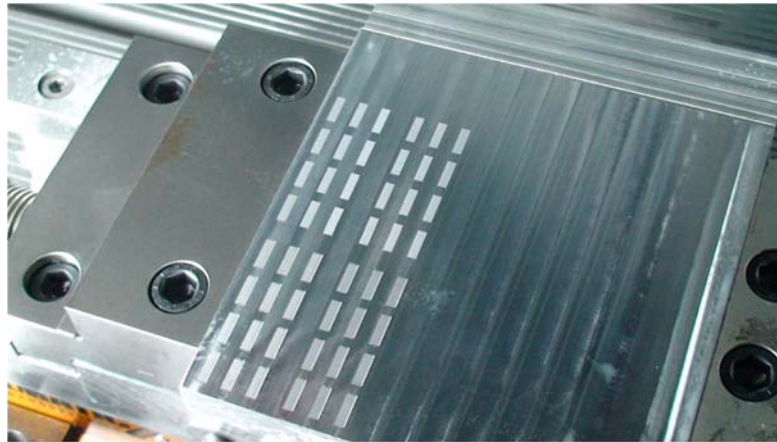


ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ ΜΙΚΡΟ-ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ ΑΙ 7075-T6



2013

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ
ΜΙΚΡΟ-ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ ΑΙ7075-T6



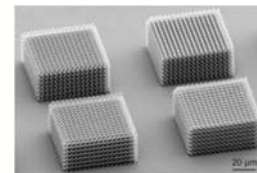
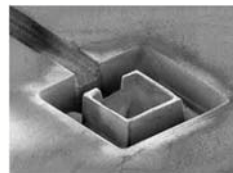
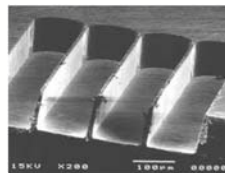
<http://www.m3.tuc.gr>



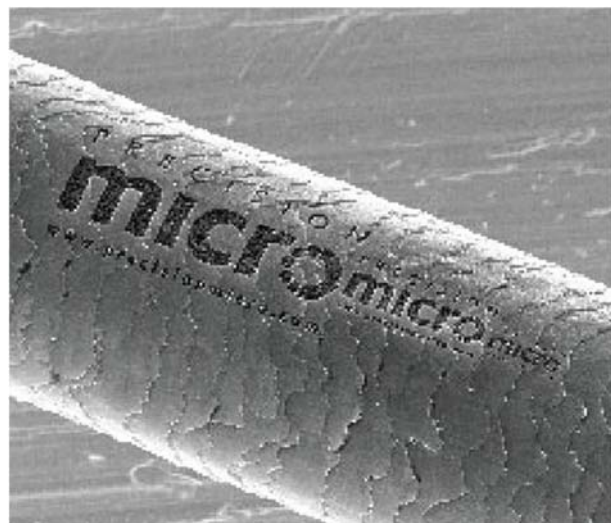
Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου

2



- ▣ Μικρο-φραιζάρισμα
- ▣ Τραχύτητα
- ▣ Τοπομορφία επιφάνειας
- ▣ Εξοπλισμός πειραμάτων
- ▣ Σχεδιασμός πειραμάτων
- ▣ Αποτελέσματα
- ▣ Συμπεράσματα



2013

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΣΤΟ
ΜΙΚΡΟ-ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ ΑΙ7075-T6



Δομή παρουσίασης

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου

Το **μικροφραιζάρισμα** είναι απ' τις πιο γνωστές κατεργασίες σε μικροκλίμακα και χρησιμοποιείται στις περισσότερες βιομηχανίες ως μέθοδος κατεργασίας λόγω της υψηλής παραγωγικότητας της με μικρό κόστος. **Οι διαφορές του φραιζαρίσματος με το μικροφραιζάρισμα** μπορούν να συνοψιστούν στα εξής:

- ✦ Στο φραιζάρισμα μπορεί να διαπιστωθεί **φθορά** των κοπτικών εργαλείων ενώ στη μικροκλίμακα συχνά τα μικροσκοπικά κοπτικά εργαλεία πρέπει να φθάσουν στο **όριο λυγισμού** τους για να φθαρούν.
- ✦ Υπάρχει ο παράγοντας της τριβής μεταξύ κοπτικού εργαλείου-τεμαχίου στην ελεύθερη επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου.
- ✦ Στις κατεργασίες σε μικροκλίμακα, όταν μειώνεται το μέγεθος της διαμέτρου των κοπτικών εργαλείων πρέπει να **αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής** για να αντισταθμιστεί η απώλεια της περιφερειακής ταχύτητας κοπής.
- ✦ Στο μικροφραιζάρισμα, **το πάχος του αποβλίττου** δε μπορεί να είναι μεγαλύτερο απ' την ακτίνα καμπυλότητας της κοπτικής ακμής του εργαλείου γιατί, αλλιώς, θα υπάρξει αστοχία του κοπτικού εργαλείου.
- ✦ Λόγω του ότι στη μικρο διάσταση η οποιαδήποτε αστοχία του κοπτικού εργαλείου δε μπορεί να διαπιστωθεί με γυμνό μάτι, είναι αναγκαίος ο **συνεχής έλεγχος της παραγωγικής διαδικασίας**.
- ✦ Στις μικροκατεργασίες εμφανίζονται **φαινόμενα ταλαντώσεων** μεγάλης έκτασης που δημιουργούν σοβαρά προβλήματα.
- ✦ Στην κατεργασία του μικροφραιζαρίσματος το κοπτικό εργαλείο φθείρεται πολύ γρήγορα με αποτέλεσμα το πάχος του αποβλίττου να είναι μικρότερο απ' το ελάχιστο πάχος του αποβλίττου που μπορεί να δημιουργηθεί επικρατώντας μια κατάσταση όπου το κοπτικό περιστρέφεται χωρίς να αφαιρεί υλικό.



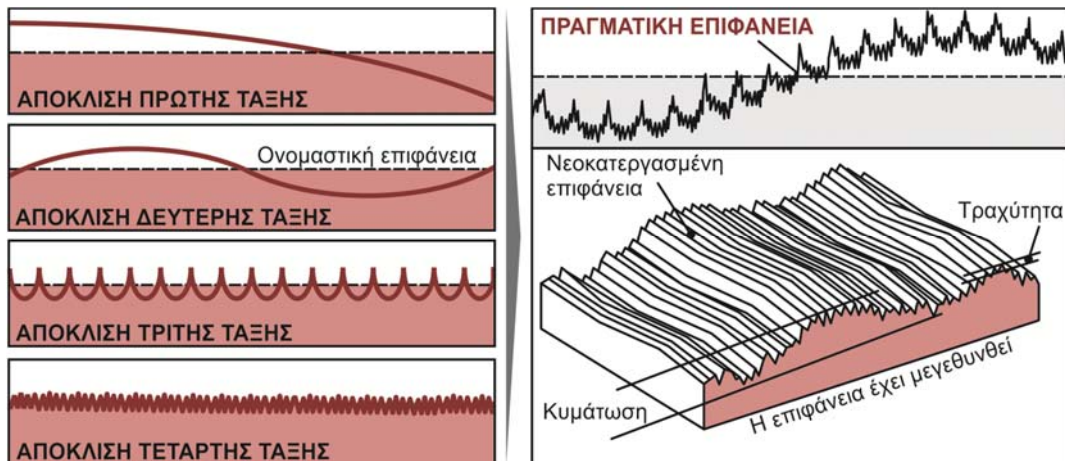
Μικρο-φραιζάρισμα

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου



Οι **αποκλίσεις 1ης τάξης** οφείλονται κυρίως σε λανθασμένη συγκράτηση του τεμαχίου ή σφάλματα στην εργαλειομηχανή και ιδιαίτερα στις γλισιέρες. Οι **αποκλίσεις 2ης τάξης** οφείλονται επίσης σε λανθασμένη συγκράτηση του τεμαχίου (πιθανή εκκεντρότητα), ταλαντώσεις του συστήματος εργαλείου-τεμαχίου ή ακόμα και σε ανομοιογένεια του υλικού. Οι **αποκλίσεις 3ης τάξης** οφείλονται στην κινηματική της κατεργασίας και προέρχονται από τη γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου. Τέλος, οι **αποκλίσεις 4ης τάξης** οφείλονται κυρίως σε φθορά του εργαλείου, δημιουργία ψευδοκοψής, λανθασμένη τροχίσση του εργαλείου κ.λπ..

Από τις αποκλίσεις αυτές, οι αποκλίσεις 3ης έως και 4ης τάξης αποτελούν αυτό που καλείται **τραχύτητα επιφάνειας**



Αποκλίσεις νεοκατεργασμένης επιφάνειας

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

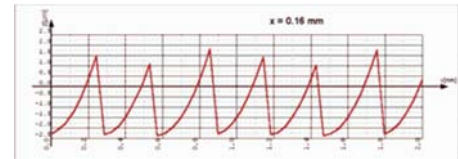
Αποστόλης Θεοδοσίου



Η **τραχύτητα επιφάνειας**, αποτελεί ένα μέτρο της υψής 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.

