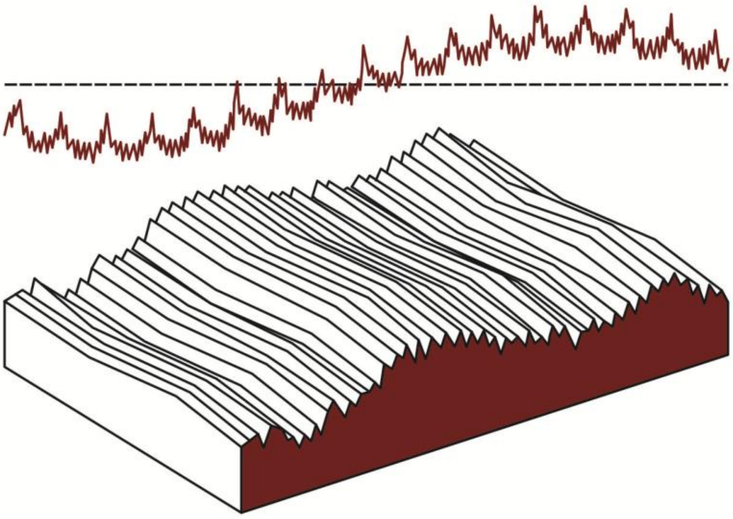
ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ & ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΚΟΠΗΣ & ΚΑΤΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΤΡΑΧΥΤΗΤΑΣ ΥΠΟ ΚΛΙΣΗ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ



ΒΑΚΟΝΔΙΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΑΡΙΣΤΟΜΕΝΗΣ ΑΝΤΩΝΙΑΔΗΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΑΡ. ΔΙΑΤΡ. : 3

ΧΑΝΙΑ 2011

Στη μνήμη
του παππού μου
Δημήτρη.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φίλους μου που με στηρίζουν σε κάθε μου προσπάθεια καθώς και τον καθηγητή μου Αριστομένη Αντωνιάδη με τον οποίο συνεργάζομαι τα περισσότερα χρόνια της θητείας μου στο Πολυτεχνείο Κρήτης. Επιπλέον, θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα το φίλο μου Δρ Παναγιώτη Κυράτση για τη χρήσιμη βοήθειά τους στην εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κύριος στόχος των συστημάτων σχεδιομελέτης και παραγωγής με χρήση Η/Υ (CAD/CAM) είναι η μοντελοποίηση επιφανειών ελεύθερης μορφής και στη συνέχεια η κατεργασία τους σε εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης. Η χρήση της ψηφιακής καθοδήγησης συμβάλει στην αύξηση της παραγωγικότητας και την αύξηση της ποιότητας.

Στο σύγχρονο ανταγωνιστικό περιβάλλον, η ανάγκη για πρόβλεψη της ποιότητας του τελικού προϊόντος και η ελαχιστοποίηση των σφαλμάτων από το στάδιο της σχεδίασης, είναι αναγκαία, καθώς οδηγούν σε μείωση του κόστους παραγωγής. Από την άλλη μεριά, οι απαιτήσεις της σύγχρονης βιομηχανίας στοχεύουν στη δημιουργία προϊόντων μεγάλης πολυπλοκότητας και καλύτερης δυνατής ποιότητας και έτσι είναι απαραίτητη η χρήση ανθεκτικών υλικών που εξασφαλίζουν μεγάλη αντοχή και ελάχιστο βάρος.

Ένας σημαντικός παράγοντας ποιότητας είναι η τραχύτητα της επιφάνειας του κάθε τεμαχίου μια και για τη συναρμολόγηση σύνθετων κατασκευών πολλών τεμαχίων απαιτείται καλής ποιότητας επιφάνεια των προς σύζευξη μελών. Η τραχύτητα της κάθε επιφάνειας διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη λειτουργικότητα της κατασκευής. Πολλοί ερευνητές έχουν εργαστεί στη μελέτη και την πρόβλεψη της τραχύτητας σε κατεργασίες συγκεκριμένων υλικών καθώς και στην προσπάθεια βελτίωσης των αντίστοιχων συνθηκών κοπής έτσι ώστε να επιτυγχάνονται καλύτερης ποιότητας επιφάνειες.

Η παραγωγή των προϊόντων συχνά ολοκληρώνεται μέσω κατεργασιών αφαίρεσης υλικού. Ως αποτέλεσμα της αφαίρεσης υλικού είναι η δημιουργία επιφάνειας με ορισμένη τραχύτητα στην επίτευξη της οποίας σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι διάφορες συνθήκες κοπής που εφαρμόζονται κατά την κατεργασία. Τέτοιες συνθήκες είναι το ακτινικό και το αξονικό βάθος κοπής, η ταχύτητα κοπής, η πρόωση, η κλίση του κοπτικού κ.λπ.. Έτσι, η επιλογή των κατάλληλων συνθηκών κατεργασίας αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα στην επίτευξη της τελικής ποιότητας της επιφάνειας.

Η γεωμετρία και η κινηματική του κοπτικού εργαλείου καθώς και το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου, αποτελούν επίσης βασικούς παράγοντες της εμφανιζόμενης τραχύτητας επιφάνειας. Για την επίτευξη όσο το δυνατόν καλύτερης ποιότητας επιφανείας, είναι απαραίτητος ο σωστός συνδυασμός των συνθηκών κοπής.

Στην παρούσα εργασία αναπτύχτηκε ένα μοντέλο υπολογισμού της τραχύτητας και παρουσιάζεται ο τρόπος με τον οποίο επιδρά ο κάθε παράγοντας κοπής σε αυτήν καθώς και οι αλληλεπιδράσεις των παραγόντων μεταξύ τους. Η επίτευξη αυτού του στόχου γίνεται με τη χρήση της μεθόδου σχεδιασμού πειραμάτων (design of experiments) σε ντουταλουμίνιο Al7075 T6. Με το μοντέλο μπορεί να προβλεφθεί η τιμή της τραχύτητας ανάλογα με το συνδυασμό των συνθηκών κοπής που μπορεί να επιλέξει ο χρήστης. Στη συνέχεια γίνεται μελέτη τόσο των επιδράσεων των κυρίων παραγόντων, όσο και των αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους με στόχο τη βελτιστοποίηση της κατεργασίας με κριτήριο την ελάχιστη τιμή της τραχύτητας.

2. ΣΤΑΘΜΗ ΓΝΩΣΕΩΝ

2.1 Εισαγωγή

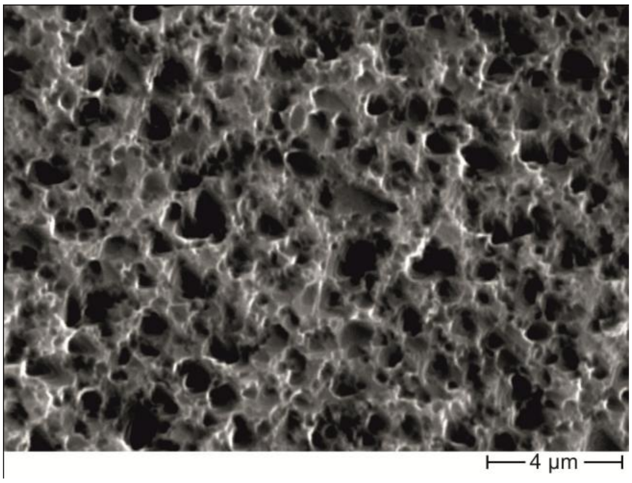
Οι ιδιότητες της επιφάνειας αποτελούν ένα σημαντικό παράγοντα της τελικής ποιότητας των προϊόντων, επειδή επηρεάζουν χαρακτηριστικά όπως η διαστατική ακρίβεια, ο συντελεστής τριβής, η φθορά, η εμφάνιση και ειδικά το κόστος. Η τραχύτητα επιφάνειας συνήθως μετράται αφότου έχει γίνει η κατεργασία και χρησιμοποιείται ως δείκτης της ποιότητας του προϊόντος. Η καλής ποιότητας επιφάνεια είναι βασικό ζητούμενο που απαιτείται στο σχεδιασμό μηχανολογικών προϊόντων /1/.

Η ποιότητα της επιφάνειας που παράγεται από το φραιζάρισμα εξαρτάται από ποικίλες τεχνολογικές παραμέτρους, όπως τις συνθήκες κοπής και τις τεχνικές προδιαγραφές του κοπτικού εργαλείου και τις ιδιότητες του υλικού του τεμαχίου κατεργασίας.

2.2 Τραχύτητα επιφάνειας

Η τραχύτητα επιφάνειας, συχνά αναφερόμενη εν συντομία ως τραχύτητα, αποτελεί ένα μέτρο της υφής μιας επιφάνειας. Ως τραχύτητα ορίζεται το μέτρο των κάθετων αποκλίσεων της πραγματικής επιφάνειας από την ιδανικής μορφής επιφάνεια. Εάν αυτές οι αποκλίσεις είναι μεγάλες, τότε η επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως τραχιά. Στην αντίθετη περίπτωση που οι αποκλίσεις είναι μικρές, τότε η επιφάνεια χαρακτηρίζεται ως λεία.

Η τραχύτητα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό του πώς ένα πραγματικό αντικείμενο αλληλεπιδρά με το περιβάλλον του. Αδρές επιφάνειες συνήθως φθείρονται πιο γρήγορα και έχουν υψηλότερους συντελεστές τριβής από τις λείες επιφάνειες. Η τραχύτητα είναι συχνά μία καλή ένδειξη της απόδοσης ενός μηχανικού εξαρτήματος, δεδομένου ότι σφάλματα στην επιφάνεια μπορούν να αποτελέσουν κέντρα συγκέντρωσης ρωγμών ή διάβρωσης.



Σχήμα 2.1 : Τραχύτητα επιφάνειας

Παρά το ότι η τραχύτητα είναι συνήθως ανεπιθύμητη, είναι δύσκολος και δαπανηρός ο έλεγχός της στη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας. Η μείωση της τραχύτητας της επιφάνειας αυξάνει εκθετικά το κόστος κατασκευής του προϊόντος.

Οι παράγοντες, που επηρεάζουν την τραχύτητα μιας κατεργασμένης επιφάνειας είναι οι ακόλουθοι:

1. Η κινηματική της κατεργασίας (σχετική κίνηση εργαλείου – τεμαχίου).
2. Το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου.
3. Η γεωμετρική μορφή του κοπτικού εργαλείου, η τραχύτητα των κοπτικών επιφανειών του και η φθορά του.
4. Οι συνθήκες κατεργασίας (τραχύτητα κοπής, πρόωση, βάθος κοπής).
5. Το υγρό κοπής, αν χρησιμοποιείται.
6. Η κατάσταση της μηχανής, όσον αφορά την επιτυγχανόμενη ακρίβεια.
7. Οι ταλαντώσεις του συστήματος (κατεργασία – εργαλειομηχανή – τεμάχιο, εργαλείο).

2.2.1 Αποκλίσεις τραχύτητας

Κάθε μέθοδος κατεργασίας έχει ως αποτέλεσμα αποκλίσεις της νεοκατεργασμένης επιφάνειας από τη θεωρητική της μορφή. Η τραχύτητα αναφέρεται στις αποκλίσεις από την ονομαστική επιφάνεια. Οι αποκλίσεις αυτές χωρίζονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

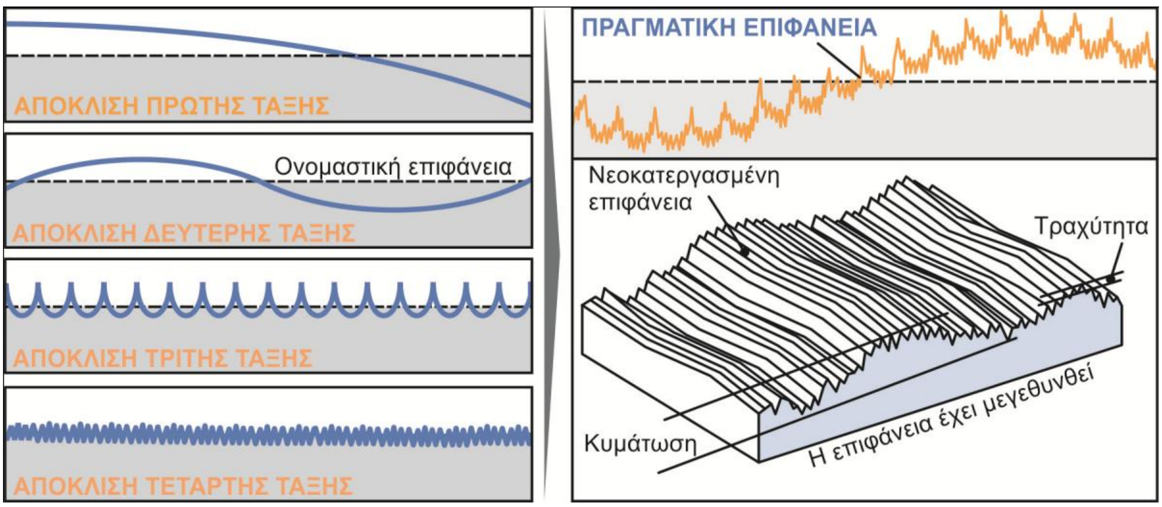
- **Αποκλίσεις 1ης τάξης:** είναι τα πρωτογεωμετρικά σφάλματα από την ονομαστική επιφάνεια (π.χ. αποκλίσεις από σφάλματα επιπεδότητας, παραλληλότητας κ.λ.π.). Ονομάζονται και αποκλίσεις μορφής. Οφείλονται σε σφάλματα στους ολισθητήρες της εργαλειομηχανής ή του κομματιού, σε κακή στήριξη του κομματιού ή του εργαλείου κ.λ.π..

- **Αποκλίσεις 2ης τάξης:** αναφέρονται σε κυματώσεις της επιφάνειας με μεγάλη σχετικά περίοδο, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν σε εκκεντρότητα του κομματιού ή του εργαλείου, σε ταλαντώσεις του συστήματος εργαλείου-τεμαχίου, ανομοιογένεια του υλικού κ.λ.π..

- **Αποκλίσεις 3ης τάξης:** είναι ανωμαλίες της επιφάνειας υπό μορφή αυλακώσεων, που οφείλονται σε ατέλειες στη μορφή των εργαλείων και στην κινηματική των κατεργασιών.

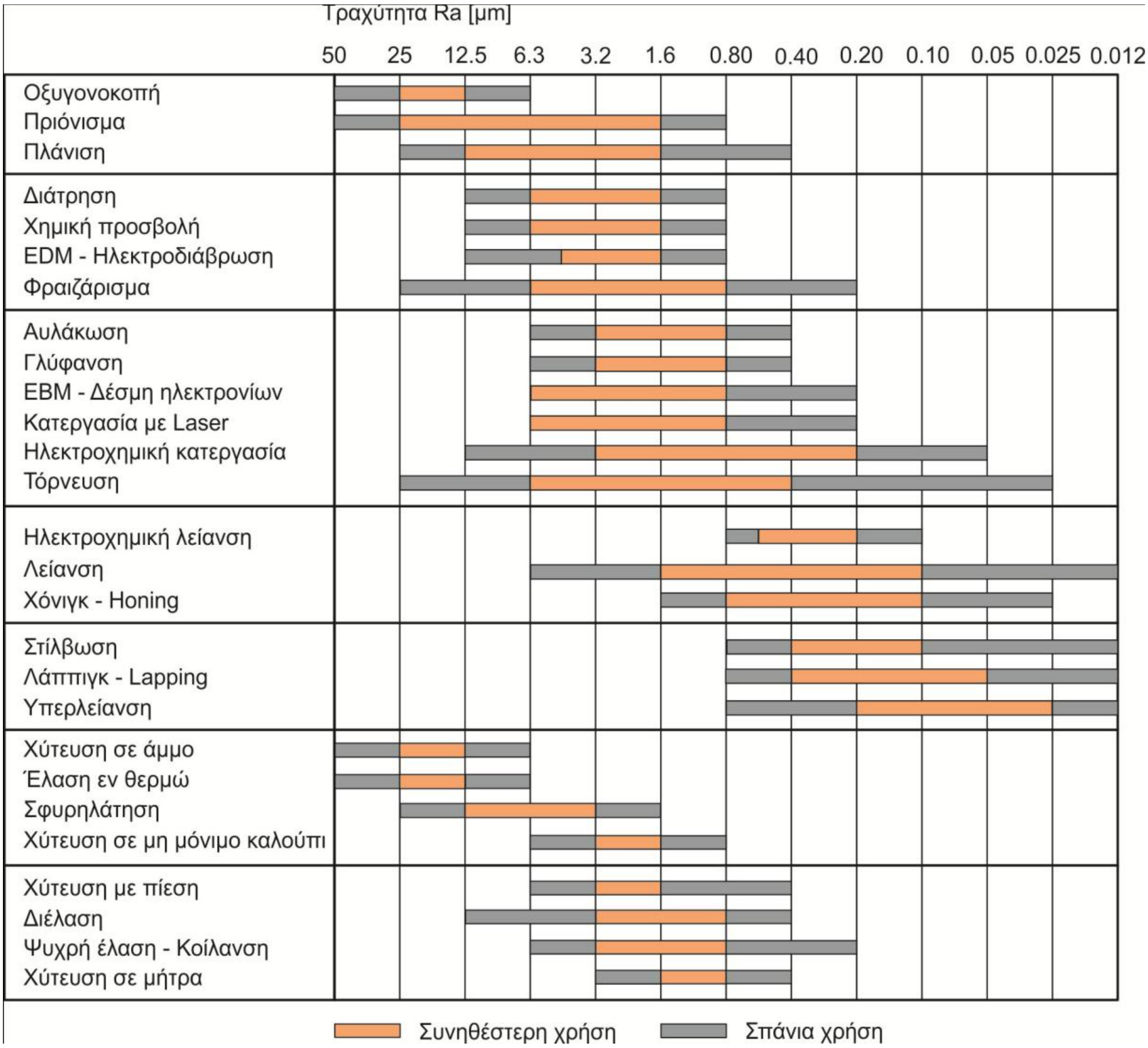
- **Αποκλίσεις 4ης τάξης:** είναι μικρογεωμετρικές ανωμαλίες της επιφάνειας, οι οποίες οφείλονται σε ατέλειες στην τρόχιση του εργαλείου, στη φθορά του, στη δημιουργία ψευδόκοψης κ.λ.π..

- **Αποκλίσεις 5ης τάξης και ανώτερης τάξης:** είναι ανωμαλίες της επιφάνειας, μικρογεωμετρικής μορφής, οι οποίες μπορούν να αποδοθούν σε χημικές επιδράσεις, σε μεταβολές στο κρυσταλλικό πλέγμα του μετάλλου και σε άλλες αιτίες.



Σχήμα 2.2 : Αποκλίσεις επιφανειών

Οι αποκλίσεις 3ης και 4ης τάξης αποτελούν αυτό που καλείται τραχύτητα επιφάνειας. Ανάλογα με τη μέθοδο κατεργασίας που εφαρμόζεται, τα εξαρτήματα που κατασκευάζονται παρουσιάζουν τιμές τραχύτητας που βρίσκονται εντός ενός συγκεκριμένου εύρους τιμών. Τα όρια αυτά παρουσιάζονται στο σχήμα 2.3.



Σχήμα 2.3 : Τραχύτητα εξαρτημάτων σε συνήθεις κατεργασίες

2.2.2 Μέτρηση της τραχύτητας

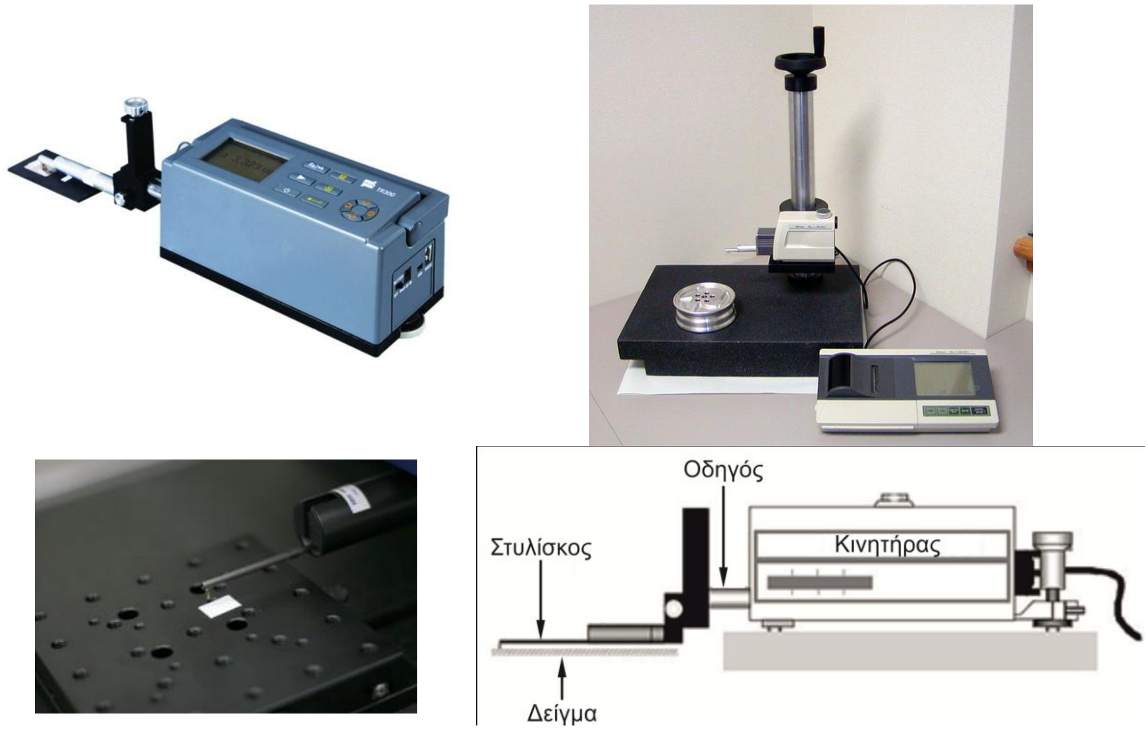
Για την εκτίμηση και τον υπολογισμό της τραχύτητας μιας επιφάνειας, το πόσο δηλαδή λεία ή τραχιά είναι, έχουν σχεδιαστεί ειδικά όργανα μέτρησης. Τα όργανα τραχυμέτρησης ταξινομούνται σε δυο ομάδες:

- Στη πρώτη ομάδα (όργανα μέτρησης) ανήκουν όργανα, τα οποία επιτρέπουν την ποσοτική ανάλυση της τραχύτητας. Τα όργανα αυτά μετρούν αριθμητικώς κάποιο ή κάποια μεγέθη της τραχύτητας ή δίνουν και το πραγματικό καταγράφημα της τραχύτητας υπό μεγάλες σχετικά μεγεθύνσεις. Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα μηχανικά όργανα, τα μηχανικά-ηλεκτρονικά όργανα, τύπου στυλίσκου και τα οπτικά όργανα.

- Στη δεύτερη ομάδα (όργανα σύγκρισης) περιλαμβάνονται όργανα, τα οποία παρουσιάζουν εικόνα της επιφάνειας σε μεγέθυνση, επιτρέποντας μια ποιοτική ανάλυση της επιφάνειας ή συγκρίνουν την προς μελέτη επιφάνεια με άλλη πρότυπη προς αυτήν, χωρίς όμως σε καμιά περίπτωση να δίνουν αριθμητικές μετρήσεις. Στην ομάδα αυτή ανήκουν τα το μικροσκόπιο συγκρίσεως διπλού προσοφθαλμίου και τα μεταλλογραφικά μικροσκόπια.

Οι πιο γνωστές μέθοδοι μέτρησης περιλαμβάνουν τη μετρολογία στυλίσκου επαφής, τη σάρωση με μικροσκόπιο ατομικής δύναμης και τη χρήση οπτικού προφιλομέτρου. Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τη χρήση και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των μεθόδων αυτών /2, 3, 4, 5, 6/.

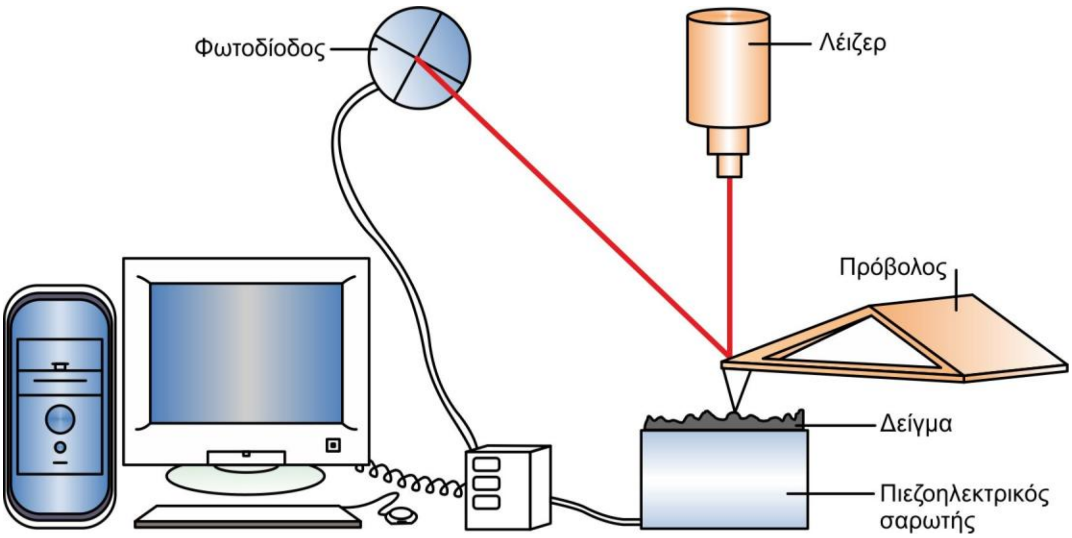
Στις τραχυμετρήσεις με επαφή, ένα διαμάντι ακίδας κινείται κατακόρυφα μέχρι να έρθει σε επαφή με το δείγμα και στη συνέχεια μετατοπίζεται πάνω στην επιφάνεια του δείγματος με συγκεκριμένη φορά και συγκεκριμένη δύναμη για προκαθορισμένη απόσταση. Ένα τέτοιο τραχύμετρο μπορεί να μετρήσει μικρές ανωμαλίες της επιφάνειας με την μετατόπιση της ακίδας συναρτήσει της θέσης. Η θέση και το ύψος του διαμαντιού παράγει ένα αναλογικό σήμα, το οποίο μετατρέπεται σε ψηφιακό. Η ακτίνα της αδαμάντινης ακίδας κυμαίνεται από 20 νανόμετρα έως 25 μm και η οριζόντια ανάλυση ελέγχεται από την ταχύτητα σάρωσης. Ένα τυπικό τραχύμετρο μπορεί να μετρήσει κάθετα χαρακτηριστικά επιφάνειας που κυμαίνονται από 10 νανόμετρα μέχρι 1 χιλιοστό.



Σχήμα 2.4 : Τραχύμετρο στυλίσκου

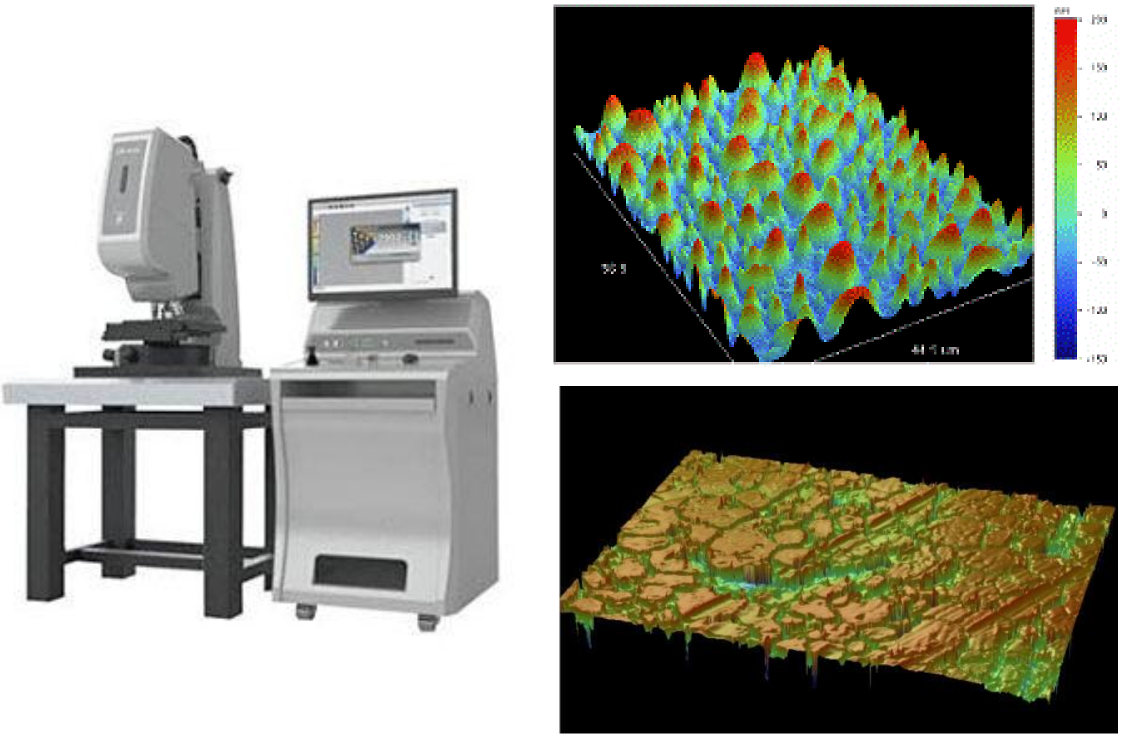
Το τραχύμετρο στυλίσκου βρίσκει τις ανωμαλίες της επιφάνειας με τη βοήθεια μιας ακίδας. Η αρχή λειτουργίας του είναι η ακόλουθη: Ένα πέδιλο ακολουθεί τη γενική μορφή της επιφάνειας και δίνει την κεντρική γραμμή της. Ο στυλίσκος ακολουθεί κάθε ανωμαλία της επιφάνειας και με πολύ μικρή διακριτοποίηση της κίνησης. Την κίνηση εξασφαλίζει ένας προωθητής ο οποίος οδηγεί το στυλίσκο με αδαμάντινη ακίδα πάνω στην επιφάνεια και ανάλογα με τις ανωμαλίες εμφανίζονται αλλαγές στην κίνηση της ακίδας. Οι αλλαγές αυτές μετατρέπονται σε μεταβολές τάσης και εμφανίζονται ως αποκλίσεις από την κεντρική γραμμή.

Το μικροσκόπιο ατομικής δύναμης (AFM) ή μικροσκόπιο σάρωσης δύναμης (SFM) αποτελεί ένα πολλή υψηλής ανάλυσης μικροσκόπιο σάρωσης με επαφή, με ακρίβεια της τάξης των κλασμάτων του νανομέτρου, πάνω από 1000 φορές καλύτερη του οπτικού ορίου διάθλασης. Το AFM αποτελείται από έναν πρόβολο με ένα αιχμηρό άκρο στο τέλος του, το οποίο χρησιμοποιείται για την ανίχνευση της επιφάνειας του δείγματος. Ο πρόβολος είναι συνήθως κατασκευασμένος από πυρίτιο ή νιτρίδιο του πυριτίου με ακτίνα καμπυλότητας της τάξης των νανομέτρων. Όταν το άκρο ακουμπά στην επιφάνεια του δείγματος, οι δυνάμεις μεταξύ του άκρου και του δείγματος οδηγούν σε εκτροπές του προβόλου σύμφωνα με τον νόμο του Hooke. Μαζί με τη δύναμη μπορούν να μετρηθούν επιπλέον μεγέθη αναλόγως τον εξειδικευμένο τύπο προβόλου που χρησιμοποιείται. Η παραμόρφωση μετράται με τη χρήση ενός σημείου ακτίνας λέιζερ που αντικατοπτρίζεται από την άνω επιφάνεια του προβόλου σε μια σειρά από φωτοδιόδους. Το δείγμα τοποθετείται σε έναν πιεζοηλεκτρικό σωλήνα ή σε κάθετο πιεζοηλεκτρικό σαρωτή που μπορούν να μετακινούν το δείγμα κατά τη z διεύθυνση έτσι ώστε η δύναμη να μένει σταθερή, όπως είναι επιθυμητό και επιτρέπουν την κίνηση προς τις x και y κατευθύνσεις για τη σάρωση του δείγματος. Με αυτό τον τρόπο προκύπτει ο χάρτης της επιφάνειας που αντιπροσωπεύει την τοπογραφία του δείγματος.



Σχήμα 2.5 : Μικροσκόπιο ατομικής δύναμης (AFM)

Η πιο γνωστή μέθοδος τραχυμέτρησης χωρίς επαφή είναι αυτή του οπτικού προφιλόμετρου. Το οπτικό προφιλόμετρο σρώνει την επιφάνεια του δείγματος χρησιμοποιώντας οπτικούς αισθητήρες που στέλνουν φωτεινά σήματα παρεμβολών στον ανιχνευτή του προφιλομέτρου μέσω οπτικής ίνας. Η χρήση οπτικού προφιλομέτρου προσφέρει πιο γρήγορη σάρωση της επιφάνειας από αυτή των μεθόδων τραχυμέτρησης με επαφή. Επίσης, το οπτικό προφιλόμετρο μπορεί να αποδώσει περισσότερες λεπτομέρειες της επιφάνειας του δείγματος που είναι δύσκολο να αποτυπωθούν με χρήση τραχύμετρου με επαφή.



Σχήμα 2.6 : Οπτικό προφιλόμετρο

2.2.3 Παράμετροι προφίλ τραχύτητας

Σύμφωνα με τις μετρήσεις της επιφάνειας, όλες οι παράμετροι της τραχύτητας μπορούν να υπολογιστούν εύκολα είτε στις δύο (2D) είτε στις (3D) διαστάσεις /7,8/. Κάθε τιμή της παραμέτρου της τραχύτητας αντιπροσωπεύει τη μετρούμενη επιφάνεια. Η τραχύτητα μιας επιφάνειας χαρακτηρίζεται κανονικά από τις παραμέτρους Ra (αριθμητικός μέσος τραχύτητας) και Rt/Rmax (μέγιστο ύψος από κορυφή σε κοιλάδα). Για τη δημιουργία μιας καλής ποιότητας επιφάνειας και βελτιωμένης τελικής κατεργασίας /9/, είναι απαραίτητη η ελαχιστοποίηση των παραμέτρων τραχύτητας. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, δύο διαφορετικές στρατηγικές έχουν λάβει χώρα: Η πρώτη είναι η στρατηγική σύμφωνα με την οποία βελτιστοποιούνται οι παράμετροι της κοπής /10,11/ και η δεύτερη στηρίζει τη δημιουργία μοντέλων που μπορούν να απαντήσουν απευθείας για την τιμή της τραχύτητας βασιζόμενα στις παραμέτρους κοπής.

Οι παράμετροι εύρους είναι οι σημαντικότεροι παράμετροι που χαρακτηρίζουν την τοπογραφία μιας επιφάνειας /12/. Χρησιμοποιούνται για τη μέτρηση των κάθετων χαρακτηριστικών από τις αποκλίσεις της επιφάνειας. Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται αυτές οι παράμετροι.

Παράμετρος	Ονομασία	Τύπος υπολογισμού
R_a	Μέσο αριθμητικό ύψος	$R_a = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\lvert y_i\rvert$
R_q	Μέση τετραγωνική ρίζα	$R_q = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i^2}$
R_z	Μέσο ύψος από κορυφή σε κοιλάδα	$R_{z(ISO)} = \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} p_i - \sum_{i=1}^{n} v_i)$ $R_{z(DIN)} = \frac{1}{2n}(\sum_{i=1}^{n} p_i + \sum_{i=1}^{n} v_i)$
R_p	Μέγιστο ύψος κορυφής	$R_p = max_i\, y_i$
R_v	Μέγιστο βάθος κοιλάδας	$R_v = min_i\, y_i$
R_{pm}	Μέσο ύψος κορυφών	$R_{pm} = \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} p_i)$
R_{vm}	Μέσο βάθος κοιλάδων	$R_{vm} = \frac{1}{n}(\sum_{i=1}^{n} v_i)$
R_t/R_{max}	Μέγιστο ύψος του προφίλ	$R_t = R_p + R_v$
R_{ti}	Μέγιστο ύψος από κορυφή σε κοιλάδα	$R_{ti} = R_{pi} + R_{vi}$
R_{tm}	Μέσο μέγιστο ύψος από κορυφή σε κοιλάδα	$R_{tm} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} R_{ti}$
R_y	Μεγαλύτερο από κορυφή σε κοιλάδα ύψος	$R_y = max_i\, R_{ti}$
R_{3y}	Τρίτου σημείου ύψος	$R_{3y} = \frac{1}{5}(\sum_{i=1}^{5} R_{3yi})$
k	Παράγοντας στερεότητας προφίλ	$k = \frac{R_v}{R_{max}}$
R_{sk}	Ασυμμετρία	$R_{sk} = \frac{1}{R_q^3}\int_{-\infty}^{+\infty} y^3 p(y)dy$ $R_{sk} = \frac{1}{NR_q^3}(\sum_{i=1}^{N} Y_i^3)$
R_{ku}	Κύρτωση	$R_{sk} = \frac{1}{R_q^4}\int_{-\infty}^{+\infty} y^4 p(y)dy$ $R_{sk} = \frac{1}{NR_q^4}(\sum_{i=1}^{N} Y_i^4)$

Πίνακας 2.1 : Παράμετροι τραχύτητας

2.2.4 Μελέτες πρόβλεψης τραχύτητας

Η τραχύτητα της τελικής επιφάνειας επηρεάζεται από τις προεπιλεγμένες συνθήκες κοπής. Τέτοιες συνθήκες είναι το είδος λιπαντικού, το είδος του κατεργαζόμενου υλικού και ο τύπος του κοπτικού εργαλείου, καθώς και αστάθμητοι παράγοντες οι οποίοι δεν είναι ικανοί να ελεγχθούν, όπως οι ταλαντώσεις της κατεργασίας και η ακρίβεια της εργαλειομηχανής. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι η πρόβλεψη της τραχύτητας είναι αναγκαία.

