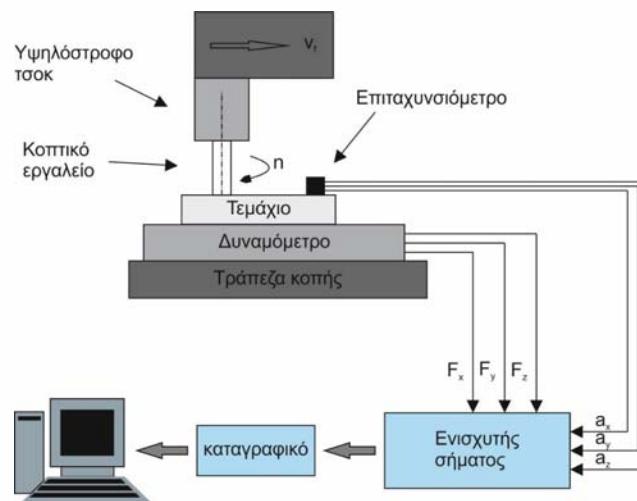


ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ



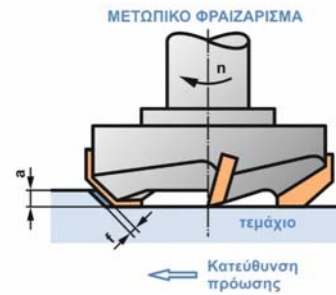
- Η συνήθης κατεργασία κοπής με εργαλείο πολλαπλής σημειακής επαφής είναι το φραιζάρισμα.
- Η κοπή πραγματοποιείται με τη χρήση ενός περιστρεφόμενου κοπτικού εργαλείου το οποίο διαθέτει πολλές κοπτικές ακμές διατεταγμένες σε κύκλο.
- Η κατεργασία του φραιζαρίσματος στηρίζεται σε δύο βασικές κινήσεις: (1) περιστροφή του κοπτικού εργαλείου, η οποία αποτελεί και την κύρια κίνηση κοπής και (2) ταχύτητα της πρόωσης του κατεργαζόμενου τεμαχίου.

ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΟΠΗΣ:

- Η **πρόωση f_z** , η οποία εκφράζει τη σχετική ταχύτητα ανάμεσα στο κατεργαζόμενο τεμάχιο και στο κοπτικό εργαλείο.
- Η **ταχύτητα κοπής V_c** , που εκφράζει το ρυθμό κοπής στην κύρια κίνηση.
- Το **βάθος (ή πλάτος) κοπής t_z (αξονικό) και t_{xy} (ακτινικό)**.



- Το **περιφερικό φραιζάρισμα** όπου η κατεργαζόμενη επιφάνεια δημιουργείται από τα δόντια τα οποία βρίσκονται στην περιφέρεια του κοπτικού εργαλείου και ο άξονας περιστροφής του κοπτικού εργαλείου είναι παράλληλος προς την κατεργαζόμενη επιφάνεια.
- Το **μετωπικό φραιζάρισμα** όπου το κοπτικό τοποθετείται σε άξονα κάθετο προς την κατεργαζόμενη επιφάνεια και η τελική επιφάνεια είναι το αποτέλεσμα της κοπής των κοπτικών ακμών που βρίσκονται στην περιφέρεια αλλά και στο πρόσωπο του κοπτικού εργαλείου.



Είδη φραιζαρίσματος

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

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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

- Ως **αντίρροπο** χαρακτηρίζεται το φραιζάρισμα κατά το οποίο η πρόωση του κατεργαζόμενου τεμαχίου είναι **αντίθετη** στην περιστροφή του κοπτικού εργαλείου.
- Ως **ομόρροπο** χαρακτηρίζεται το φραιζάρισμα κατά το οποίο η περιστροφή του κοπτικού εργαλείου έχει την **ίδια κατεύθυνση** με την πρόωση του κατεργαζόμενου τεμαχίου.



Αντίρροπο και ομόρροπο περιφερικό φραιζάρισμα

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

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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

- Το μικροφραιζάρισμα αποτελεί μια από τις συνήθεις κατεργασίες σε μικροκλίμακα και επιλέγεται από τις περισσότερες βιομηχανίες γιατί προσφέρει υψηλή παραγωγικότητα προϊόντων μικρής γεωμετρίας και υψηλής διαστατικής ακρίβειας
- Οι συνθήκες κοπής διαφέρουν αρκετά από την κατεργασία σε μακροκλίμακα, δηλαδή το βάθος κοπής κυμαίνεται από 2 έως 15 μm , η ταχύτητα περιστροφής του εργαλείου είναι αρκετά μεγαλύτερη από 20000rpm και η διάμετρος του κοπτικού εργαλείου είναι μικρότερη από 1mm.
- Στη μικρο-κλίμακα τα κοπτικά εργαλεία φθάνουν στο όριο λυγισμού τους πριν σημειωθεί αξιόλογη φθορά
- Υπάρχει ανάγκη συνεχούς ελέγχου της κατεργασίας



Μίκρο-φραιζάρισμα

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


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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

- Γενικά στο **μικροφραιζάρισμα** παρατηρούνται **μικρές δυνάμεις** κοπής και χαμηλές θερμοκρασίες, όμως σε συγκεκριμένες συνθήκες μπορεί να παρατηρηθεί μεγάλη αύξηση των δυνάμεων κυρίως λόγω του **φαινομένου του ploughing**.
- Σύμφωνα με τους Kim et al.[1] **δεν δημιουργείται απόβλιττο σε κάθε πέρασμα του δοντιού**, που υποδεικνύει την παρουσία ορίου **κρίσιμης τιμής της πρόωσης/δόντι** κάτω του οποίου δεν δημιουργείται απόβλιττο. Έτσι έδειξαν ότι υπάρχει ένα **ελάχιστο πάχος αποβλίττου** σε διεργασίες μικροκοπής.