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

1. Η κινηματική της κατεργασίας.
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.
5. Το υγρό κοπής, αν χρησιμοποιείται.
6. Η κατάσταση της μηχανής, όσον αφορά την επιτυγχανόμενη ακρίβεια.
7. Οι ταλαντώσεις του συστήματος.



2013



Τραχύτητα επιφάνειας

<http://www.m3.tuc.gr>

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου

Οι πιο γνωστές μέθοδοι μέτρησης περιλαμβάνουν τη μετρολογία στυλίσκου επαφής, τη σάρωση με μικροσκόπιο ατομικής δύναμης και τη χρήση οπτικού προφίλομέτρου.

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.



Τραχύμετρο στυλίσκου

2013

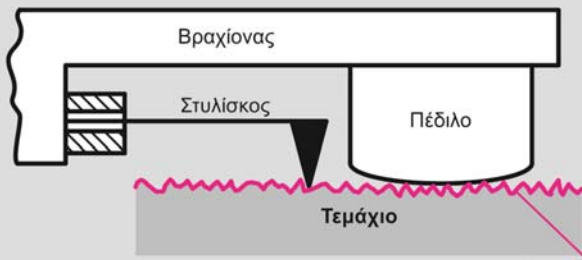


Μέτρηση τραχύτητας

<http://www.m3.tuc.gr>

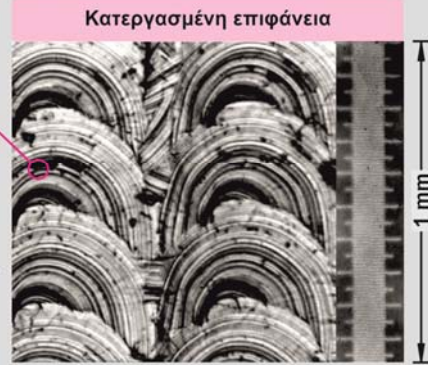
Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου



Ο στυλίσκος ακολουθεί κάθε ανωμαλία της επιφάνειας με πολύ μικρή διακριτοποίηση της κίνησης

Το πέδιλο ακολουθεί τη γενική μορφή της επιφάνειας



Δεδομένα κατεργασίας :

Εργαλείο φραιζαρίσματος με σφαιρική απόληξη, διαμέτρου Φ20 και μία κόψη ($z=1$), Υλικό κοπτικού εργαλείου : Σκληρομέταλλο P40, Υλικό κατεργαζόμενου τεμαχίου : Ck60, Συνθήκες κοπής : Αντίρροπο φραιζάρισμα, Πρόωση 0.6mm/στροφή & δόντι, Αξονικό βάθος κοπής 0.3mm, Ακτινικό βάθος κοπής 0.3mm, Ταχύτητα κοπής 45m/min



