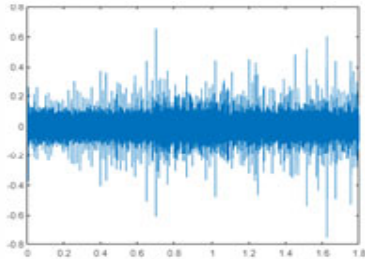




Πειράματα μέτρησης Ακουστικών Εκπομπών σε φραιζάρισμα



Τσίλης Μάριος

Επιβλέπων: Αλευράς Παναγιώτης

2023



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



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

Μάριος Τσίλης

1. Εισαγωγή

2. Στάθμη γνώσεων

3. Πειραματικός εξοπλισμός που έγινε χρήση για να υλοποιηθεί το πείραμα

4. Τοποθέτηση και εκκίνηση του πειράματος

5. Παρουσίαση αποτελεσμάτων

6. Συμπεράσματα

2023



Περιεχόμενα παρουσίασης

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



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

Μάριος Τσίλης

2023

Αντικείμενο εργασίας

- Μέτρηση Ακουστικών εκπομπών κατά τη διάρκεια φραιζαρίσματος

Σκοπός της εργασίας

- Ανίχνευση συχνότητας των ακουστικών εκπομπών κατά τη διάρκεια διαφορετικών παραμέτρων στο φραιζάρισμα.
- αλλά και του πλάτους των ακουστικών εκπομπών που προκύπτει.

Μέθοδος μελέτης

- Έρευνα μέσω παρόμοιας βιβλιογραφίας.
- Αναζήτηση οδηγιών για τη χρήση του εξοπλισμού και την εγκατάστασή του
- Εύρεση των κωδίκων που θα γίνουν χρήση για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων
- Σύγκριση με τη βιβλιογραφία και τα αποτελέσματα που πάρθηκαν



Εισαγωγή

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


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

Μάριος Τσίλης

2023

Ταχύτητες κατά τη διάρκεια φραιζαρίσματος

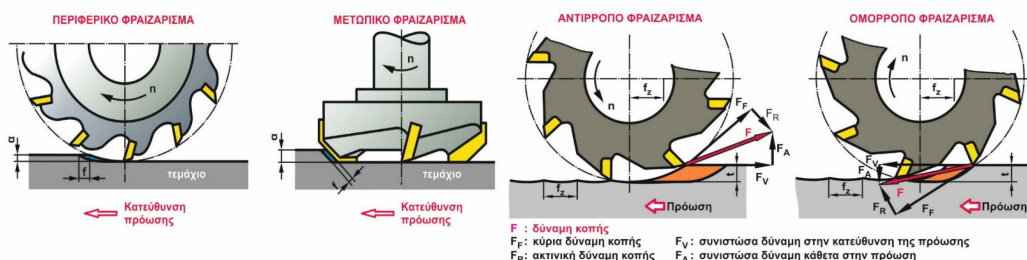
Ταχύτητα κοπής

$$V_c = (\pi * D * N) / 1000$$

Πρώωση

$$f = f_z * z * N$$

Κύριες κινήσεις κατά τη διάρκεια φραιζαρίσματος



Στάθμη γνώσεων: Κινηματική φραιζαρίσματος

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


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

Μάριος Τσίλης

Μετασχηματισμός Fourier (FFT)

Ο **μετασχηματισμός Fourier** δημιουργήθηκε από τον Ζοζέφ Φουριέ, ο οποίος ήταν Γάλλος φυσικός του 1780. Η σειρά Fourier είναι το άθροισμα των περιοδικών κυμάτων, που απεικονίζονται ως ημιτονοειδείς ή συνημιτονοειδείς συναρτήσεις από το μείον άπειρο έως το συν άπειρο. Η νέα συνάρτηση απεικονίζει τα πλάτη των περιοδικών κυμάτων συνάρτηση στον χρόνο.

$$\hat{f}(\xi) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-2\pi i x \xi} dx,$$

Μέση Τετραγωνική Ρίζα (RMS)

