $WLq = 1.32 \text{ mm}$
 $WLo = 0.342 \%$
 $WzJIS = 10.1 \mu\text{m}$
 $W3z = 10.1 \mu\text{m}$
 $Wpc = 0.938 \text{ pks/mm (+/- 0.5 } \mu\text{m)}$
 $Wc = 40.9 \mu\text{m}$
 $WHSC = 1 \text{ peaks (1 } \mu\text{m under the highest peak)}$
 $Wda = 3.98^\circ$
 $WLa = 1.39 \text{ mm}$
 $Wmax = 47.8 \mu\text{m}$
 $Wtm = 40.4 \mu\text{m}$
 $Wy = 47.8 \mu\text{m}$
 $WH = 68.6 \mu\text{m}$
 $WD = 0.879 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.464 \text{ mm}$
 $WVo = 0.0164 \text{ mm}^3/\text{mm}^2 \text{ (80\%)}$
 $Wtp = 4.32 \% \text{ (1 } \mu\text{m under the highest peak)}$
 $WHTp = 36.4 \mu\text{m (20\%-80\%)}$
 $Wrms = 17.1 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

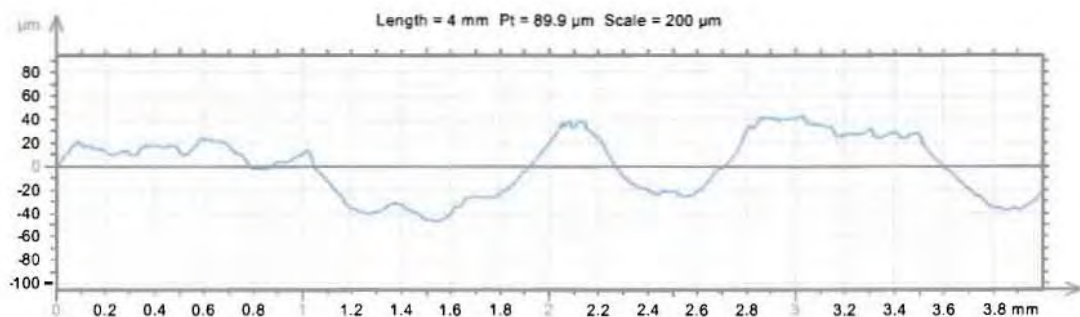
AF = 2.11 μm

Plastic Parameters

CH = 37.3

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 28.2 μm



2) Parameters calculated on the profile daf00019

* Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.

* A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 4.33 μm
Ra = 4.33 μm
Rq = 5.09 μm
Rp = 11.5 μm
Rv = 8.4 μm
Rt = 25.6 μm
Rsk = 0.199
Rku = 2.83
Rz = 19.9 μm
Rmr = 0.3 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 8.52 μm (20%-80%)
RSm = 0.228 mm
Rdq = 11.7 °
RLq = 0.157 mm
RLo = 1.9 %
RzJIS = 18.1 μm
R3z = 18.2 μm
RPc = 3.75 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 12.3 μm
Rfd = 1.14
RHSC = 1 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 7.65 °
RLa = 0.204 mm
Rmax = 25.6 μm
Rtm = 19.9 μm
Ry = 25.6 μm
RH = 15.7 μm
RD = 4.38 1/mm
RS = 0.186 mm
RVo = 0.0089 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.3 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 8.52 μm (20%-80%)
Rrms = 5.09 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

λ Wa = 2.69 μm
Wq = 3.21 μm
Wp = 2.73 μm
Wv = 4.86 μm

Wt = 11.6 μm
 Wsk = -1.46
 Wku = 3.44
 Wz = 7.6 μm
 Wmr = 20.4 % (1 μm under the highest peak)
 Wdc = 6.23 μm (20%-80%)
 WSm = 1.3 mm
 Wdq = 1.1 $^\circ$
 WLq = 1.05 mm
 WLo = 0.0333 %
 WzJIS = 3.63 μm
 W3z = 3.63 μm
 Wpc = 0.625 pks/mm (+/- 0.5 μm)
 Wc = 8.97 μm
 WHSC = 2 peaks (1 μm under the highest peak)
 Wda = 0.802 $^\circ$
 WLa = 1.21 mm
 Wmax = 10.5 μm
 Wtm = 7.6 μm
 Wy = 10.5 μm
 WH = 10.5 μm
 WD = 0.767 1/mm
 WS = 0.742 mm
 WVo = 0.00126 mm³/mm² (80%)
 Wtp = 20.4 % (1 μm under the highest peak)
 WHTp = 6.23 μm (20%-80%)
 Wrms = 3.21 μm

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

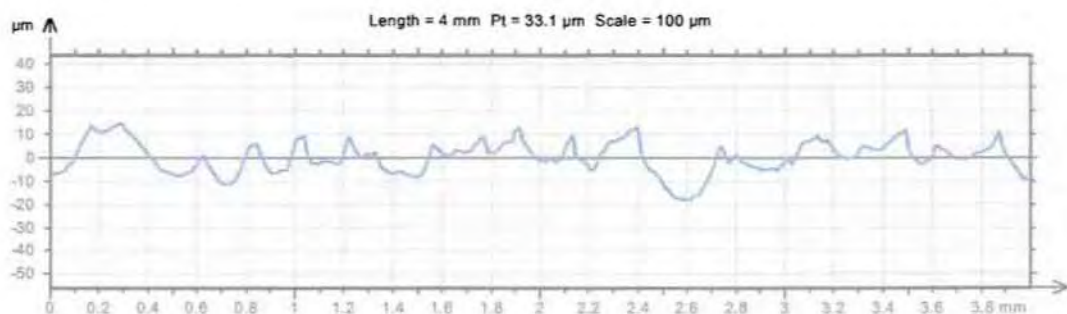
AF = 2.27 μm

Plastic Parameters

CH = 32.7

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 13.8 μm



3) Parameters calculated on the profile daf000110

* Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.

* A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 6.02 μm
Ra = 6.02 μm
Rq = 7.25 μm
Rp = 18.8 μm
Rv = 10 μm
Rt = 36.5 μm
Rsk = 0.644
Rku = 2.94
Rz = 28.8 μm
Rmr = 0.3 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 12.7 μm (20%-80%)
RSm = 0.341 mm
Rdq = 11.6 °
RLq = 0.226 mm
RLo = 1.9 %
RzJIS = 22.3 μm
R3z = 20.8 μm
R_{Pc} = 3.13 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 18.6 μm
Rfd = 1.18
RHSC = 1 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 8.38 °
RLa = 0.259 mm
Rmax = 32.5 μm
Rtm = 28.8 μm
Ry = 32.5 μm
RH = 22.5 μm
RD = 2.93 1/mm
RS = 0.205 mm
RVo = 0.0184 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.3 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 12.7 μm (20%-80%)
Rrms = 7.25 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

λ Wa = 4.02 μm
Wq = 4.94 μm
Wp = 5.54 μm
Wv = 10.1 μm
Wt = 18.4 μm
Wsk = -1.24
Wku = 3.01

$Wz = 15.6 \mu\text{m}$
 $Wmr = 4 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $Wdc = 8.33 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wsm = 0.643 \text{ mm}$
 $Wdq = 2.1^\circ$
 $WLq = 0.845 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0832 \%$
 $WzJIS = 11.3 \mu\text{m}$
 $W3z = 11.3 \mu\text{m}$
 $Wpc = 1.56 \text{ pks/mm}$ (+/- 0.5 μm)
 $Wc = 11.1 \mu\text{m}$
 $WHSC = 1 \text{ peaks}$ (1 μm under the highest peak)
 $Wda = 1.8^\circ$
 $WLa = 0.806 \text{ mm}$
 $Wmax = 18.4 \mu\text{m}$
 $Wtm = 15.6 \mu\text{m}$
 $Wy = 18.4 \mu\text{m}$
 $WH = 15.4 \text{ } \underline{\quad} 2\mu\text{m}$
 $WD = 1.55 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.533 \text{ mm}$
 $WVo = 0.00338 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ (80%)
 $Wtp = 4 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $WHTp = 8.33 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wrms = 4.94 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