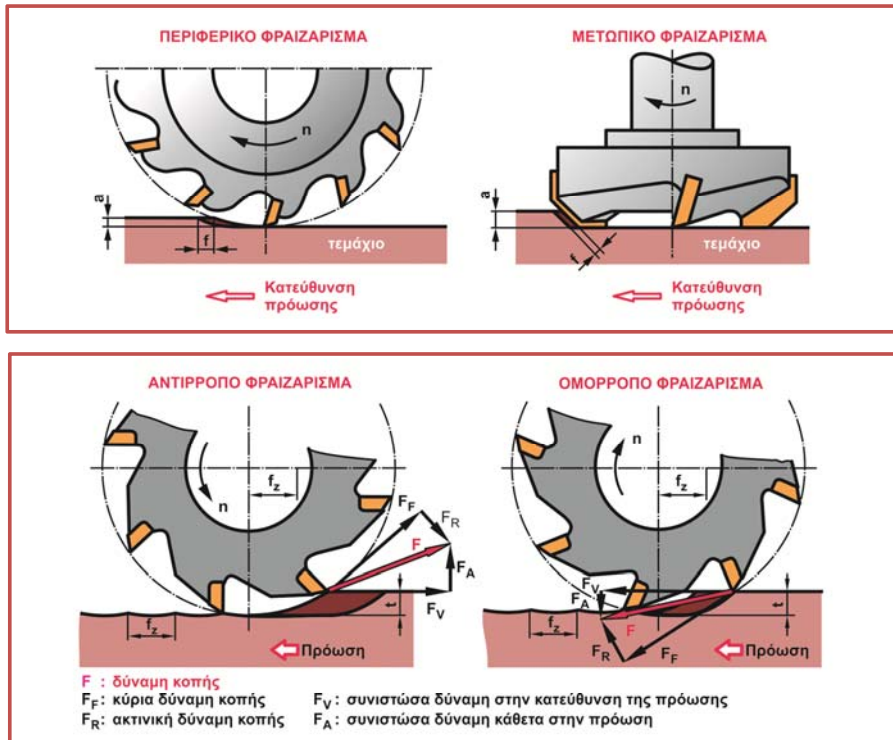
Παράδειγμα μέτρησης τραχύτητας

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου



Είδη φραιζαρίσματος

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου



DMU 50 eco



Edge finder



Microset Uno 115 eco



Diavite Compact



Εξοπλισμός πειραμάτων

<http://www.m3.tuc.gr>

 Dept. of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου

Το υλικό που επιλέχθηκε για την διεξαγωγή των πειραμάτων είναι το **AI7075-T651**. 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 AI7075** θερμικής κατεργασίας T651 συνδυάζει υψηλή αντοχή, μέση σκληρότητα και αντίσταση στη διάβρωση. Για αυτό το λόγο προτιμάται στη βιομηχανία κατασκευής δομικών εξαρτημάτων.

Μηχανικές ιδιότητες

	Πάχος in. (mm)	Αντοχή σε εφελκυσμό ksi (MPa)	Όριο διαρροής ksi (MPa)	Επιμήκυνση %
AI7075-T6 φύλλο	0.008-0.249 (0.203-6.32)	74-78 (510-538)	63-69 (434-476)	5-8

Όρια χημικής σύνθεσης (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



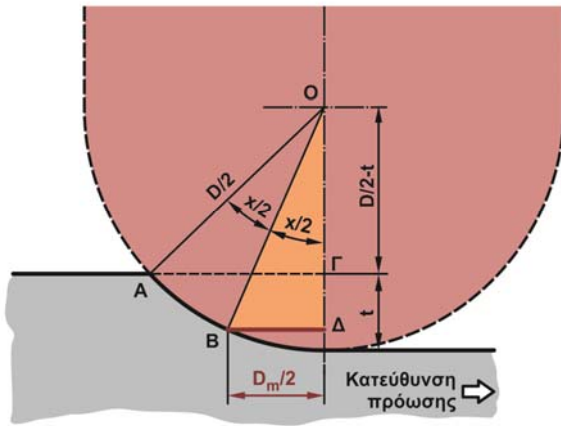
AI7075-T651

<http://www.m3.tuc.gr>

 Dept. of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου

Μια ευρέως διαδεδομένη κατεργασία για τη μορφοποίηση της τελικής επιφάνειας είναι η διαδικασία του φραιζαρίσματος με **εργαλείο σφαιρικής απόληξης (Ball-end milling)**. Η γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου και οι διαδρομές του εργαλείου είναι βασικοί παράγοντες της τοπομορφίας της τραχύτητας. Μελέτες έχουν εστιάσει στην επίδραση της φθοράς του κοπτικού εργαλείου πάνω στην τραχύτητα της τελικής επιφάνειας.



τρίγωνο ΟΑΓ $\Rightarrow \cos x = \frac{D/2-t}{D/2} \Rightarrow$

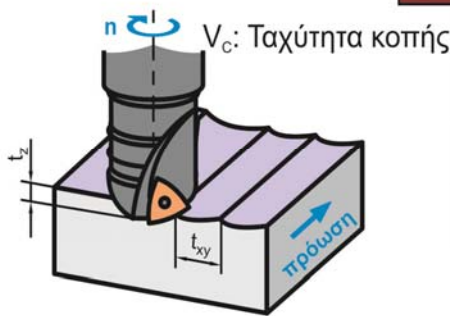
$\Rightarrow x = \arccos \frac{D/2-t}{D/2}$

τρίγωνο ΟΒΔ $\Rightarrow \sin(x/2) = \frac{D_m/2}{D/2} = \frac{D_m}{D} \Rightarrow$

$\Rightarrow D_m = D \cdot \sin(x/2)$



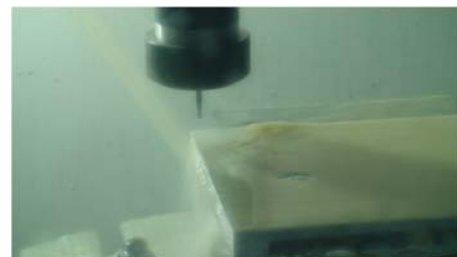
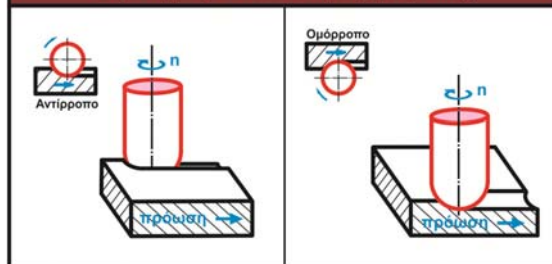
Εργαλεία σφαιρικής απόληξης



ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

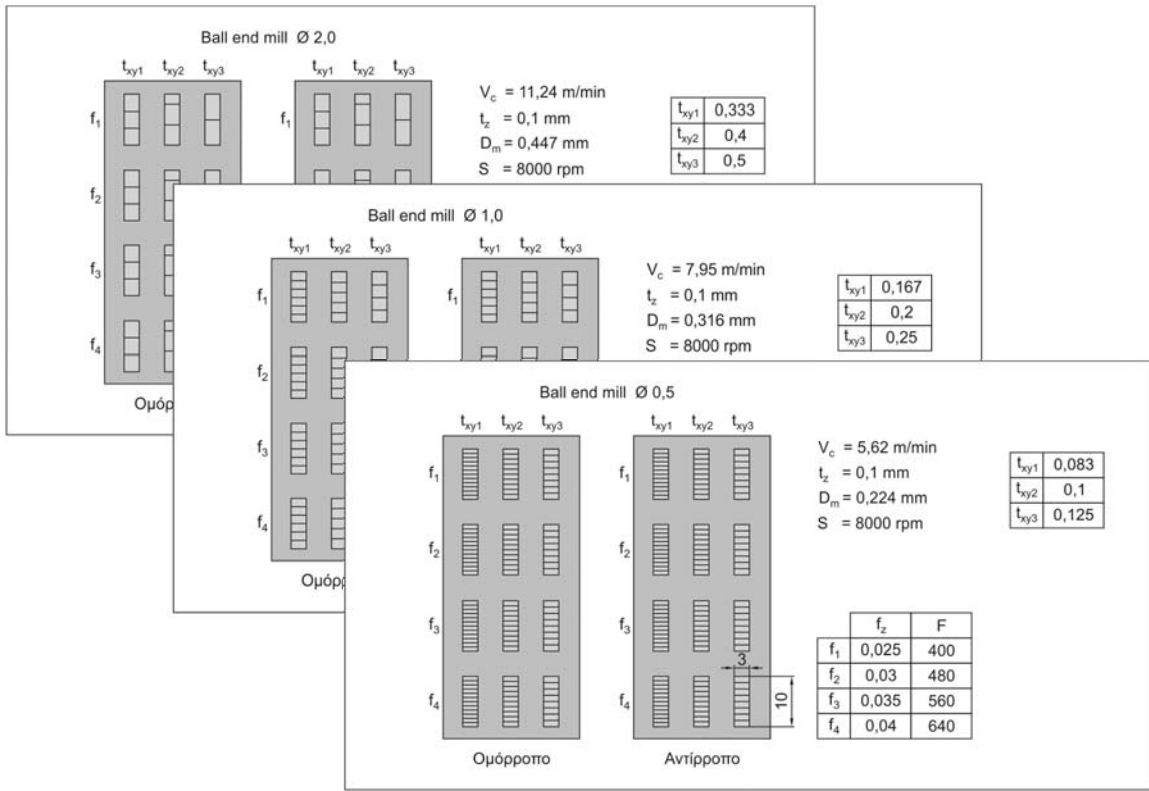
D : Διάμετρος κοπτικού	0,5 - 1 - 2 [mm]
t _z : Αξονικό βάθος κοπής	0,1 [mm]
t _{xy} : Ακτινικό βάθος κοπής	D/4 - D/5 - D/6 [mm]
f _z : Πρόωση ανά δόντι	0,025 - 0,03 - 0,035 - 0,04 [mm/στροφή, δόντι]