Το RMS για κυματομορφή συνεχούς χρόνου ορίζεται ως το άθροισμα του τετράγωνου του κάθε σημείου του τη δημιουργεί, προς το σύνολο των σημείων περικλείοντας το σύνολο αυτό σε μία τετραγωνική ρίζα.

$$x_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{n} (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)}.$$

2023



Στάθμη γνώσεων: Μετασχηματισμός Fourier, Μέση Τετραγωνική Ρίζα

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

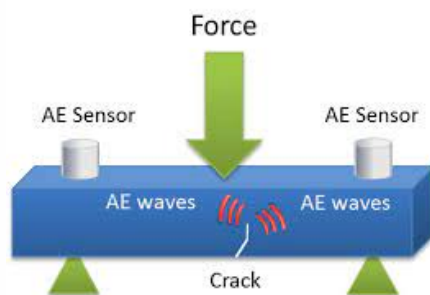


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μάριος Τσίλης

Ακουστικές Εκπομπές

Ακουστικές εκπομπές ορίζεται ως η απότομη και γρήγορη απελευθέρωση ελαστικών κυμάτων σε στερεά αντικείμενα, λόγω έλασης, πίεσης, κόπωσης, θραύσης, ρωγμών και κάθε είδους μηχανικής φόρτισης, όπου δεν υπάρχει αναστρέψιμη αλλαγή στην εσωτερική δομή του. Επιπλέον ΑΕ μπορούν να δημιουργηθούν από τριβή μεταξύ υλικών, κρούσεις ή διαρροές.



Εικόνα <http://www.idinspections.com/acoustic-emission-phenomenon/>

Δύο τύποι ακουστικών εκπομπών:

Ριπή: ρωγμές, εμπλοκή αποβλίττου ανάμεσα στην κοπή

Συνεχής: πλαστικές παραμορφώσεις

2023



Στάθμη γνώσεων: Ακουστικές Εκπομπές

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

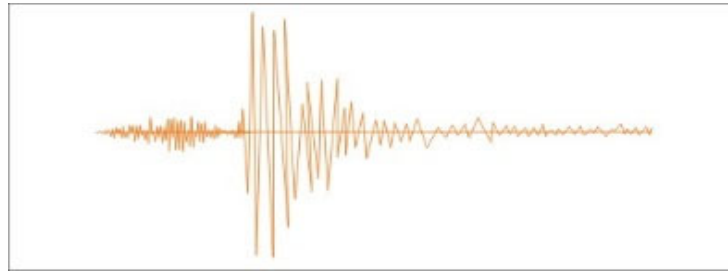


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μάριος Τσίλης

Εφαρμογές Ακουστικών Εκπομπών

Από τη δεκαετία του '50 άρχισε να γίνεται χρήση των Ακουστικών Εκπομπών, κυρίως στον ποιοτικό έλεγχο. Από την δεκαετία του '70 άρχισε να επεκτείνεται και στον βιομηχανικό τομέα εστιάζοντας στη φθορά των κοπτικών εργαλείων για διάφορες κατεργασίες. Σήμερα είναι παγκοσμίως και ευρέως διαδεδομένη διαδικασία έχοντας εφαρμογές στην αυτοκινητοβιομηχανία, στη δημιουργία πτερωτών και ρότορων, στην αεροπορία και την αεροδιαστημική, στην ηλεκτρική και πυρηνική ενέργεια, στην ιατρική και φαρμακευτική και γενικά στον έλεγχο των κατασκευών.