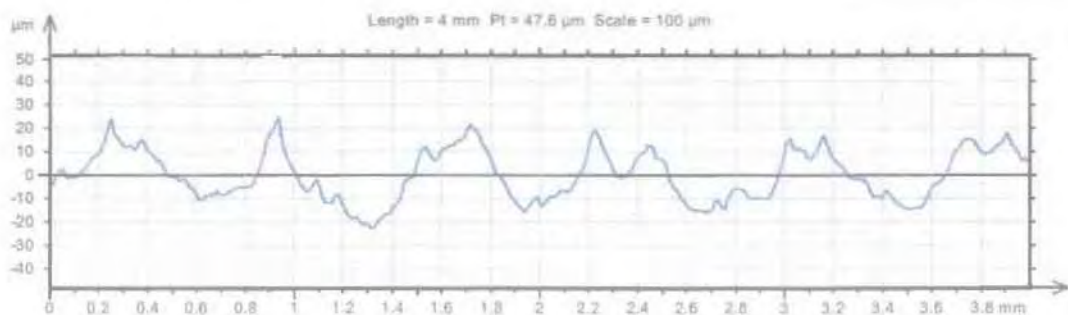
AF = 2.36 μm

Plastic Parameters

CH = 35.6

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 22.2 μm



4) Parameters calculated on the profile daf000125

- * Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.
- * A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 4.62 μm
Ra = 4.62 μm
Rq = 5.5 μm
Rp = 13.5 μm
Rv = 7.54 μm
Rt = 25.2 μm
Rsk = 0.723
Rku = 2.54
Rz = 21 μm
Rmr = 0.267 % (1 μm under the highest peak)
tab Rdc = 10.1 μm (20%-80%)
RSm = 0.176 mm
Rdq = 15.8 °
RLq = 0.126 mm
RLo = 3.72 %
RzJIS = 19.9 μm
R3z = 19.8 μm
RPC = 5.63 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 17.8 μm
Rfd = 1.09
RHSC = 1 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 11.1 °
RLa = 0.15 mm
Rmax = 21.9 μm
Rtm = 21 μm
Ry = 21.9 μm
RH = 17.9 μm
RD = 5.67 1/mm
RS = 0.168 mm
RVo = 0.0127 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.267 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 10.1 μm (20%-80%)
Rrms = 5.5 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Wa = 1.97 μm
Wq = 2.21 μm
Wp = 2.36 μm
Wv = 1.52 μm
Wt = 8.54 μm
Wsk = 1.34
Wku = 3.17

$Wz = 3.88 \mu\text{m}$
 $Wmr = 8.71 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $Wdc = 3.85 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wsm = 1.1 \text{ mm}$
 $Wdq = 0.627^\circ$
 $WLq = 1.27 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0217 \%$
 $WzJIS = 2.21 \mu\text{m}$
 $W3z = 2.21 \mu\text{m}$
 $Wpc = 0.313 \text{ pks/mm}$ (+/- 0.5 μm)
 $Wc = 2.91 \mu\text{m}$
 $WHSC = 1 \text{ peaks}$ (1 μm under the highest peak)
 $Wda = 0.352^\circ$
 $WLa = 2.01 \text{ mm}$
 $Wmax = 4.98 \mu\text{m}$
 $Wtm = 3.88 \mu\text{m}$
 $Wy = 4.98 \mu\text{m}$
 $1 \text{ WH} = 7.4 \mu\text{m}$
 $WD = 0.908 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.252 \text{ mm}$
 $WVo = 0.00285 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ (80%)
 $Wtp = 8.71 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $WHTp = 3.85 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wrms = 2.21 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

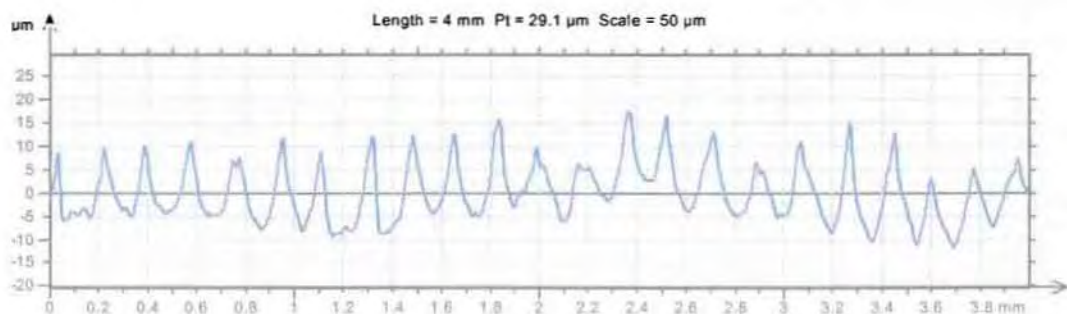
AF = 3.88 μm

Plastic Parameters

CH = 33.3

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 12.4 μm



5) Parameters calculated on the profile daf00014

- * Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.
- * A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 4.23 μm
Ra = 4.23 μm
Rq = 4.98 μm
Rp = 11.2 μm
Rv = 7.84 μm
Rt = 21.1 μm
Rsk = 0.406
Rku = 2.21
Rz = 19.1 μm
Rmr = 0.7 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 9.11 μm (20%-80%)
RSm = 0.175 mm
Rdq = 13.4 °
RLq = 0.134 mm
RLo = 2.63 %
RzJIS = 17.7 μm
R3z = 17.9 μm
RPC = 5.63 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 14.5 μm
Rfd = 1.12
RHSC = 2 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 10.2 °
RLa = 0.15 mm
Rmax = 20.6 μm
Rtm = 19.1 μm
Ry = 20.6 μm
RH = 15.9 μm
RD = 5.7 1/mm
RS = 0.166 mm
RVo = 0.00925 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.7 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 9.11 μm (20%-80%)
Rrms = 4.98 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

ab Wa = 0.882 μm
Wq = 1.03 μm
Wp = 1.38 μm
Wv = 1.33 μm
Wt = 3.88 μm
Wsk = -0.16
Wku = 2.87

$Wz = 2.71 \mu\text{m}$
 $Wmr = 15.4 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $Wdc = 1.63 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wsm = 1.1 \text{ mm}$
 $Wdq = 0.532^\circ$
 $WLq = 0.697 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0194 \%$
 $WzJIS = 2.23 \mu\text{m}$
 $W3z = 2.23 \mu\text{m}$
 $Wpc = 0.313 \text{ pks/mm}$ (+/- 0.5 μm)
 $Wc = 2.68 \mu\text{m}$
 $WHSC = 1 \text{ peaks}$ (1 μm under the highest peak)
 $Wda = 0.251^\circ$
 $WLa = 1.26 \text{ mm}$
 $Wmax = 3.3 \mu\text{m}$
 $Wtm = 2.71 \mu\text{m}$
 $Wy = 3.3 \mu\text{m}$
 $WH = 3.59 \mu\text{m}$
 $WD = 0.909 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.864 \text{ mm}$
 $WVo = 0.000818 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ (80%)
 $Wtp = 15.4 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $WHTp = 1.63 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wrms = 1.03 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

