

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΤΟΥ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΚΟΠΗΣ ΣΤΗΝ ΤΟΠΟΜΟΡΦΙΑ ΤΟΥ ΤΕΜΑΧΙΟΥ

**Επίδραση του ακτινικού βάθους κοπής και της πρόωσης
στην προκύπτουσα τραχύτητα επιφάνειας κατεργασμένου
τεμαχίου από Ανοξείδωτο Χάλυβα 15CrNi6.**

Κατεργασία φρεζαρίσματος:

Η κατεργασία του φρεζαρίσματος χρησιμοποιείται όχι μόνο για την εκχόνδρωση κατεργασμένων τεμαχίων, αλλά και για την αποπεράτωση τους. Η προκύπτουσα επιφάνεια χαρακτηρίζεται εν γένει από ικανοποιητική τραχύτητα, η οποία όμως μπορεί να εξαρτάται από μία σειρά παραμέτρους, όπως το είδος της κατεργασίας π.χ. περιφερειακό ή μετωπικό φρεζάρισμα, την πρόωση του κοπτικού εργαλείου, την ταχύτητα κοπής κ.ά.. Κατά το περιφερειακό φρεζάρισμα η κοπή συντελείται από την περιφέρεια του κοπτικού εργαλείου, διότι οι κοπτικές ακμές των οδόντων της φρεζοκεφαλής βρίσκονται περιφερειακά και είναι συνήθως ελικοειδή. Η επιλογή κοπτικού εργαλείου ελικοειδούς οδόντωσης συνεισφέρει στη μείωση αναπτυσσόμενης δύναμης κοπής και στην ομαλότερη κατανομή της, πράγμα που με τη σειρά του οδηγεί σε ομαλότερη επιφάνεια κατεργασμένου τεμαχίου. Αντίθετα, κατά το μετωπικό φρεζάρισμα οι κοπτικές ακμές της φρεζοκεφαλής δεν βρίσκονται στην περιφέρειά της, αλλά στην πρόσοψή της.

Γενικά, η κατεργασία του φρεζαρίσματος χωρίζεται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: το ομόρροπο και το αντίρροπο φρεζάρισμα. Κατά το ομόρροπο φρεζάρισμα η φορά περιστροφής της φρεζοκεφαλής είναι ομόρροπη με τη φορά κίνησης του κατεργαζόμενου τεμαχίου, το αντίθετο συμβαίνει κατά το αντίρροπο φρεζάρισμα. Οι δυνάμεις που αναπτύσσονται κατά το αντίρροπο φρεζάρισμα είναι αυξημένες σε σχέση με το ομόρροπο και γι' αυτό επιβάλλεται η πολύ καλή πρόσδεση του κατεργαζόμενου τεμαχίου πάνω στην τράπεζα της φρεζομηχανής.

Τραχύτητα Επιφάνειας κατά το Φρεζάρισμα:

Η χρήση κοπτικού εργαλείου ικανοποιητικής ποιότητας ασφαλώς και είναι ιδιαιτέρως σημαντική όσον αφορά την επίτευξη επιφάνειας κατεργασμένου τεμαχίου χαμηλής τραχύτητας. Η ύπαρξη έστω και ενός κοπτικού οδόντος σε λάθος θέση στη φρεζοκεφαλή μπορεί να έχει καταστροφικά αποτελέσματα στην τοπομορφία της προκύπτουσας επιφάνειας. Γενικά, μπορεί να διατυπωθεί ότι παράγοντες όπως η πρόωση του κοπτικού εργαλείου επηρεάζουν σημαντικά την τραχύτητα της επιφάνειας του κατεργαζόμενου υλικού. Δυστυχώς, η αύξηση της πρόωσης του κοπτικού οδηγεί σε αντίστοιχη αύξηση της τραχύτητας της κατεργαζόμενης επιφάνειας, δηλαδή ότι κερδίζεται σε χρόνο κατεργασίας, χάνεται σε ποιότητα κατεργασίας. Η ποιότητα επιφάνειας περιλαμβάνει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας και τις φυσικές και χημικές της ιδιότητες, όπως π.χ. η δομή της ή οι παραμένουσες τάσεις στο εσωτερικό της και εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη μέθοδο κατεργασίας που εφαρμόστηκε στο κατεργασμένο τεμάχιο.

Ο καθορισμός της τραχύτητας της κατεργασμένης επιφάνειας ενός τεμαχίου συμβολίζεται σχεδιαστικά μέσω της τοποθέτησης ενός, δύο ή τριών ανεστραμμένων τριγώνων επί αυτής. Όσα περισσότερα ανεστραμμένα τρίγωνα, τόσο καλύτερη και η ποιότητα της επιφάνειας του κατεργασμένου τεμαχίου. Συγκεκριμένα ένα ανεστραμμένο τρίγωνο σημαίνει τραχιά επιφάνεια. Δύο ανεστραμμένα τρίγωνα συνεπάγονται κατεργασμένη επιφάνεια καλύτερης ποιότητας με πριν, αλλά και πάλι η τραχύτητά της είναι αισθητή. Κάτι τέτοιο δεν συμβαίνει στην περίπτωση που μία επιφάνεια είναι χαρακτηρισμένη με τρία ανεστραμμένα τρίγωνα.