1. C.J. Kim, J.R. Mayor, J. Ni, A static model of chip formation in microscale milling, J. Manuf. Sci. Eng., 126: 710-718 (2005)



Διεθνής έρευνα στις μικροκατεργασίες

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

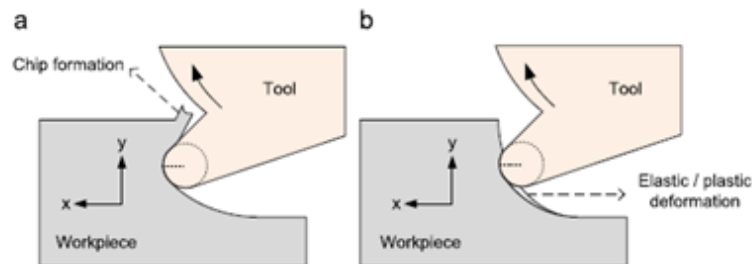

School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

Το φαινόμενο εμφανίζεται όταν το **πάχος του अपαραμόρφωτου αποβλίττου είναι μικρότερο από το ελάχιστο πάχος αποβλίττου**. Η άκρη του κοπτικού εργαλείου περνά πάνω από το κατεργαζόμενο τεμάχιο και υπάρχει **πλαστική ή ελαστική παραμόρφωση χωρίς όμως την δημιουργία αποβλίττου**.

Εξαιτίας του φαινομένου :

- δημιουργείται κακή τελική επιφάνεια
- επιδείνωση της δυναμικής σταθερότητας
- και μειωμένη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου



Το φαινόμενο του ploughing

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

- Οι Park και Malekian [*CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 58:49-52, 2009] για την **ακριβή πρόβλεψη** των δυνάμεων κοπής μικροφραιζιρίσματος **εξέτασαν τη διαδικασία διάτμησης και την περιστροφή του κοπτικού χωρίς να αφαιρεί υλικό**.
- Οι μετρήσεις των δυνάμεων κοπής **αφορούν άμεσα τη φθορά του εργαλείου** και συμπερασματικά το κόστος παραγωγής και τη ποιότητα της τελικής επιθυμητής επιφάνειας, ιδιαίτερα κατά την κατεργασία υλικών υψηλής σκληρότητας.
- Κυρίαρχο λόγο στον υπολογισμό των δυνάμεων έχουν τα **χαρακτηριστικά μεγέθη του αποβλίττου** της κατεργασίας και τα **γεωμετρικά χαρακτηριστικά του εργαλείου**.
- Οι Bao και Tansel [*International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 40:2155-2173, 2000] εξετάζοντας την τροχιά του άκρου του εργαλείου καθώς αυτό περιστρέφεται και κινείται συνεχώς προς τα μπρος παρουσίασαν ένα **αναλυτικό μοντέλο για το μικροφραιζιρίσμα που υπολογίζει το πάχος αποβλίττου**.
- Οι Zaman et al., [*International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 46:353-366, 2006] εξετάζοντας τη γεωμετρία της διαδρομής της κοπτικής ακμής του εργαλείου και συσχετίζοντάς την με την εφαιπτομενική δύναμη κοπής καθόρισαν τη θεωρητική περιοχή του αποβλίττου σε οποιαδήποτε γωνιακή θέση.



Έρευνα στις δυνάμεις μικροκοπής

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

- Οι ανάγκες για περαιτέρω έρευνα μπορούν να εστιαστούν στα εξής:
Υπολογισμός των δυνάμεων κοπής για :
1. τον έλεγχο και την παρακολούθηση της κατεργασίας
2. για την εκτίμηση της ποιότητας της επιφάνειας

Οι ανωτέρω ανάγκες μας οδήγησαν στην διαμόρφωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας

Στόχοι:

- Να διαλευκανθεί η σχέση μεταξύ των **δυνάμεων κοπής** και των **συνθηκών κοπής**.
- Η δημιουργία μίας **εξίσωσης (συσχετισμού)** η οποία θα υπολογίζει τις προβλεπόμενες δυνάμεις κοπής συναρτήσει των συνθηκών κοπής.



Έρευνα στις δυνάμεις μικροκοπής (συνέχεια)

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

Μεθοδολογία



Μεθοδολογία

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

Η εκτέλεση των πειραμάτων έγινε στον χώρο του Εργαστηρίου Μικροκοπής & Κατασκευαστικής Προσομοίωσης του Πολυτεχνείου Κρήτης όπου χρησιμοποιήθηκε ο ακόλουθος εξοπλισμός και η ακόλουθη διαδικασία ανάλυσης των αποτελεσμάτων.

- Σχεδιάστηκαν και εκτελέστηκαν πειράματα κατεργασίας **φραιζαρίσματος σε μικρο-κλίμακα** με κοπτικό εργαλείο σφαιρικής απόληξης σε κατεργασία κράματος αλουμινίου.
- Για τον έλεγχο της κατεργασίας χρησιμοποιήθηκε εργαστηριακός **εξοπλισμός υψηλής ευαισθησίας και ακρίβειας** κατάλληλος για τη λήψη μετρήσεων σε κατεργασίες μικρο-κλίμακας.
- Αποθήκευση και **επεξεργασία των δεδομένων** από τα πειράματα.
- **Δημιουργία γραφημάτων** συσχέτισης των δυνάμεων κοπής με τις συνθήκες κοπής.
- **Ανάλυση παλινδρόμησης** μέσω του λογισμικού Minitab για τη δημιουργία της εξίσωσης συσχέτισης.