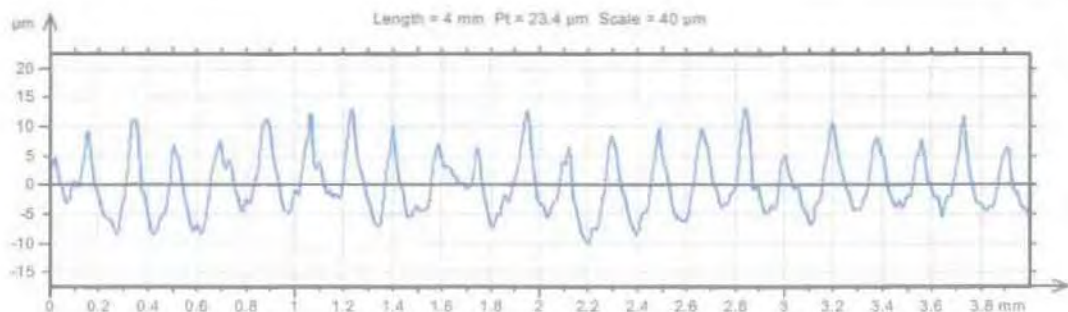
AF = 3.64 μm

Plastic Parameters

CH = 32.5

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 12.2 μm



6) Parameters calculated on the profile daf00015

- * Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.
- * A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 5.52 μm
Ra = 5.52 μm
Rq = 6.7 μm
Rp = 16.2 μm
Rv = 13.7 μm
Rt = 34.5 μm
Rsk = 0.302
Rku = 2.49
Rz = 29.8 μm
Rmr = 0.3 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 12.1 μm (20%-80%)
RSm = 0.18 mm
Rdq = 19.1 °
RLq = 0.126 mm
RLo = 5.08 %
RzJIS = 24 μm
R3z = 23 μm
RPC = 5.63 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 19.9 μm
Rfd = 1.15
RHSC = 1 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 14.4 °
RLa = 0.138 mm
Rmax = 34.5 μm
Rtm = 29.8 μm
Ry = 34.5 μm
RH = 21.3 μm
RD = 5.56 1/mm
RS = 0.163 mm
RVo = 0.00707 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.3 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 12.1 μm (20%-80%)
Rrms = 6.7 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Wa = 2.55 μm
Wq = 2.97 μm
Wp = 3.14 μm
Wv = 2.98 μm
Wt = 11.9 μm
Wsk = -1.01
Wku = 3.97

$Wz = 6.12 \mu\text{m}$
 $Wmr = 8.2 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $Wdc = 4.21 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wsm = 1.57 \text{ mm}$
 $Wdq = 0.891^\circ$
 $WLq = 1.2 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0272 \%$
 $WzJIS = 5.17 \mu\text{m}$
 $W3z = 5.38 \mu\text{m}$
 $Wpc = 0.313 \text{ pks/mm}$ (+/- 0.5 μm)
 $Wc = 6.9 \mu\text{m}$
 $WHSC = 1 \text{ peaks}$ (1 μm under the highest peak)
 $Wda = 0.6^\circ$
 $WLa = 1.53 \text{ mm}$
 $Wmax = 9.65 \mu\text{m}$
 $Wtm = 6.12 \mu\text{m}$
 $Wy = 9.65 \mu\text{m}$
 $WH = 10.8^\circ$ 5m
 $WD = 0.635 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.404 \text{ mm}$
 $WVo = 0.00083 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ (80%)
 $Wtp = 8.2 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $WHTp = 4.21 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wrms = 2.97 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

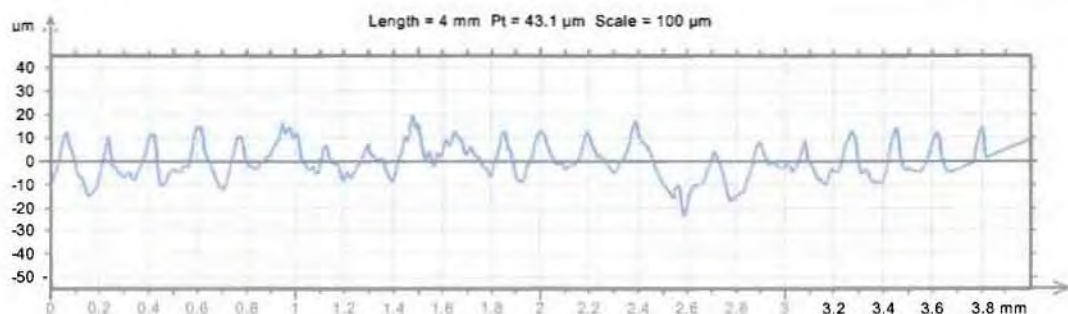
AF = 5.27 μm

Plastic Parameters

CH = 34.8

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 15.7 μm



7) Parameters calculated on the profile daf00016

- * Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.
- * A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 7.14 μm
Ra = 7.14 μm
Rq = 8.75 μm
Rp = 22.4 μm
Rv = 9.54 μm
Rt = 37.8 μm
Rsk = 1.19
Rku = 3.11
Rz = 32 μm
Rmr = 0.3 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 14.6 μm (20%-80%)
RSm = 0.296 mm
Rdq = 18.2 °
RLq = 0.173 mm
RLo = 4.57 %
RzJIS = 26.4 μm
R3z = 28.1 μm
R_{Pc} = 3.13 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 28 μm
Rfd = 1.1
RHSC = 1 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 11.9 °
RLa = 0.216 mm
Rmax = 35.9 μm
Rtm = 32 μm
Ry = 35.9 μm
RH = 26.9 μm
RD = 3.38 1/mm
RS = 0.282 mm
RVo = 0.0219 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.3 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 14.6 μm (20%-80%)
Rrms = 8.75 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Wa_{ab} = 8.39 μm
Wq = 8.91 μm
Wp = 11.2 μm
Wv = 0.24 μm
Wt = 25.4 μm
Wsk = 1.17
Wku = 1.79

Wz = 11.4 μm
 Wmr = 13.1 % (1 μm under the highest peak)
 Wdc = 16.3 μm (20%-80%)
 WSm = 0.429 mm
 Wdq = 1.03 $^\circ$
 WLq = 3.12 mm
 WLo = 0.0352 %
 WzJIS = 6.03 μm
 W3z = 8.8 μm
 WPC = 0.313 pks/mm (+/- 0.5 μm)
 Wc = 11.7 μm
 WHSC = 1 peaks (1 μm under the highest peak)
 Wda = 0.814 $^\circ$
 WLa = 3.71 mm
 Wmax = 17.2 μm
 Wtm = 11.4 μm
 Wy = 17.2 μm
 WH = 23.1 ___ b5m
 WD = 2.33 1/mm
 WS = 0 mm
 WVo = 0.00506 mm³/mm² (80%)
 WTP = 13.1 % (1 μm under the highest peak)
 WHTp = 16.3 μm (20%-80%)
 Wrms = 8.91 μm

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

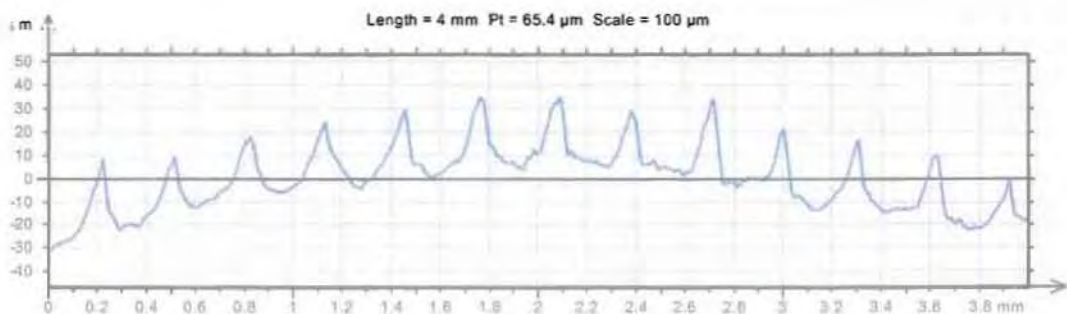
AF = 3.59 μm

Plastic Parameters

CH = 37.1

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 11.1 μm



8) Parameters calculated on the profile daf000112

* Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.