Όπως προκύπτει αβίαστα από τα προηγούμενα, οι διαστάσεις και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά που παρουσιάζονται στα κατασκευαστικά σχέδια ενός τεμαχίου δεν είναι οι πραγματικές του, αλλά είναι οι ονομαστικές, δηλαδή οι θεωρητικές διαστάσεις του τεμαχίου. Η πραγματική επιφάνεια ενός κατεργασμένου τεμαχίου μπορεί να προσδιοριστεί μόνο με τη χρήση κατάλληλων μετρητικών οργάνων, όπως τραχυμέτρου, προφυλομέτρου κ.ά.. Στην πραγματικότητα

υπάρχει πάντοτε απόκλιση της ονομαστικής επιφάνειας ενός κατεργασμένου τεμαχίου από την πραγματική του. Οι αποκλίσεις αυτές μπορεί να οφείλονται σε λάθος ή μη στοιβαρή στήριξη του κατεργαζόμενου τεμαχίου ή σε στράβωμα του εργαλειοφορείου της εργαλειομηχανής και οδηγούν στην παραγωγή δοκιμίων χωρίς επιπεδότητα και χωρίς διαστατική ακρίβεια. Κυματοειδείς επιφάνειες συνήθως οφείλονται σε εκκεντρότητα του κοπτικού εργαλείου ή στην εμφάνιση έντονων ταλαντωτικών φαινομένων κατά την κοπή, ενώ οι αυλακώσεις, οι ρωγμές και οι εν γένει μικρές ανωμαλίες της επιφάνειας είναι πιθανόν να οφείλονται σε ατέλειες της μορφής του κοπτικού εργαλείου ή σε φθορά του.

Η τραχύτητα μιας επιφάνειας μετράται συνήθως με το μέγεθος Rz, το οποίο είναι το πηλίκο που προκύπτει εάν από τις 5 υψηλότερες κορυφές της επιφάνειας αφαιρεθούν οι 5 βαθύτερες εσοχές της και το αποτέλεσμα διαιρεθεί δια του 5. Άλλα μεγέθη που χρησιμοποιούνται είναι το μέσο ύψος της τραχύτητας Ra και το μέγιστο ύψος της τραχύτητας Rmax.

Επίδραση του ακτινικού βάθους κοπής στην προκύπτουσα τραχύτητα επιφάνειας κατεργασμένου τεμαχίου από Ανοξειδωτο Χάλυβα 15CrNi6.

ΠΕΙΡΑΜΑ 1:

Τύπος φρεζαρίσματος: Ομόρροπο.

Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6

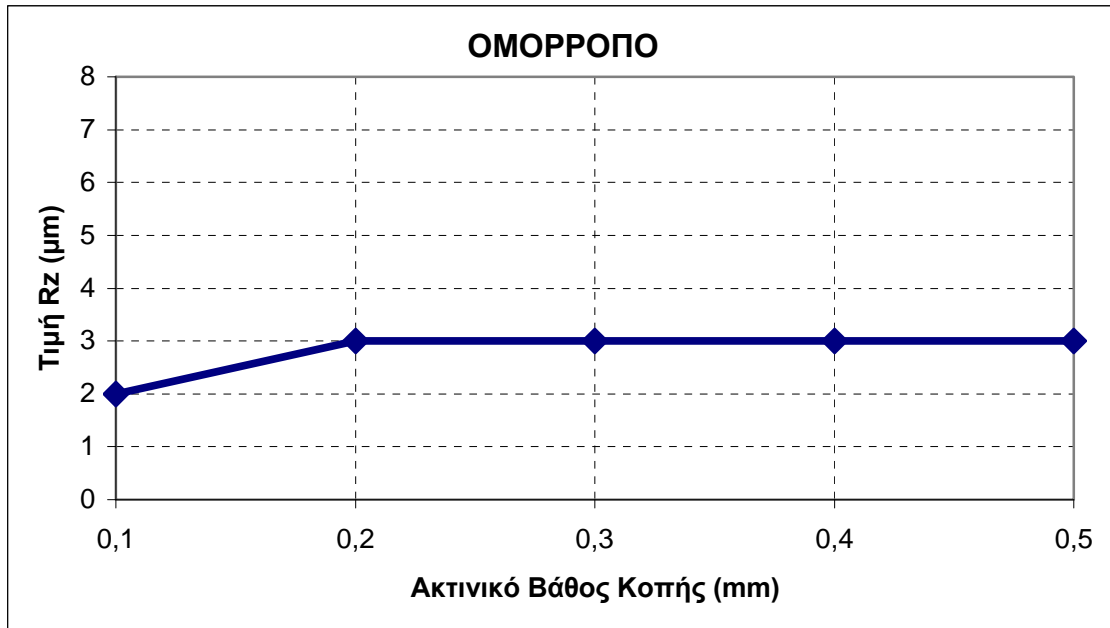
Συνθήκες πειράματος:

Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.2 \text{ mm/στρ.δόντι}$,

Στροφές κοπτικού εργαλείου $= 3600 \text{ rpm}$,

Ακτινικό Βάθος κοπής μεταβλητό.

Τα αποτελέσματα των τραχυμετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 1: Μέτρηση της τραχύτητας κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου για ομόρροπο φρεζάρισμα. Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6. Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s = 0.2$ mm/στρ.&δόντι, Στροφές κοπτικού εργαλείου = 3600 rpm.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα η βέλτιστη τραχύτητα επιφανείας Ομόρροπο φρεζάρισμα κατεργαζόμενου τεμαχίου από Ανοξείδωτο Χάλυβα 15CrNi6 επιτυγχάνεται για ακτινικό βάθος κοπής 0,1 έως 0,2 mm.

ΠΕΙΡΑΜΑ 2:

Τύπος φρεζαρίσματος: Αντίρροπο.

Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6

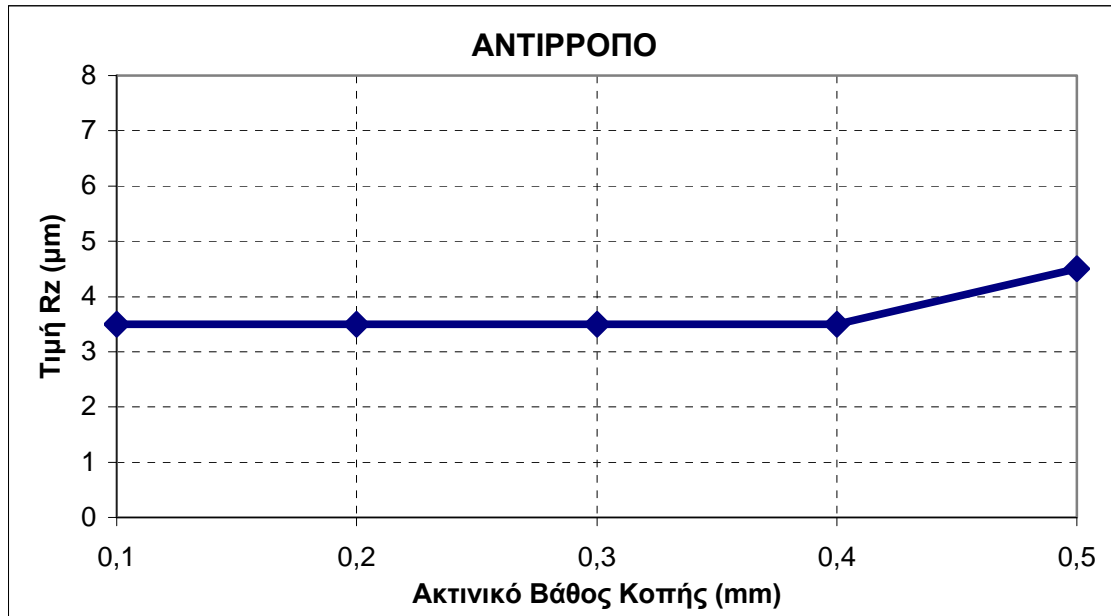
Συνθήκες πειράματος:

Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.2$ mm/στρ.&δόντι,

Στροφές κοπτικού εργαλείου = 3600 rpm,

Ακτινικό Βάθος κοπής μεταβλητό.

Τα αποτελέσματα των τραχυμετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 2: Μέτρηση της τραχύτητας κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου για αντίρροπο φρεζάρισμα. Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6. Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s'=0.2\text{mm}/\text{στρ.}\&\delta\text{όντι}$, Στροφές κοπτικού εργαλείου=3600rpm.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα η βέλτιστη τραχύτητα επιφανείας Αντίρροπο φρεζάρισμα κατεργαζόμενου τεμαχίου από Ανοξείδωτο Χάλυβα 15CrNi6 επιτυγχάνεται για ακτινικό βάθος κοπής 0,1 έως 0,4 mm.

ΠΕΙΡΑΜΑ 3:

Τύπος φρεζαρίσματος: Ομόρροπο. Μέτρηση της τραχύτητας παράλληλα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου.

Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6

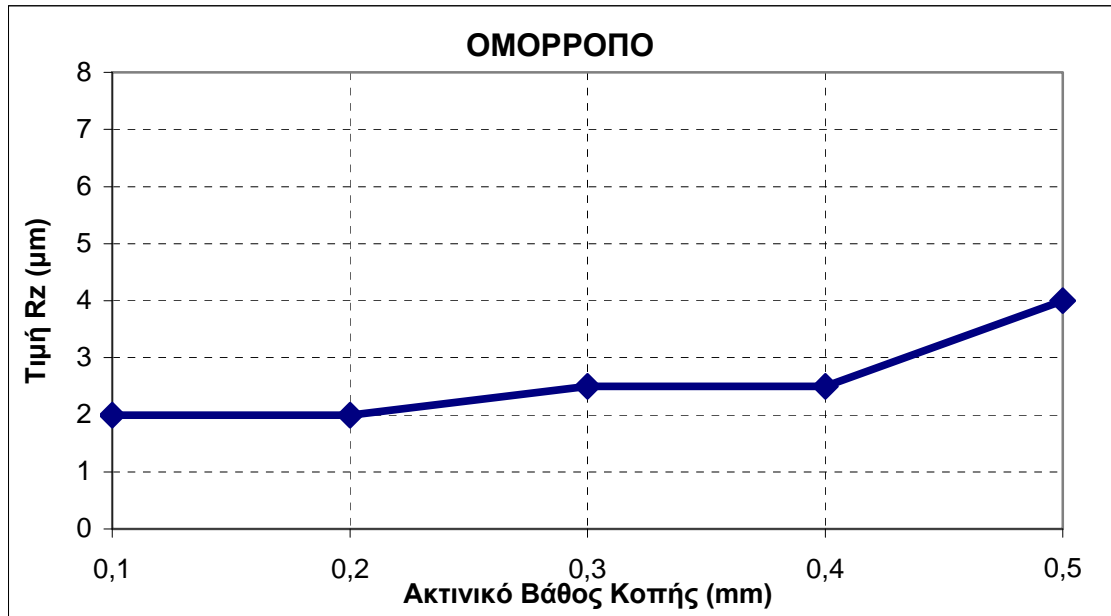
Συνθήκες πειράματος:

Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s'=0.2\text{mm}/\text{στρ.}\&\delta\text{όντι}$,

Στροφές κοπτικού εργαλείου=3600rpm,

Ακτινικό Βάθος κοπής μεταβλητό.