Οι παράγοντες που επηρεάζουν τις κατεργασίες κοπής σχετίζονται με:

- την εργαλειομηχανή
- το κοπτικό εργαλείο
- το υλικό της κατεργασίας
- τη μέθοδο κατεργασίας
- συνθήκες κοπής



Μεθοδολογία

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

- Κέντρο κατεργασίας της Deckel Maho DMU 50 eco, το οποίο καθοδηγείται με ψηφιακή καθοδήγηση Siemens 810D. Πέντε αξόνων με ισχυρή άτρακτο, περιστρεφόμενο τραπέζι. Εύκολος προγραμματισμός και τρισδιάστατη προσομοίωση.



- Περιστροφικό υψηλόστροφο τσοκ μικροφραιζαρίσματος το οποίο λειτουργεί με πεπιεσμένο αέρα και αναπτύσσει ταχύτητες έως και 42000 στροφές/λεπτό



Εξοπλισμός

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



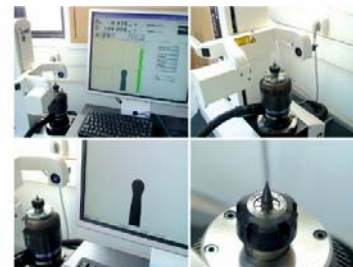
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

- Κοπτικά εργαλεία σφαιρικής απόληξης. Κατεργασία διάφορων υλικών. Υψηλή σκληρότητα και αντοχή λόγω της στρογγυλής αιχμής. Ιδανικά για κατασκευή καλουπιών.



- Συσκευή προϋθμισης εργαλείων DMG Microset προσφέρει σημαντική οικονομία χρόνου και ακρίβεια στις μετρήσεις των εργαλείων και την έγκαιρη αναγνώριση φθαρμένων εργαλείων.



Εξοπλισμός (συνέχεια)

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

- Μίκρο-δυναμόμετρο Compact Multi-Component της Kistler. Δυνατότητα μέτρησης ακριβείας πολύ μικρών δυνάμεων και ελάχιστη επίδραση θερμικών επιδράσεων. Ενισχυτή σήματος και καταγραφικό. Σε συνδυασμό με το λογισμικό DynoWare για την καταγραφή των δυνάμεων.



Compact Multi-Component
Dynamometer



Λογισμικό DynoWare



Σύστημα λήψης δεδομένων
(καταγραφικό)



Ενισχυτής σήματος 8 καναλιών

- Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε είναι κράμα ΑΙ 7075-T651. Είναι σκληρό υλικό με καλή μέση κατεργασιμότητα και αντοχή σε κόπωση. Χρησιμοποιείται ευραίως σε αεροναυπηγικές εφαρμογές.



Εξοπλισμός (συνέχεια)

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

Με βάση τα όρια αντοχής του κοπτικού εργαλείου που δίνονται από τον κατασκευαστή, επιλέχθηκαν οι συνθήκες κοπής

ΠΑΡΑΛΛΑΓΕΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΔΥΝΑΜΕΩΝ ΚΟΠΗΣ

V_c : Ταχύτητα κοπής	7, 8 [m/min]
t_x : Αξονικό βάθος κοπής	0.01, 0.015, 0.02 [mm]
t_y : Ακτινικό βάθος κοπής	0.01, 0.015, 0.02, 0.025 [mm]
f_z : Πρόωση ανά δόντι	0.01, 0.015, 0.02 [mm/στροφή, δόντι]
D : Διάμετρος κοπτικού	0.5, 0.6, 0.8, 1 [mm]

Επιθυμητή σταθερή ταχύτητα κοπής, η οποία εξαρτάται από το υλικό.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \rightarrow n = \dots$$

$$f = f_z \cdot z \cdot n \rightarrow f = \dots$$

2015

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ



Συνθήκες κοπής

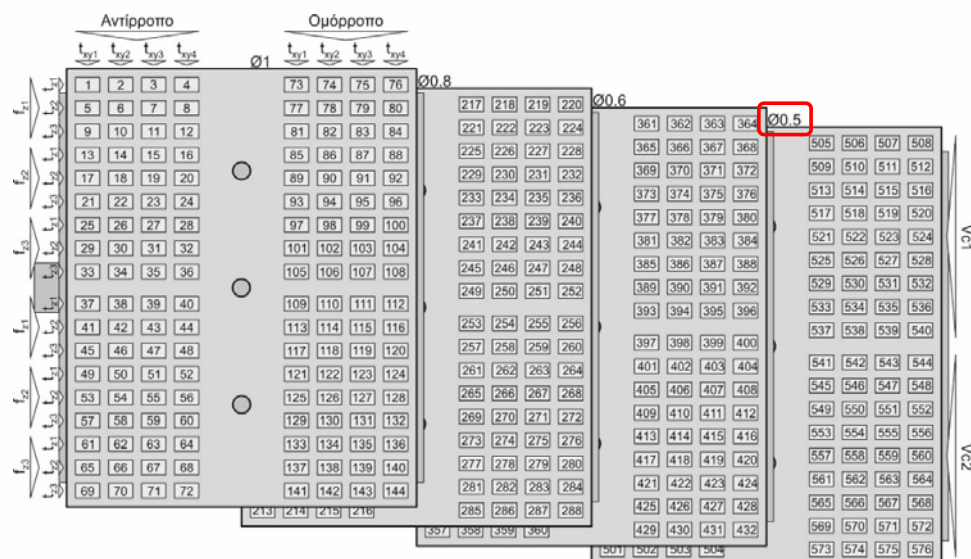
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