Ο καθορισμός της τραχύτητας της τελικής επιφάνειας αποτελεί ένα δύσκολο έργο και ποικίλες μέθοδοι έχουν προταθεί για αυτό /13, 14, 15, 16/. Στο πλαίσιο αυτό, έγιναν πολλές μελέτες για την πρόβλεψη της τραχύτητας της προκύπτουσας επιφάνειας σε όλες τις κατεργασίες κοπής. Οι μελέτες αυτές κατηγοριοποιούνται σε τέσσερις μεγάλες κατηγορίες, βάση της προσέγγισης του προβλήματος /17/:

1. Προσεγγίσεις, οι οποίες βασίστηκαν στη θεωρία της κατεργασίας για να αναπτυχθούν αναλυτικά μοντέλα και/ή αλγόριθμοι, που να αναπαριστούν την κατεργασμένη επιφάνεια.

2. Προσεγγίσεις, οι οποίες εξετάζουν την επίδραση διαφόρων παραγόντων μέσω της πραγματοποίησης πειραμάτων και ανάλυσης των εξαγόμενων αποτελεσμάτων.

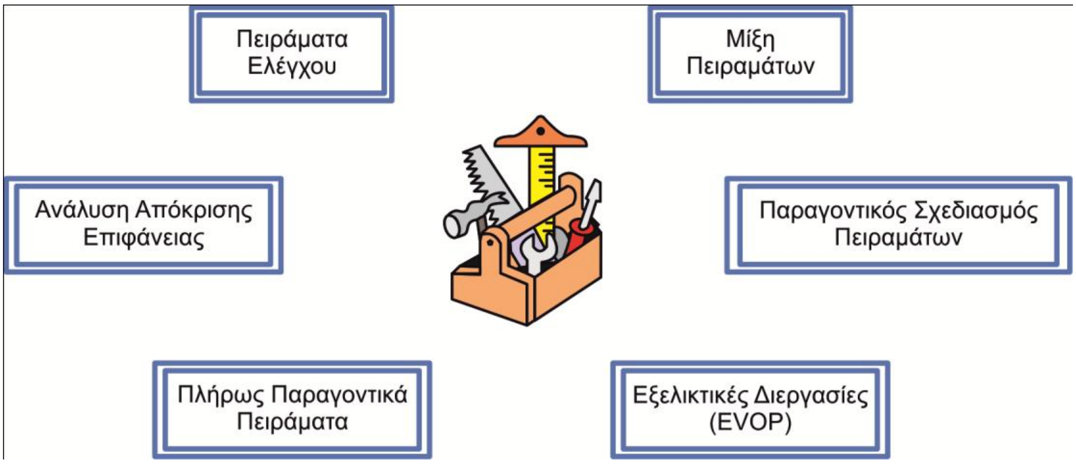
3. Προσεγγίσεις που χρησιμοποιούν ειδικά σχεδιασμένα πειράματα.

4. Προσεγγίσεις με χρήση μοντέλων τεχνητής νοημοσύνης.

Σύμφωνα με ορισμένες έρευνες έχει προταθεί και η χρήση γενετικού αλγορίθμου έτσι ώστε να προβλεφθεί η τραχύτητα στο φραιζάρισμα /18/ ενώ άλλες έρευνες χρησιμοποιούν τεχνικές τεχνητής νοημοσύνης /19/ με σκοπό τη μοντελοποίηση της τραχύτητας επιφάνειας.

2.3 Σχεδιασμός πειραμάτων (Design of experiments)

Πρόσφατες έρευνες εστιάζουν στην πρόβλεψη των παραμέτρων κοπής χρησιμοποιώντας μαθηματικές μεθόδους ή πιο σύνθετες μεθόδους με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή στις κατεργασίες μορφοποίησης υλικού /20, 21/. Μοντέλα εξισώσεων χρησιμοποιούνται με τη χρήση μαθηματικής ανάλυσης, όπως ανάλυσης παλινδρόμησης (Regration analysis) και ανάλυσης διασποράς (ANOVA). Τέλος η εξέλιξη των υπολογιστών έχει βοηθήσει στη βελτίωση της τελικής επιφάνειας με την ανάπτυξη σύγχρονων μεθόδων πρόβλεψης, όπως είναι τα νευρωνικά δίκτυα /22/.

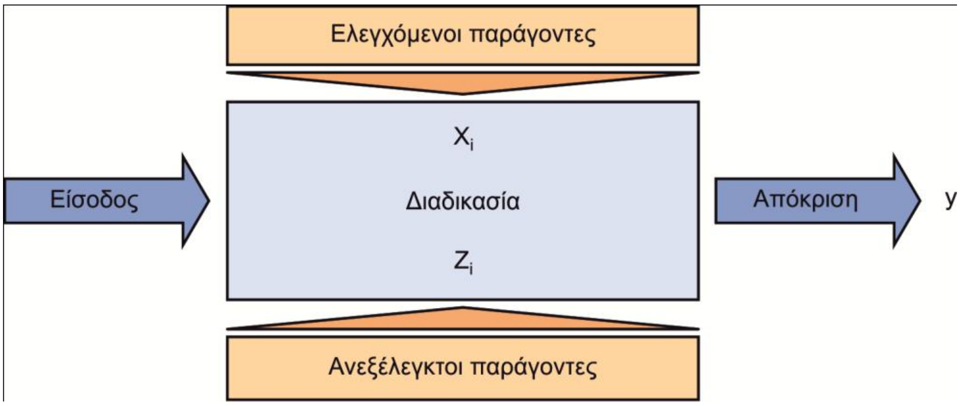


Σχήμα 2.7 : Στρατηγικές σχεδιασμού πειραμάτων

Όλες οι ανωτέρω μέθοδοι είναι χρήσιμες υπό τον όρο ότι τα προς μελέτη φαινόμενα ακολουθούν μια συγκεκριμένη συμπεριφορά. Σε αυτή την περίπτωση, είναι απαραίτητος ο σωστός σχεδιασμός ενός ικανοποιητικού αριθμού πειραμάτων, έτσι ώστε τα αποτελέσματα να είναι αποδεκτά. Ο παραγοντικός σχεδιασμός πειραμάτων (Factorial design) χρησιμοποιείται ευρέως σε πειράματα όπου συνδυασμός συγκεκριμένων παραγόντων μπορούν να δώσουν συγκεκριμένο αποτέλεσμα. Η έννοια του παραγοντικού σχεδιασμού έγκειται στο ότι διερευνάται κάθε ολοκληρωμένη δοκιμή ή επαναλήψεις όλων των δυνατών συνδυασμών των επιπέδων των παραγόντων /23/.

Μια γνωστή μέθοδος που εφαρμόζεται στον τομέα της τραχύτητας είναι η μεθοδολογία απόκρισης επιφάνειας (RSM) /24, 25, 26/. Κατά την κατεργασία πολύ σκληρών χαλύβων, οι προβλεπόμενες τιμές που προέρχονται από το μοντέλο της ανάλυσης παλινδρόμησης έχουν έρθει πολύ κοντά στις πειραματικές τιμές της τραχύτητας επιφάνειας /27/.

Ο σχεδιασμός πειραμάτων αναφέρεται και ως στατιστικός σχεδιασμός πειραμάτων. Σκοπός του είναι ο προσδιορισμός των σχέσεων αιτίου-αποτελέσματος μεταξύ της εξόδου μιας διεργασίας (απόκριση) και των πειραματικών της παραγόντων. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται ορατό το κατά πόσο και με ποιόν τρόπο ο κάθε παράγοντας επηρεάζει την απόκριση του συστήματος.



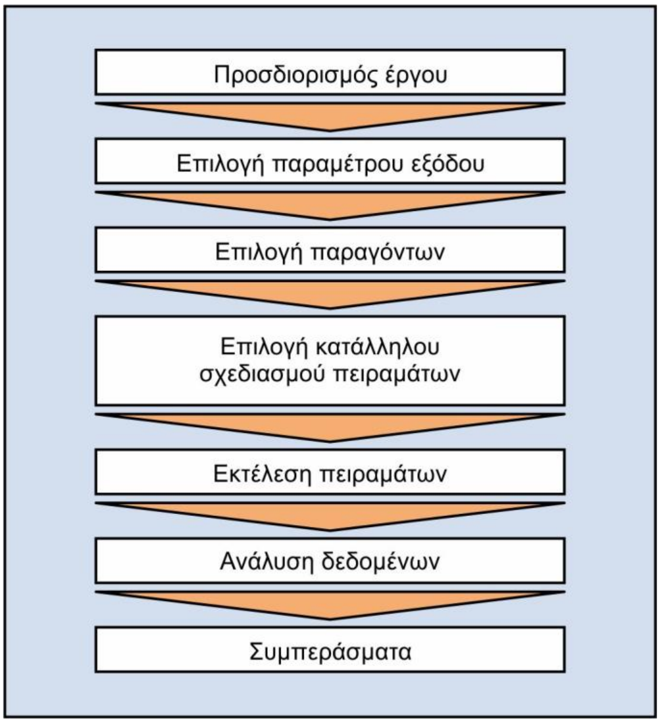
Σχήμα 2.8 : Γραφική απεικόνιση της διαδικασίας πειράματος

Το εμπειρικό μοντέλο που προκύπτει είναι ουσιαστικά μια συνάρτηση των παραγόντων της μορφής:

$$y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) + \varepsilon \qquad (2.1)$$

Όπου y είναι η απόκριση, X_i και Z_i είναι οι τιμές των ελεγχόμενων και ανεξέλεγκτων παραγόντων αντίστοιχα και ε είναι το πειραματικό σφάλμα.

Η ύπαρξη του ε σημαίνει ότι μπορεί να μην υπάρχει μια ακριβής μαθηματική σχέση μεταξύ της απόκρισης και των παραγόντων. Αυτό μπορεί να οφείλεται στους ανεξέλεγκτους παράγοντες, που δεν συμπεριλαμβάνονται στην εξίσωση, σε σφάλμα κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας ή ακόμα και στους ελεγχόμενους παράγοντες. Η διαδικασία που ακολουθείται για το σχεδιασμό πειραμάτων βασίζεται σε μια σειρά από βήματα που παρουσιάζονται στο σχήμα 2.9.



Σχήμα 2.9 : Διαδικασία σχεδιασμού πειραμάτων

2.3.1 Παραγοντικός σχεδιασμός πειραμάτων

Οι περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές χρησιμοποιούν πειράματα στα οποία εμπλέκονται δυο ή περισσότεροι παράγοντες. Στην περίπτωση αυτή, ο όρος παραγοντικός σχεδιασμός πειραμάτων χρησιμοποιείται για να περιγράψει, όλα τα πειράματα τα οποία προκύπτουν από τον συνδυασμό όλων των επιπέδων, από όλους τους παράγοντες που συμμετέχουν.

Ο παραγοντικός σχεδιασμός πειραμάτων είναι σημαντικός διότι με τα πειράματα αυτά γίνεται δυνατή η αποτίμηση των κοινών επιδράσεων δύο ή περισσότερων παραγόντων, δηλαδή των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των παραγόντων. Έτσι αποφεύγονται λανθασμένα συμπεράσματα για τη συμπεριφορά της μέσης απόκρισης. Επίσης, στα παραγοντικά πειράματα όλες οι παρατηρήσεις χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των επιδράσεων των παραγόντων. Κάθε παρατήρηση της απόκρισης δίνει πληροφορίες για όλους του παράγοντες που υπεισέρχονται στο πείραμα. Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι τα συμπεράσματα που εξάγονται από τα πειράματα αυτά, ισχύουν για ένα μεγάλο εύρος πειραματικών συνθηκών.

Ένα είδος πειράματος το οποίο είναι πολύ διαδεδομένο σε βιομηχανικές εφαρμογές , αλλά μειονεκτεί σε σχέση με τα παραγοντικά πειράματα, είναι το πείραμα της αλλαγής «ενός παράγοντα κάθε φορά». Στην περίπτωση αυτή κρατώντας σταθερούς όλους του υπόλοιπους παράγοντες γίνονται παρατηρήσεις για τον ένα παράγοντα που αλλάζει τιμές σε σχέση με την απόκριση.

Τα πειράματα αλλαγής ενός παράγοντα δεν παρέχουν επαρκή πληροφορία για τις αλληλεπιδράσεις των παραγόντων. Τα συμπεράσματα που εξάγονται από αυτά είναι αρκετές φορές λανθασμένα, όταν οι παράγοντες δεν επενεργούν ανεξάρτητα ο ένας από τον άλλο στην απόκριση. Ο παραγοντικός σχεδιασμός οδηγεί πάντα στην προσεγγιστική εύρεση του βέλτιστου συνδυασμού ενώ ο σχεδιασμός αλλαγής ενός παράγοντα κάθε φορά μπορεί να οδηγήσει σε ένα συνδυασμό πολύ διαφορετικό από αυτόν του βέλτιστου. Ακόμη και στην περίπτωση που οι παράγοντες επιδρούν μεμονωμένα πάνω στην απόκριση και δεν υπάρχουν αλληλεπιδράσεις, οι σχεδιασμοί αλλαγής ενός παράγοντα κάθε φορά είναι λιγότερο αποτελεσματικοί από τους παραγοντικούς σχεδιασμούς για την εκτίμηση των κύριων επιδράσεων των παραγόντων.

2.3.2 Μεθοδολογία RSM (Response surface Methodology)

Η μεθοδολογία αυτή βασίζεται στο μαθηματικό μοντέλο που προκύπτει από την ανάλυση παλινδρόμησης και τον έλεγχο της ποιότητάς του με τη βοήθεια του πίνακα ANOVA. Πιο αναλυτικά η μεθοδολογία αυτή περιγράφεται σε ακόλουθο κεφάλαιο.

2.4 Ψηφιακή καθοδήγηση

Τα τελευταία χρόνια είναι αισθητή η ανάγκη παραγωγής μεγάλων παρτίδων πανομοιότυπων τεμαχίων, με μικρό κόστος κατασκευής και επαναληπτικότητα στην ακρίβεια κατασκευής. Οι παραγωγικές δυνατότητες των συμβατικών εργαλειομηχανών περιορίζονται από την ικανότητα του χειριστή τους. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα η ποιότητα και η παραγωγή μιας παρτίδας συγκεκριμένων τεμαχίων να εξαρτάται από την εμπειρία, την εκπαίδευση, τη φυσική κατάσταση αλλά ακόμα και τη ψυχολογική κατάσταση και διάθεση του τεχνίτη.

Η αναγκαιότητα περιορισμού του ποσοστού συμμετοχής του χειριστή και ο αυτόματος έλεγχος οδήγησαν σε μια νέα γενιά εργαλειομηχανών οι οποίες λειτουργούν βασιζόμενες στον αριθμητικό έλεγχο (Numerical Control), δηλαδή στη δυνατότητα επικοινωνίας και καθοδήγησης της εργαλειομηχανής από το χειριστή μέσω ενός κώδικα. Οι συγκεκριμένες εργαλειομηχανές ονομάζονται ψηφιακά καθοδηγούμενες (NC). Στην περίπτωση που η επικοινωνία και η καθοδήγηση γίνεται με τη χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή, η εργαλειομηχανή ονομάζεται ψηφιακά καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή με ηλεκτρονικό υπολογιστή (CNC).

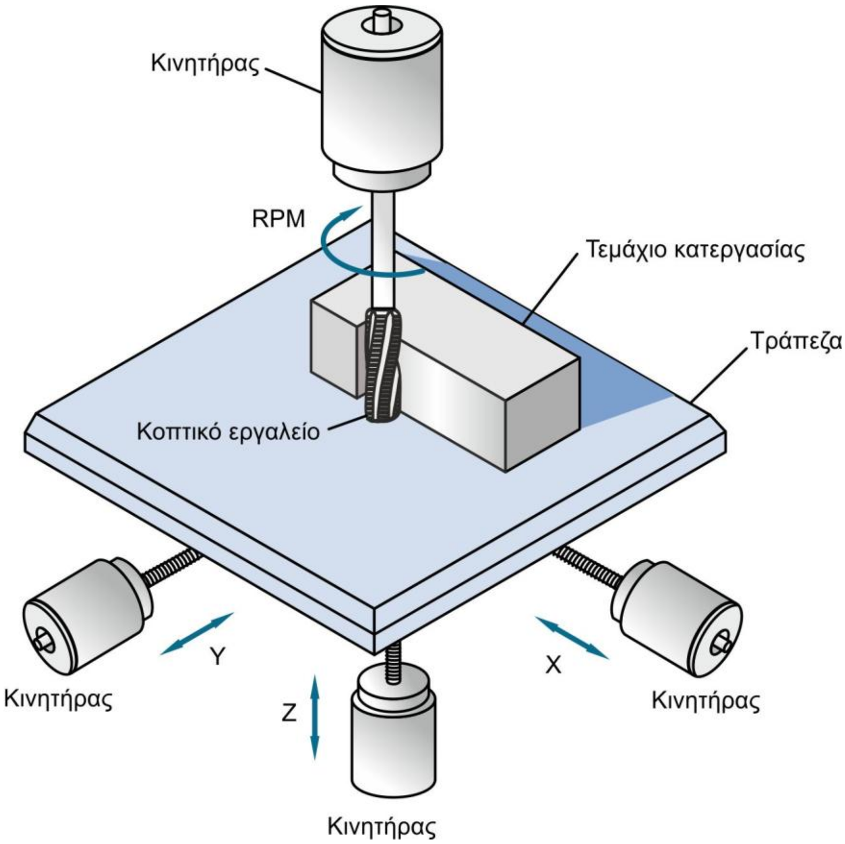
Σήμερα οι ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές είναι ευρέως διαδεδομένες και χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς της παραγωγικής διαδικασίας καθότι έχουν τη δυνατότητα συνεργασίας με συστήματα σχεδίασης (CAD) και συστήματα κατεργασιών (CAM), ενώ ταυτόχρονα έχουν τη δυνατότητα ένταξής τους σε ολοκληρωμένα συστήματα παραγωγής (CIM) και ευέλικτα συστήματα παραγωγής (FMS).

Σχήμα 2.10 : Ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές

Ο κώδικας επικοινωνίας και καθοδήγησης μιας ψηφιακά καθοδηγούμενης εργαλειομηχανής είναι γνωστός με την ονομασία G-code. Κάθε εντολή του συγκεκριμένου κώδικα εκτελεί μια συγκεκριμένη κίνηση-κατεργασία σύμφωνα με τις παραμέτρους που δίνονται στο χειριστήριο της μηχανής. Τον κώδικα της μηχανής τον συμπληρώνουν οι εντολές βοηθητικών λειτουργιών, γνωστές ως M-code.

Ο αριθμητικός έλεγχος (NC) είναι ένας τύπος ελέγχου των μηχανών βασιζόμενος σε ψηφιακές πληροφορίες. Οι εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου είναι κατάλληλες για μικρούς και μεσαίους όγκους παραγωγής, για πολύπλοκες μορφές, διαστάσεις, κατεργασίες και μεθόδους παραγωγής αντικειμένων. Στις εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου οι διάφορες πληροφορίες που απαιτούνται για την κατεργασία, η κίνηση της μηχανής, οι συνθήκες κατεργασίας, η πορεία των εργαλείων, η χρήση των ψυκτικών κ.λ.π., παρέχονται υπό τη μορφή αριθμητικών πληροφοριών που αποτυπώνονται στη μνήμη του υπολογιστή. Η κίνηση των εργαλείων ή του αντικειμένου εξαρτάται από ψηφιακά σήματα που οδηγούν το φορέα της μηχανής ή του εργαλείου. Ο αριθμητικός έλεγχος είναι μια τεχνολογία που πρωτοπαρουσιάστηκε πριν από πενήντα περίπου χρόνια όταν ακόμα η τεχνολογία των υπολογιστών βρισκόταν σε νηπιακό στάδιο.

Εκτός από τους τύπους του αριθμητικού ελέγχου καθοριστικό ρόλο έπαιζαν από τα πρώτα βήματα αυτής της τεχνολογίας και ορισμένοι κανονισμοί που κωδικοποιούσαν τις βασικές παραμέτρους της κοπής, οι οποίες προφανώς έπρεπε να ελεγχθούν. Οι κανονισμοί αυτοί ξεκίνησαν να εφαρμόζονται στις ΗΠΑ οι οποίες και σε αυτόν τον τομέα της τεχνολογίας βρίσκονταν στην πρωτοπορία πολλές δεκαετίες πριν.



Σχήμα 2.11 : Αρχές λειτουργίας CNC

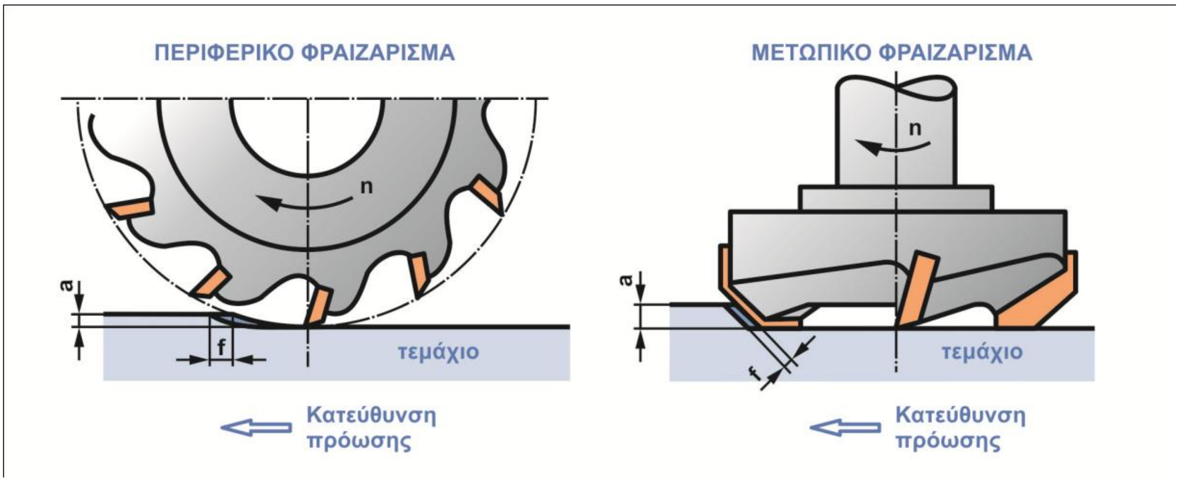
Οι κανονισμοί αυτοί αφορούν καταρχήν τους άξονες και τις κινήσεις της μηχανής. Αναφορικά με τις κινήσεις της μηχανής, το πρόβλημα που έπρεπε να λυθεί είχε να κάνει καταρχήν με την επιλογή του άξονα (X, Y ή Z) που χαρακτηρίζει τη συγκεκριμένη κίνηση και κατά δεύτερο λόγο με το ποια φορά θα έπρεπε να χαρακτηρισθεί θετική και ποια αρνητική.

Η συνήθης κατεργασία κοπής με εργαλείο πολλαπλής σημειακής επαφής είναι το φραιζάρισμα. Ως φραιζάρισμα καλείται η διεργασία κοπής με τη χρήση ενός περιστρεφόμενου κοπτικού εργαλείου. Το φραιζάρισμα στηρίζεται σε δύο βασικές κινήσεις. Η πρώτη είναι η περιστροφή του κοπτικού εργαλείου, η οποία ονομάζεται και κύρια κίνηση κοπής, και η δεύτερη είναι η ταχύτητα της πρόωσης, δηλαδή η μετατόπιση του κατεργαζόμενου κομματιού.

Τα είδη φραιζαρίσματος μπορούν να χωριστούν σε δύο κύριες κατηγορίες ανάλογα με την κατεύθυνση του άξονα του κοπτικού εργαλείου. Τα δυο είδη φραιζαρίσματος είναι:

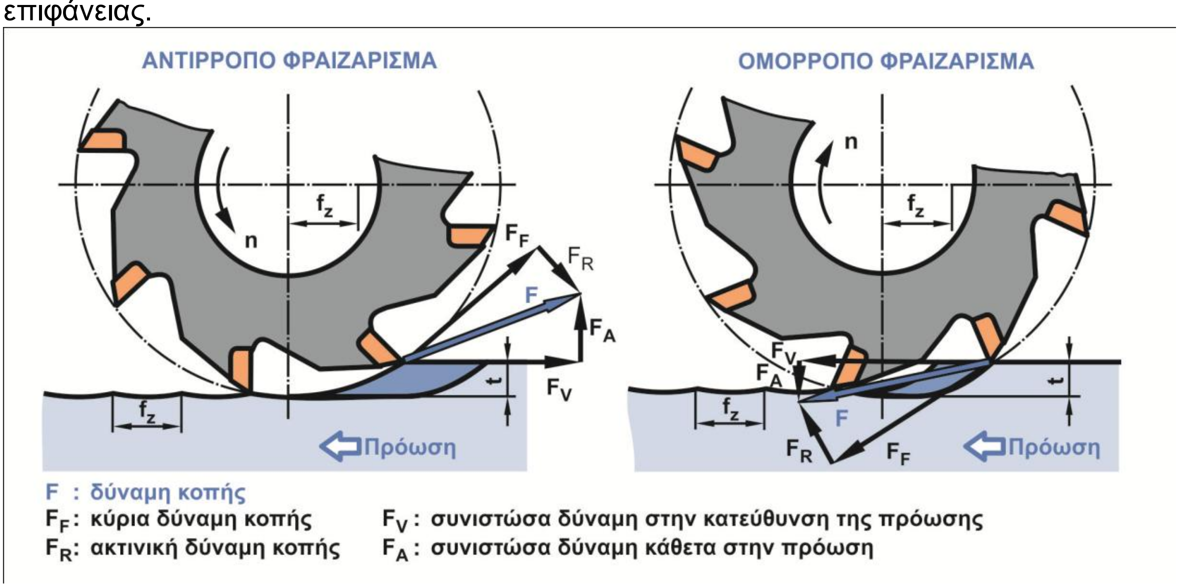
- Το περιφερικό ή περιφερειακό φραιζάρισμα όπου η κατεργαζόμενη επιφάνεια δημιουργείται από τα δόντια τα οποία βρίσκονται στην περιφέρεια του κοπτικού εργαλείου και ο άξονας περιστροφής του κοπτικού είναι παράλληλος προς την επεξεργαζόμενη επιφάνεια.

- Το μετωπικό φραιζάρισμα όπου το κοπτικό τοποθετείται σε άξονα κάθετο προς την κατεργαζόμενη επιφάνεια και η κατεργαζόμενη επιφάνεια είναι το αποτελέσματα κοπής των κοπτικών ακμών που βρίσκονται στην περιφέρεια αλλά και στο εμπρός πρόσωπό του.



Σχήμα 2.12 : Περιφερικό και μετωπικό φραιζάρισμα

Το περιφερειακό φραιζάρισμα μπορεί να χαρακτηρισθεί ως αντίρροπο, όπου το μέγιστο πάχος αποβλίττου βρίσκεται στο τέλος της κόψης, ή ομόρροπο, όπου το μέγιστο πάχος αποβλίττου βρίσκεται στην αρχή της κόψης /37/. Καθότι στο ομόρροπο φραιζάρισμα ξεκινά από χοντρό απόβλιττο, το κοπτικό εργαλείο δέχεται μεγαλύτερες καταπονήσεις κατά την είσοδό του στο τεμάχιο. Αυτό το γεγονός αυξάνει τον κίνδυνο θραύσης του κοπτικού. Παρόλα αυτά η πίεση που προσφέρει στο τεμάχιο καθιστά πιο σταθερή την κοπή και ως εκ τούτου το ομόρροπο φραιζάρισμα προσφέρει καλύτερη ποιότητα επιφάνειας.



Σχήμα 2.13 : Αντίρροπο και ομόρροπο φραιζάρισμα

Οι βασικές συνθήκες κοπής κατά το φραιζάρισμα είναι:

- Η πρόωση f ανά στροφή του κοπτικού εργαλείου και η πρόωση ανά οδόντα f_Z, δηλαδή το μήκος της πρόωσης μεταξύ δύο επιφανειών κοπής που η μια δημιουργείται αμέσως μετά την άλλη. Εάν z είναι ο αριθμός των οδόντων του κοπτικού εργαλείου τότε:

$$f = f_z \cdot z \cdot n. \qquad (2.2)$$

- Η ταχύτητα κοπής v_C

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \qquad (2.3)$$

όπου D η εξωτερική διάμετρος του κοπτικού εργαλείου και n ο αριθμός των στροφών του.

- Το βάθος (ή πλάτος) κοπής t, δηλαδή το μήκος της εισόδου της κύριας κόψης του εργαλείου στο κατεργασμένο τεμάχιο. Στο περιφερικό φραιζάρισμα αντιστοιχεί στο πλάτος κοπής ενώ στο μετωπικό στο αξονικό βάθος κοπής.

Αντίθετα προς τις άλλες συμβατικές κατεργασίες κοπής, στο φραιζάρισμα, το απόβλιττο έχει διατομή μεταβαλλόμενου πάχους, που είναι συνέπεια της επαλληλίας της περιστροφής του κοπτικού εργαλείου και της πρόωσης του τεμαχίου. Ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού του αποβλίττου, το περιφερειακό φραιζάρισμα διακρίνεται σε αντίρροπο και ομόρροπο. Είναι προφανές ότι στο αντίρροπο φραιζάρισμα το πάχος της διατομής του αποβλίττου μεταβάλλεται από μηδενική σε μια μέγιστη τιμή, ενώ στο ομόρροπο φραιζάρισμα από τη μέγιστη τιμή του στη μηδενική.

Από τότε που έγινε δυνατή η κίνηση των διαφόρων μερών των εργαλειομηχανών μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών ξεκίνησαν μεγάλες αλλαγές στις φραίζες. Το αποτέλεσμα είναι να συναντώνται σήμερα φραίζες CNC με παρόμοια μορφή με τις κλασσικές αλλά και μηχανές που κάνουν φραιζάρισμα αλλά δεν μοιάζουν καθόλου με φραίζες. Κάποια από τα επακόλουθα αυτών των αλλαγών είναι:

- Να απαιτείται σήμερα από το χειριστή της φραίζας να έχει γνώσεις CNC.

- Να περιορίζεται η τεράστια ποικιλία των εργαλείων φραίζας και το αντίστοιχο κόστος προμήθειας ή κατασκευής τους.

- Να αναζητούνται λύσεις για εργαλεία με εναλλάξιμα πλακίδια από σκληρομέταλλο για να αξιοποιηθούν οι αυξημένες δυνατότητες των καινούριων μηχανών.

- Να τρέχουν οι καινούριες μηχανές με μεγάλες ταχύτητες.

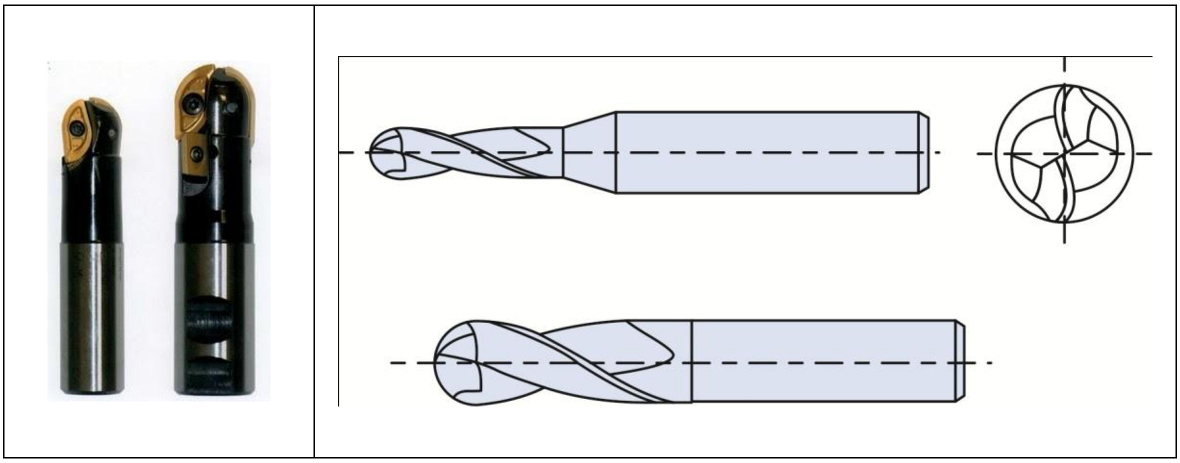
- Να είναι δυνατή η κατασκευή με ακρίβεια και χαμηλό κόστος πολύ δύσκολων γεωμετρικά μορφών, πράγμα αδύνατο για τις κλασσικές φραίζες.

- Να είναι πιο συμφέρουσα η ένταξη στην παραγωγική διαδικασία του φραιζαρίσματος σε σχέση με παλαιότερα. Ειδικά με την εκμετάλλευση της δυνατότητας για αυτόματη τροφοδότηση αλλά και για ποιοτικό έλεγχο επί της μηχανής, η φραίζα από εργαλείο υποστήριξης γίνεται εργαλείο γραμμής παραγωγής.

- Να γίνεται τελικά το φραιζάρισμα δυνατότητα πολλών εργαλειομηχανών που δεν θεωρούνται αποκλειστικά μηχανές φραιζαρίσματος, όπως τα κέντρα τόρνευσης.

2.5 Φραιζάρισμα με εργαλείο σφαιρικής απόληξης (Ball-end milling)

Μια ευρέως διαδεδομένη κατεργασία για τη μορφοποίηση της τελικής επιφάνειας είναι η διαδικασία του φραιζαρίσματος με εργαλείο σφαιρικής απόληξης (Ball-end milling), όπως αυτό του σχήματος 2.14. Η γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου και οι διαδρομές του εργαλείου είναι βασικοί παράγοντες της τοπομορφίας της κατεργασμένης επιφάνειας και της τραχύτητας. Μελέτες έχουν εστιάσει στην επίδραση της φθοράς του κοπτικού εργαλείου πάνω στην τραχύτητα της τελικής επιφάνειας /28, 29/. Η δημιουργία των διαδρομών του κοπτικού /30/, στο φραιζάρισμα με εργαλείο σφαιρικής απόληξης, η κλίση του κοπτικού εργαλείου σε σχέση με το κατεργαζόμενο τεμάχιο και την κατεύθυνση της πρόωσης επηρεάζουν την επιφάνεια του τελικού προϊόντος /31/. Η στρατηγική φραιζαρίσματος απορρέει από τις σχετικές θέσεις του κοπτικού και του τεμαχίου κατεργασίας. Μοντέλα που μπορούν να καθορίσουν την τοπομορφία μιας επιφάνειας που έχει παραχθεί από φραιζάρισμα με εργαλείο σφαιρικής απόληξης έχουν ήδη αναπτυχθεί /32/.



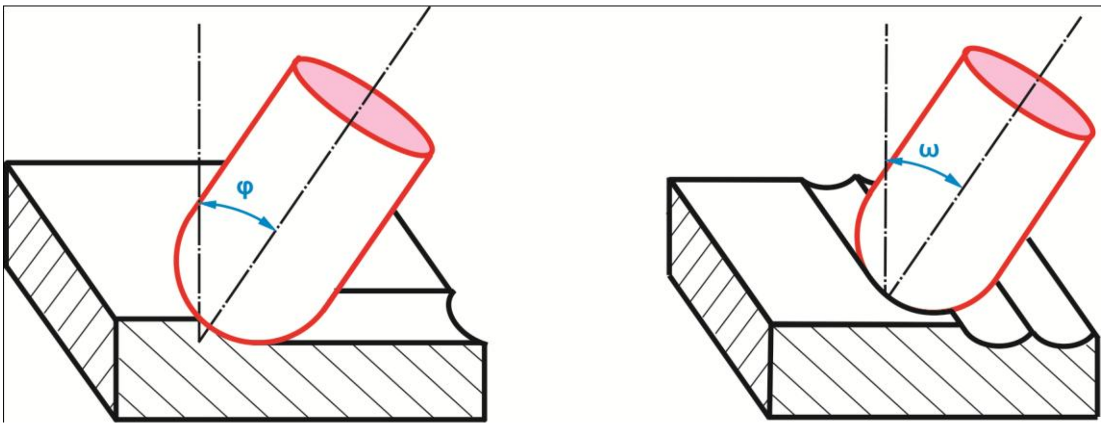
Σχήμα 2.14 : Εργαλεία σφαιρικής απόληξης

Στο φραιζάρισμα με εργαλείο σφαιρικής απόληξης, η ταχύτητα κοπής ποικίλει ανάλογα με το σημείο επαφής της κοπτικής ακμής σε σχέση με το τεμάχιο. Η ρύθμιση των κλίσεων του τεμαχίου και του κοπτικού εργαλείου μπορούν να βελτιώσουν την επίδοση του κοπτικού και την τραχύτητα της επιφάνειας /33/. Η τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου διαφοροποιείται ανάλογα με τις κλίσεις μεταξύ τεμαχίου και κοπτικού και την κατεύθυνση της πρόωσης. Παρατηρώντας τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κοπτικού εργαλείου στο φραιζάρισμα με εργαλείο σφαιρικής απόληξης δημιουργήθηκε ένα θεωρητικό μοντέλο τραχύτητας της επιφάνειας /34/ ενώ έχει εκπονηθεί εφαρμογή βασισμένη σε τεχνητά νευρωνικά δίκτυα για την κατεργασία αυτή /35/.

3. ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Κάθε κατεργασία κοπής αποτελεί ένα διαφορετικό πείραμα και κάθε πείραμα μια διαφορετική περίπτωση. Τα πειράματα εκπονήθηκαν με βάση τον παραγοντικό σχεδιασμό. Για την διεξαγωγή των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκαν δύο τιμές αξονικού βάθους κοπής (t_Z), δύο τιμές ακτινικού βάθους κοπής (t_{xy}), δύο τιμές προώσεως ανά δόντι (f_Z), τρεις τιμές γωνίας κλίσης παράλληλα στην πρόωση (φ) και δύο τιμές γωνίας κλίσης κάθετα στην πρόωση (ω). Η διαφορά των δύο γωνιών κλίσης φαίνεται στο σχήμα 3.1. Σύμφωνα με αυτό οι διαφορετικοί συνδυασμοί που προκύπτουν είναι 96 καθότι εξετάζεται η περίπτωση, τόσο του ομόρροπου, όσο και του αντίρροπου φραιζαρίσματος. Στο σχήμα 3.2 και στο σχήμα 3.3 παρουσιάζονται τα τεμάχια των πειραμάτων αντίρροπου και ομόρροπου φραιζαρίσματος.



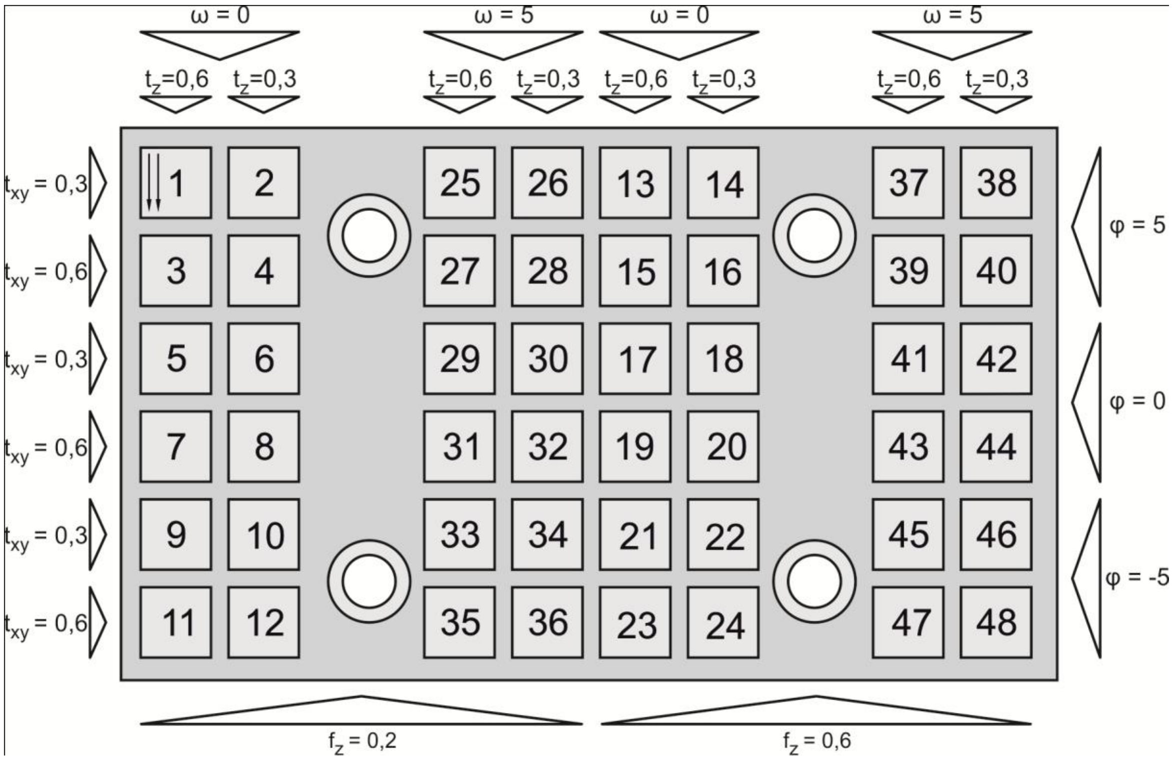
Σχήμα 3.1 : Γωνίες κλίσης φ και ω.

$$\text{Αριθμός πειραμάτων} = \overset{t_Z}{2} \cdot \overset{t_{xy}}{2} \cdot \overset{f_Z}{2} \cdot \overset{\varphi}{3} \cdot \overset{\omega}{2} = 48$$

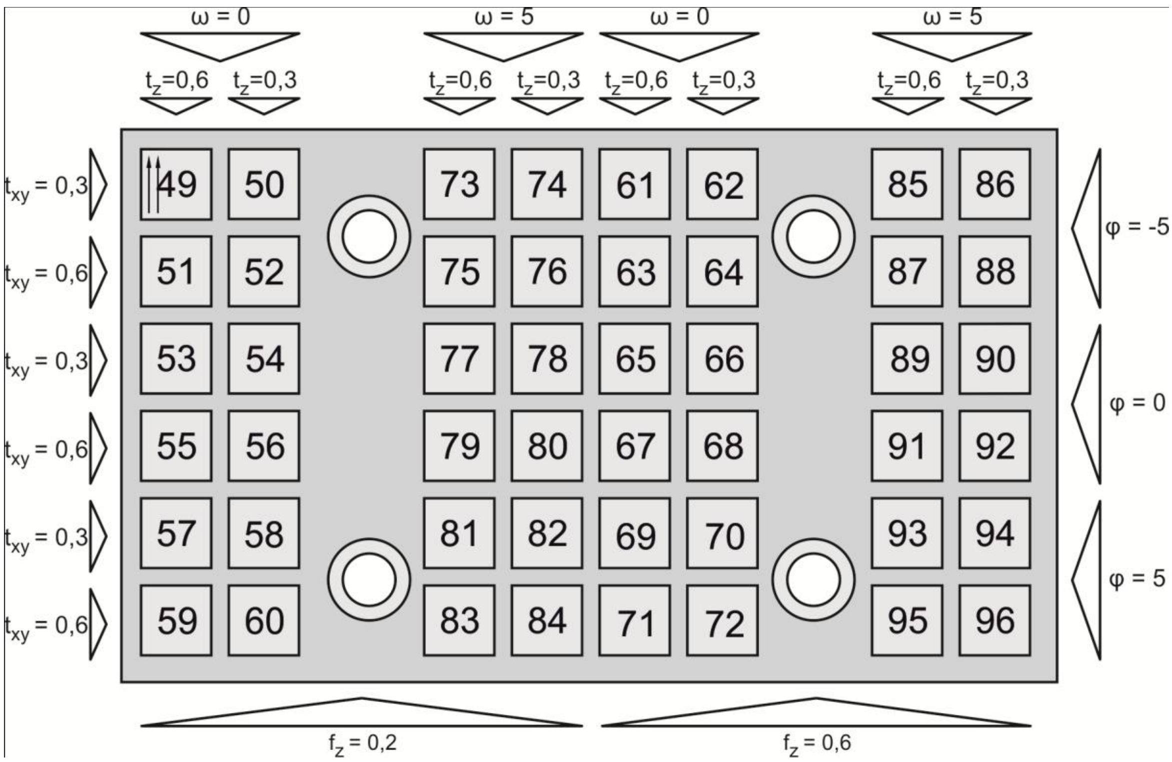
t_Z [mm]	t_{xy} [mm]	f_Z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]
0,3	0,3	0,2	-5	0
0,6	0,6	0,6	0	5
			5	

Πίνακας 3.1 : Τιμές παραγόντων κοπής

Σημαντικοί παράγοντες της κατεργασίας είναι η επιλογή του κατεργαζόμενου υλικού, η εργαλειομηχανή που εκτελεί την κατεργασία και το κοπτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται. Οι διάφοροι συνδυασμοί των τριών τελευταίων παραγόντων (f_Z, φ και ω) παράγουν τις στρατηγικές φραιζαρίσματος που εξαρτώνται από τη φορά του κοπτικού και τις κλίσεις του κοπτικού εργαλείου.



Σχήμα 3.2 : Πειράματα αντίρροπου φραιζαρίσματος



Σχήμα 3.3 : Πειράματα ομόρροπου φραιζαρίσματος

3.2 Υλικό κατεργασίας

Το υλικό που επιλέχθηκε για τη διεξαγωγή των πειραμάτων είναι το Al7075-T6. Το συγκεκριμένο υλικό χρησιμοποιείται ευρέως στην κατασκευή δομικών εξαρτημάτων κυρίως στην αεροναυπηγικές εφαρμογές. Η αεροναυπηγική βιομηχανία απαιτεί υλικά που έχουν υψηλή αντοχή και εύκολη, όσο είναι δυνατόν, κατεργασιμότητα. Το ντουραλουμίνιο Al7075 θερμικής κατεργασίας T6 συνδυάζει υψηλή αντοχή, μέση σκληρότητα και αντίσταση στη διάβρωση και για αυτό το λόγο προτιμάται στη βιομηχανία κατασκευής δομικών εξαρτημάτων.

Το Al7075 είναι ένα κράμα αλουμινίου με πρωταρχικό στοιχείο κράματος τον ψευδάργυρο. Είναι σκληρό υλικό με αντοχή αντίστοιχη αυτής των χαλύβων, με καλή αντοχή σε κόπωση και μέση κατεργασιμότητα αλλά μικρότερη αντίσταση στη διάβρωση από αυτήν που έχουν άλλα κράματα αλουμινίου. Το υψηλό κόστος του περιορίζει τη χρήση του μόνο σε εφαρμογές όπου φθηνότερα κράματα δεν είναι κατάλληλα.

Η χημική σύσταση και οι μηχανικές ιδιότητες του Al7075-T6 παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 3.2.

Χημική σύσταση Al7075-T6 (wt.%)

Si………….....	0.40	Mg…………	2.1-2.9
Fe……….....	0.50	Cr………….	0.18-0.28
Cu…………	1.2-2.0	Zn………….	5.1-6.1
Mn…………	0.30	Ti…………....	0.20

Μηχανικές ιδιότητες

	Πάχος in. (mm)	Αντοχή σε εφελκυσμό ksi (MPa)	Όριο διαρροής ksi (MPa)	Επιμήκυνση %
Al7075-T6 φύλλο	0.008-0.249 (0.203-6.32)	74-78 (510-538)	63-69 (434-476)	5-8

Πίνακας 3.2 : Ιδιότητες Al7075-T6

3.3 Εργαλειομηχανή DMU 50 eco

Τα πειράματα έγιναν στο Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης (m3) του Πολυτεχνείου Κρήτης, στο κέντρο κατεργασίας της Deckel Maho DMU 50 eco, το οποίο καθοδηγείται με ψηφιακή καθοδήγηση Siemens 810D. Στην κοπή των δοκιμίων χρησιμοποιήθηκε κοπτικό εργαλείο σφαιρικής απόληξης διαμέτρου D20 και σταθερή ταχύτητα κοπής 60m/min. Ως κοπτικά εργαλεία χρησιμοποιήθηκαν ένθετα πλακίδια με επικάλυψη καρβιδίων (ACZ350).

Το κέντρο κατεργασίας γενικής χρήσης CNC DMU 50 *eco* (σχήμα 3.4) είναι εξοπλισμένο με ισχυρή άτρακτο για στροφές μέχρι 8.000 rpm και χαρακτηριστικά: 83 Nm (40% ED), ισχύς ατράκτου 13 kW (40% ED) και 12 m/min γρήγορη μετακίνηση. Το περιστρεφόμενο τραπέζι του καθιστά εφικτή την κατασκευή πολύ σύνθετων τεμαχίων κατεργασίας. Η υδραυλική σύσφιξη εμπεριέχεται στο περιστρεφόμενο τραπέζι και η περιοχή περιστροφής μέχρι τις 115° (-5° / +110°) καθιστά εφικτές κλίσεις μέχρι 20°. Ο εργαλειοφορέας με 16 θέσεις και το αποσπώμενο χειριστήριο καθιστούν εφικτή την απλή και άνετη εκτέλεση των διαφόρων εργασιών φραιζαρίσματος. Η κατασκευή είναι με χυτοσίδηρο σκελετό για μέγιστη ακρίβεια και ποιότητα επιφανειών. Τέλος το εργονομικό DMG SLIM*line*® Panel με οθόνη TFT 15", SIEMENS 810D powerline και λογισμικό ShopMill καθιστούν δυνατό τον απλό προγραμματισμό αλλά και την τρισδιάστατη προσομοίωση.

Σχήμα 3.4 : Κέντρο κατεργασίας DMU 50 eco

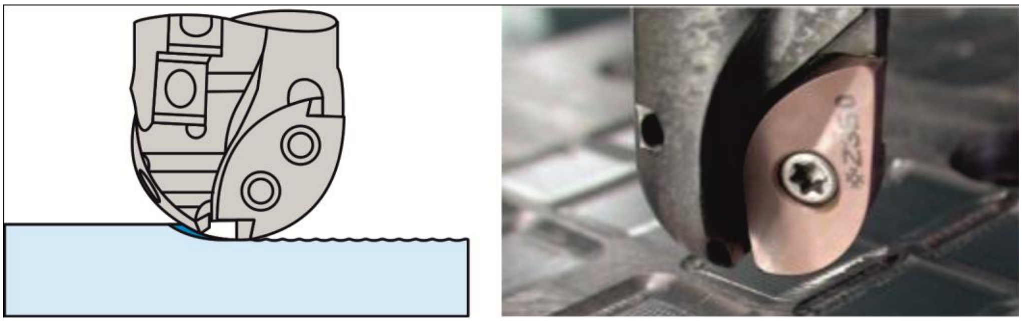
3.4 Εργαλείο σφαιρικής απόληξης

Τα εργαλεία σφαιρικής απόληξης (ball-end mills) είναι ιδανικά για μηχανουργικές κατεργασίες αποπεράτωσης σε τρεις κατευθύνσεις, όπως καλούπια και μήτρες. Χρησιμοποιούνται επίσης σε επιφάνειες που είναι κάθετες μεταξύ τους, για να δημιουργηθεί κοίλη επιφάνεια έτσι ώστε να μειωθούν συγκεντρωμένες τάσεις. Παράδειγμα εργαλείου σφαιρικής απόληξης παρουσιάζεται στο σχήμα 3.5.

Τα εργαλεία αυτά μπορεί να είναι συμπαγώς κατασκευασμένα ή διαιρετά χρησιμοποιώντας ένθετα πλακίδια σφαιρικής μορφής. Τα σφαιρικής απόληξης κοπτικά εργαλεία είναι κατάλληλα για την κατεργασία πολλών ειδών υλικών, από πλαστικό μέχρι και κράματα χάλυβα και τιτανίου. Η σκληρότητα και η αντοχή της αιχμής του εργαλείου είναι πολύ υψηλή λόγω της στρογγυλεμένης σχεδίασης του άκρου.

Ένα άλλο πλεονέκτημα του τρόπου σχεδίασης ενός κοπτικού με σφαιρική απόληξη, είναι ότι μπορεί να υποστεί πολύ ψηλές τιμές πρόωσης, που σημαίνει ότι μπορεί να κατεργαστεί το υλικό πολύ γρήγορα. Αυτό οδηγεί σε μεγάλη παραγωγικότητα και ευρεία χρήση στις σημερινές απαιτητικές εφαρμογές. Επίσης, η καλή γεωμετρία της κοπτικής ακμής μεταφράζεται σε χαμηλότερες δυνάμεις, γεγονός το οποίο δίνει στο κοπτικό εργαλείο πρόσθετη αντοχή κάτω από συνθήκες πίεσης. Καθώς είναι λιγότερο πιθανό να σπάσει υπό κανονικές δυνάμεις, το κοπτικό εργαλείο σφαιρικής απόληξης είναι πολύ αποδοτικό από πλευράς κόστους για τις εφαρμογές τις οποίες είναι κατάλληλο.

Τα κοπτικά εργαλεία σφαιρικής απόληξης σχεδόν πάντα είναι κατασκευασμένα από καρβίδιο βολφραμίου, που είναι κράμα υψηλής αντοχής. Συνήθως τα εργαλεία αυτά παράγονται με μια προστατευτική επικάλυψη που περιέχει τιτάνιο αναμιγμένο με άλλα στοιχεία, όπως τον άνθρακα και το αλουμίνιο. Οι επιστρώσεις αυτές εφαρμόζονται για να μειωθεί η φθορά ενώ μπορεί να προσφέρουν υψηλή σκληρότητα στην επιφανειακή στοιβάδα. Για παράδειγμα, το επίχρυσο χρώμα αποτελεί επικάλυψη νιτρικού τιτανίου και βοηθά στο να αποφευχθεί συγκόλληση μικρών κομματιών από το κατεργασμένο υλικό στη φραίζα, υπό υψηλές θερμοκρασίες, δηλαδή ενισχύει την αποφυγή της ψευδόκοψης.



Σχήμα 3.5 : Εργαλείο σφαιρικής απόληξης

Στον προγραμματισμό μιας εργαλειομηχανής με ψηφιακή καθοδήγηση (CNC) σημαντικό ρόλο έχουν οι στροφές του κοπτικού εργαλείου (n σε rpm), η ταχύτητα της πρόωσης (f σε mm/min) και η προγραμματιζόμενη θέση του κοπτικού εργαλείου στον άξονα της ατράκτου. Για το λόγο αυτό επιβάλλεται προσοχή στον υπολογισμό αυτών των τιμών.

Σε κάθε κατεργασία κοπής είναι επιθυμητή σταθερή ταχύτητα κοπής v_C (σε m/min) η οποία εξαρτάται κυρίως από το κατεργαζόμενο υλικό. Η ταχύτητα κοπής είναι συνήθως γνωστή από πίνακες υλικών και έτσι το σημαντικό μέγεθος που υπολογίζεται από τον τύπο υπολογισμού της ταχύτητας κοπής είναι οι στροφές της ατράκτου n σε rpm.

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \qquad (3.1)$$

Με βάση τις στροφές της ατράκτου υπολογίζεται και η ταχύτητα πρόωσης από τη σχέση:

$$f = f_z \cdot z \cdot n \qquad (3.2)$$

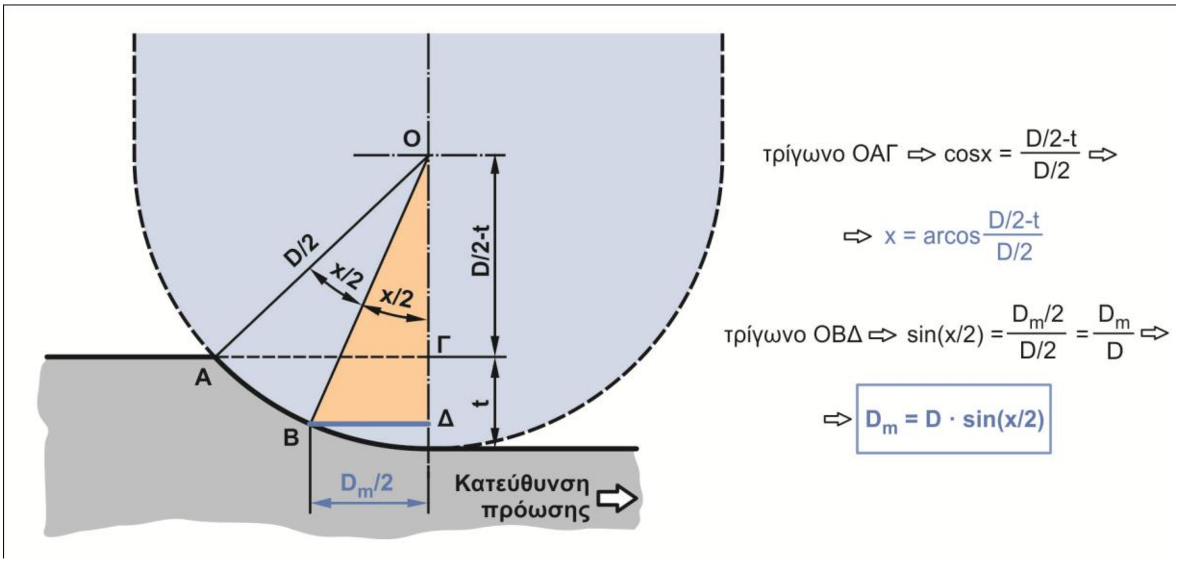
όπου f_Z είναι η πρόωση ανά δόντι και z ο αριθμός των δοντιών του κοπτικού που λαμβάνουν μέρος κατά την κατεργασία αφαίρεσης υλικού.

Στον τύπο της ταχύτητας κοπής, ως D συμβολίζεται η διάμετρος του κοπτικού σε mm. Για εργαλείο σφαιρικής απόληξης ως διάμετρος λαμβάνεται η ενεργή διάμετρος D_m και ο τύπος γράφεται ως εξής:

$$v_c = \frac{\pi \cdot D_m \cdot n}{1000} \qquad (3.3)$$

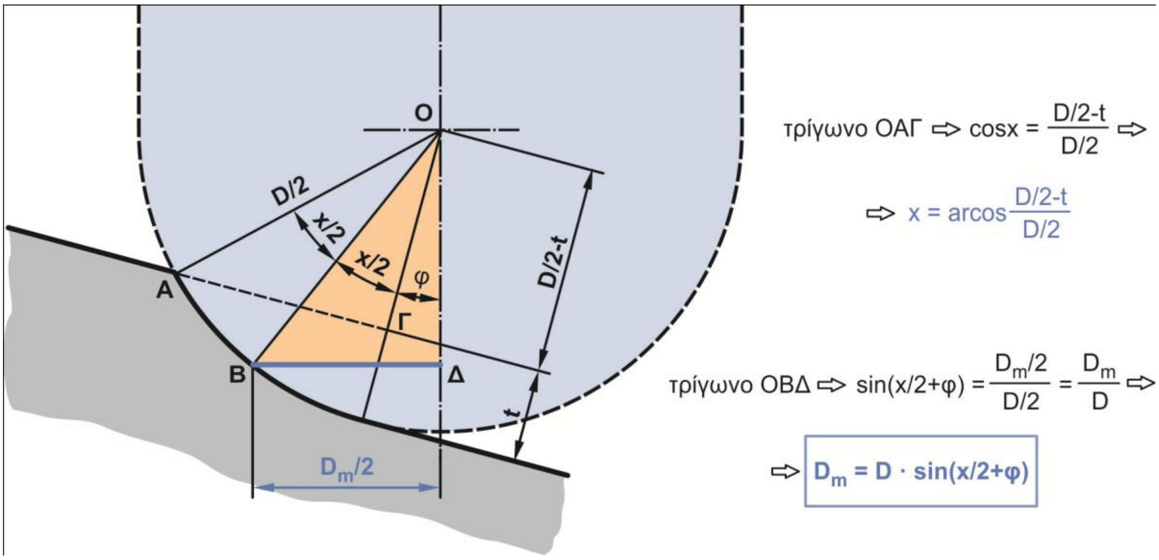
Η ενεργή διάμετρος υπολογίζεται με βάση το τόξο επαφής του εργαλείου στο τεμάχιο κατεργασίας και προφανώς διαφέρει στην περίπτωση που το εργαλείο βρίσκεται σε κάθετη θέση πάνω από το τεμάχιο ή σε κάποια άλλη κεκλιμένη θέση πλάγιας γωνίας.

Ο υπολογισμός της ενεργής διαμέτρου στην περίπτωση του κάθετου φραιζαρίσματος φαίνεται στο σχήμα 3.6.



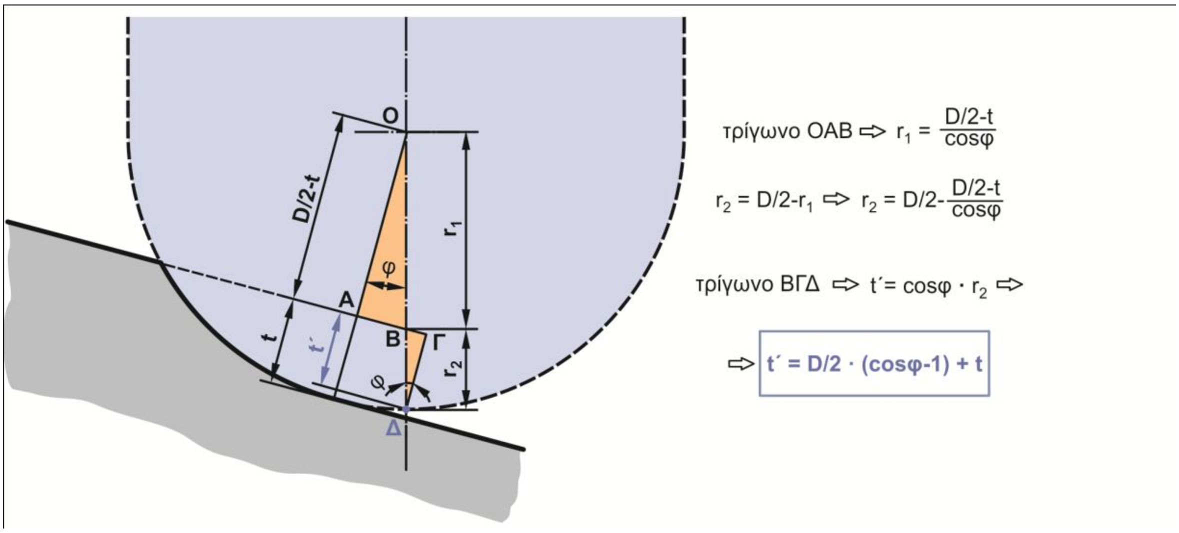
Σχήμα 3.6 : Υπολογισμός ενεργής διαμέτρου στο κάθετο φραιζάρισμα

Στο σχήμα 3.7 παρουσιάζεται ο υπολογισμός της ενεργής διαμέτρου στη γενική περίπτωση όπου υπάρχει κλίση φ σε σχέση με το κατεργαζόμενο τεμάχιο. Το κάθετο φραιζάρισμα αποτελεί ειδική περίπτωση όπου φ = 0.



Σχήμα 3.7 : Υπολογισμός ενεργής διαμέτρου σε φραιζάρισμα με κλίση φ

Η θέση του κοπτικού εργαλείου που προγραμματίζεται στην εργαλειομηχανή εξαρτάται από την κλίση του κοπτικού ή του τεμαχίου, ανάλογα με το αν κινείται το κοπτικό ή η τράπεζα. Ο υπολογισμός του άκρου του κοπτικού εργαλείου κατά την z διεύθυνση παρουσιάζεται στο σχήμα 3.8.



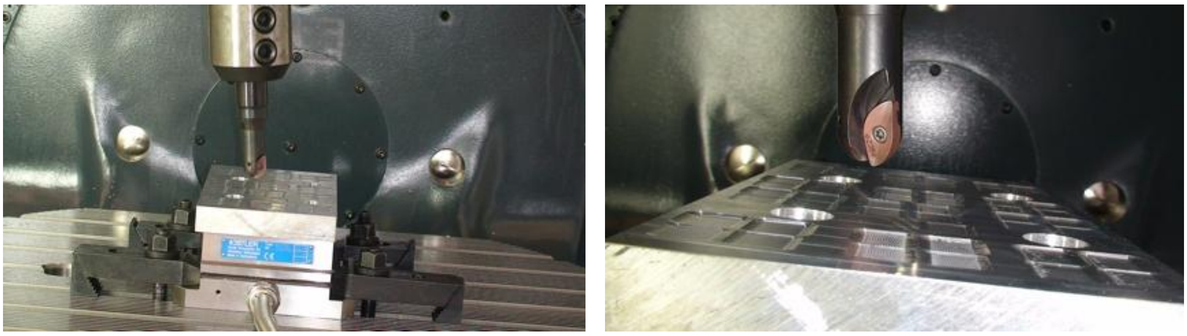
Σχήμα 3.8 : Υπολογισμός προγραμματίσιμου σημείου στον άξονα z

Ένα φύλλο εργασίας του excel δημιουργήθηκε για τον υπολογισμό όλων των απαραίτητων παραμέτρων των πειραμάτων. Το φύλλο υπολογισμού φαίνεται στο <u>σχήμα 3.9</u>.

BALL MILL								
Inputs								
r	10	mm	x/2	0,12278	rad			
tz	0,3	mm				Outputs		
			Dm/2	1,22474	mm			
Vc	60	m/min	Dmean	2,44949	mm	**tz'**	0,3	mm
fz	0,6	πρόωση/δόντι						
z	1	αριθμός δοντιών	r1	9,7	mm	**S**	7796,97	rpm
			r2	0,3	mm	**F**	4678,18	mm/min
φ	0	deg	φ	0	rad			

Σχήμα 3.9 : Πίνακας υπολογισμού παραμέτρων

Στα παρακάτω <u>σχήματα 3.10 και 3.11</u> παρουσιάζονται στιγμιότυπα από χαρακτηριστικές θέσεις κατεργασίας του δοκιμίου πειραμάτων.



Σχήμα 3.10 : Στιγμιότυπα πλάγιας τοποθέτησης εργαλείου

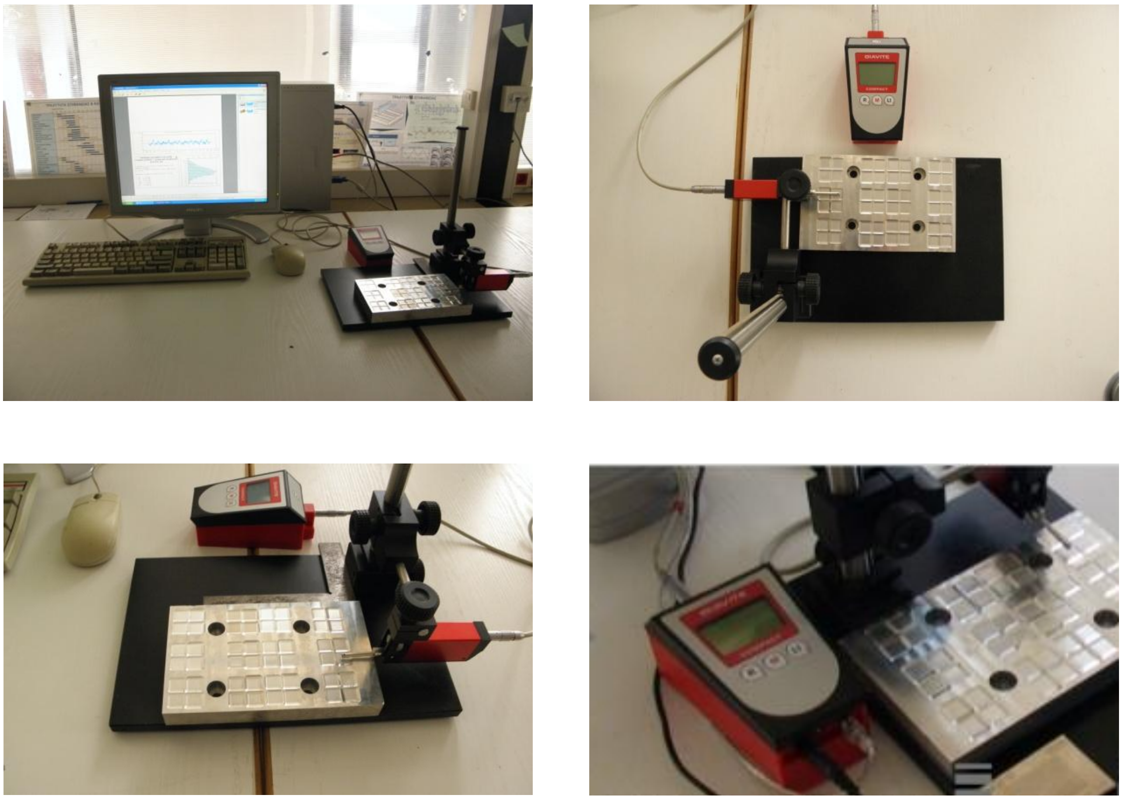
Σχήμα 3.11 : Στιγμιότυπα κατεργασίας με διάφορες στρατηγικές

3.5 Τραχύμετρο Diavite Compact

Για τις μετρήσεις τραχύτητας των πειραμάτων χρησιμοποιήθηκε τραχύμετρο τύπου στυλίσκου. Το τραχύμετρο που χρησιμοποιήθηκε είναι το Diavite Compact που παρουσιάζεται στα ακόλουθα σχήματα 3.12 και 3.13 και συνεργάζεται με το λειτουργικό σύστημα DiaSoft Basic.

Σχήμα 3.12 : Τραχύμετρο Diavite Compact

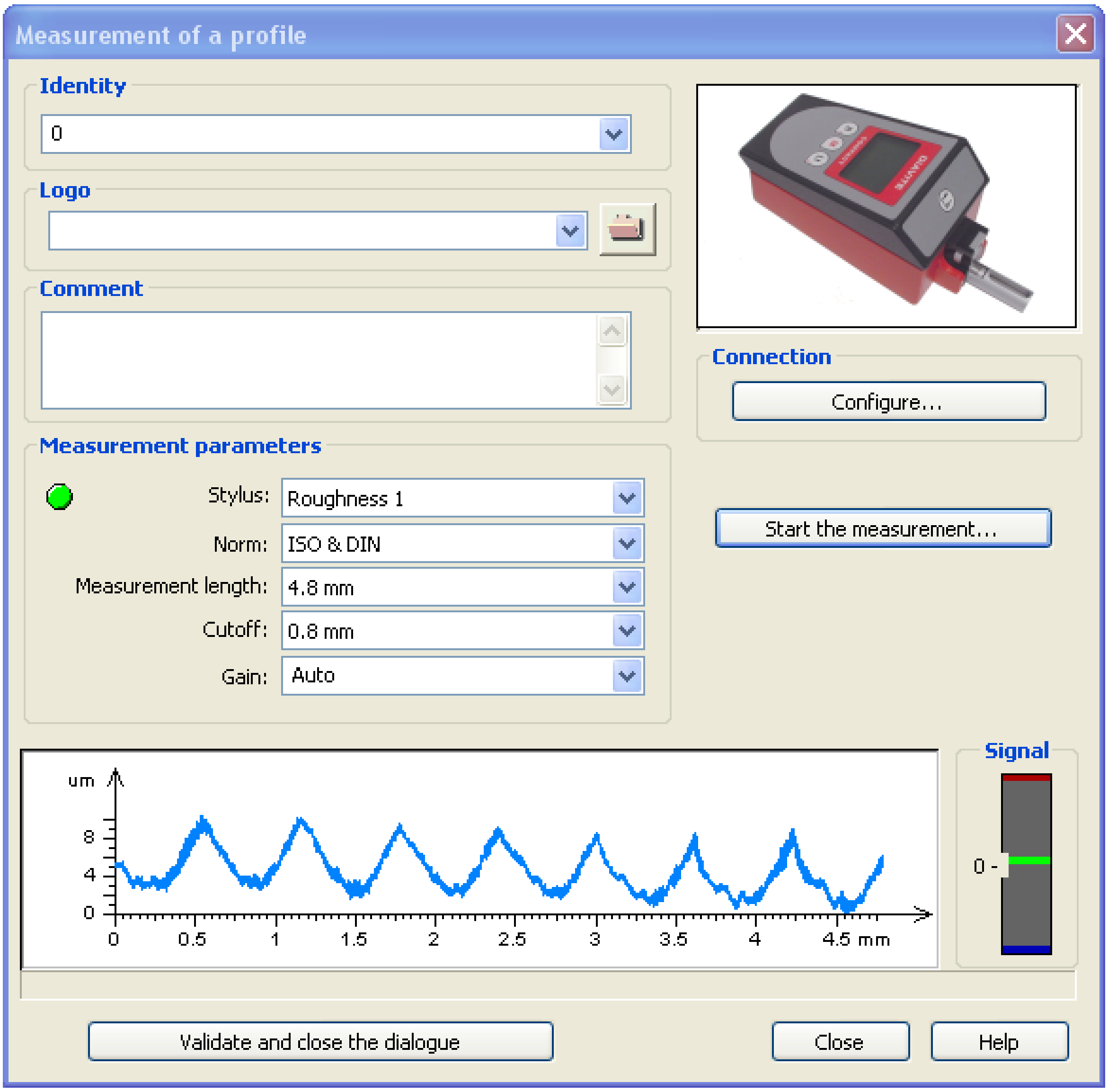
Ο στυλίσκος ο οποίος χρησιμοποιήθηκε στις τραχυμετρήσεις είναι για γενικές μετρήσεις τύπου SH. Οι μετρήσεις της τραχύτητας έγιναν με εγκάρσιο μήκος μετακίνησης 4.00 mm, ενώ το μήκος κύματος αποκοπής ήταν 0,8 mm.