Τα αποτελέσματα των τραχυμετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 3: Μέτρηση της τραχύτητας παράλληλα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου για ομόρροπο φρεζάρισμα. Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6. Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.2 \text{ mm/στρ.δόντι}$, Στροφές κοπτικού εργαλείου = 3600rpm. Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα η βέλτιστη τραχύτητα επιφανείας, παράλληλα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου, στο Ομόρροπο φρεζάρισμα κατεργαζόμενου τεμαχίου από Ανοξείδωτο Χάλυβα 15CrNi6 επιτυγχάνεται για ακτινικό βάθος κοπής 0,1 έως 0,2 mm.

ΠΕΙΡΑΜΑ 4:

Τύπος φρεζαρίσματος: Αντίρροπο. Μέτρηση της τραχύτητας παράλληλα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου.

Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6

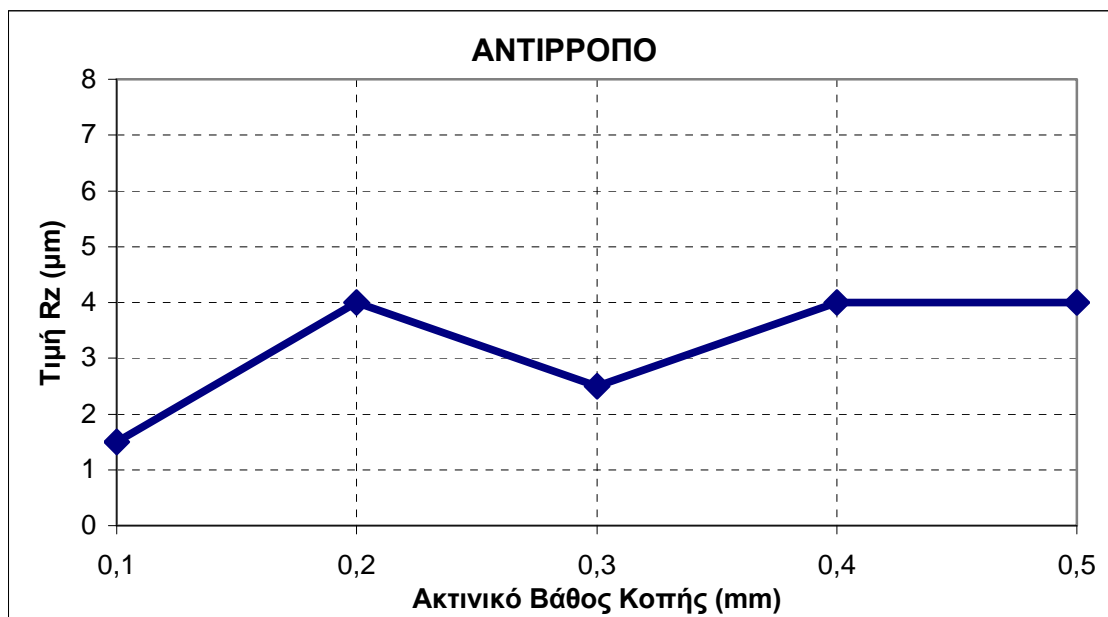
Συνθήκες πειράματος:

Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.2 \text{ mm/στρ.δόντι}$,

Στροφές κοπτικού εργαλείου = 3600rpm,

Ακτινικό Βάθος κοπής μεταβλητό.

Τα αποτελέσματα των τραχυμετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 4: Μέτρηση της τραχύτητας παράλληλα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου για ομόρροπο φρεζάρισμα. Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6. Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.2 \text{ mm/στρ. & δόντι}$, Στροφές κοπτικού εργαλείου = 3600rpm.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα η βέλτιστη τραχύτητα επιφανείας, παράλληλα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου, στο Αντίρροπο φρεζάρισμα κατεργαζόμενου τεμαχίου από Ανοξειδωτο Χάλυβα 15CrNi6 επιτυγχάνεται για ακτινικό βάθος κοπής 0,1 έως 0,15 και 0,25 έως 0,35 mm.

ΠΕΙΡΑΜΑ 5:

Τύπος φρεζαρίσματος: Ομόρροπο. Μέτρηση της τραχύτητας κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου.

Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6

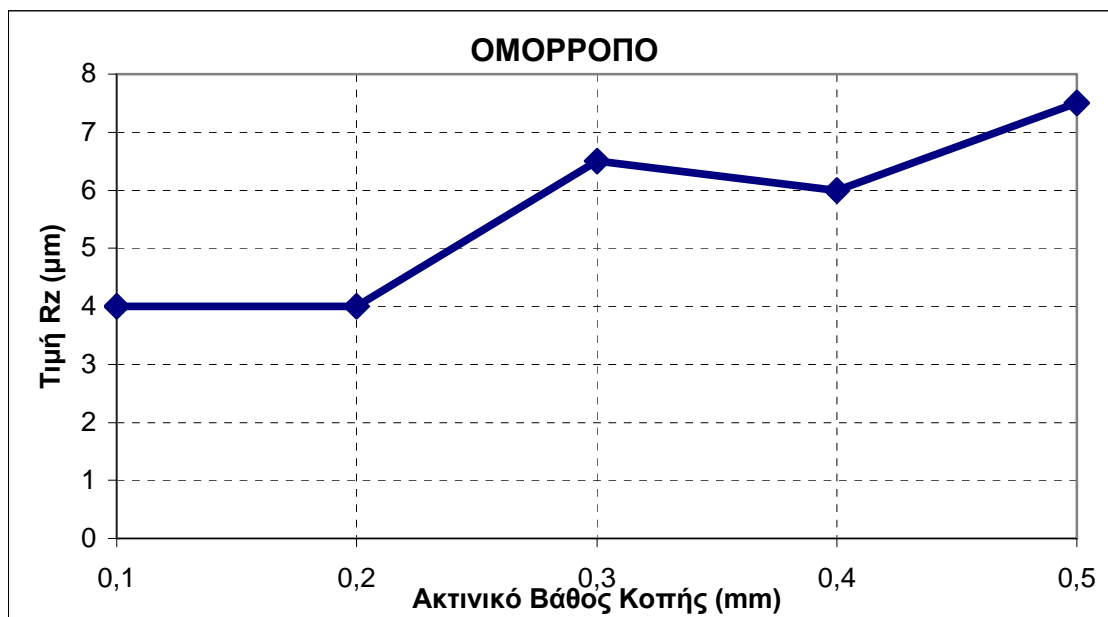
Συνθήκες πειράματος:

Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.4 \text{ mm/στρ. & δόντι}$,

Στροφές κοπτικού εργαλείου = 3600 rpm,

Ακτινικό Βάθος κοπής μεταβλητό.

Τα αποτελέσματα των τραχυμετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 5: Μέτρηση της τραχύτητας κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου για ομόρροπο φρεζάρισμα. Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6. Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.4$ mm/στρ.&δόντι, Στροφές κοπτικού εργαλείου = 3600 rpm.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα η βέλτιστη τραχύτητα επιφανείας, κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου, στο Ομόρροπο φρεζάρισμα κατεργαζόμενου τεμαχίου από Ανοξειδωτο Χάλυβα 15CrNi6, για πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.4$ mm/στρ.&δόντι, επιτυγχάνεται για ακτινικό βάθος κοπής 0,1 έως 0,2 mm.

ΠΕΙΡΑΜΑ 6:

Τύπος φρεζαρίσματος: Αντίρροπο. Μέτρηση της τραχύτητας κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου.

Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6

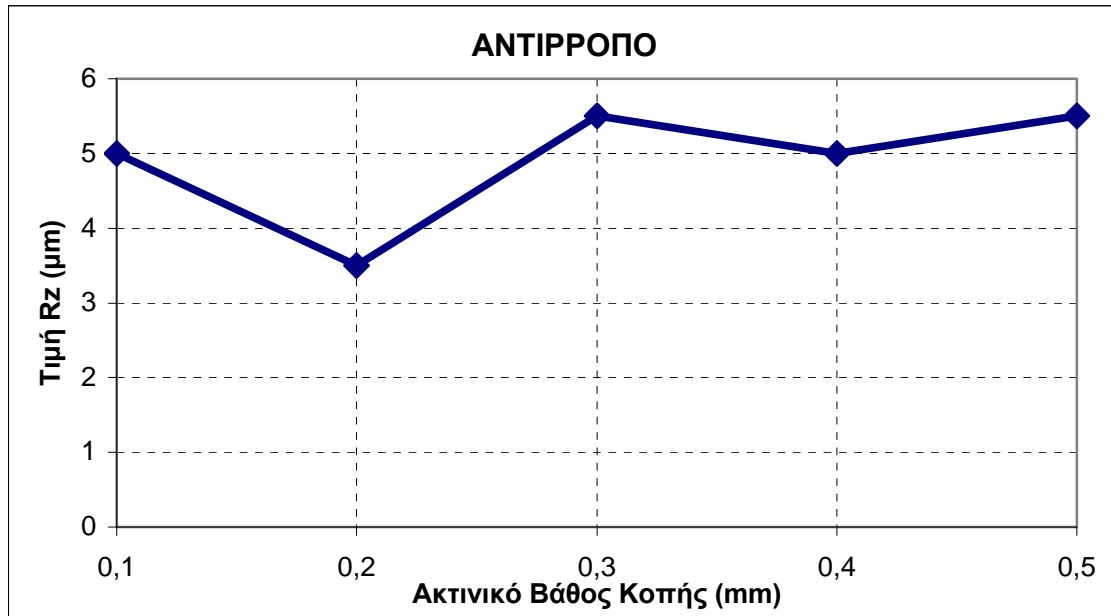
Συνθήκες πειράματος:

Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.4$ mm/στρ.&δόντι,

Στροφές κοπτικού εργαλείου = 3600 rpm,

Ακτινικό Βάθος κοπής μεταβλητό.

Τα αποτελέσματα των τραχυμετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 6: Μέτρηση της τραχύτητας κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου για αντίρροπο φρεζάρισμα. Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6. Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.4$ mm/στρ.&δόντι, Στροφές κοπτικού εργαλείου=3600rpm.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα η βέλτιστη τραχύτητα επιφανείας, κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου, στο Αντίρροπο φρεζάρισμα κατεργαζόμενου τεμαχίου από Ανοξειδωτο Χάλυβα 15CrNi6, για πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.4$ mm/στρ.&δόντι, επιτυγχάνεται για ακτινικό βάθος κοπής 0,2 mm.

ΠΕΙΡΑΜΑ 7:

Τύπος φρεζαρίσματος: Ομόρροπο. Μέτρηση της τραχύτητας παράλληλα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου.

Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6

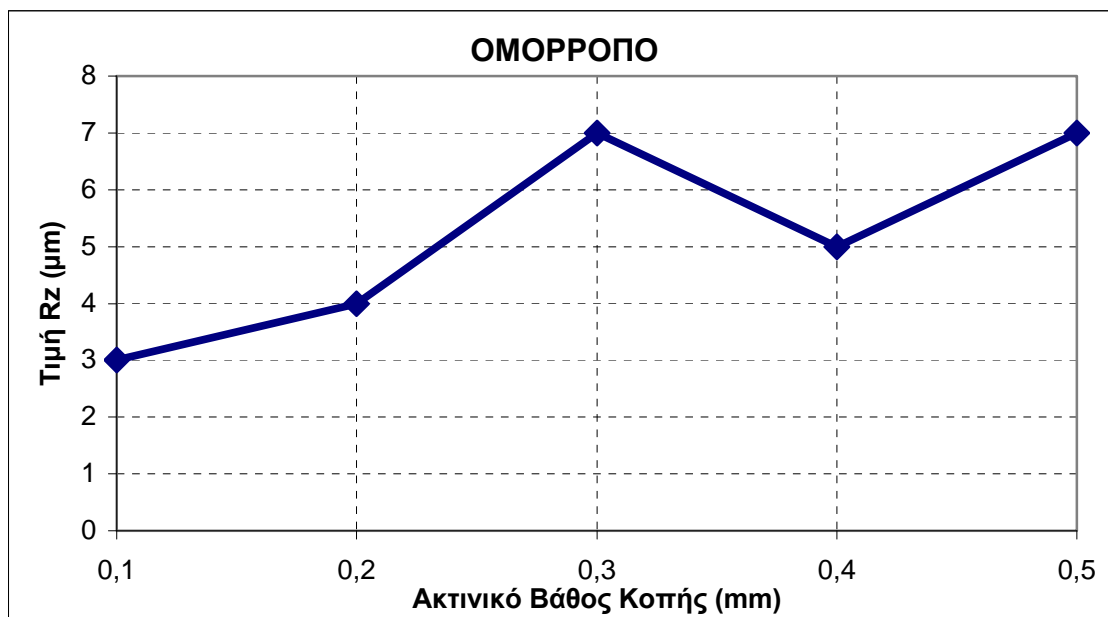
Συνθήκες πειράματος:

Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.4$ mm/στρ.&δόντι,

Στροφές κοπτικού εργαλείου = 3600 rpm,

Ακτινικό Βάθος κοπής μεταβλητό.

Τα αποτελέσματα των τραχυμετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 7: Μέτρηση της τραχύτητας παράλληλα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου για ομόρροπο φρεζάρισμα. Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6. Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.4$ mm/στρ.&δόντι, Στροφές κοπτικού εργαλείου=3600rpm.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα η βέλτιστη τραχύτητα επιφάνειας, παράλληλα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου, στο ομόρροπο φρεζάρισμα κατεργαζόμενου τεμαχίου από Ανοξειδωτο Χάλυβα 15CrNi6, για πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.4$ mm/στρ.&δόντι, επιτυγχάνεται για ακτινικό βάθος κοπής 0,1 έως 0,2 mm.

ΠΕΙΡΑΜΑ 8:

Τύπος φρεζαρίσματος: Αντίρροπο. Μέτρηση της τραχύτητας παράλληλα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου.

Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6

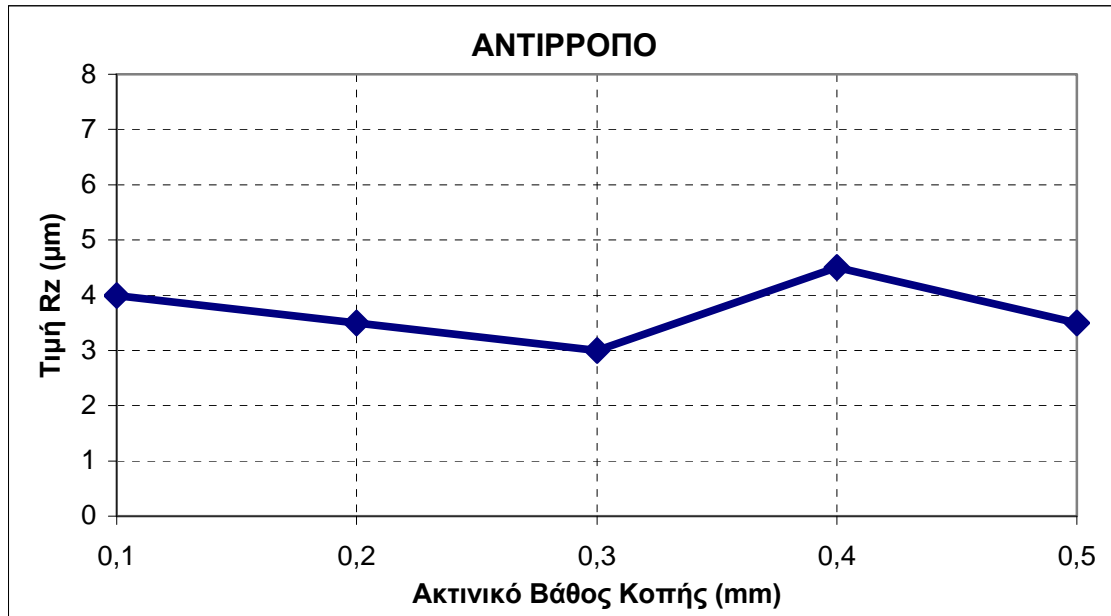
Συνθήκες πειράματος:

Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s' = 0.4$ mm/στρ.&δόντι,

Στροφές κοπτικού εργαλείου = 3600 rpm,

Ακτινικό Βάθος κοπής μεταβλητό.