Η οργάνωση των πειραμάτων στα τεμάχια πραγματοποιήθηκε στο λογισμικό CoreIDRAW



2015

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ



Σχεδιασμός Πειραμάτων

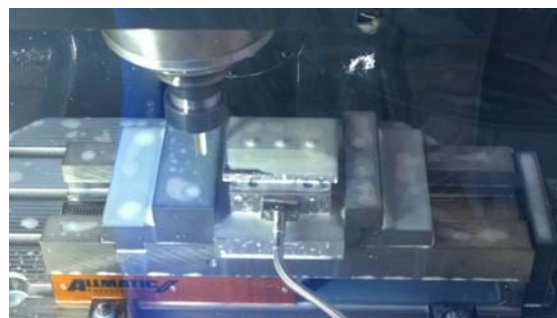
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

Προετοιμασία τεμαχίου



2015

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ



Εκτέλεση Πειραμάτων

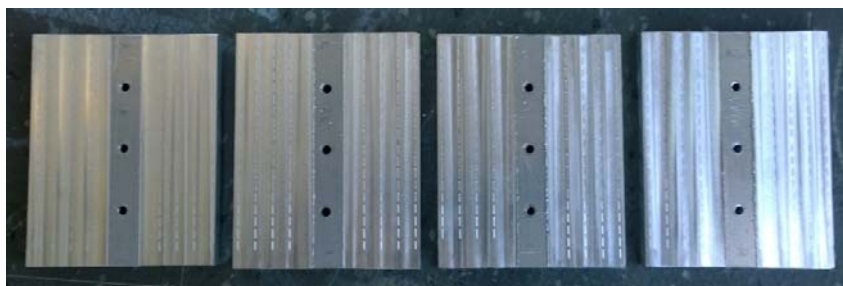
<http://www.m3.tuc.gr>


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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιιώτης

Προγραμματισμός εργαλειομηχανής

Γλώσσα προγραμματισμού Shormill
Προσομοίωση προγράμματος



Τα 4 τεμάχια μετά την
ολοκλήρωση των
πειραμάτων

2015

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ



Εκτέλεση Πειραμάτων (Συνέχεια)