* A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 8.51 μm
Ra = 8.51 μm
Rq = 10.4 μm
Rp = 27 μm
Rv = 11.2 μm
Rt = 42.7 μm
Rsk = 1.11
Rku = 3.1
Rz = 38.2 μm
Rmr = 0.4 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 17.4 μm (20%-80%)
RSm = 0.291 mm
Rdq = 19.6 °
RLq = 0.191 mm
RLo = 5.25 %
RzJIS = 28.6 μm
R3z = 28.3 μm
RPc = 3.44 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 29.5 μm
Rfd = 1.07
RHSC = 2 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 13 °
RLa = 0.235 mm
Rmax = 39.1 μm
Rtm = 38.2 μm
Ry = 39.1 μm
RH = 31.1 μm
RD = 3.44 1/mm
RS = 0.278 mm
RVo = 0.0216 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.4 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 17.4 μm (20%-80%)
Rrms = 10.4 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

W_a = 2.28 μm
Wq = 2.6 μm
Wp = 1.97 μm
Wv = 3.37 μm
Wt = 9.82 μm
Wsk = -0.0259
Wku = 2.58

$Wz = 5.34 \mu\text{m}$
 $Wmr = 4.2 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $Wdc = 3.38 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wsm = 1.34 \text{ mm}$
 $Wdq = 0.762^\circ$
 $WLq = 1.23 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0235 \%$
 $WzJIS = 5.3 \mu\text{m}$
 $W3z = 5.3 \mu\text{m}$
 $Wpc = 0.313 \text{ pks/mm}$ (+/- 0.5 μm)
 $Wc = 5.42 \mu\text{m}$
 $WHSC = 0 \text{ peaks}$ (1 μm under the highest peak)
 $Wda = 0.505^\circ$
 $WLa = 1.62 \text{ mm}$
 $Wmax = 9.82 \mu\text{m}$
 $Wtm = 5.34 \mu\text{m}$
 $Wy = 9.82 \mu\text{m}$
 $WH = 8.02 \text{ } \underline{\quad} 2\mu\text{m}$
 $WD = 0.746 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.724 \text{ mm}$
 $WVo = 0.00572 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ (80%)
 $Wtp = 4.2 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $WHTp = 3.38 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wrms = 2.6 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

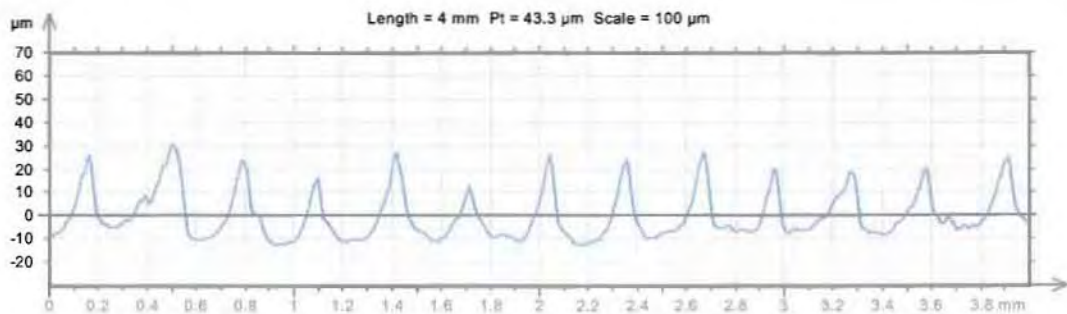
AF = 4.2 μm

Plastic Parameters

CH = 38.6

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 10.3 μm



9) Parameters calculated on the profile daf000113

* Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.

* A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 8.02 μm
Ra = 8.02 μm
Rq = 9.76 μm
Rp = 25.1 μm
Rv = 10.6 μm
Rt = 37.5 μm
Rsk = 1.06
Rku = 2.94
Rz = 35.6 μm
Rmr = 0.8 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 16.2 μm (20%-80%)
RSm = 0.299 mm
Rdq = 19.5 °
RLq = 0.18 mm
RLo = 4.74 %
RzJIS = 31.4 μm
R3z = 31.4 μm
RPc = 3.13 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 30.6 μm
Rfd = 1.09
RHSC = 3 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 12.8 °
RLa = 0.226 mm
Rmax = 36.1 μm
Rtm = 35.6 μm
Ry = 36.1 μm
RH = 29.8 μm
RD = 3.35 1/mm
RS = 0.283 mm
RVo = 0.0219 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.8 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 16.2 μm (20%-80%)
Rrms = 9.76 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

ab Wa = 1.88 μm
Wq = 2.03 μm
Wp = 1.17 μm
Wv = 2.84 μm
Wt = 7.46 μm
Wsk = -0.663
Wku = 1.78

$Wz = 4.01 \mu\text{m}$
 $Wmr = 2.5 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $Wdc = 3.98 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wsm = 2.42 \text{ mm}$
 $Wdq = 0.634^\circ$
 $WLq = 1.15 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0222 \%$
 $WzJIS = 1.5 \mu\text{m}$
 $W3z = 1.49 \mu\text{m}$
 $Wpc = 0.313 \text{ pks/mm}$ (+/- 0.5 μm)
 $Wc = 7.46 \mu\text{m}$
 $WHSC = 0 \text{ peaks}$ (1 μm under the highest peak)
 $Wda = 0.367^\circ$
 $WLa = 1.85 \text{ mm}$
 $Wmax = 7.3 \mu\text{m}$
 $Wtm = 4.01 \mu\text{m}$
 $Wy = 7.3 \mu\text{m}$
 $WH = 5.84 \mu\text{m}$
 $WD = 0.413 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.943 \text{ mm}$
 $WVo = 0.00429 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ (80%)
 $Wtp = 2.5 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $WHTp = 3.98 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wrms = 2.03 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

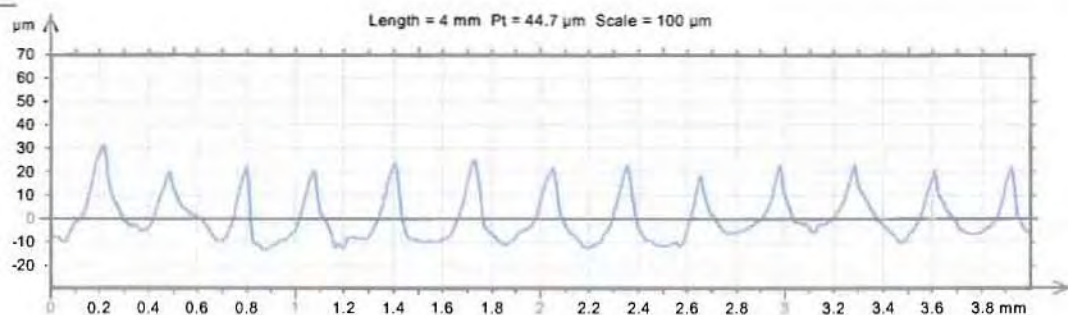
AF = 3.56 μm

Plastic Parameters

CH = 38.1

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 12.7 μm



10) Parameters calculated on the profile daf000114

* Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.