Τα αποτελέσματα των τραχυμετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 8: Μέτρηση της τραχύτητας παράλληλα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου για αντίρροπο φρεζάρισμα. Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6. Πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s'=0.4\text{mm/στρ.}\&\delta\acute{\omicron}\text{ντι}$, Στροφές κοπτικού εργαλείου=3600rpm.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα η βέλτιστη τραχύτητα επιφάνειας, παράλληλα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου, στο αντίρροπο φρεζάρισμα κατεργαζόμενου τεμαχίου από Ανοξειδωτο Χάλυβα 15CrNi6, για πρόωση του κοπτικού εργαλείου $s'=0.4\text{ mm/στρ.}\&\delta\acute{\omicron}\text{ντι}$, επιτυγχάνεται για ακτινικό βάθος κοπής 0,3 mm.

Επίδραση της πρόωσης στην προκύπτουσα τραχύτητα επιφάνειας κατεργασμένου τεμαχίου από Ανοξειδωτο Χάλυβα 15CrNi6.

ΠΕΙΡΑΜΑ 9:

Μέτρηση της τραχύτητας Ra κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου.

Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6

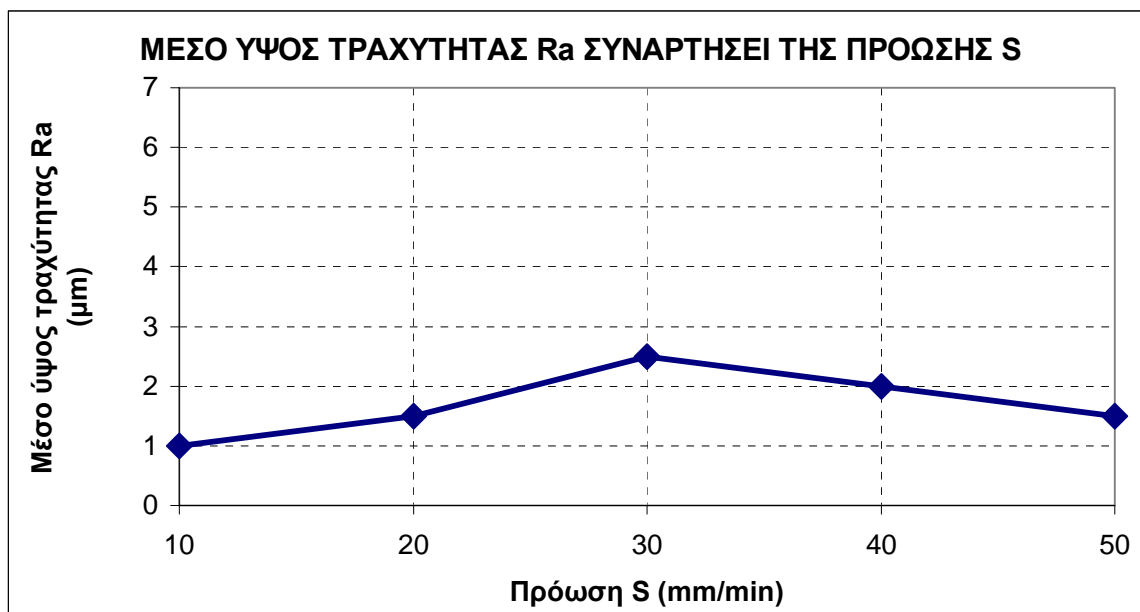
Συνθήκες πειράματος:

Ταχύτητα κοπής $v=60\text{m/min}$,

Πρόωση s μεταβλητή (από 10 έως 50 mm/min),

Βάθος κοπής $t=0.2\text{mm}$,.

Τα αποτελέσματα των τραχυμετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 9: Μέτρηση του μέσου ύψους τραχύτητας Ra συναρτήσει της πρόωσης S, κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου. Ταχύτητα κοπής $v=60\text{m/min}$, Βάθος κοπής $t=0.2\text{mm}$, Με υγρό κοπής. Πρόωση s μεταβλητή.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα η βέλτιστη τραχύτητα επιφανείας Ra, κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου, στο φρεζάρισμα κατεργαζόμενου τεμαχίου από Ανοξειδωτο Χάλυβα 15CrNi6, επιτυγχάνεται για πρόωση 10 έως 20 mm/min.

ΠΕΙΡΑΜΑ 10:

Μέτρηση της τραχύτητας Rt κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου.

Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6

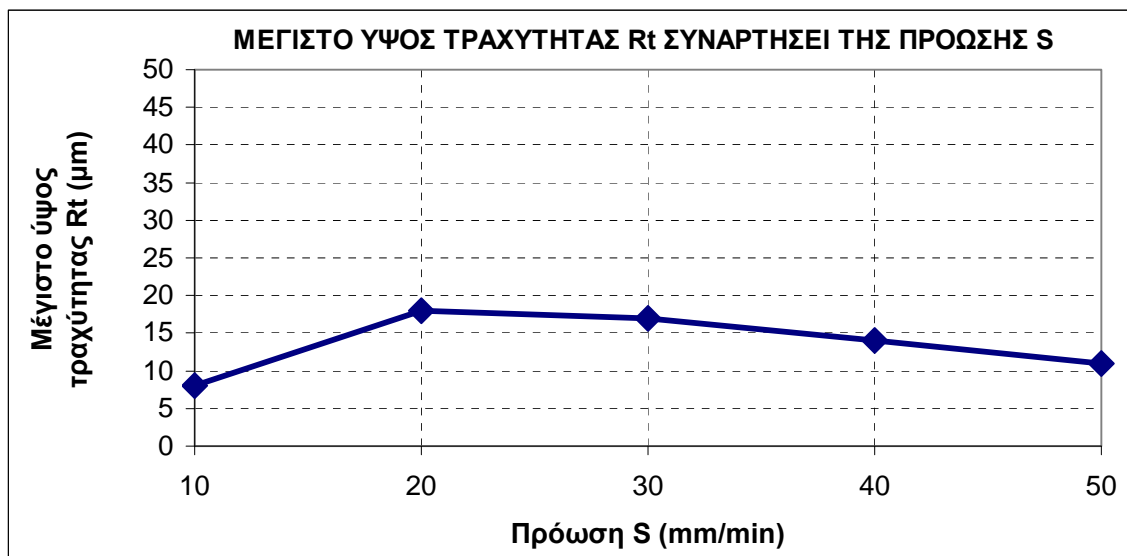
Συνθήκες πειράματος:

Ταχύτητα κοπής $v=60\text{m/min}$,

Πρόωση s μεταβλητή (από 10 έως 50 mm/min),

Βάθος κοπής $t=0.2\text{mm}$.

Τα αποτελέσματα των τραχυμετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 11: Μέτρηση του μέγιστου ύψους τραχύτητας R_t συναρτήσει της πρόωσης S , κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου. Ταχύτητα κοπής $v=60\text{m/min}$, Βάθος κοπής $t=0.2\text{mm}$, Με υγρό κοπής. Πρόωση s μεταβλητή.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα η βέλτιστη τραχύτητα επιφανείας R_t , κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου, στο φρεζάρισμα κατεργαζόμενου τεμαχίου από Ανοξειδωτο Χάλυβα 15CrNi6, επιτυγχάνεται για πρόωση 10 έως 12 mm/min.

ΠΕΙΡΑΜΑ 11:

Μέτρηση της τραχύτητας R_z κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου.

Υλικό κατεργασίας: 15CrNi6

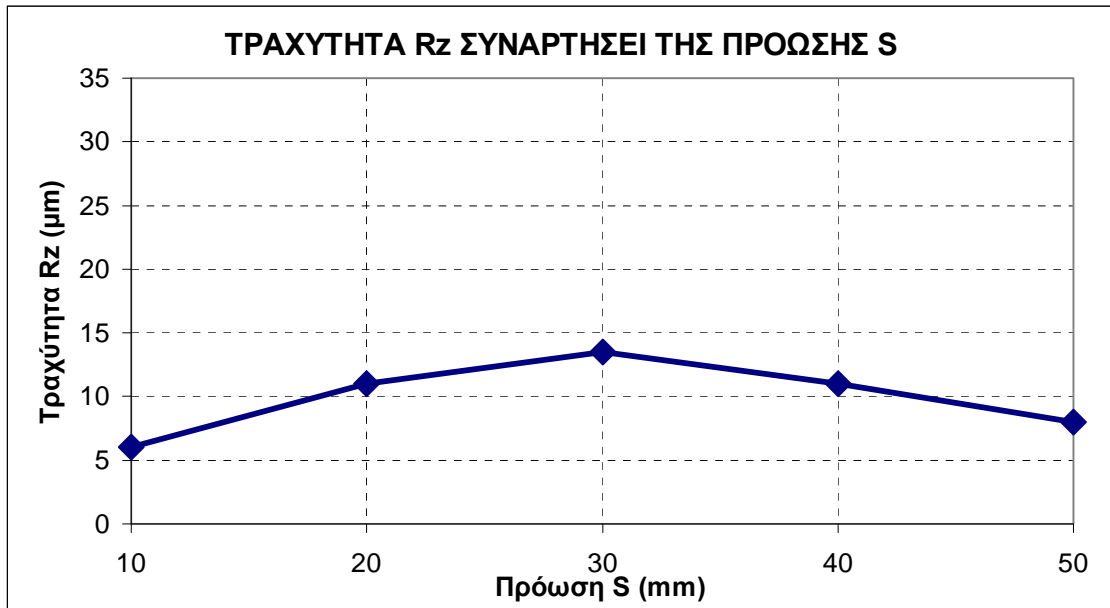
Συνθήκες πειράματος:

Ταχύτητα κοπής $v=60\text{m/min}$,

Πρόωση s μεταβλητή (από 10 έως 50 mm/min),

Βάθος κοπής $t=0.2\text{mm}$,.

Τα αποτελέσματα των τραχυμετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν φαίνονται στο παρακάτω διάγραμμα:



Διάγραμμα 11: Μέτρηση της τραχύτητας Rz συναρτήσεως της πρόωσης S, κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου. Ταχύτητα κοπής $v=60\text{m/min}$, Βάθος κοπής $t=0.2\text{mm}$, Με υγρό κοπής. Πρόωση s μεταβλητή.

Όπως προκύπτει από το παραπάνω διάγραμμα η βέλτιστη τραχύτητα επιφανείας Rz, κάθετα στην κίνηση του κοπτικού εργαλείου, στο φρεζάρισμα κατεργαζόμενου τεμαχίου από Ανοξειδωτο Χάλυβα 15CrNi6, επιτυγχάνεται για πρόωση 10 έως 15 mm/min.