Εικόνα <http://www.idinspections.com/acoustic-emission-phenomenon/>

2023



Στάθμη γνώσεων: Εφαρμογές Ακουστικών Εκπομπών

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



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

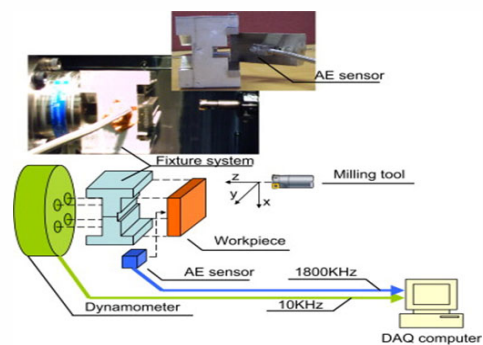
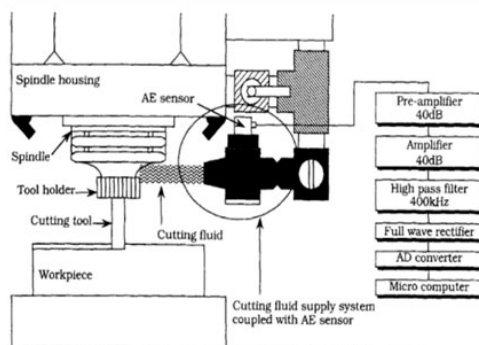
Μάριος Τσίλης

Πειράματα με Ακουστικές Εκπομπές

Πολλοί επιστήμονες έχουν εκτελέσει πειράματα με τις Ακουστικές Εκπομπές σε διάφορες κατεργασίες.

Ο **Ichiro Inasaki** το 1998 έκανε πειράματα σε κοπτικό εργαλείο φραιζας, κοπτικό εργαλείου τόννου και ενός τροχού για να διαπιστώσει πότε αρχίζουν να φθείρονται.

Οι **Iulian Marinescu** και **Dragos A. Axinte** το 2008 εκτέλεσαν πείραμα με ακουστικές εκπομπές σε ένα κονδύλι φραιζαρίσματος. Έγιναν 400 περάσματα μέχρι να γίνει αισθητή η φθορά του. Τα σήματα αναλύθηκαν με τη βοήθεια του μετασχηματισμού Fourier και του AEmarse όπου διαπιστώθηκε η φθορά.



2023



Στάθμη γνώσεων: Πειράματα

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



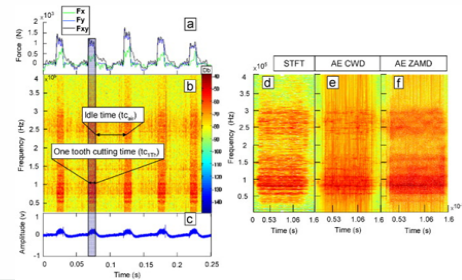
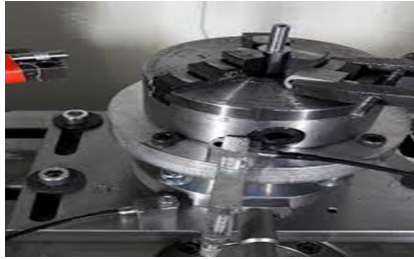
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μάριος Τσίλης

Πειράματα με Ακουστικές Εκπομπές

Οι **Fritz Klockea**, **Benjamin Döbbelera**, **Thomas Pullena** και **Thomas Bergsa** το 2019 έκανα πειράματα με διαφορετικές ταχύτητες κοπής πάνω σε εργαλείο φραιζαρίσματος. Τα αποτελέσματα αναλύθηκαν με μετασχηματισμό Fourier και με τον αλγόριθμο k-means όπου διαπιστώθηκε ότι η συχνότητα φθοράς είναι μεταξύ 150kHz και 250kHz.

Οι **Iulian Marinescu** και **Dragos Axinte** το 2008 εκτέλεσαν πειράματα σε φραιζοκεφαλή όπου παρατήρησαν την εξέλιξη της φθοράς των 5 κοπτικών δοντιών της. Η ανάλυση έγινε με την short time Fourier transformation (STFT), την Choi-Willing (CWD) και την Zhao-Atlas-Marks (ZAMD). Με τις δύο τελευταίες αναλύσεις παρατήρησαν πως αναπαρίσταται η φθορά στο waterfall plot.



Στάθμη γνώσεων: Πειράματα

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



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

Μάριος Τσίλης

Κοπτικά εργαλεία

Για να πραγματοποιηθεί το φραιζάρισμα υπάρχουν διάφορων ειδών κοπτικά εργαλεία. Τα πιο συνηθισμένα από τα εργαλεία κοπής είναι τα κονδύλια και τα τρυπάνια.