Σχήμα 3.13 : Τραχύμετρο Diavite Compact

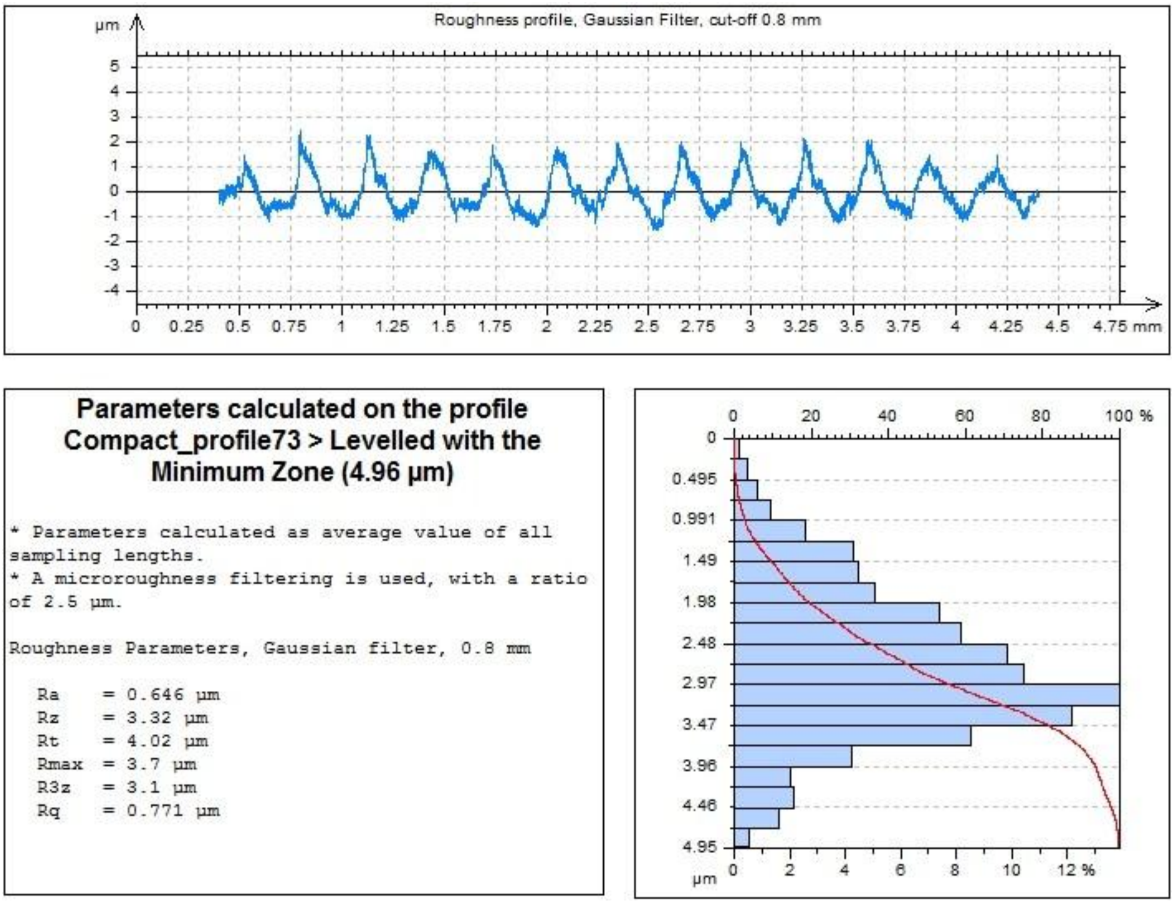
Αφότου έγινε κατεργασία 96 τετράγωνων διαστάσεων 9 x 9 [mm x mm], το καθένα με διαφορετικές συνθήκες κοπής σύμφωνα με τον παραγοντικό σχεδιασμό πειραμάτων, μετρήθηκε η τραχύτητα Rz κάθετα στην πρόωση. Η τιμή της τραχύτητας Rz προέκυψε ως ο μέσος όρος πέντε μετρήσεων σε διαφορετικά σημεία εντός του τετραγώνου.

Οι παράμετροι τρχυμέτρησης που ορίζονται στο λειτουργικό σύστημα DiaSoft Basic προβάλλονται στο ακόλουθο <u>σχήμα 3.14</u>.



Σχήμα 3.14 : Λογισμικό DiaSoft Basic

Κάθε τραχυμέτρηση δίνει γραφικά την τομογραφία, τις τιμές των παραμέτρων ταχύτητας και τη στατιστική των μετρήσεων. Ένα τυπικό αποτέλεσμα τραχυμέτρησης από το πρόγραμμα DiaSoft Basic παρουσιάζεται στο σχήμα 3.15 .



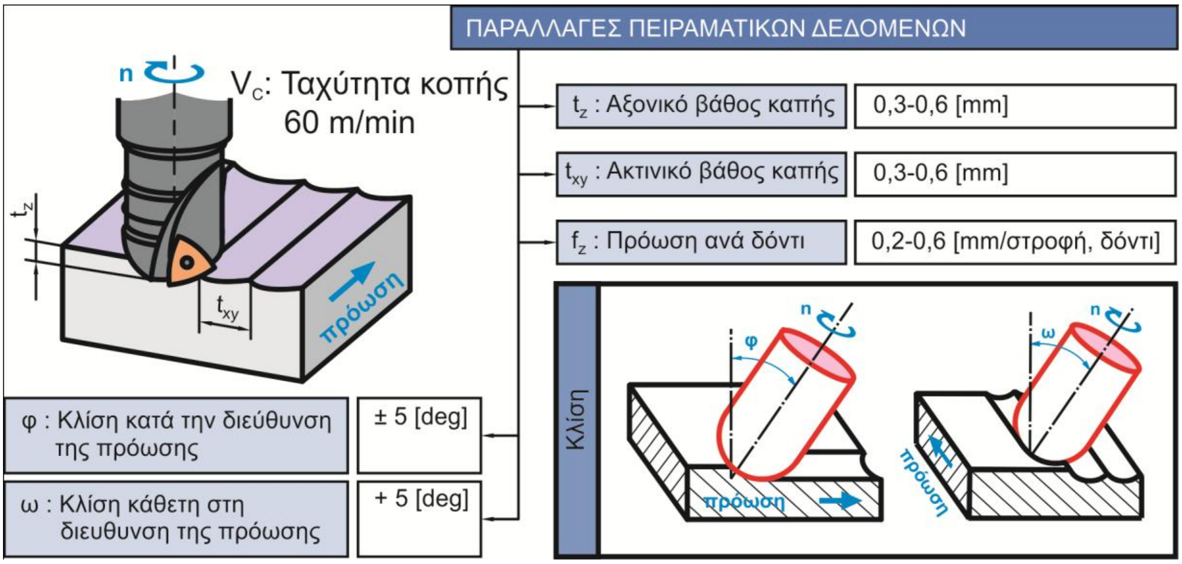
Σχήμα 3.15 : Αποτέλεσμα τραχυμέτρησης

4. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ

4.1 Εισαγωγή

Οι σημαντικότερες παράμετροι που επηρεάζουν την τραχύτητα μιας επιφάνειας έχει αποδειχθεί ότι είναι: η κλίση του κατεργαζόμενου τεμαχίου και η στρατηγική φραιζαρίσματος /36/. Η στρατηγική που χρησιμοποιείται απορρέει τόσο από τη σχετική θέση του κοπτικού και του τεμαχίου κατεργασίας, όσο και από την κινηματική του κοπτικού εργαλείου κατά τη διεργασία.

Στο παρακάτω σχήμα 4.1, παρουσιάζονται οι παραλλαγές των πειραματικών δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν.

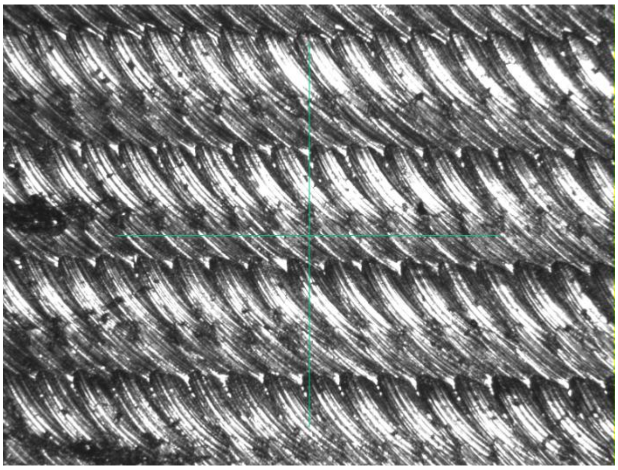


Σχήμα 4.1 : Παραλλαγές πειραματικών δεδομένων

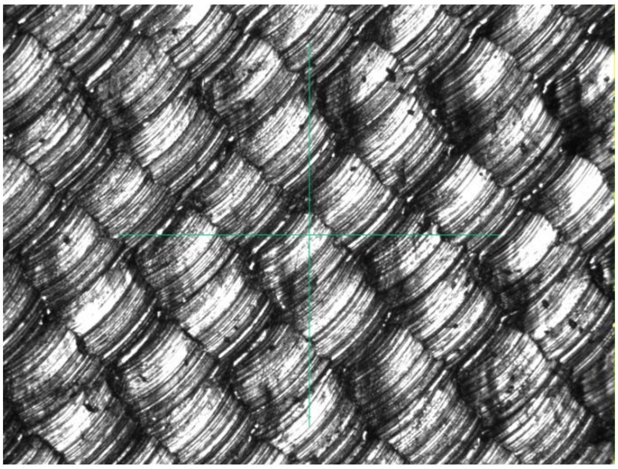
Ανάλογα με την κλίση του κοπτικού εργαλείου το περιφερικό φραιζάρισμα χωρίζεται στις ακόλουθες έξι κατηγορίες

- Κάθετο φραιζάρισμα
- Διατρητικό φραιζάρισμα
- Ελκτικό φραιζάρισμα
- Πλάγιο φραιζάρισμα
- Πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα
- Πλάγιο ελκτικό φραιζάρισμα

Η κάθε στρατηγική φραιζαρίσματος που εφαρμόζεται έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διαφορετικής τοπομορφίας ανάλογα τις συνθήκες κοπής που εφαρμόζονται. Παραδείγματα προκύπτουσας τοπομορφίας παρουσιάζονται στα σχήματα 4.2 και 4.3.



Σχήμα 4.2 : Τοπομορφία πλάγιου διατρητικού φραιζαρίσματος
(t_z=0.6, t_{xy}=0.6, f_z=0.2, φ=5, ω=5)

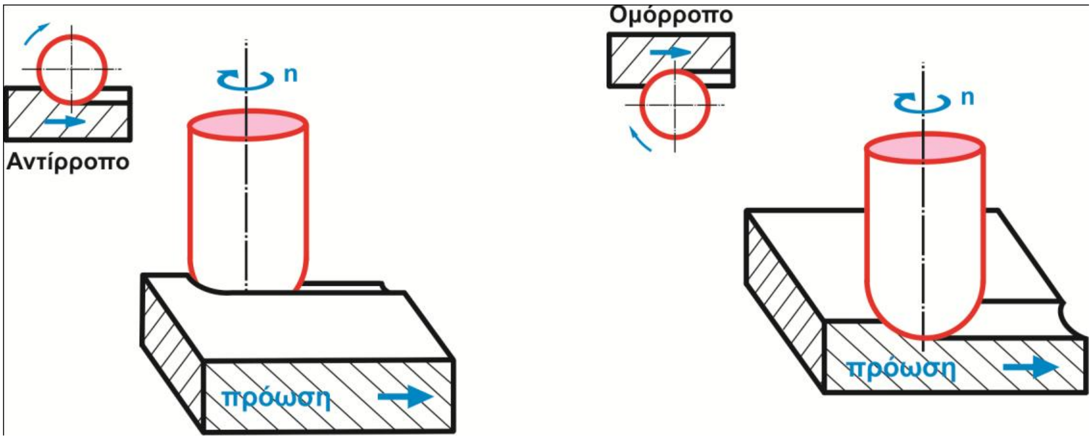


Σχήμα 4.3 : Τοπομορφία πλάγιου ελκτικού φραιζαρίσματος
(t_z=0.6, t_{xy}=0.3, f_z=0.6, φ=5, ω=5)

Στις επόμενες παραγράφους παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τραχυμετρήσεων για τις 6 αυτές παραλλαγές φραιζαρίσματος.

4.2 Κάθετο φραιζάρισμα

Στο κάθετο φραιζάρισμα ο άξονας του κοπτικού εργαλείου είναι κάθετος πάνω στο τεμάχιο κατεργασίας, δηλαδή οι κλίσεις φ και ω ισούται με το μηδέν.



Σχήμα 4.4 : Αντίρροπο και ομόρροπο κάθετο φραιζάρισμα

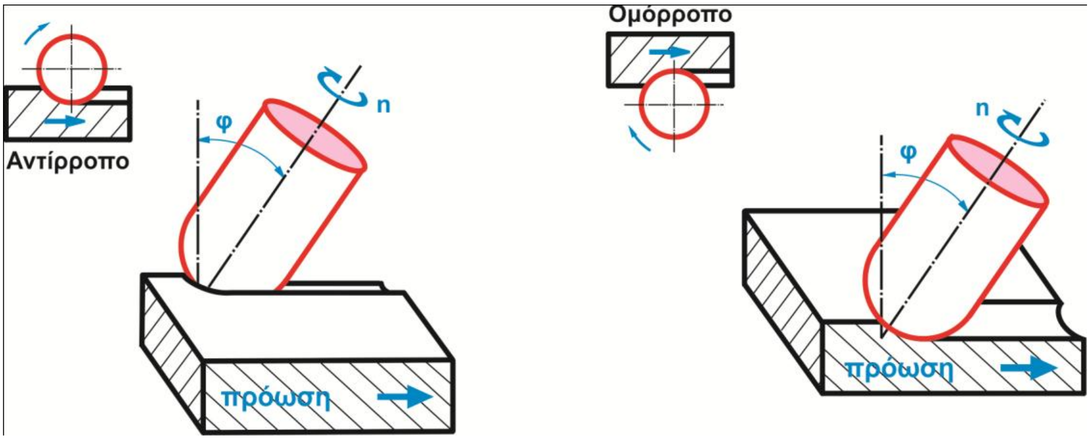
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της τραχύτητας επιφάνειας Rz παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 4.1.

ΚΑΘΕΤΟ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ						
ΑΝΤΙΡΡΟΠΟ						
α/α	t_z [mm]	t_{xy} [mm]	f_z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]	R_z [μm]
5	0,6	0,3	-0,2	0	0	2,39
6	0,3	0,3	-0,2	0	0	3,08
7	0,6	0,6	-0,2	0	0	4,03
8	0,3	0,6	-0,2	0	0	3,74
17	0,6	0,3	-0,6	0	0	3,99
18	0,3	0,3	-0,6	0	0	4,54
19	0,6	0,6	-0,6	0	0	5,18
20	0,3	0,6	-0,6	0	0	5,30
ΟΜΟΡΡΟΠΟ						
α/α	t_z [mm]	t_{xy} [mm]	f_z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]	R_z [μm]
53	0,6	0,3	0,2	0	0	2,37
54	0,3	0,3	0,2	0	0	2,63
55	0,6	0,6	0,2	0	0	3,87
56	0,3	0,6	0,2	0	0	2,83
65	0,6	0,3	0,6	0	0	6,01
66	0,3	0,3	0,6	0	0	2,90
67	0,6	0,6	0,6	0	0	7,03
68	0,3	0,6	0,6	0	0	5,88

Πίνακας 4.1 : Μετρήσεις τραχύτητας στο κάθετο φραιζάρισμα

4.3 Διατρητικό φραιζάρισμα

Στο διατρητικό φραιζάρισμα ο άξονας του κοπτικού εργαλείου έχει κλίση φ κατά τη φορά της πρόωσης ενώ η κλίση ω ισούται με το μηδέν.



Σχήμα 4.5 : Αντίρροπο και ομόρροπο διατρητικό φραιζάρισμα

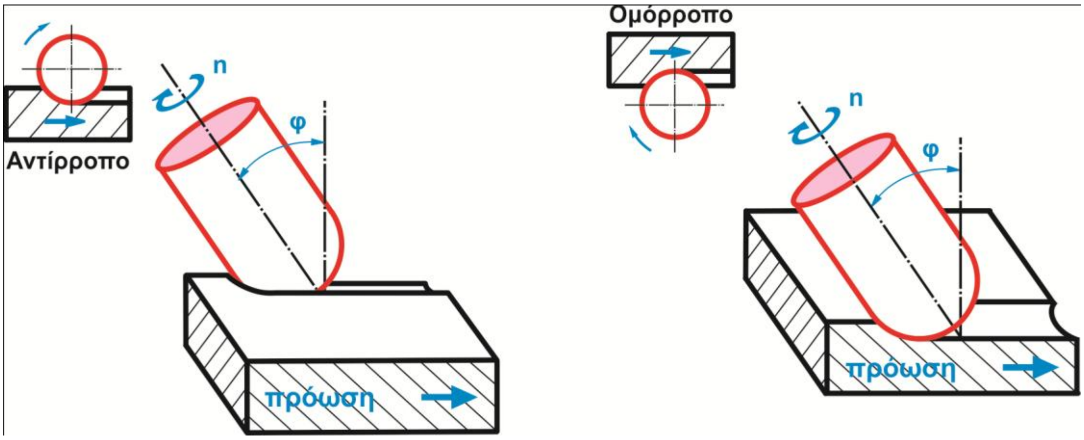
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της τραχύτητας επιφάνειας Rz παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 4.2.

ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ						
ΑΝΤΙΡΡΟΠΟ						
α/α	t_z [mm]	t_{xy} [mm]	f_z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]	R_z [μm]
1	0,6	0,3	-0,2	5	0	1,96
2	0,3	0,3	-0,2	5	0	2,49
3	0,6	0,6	-0,2	5	0	4,26
4	0,3	0,6	-0,2	5	0	5,56
13	0,6	0,3	-0,6	5	0	4,86
14	0,3	0,3	-0,6	5	0	4,62
15	0,6	0,6	-0,6	5	0	4,93
16	0,3	0,6	-0,6	5	0	5,27
ΟΜΟΡΡΟΠΟ						
α/α	t_z [mm]	t_{xy} [mm]	f_z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]	R_z [μm]
57	0,6	0,3	0,2	5	0	3,31
58	0,3	0,3	0,2	5	0	3,26
59	0,6	0,6	0,2	5	0	5,07
60	0,3	0,6	0,2	5	0	4,87
69	0,6	0,3	0,6	5	0	5,45
70	0,3	0,3	0,6	5	0	5,50
71	0,6	0,6	0,6	5	0	6,37
72	0,3	0,6	0,6	5	0	6,91

Πίνακας 4.2 : Μετρήσεις τραχύτητας στο διατρητικό φραιζάρισμα

4.4 Ελκτικό φραιζάρισμα

Στο ελκτικό φραιζάρισμα ο άξονας του κοπτικού εργαλείου έχει κλίση φ αντίθετη στη φορά της πρόωσης ενώ η κλίση ω ισούται με το μηδέν.



Σχήμα 4.6 : Αντίρροπο και ομόρροπο ελκτικό φραιζάρισμα

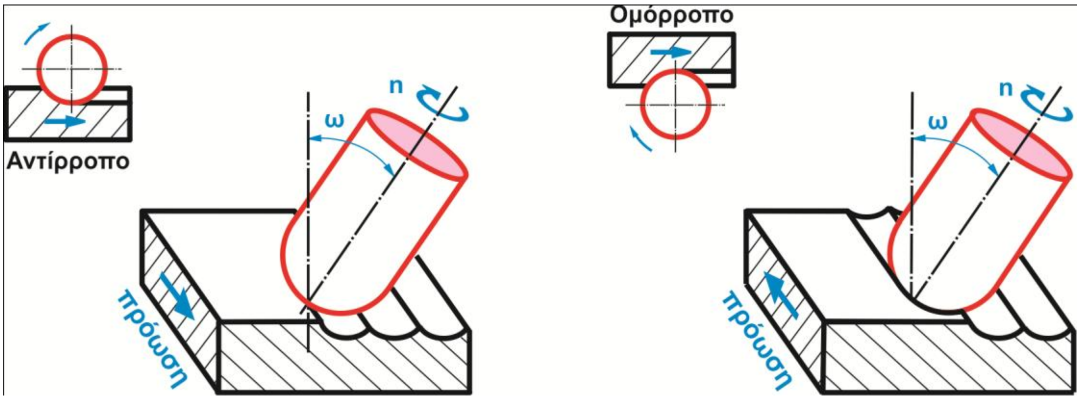
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της τραχύτητας επιφάνειας Rz παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 4.3.

ΕΛΚΤΙΚΟ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ						
ΑΝΤΙΡΡΟΠΟ						
α/α	t_z [mm]	t_{xy} [mm]	f_z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]	R_z [μm]
9	0,6	0,3	-0,2	-5	0	2,63
10	0,3	0,3	-0,2	-5	0	2,62
11	0,6	0,6	-0,2	-5	0	5,13
12	0,3	0,6	-0,2	-5	0	5,81
21	0,6	0,3	-0,6	-5	0	7,02
22	0,3	0,3	-0,6	-5	0	5,92
23	0,6	0,6	-0,6	-5	0	7,66
24	0,3	0,6	-0,6	-5	0	6,54
ΟΜΟΡΡΟΠΟ						
α/α	t_z [mm]	t_{xy} [mm]	f_z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]	R_z [μm]
49	0,6	0,3	0,2	-5	0	2,99
50	0,3	0,3	0,2	-5	0	2,77
51	0,6	0,6	0,2	-5	0	4,89
52	0,3	0,6	0,2	-5	0	5,16
61	0,6	0,3	0,6	-5	0	6,01
62	0,3	0,3	0,6	-5	0	6,93
63	0,6	0,6	0,6	-5	0	8,88
64	0,3	0,6	0,6	-5	0	7,96

Πίνακας 4.3 : Μετρήσεις τραχύτητας στο ελκτικό φραιζάρισμα

4.5 Πλάγιο φραιζάρισμα

Στο πλάγιο φραιζάρισμα ο άξονας του κοπτικού εργαλείου έχει κλίση ω κάθετη στη φορά της πρόωσης.



Σχήμα 4.7 : Αντίρροπο και ομόρροπο πλάγιο φραιζάρισμα

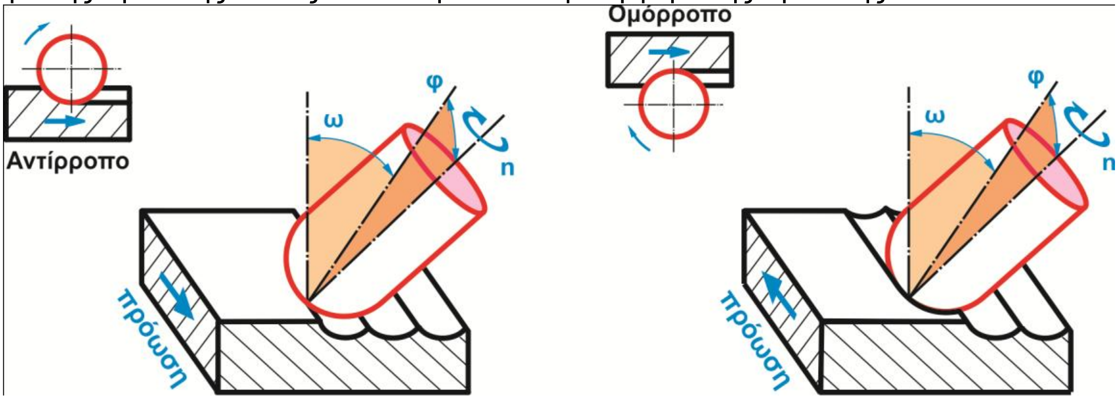
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της τραχύτητας επιφάνειας Rz παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 4.4.

ΠΛΑΓΙΟ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ						
ΑΝΤΙΡΡΟΠΟ						
α/α	t_Z [mm]	t_{xy} [mm]	f_Z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]	R_Z [μm]
29	0,6	0,3	-0,2	0	5	7,49
30	0,3	0,3	-0,2	0	5	7,21
31	0,6	0,6	-0,2	0	5	13,57
32	0,3	0,6	-0,2	0	5	14,36
41	0,6	0,3	-0,6	0	5	7,74
42	0,3	0,3	-0,6	0	5	8,74
43	0,6	0,6	-0,6	0	5	15,05
44	0,3	0,6	-0,6	0	5	14,94
ΟΜΟΡΡΟΠΟ						
α/α	t_Z [mm]	t_{xy} [mm]	f_Z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]	R_Z [μm]
77	0,6	0,3	0,2	0	5	10,65
78	0,3	0,3	0,2	0	5	10,99
79	0,6	0,6	0,2	0	5	15,17
80	0,3	0,6	0,2	0	5	16,67
89	0,6	0,3	0,6	0	5	8,22
90	0,3	0,3	0,6	0	5	8,77
91	0,6	0,6	0,6	0	5	15,36
92	0,3	0,6	0,6	0	5	15,83

Πίνακας 4.4 : Μετρήσεις τραχύτητας στο πλάγιο φραιζάρισμα

4.6 Πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα

Στο πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα ο άξονας του κοπτικού εργαλείου έχει κλίση φ κατά τη φορά της πρόωσης καθώς και κλίση ω κάθετη στη φορά της πρόωσης.



Σχήμα 4.8 : Αντίρροπο και ομόρροπο πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα

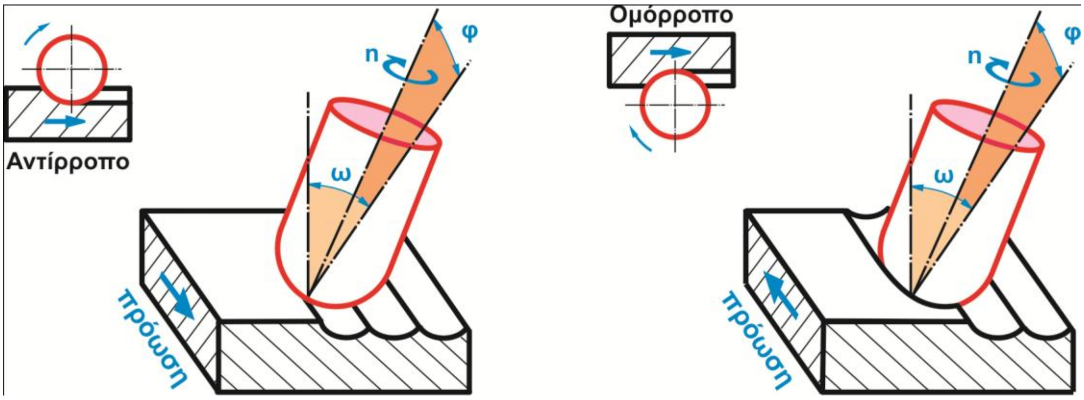
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της τραχύτητας επιφάνειας Rz παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 4.5.

ΠΛΑΓΙΟ ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ						
ΑΝΤΙΡΡΟΠΟ						
α/α	t_Z [mm]	t_{xy} [mm]	f_Z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]	R_Z [μm]
25	0,6	0,3	-0,2	5	5	6,65
26	0,3	0,3	-0,2	5	5	7,38
27	0,6	0,6	-0,2	5	5	10,00
28	0,3	0,6	-0,2	5	5	9,94
37	0,6	0,3	-0,6	5	5	4,83
38	0,3	0,3	-0,6	5	5	4,84
39	0,6	0,6	-0,6	5	5	8,24
40	0,3	0,6	-0,6	5	5	7,61
ΟΜΟΡΡΟΠΟ						
α/α	t_Z [mm]	t_{xy} [mm]	f_Z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]	R_Z [μm]
81	0,6	0,3	0,2	5	5	3,40
82	0,3	0,3	0,2	5	5	3,57
83	0,6	0,6	0,2	5	5	7,01
84	0,3	0,6	0,2	5	5	7,18
93	0,6	0,3	0,6	5	5	5,11
94	0,3	0,3	0,6	5	5	4,93
95	0,6	0,6	0,6	5	5	9,16
96	0,3	0,6	0,6	5	5	8,11

Πίνακας 4.5 : Μετρήσεις τραχύτητας στο πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα

4.7 Πλάγιο ελκτικό φραιζάρισμα

Στο πλάγιο ελκτικό φραιζάρισμα ο άξονας του κοπτικού εργαλείου έχει κλίση φ αντίθετη στη φορά της πρόωσης καθώς και κλίση ω κάθετη στη φορά της πρόωσης.



Σχήμα 4.9 : Αντίρροπο και ομόρροπο πλάγιο ελκτικό φραιζάρισμα

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων της τραχύτητας επιφάνειας Rz παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα 4.6.

ΠΛΑΓΙΟ ΕΛΚΤΙΚΟ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ						
ΑΝΤΙΡΡΟΠΟ						
α/α	t_z [mm]	t_{xy} [mm]	f_z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]	R_z [μm]
33	0,6	0,3	-0,2	-5	5	3,85
34	0,3	0,3	-0,2	-5	5	3,54
35	0,6	0,6	-0,2	-5	5	7,51
36	0,3	0,6	-0,2	-5	5	7,93
45	0,6	0,3	-0,6	-5	5	5,64
46	0,3	0,3	-0,6	-5	5	4,91
47	0,6	0,6	-0,6	-5	5	8,71
48	0,3	0,6	-0,6	-5	5	8,41
ΟΜΟΡΡΟΠΟ						
α/α	t_z [mm]	t_{xy} [mm]	f_z [mm/στροφή,δόντι]	φ [°]	ω [°]	R_z [μm]
73	0,6	0,3	0,2	-5	5	4,55
74	0,3	0,3	0,2	-5	5	4,43
75	0,6	0,6	0,2	-5	5	7,33
76	0,3	0,6	0,2	-5	5	8,29
85	0,6	0,3	0,6	-5	5	6,22
86	0,3	0,3	0,6	-5	5	5,25
87	0,6	0,6	0,6	-5	5	9,18
88	0,3	0,6	0,6	-5	5	8,27

Πίνακας 4.6 : Μετρήσεις τραχύτητας στο πλάγιο ελκτικό φραιζάρισμα

5. ΜΟΝΤΕΛΟ RSM

5.1 Εισαγωγή

Όπως ήδη έχει αναφερθεί, μια ευρέως διαδεδομένη μέθοδος πρόβλεψης της τραχύτητας επιφάνειας είναι η μεθοδολογία απόκρισης επιφάνειας (Roughness Surface Methodology). Η μεθοδολογία αυτή χρησιμοποιεί την ανάλυση παλινδρόμησης (Regression Analysis) και την ανάλυση διασποράς (Analysis of Variance, ANOVA) για τη δημιουργία μιας εξίσωσης βάσει των παραγόντων που χρησιμοποιούνται.

Με την εξέλιξη των ηλεκτρονικών υπολογιστών, πολλά στατιστικά λογισμικά πακέτα έχουν δημιουργηθεί κάνοντας τις παραπάνω μεθόδους εύκολες στη χρήση τους και με άμεσα αποτελέσματα. Στην παρούσα μεταπτυχιακή εργασία χρησιμοποιείται το λογισμικό Minitab 15 Statistical Software.

<u>5.1.1 Ανάλυση παλινδρόμησης</u>

Ανάλογα με την περίπτωση, η ανάλυση παλινδρόμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί για μια από τις ακόλουθες περιπτώσεις:

- Πρόβλεψη της τιμής της απόκρισης.
- Σύνοψη μεγάλου αριθμού δεδομένων για την εύρεση καμπυλών.
- Επιλογή ενός μαθηματικού προτύπου που να εξηγεί το σύστημα. Η προσέγγιση αυτή του συστήματος θα εκφράζει το θεωρητικό νόμο που προκύπτει από τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών.

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά πρότυπα παλινδρόμησης που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα την περίπτωση. Μια σχετικά απλή μορφή που χρησιμοποιείται στην ανάλυση παλινδρόμησης είναι αυτή του γραμμικού προτύπου:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + .\ .\ .\ . + \beta_n X_n + \varepsilon \qquad (5.1)$$

Ένα άλλο πρότυπο είναι αυτό της αλληλεπίδρασης όπου παρουσιάζονται γινόμενα μεταξύ των παραγόντων, δηλαδή αλληλεπιδράσεις:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + .\ .\ .\ . + \beta_n X_n + \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon \qquad (5.2)$$

Ακόμη ένα πρότυπο είναι αυτό της δεύτερης τάξης, όπου οι παράγοντες επιδρούν, τόσο προσθετικά όπως στο γραμμικό, τόσο πολλαπλασιαστικά όπως της αλληλεπίδρασης, όσο και τετραγωνικά:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + .\ .\ .\ . + \beta_n X_n + \beta_{ij} X_i X_j + \beta_{11} X_1^2 + .\ .\ .\ . + \beta_{nn} X_n^2 + \varepsilon \qquad (5.3)$$

Στο πρότυπο αυτό οι παράγοντες επιδρούν στην απόκριση προσθετικά, πολλαπλασιαστικά και τετραγωνικά.

Η επιλογή του προτύπου παλινδρόμησης γίνεται με βάση τον επιδιωκόμενο σκοπό της ανάλυσης, τις απαιτήσεις του αναλυτή καθώς και την εμπειρία του.

5.1.2 Ανάλυση διασποράς

Μια καμπύλη προσαρμογής προσεγγίζει τέλεια τα δεδομένα μόνο στην περίπτωση που αυτά τα σημεία βρίσκονται εξαρχής πάνω της. Σε κάθε άλλη περίπτωση η καλύτερη δυνατή προσαρμογή των δεδομένων γίνεται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων (Mean Square). Με αυτή τη μέθοδο υπολογίζεται μια καμπύλη τέτοια ώστε τα δεδομένα της απόκρισης Y_i να έχουν το μικρότερο δυνατό άθροισμα τετραγωνικών αποκλίσεων από αυτήν.

Η ακρίβεια της προσαρμογής μπορεί να μελετηθεί, εάν πρώτα αναλυθεί η μεταβλητότητα των δεδομένων Y_i. Αυτό γίνεται με την ανάλυσης διασποράς.

SST = SSR + SSE

όπου SST (Sum of Squares Total) είναι το μέτρο ολικής μεταβλητότητας των δεδομένων y_i και ισούται με:

$$SST = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2 \qquad (5.4)$$

SSR (Sum Squares due to Regression) είναι το άθροισμα των τετραγώνων που οφείλεται στην παλινδρόμηση και εκφράζει μέρος του ολικού αθροίσματος τετραγώνων.

$$SSR = \sum_{i=1}^{n}(\hat{y_i} - \bar{y})^2 \qquad (5.5)$$

SSE (Sum Squares due to Error) είναι το άθροισμα των τετραγώνων των υπολοίπων και οφείλεται στα σφάλματα.

$$SSE = \sum_{i=1}^{n}(y_i - \hat{y_i})^2 \qquad (5.6)$$

Στις παραπάνω εξισώσεις y_i είναι οι τιμές των παρατηρήσεων (απόκρισης), $\hat{y_i}$ είναι η προσαρμοσμένη τιμή και $\bar{y}$ είναι η μέση τιμή του δείγματος. Επιπλέον ορίζεται ο συντελεστής προσδιορισμού (r^2), ο οποίος χρησιμοποιείται ως μέτρο της ακρίβειας της προσαρμογής:

$$r^2 = \frac{SSR}{SST} \qquad (5.7)$$

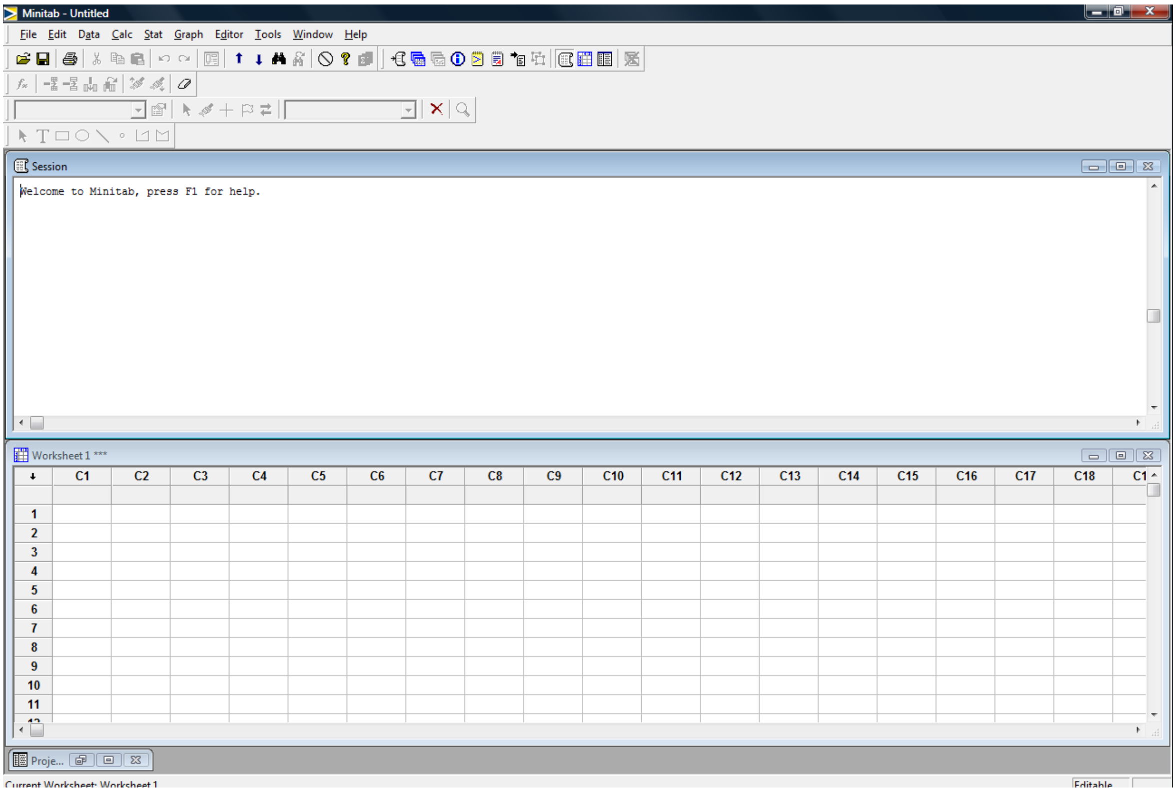
Όσο μεγαλύτερο ποσοστό ολικής μεταβλητότητας έχει ερμηνευτεί από το πρότυπο, τόσο ο λόγος αυτός είναι πλησιέστερος στη μονάδα.