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

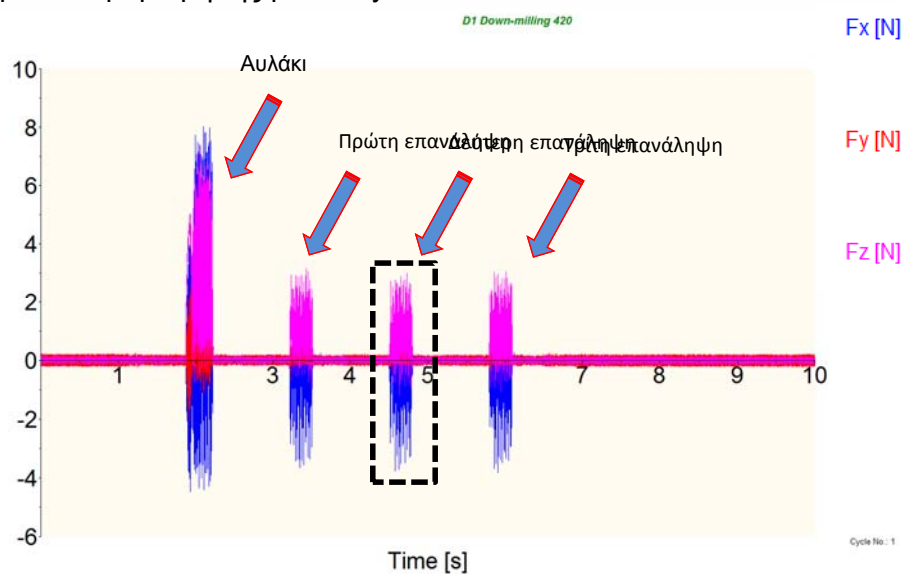

School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιιώτης

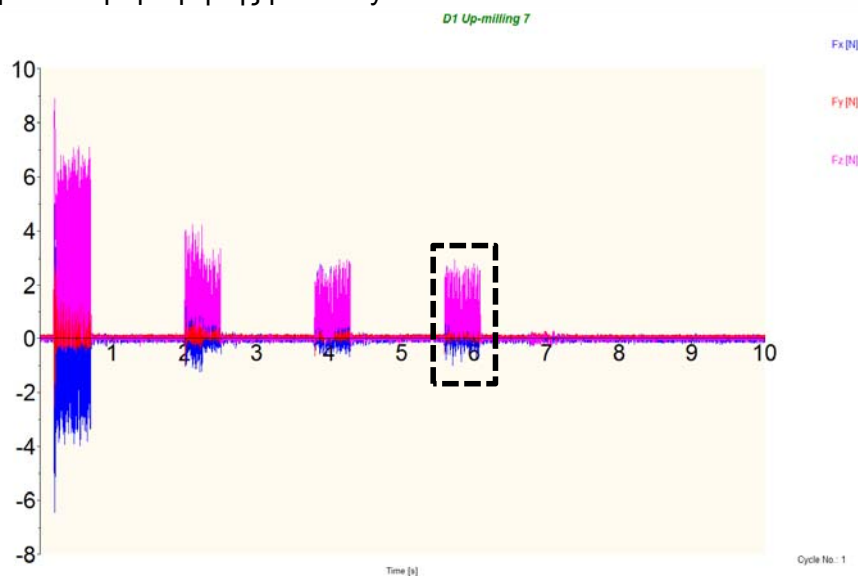
Αποτελέσματα Πειραμάτων



Παράδειγμα δυναμομέτρησης μέσω Dynoware



Παράδειγμα δυναμομέτρησης μέσω Dynoware



Επιλογή περάσματος

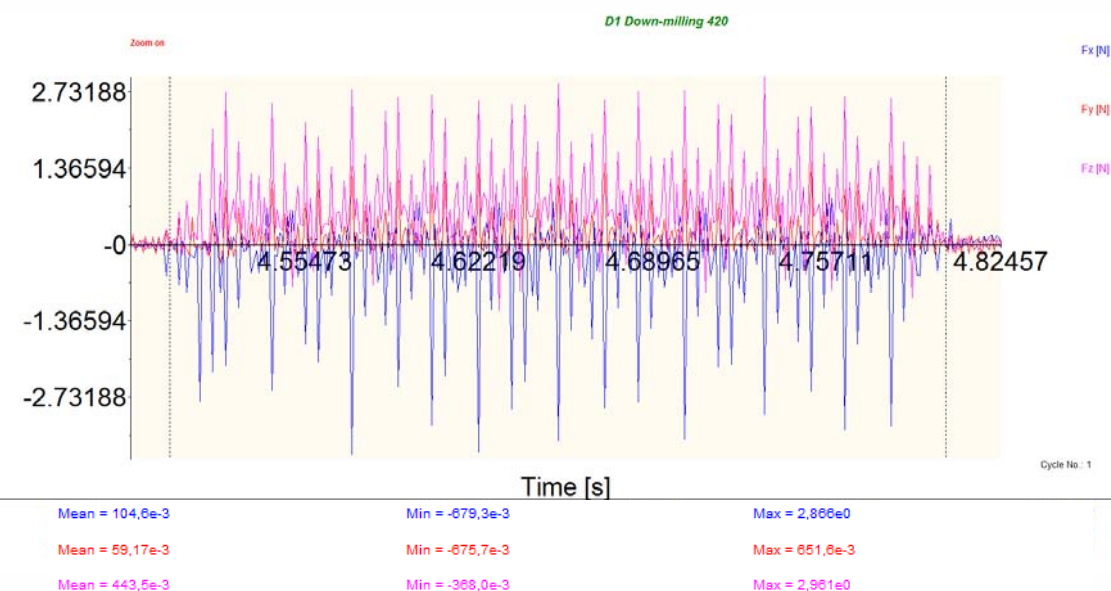


Αποτελέσματα Πειραμάτων

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


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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης



Καταγραφή μέγιστων, μέσων και ελαχίστων τιμών ομαλής μέτρησης (από το Dynoware)

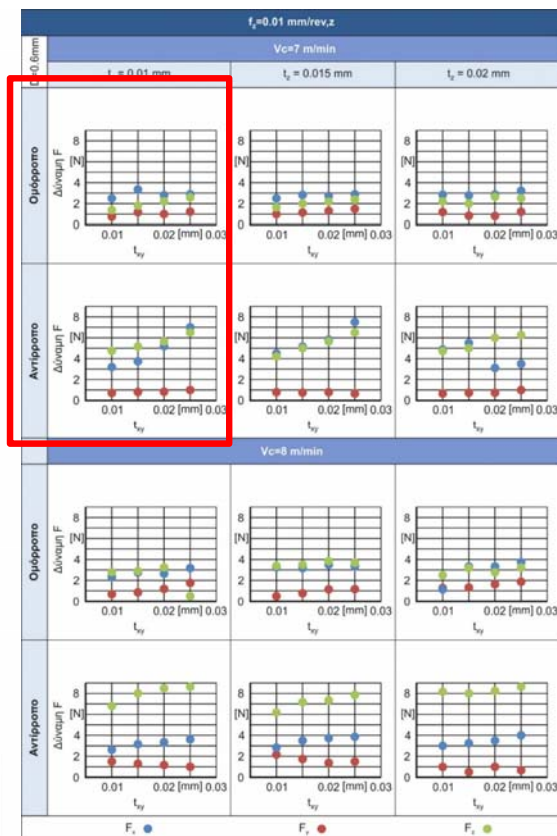


Αποτελέσματα Πειραμάτων

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


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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης



Διαφορά ομόρροπου – αντίρροπου

Δυνάμεις αντίρροπου > Δυνάμεις ομόρροπου



Αποτελέσματα Πειραμάτων

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

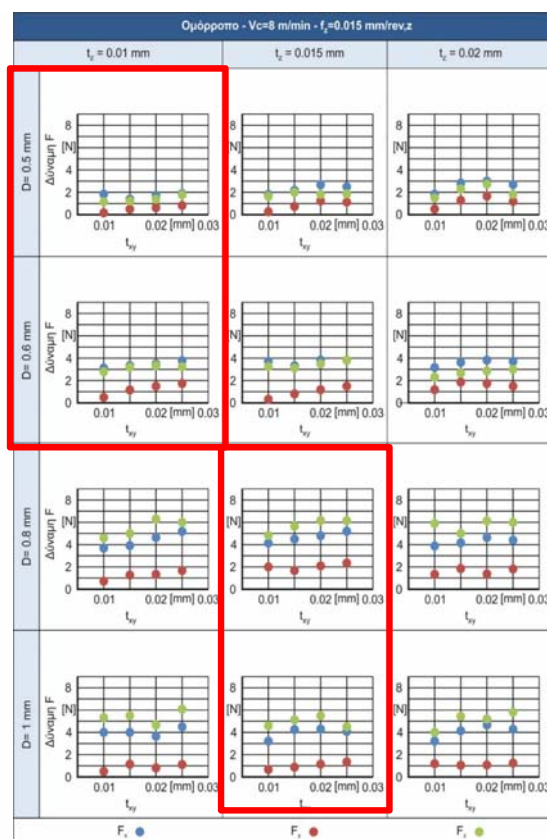


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιιώτης

Όταν $D \nearrow$ οι δυνάμεις κοπής $\nearrow$

Αλλά για $D = 0.8 \text{ mm}$ έχουμε τις μεγαλύτερες δυνάμεις.