Κονδύλια

Τα κονδύλια έχουν τη δυνατότητα να εκτελούν εργασίες αποπεράτωσης και εκχόνδρισης, έχοντας βέλτιστα αποτελέσματα. Το φραιζάρισμά τους μπορεί να είναι μετωπικό ή πλάγιο, δηλαδή να κόβει και αξονικά αλλά και ακτινικά, ανάλογα με το σχήμα της κεφαλής που έχει.



Στάθμη γνώσεων: Κοπτικά Εργαλεία

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



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

Μάριος Τσίλης

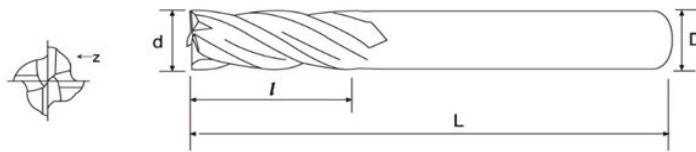
Υλικά κατασκευής και χαρακτηριστικά

Τα υλικά που κατασκευάζονται τα κονδύλια είναι:

- Ανθρακούχος χάλυβας
- Χάλυβας υψηλής ταχύτητας
- Καρβίδια με τσιμέντο
- Κεραμικά κοπτικά

Τα κύρια χαρακτηριστικά των κονδυλίων είναι:

- Διάμετρος
- Κοπτικές ακμές
- Επιφάνεια κοπής



Εικόνα: https://www.speedtigertools.com/solution/ins.php?index_id=100



Στάθμη γνώσεων: Κοπτικά Εργαλεία

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



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

Μάριος Τσίλης

Είδη κονδυλίων

Τα βασικότερα είδη κονδυλίων είναι:

End milling: έχει την δυνατότητα να κόβει ακτινικά, αλλά και αξονικά. Επιπλέον διαθέτει ακμές και από τις δύο μεριές όπου το κάνει πιο ευέλικτο.

Rough milling cutter: είναι κοπτικά εργαλεία κυρίως για εκχόνδριση αφαιρώντας μεγάλη ποσότητα υλικού λόγω των δοντιών που διαθέτουν.

Face milling cutter: είναι εργαλεία μεγάλης διαμέτρου και με πολλές λεπίδες αφαιρώντας μεγάλη ποσότητα υλικού.

Ball end milling cutter: χαρακτηριστικό τους το σφαιρικό τους άκρο που είναι ιδανικό για κοπές αποπεράτωσης.

Side milling cutter: είναι εργαλείο για τη δημιουργία βαθιών και στενών αυλακώσεων.

Thread milling cutter: είναι εργαλείο το οποίο δημιουργεί σπειρώματα σε εσωτερικές τρύπες.



Στάθμη γνώσεων: Κοπτικά Εργαλεία

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



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

Μάριος Τσίλης

Αισθητήρας Kistler 8152C

Αισθητήρας Kistler 8152C: είναι ένας πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας ακουστικών εκπομπών κατασκευασμένος με περίβλημα κεραμικού υλικού, έχοντας επίσης ένα λεπτό διάφραγμα από χάλυβα το οποίο λαμβάνεται το ακουστικό σήμα. Η επιφάνεια σύζευξης προεξέχει ελαφρώς έτσι ώστε να δημιουργηθεί μία δύναμη σύζευξης η οποία θα βοηθήσει στη μετάδοση των ακουστικών εκπομπών.

Χαρακτηριστικά :

- Συχνότητα 50 έως 400 kHz
- Ευαισθησία 57 V
- Υπερφόρτωση έως 2000 g
- Θερμοκρασία λειτουργίας -55 έως 165°C
- Δεν επηρεάζεται από μαγνητικά ή ηλεκτρικά κύματα