* A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 1.94 μm
Ra = 1.94 μm
Rq = 2.4 μm
Rp = 6.1 μm
Rv = 5.12 μm
Rt = 13.2 μm
Rsk = 0.388
Rku = 2.81
Rz = 11.2 μm
Rmr = 0.693 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 4.28 μm (20%-80%)
RSm = 0.117 mm
Rdq = 9.82 °
RLq = 0.0878 mm
RLo = 1.51 %
RzJIS = 10.2 μm
R3z = 10 μm
RPC = 8.13 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 6.18 μm
Rfd = 1.13
RHSC = 2 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 6.6 °
RLa = 0.106 mm
Rmax = 12.2 μm
Rtm = 11.2 μm
Ry = 12.2 μm
RH = 8.27 μm
RD = 8.57 1/mm
RS = 0.107 mm
RVo = 0.00368 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.693 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 4.28 μm (20%-80%)
Rrms = 2.4 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Wa = 0.625 μm
Wq = 0.709 μm
Wp = 1.07 μm
Wv = 0.203 μm
Wt = 2.61 μm
Wsk = 3
Wku = 6.63

$Wz = 1.27 \mu\text{m}$
 $Wmr = 25.1 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $Wdc = 1.51 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wsm = 0.678 \text{ mm}$
 $Wdq = 0.371^\circ$
 $WLq = 0.688 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0176 \%$
 $WzJIS = 1.02 \mu\text{m}$
 $W3z = 1.02 \mu\text{m}$
 $WPc = 0.313 \text{ pks/mm}$ (+/- 0.5 μm)
 $Wc = 0.63 \mu\text{m}$
 $WHSC = 1 \text{ peaks}$ (1 μm under the highest peak)
 $Wda = 0.121^\circ$
 $WLa = 1.86 \text{ mm}$
 $Wmax = 1.52 \mu\text{m}$
 $Wtm = 1.27 \mu\text{m}$
 $Wy = 1.52 \mu\text{m}$
 $WH = 2.47 \mu\text{m}$
 $WD = 1.48 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.581 \text{ mm}$
 $WVo = 0.00108 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ (80%)
 $Wtp = 25.1 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $WHTp = 1.51 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wrms = 0.709 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

$PG = *****$

Plastic Parameters

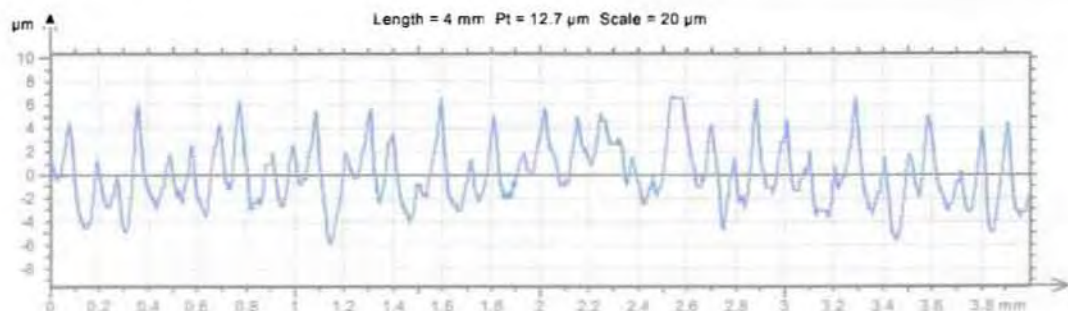
$AF = 2.61 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

$CH = 25.8$

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

$Rk = 6.12 \mu\text{m}$



11) Parameters calculated on the profile daf000115

- * Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.
- * A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 1.78 μm
Ra = 1.78 μm
Rq = 2.22 μm
Rp = 5.6 μm
Rv = 4.42 μm
Rt = 11.5 μm
Rsk = 0.325
Rku = 2.77
Rz = 10 μm
Rmr = 3.29 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 3.73 μm (20%-80%)
RSm = 0.115 mm
Rdq = 10.2 °
RLq = 0.0785 mm
RLo = 1.53 %
RzJIS = 9.43 μm
R3z = 9.29 μm
RPC = 9.06 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 6.49 μm
Rfd = 1.11
RHSC = 10 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 7.06 °
RLa = 0.091 mm
Rmax = 11.4 μm
Rtm = 10 μm
Ry = 11.4 μm
RH = 7.77 μm
RD = 8.67 1/mm
RS = 0.109 mm
RVo = 0.00211 mm³/mm² (80%)
RTp = 3.29 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 3.73 μm (20%-80%)
Rrms = 2.22 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Wa = 1.54 μm
Wq = 1.73 μm
Wp = 1.24 μm
Wv = 1.81 μm
Wt = 6.13 μm
Wsk = -1.71
Wku = 4.44

$Wz = 3.05 \mu\text{m}$
 $Wmr = 42.8 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $Wdc = 2.6 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wsm = 1.58 \text{ mm}$
 $Wdq = 0.59^\circ$
 $WLq = 1.06 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0207 \%$
 $WzJIS = 2.69 \mu\text{m}$
 $W3z = 2.45 \mu\text{m}$
 $Wpc = 0.625 \text{ pks/mm}$ (+/- 0.5 μm)
 $Wc = 6.02 \mu\text{m}$
 $WHSC = 2 \text{ peaks}$ (1 μm under the highest peak)
 $Wda = 0.326^\circ$
 $WLa = 1.7 \text{ mm}$
 $Wmax = 4.49 \mu\text{m}$
 $Wtm = 3.05 \mu\text{m}$
 $Wy = 4.49 \mu\text{m}$
 $WH = 5. \sim \underline{\quad} 78 \mu\text{m}$
 $WD = 0.632 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.927 \text{ mm}$
 $WVo = 0.000352 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ (80%)
 $Wtp = 42.8 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $WHTp = 2.6 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wrms = 1.73 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

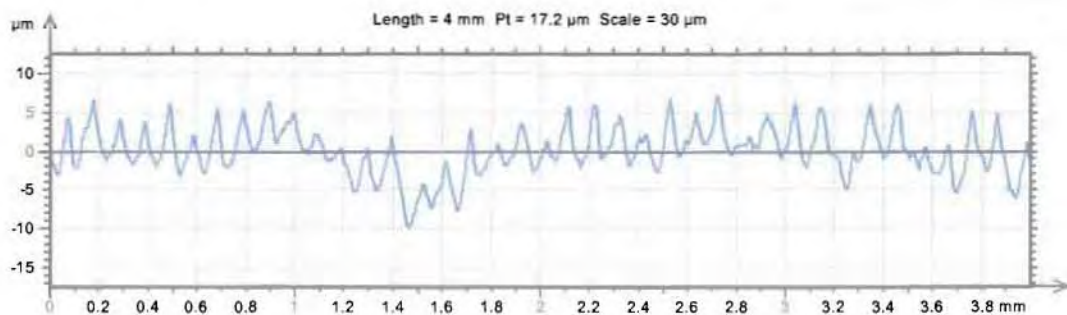
AF = 2.82 μm

Plastic Parameters

CH = 25.1

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 5.22 μm



12) Parameters calculated on the profile daf000116

- * Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.
- * A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 2.03 μm
Ra = 2.03 μm
Rq = 2.54 μm
Rp = 6.48 μm
Rv = 4.68 μm
Rt = 12.4 μm
Rsk = 0.268
Rku = 2.84
Rz = 11.2 μm
Rmr = 1 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 4.25 μm (20%-80%)
RSm = 0.114 mm
Rdq = 10.8 °
RLq = 0.0847 mm
RLo = 1.7 %
RzJIS = 10.9 μm
R3z = 11.1 μm
R_{Pc} = 8.75 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 6.3 μm
Rfd = 1.12
RHSC = 2 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 7.3 °
RLa = 0.1 mm
Rmax = 12.2 μm
Rtm = 11.2 μm
Ry = 12.2 μm
RH = 8.64 μm
RD = 8.78 1/mm
RS = 0.116 mm
RVo = 0.00383 mm³/mm² (80%)
RTp = 1 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 4.25 μm (20%-80%)
Rrms = 2.54 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Wa = 1.16 μm
Wq = 1.3 μm
Wp = 1.46 μm
Wv = 1.65 μm
Wt = 4.32 μm
Wsk = -0.534
Wku = 2.27