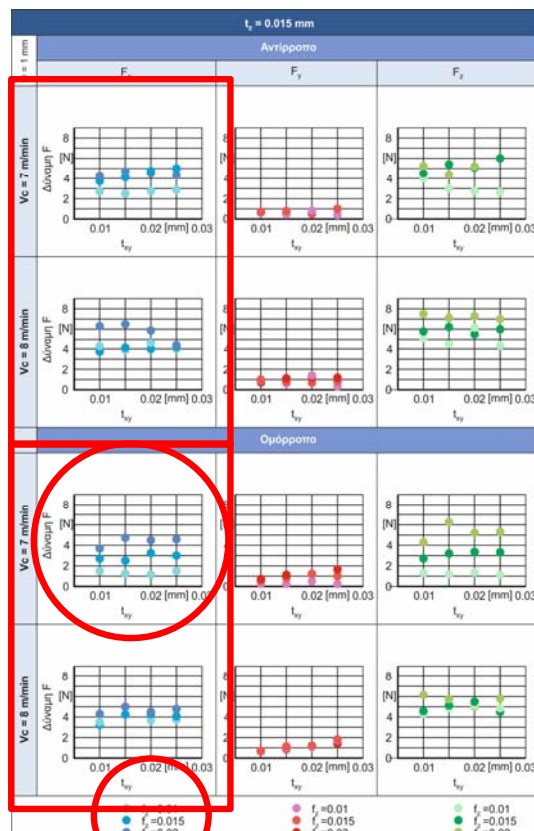
Αποτελέσματα Πειραμάτων

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιιώτης



1) Όταν η f_z οι δυνάμεις F_x , F_y & F_z

2) Όταν V_c οι δυνάμεις

3) Αλλά όταν V_c , όσο η f_z τόσο μειώνεται η αύξηση της δύναμης



Αποτελέσματα Πειραμάτων

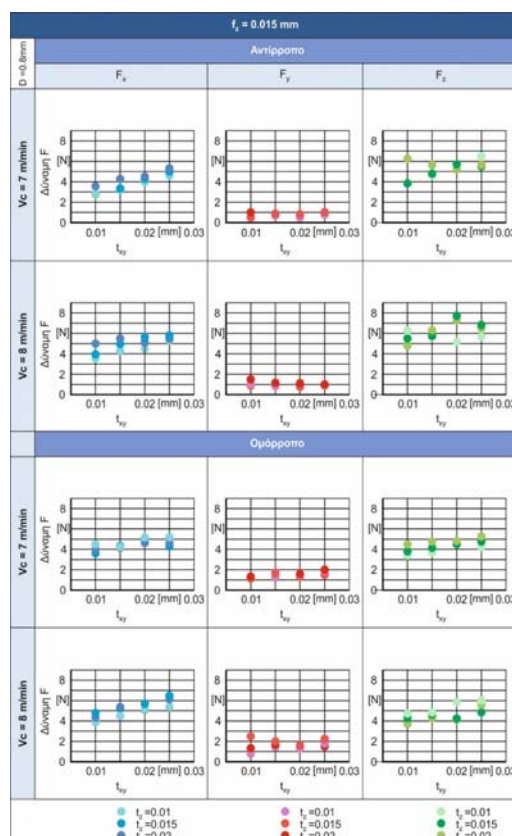
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

Όταν t_z παρατηρούμε μικρή μεταβολή των δυνάμεων κοπής



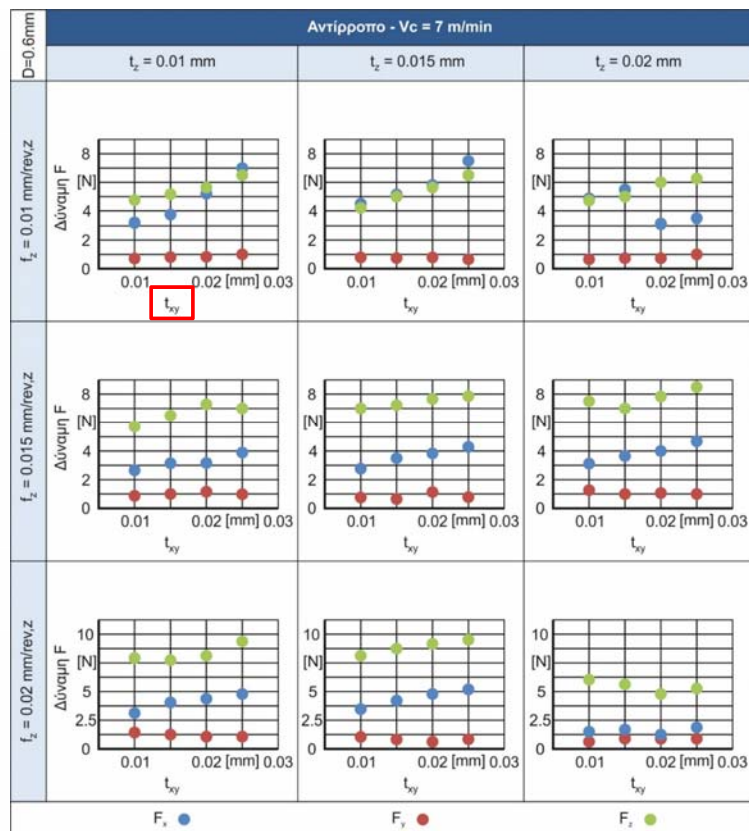
Αποτελέσματα Πειραμάτων

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης



Όταν t_{xy} παρατηρούμε μικρή αύξηση των δυνάμεων κοπής



Αποτελέσματα Πειραμάτων

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

Ανάλυση Παλινδρόμησης



Ανάλυση Παλινδρόμησης

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

Η ανάλυση παλινδρόμησης χρησιμοποιείται για:

1. Πρόβλεψη της τιμής της απόκρισης.
2. Σύνοψη μεγάλου αριθμού δεδομένων (με την **εύρεση συσχετίσεων**). [black box]
3. 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. [mechanistic approach]

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά **πρότυπα παλινδρόμησης** που μπορούν να χρησιμοποιηθούν, π.χ., :

1. $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$
2. $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n + \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon$
3. $Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_n X_n + \beta_{ij} X_i X_j + \dots + \beta_{11} X_1^2 + \dots + \beta_{nn} X_n^2 + \varepsilon$



Ανάλυση Παλινδρόμησης

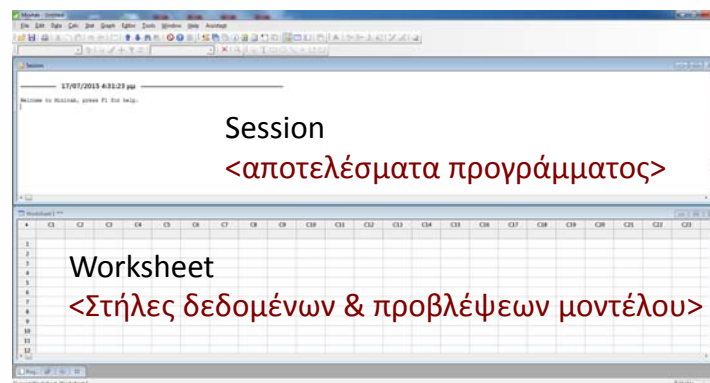
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

- 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, προβάλλονται 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.



Στατιστικό πακέτο MINITAB

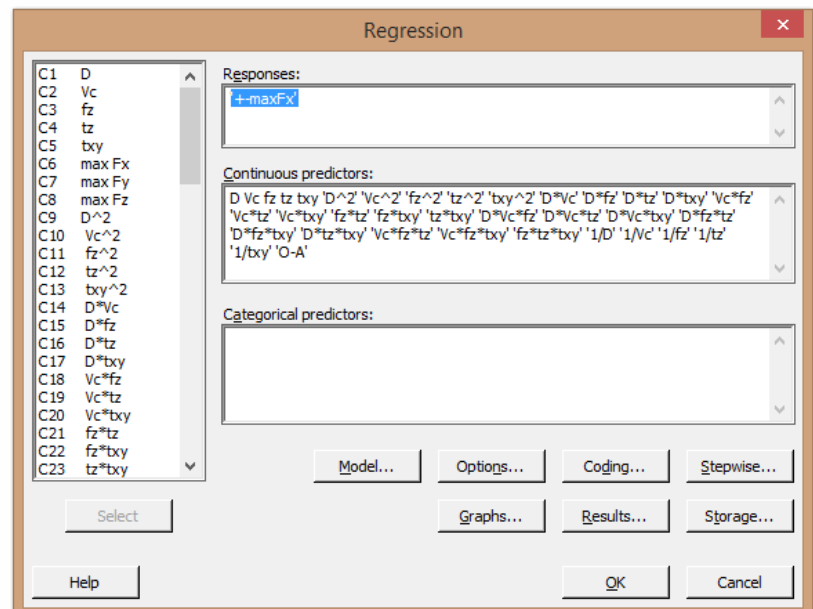
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

- Επιλογή των κύριων μεταβλητών γίνεται πολύ εύκολα στο λογισμικό **Minitab**
- Κάναμε χρήση της επιλογής του **Stepwise Regression**



Το τελικό ποσοστό εκτίμησης των δεδομένων που επιτεύχθηκε είναι 96,54% με τυπική απόκλιση $\sigma_\epsilon = 0.717230$

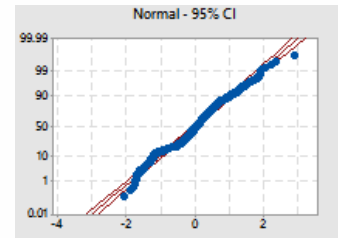
$$F_x = -1.030 + 117.5 f_z + 363 f_z^2 + 0.1519 D * V_c + 6.81 V_c * t_{xy} - 1937 f_z * t_z \\ - 27.76 D * V_c * f_z - 6.54 D * V_c * t_{xy} - 545.2 V_c * f_z * t_{xy} + 1.615 (O - A)$$

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-1.030	0.305	-3.38	0.001	
f_z	117.5	13.9	8.48	0.000	50.03
f_z^2	363	249	1.46	0.145	1.00
D^2V_c	0.1519	0.0536	2.83	0.005	6.86
$V_c^2t_{xy}$	6.81	2.22	3.07	0.002	9.83
$f_z^2t_z$	-1937	484	-4.00	0.000	14.66
$D^2V_c^2f_z$	-27.76	1.33	-20.92	0.000	14.64
$D^2V_c^2t_{xy}$	-6.54	3.00	-2.18	0.030	16.32
$V_c^2f_z^2t_{xy}$	-545.2	45.6	-11.96	0.000	10.29
O-A	1.615	0.116	13.86	0.000	14.66



Βρέθηκε ότι μόλις το 38% του SST μπορεί να αποδοθεί στις συνθήκες του πειράματος, ενώ το υπόλοιπο 62% δεν επηρεάζεται από αυτές.