Προέλευση μεταβλητότητας	Βαθμοί ελευθερίας DF (degrees of freedom)	Άθροισμα τετραγώνων SS (Sum of Squares)	Μέσο τετράγωνο MS (Mean Square)	Τιμή της F
Παλινδρόμηση	v	SSR	SSR/v	SSR/s^2
Υπόλοιπα	n-2	SSE	s^2 = SSE/(n-2)	
Ολική	n-2+v	SST		

Πίνακας 5.1 : Ενδεικτικός πίνακας ανάλυσης διασποράς

5.2 Λογισμικό Minitab

Το λογισμικό Minitab είναι ένα στατιστικό πακέτο εύκολο στη χρήση. Τα δεδομένα εισάγονται σε ένα πεδίο (Worksheet) όμοιο με λογιστικό φύλλο του excel όπου στην πρώτη γραμμή ο χρήστης μπορεί να δώσει το όνομα του εκάστοτε παράγοντα και στις ακόλουθες αριθμημένες γραμμές εισάγει τις αντίστοιχες τιμές των παραγόντων. Τα αποτελέσματα του προγράμματος, ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη, προβάλονται στο πεδίο που φέρει την ονομασία Session. Όλες οι αριθμητικές και συγκριτικές μέθοδοι καθώς και πράξεις μεταξύ των δεδομένων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν με κλήση από την κύρια γραμμή μενού.



Σχήμα 5.1 : Περιβάλλον Minitab

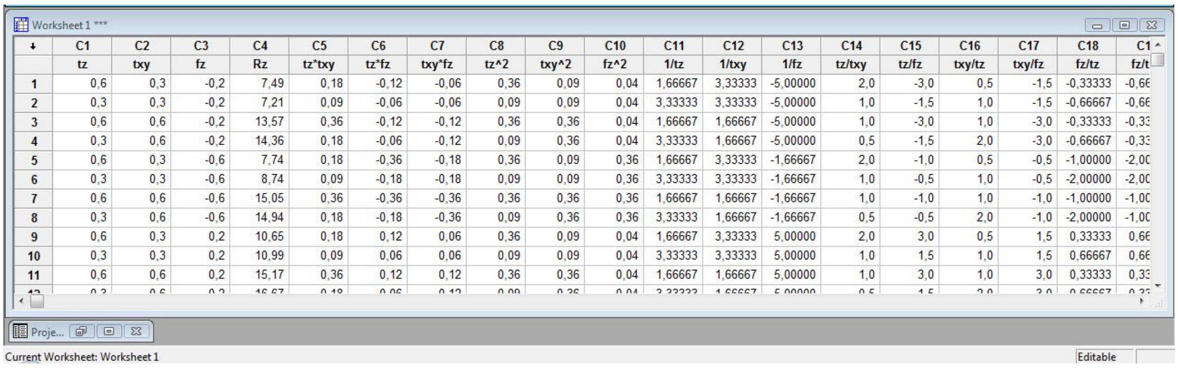
Ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη, μπορούν να παρουσιαστούν διαγράμματα συσχετίσεως παραγόντων, γραφικές παραστάσεις, καμπύλες κατανομών, κ.λ.π..

5.3 Επεξεργασία μετρήσεων

Αρχικά εισάγονται οι τιμές των συνθηκών κοπής και των πειραματικά μετρούμενων τιμών τραχύτητας. Ως παράγοντες πρόβλεψης της τραχύτητας χρησιμοποιήθηκαν το αξονικό βάθος κοπής (t_z), το ακτινικό βάθος κοπής (t_{xy}) και η πρόωση ανά δόντι (f_z). Οι γωνίες κλίσης (φ και ω) του κοπτικού εργαλείου δε λαμβάνονται υπόψη καθότι τα επιθυμητά αποτελέσματα διαχωρίζονται σύμφωνα με τη στρατηγική του φραιζαρίσματος που ακολουθήθηκε. Επίσης, έγινε ομαδοποίηση των δεδομένων χρησιμοποιώντας τη σύμβαση ότι αρνητικές τιμές πρόωσης ανά δόντι απευθύνονται σε αντίρροπο φραιζάρισμα ενώ αντίθετα οι θετικές τιμές στο ομόρροπο.

Εάν χρησιμοποιούνταν μόνο οι ανωτέρω τρεις συνθήκες κοπής ως παράγοντες πρόβλεψης, το μοντέλο της ανάλυσης παλινδρόμησης θα παρήγαγε μια εξίσωση η οποία δε θα ταίριαζε αρκετά καλά στα δεδομένα ή θα είχε μικρό διάστημα εμπιστοσύνης για τον κάθε παράγοντα. Σε ακόμα χειρότερη περίπτωση, είναι δυνατόν οι παράγοντες να μην μπορούν να δώσουν αποτέλεσμα.

Για το λόγο αυτό, με βάση την εμπειρία, μερικές φορές και την τύχη, κατασκευάζονται περισσότεροι παράγοντες ως συνδυασμός των αρχικών παραγόντων εφαρμόζοντας απλές μαθηματικές σχέσεις, όπως αυτές του πολλαπλασιασμού και της διαίρεσης. Οι νέοι παράγοντες δοκιμάζονται στην ανάλυση παλινδρόμησης και επιλέγονται μόνο αυτοί που δίνουν μεγάλο διάστημα εμπιστοσύνης και ικανοποιητικό μοντέλο πρόβλεψης.



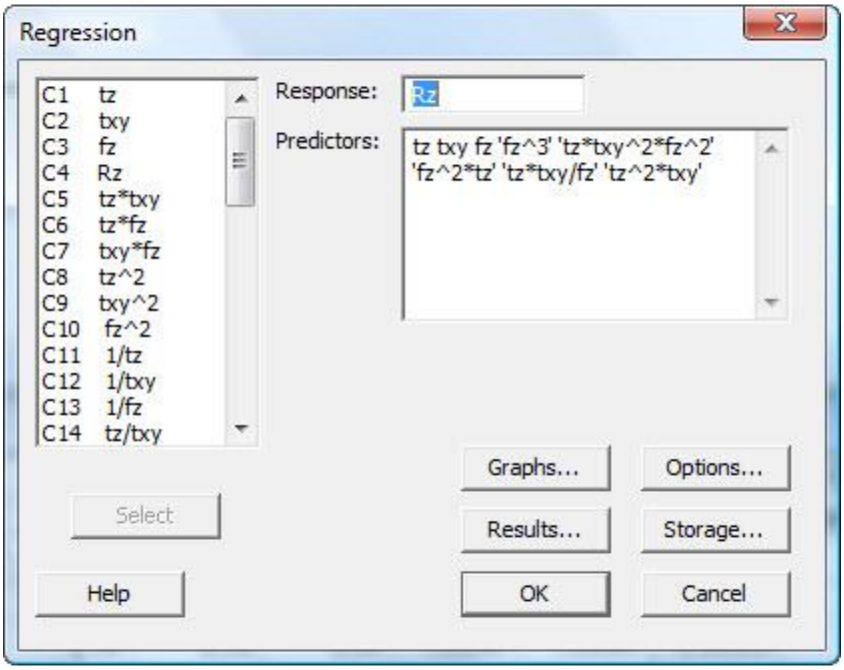
Worksheet 1 ***

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C1
	tz	txy	fz	Rz	tz*txy	tz*fz	txy*fz	tz^2	txy^2	fz^2	1/tz	1/txy	1/fz	tz/txy	tz/fz	txy/tz	txy/fz	fz/tz	fz/t
1	0,6	0,3	-0,2	7,49	0,18	-0,12	-0,06	0,36	0,09	0,04	1,66667	3,33333	-5,00000	2,0	-3,0	0,5	-1,5	-0,33333	-0,66
2	0,3	0,3	-0,2	7,21	0,09	-0,06	-0,06	0,09	0,09	0,04	3,33333	3,33333	-5,00000	1,0	-1,5	1,0	-1,5	-0,66667	-0,66
3	0,6	0,6	-0,2	13,57	0,36	-0,12	-0,12	0,36	0,36	0,04	1,66667	1,66667	-5,00000	1,0	-3,0	1,0	-3,0	-0,33333	-0,33
4	0,3	0,6	-0,2	14,36	0,18	-0,06	-0,12	0,09	0,36	0,04	3,33333	1,66667	-5,00000	0,5	-1,5	2,0	-3,0	-0,66667	-0,33
5	0,6	0,3	-0,6	7,74	0,18	-0,36	-0,18	0,36	0,09	0,36	1,66667	3,33333	-1,66667	2,0	-1,0	0,5	-0,5	-1,00000	-2,00
6	0,3	0,3	-0,6	8,74	0,09	-0,18	-0,18	0,09	0,09	0,36	3,33333	3,33333	-1,66667	1,0	-0,5	1,0	-0,5	-2,00000	-2,00
7	0,6	0,6	-0,6	15,05	0,36	-0,36	-0,36	0,36	0,36	0,36	1,66667	1,66667	-1,66667	1,0	-1,0	1,0	-1,0	-1,00000	-1,00
8	0,3	0,6	-0,6	14,94	0,18	-0,18	-0,36	0,09	0,36	0,36	3,33333	1,66667	-1,66667	0,5	-0,5	2,0	-1,0	-2,00000	-1,00
9	0,6	0,3	0,2	10,65	0,18	0,12	0,06	0,36	0,09	0,04	1,66667	3,33333	5,00000	2,0	3,0	0,5	1,5	0,33333	0,66
10	0,3	0,3	0,2	10,99	0,09	0,06	0,06	0,09	0,09	0,04	3,33333	3,33333	5,00000	1,0	1,5	1,0	1,5	0,66667	0,66
11	0,6	0,6	0,2	15,17	0,36	0,12	0,12	0,36	0,36	0,04	1,66667	1,66667	5,00000	1,0	3,0	1,0	3,0	0,33333	0,33

Proje...
Current Worksheet: Worksheet 1
Editable

Σχήμα 5.2 : Κατασκευασμένοι παράγοντες

Αφού κατασκευαστούν οι νέοι παράγοντες τους οποίους εκτιμά ο χρήστης ότι απαιτούνται, εφαρμόζεται ανάλυση παλινδρόμησης. Το αποτέλεσμα της ανάλυσης παλινδρόμησης δείχνει το μέσον της τιμής P (P-value) το πόσο σημαντικός είναι ο κάθε ένας παράγοντας, δηλαδή τη συνεισφορά του για τη δημιουργία της καμπύλης των δεδομένων που προσεγγίζει. Μικρές τιμές P σηματοδοτούν ότι οι παράγοντες είναι σημαντικοί και ισχύουν για υψηλό διάστημα εμπιστοσύνης. Αν κάποιος παράγοντας έχει μεγάλη τιμή P, τότε αυτός είτε αφαιρείται από την ανάλυση παλινδρόμησης, είτε δοκιμάζεται υψωμένος σε μεγαλύτερη τάξη. Το αποτέλεσμα καθορίζεται από τη στιγμή που ο χρήστης θεωρεί ότι είναι εντός των επιθυμητών ορίων.

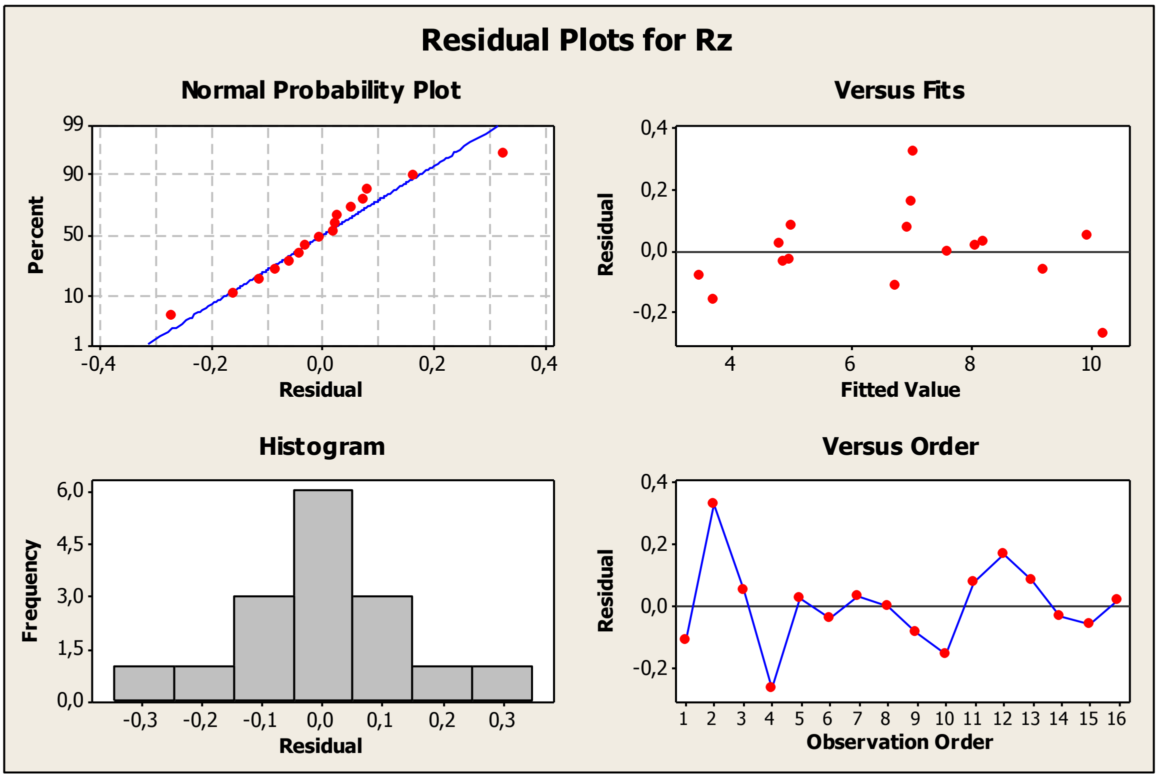


Σχήμα 5.3 : Επιλογή απόκρισης και παραγόντων στην ανάλυση παλινδρόμησης

6.1 Εισαγωγή

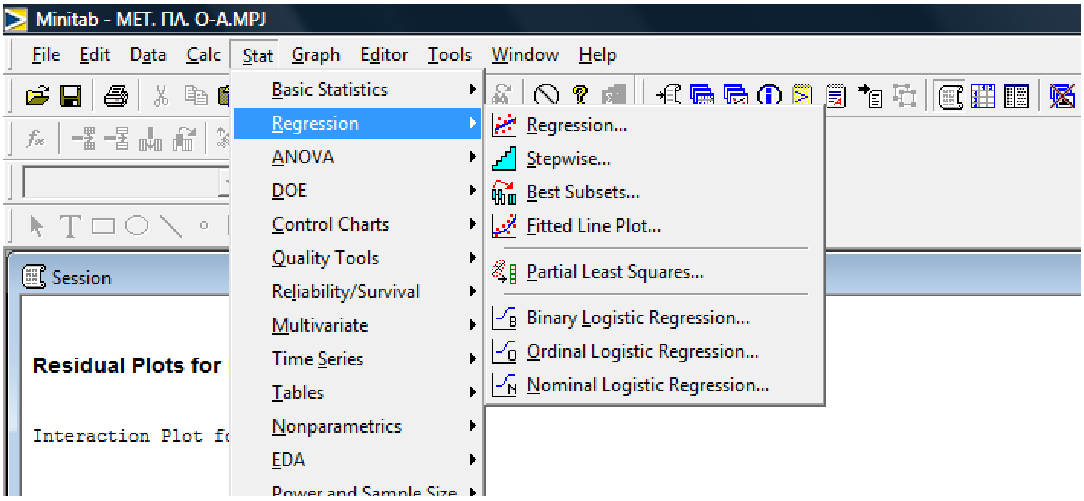
Χρησιμοποιώντας το στατιστικό πακέτο που προαναφέρθηκε παρήχθησαν έξι εξισώσεις που περιγράφουν το φαινόμενο της τραχύτητας ανάλογα με τη στρατηγική φραιζαρίσματος που ακολουθήθηκε. Για την κάθε περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί παράγοντες που να δίνουν την καλύτερη δυνατή πρόβλεψη.

Για τη σωστή αξιολόγηση του αποτελέσματος, κατά την ανάλυση παλινδρόμησης, παράγονται τέσσερα διαγράμματα όπως φαίνονται στο σχήμα 6.1. Το πρώτο (πάνω αριστερά) δείχνει την κεντρική γραμμή στην οποία τα δεδομένα πρέπει όσο το δυνατόν να πλησιάζουν πάνω της, καθώς και τη διασπορά των δεδομένων. Στο δεύτερο διάγραμμα (πάνω δεξιά) παρουσιάζονται τα δεδομένα στο χώρο. Για αξιόπιστα αποτελέσματα τα δεδομένα πρέπει να είναι διασκορπισμένα στον χώρο. Στο τρίτο διάγραμμα (κάτω αριστερά) παρουσιάζεται η κατανομή των δεδομένων. Για να ισχύει η τυχαιότητα τα δεδομένα πρέπει να ακολουθούν όσο το δυνατόν περισσότερο την κανονική (Gaussian) κατανομή. Στο τελευταίο διάγραμμα (κάτω δεξιά) γίνεται ορατό αν τα δεδομένα ακολουθούν κάποια συγκεκριμένη στατιστική ή όχι.



Σχήμα 6.1 : Διαγράμματα ανάλυσης παλινδρόμισης

Τέλος, δημιουργούνται τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης των κύριων παραγόντων (t_z, t_{xy}, f_z) σε σχέση με την τραχύτητα (R_z), από τα οποία διεξάγονται χρήσιμα στατιστικά συμπεράσματα για το πως επιδρά ο κάθε παράγοντας στο αποτέλεσμα της επιφάνειας του κατεργαζόμενου τεμαχίου.



Σχήμα 6.1 : Ανάλυση παλινδρόμησης στο λογισμικό Minitab

Στα επόμενα υποκεφάλαια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας για όλες τις περιπτώσεις φραιζαρίσματος που μελετήθηκαν.

6.2 Κάθετο φραιζάρισμα

Για το κάθετο φραιζάρισμα, η εξίσωση που προκύπτει από την ανάλυση παλινδρόμησης είναι η ακόλουθη:

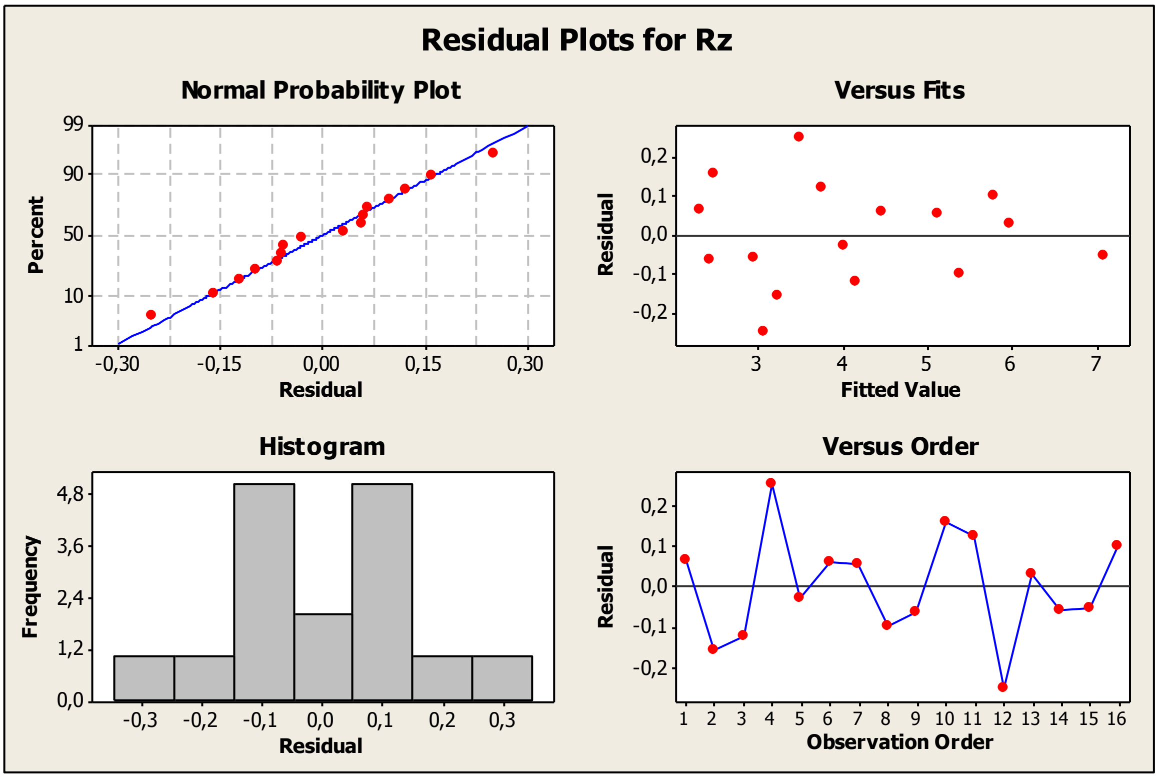
$$R_z = 4{,}59 - 6{,}95\, t_z - 3{,}79\, t_{xy} - 7{,}30\, f_z + 15{,}4\, t_z\, t_{xy} + 10{,}5\, t_{xy}\, f_z - 13{,}3\, f_z^2 + 38{,}3\, f_z^2\, t_z + 35{,}0\, f_z^2\, t_{xy} - 66{,}5\, t_z\, t_{xy}\, f_z^2 + 2{,}98\, \frac{t_z\, f_z}{t_{xy}} - 0{,}333\, \frac{t_z\, t_{xy}}{f_z}$$

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης για το κάθετο φραιζάρισμα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 6.1.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	4,588	1,004	4,57	0,01
tz	-6,946	2,117	-3,28	0,03
txy	-3,792	2,117	-1,79	0,148
fz	-7,3025	0,9257	-7,89	0,001
tz*txy	15,381	4,464	3,45	0,026
txy*fz	10,503	1,343	7,82	0,001
fz^2	-13,319	3,921	-3,4	0,027
tz*txy/fz	-0,33273	0,09259	-3,59	0,023
tz*fz/txy	2,9751	0,3611	8,24	0,001
fz^2*tz	38,286	8,267	4,63	0,01
fz^2*txy	35,005	8,267	4,23	0,013
tz*txy*fz^2	-66,48	17,43	-3,81	0,019
S = 0,250957	**R-Sq = 99,2%**		**R-Sq(adj) = 96,9%**	

Πίνακας 6.1 : Ανάλυση παλινδρόμησης στο κάθετο φραιζάρισμα

Στο σχήμα 6.2 που έπεται είναι ορατή η κατανομή των δεδομένων και το ότι τα δεδομένα βρίσκονται κοντά στην κεντρική γραμμή του διαγράμματος διασποράς.



Σχήμα 6.2 : Διαγράμματα κάθετου φραιζαρίσματος

Από την ανάλυση διασποράς στο κάθετο φραιζάρισμα προκύπτουν οι δύο ακόλουθοι πίνακες 6.2 και 6.3.

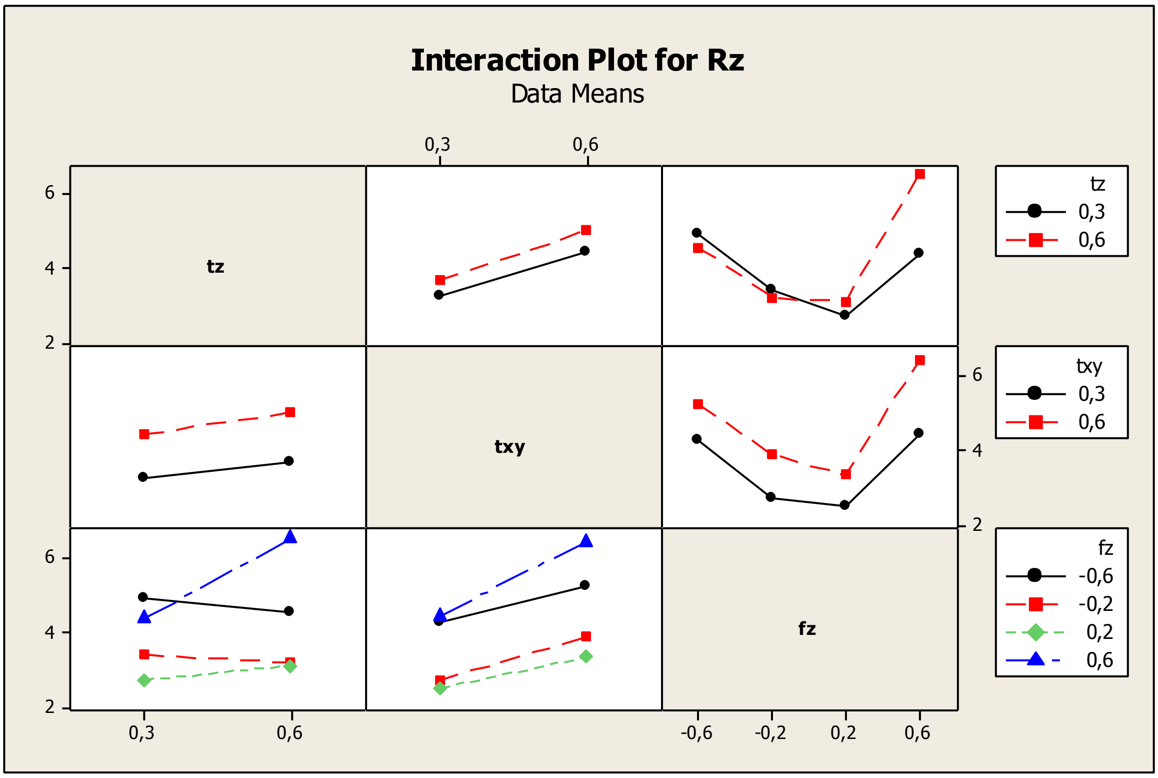
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	11	30,3051	2,755	43,74	0,001
Residual Error	4	0,2519	0,063		
Total	15	30,557			

Πίνακας 6.2 : Ανάλυση διασποράς στο κάθετο φραιζάρισμα

Source	DF	Seq SS
tz	1	0,9796
txy	1	6,1939
fz	1	0,6029
tz*txy	1	0,0353
txy*fz	1	0,3866
fz^2	1	15,751
tz*txy/fz	1	0,2801
tz*fz/txy	1	4,2747
fz^2*tz	1	0,646
fz^2*txy	1	0,2389
tz*txy*fz^2	1	0,9163

Πίνακας 6.3 : Ανάλυση διασποράς στο κάθετο φραιζάρισμα

Τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης των κυριών παραγόντων σε σχέση με την τραχύτητα παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα 6.3.



Σχήμα 6.3 : Αλληλεπιδράσεις κυρίων παραγόντων με την τραχύτητα της επιφάνειας.

Από τα αποτελέσματα του κάθετου φραιζαρίσματος είναι ορατό ότι οι χαμηλές τιμές πρόωσης δίνουν επιφάνειες μικρής τραχύτητας, τόσο στο αντίρροπο, όσο και στο ομόρροπο φραιζάρισμα. Επίσης, η αύξηση των παραγόντων του αξονικού και ακτινικού βάθους κοπής έχουν ως αποτέλεσμα περισσότερο τραχιές επιφάνειες.

Παρατηρείται ακόμη ότι στο κάθετο φραιζάρισμα προτιμάται η μέθοδος αντίρροπου φραιζαρίσματος για μεγάλα βάθη κοπής, σε αντίθεση με τα μικρά βάθη κοπής όπου ενδείκνυνται στο ομόρροπο φραιζάρισμα.

6.3 Διατρητικό φραιζάρισμα

Για το διατρητικό φραιζάρισμα, η εξίσωση που προκύπτει από την ανάλυση παλινδρόμησης είναι η ακόλουθη:

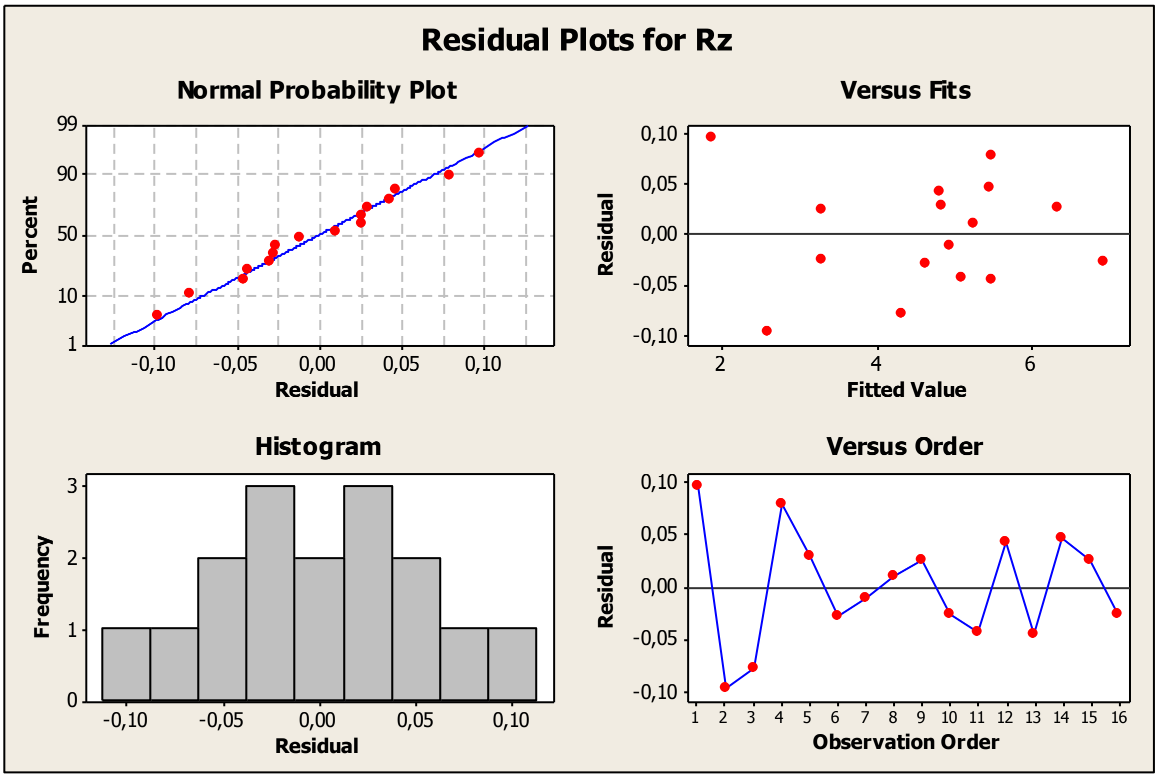
$$R_z = 0{,}739 - 1{,}41\, t_z + 7{,}86\, t_{xy} - 0{,}706\, f_z + 7{,}14\, f_z^2 - 0{,}906\, \frac{t_{xy}}{f_z} - 4{,}39\, t_z^2\, t_{xy}\, f_z + 37{,}6\, t_z^2\, t_{xy}\, f_z^2 - 57{,}4\, t_z\, t_{xy}^2\, f_z^2 + 0{,}235\, \frac{1}{f_z} + 0{,}952\, \frac{t_z\, t_{xy}}{f_z}$$

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης για το διατρητικό φραιζάρισμα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 6.4.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0,7386	0,1728	4,27	0,013
tz	-1,4142	0,2719	-5,2	0,007
txy	7,8634	0,2719	28,92	0,000
fz	-0,7063	0,2321	-3,04	0,038
txy*fz	4,5386	0,553	8,21	0,001
fz^2	7,1351	0,2774	25,72	0,000
txy/fz	-0,90574	0,08092	-11,19	0,000
tz^2*txy*fz	-4,393	1,146	-3,83	0,019
tz^2*txy*fz^2	37,642	4,437	8,48	0,001
tz*txy^2*fz^2	-57,396	4,437	-12,94	0,000
1/fz	0,2351	0,02785	8,44	0,001
tz*txy/fz	0,9524	0,1238	7,7	0,002
S = 0,105015	**R-Sq = 99,8%**		**R-Sq(adj) = 99,4%**	

Πίνακας 6.4 : Ανάλυση παλινδρόμησης στο διατρητικό φραιζάρισμα

Στο σχήμα 6.4 που έπεται είναι ορατή η κατανομή των δεδομένων και το ότι τα δεδομένα βρίσκονται κοντά στην κεντρική γραμμή του διαγράμματος διασποράς.



Σχήμα 6.4 : Διαγράμματα διατρητικού φραιζαρίσματος

Από την ανάλυση διασποράς στο διατρητικό φραιζάρισμα προκύπτουν οι δύο ακόλουθοι πίνακες 6.5 και 6.6.

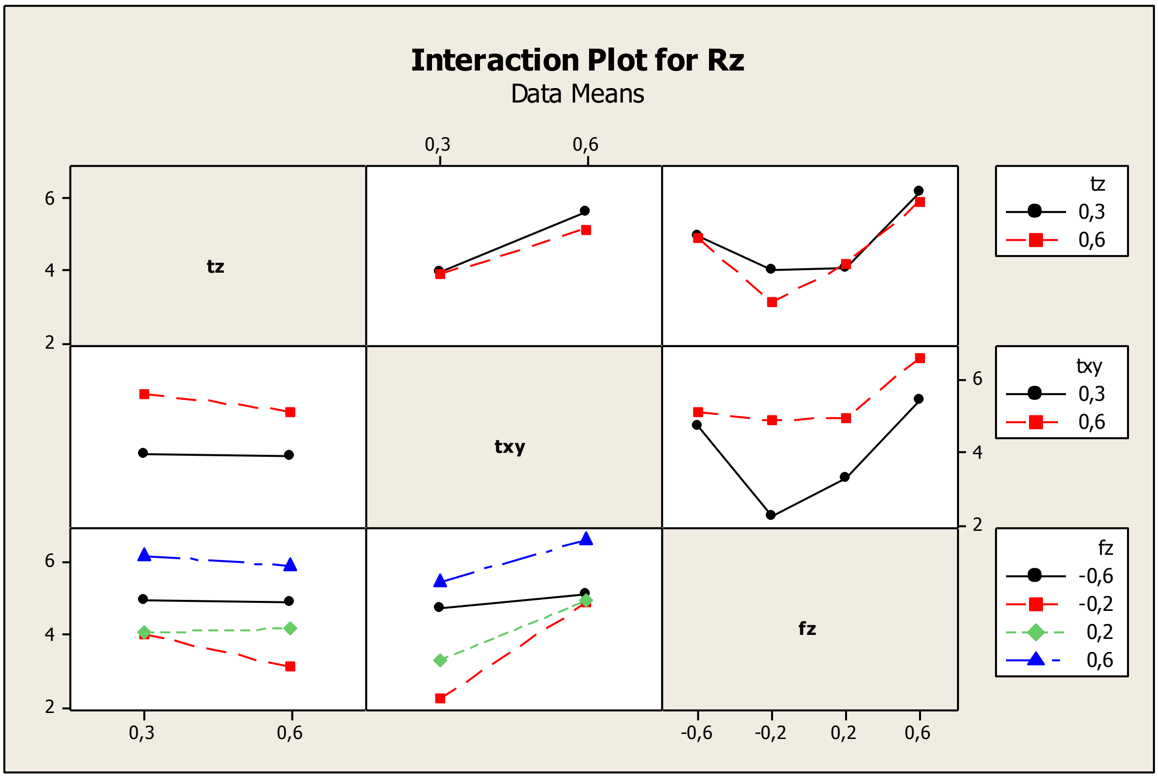
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	11	26,7319	2,4302	220,36	0,000
Residual Error	4	0,0441	0,011		
Total	15	26,776			

Πίνακας 6.5 : Ανάλυση διασποράς στο διατρητικό φραιζάρισμα

Source	DF	Seq SS
tz	1	0,3236
txy	1	8,6726
fz	1	3,1562
txy*fz	1	0,0976
fz^2	1	10,8006
txy/fz	1	0,0016
tz^2*txy*fz	1	0,0106
tz^2*txy*fz^2	1	0,3847
tz*txy^2*fz^2	1	1,8454
1/fz	1	0,7861
tz*txy/fz	1	0,6531

Πίνακας 6.6 : Ανάλυση διασποράς στο διατρητικό φραιζάρισμα

Τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης των κυριών παραγόντων σε σχέση με την τραχύτητα παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα 6.5.