$Wz = 3.11 \mu\text{m}$
 $Wmr = 32.4 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $Wdc = 2.14 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wsm = 1.33 \text{ mm}$
 $Wdq = 0.559^\circ$
 $WLq = 0.837 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0198 \%$
 $WzJIS = 1.41 \mu\text{m}$
 $W3z = 1.41 \mu\text{m}$
 $WPc = 0.625 \text{ pks/mm}$ (+/- 0.5 μm)
 $Wc = 3.25 \mu\text{m}$
 $WHSC = 1 \text{ peaks}$ (1 μm under the highest peak)
 $Wda = 0.277^\circ$
 $WLa = 1.51 \text{ mm}$
 $Wmax = 3.84 \mu\text{m}$
 $Wtm = 3.11 \mu\text{m}$
 $Wy = 3.84 \mu\text{m}$
 $WH = 3.98 \mu\text{m}$
 $WD = 0.749 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.446 \text{ mm}$
 $WVo = 0.000459 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ (80%)
 $WTP = 32.4 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $WHTp = 2.14 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wrms = 1.3 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

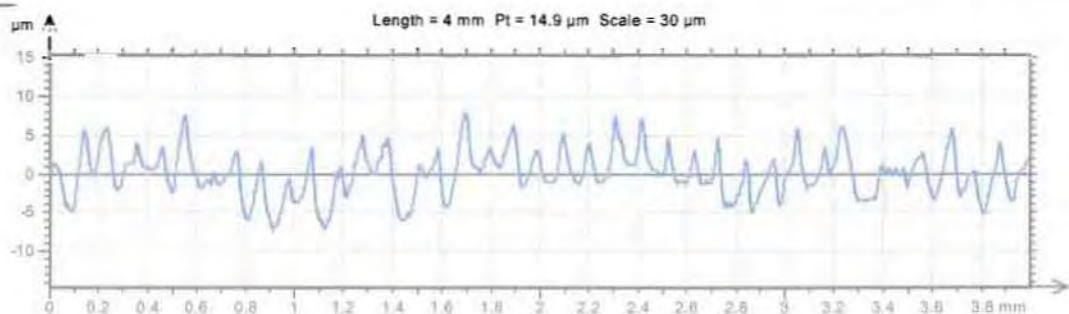
AF = 2.83 μm

Plastic Parameters

CH = 26.2

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 6.16 μm



13) Parameters calculated on the profile daf000117

* Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.

* A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 4.24 μm
Ra = 4.24 μm
Rq = 5.07 μm
Rp = 12.3 μm
Rv = 7.7 μm
Rt = 22.2 μm
Rsk = 0.615
Rku = 2.39
Rz = 20 μm
Rmr = 0.5 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 9.42 μm (20%-80%)
RSm = 0.175 mm
Rdq = 15 °
RLq = 0.121 mm
RLo = 3.16 %
RzJIS = 17.9 μm
R3z = 17.5 μm
R_{Pc} = 5.63 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 15.7 μm
Rfd = 1.1
RHSC = 2 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 10.6 °
RLa = 0.144 mm
Rmax = 22.2 μm
Rtm = 20 μm
Ry = 22.2 μm
RH = 16.1 μm
RD = 5.7 1/mm
RS = 0.167 mm
RVo = 0.0085 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.5 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 9.42 μm (20%-80%)
Rrms = 5.07 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Wa_{ab} = 3.66 μm
Wq = 3.91 μm
Wp = 4.69 μm
Wv = 0.583 μm
Wt = 15 μm
Wsk = 1.23
Wku = 2.41

$Wz = 4.11 \mu\text{m}$
 $Wmr = 11.2 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $Wdc = 7.96 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wsm = 0.715 \text{ mm}$
 $Wdq = 0.615^\circ$
 $WLq = 2.29 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0258 \%$
 $WzJIS = 2.85 \mu\text{m}$
 $W3z = 3.99 \mu\text{m}$
 $WPc = 0.313 \text{ pks/mm}$ (+/- 0.5 μm)
 $Wc = 4.35 \mu\text{m}$
 $WHSC = 1 \text{ peaks}$ (1 μm under the highest peak)
 $Wda = 0.331^\circ$
 $WLa = 3.98 \text{ mm}$
 $Wmax = 5.4 \mu\text{m}$
 $Wtm = 4.11 \mu\text{m}$
 $Wy = 5.4 \mu\text{m}$
 $WH = 11.8^\circ \text{ } \underline{\quad} 5\text{m}$
 $WD = 1.4 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.716 \text{ mm}$
 $WVo = 0.00248 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ (80%)
 $Wtp = 11.2 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $WHTp = 7.96 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wrms = 3.91 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

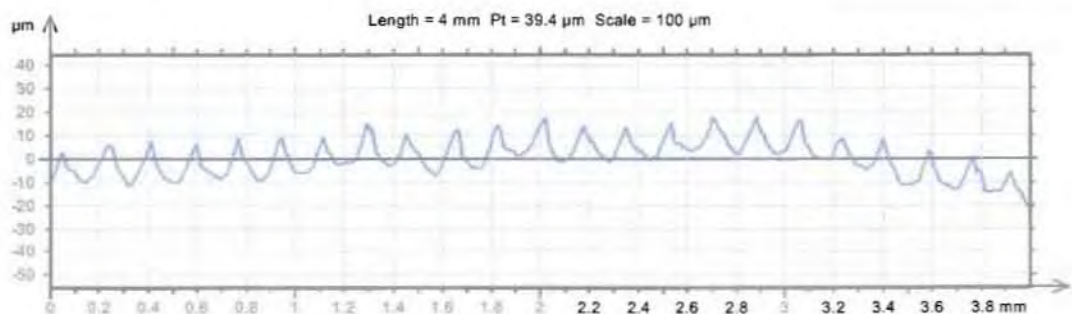
AF = 3.67 μm

Plastic Parameters

CH = 32.6

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 11.1 μm



14) Parameters calculated on the profile daf000118

- * Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.
- * A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 3.94 μm
Ra = 3.94 μm
Rq = 4.63 μm
Rp = 10.6 μm
Rv = 6.72 μm
Rt = 19 μm
Rsk = 0.628
Rku = 2.26
Rz = 17.3 μm
Rmr = 0.643 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 8.45 μm (20%-80%)
RSm = 0.177 mm
Rdq = 13.3 °
RLq = 0.125 mm
RLo = 2.61 %
RzJIS = 16.7 μm
R3z = 16.6 μm
RPC = 5.63 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 14.2 μm
Rfd = 1.1
RHSC = 1 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 9.79 °
RLa = 0.145 mm
Rmax = 18 μm
Rtm = 17.3 μm
Ry = 18 μm
RH = 14.5 μm
RD = 5.64 1/mm
RS = 0.169 mm
RVo = 0.00829 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.643 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 8.45 μm (20%-80%)
Rrms = 4.63 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

_____ ab Wa = 0.895 μm
Wq = 0.993 μm
Wp = 1.3 μm
Wv = 0.99 μm
Wt = 3.01 μm
Wsk = 0.115
Wku = 1.58

$Wz = 2.29 \mu\text{m}$
 $Wmr = 31.6 \% \text{ (1 } \mu\text{m under the highest peak)}$
 $Wdc = 1.91 \mu\text{m (20\%-80\%)}$
 $Wsm = 1.01 \text{ mm}$
 $Wdq = 0.512^\circ$
 $WLq = 0.697 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0193 \%$
 $WzJIS = 2.25 \mu\text{m}$
 $W3z = 2.25 \mu\text{m}$
 $Wpc = 0.625 \text{ pks/mm (+/- 0.5 } \mu\text{m)}$
 $Wc = 2.03 \mu\text{m}$
 $WHSC = 1 \text{ peaks (1 } \mu\text{m under the highest peak)}$
 $Wda = 0.232^\circ$
 $WLa = 1.39 \text{ mm}$
 $Wmax = 2.62 \mu\text{m}$
 $Wtm = 2.29 \mu\text{m}$
 $Wy = 2.62 \mu\text{m}$
 $WH = f \text{ } 2.82 \mu\text{m}$
 $WD = 0.993 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.677 \text{ mm}$
 $WVo = 0.000893 \text{ mm}^3/\text{mm}^2 \text{ (80\%)}$
 $Wtp = 31.6 \% \text{ (1 } \mu\text{m under the highest peak)}$
 $WHTp = 1.91 \mu\text{m (20\%-80\%)}$
 $Wrms = 0.993 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