Στρατηγική Κάθετου Φραιζαρίσματος



Συνθήκες κοπής





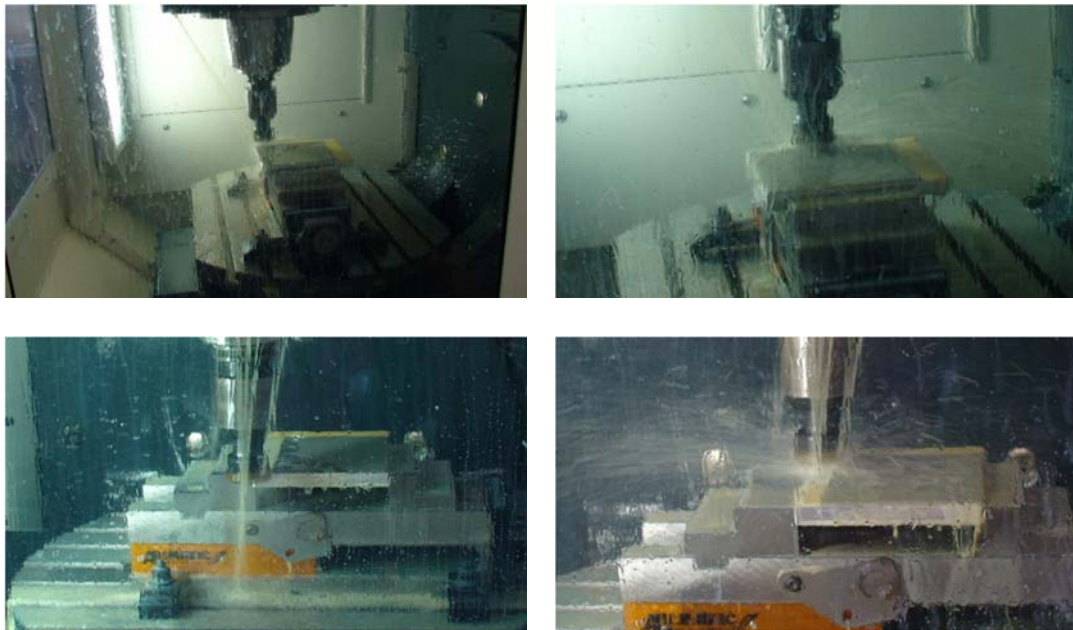
Πειράματα κοπής

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου



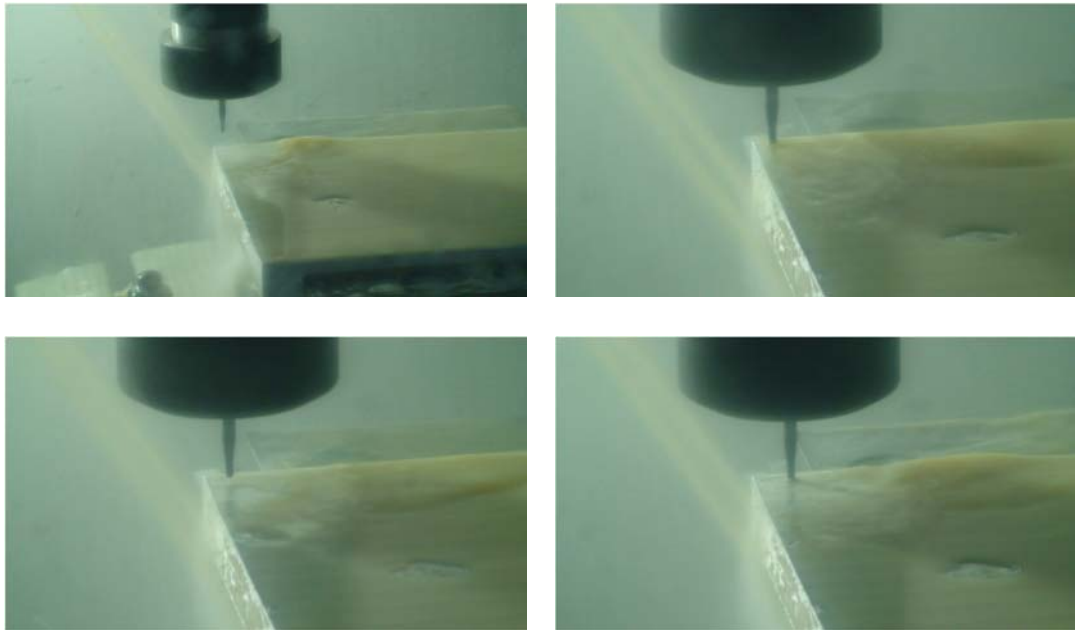
Φραιζάρισμα προσώπου

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου



Μικρο-φραιζάρισμα

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου



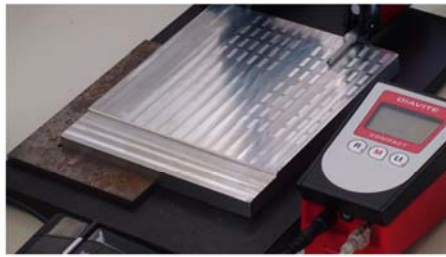
Προκύπτουσες επιφάνειες

<http://www.m3.tuc.gr>

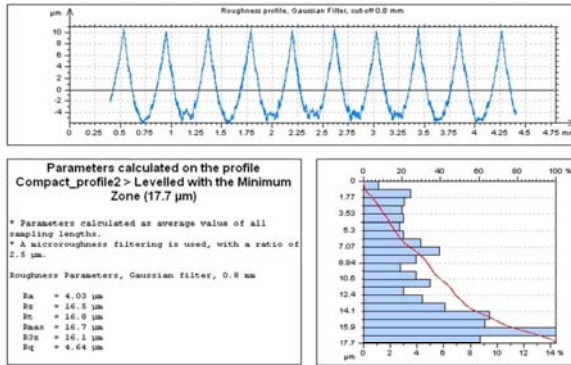