Σχήμα 6.5 : Αλληλεπιδράσεις κυρίων παραγόντων με την τραχύτητα της επιφάνειας.

Από τα αποτελέσματα του διατρητικού φραιζαρίσματος είναι ορατό ότι η αύξηση των παραγόντων του αξονικού και ακτινικού βάθους κοπής αυξάνουν την τιμή της τραχύτητας μιας επιφάνειας.

Για μικρές τιμές τραχύτητας απαιτείται όσο το δυνατόν μικρότερη πρόωση, μικρό ακτινικό βάθος κοπής και προτιμάται η μέθοδος του αντίρροπου φραιζαρίσματος.

6.4 Ελκτικό φραιζάρισμα

Για το ελκτικό φραιζάρισμα, η εξίσωση που προκύπτει από την ανάλυση παλινδρόμησης είναι η ακόλουθη:

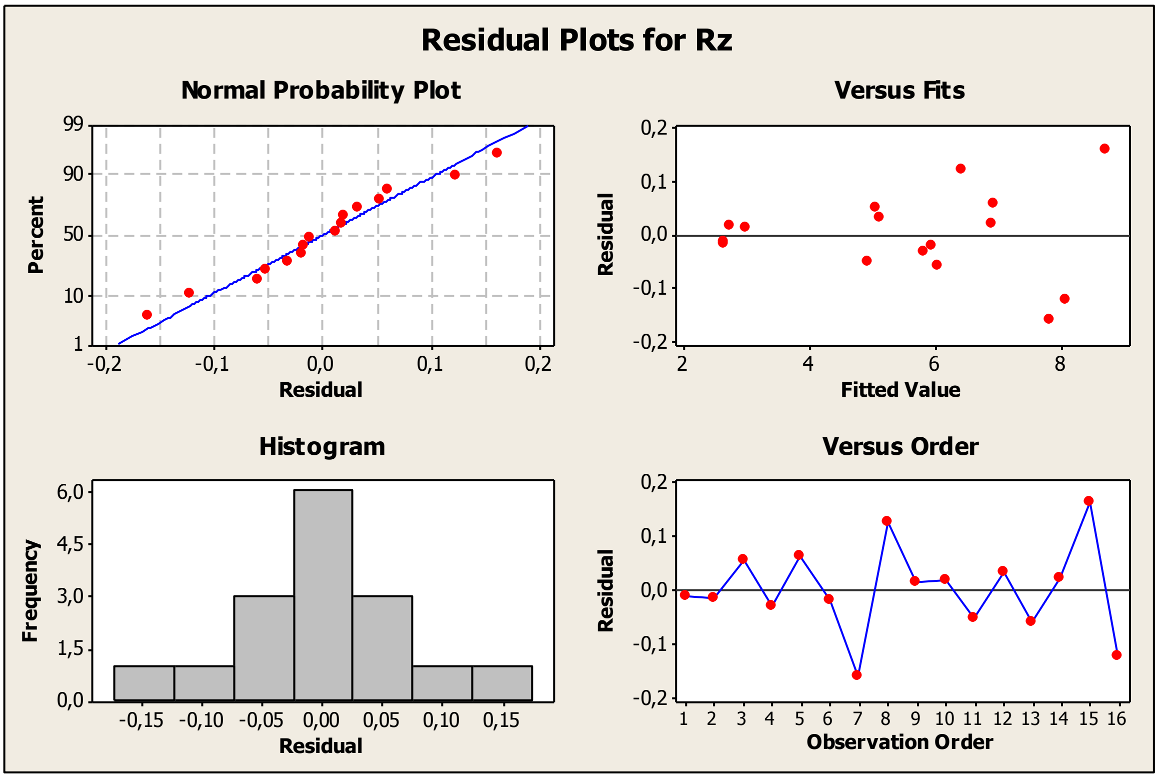
$$R_z = -1{,}71 + 3{,}02\, t_z + 12{,}7\, t_{xy} + 2{,}69\, f_z - 8{,}70\, t_z\, t_{xy} + 22{,}7\, f_z^2 - 0{,}397\, \frac{t_{xy}}{f_z} + 58{,}8\, t_z^2\, t_{xy}\, f_z^2 + 0{,}317\, \frac{t_z}{f_z} - 1{,}81\, \frac{t_z\, f_z}{t_{xy}}$$

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης για το ελκτικό φραιζάρισμα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 6.7.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-1,714	0,631	-2,720	0,053
tz	3,018	1,330	2,270	0,086
txy	12,728	1,330	9,570	0,001
fz	2,689	0,249	10,800	0,000
tz*txy	-8,699	2,803	-3,100	0,036
fz^2	22,661	2,463	9,200	0,001
tz*fz/txy	-1,815	0,199	-9,110	0,001
fz^2*tz	-16,193	5,192	-3,120	0,036
fz^2*txy	-25,753	3,191	-8,070	0,001
tz/fz	0,317	0,063	5,030	0,007
txy/fz	-0,397	0,063	-6,300	0,003
tz^2*txy*fz^2	58,780	12,160	4,830	0,008
S = 0,157615		**R-Sq = 99,8%**		**R-Sq(adj) = 99,4%**

Πίνακας 6.7 : Ανάλυση παλινδρόμησης στο ελκτικό φραιζάρισμα

Στο σχήμα 6.6 που έπεται είναι ορατή η κατανομή των δεδομένων και το ότι τα δεδομένα βρίσκονται κοντά στην κεντρική γραμμή του διαγράμματος διασποράς.



Σχήμα 6.6 : Διαγράμματα ελκτικού φραιζαρίσματος

Από την ανάλυση διασποράς στο διατρητικό φραιζάρισμα προκύπτουν οι δύο ακόλουθοι πίνακες 6.8 και 6.9.

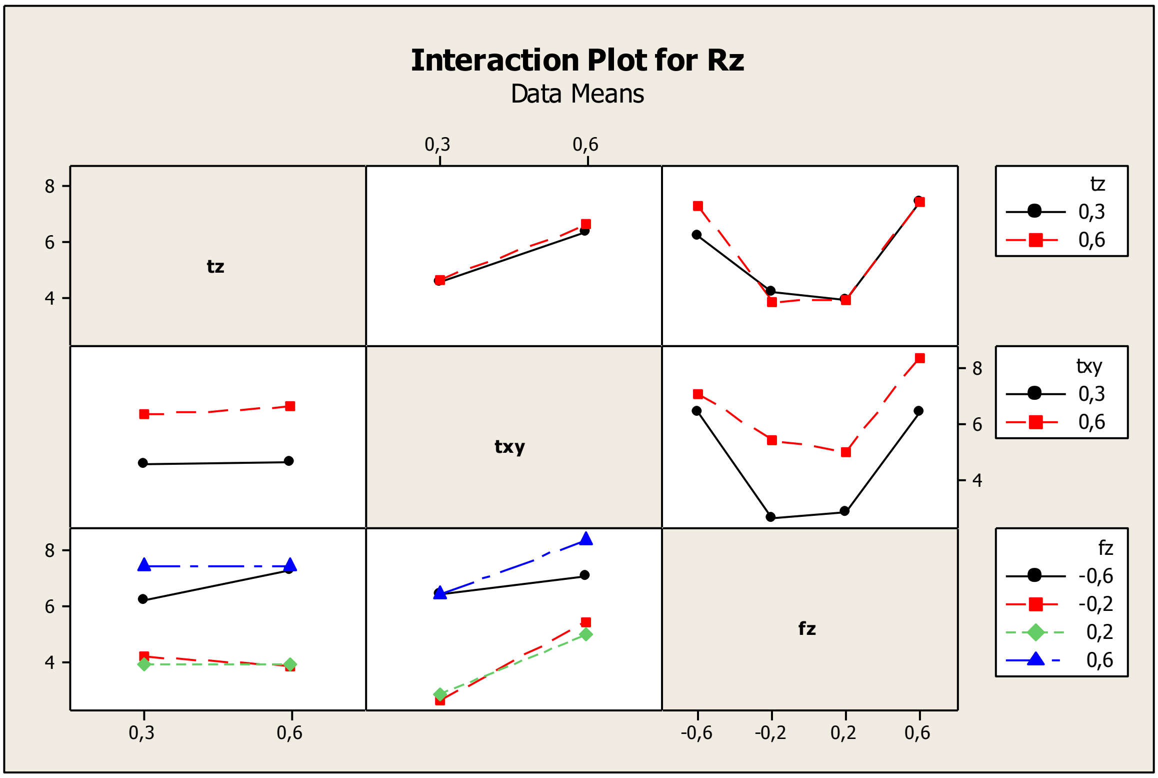
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	11	58,853	5,35	215,37	0,000
Residual Error	4	0,099	0,025		
Total	15	58,952			

Πίνακας 6.8 : Ανάλυση διασποράς στο ελκτικό φραιζάρισμα

Source	DF	Seq SS
tz	1	0,141
txy	1	14,324
fz	1	0,700
tz*txy	1	0,029
fz^2	1	38,829
tz*fz/txy	1	1,231
fz^2*tz	1	0,534
fz^2*txy	1	1,447
tz/fz	1	0,053
txy/fz	1	0,986
tz^2*txy*fz^2	1	0,580

Πίνακας 6.9 : Ανάλυση διασποράς στο ελκτικό φραιζάρισμα

Τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης των κυριών παραγόντων σε σχέση με την τραχύτητα παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα 6.7.



Σχήμα 6.7 : Αλληλεπιδράσεις κυρίων παραγόντων με την τραχύτητα της επιφάνειας.

Από τα αποτελέσματα του ελκτικού φραιζαρίσματος είναι ορατό ότι η αύξηση των παραγόντων του αξονικού και ακτινικού βάθους κοπής αυξάνουν την τιμή της τραχύτητας μιας επιφάνειας.

Για μικρές τιμές τραχύτητας απαιτείται όσο το δυνατόν μικρότερη πρόωση και μικρό ακτινικό βάθος κοπής. Τα αποτελέσματα του αντίρροπου και του ομόρροπου φραιζαρίσματος είναι πολύ κοντά.

6.5 Πλάγιο φραιζάρισμα

Για το πλάγιο φραιζάρισμα η εξίσωση που προκύπτει από την ανάλυση παλινδρόμησης είναι η ακόλουθη:

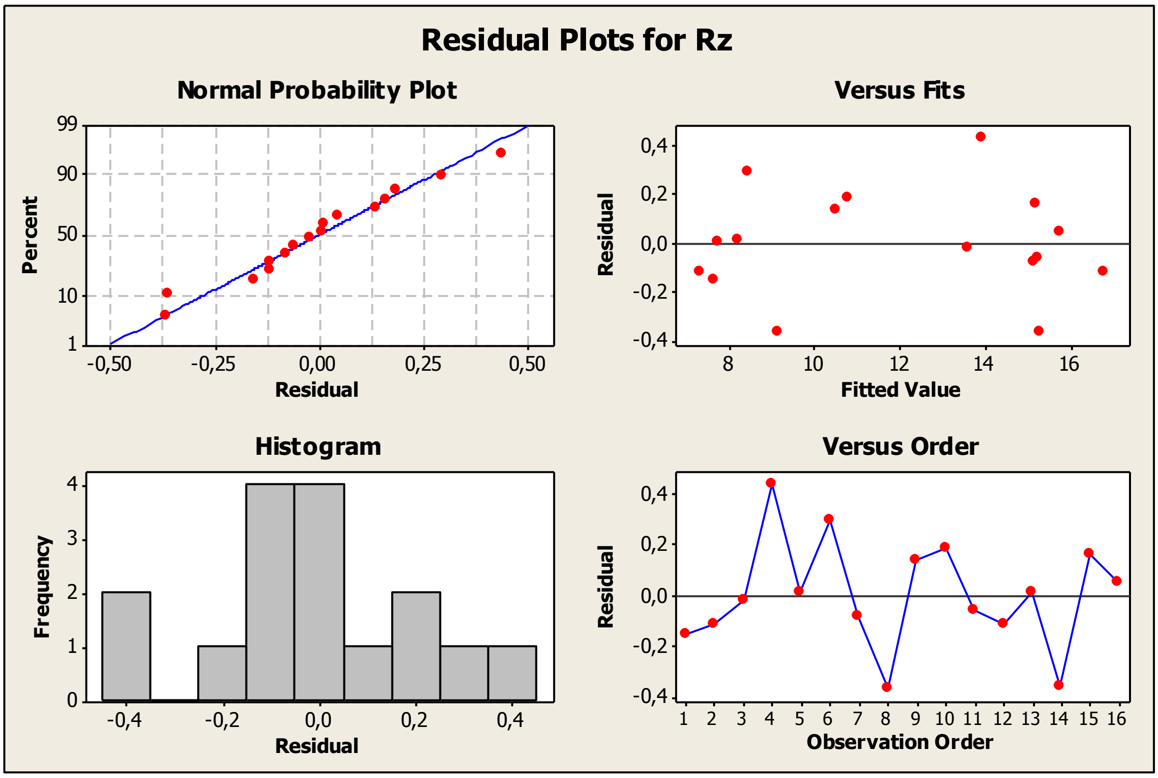
$$R_z = 1{,}61 + 4{,}17\, t_z + 24{,}6\, t_{xy} + 11{,}4\, f_z - 12{,}6\, t_z\, t_{xy} - 29{,}7\, f_z^3 - 75{,}0\, t_z^2\, t_{xy}\, f_z^2 + 143\, t_z^2\, t_{xy}^2\, f_z^2 - 0{,}682\, \frac{t_z\, t_{xy}}{f_z}$$

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης για το πλάγιο φραιζάρισμα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 6.10.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	1,6145	0,8115	1,99	0,087
tz	4,173	1,963	2,13	0,071
txy	24,557	1,711	14,35	0
fz	11,42	1,357	8,42	0
tz*txy	-12,602	4,139	-3,04	0,019
fz^3	-29,671	3,522	-8,42	0
tz^2*txy*fz^2	-75,05	18,13	-4,14	0,004
tz^2*txy^2*fz^2	143,29	32,77	4,37	0,003
tz*txy/fz	-0,6819	0,2143	-3,18	0,015
S = 0,313277	**R-Sq = 99,6%**		**R-Sq(adj) = 99,2%**	

Πίνακας 6.10 : Ανάλυση παλινδρόμησης στο πλάγιο φραιζάρισμα

Στο σχήμα 6.8 που έπεται είναι ορατή η κατανομή των δεδομένων και το ότι τα δεδομένα βρίσκονται κοντά στην κεντρική γραμμή του διαγράμματος διασποράς.



Σχήμα 6.8 : Διαγράμματα πλάγιου φραιζαρίσματος

Από την ανάλυση διασποράς στο πλάγιο φραιζάρισμα προκύπτουν οι δύο ακόλουθοι πίνακες 6.11 και 6.12.

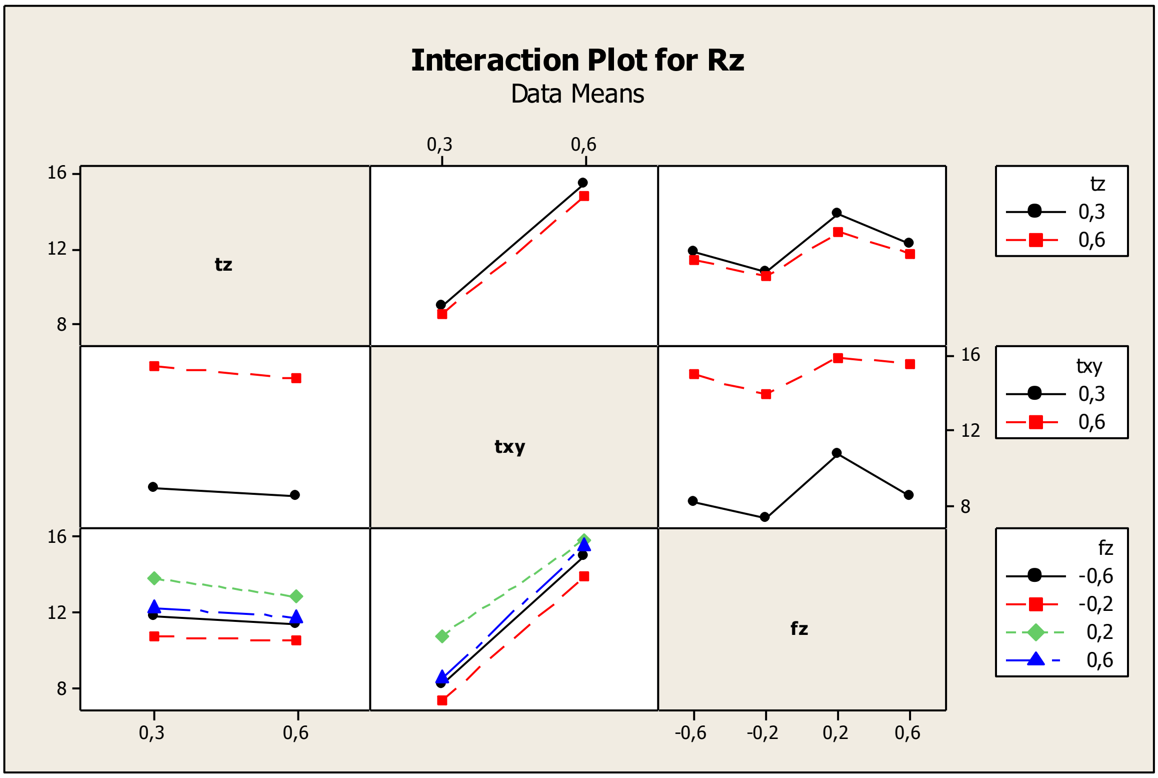
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	8	182,698	22,837	232,69	0,000
Residual Error	7	0,687	0,098		
Total	15	183,385			

Πίνακας 6.11 : Ανάλυση διασποράς στο πλάγιο φραιζάρισμα

Source	DF	Seq SS
tz	1	1,133
txy	1	163,514
fz	1	3,186
tz*txy	1	0,068
fz^3	1	11,893
tz^2*txy*fz^2	1	0,034
tz^2*txy^2*fz^2	1	1,876
tz*txy/fz	1	0,994

Πίνακας 6.9 : Ανάλυση διασποράς στο πλάγιο φραιζάρισμα

Τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης των κυριών παραγόντων σε σχέση με την τραχύτητα παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα 6.9.



Σχήμα 6.9 : Αλληλεπιδράσεις κυρίων παραγόντων με την τραχύτητα της επιφάνειας.

Από τα αποτελέσματα του πλάγιου φραιζαρίσματος είναι ορατό ότι η αύξηση των παραγόντων του αξονικού και ακτινικού βάθους κοπής αυξάνουν την τιμή της τραχύτητας μιας επιφάνειας.

Το αντίρροπο φραιζάρισμα παρουσιάζεται να έχει καλύτερες τιμές τραχύτητας από το ομόρροπο. Επίσης, σημαντικό ρόλο διαδραματίζει το ακτινικό βάθος κοπής το οποίο συνίσταται να είναι μικρό. Ακόμη, το μεγάλύτερο αξονικό βάθος είναι αυτό που παράγει μικρότερη τραχύτητα.

6.6 Πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα

Για το πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα η εξίσωση που προκύπτει από την ανάλυση παλινδρόμησης είναι η ακόλουθη:

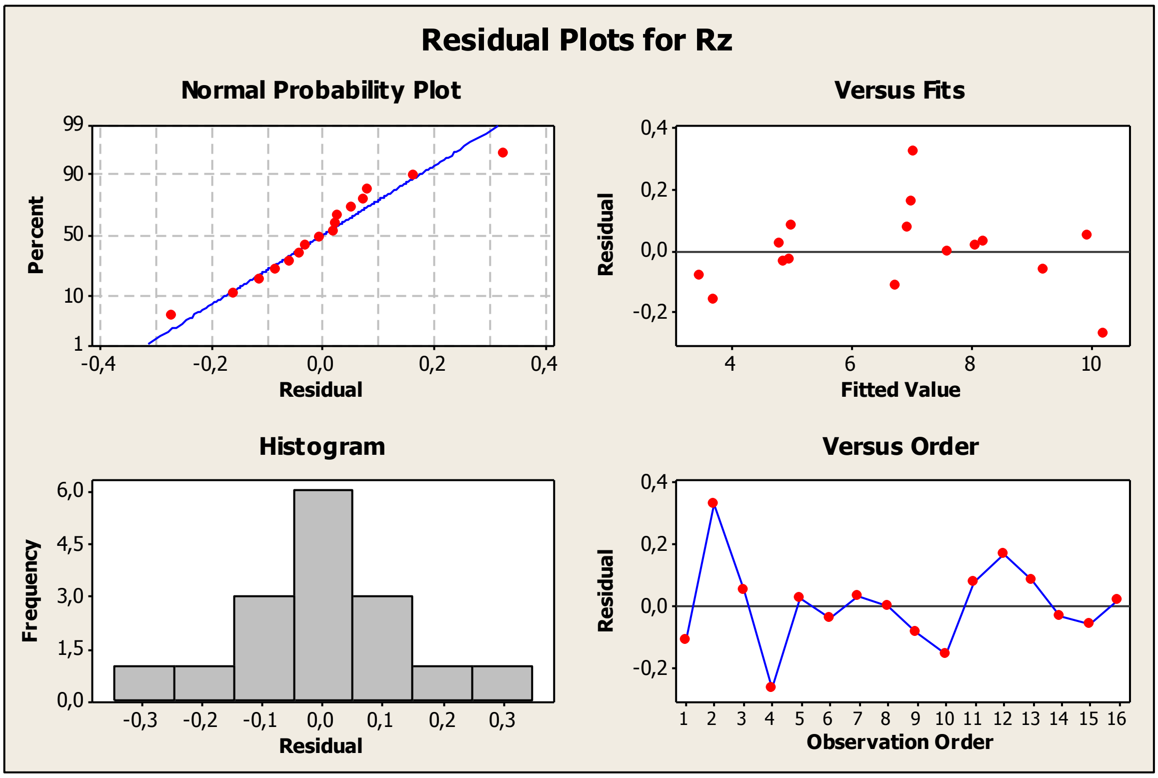
$$R_z = 2{,}49 - 0{,}996\, t_z + 10{,}9\, t_{xy} - 9{,}46\, f_z - 5{,}75\, f_z^2\, t_{xy} + 26{,}2\, f_z^3 + 32{,}2\, t_z^2\, t_{xy}^2\, f_z^2 + 4{,}10\, t_z\, t_{xy}^2\, f_z$$

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης για το πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 6.13.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	2,4875	0,2664	9,34	0,000
tz	-0,9957	0,4084	-2,44	0,041
txy	10,8644	0,3492	31,11	0,000
fz	-9,4565	0,3968	-23,83	0,000
fz^2*txy	-5,746	1,007	-5,71	0,000
fz^3	26,153	1,081	24,2	0,000
tz^2*txy^2*fz^2	33,217	6,586	5,04	0,001
tz*txy^2*fz	4,102	1,433	2,86	0,021
S = 0,185555	**R-Sq = 99,6%**		**R-Sq(adj) = 99,2%**	

Πίνακας 6.13 : Ανάλυση παλινδρόμησης στο πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα

Στο σχήμα 6.10 που έπεται είναι ορατή η κατανομή των δεδομένων και το ότι τα δεδομένα βρίσκονται κοντά στην κεντρική γραμμή του διαγράμματος διασποράς.



Σχήμα 6.10 : Διαγράμματα πλάγιου διατρητικού φραιζαρίσματος

Από την ανάλυση διασποράς στο πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα προκύπτουν οι δύο ακόλουθοι πίνακες 6.14 και 6.15.

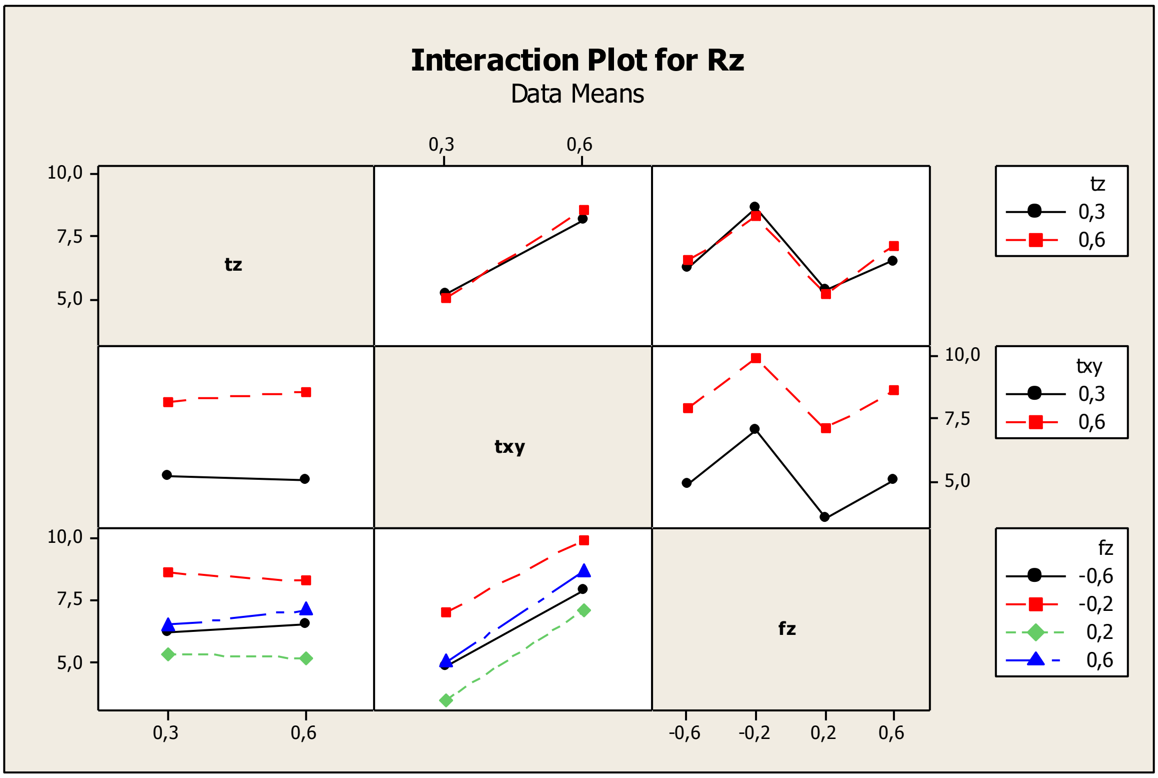
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	7	66,3685	9,4812	275,37	0,000
Residual Error	8	0,2754	0,0344		
Total	15	66,644			

Πίνακας 6.14 : Ανάλυση διασποράς στο πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα

Source	DF	Seq SS
tz	1	0,044
txy	1	44,0398
fz	1	0,6858
fz^2*txy	1	0,2696
fz^3	1	20,1714
tz^2*txy^2*fz^2	1	0,8758
tz*txy^2*fz	1	0,2822

Πίνακας 6.15 : Ανάλυση διασποράς στο πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα

Τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης των κυριών παραγόντων σε σχέση με την τραχύτητα παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα 6.11.



Σχήμα 6.11 : Αλληλεπιδράσεις κυρίων παραγόντων με την τραχύτητα της επιφάνειας.

Από τα αποτελέσματα του πλάγιου διατρητικού φραιζαρίσματος είναι ορατό ότι η αύξηση των παραγόντων του αξονικού και ακτινικού βάθους κοπής αυξάνουν την τιμή της τραχύτητας μιας επιφάνειας.

Για κατεργασίες πλάγιου διατρητικού φραιζαρίσματος, το ομόρροπο φραιζάρισμα προσφέρει μικρότερες τιμές τραχύτητας. Το βάθος κοπής δεν επηρεάζει αισθητά την τιμή της τραχύτητας επιφάνειας, ενώ η πρόωση προτιμάται μικρή για το ομόρροπο και μεγάλη για το αντίρροπο φραιζάρισμα.

6.7 Πλάγιο ελκτικό φραιζάρισμα

Για το πλάγιο ελκτικό φραιζάρισμα η εξίσωση που προκύπτει από την ανάλυση παλινδρόμησης είναι η ακόλουθη:

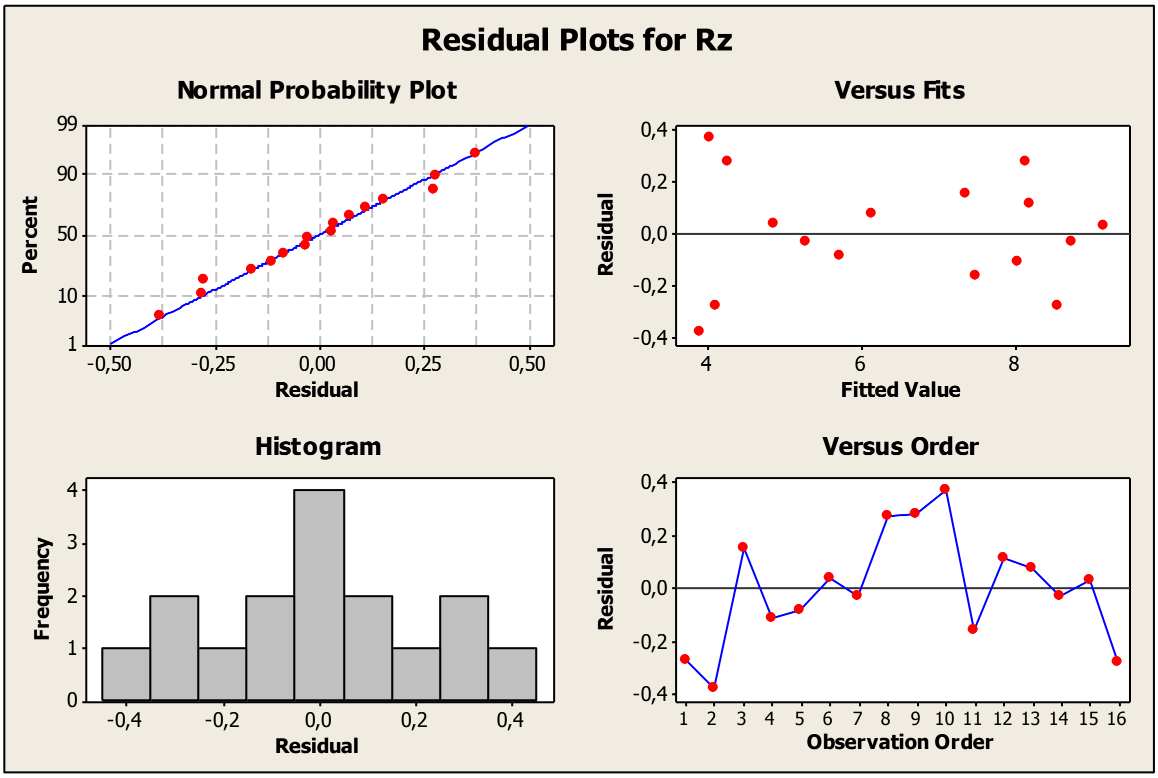
$$R_z = -1{,}50 + 3{,}72\, t_z + 17{,}4\, t_{xy} + 0{,}344\, f_z - 10{,}9\, t_z\, t_{xy} + 6{,}09\, f_z^2 + 87{,}0\, t_z^2\, t_{xy}\, f_z^2 - 55{,}9\, t_z\, t_{xy}\, f_z^2$$

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παλινδρόμησης για το πλάγιο ελκτικό φραιζάρισμα παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα 6.16.

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-1,502	0,7864	-1,91	0,093
tz	3,721	1,542	2,41	0,042
txy	17,396	1,756	9,91	0,000
fz	0,3441	0,1635	2,1	0,068
tz*txy	-10,941	3,495	-3,13	0,014
fz^2	6,091	1,446	4,21	0,003
tz^2*txy*fz^2	87,02	23,34	3,73	0,006
tz*txy*fz^2	-55,92	17,22	-3,25	0,012
S = 0,292550		**R-Sq = 98,7%**		**R-Sq(adj) = 97,7%**

Πίνακας 6.16 : Ανάλυση παλινδρόμησης στο πλάγιο ελκτικό φραιζάρισμα

Στο σχήμα 6.12 που έπεται είναι ορατή η κατανομή των δεδομένων και το ότι τα δεδομένα βρίσκονται κοντά στην κεντρική γραμμή του διαγράμματος διασποράς.



Σχήμα 6.12 : Διαγράμματα πλάγιου ελκτικού φραιζαρίσματος

Από την ανάλυση διασποράς στο πλάγιο ελκτικό φραιζάρισμα προκύπτουν οι δύο ακόλουθοι πίνακες 6.17 και 6.18.

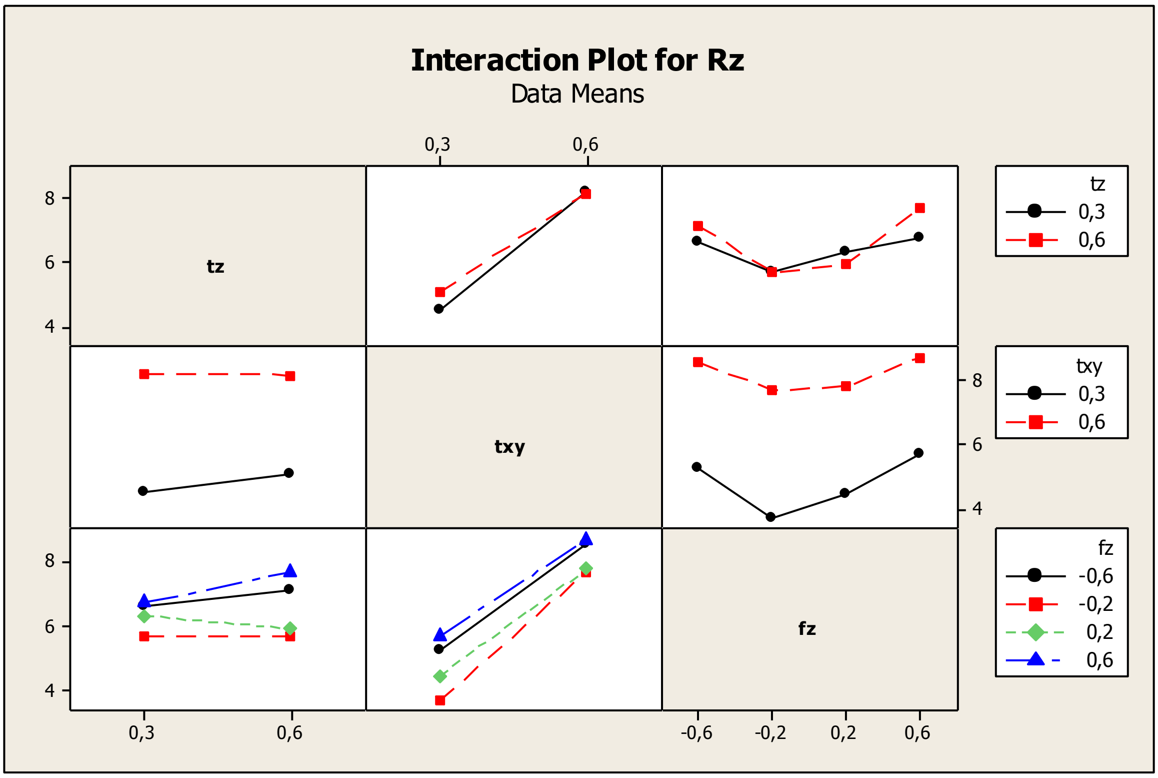
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	7	53,9531	7,7076	90,06	0,000
Residual Error	8	0,6847	0,0856		
Total	15	54,6378			

Πίνακας 6.17 : Ανάλυση διασποράς στο πλάγιο ελκτικό φραιζάρισμα

Source	DF	Seq SS
tz	1	0,2381
txy	1	46,4238
fz	1	0,379
tz*txy	1	0,3381
fz^2	1	5,2464
tz^2*txy*fz^2	1	0,4257
tz*txy*fz^2	1	0,902

Πίνακας 6.18 : Ανάλυση διασποράς στο πλάγιο ελκτικό φραιζάρισμα

Τα διαγράμματα αλληλεπίδρασης των κυριών παραγόντων σε σχέση με την τραχύτητα παρουσιάζονται στο επόμενο σχήμα 6.13.