$PG = \text{*****}$

Plastic Parameters

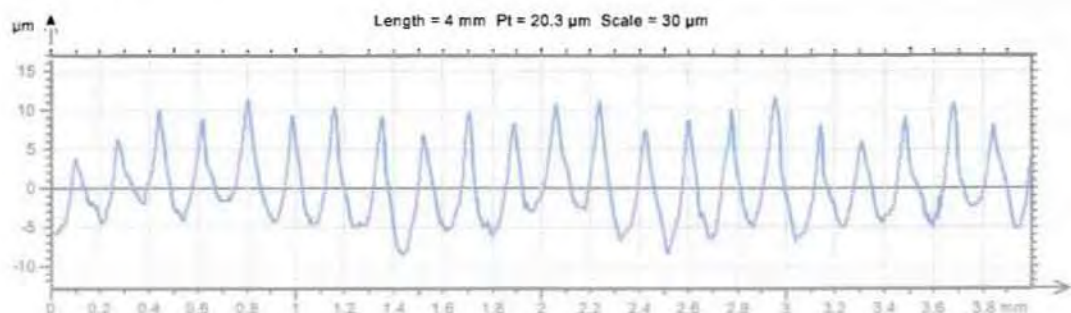
$AF = 3.13 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

$CH = 31.9$

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

$Rk = 9.94 \mu\text{m}$



15) Parameters calculated on the profile daf000119

* Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.

* A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 4 μm
Ra = 4 μm
Rq = 4.84 μm
Rp = 12.3 μm
Rv = 6.97 μm
Rt = 21.7 μm
Rsk = 0.778
Rku = 2.6
Rz = 19.3 μm
Rmr = 0.4 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 8.6 μm (20%-80%)
RSm = 0.177 mm
Rdq = 14.5 °
RLq = 0.12 mm
RLo = 2.93 %
RzJIS = 17.4 μm
R3z = 17.4 μm
RPc = 5.63 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 14.7 μm
Rfd = 1.13
RHSC = 2 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 10.4 °
RLa = 0.139 mm
Rmax = 21.7 μm
Rtm = 19.3 μm
Ry = 21.7 μm
RH = 14.7 μm
RD = 5.66 1/mm
RS = 0.159 mm
RVo = 0.00919 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.4 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 8.6 μm (20%-80%)
Rrms = 4.84 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Wa_{ab} = 6.39 μm
Wq = 6.8 μm
Wp = 7.47 μm
Wv = 0.06 μm
Wt = 22.9 μm
Wsk = 1.15
Wku = 2.09

Wz = 7.41 μm
 Wmr = 9.17 % (1 μm under the highest peak)
 Wdc = 10.5 μm (20%-80%)
 WSm = 0.43 mm
 Wdq = 0.847 $^\circ$
 WLq = 2.89 mm
 WLo = 0.0337 %
 WzJIS = 4.34 μm
 W3z = 4.34 μm
 WPc = 0.313 pks/mm (+/- 0.5 μm)
 Wc = 10.5 μm
 WHSC = 1 peaks (1 μm under the highest peak)
 Wda = 0.593 $^\circ$
 WLa = 3.88 mm
 Wmax = 13.7 μm
 Wtm = 7.41 μm
 Wy = 13.7 μm
 WH = 20.2 μm b5m
 WD = 2.33 1/mm
 WS = 0 mm
 WVo = 0.00226 mm³/mm² (80%)
 WTp = 9.17 % (1 μm under the highest peak)
 WHTp = 10.5 μm (20%-80%)
 Wrms = 6.8 μm

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

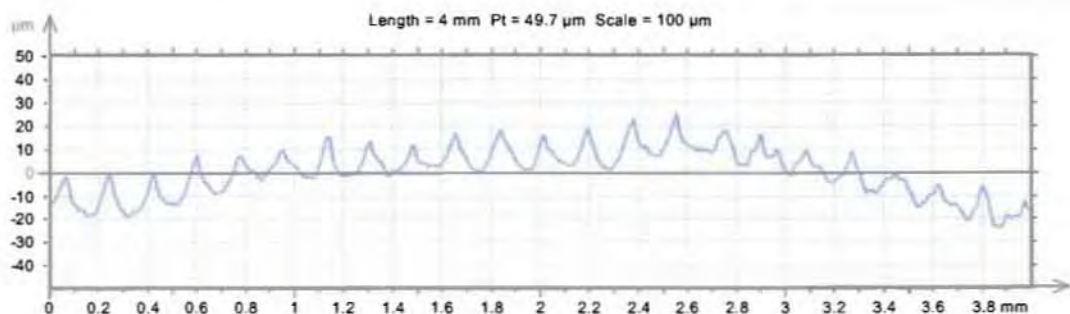
AF = 3.64 μm

Plastic Parameters

CH = 32.1

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 11.7 μm



16) Parameters calculated on the profile daf000120

* Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.

* A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 5.13 μm
Ra = 5.13 μm
Rq = 6.41 μm
Rp = 18.8 μm
Rv = 8.38 μm
Rt = 30.7 μm
Rsk = 1.12
Rku = 3.54
Rz = 27.2 μm
Rmr = 0.2 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 10.2 μm (20%-80%)
RSm = 0.258 mm
Rdq = 17.3 °
RLq = 0.134 mm
RLo = 4.02 %
RzJIS = 21.9 μm
R3z = 22.2 μm
RPC = 3.75 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 19.7 μm
Rfd = 1.18
RHSC = 1 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 10.6 °
RLa = 0.174 mm
Rmax = 29.4 μm
Rtm = 27.2 μm
Ry = 29.4 μm
RH = 21.5 μm
RD = 3.88 1/mm
RS = 0.258 mm
RVo = 0.0175 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.2 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 10.2 μm (20%-80%)
Rrms = 6.41 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

___tab Wa = 5.85 μm
Wq = 6.25 μm
Wp = 7.25 μm
Wv = 3.18 μm
Wt = 18.8 μm
Wsk = 0.51
Wku = 1.81

$Wz = 10.4 \mu\text{m}$
 $Wmr = 8.92 \% \text{ (1 } \mu\text{m under the highest peak)}$
 $Wdc = 12 \mu\text{m (20\%-80\%)}$
 $WSm = 1.45 \text{ mm}$
 $Wdq = 1.14^\circ$
 $WLq = 1.98 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0332 \%$
 $WzJIS = 3.04 \mu\text{m}$
 $W3z = 2.6 \mu\text{m}$
 $WPc = 0.313 \text{ pks/mm (+/- 0.5 } \mu\text{m)}$
 $Wc = 12.6 \mu\text{m}$
 $WHSC = 1 \text{ peaks (1 } \mu\text{m under the highest peak)}$
 $Wda = 0.902^\circ$
 $WLa = 2.34 \text{ mm}$
 $Wmax = 14.7 \mu\text{m}$
 $Wtm = 10.4 \mu\text{m}$
 $Wy = 14.7 \mu\text{m}$
 $WH = 18 \text{ } \mu\text{m}$
 $WD = 0.691 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0 \text{ mm}$
 $WVo = 0.00708 \text{ mm}^3/\text{mm}^2 \text{ (80\%)}$
 $Wtp = 8.92 \% \text{ (1 } \mu\text{m under the highest peak)}$
 $WHTp = 12 \mu\text{m(20\%-80\%)}$
 $Wrms = 6.25 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