Πειραματικός Εξοπλισμός: Αισθητήρας

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

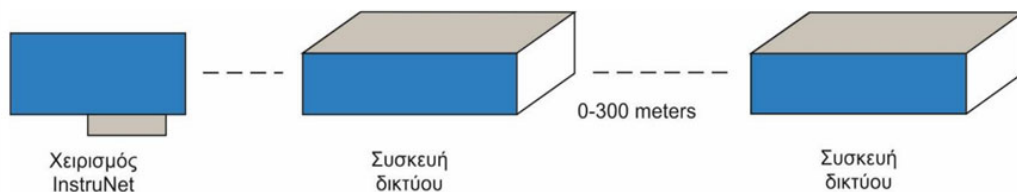


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μάριος Τσίλης

Πειραματικός Εξοπλισμός Instrunet

Instunet: είναι ένα λογισμικό το οποίο μας επιτρέπει να καταγράφουμε μετρήσεις από αισθητήρες σε μορφή κειμένου και κυματομορφών και να αποθηκευτούν στην μνήμη που είναι εγκατεστημένη ή στη μνήμη του υπολογιστή. Το Instrunet χρησιμοποιεί μια μέθοδο προσέγγισης με δίκτυο υψηλής ταχύτητας, που είναι χαμηλού κόστους και ευέλικτη για την παροχή τάσης εισόδου και εξόδου, ψηφιακή είσοδο και έξοδο και χρονόμετρο I/O στον υπολογιστή. Η μέγιστη απόσταση που μπορεί να απομακρυνθεί μια συσκευή δικτύου από τον υπολογιστή χειρισμού του λογισμικού είναι 300 μέτρα.



Πειραματικός Εξοπλισμός: Instrunet

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



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

Μάριος Τσίλης

Πειραματική Διαδικασία

Για την εκτέλεση του πειράματος έγινε χρήση της φραιζας DMU 50eco της DMG όπου είναι 3 + 2 άξονες.

Ως προς κατεργασία τεμάχιο χρησιμοποιήθηκε κάθε φορά μία πλάκα κράματος αλουμινίου AL6082, με κύρια συστατικά αλουμίνιο, σίδηρο και μαγγάνιο.



Πειραματική Διαδικασία

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



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

Μάριος Τσίλης

Χαρακτηριστικά του πειραματικού κονδυλίου

Το κονδύλι είναι κατασκευασμένο από καρβίδιο και είναι προϊόν της εταιρίας ICE που κατασκευάζει διαφόρων ειδών κοπτικά εργαλεία.

Τα κύρια χαρακτηριστικά του είναι:

- Διάμετρος : 10mm
- Κοπτικές ακμές:4
- Επιφάνεια κοπής :24mm



Πειραματική Διαδικασία

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



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

Μάριος Τσίλης

Εκτέλεση πειράματος

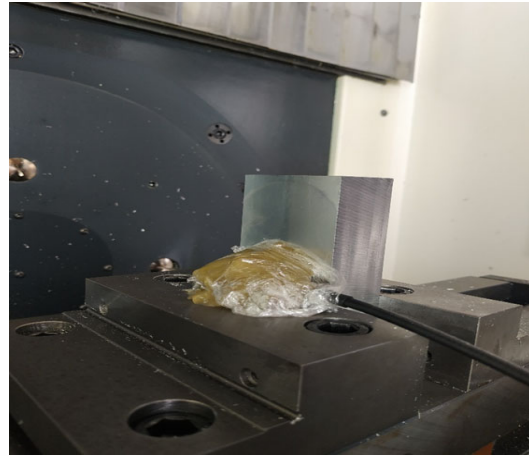
Το δέσιμο του αισθητήρα επάνω στο τεμάχιο έγινε με μαλακό κερί όπου τον διατηρεί σταθερό για να μην προκληθούν ταλαντώσεις κατά τη διάρκεια του φραιζαρίσματος και επηρεάσουν τις μετρήσεις.

Έπειτα έγινε η εκκίνηση του λογισμικού Instunet με παραμέτρους:

Sample Rate: **166666,666**

Points per Scan: **300000**

File type: **Binary**

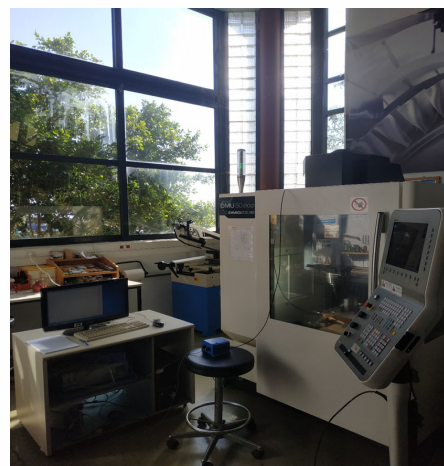


Εκτέλεση πειράματος

Το φραιζάρισμα η ταχύτητα κοπής παρέμεινε σταθερή στα **120m/min**. Από τη σταθερή ταχύτητα προέκυψαν οι στροφές **3819rpm**