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

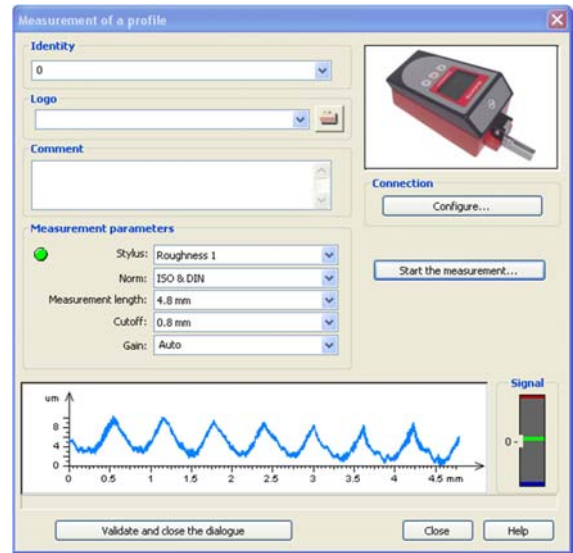
Αποστόλης Θεοδοσίου



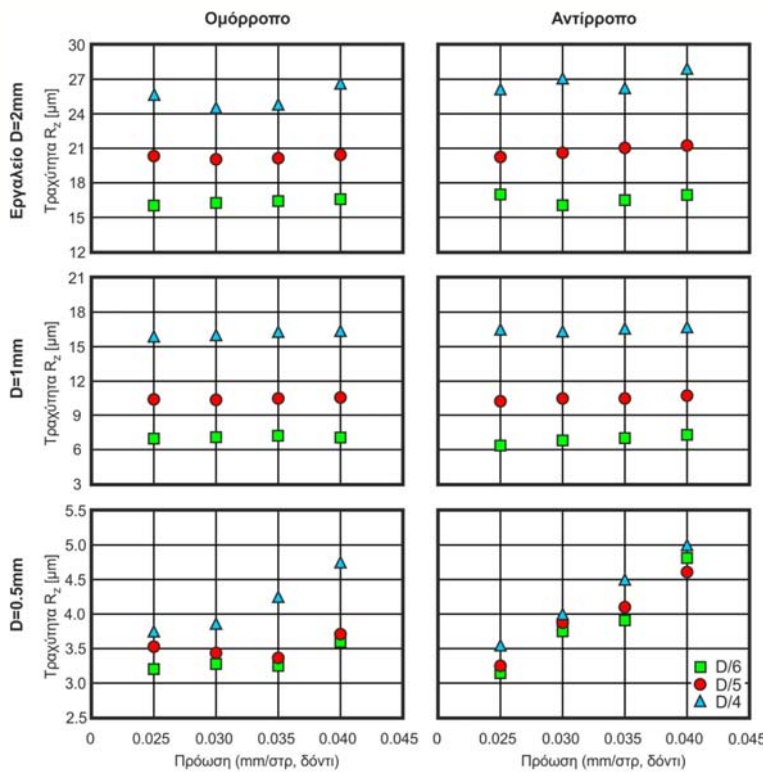
Τραχύμετρο



Παράδειγμα τραχυμέτρησης



Δεδομένα τραχυμέτρησης

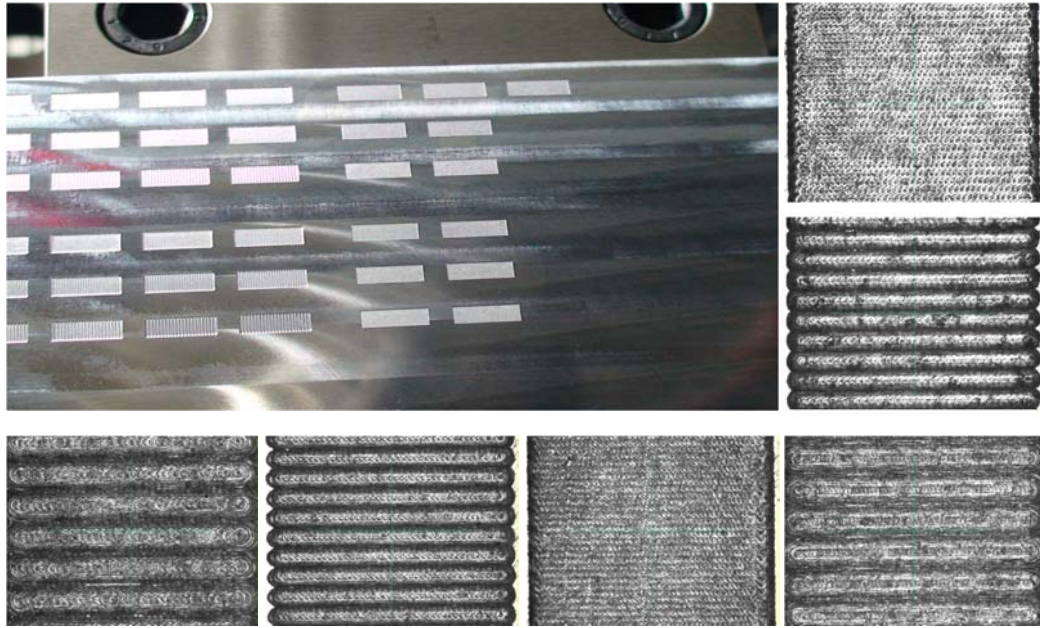


Εργαλείο σφαιρικής απόληξης SC, Κατεργαζόμενο υλικό: ΑΙ7075 T651, $t_c=0.1mm$, $n=8000rpm$

Σύνοψη:

- Αύξηση του ακτινικού βάθους κοπής οδηγεί σε μεγαλύτερες τιμές τραχύτητας.
- Μικρές τιμές πρόωσης εμφανίζουν συνήθως καλύτερης ποιότητας επιφάνεια τόσο στο ομόρροπο όσο και στο αντίρροπο φραιζάρισμα.