Σχήμα 6.13 : Αλληλεπιδράσεις κυρίων παραγόντων με την τραχύτητα της επιφάνειας.

Από τα αποτελέσματα του πλάγιου ελκτικού φραιζαρίσματος είναι ορατό ότι η αύξηση των παραγόντων του αξονικού και ακτινικού βάθους κοπής αυξάνουν την τιμή της τραχύτητας μιας επιφάνειας.

Για μικρές τιμές τραχύτητας προτιμάται μικρό ακτινικό βάθος κοπής. Παρατηρείται ότι το αντίρροπο φραιζάρισμα έχει ως αποτέλεσμα μικρότερες τιμές τραχύτητας. Το ίδιο συμβαίνει και με μικρές τιμές πρόωσης.

7. ΣΥΝΟΨΗ

Οι στρατηγικές του σχεδιασμού πειραμάτων αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο στην συσχέτιση παραγόντων και την εύρεση αλληλεπιδράσεων μεταξύ τους. Σύμφωνα με τις στρατηγικές αυτές μπορεί να βρεθεί το κατά πόσο επηρεάζουν την εκάστοτε απόκριση του συστήματος που μελετάται.

Ο συνδυασμός μιας απλής αριθμητικής μεθόδου, της ανάλυσης παλινδρόμησης, με τα πειραματικά δεδομένα της τραχύτητας, παράγουν τη μεθοδολογία απόκρισης επιφάνειας (RSM), η οποία αποδεικνύεται μια αρκετά αξιόπιστη μέθοδος πρόβλεψης της επιφανειακής τραχύτητας.

Στην παρούσα εργασία είναι ορατό μέσω των αποτελεσμάτων ότι η τραχύτητα R_z μετρούμενη στις 90° μπορεί να προσεγγιστεί σε έναν αρκετά μεγάλο βαθμό, πάνω από 95%, μέσω του μοντέλου RSM με τη χρήση της ανάλυσης παλινδρόμησης. Οι καμπύλες που παράγονται για την κάθε στρατηγική φραιζαρίσματος με εργαλείο σφαιρικής απόληξης και ο κάθε παράγοντας βρίσκονται εντός διαστήματος εμπιστοσύνης 95%.

Επίσης, από τα διαγράμματα των αλληλεπιδράσεων είναι φανερό ότι η αύξηση του ακτινικού βάθους κοπής (t_{xy}) οδηγεί σε όλες τις περιπτώσεις σε μεγαλύτερες τιμές τραχύτητας. Ακόμη, οι μικρές τιμές προώσεως ανά δόντι (f_z), στις περισσότερες περιπτώσεις, έχουν ως αποτέλεσμα καλής ποιότητας επιφάνεια τόσο στο ομόρροπο όσο και στο αντίρροπο φραιζάρισμα.

Οι τιμές του αξονικού βάθους κοπής (t_z) δεν εξάγουν κάποιο γενικό συμπέρασμα. Συγκεκριμένα στο κάθετο φραιζάρισμα φαίνεται ότι η αύξηση του βάθους κοπής οδηγεί σε υψηλότερες τιμές τραχύτητας επιφάνειας. Ακριβώς το αντίθετο συμβαίνει στο πλάγιο φραιζάρισμα όπου η αύξηση του βάθους κοπής δείχνει να μειώνει την τραχύτητα.

Μια ακόμη παρατήρηση που μπορεί να γίνει είναι το ότι υπάρχουν στρατηγικές οι οποίες υπερτερούν άλλων, προσφέροντας σταθερά καλύτερες τιμές R_z. Στις περισσότερες στρατηγικές φραιζαρίσματος το αντίρροπο φραιζάρισμα παρουσιάζει μικρότερες τιμές τραχύτητας.

Στο πλάγιο φραιζάρισμα βρέθηκαν οι μεγαλύτερες τιμές τραχύτητας, τόσο στο ομόρροπο, όσο και στο αντίρροπο. Η καλύτερης ποιότητας επιφάνειες με τις μικρότερες τιμές τραχύτητας παρουσιάζονται στο διατρητικό και το πλάγιο διατρητικό φραιζάρισμα, αντίρροπο και ομόρροπο αντίστοιχα. Η καλύτερη στρατηγική δείχνει να είναι το διατρητικό φραιζάρισμα στο σύνολό του.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

[1] Groover M.P., 2004. *Fundamentals of modern manufacturing: materials processes and systems*. New York, Society of Manufacturing Engineers (2nd edition), Wiley.

[2] Poon C.Y. and Bhushan B., 1995. Comparison of surface roughness measurements by stylus profiler, AFM and non-contact optical profiler. *Wear*, 190, 76-88.

[3] Jang D.Y., Choi Y.G., Kim H.G. and Hsiao A., 1996. Study of the correlation between surface roughness and cutting vibrations to develop an on-line roughness measuring technique in hard turning. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 36, 453-464.

[4] Farshad F.F., Pesacreta T.C., Garber J.D. and Bikki S.R., 2001. A comparison of surface of pipes as measured by two profilometers and atomic force microscopy. *The journal of scanning microscopies* ,23 241-248.

[5] Űçtaşli M.B., Bala O. and Gùllù A., 2004. Surface roughness of flowable and packable composite resin materials after finishing with abrasive discs. *Journal of Oral Rehabilitation*, 31, 1197-1202.

[6] Tholt B., Miranda-Junior W.G., Prioli R., Thompson J. and Oda M., 2006. Surface roughness in ceramics with different finishing techniques using atomic force microscope and profilometer. *Operative Dentistry*, 31-4,442-449.

[7] Tsukada T. and Kanada T., 1986. Evaluation of two- and three-dimensional surface roughness profiles and their confidence. *Wear*, 109, 69-78.

[8] Quinsat Y., Sabourin L. and Lartigue C., 2008. Surface topography in ball end milling process: Description of a 3D surface roughness parameter. Journal of Materials *Processing Technology*, 195, 135-143.

[9] Vijayaraghavan A., Hoover A.M., Hartnett J. and Dornfeld D.A., 2009. Improving endmilling surface finish by workpiece rotation and adaptive toolpath spacing. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 49, 89-98.

[10] Suresh P.V.S., Venkateswara Rao P. and Deshmukh S.G., 2002. A genetic algorithmic approach for optimization of surface roughness prediction model. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 42, 675-680.

[11] Davim J.P. and Mata F., 2005. Optimization of surface roughness on turning fibre-reinforced plastics (FRPs) with diamond cutting tools. *International journal of Advanced Manufacturing Technology*, 26, 319-323.

[12] Gadelmawla E.S., Koura M.M., Maksoud T.M.A., Elewa I.M. and Soliman H.H., 2002. Roughness parameters. *Journal of Materials Processing Technology*, 123, 133-145.

[13] Ehmann K.F., Kapoor S.G., Devor R.E. and Lazoglu I., 1997. Machining process modeling: a review. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 119, 655-663.

[14] Alauddin M.A., Baradie Al. and Hasmi M.S.J., 1995. Computer-aided analysis of a surface roughness model for the end milling. *Journal of Material Processing Technology*, 55, 123-127.

[15] Chen A., Liu W.C. and Duffie N.A., 1998. A surface topography model for automated surface finishing. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 38, 543-550.

[16] Zhu R., Kapor S.G. and DeVor R.E., 2001. Mechanistic modeling of the ball end milling process for multi-axis machining of free-form surfaces. *Journal of Manufacturing Science and Engineering*, 123, 369-379.

[17] Benardos P.G. and Vosniakos G., 2003. Predicting surface roughness in machining: a review. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 6:43(8), 833-844.

[18] Brezocnik M., Kovacic M. and Ficko M., 2004. Prediction of surface roughness with genetic programming. *Journal of Materials Processing Technology*, 157-158, 28-36.

[19] Samanta B., Erevelles W and Omurtag Y., 2008. Prediction of workpiece surface roughness using soft computing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 222(10), 1221-1232.

[20] White B. and Houshyar A., 1992. Quality and optimum parameter selection in metal cutting. *Computers in Industry*, 20, 87-98.

[21] Hiziroglu S. and Kosonkorn P., 2006. Evaluation of surface roughness of Thai medium density fiberboard (MDF). *Building and Environment*, 41, 527-533.

[22] Sharma V.S., Dhiman S., Sehgal R. and Sharma S.K., 2008. Estimation of cutting forces and surface roughness for hard turning using neural networks. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 19, 473-483.

[23] Choudhury I.A. and El-Baradie M.A., 1997. Surface roughness prediction in the turning of high-strength steel by factorial design of experiments. *Journal of Materials Processing Technology*, 67, 55-61.

[24] Choudhury I.A. and El-Baradie M.A., 1997. Surface roughness prediction in the turning of high-strength steel by factorial design of experiments. *Journal of Materials Processing Technology*, 67, 55-61.

[25] Wang M.Y. and Chang H.Y., 2004. Experimental study of surface roughness in slot end milling AL2014-T6. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 44, 51-57.

[26] Dabnun M.A., Hashmi M.S.J. and El-Baradie M.A., 2005. Surface roughness prediction model by design of experiments for turning machinable glass-ceramic (Macor). *Journal of Materials Processing Technology*, 164-165, 1289-1293.

[27] Sahin Y. and Motorcu A.R., 2008. Surface roughness model in machining hardened steel with cubic boron nitride cutting tool. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 26, 84-90.

[28] Kiliçkap E., Çakir Q., Aksoy M. and Ínan A., 2005. Study of tool wear and surface roughness in machining of homogenized SiC-p reinforced aluminium metal matrix composite. *Journal of Materials Processing Technology*, 164-165, 862-867.

[29] Grzesik W., 2008. Influence of tool wear on surface roughness in hard turning using differently shaped ceramic tools. *Wear*, 265, 327-335.

[30] Chen J.S.B., Huang Y.K. and Chen M.S., 2005. Feedrate optimization and tool profile modification for the high-efficiency ball-end milling process. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 45, 1070-1076.

[31] Kang M.C., Kim K.K., Lee D.W., Kim J.S. and Kim N.K., 2001. Characteristics of inclined planes according to the variations of cutting direction in high-speed ball-end milling. *International journal of Advanced Manufacturing Technology*, 17, 323-329.

[32] Antoniadis A., Savakis C., Bilalis N. and Balouktsis A., 2003. Prediction of surface topomorphy and roughness in ball-end milling. *International journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21, 965-971.

[33] Ko T.J., Kim H.S. and Lee S.S., 2001. Selection of the machining inclination angle in high speed bal end milling. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 17, 163-170.

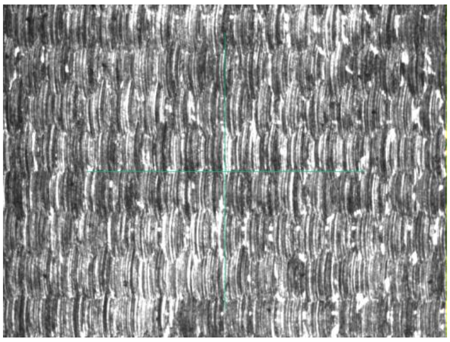
[34] Quintana G., Ciurana J. DE and Ribatallada J., 2010. Surface roughness generation and material removal rate in ball end milling operations. *Materials and Manufacturing Processes*, 25, 386-398.

[35] Quintana G., Garcia-Romeu M.L. and Ciurana J., 2011. Surface roughness monitoring application based on artificial neural network for ball end milling operations. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22, 607-617.

[36] Iqbal A., Ning H., Khan L., Liang N. and Ullah Dar N., 2008. Modelling the effect of cutting parameters in MQL-employed finish hard milling process using D-optimal method. *Journal of Materials Processing Technology*, 199, 379-390.

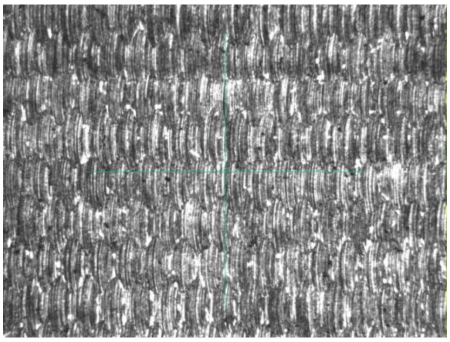
[37] Sandvik Coromant, 1996. *Modern Metal Cutting – a practical handbook*. Fair Lawn NJ, Sandvik Coromant.

ΠΕΡΙΟΧΗ		1	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Α) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



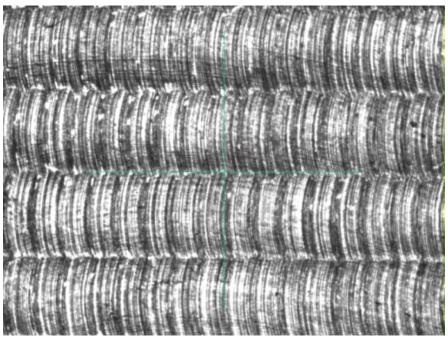
R_{max}	2.22
R_{min}	1.67
R_z	1.9

ΠΕΡΙΟΧΗ		2	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Α) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



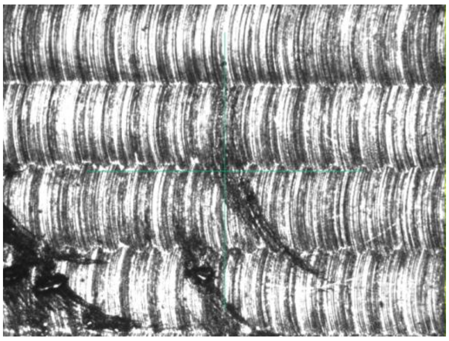
R_{max}	2.53
R_{min}	2.27
R_z	2.5

ΠΕΡΙΟΧΗ		3	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Α) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



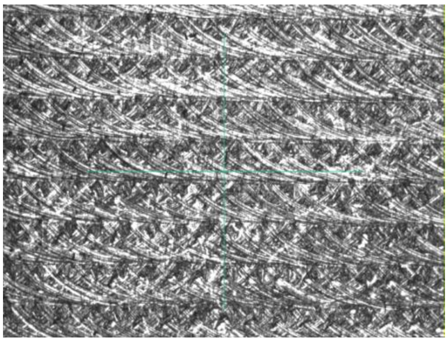
R_{max}	4.84
R_{min}	3.29
R_z	4.3

ΠΕΡΙΟΧΗ		4	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



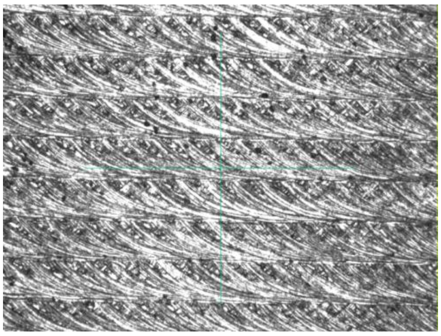
R_{max}	8.68
R_{min}	4.66
R_z	6.1

ΠΕΡΙΟΧΗ		5	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



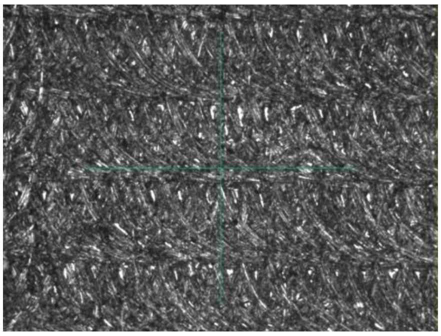
R_{max}	2.51
R_{min}	2.19
R_z	2.3

ΠΕΡΙΟΧΗ		6	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



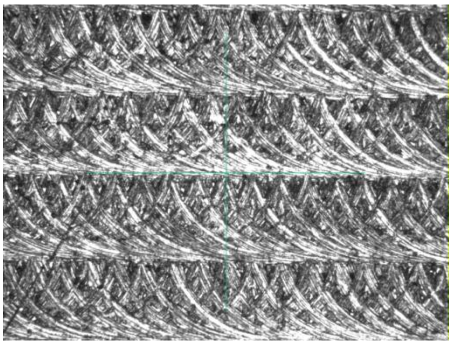
R_{max}	3.25
R_{min}	2.78
R_z	3.0

ΠΕΡΙΟΧΗ		7	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_c	60	m/min



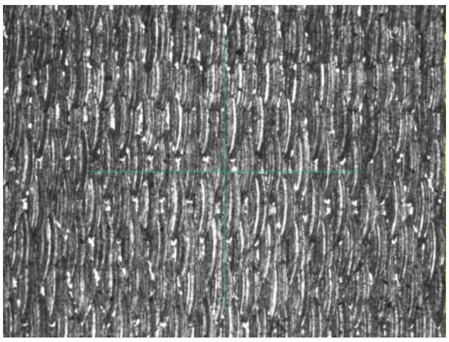
R_{max}	4.06
R_{min}	3.52
R_z	3.8

ΠΕΡΙΟΧΗ		8	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_c	60	m/min



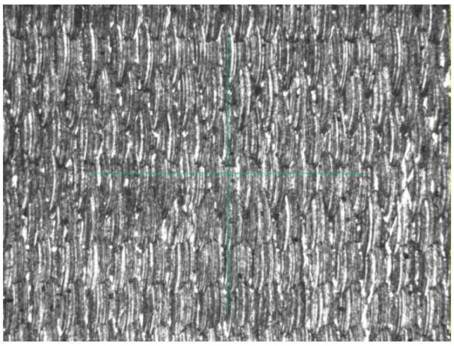
R_{max}	4.12
R_{min}	3.49
R_z	3.8

ΠΕΡΙΟΧΗ		9	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_c	60	m/min



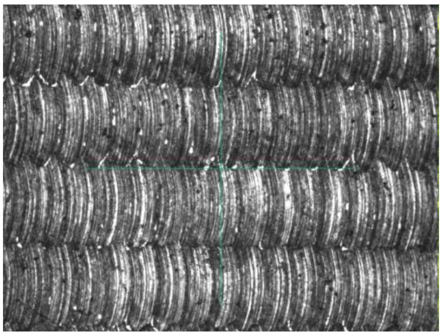
R_{max}	2.82
R_{min}	2.35
R_z	2.6

ΠΕΡΙΟΧΗ		10	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



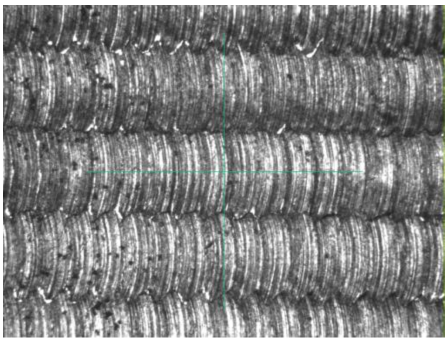
R_{max}	2.75
R_{min}	2.40
R_z	2.6

ΠΕΡΙΟΧΗ		11	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



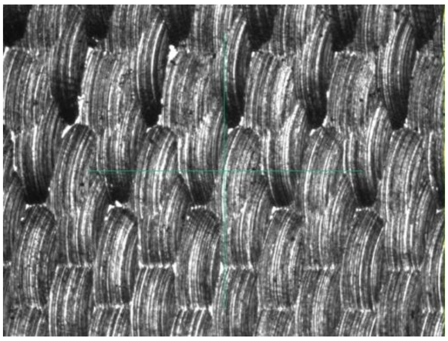
R_{max}	5.55
R_{min}	4.55
R_z	5.1

ΠΕΡΙΟΧΗ		12	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



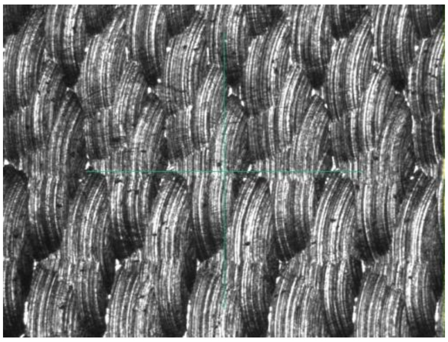
R_{max}	5.95
R_{min}	5.24
R_z	5.7

ΠΕΡΙΟΧΗ		13	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



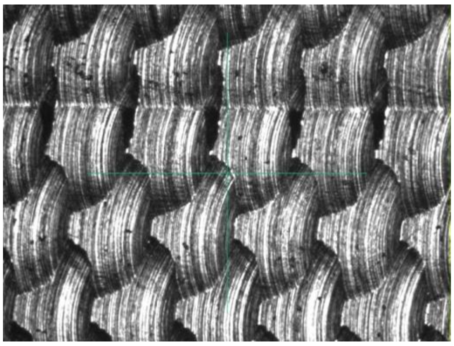
R_{max}	6.71
R_{min}	3.90
R_z	5.0

ΠΕΡΙΟΧΗ		14	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



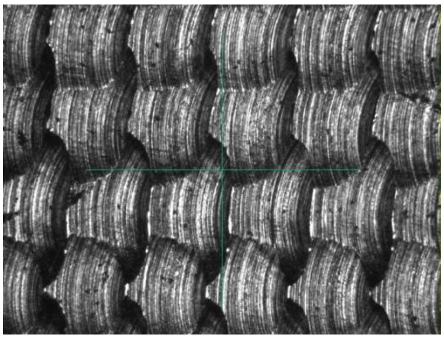
R_{max}	5.36
R_{min}	3.87
R_z	4.4

ΠΕΡΙΟΧΗ		15	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



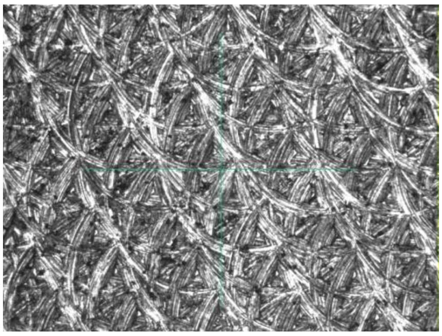
R_{max}	5.39
R_{min}	4.57
R_z	5.1

ΠΕΡΙΟΧΗ		**16**	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		**(A) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ**	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		**AL-7075 T6**	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	**0.3**	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	**0.6**	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	**0.6**	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	**5**	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	**0**	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	**60**	m/min



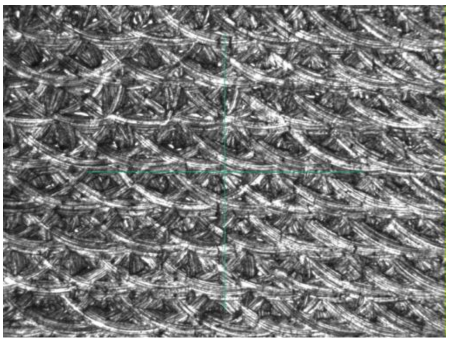
R_{max}	7.42
R_{min}	4.32
R_z	5.3

ΠΕΡΙΟΧΗ		**17**	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		**(A) ΚΑΘΕΤΟ**	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		**AL-7075 T6**	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	**0.6**	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	**0.3**	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	**0.6**	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	**0**	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	**0**	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	**60**	m/min



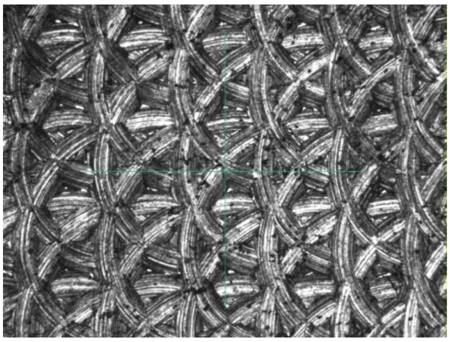
R_{max}	5.12
R_{min}	2.72
R_z	3.8

ΠΕΡΙΟΧΗ		**18**	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		**(A) ΚΑΘΕΤΟ**	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		**AL-7075 T6**	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	**0.3**	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	**0.3**	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	**0.6**	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	**0**	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	**0**	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	**60**	m/min



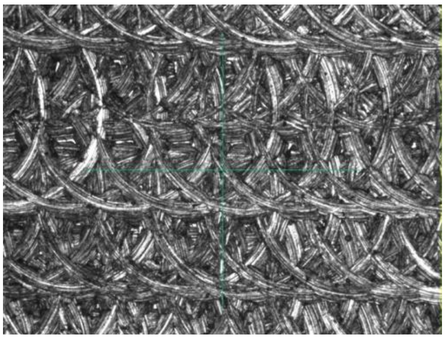
R_{max}	5.26
R_{min}	3.95
R_z	4.7

ΠΕΡΙΟΧΗ		19	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



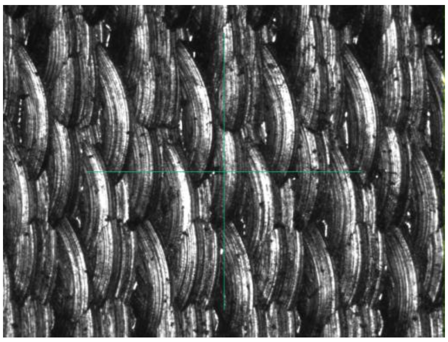
R_{max}	7.26
R_{min}	3.61
R_z	4.9

ΠΕΡΙΟΧΗ		20	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



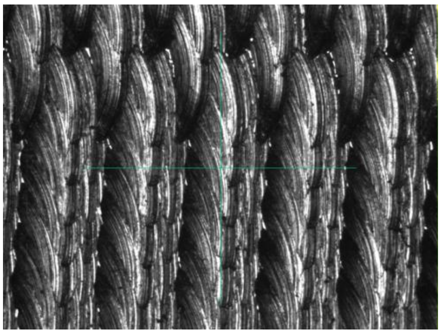
R_{max}	6.71
R_{min}	3.75
R_z	5.1

ΠΕΡΙΟΧΗ		21	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



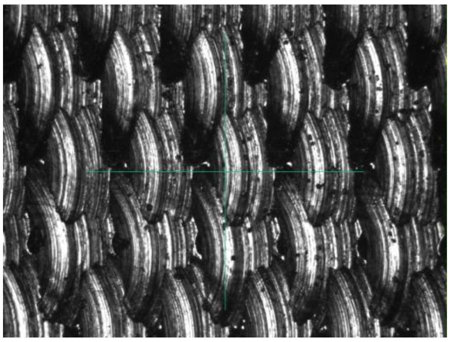
R_{max}	7.88
R_{min}	6.68
R_z	7.3

ΠΕΡΙΟΧΗ		22	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



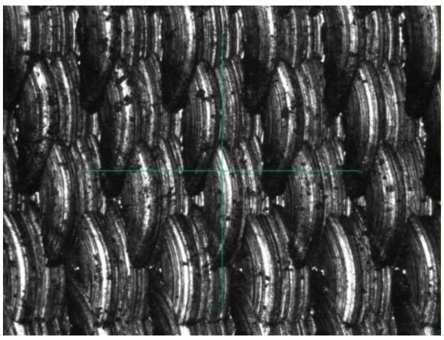
R_{max}	7.12
R_{min}	4.93
R_z	5.7

ΠΕΡΙΟΧΗ		23	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



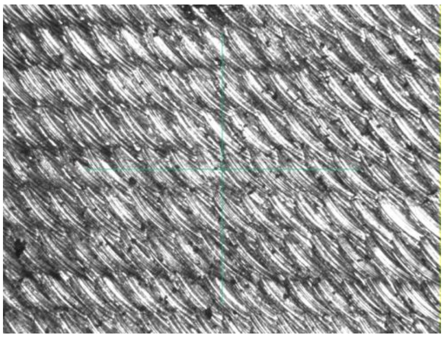
R_{max}	10.30
R_{min}	6.27
R_z	8.2

ΠΕΡΙΟΧΗ		24	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



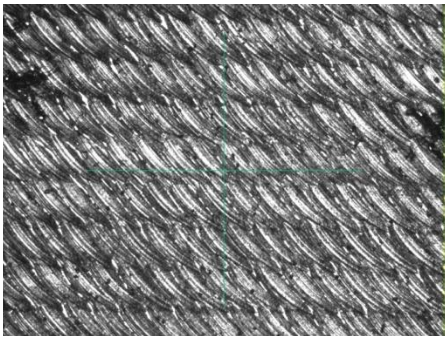
R_{max}	7.06
R_{min}	5.90
R_z	6.3

ΠΕΡΙΟΧΗ		25	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_c	60	m/min



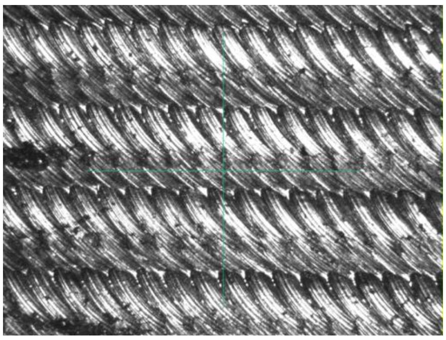
R_{max}	6.83
R_{min}	6.47
R_z	6.6

ΠΕΡΙΟΧΗ		26	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_c	60	m/min



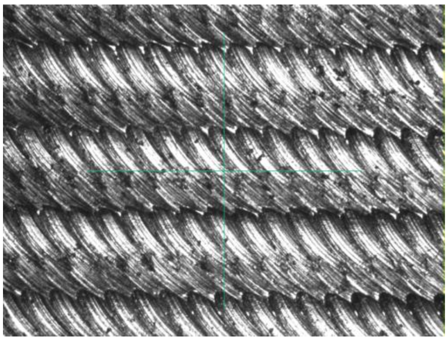
R_{max}	7.06
R_{min}	6.37
R_z	6.8

ΠΕΡΙΟΧΗ		27	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_c	60	m/min



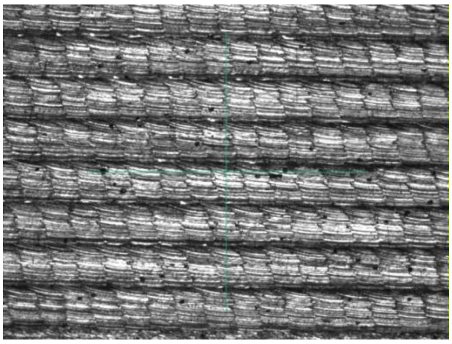
R_{max}	13.50
R_{min}	8.51
R_z	10.2

ΠΕΡΙΟΧΗ		28	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



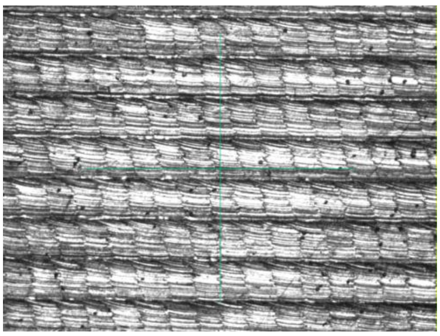
R_{max}	9.83
R_{min}	9.49
R_z	9.6

ΠΕΡΙΟΧΗ		29	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



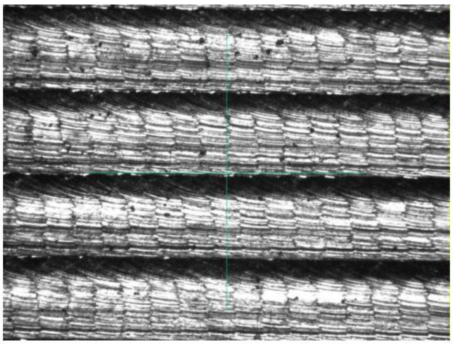
R_{max}	7.71
R_{min}	7.44
R_z	7.6

ΠΕΡΙΟΧΗ		30	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



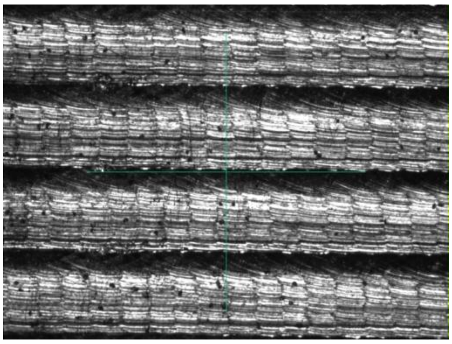
R_{max}	7.33
R_{min}	6.94
R_z	7.2

ΠΕΡΙΟΧΗ		31	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



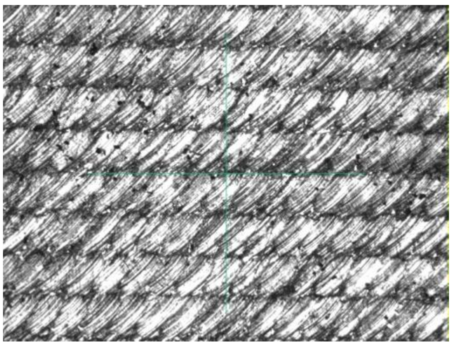
R_{max}	13.90
R_{min}	13.10
R_z	13.4

ΠΕΡΙΟΧΗ		32	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



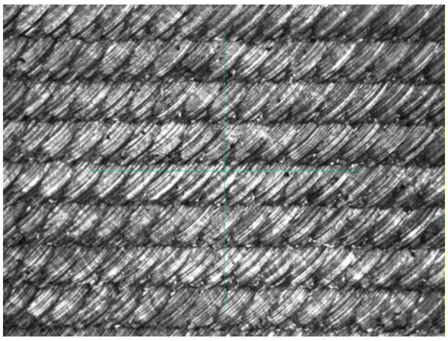
R_{max}	14.60
R_{min}	14.10
R_z	14.4

ΠΕΡΙΟΧΗ		33	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



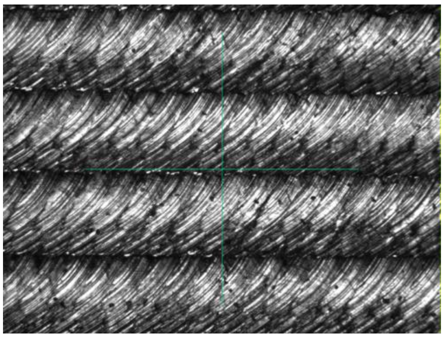
R_{max}	3.98
R_{min}	3.71
R_z	3.8

ΠΕΡΙΟΧΗ		34	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



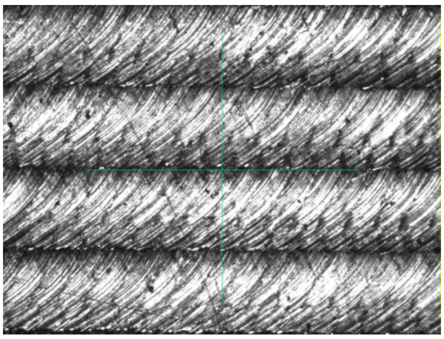
R_{max}	3.77
R_{min}	3.06
R_z	3.5

ΠΕΡΙΟΧΗ		35	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



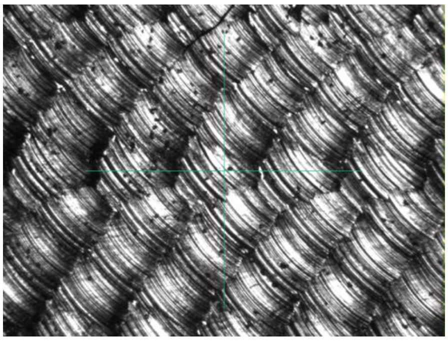
R_{max}	7.71
R_{min}	7.06
R_z	7.4

ΠΕΡΙΟΧΗ		36	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



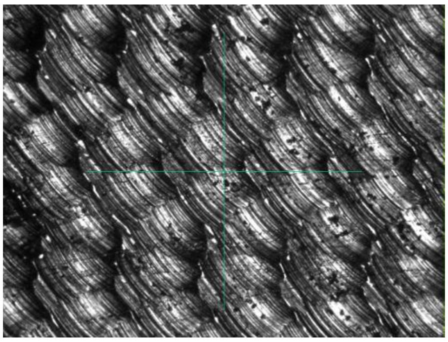
R_{max}	8.56
R_{min}	7.80
R_z	8.1

ΠΕΡΙΟΧΗ		37	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



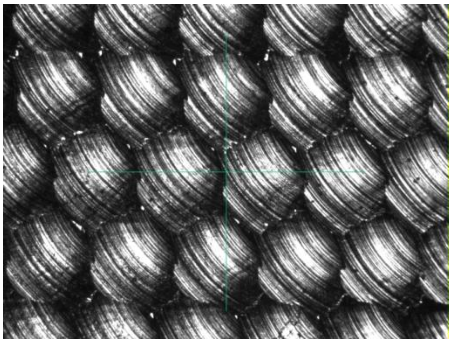
R_{max}	5.55
R_{min}	4.47
R_z	5.0

ΠΕΡΙΟΧΗ		38	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



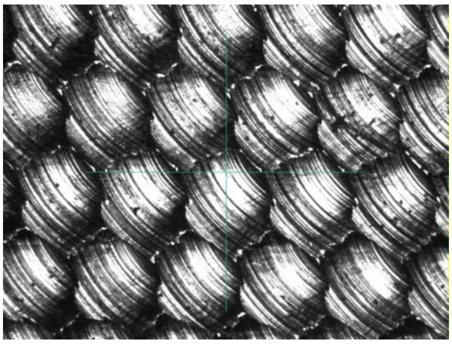
R_{max}	5.28
R_{min}	4.17
R_z	4.6

ΠΕΡΙΟΧΗ		39	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



R_{max}	9.10
R_{min}	6.88
R_z	8.3

ΠΕΡΙΟΧΗ		40	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



R_{max}	9.96
R_{min}	6.34
R_z	8.1

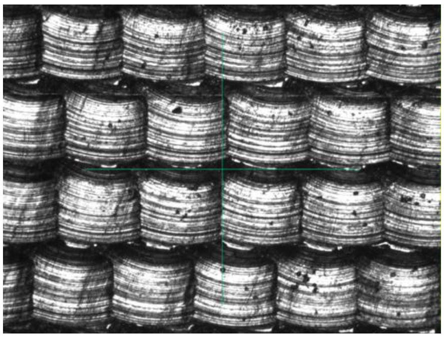
ΠΕΡΙΟΧΗ		41	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min