Οι παράμετροι που άλλαζαν κάθε φορά ήταν:

- Αξονικό βάθος: **0,5mm – 1mm -1,5mm – 2mm - 2,5mm – 3mm - 3,5mm**
- Πρόωση ανά δόντι: **0,01 – 0,02 -0,03-0,04 mm/z**
- Κίνηση: **Ομόρροπο - Αντίρροπο**



Συνολικά πάρθηκαν **56 μετρήσεις**



Παρουσίαση αποτελεσμάτων RMS

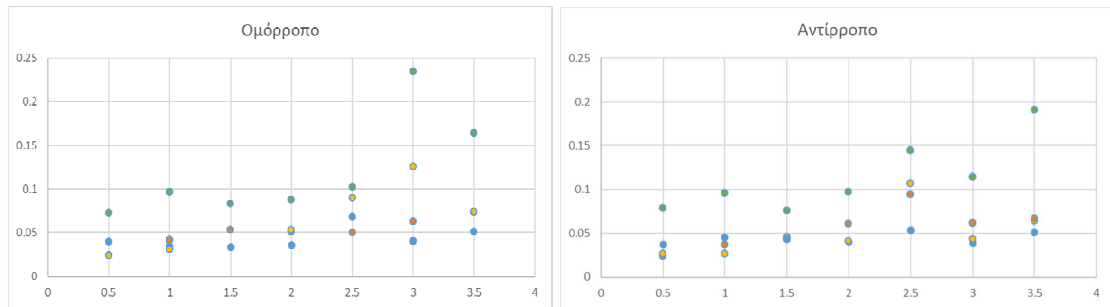
Το σήμα των ΑΕ αναλύθηκε με το RMS και για τα 56 περάσματα. Στις δυο γραφικές παραστάσεις φαίνονται συγκεντρωτικά όλα τα αποτελέσματα.

Το **μπλε** είναι η πρόωση με 0,01mm/z

Το **πορτοκαλί** είναι η πρόωση με 0,02mm/z

Το **πράσινο** είναι η πρόωση με 0,03mm/z

Το **κίτρινο** είναι η πρόωση με 0,04mm/z



Αξονας χ βάθη κοπής σε mm και άξονας γ το RMS σε Volts



Παρουσίαση αποτελεσμάτων

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



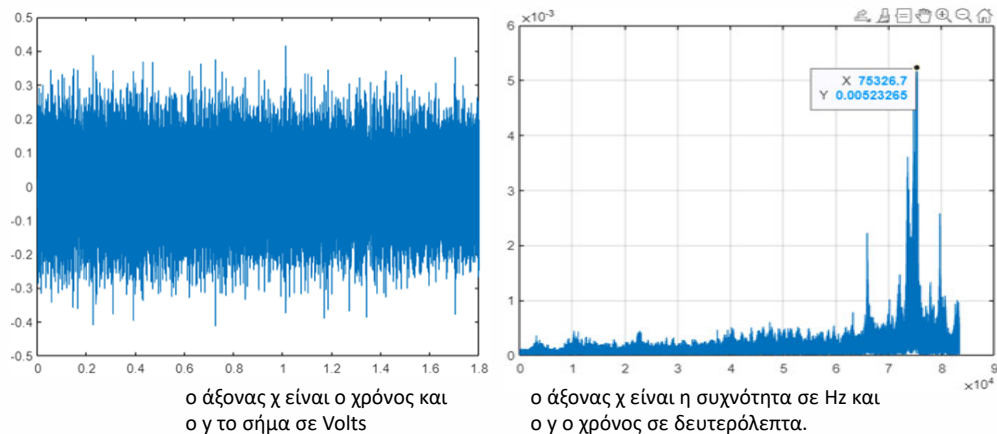
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μάριος Τσίλης