- Το ομόρροπο εμφανίζει ελαφρώς μικρότερη τιμή τραχύτητας απ' ότι το αντίρροπο φραιζάρισμα.
- Μικρότερη διάμετρος έχει ως αποτέλεσμα μικρότερη μέση τραχύτητα επιφάνειας.





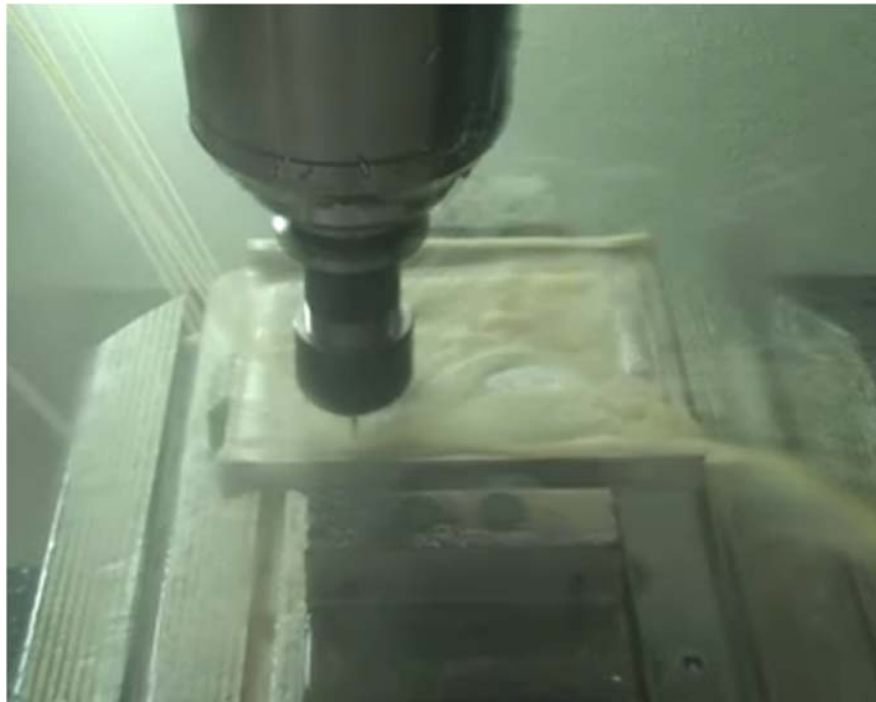
Τοπομορφία

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου



Εφαρμογή

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου

Ευχαριστώ!



Τέλος

<http://www.m3.tuc.gr>



Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Αποστόλης Θεοδοσίου