R_{max}	8.68
R_{min}	7.08
R_z	7.9

ΠΕΡΙΟΧΗ		42	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min

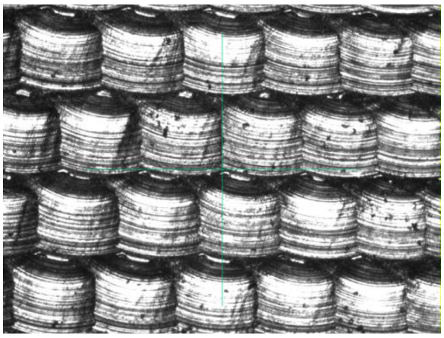
R_{max}	9.61
R_{min}	7.80
R_z	8.9

ΠΕΡΙΟΧΗ		43	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Α) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



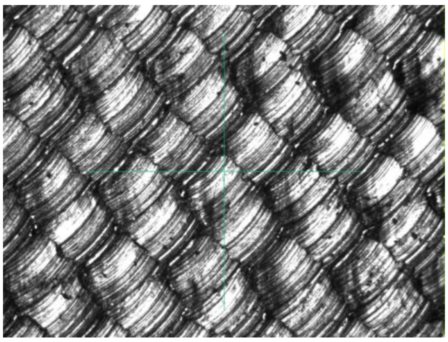
R_{max}	16.90
R_{min}	14.50
R_Z	15.1

ΠΕΡΙΟΧΗ		44	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Α) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



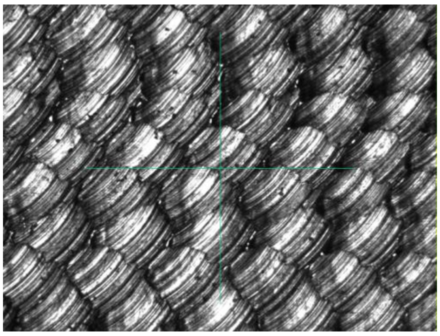
R_{max}	16.00
R_{min}	14.80
R_Z	15.3

ΠΕΡΙΟΧΗ		45	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Α) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



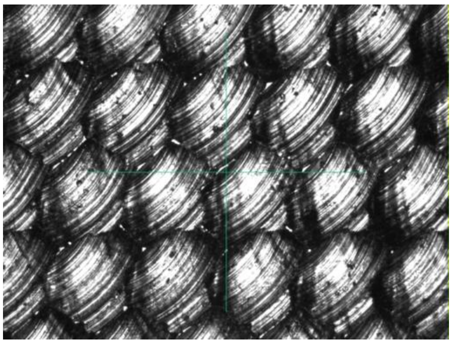
R_{max}	6.56
R_{min}	4.85
R_Z	5.5

ΠΕΡΙΟΧΗ		46	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



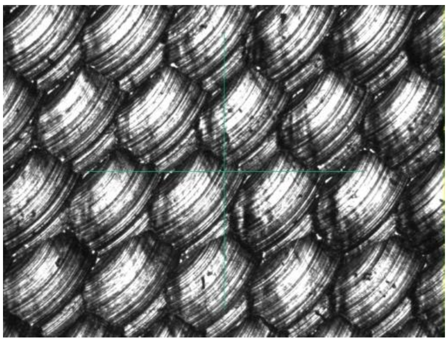
R_{max}	5.29
R_{min}	4.63
R_z	4.9

ΠΕΡΙΟΧΗ		47	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



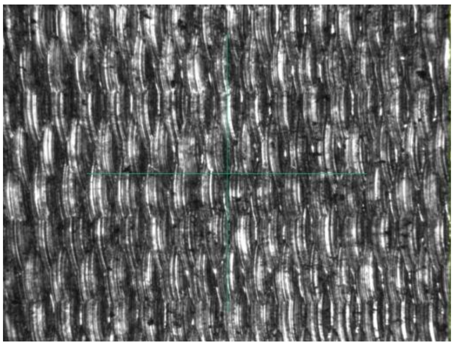
R_{max}	8.99
R_{min}	7.94
R_z	8.6

ΠΕΡΙΟΧΗ		48	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(A) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



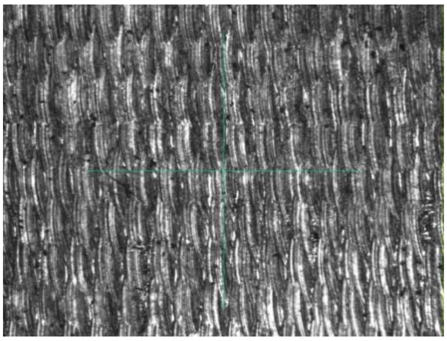
R_{max}	9.63
R_{min}	6.86
R_z	7.9

ΠΕΡΙΟΧΗ		49	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



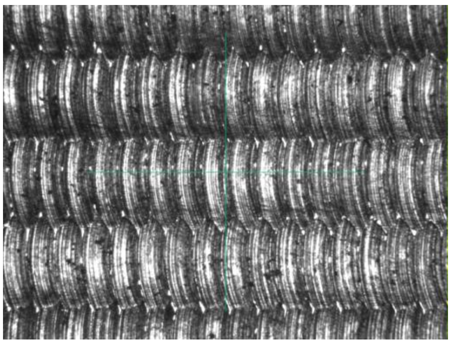
R_{max}	3.36
R_{min}	2.72
R_z	3.1

ΠΕΡΙΟΧΗ		50	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



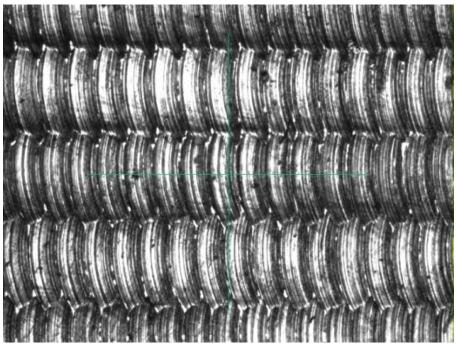
R_{max}	4.00
R_{min}	2.62
R_z	3.0

ΠΕΡΙΟΧΗ		51	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



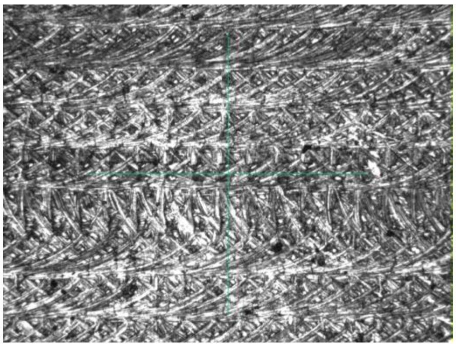
R_{max}	4.69
R_{min}	4.63
R_z	4.7

ΠΕΡΙΟΧΗ		52	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



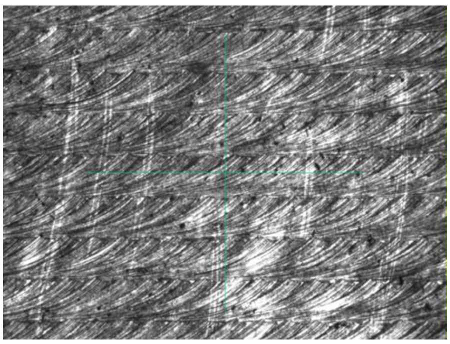
R_{max}	5.34
R_{min}	4.53
R_z	5.0

ΠΕΡΙΟΧΗ		53	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



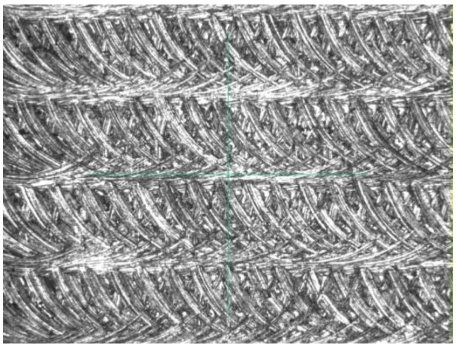
R_{max}	2.75
R_{min}	2.01
R_z	2.5

ΠΕΡΙΟΧΗ		54	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



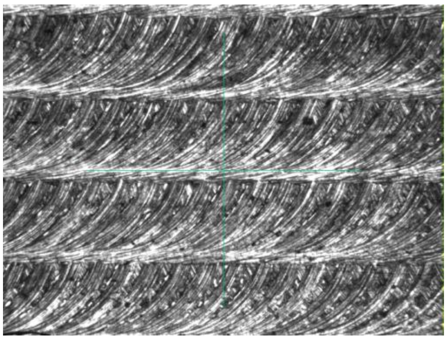
R_{max}	2.86
R_{min}	2.20
R_z	2.6

ΠΕΡΙΟΧΗ		55	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



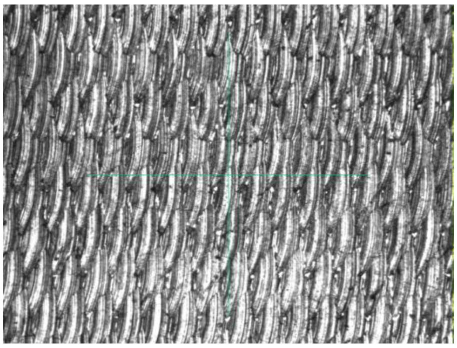
R_{max}	4.85
R_{min}	3.34
R_z	3.9

ΠΕΡΙΟΧΗ		56	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



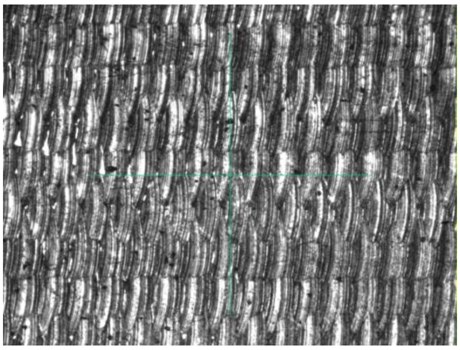
R_{max}	3.14
R_{min}	2.36
R_z	2.8

ΠΕΡΙΟΧΗ		57	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



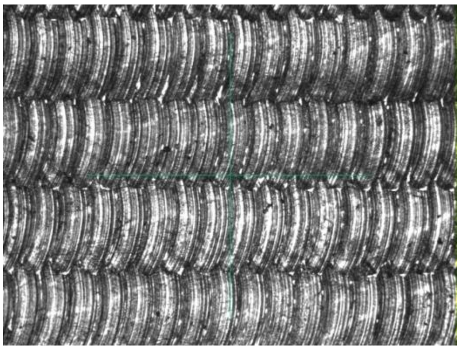
R_{max}	3.69
R_{min}	3.25
R_z	3.4

ΠΕΡΙΟΧΗ		58	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



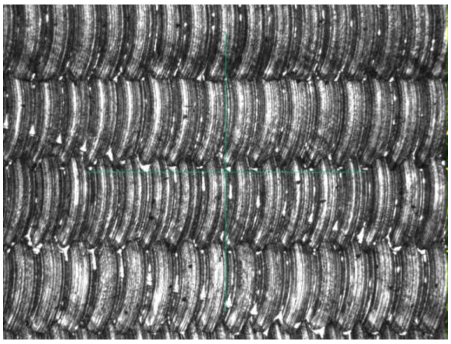
R_{max}	3.57
R_{min}	2.80
R_z	3.1

ΠΕΡΙΟΧΗ		59	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



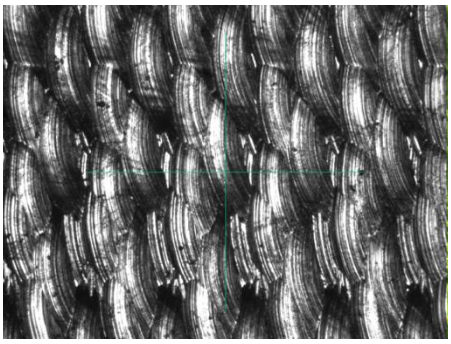
R_{max}	5.35
R_{min}	4.30
R_z	5.0

ΠΕΡΙΟΧΗ		60	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



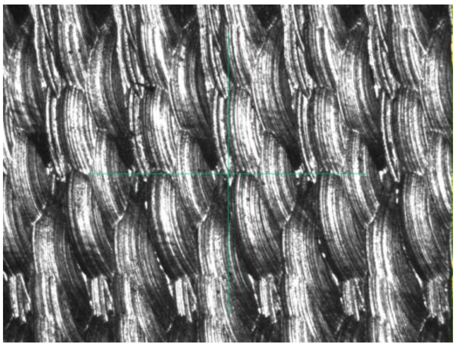
R_{max}	5.23
R_{min}	4.67
R_z	5.0

ΠΕΡΙΟΧΗ		61	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_c	60	m/min



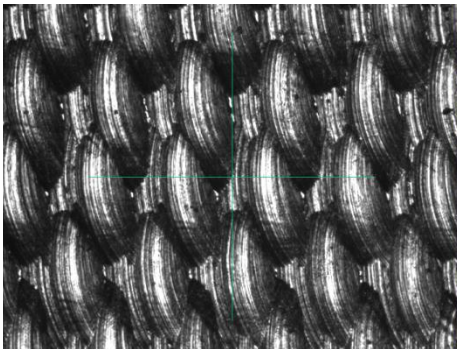
R_{max}	7.99
R_{min}	4.32
R_z	5.7

ΠΕΡΙΟΧΗ		62	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_c	60	m/min



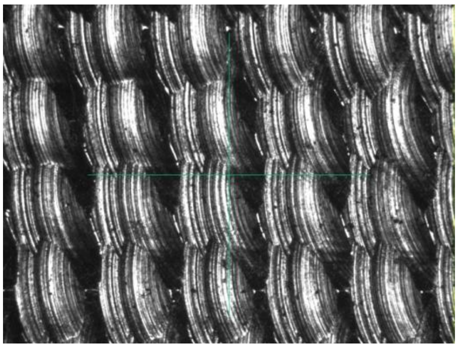
R_{max}	7.35
R_{min}	6.22
R_z	6.8

ΠΕΡΙΟΧΗ		63	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_c	60	m/min



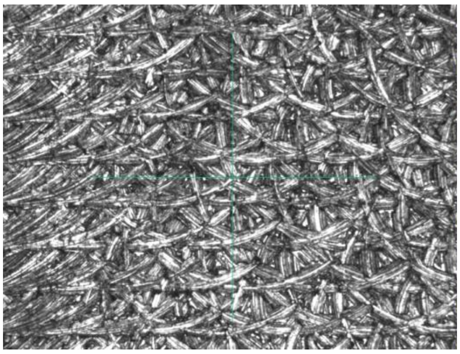
R_{max}	9.80
R_{min}	7.74
R_z	8.5

ΠΕΡΙΟΧΗ		64	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_c	60	m/min



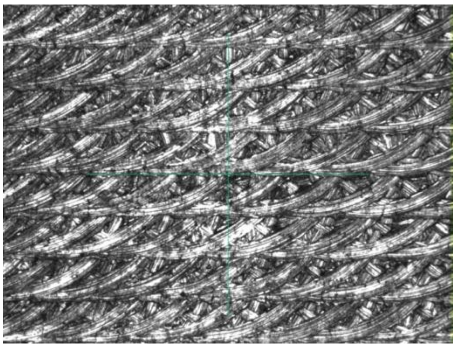
R_{max}	9.24
R_{min}	6.77
R_z	7.9

ΠΕΡΙΟΧΗ		65	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_c	60	m/min



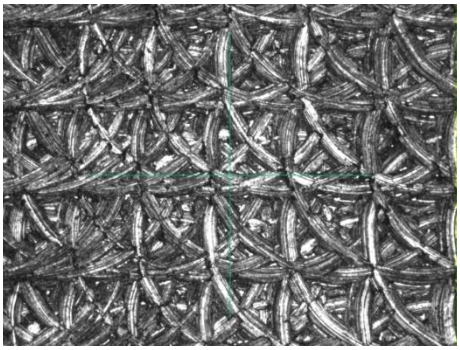
R_{max}	6.53
R_{min}	5.14
R_z	6.0

ΠΕΡΙΟΧΗ		66	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_c	60	m/min



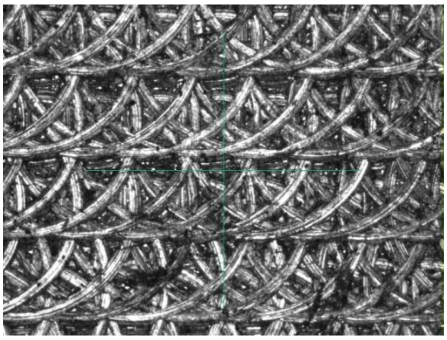
R_{max}	3.65
R_{min}	2.04
R_z	3.0

ΠΕΡΙΟΧΗ		67	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(O) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



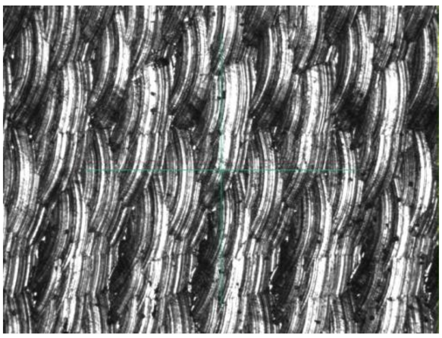
R_{max}	7.95
R_{min}	6.34
R_z	7.1

ΠΕΡΙΟΧΗ		68	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(O) ΚΑΘΕΤΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



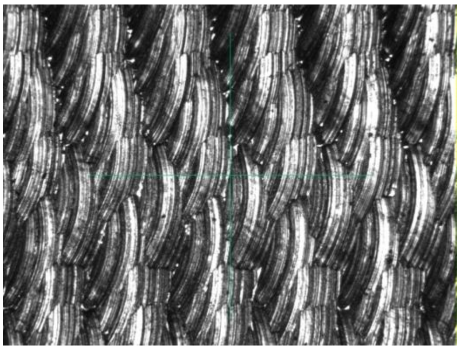
R_{max}	6.33
R_{min}	5.48
R_z	6.1

ΠΕΡΙΟΧΗ		69	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(O) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



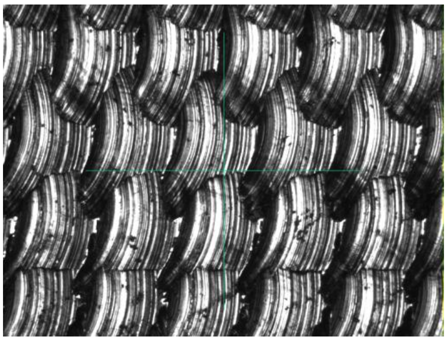
R_{max}	6.37
R_{min}	5.32
R_z	6.0

ΠΕΡΙΟΧΗ		70	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



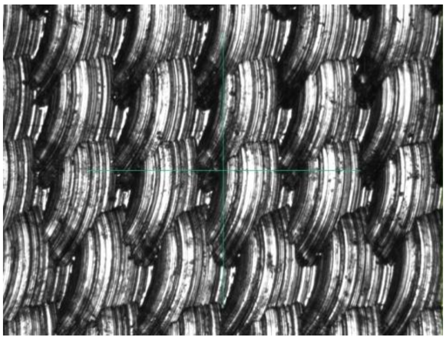
R_{max}	6.52
R_{min}	5.08
R_z	5.8

ΠΕΡΙΟΧΗ		71	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



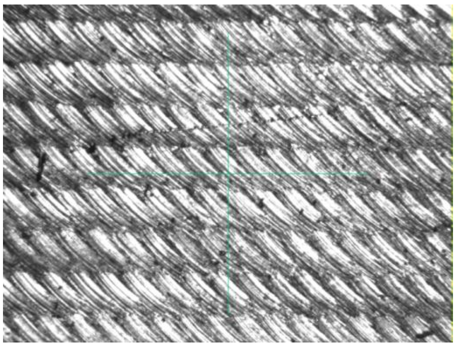
R_{max}	7.48
R_{min}	5.82
R_z	6.3

ΠΕΡΙΟΧΗ		72	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	0	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



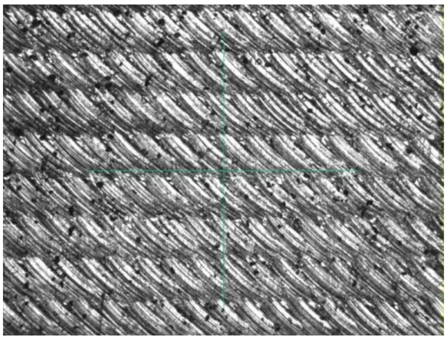
R_{max}	7.83
R_{min}	6.45
R_z	7.4

ΠΕΡΙΟΧΗ		73	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



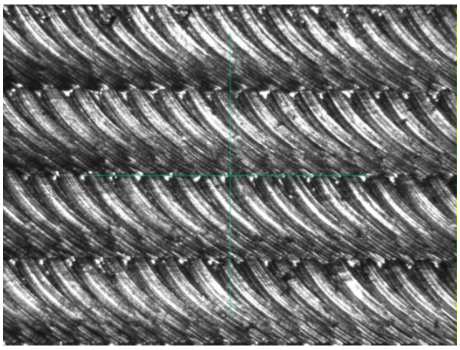
R_{max}	4.80
R_{min}	4.23
R_z	4.6

ΠΕΡΙΟΧΗ		74	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



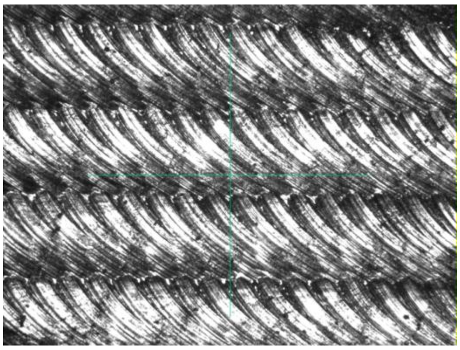
R_{max}	4.69
R_{min}	4.34
R_z	4.5

ΠΕΡΙΟΧΗ		75	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



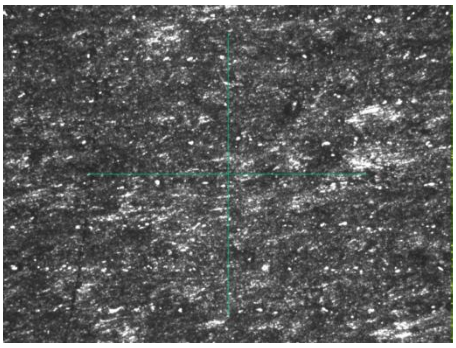
R_{max}	7.33
R_{min}	7.08
R_z	7.2

ΠΕΡΙΟΧΗ		76	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



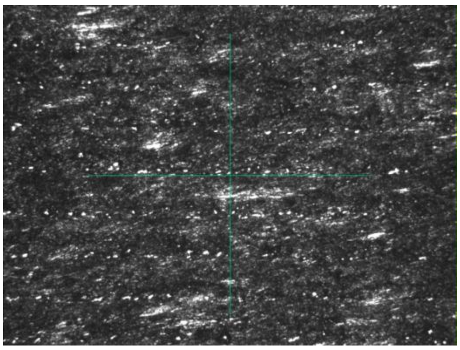
R_{max}	9.07
R_{min}	7.50
R_z	8.2

ΠΕΡΙΟΧΗ		77	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



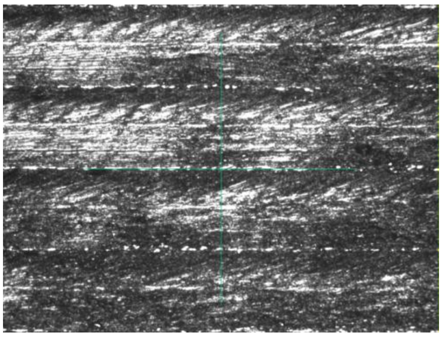
R_{max}	12.70
R_{min}	9.45
R_z	10.6

ΠΕΡΙΟΧΗ		78	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



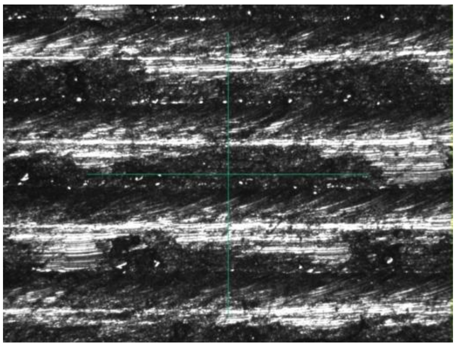
R_{max}	13.10
R_{min}	10.20
R_z	11.3

ΠΕΡΙΟΧΗ		79	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



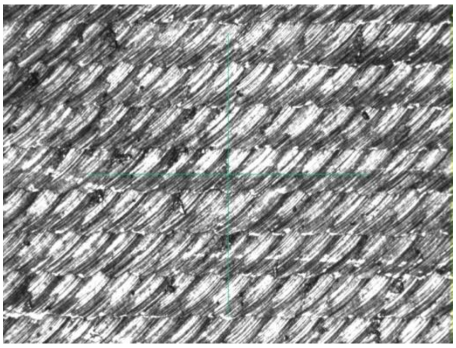
R_{max}	15.90
R_{min}	14.60
R_z	15.3

ΠΕΡΙΟΧΗ		80	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



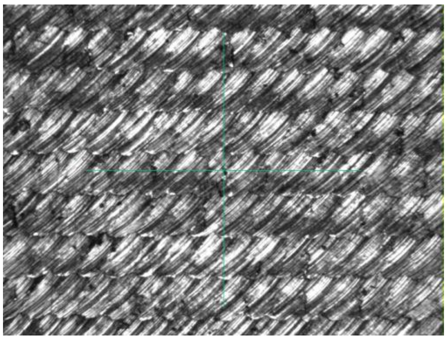
R_{max}	16.90
R_{min}	15.80
R_z	16.5

ΠΕΡΙΟΧΗ		81	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



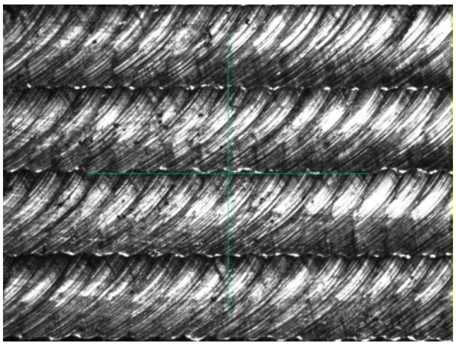
R_{max}	3.66
R_{min}	3.13
R_z	3.4

ΠΕΡΙΟΧΗ		82	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



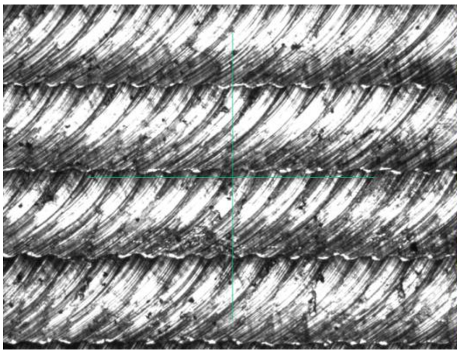
R_{max}	3.81
R_{min}	3.41
R_z	3.6

ΠΕΡΙΟΧΗ		83	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



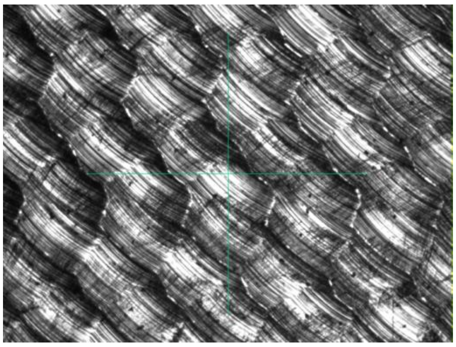
R_{max}	7.25
R_{min}	6.83
R_z	7.0

ΠΕΡΙΟΧΗ		84	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.2	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



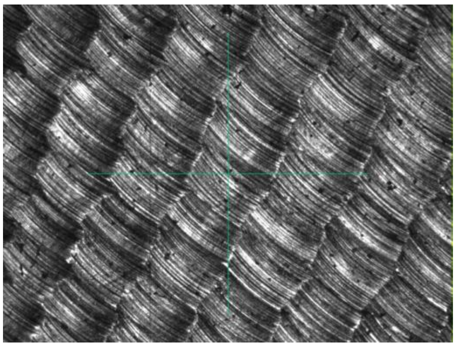
R_{max}	7.62
R_{min}	6.92
R_z	7.1

ΠΕΡΙΟΧΗ		85	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



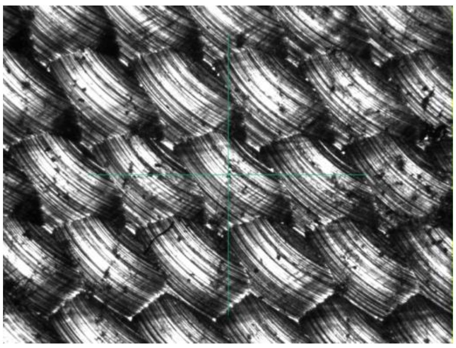
R_{max}	6.83
R_{min}	5.87
R_Z	6.4

ΠΕΡΙΟΧΗ		86	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



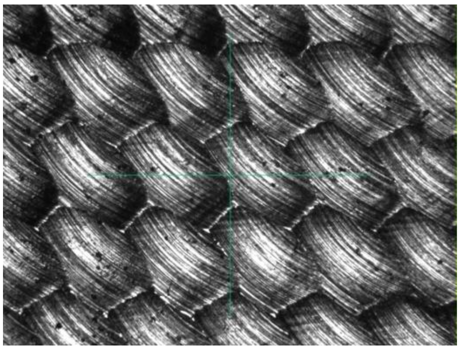
R_{max}	6.78
R_{min}	4.08
R_Z	5.4

ΠΕΡΙΟΧΗ		87	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



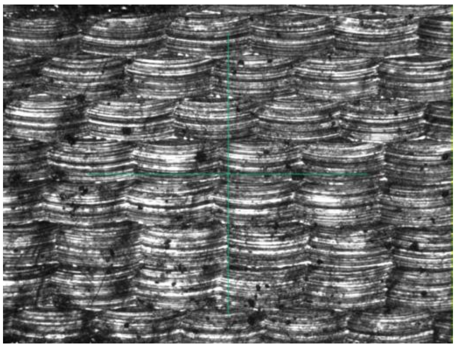
R_{max}	10.70
R_{min}	8.51
R_Z	9.3

ΠΕΡΙΟΧΗ		88	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΕΛΚΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



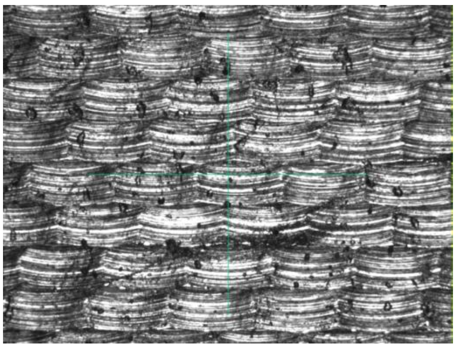
R_{max}	8.60
R_{min}	6.57
R_z	7.7

ΠΕΡΙΟΧΗ		89	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



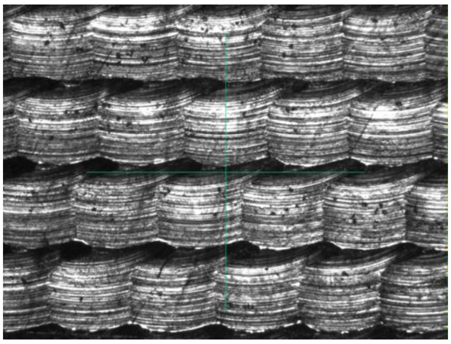
R_{max}	8.55
R_{min}	8.08
R_z	8.3

ΠΕΡΙΟΧΗ		90	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



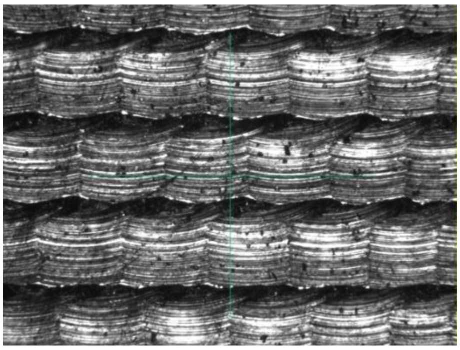
R_{max}	9.29
R_{min}	8.38
R_z	8.9

ΠΕΡΙΟΧΗ		91	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



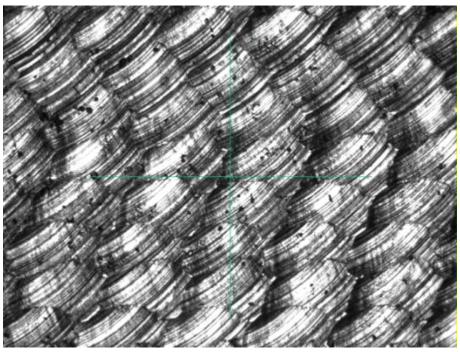
R_{max}	16.40
R_{min}	14.20
R_z	15.2

ΠΕΡΙΟΧΗ		92	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛΑΓΙΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.3	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.6	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	0	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



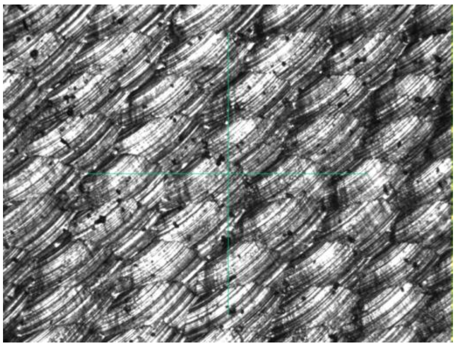
R_{max}	16.00
R_{min}	15.60
R_z	15.8

ΠΕΡΙΟΧΗ		93	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		(Ο) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		AL-7075 T6	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	0.6	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	0.3	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	0.6	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	5	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	5	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	60	m/min



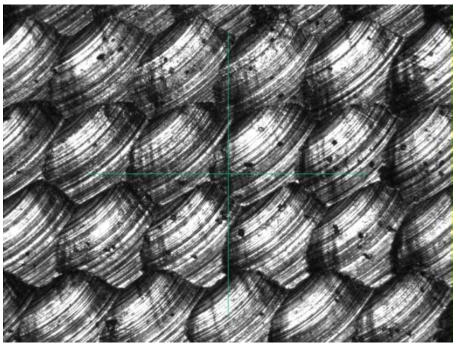
R_{max}	5.74
R_{min}	4.87
R_z	5.1

ΠΕΡΙΟΧΗ		**94**	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		**(Ο) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ**	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		**AL-7075 T6**	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	**0.3**	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	**0.3**	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	**0.6**	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	**5**	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	**5**	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	**60**	m/min



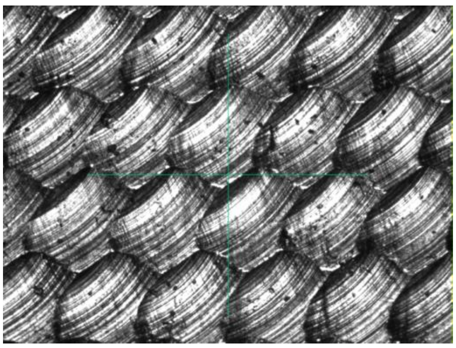
R_{max}	5.41
R_{min}	4.49
R_z	5.0

ΠΕΡΙΟΧΗ		**95**	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		**(Ο) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ**	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		**AL-7075 T6**	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	**0.6**	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	**0.6**	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	**0.6**	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	**5**	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	**5**	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	**60**	m/min



R_{max}	9.64
R_{min}	8.62
R_z	9.2

ΠΕΡΙΟΧΗ		**96**	
ΕΙΔΟΣ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑΤΟΣ		**(Ο) ΠΛ.ΔΙΑΤΡΗΤΙΚΟ**	
ΚΑΤΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟ ΥΛΙΚΟ		**AL-7075 T6**	
ΑΞΟΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_z	**0.3**	mm
ΑΚΤΙΝΙΚΟ ΒΑΘΟΣ	t_{xy}	**0.6**	mm
ΠΡΟΩΣΗ (ανά στρφ & δόντι)	f_z	**0.6**	mm/r,z
ΚΛΙΣΗ παράλληλα σε πρόωση	φ	**5**	°
ΚΛΙΣΗ κάθετα σε πρόωση	ω	**5**	°
ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΚΟΠΗΣ	v_C	**60**	m/min



R_{max}	9.21
R_{min}	7.93
R_z	8.4