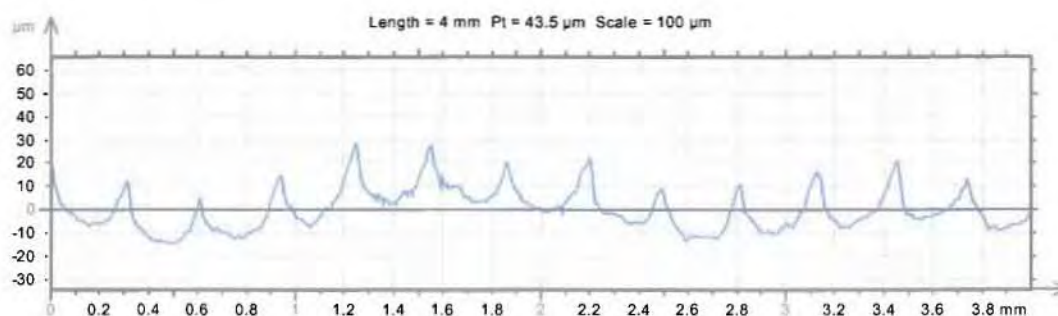
AF = 2.34 μm

Plastic Parameters

CH = 34.2

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 9.69 μm



17) Parameters calculated on the profile daf000121

* Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.

* A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 5.26 μm
Ra = 5.26 μm
Rq = 6.62 μm
Rp = 20.2 μm
Rv = 6.62 μm
Rt = 28.8 μm
Rsk = 1.37
Rku = 3.86
Rz = 26.8 μm
Rmr = 0.3 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 10.1 μm (20%-80%)
RSm = 0.294 mm
Rdq = 15.8 °
RLq = 0.151 mm
RLo = 3.17 %
RzJIS = 22.1 μm
R3z = 21.7 μm
R_{Pc} = 3.13 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 19.5 μm
Rfd = 1.11
RHSC = 1 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 9.84 °
RLa = 0.193 mm
Rmax = 28.8 μm
Rtm = 26.8 μm
Ry = 28.8 μm
RH = 20.1 μm
RD = 3.4 1/mm
RS = 0.28 mm
RVo = 0.0188 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.3 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 10.1 μm (20%-80%)
Rrms = 6.62 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

 b Wa = 3.06 μm
Wq = 3.85 μm
Wp = 2.31 μm
Wv = 5.5 μm
Wt = 12.6 μm
Wsk = -1.49
Wku = 3.19

Wz = 7.81 μm
 Wmr = 27.4 % (1 μm under the highest peak)
 Wdc = 7.57 μm (20%-80%)
 WSm = 2.13 mm
 Wdq = 0.85 $^\circ$
 WLq = 1.63 mm
 WLo = 0.0253 %
 WzJIS = 5.06 μm
 W3z = 5.06 μm
 WPC = 0.313 pks/mm (+/- 0.5 μm)
 Wc = 12.3 μm
 WHSC = 2 peaks (1 μm under the highest peak)
 Wda = 0.614 $^\circ$
 WLa = 1.8 mm
 Wmax = 11 μm
 Wtm = 7.81 μm
 Wy = 11 μm
 WH = 12.1 μm
 WD = 0.47 1/mm
 WS = 1.26 mm
 WVo = 0.00151 mm³/mm² (80%)
 WTP = 27.4 % (1 μm under the highest peak)
 WHTp = 7.57 μm (20%-80%)
 Wrms = 3.85 μm

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

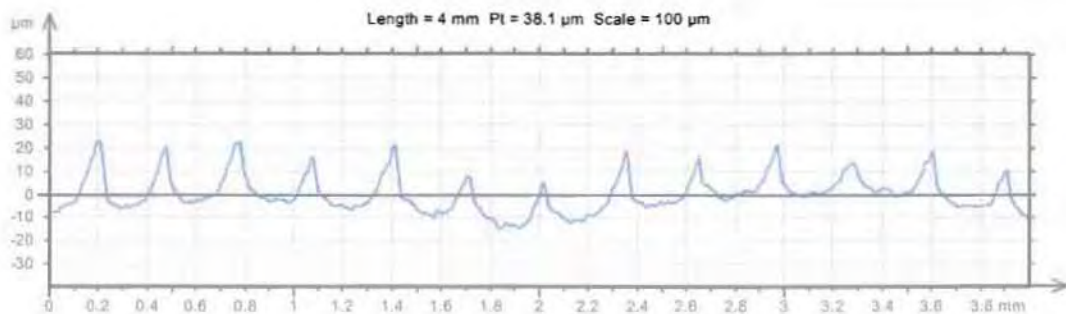
AF = 2.33 μm

Plastic Parameters

CH = 34.4

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 7.26 μm



18) Parameters calculated on the profile daf000122

* Parameters calculated by mean of all the sampling lengths.

* A microroughness filtering is used, with a ratio of 2.5 μm .

Roughness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

Ra = 5.28 μm
Ra = 5.28 μm
Rq = 6.45 μm
Rp = 16.7 μm
Rv = 8.32 μm
Rt = 28.5 μm
Rsk = 0.957
Rku = 3.14
Rz = 25 μm
Rmr = 0.3 % (1 μm under the highest peak)
Rdc = 10.4 μm (20%-80%)
RSm = 0.309 mm
Rdq = 14.4 °
RLq = 0.161 mm
RLo = 3.01 %
RzJIS = 24 μm
R3z = 24.1 μm
R_{Pc} = 3.44 pks/mm (+/- 0.5 μm)
Rc = 22.1 μm
Rfd = 1.12
RHSC = 1 peaks (1 μm under the highest peak)
Rda = 9.18 °
RLa = 0.207 mm
Rmax = 26.6 μm
Rtm = 25 μm
Ry = 26.6 μm
RH = 20.9 μm
RD = 3.23 1/mm
RS = 0.245 mm
RVo = 0.0163 mm³/mm² (80%)
RTp = 0.3 % (1 μm under the highest peak)
RHTp = 10.4 μm (20%-80%)
Rrms = 6.45 μm

Waviness Parameters, Gaussian filter, 0.8 mm

W_a = 1.81 μm
Wq = 2.03 μm
Wp = 2.46 μm
Wv = 1.79 μm
Wt = 7.92 μm
Wsk = -0.755
Wku = 2.5

$Wz = 4.25 \mu\text{m}$
 $Wmr = 10.9 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $Wdc = 3.69 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wsm = 1.25 \text{ mm}$
 $Wdq = 0.699^\circ$
 $WLq = 1.05 \text{ mm}$
 $WLo = 0.0249 \%$
 $WzJIS = 2.95 \mu\text{m}$
 $W3z = 3 \mu\text{m}$
 $Wpc = 0.625 \text{ pks/mm}$ (+/- 0.5 μm)
 $Wc = 4.33 \mu\text{m}$
 $WHSC = 2 \text{ peaks}$ (1 μm under the highest peak)
 $Wda = 0.428^\circ$
 $WLa = 1.52 \text{ mm}$
 $Wmax = 5.7 \mu\text{m}$
 $Wtm = 4.25 \mu\text{m}$
 $Wy = 5.7 \mu\text{m}$
 $WH = 7.26 \text{ b5m}$
 $WD = 0.798 \text{ 1/mm}$
 $WS = 0.668 \text{ mm}$
 $WVo = 0.00145 \text{ mm}^3/\text{mm}^2$ (80%)
 $Wtp = 10.9 \%$ (1 μm under the highest peak)
 $WHTp = 3.69 \mu\text{m}$ (20%-80%)
 $Wrms = 2.03 \mu\text{m}$

Plastic Parameters

PG = *****

Plastic Parameters

AF = 2.82 μm

Plastic Parameters

CH = 34.5

Rk Parameters (ISO 13565), Double-Gaussian Filter, 0.8 mm

Rk = 11.3 μm