Αναλύοντας τα υπόλοιπα (residuals) παρατηρήθηκε ότι ακολουθούν την κανονική κατανομή με πολύ μεγάλη ακρίβεια $P < 0.005$



Δεν γίνεται να πραγματοποιηθεί ακριβή πρόβλεψη της τιμής αλλά γίνεται να δοθεί με μεγάλη ακρίβεια η περιοχή μέσα στην οποία θα είναι η μέγιστη τιμή με μεγάλη πιθανότητα.

Το 95% των τιμών θα βρίσκεται στο διάστημα :

$$[F_y - 1.96 \cdot \sigma_\epsilon, F_y + 1.96 \cdot \sigma_\epsilon] \quad \text{με } \sigma_\epsilon = 0.808.$$



Αποτελέσματα για F_y

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

Το τελικό ποσοστό εκτίμησης των δεδομένων που επιτεύχθηκε είναι 72.12% με τυπική απόκλιση $\sigma_\epsilon = 1.10326$

$$F_z = 187.0 - 263.3D - 90.9 f_z + 98.9D^2 + 3450 f_z^2 + 2.8D * V_c + 68.2D * f_z + 2046D * t_z * t_{xy} - 49.81 \frac{1}{D} + 74.8 \frac{1}{V_c} - 0.00230 \frac{1}{f_z} - 0.00542 \frac{1}{t_{xy}}$$

Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	187.0	16.8	11.14	0.000	
D	-263.3	23.5	-11.19	0.000	929.32
f_z	-90.9	13.0	-7.01	0.000	18.17
D^2	98.9	10.4	9.5	0.000	4140.96
f_z^2	3450	386	8.94	0.000	1.00
$D * V_c$	2.8	0.489	5.73	0.000	239.95
$D * f_z$	68.2	15.8	4.31	0.000	15.42
$D * t_z * t_{xy}$	2046	782	2.62	0.009	2.65
$1/D$	-45.81	3.85	-12.92	0.000	1000.30
$1/V_c$	74.8	20.7	3.62	0.000	15.35
$1/f_z$	-0.00230	0.00122	-1.89	0.059	3.78
$1/t_{xy}$	-0.00542	0.00289	-1.88	0.061	1.96



Αποτελέσματα για F_z

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

- Σχέση υπολοίπου μιας συνιστώσας της δύναμης με τις άλλες δύο, π.χ.

$$e_{Fx} = \beta_0 + \beta_1 * Fy + \beta_2 * Fz$$

Model Summary					
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)		
0.815579	3.36%	3.01%	2.38%		
Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	-0.1464	0.0806	-1.82	0.07	
maxFy	-0.1005	0.0340	-2.95	0.03	1.01
maxFz	0.0486	0.0164	2.96	0.03	1.01
Regression Equation					
resFx= - 0.1464 - 0.1005*maxFx + 0.0486maxFz					

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
0.793233	0.55%	0.20%	0.00%
Coefficients			
Term	Coef	SE Coef	T-Value
Constant	-0.1175	0.0779	-1.51
maxFx	-0.01082	0.00953	-1.13
maxFz	0.0287	0.0171	1.68
Regression Equation			
resFy = - 0.1175 - 0.01082*maxFx + 0.0287 maxFz			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
1.31879	0.26%	0.00%	0.00%
Coefficients			
Term	Coef	SE Coef	T-Value
Constant	-0.0107	0.0675	-0.16
maxFx	0.0195	0.0176	1.11
maxFy	0.0143	0.0657	0.22
Regression Equation			
resFz = - 0.0107 + 0.0195*maxFx + 0.0143*maxFy			

2015

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ



Αναζήτηση συσχέτισης μεταξύ Fx, Fy & Fz

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

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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΟΠΗΣ

2015

Συμπεράσματα



Συμπεράσματα

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

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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

- Σχεδιάστηκαν και εκτελέστηκαν 576 πειράματα για την δυναμομέτρηση
- Στο αντίρροπο φραιζάρισμα οι δυνάμεις κοπής αυξάνονται
- Όταν αυξάνεται η διάμετρος του κοπτικού αυξάνονται οι δυνάμεις κοπής
- Όταν αυξάνεται η ταχύτητα κοπής αυξάνονται οι δυνάμεις κοπής
- Όταν αυξάνεται το ακτινικό βάθος αυξάνονται οι δυνάμεις κοπής
- Το αξονικό βάθος δεν επηρεάζει πολύ τις δυνάμεις κοπής
- Οι δυνάμεις στον άξονα x μπορούν να εκτιμηθούν πολύ καλά με ποσοστό 96,54%
- Οι δυνάμεις στον άξονα z μπορούν να εκτιμηθούν με ποσοστό 72,12%
- Οι δυνάμεις στον άξονα y δεν μπορούν να εκτιμηθούν καλά (38%) αλλά μπορούμε να δώσουμε με μεγάλη ακρίβεια την περιοχή μέσα στην οποία θα είναι η μέγιστη τιμή με μεγάλη πιθανότητα.



Συμπεράσματα

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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης

Ευχαριστούμε για την προσοχή σας...



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



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

Εμμανουήλ-Αλέξανδρος Καλογεράκης
Παναγιώτης Λαφιώτης