Παρουσίαση αποτελεσμάτων Fourier

Τα 56 περάσματα αναλύθηκαν και με τον μετασχηματισμό Fourier. Από την γραφική παράσταση προκύπτει το υψηλότερο σημείο με τη μεγαλύτερη συχνότητα που εξέπεμψε κατά το φραιζάρισμα.

fz=0,03 mm/z, az=0,5 mm, Αντίρροπο



ο άξονας χ είναι ο χρόνος και ο γ το σήμα σε Volts

ο άξονας χ είναι η συχνότητα σε Hz και ο γ ο χρόνος σε δευτερόλεπτα.



Παρουσίαση αποτελεσμάτων

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

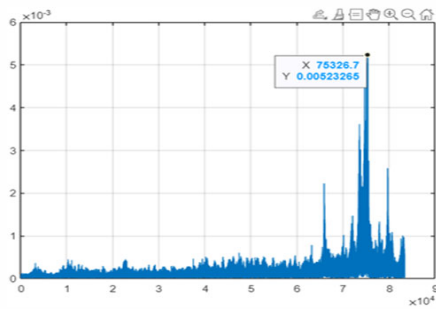
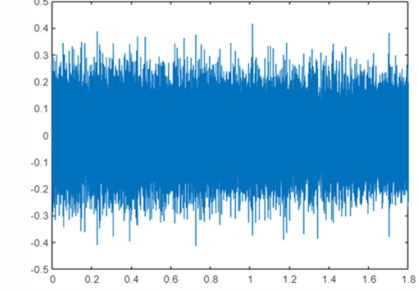


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

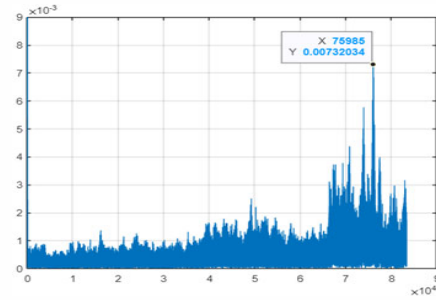
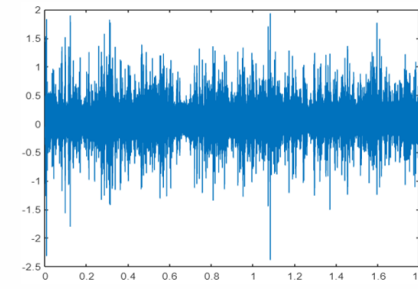
Μάριος Τσίλης

Παρουσίαση αποτελεσμάτων Fourier

fz=0,03 mm/z, az=0,5 mm , Αντίρροπο



fz=0,03 mm/z, az=3,5 mm , Αντίρροπο



Παρουσίαση αποτελεσμάτων

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

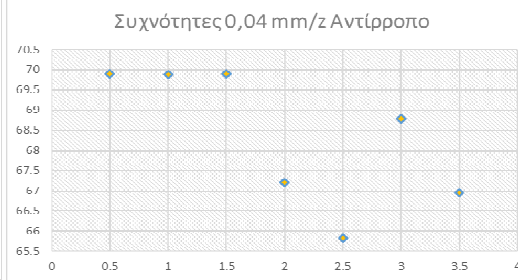
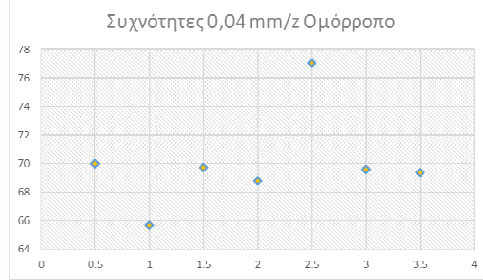
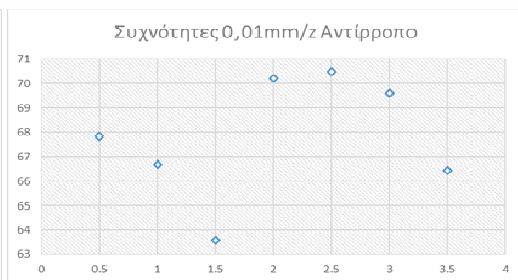
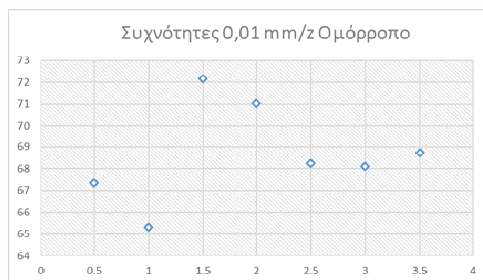


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μάριος Τσίλης

Παρουσίαση αποτελεσμάτων Fourier

Σύγκριση συχνοτήτων. Άξονας x βάθη κοπής σε mm και y συχνότητες σε KHz



Παρουσίαση αποτελεσμάτων

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

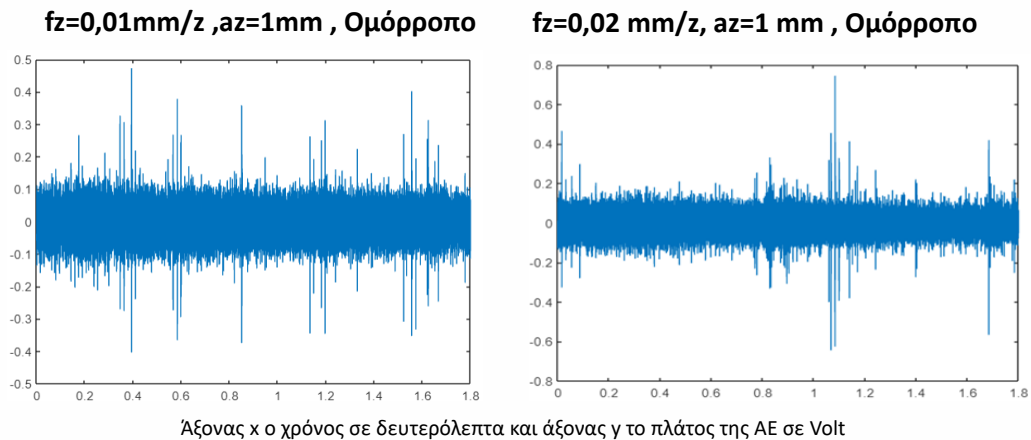


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μάριος Τσίλης

Παρουσίαση αποτελεσμάτων από την Raw γραφική

Σύγκριση πλάτους ανάλογα το βάθος κοπής:



Παρουσίαση αποτελεσμάτων

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



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

Μάριος Τσίλης

Συμπεράσματα

Μετά από 56 περάσματα με διαφορετικές παραμέτρους προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα:

- 1) Με την αύξηση της πρόωσης ανά δόντι αυξάνεται και το πλάτος του σήματος των ακουστικών εκπομπών.
- 2) Στο ομόρροπο και αντίρροπο φραιζάρισμα δεν παρατηρούνται μεγάλες διαφορές στο σήμα των ΑΕ.
- 3) Οι μεγαλύτερες συχνότητες παρατηρούνται στο ομόρροπο φραιζάρισμα.
- 4) Το πλάτος των ακουστικών εκπομπών επηρεάζεται από το βάθος κοπής. Όταν το βάθος είναι μεγάλο το σήμα θα είναι κι αυτό μεγάλο.



Συμπεράσματα

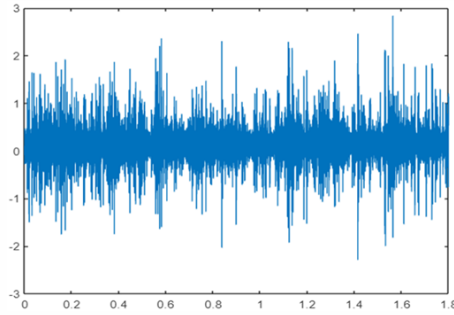
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Μάριος Τσίλης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΩ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΟΧΗ ΣΑΣ



ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ;



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



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

Μάριος Τσίλης