



## Μικροκατεργασία Δοκιμίων Θερμοπλαστικού Πολυμερούς PMMA



Επιβλέπων Καθηγητής:  
**Αριστομένης Αντωνιάδης**

Πολυτεχνείο Κρήτης, 2024

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμίων  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς PMMA



Διπλωματική εργασία

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



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

Εμμανουήλ Σπυρούλιας

## Εισαγωγή στην υψηλή ταχύτητα κοπής

Το High Speed Cutting αποτελεί κρίσιμο τμήμα της σύγχρονης βιομηχανίας, καθώς επιτρέπει την ακριβή, γρήγορη και αποτελεσματική επεξεργασία υλικών με υψηλές ταχύτητες. Η σημασία του στη βιομηχανία αντικατοπτρίζεται:

- Στην αύξηση της παραγωγικότητας.
- Στη μείωση του χρόνου κατασκευής και των λαθών.
- Στη βελτίωση της ποιότητας των τελικών προϊόντων.

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμίων  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς PMMA



Διπλωματική εργασία

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



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

Εμμανουήλ Σπυρούλιας

## Υψηλή ταχύτητα κοπής

### Πλεονεκτήματα

- Αυξημένη Παραγωγικότητα.
- Υψηλή Ακρίβεια.
- Ευελιξία στα Υλικά.
- Μείωση Κόστους.

### Μειονεκτήματα

- Τεχνογνωσία.
- Κόστος εξοπλισμού.
- Μεγάλες συνέπειες στα ανθρώπινα λάθη και στα λάθη του λογισμικού.
- Μεγαλύτερα έξοδα συντήρησης.

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμών  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς PMMA



Διπλωματική εργασία

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



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

Εμμανουήλ Σπυρούλιας

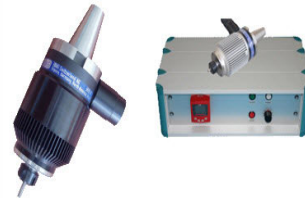
## Εισαγωγή στο Πείραμα

Ο σκοπός του πειράματος είναι η μικροκατεργασία δοκιμών θερμοπλαστικού πολυμερούς PMMA, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη επιφάνεια με όσο το δυνατόν μικρότερη τραχύτητα.

Για την υλοποίηση του πειράματος, οι μηχανές που χρησιμοποιήθηκαν:



- DMU 50 eco
- CNC φρέζα.
- Κίνηση σε 5 άξονες με την λειτουργία 3+2 axis.



- IBAG HFK 95
- Πολυτροφοική μηχανή.
- Σύνδεση στην άτρακτο της CNC μηχανής.
- Πολύ υψηλές ταχύτητες κοπής.

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμών  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς PMMA



Διπλωματική εργασία

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



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

Εμμανουήλ Σπυρούλιας

## Στρατηγική του πειράματος

### Ομόρροπη κοπή

- Κίνηση εργαλείου κοπής παράλληλα με την κατεύθυνση κίνησης του υλικού.
- Τοποθέτηση εργαλείου στο άκρο του υλικού με κίνηση προς την ίδια κατεύθυνση του υλικού.

### Αντίρροπη κοπή

- Κίνηση εργαλείου κοπής αντίθετα από την κατεύθυνση κίνησης του υλικού.
- Τοποθέτηση εργαλείου στο άκρο του υλικού με κίνηση προς την ίδια κατεύθυνση του υλικού.

### Παλινδρομική κοπή

- Κίνηση εργαλείου κοπής προς την ίδια κατεύθυνση της κίνησης του υλικού.
- Η κοπτική επίστρωση του φρεζαρίσματος συμβαδίζει με την φορά της κίνησης του εργαλείου κοπής.

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμών  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς PMMA



Διπλωματική εργασία

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



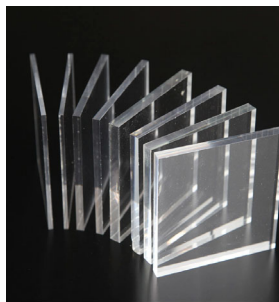
School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Εμμανουήλ Σπυρούλιας

## Επιλογές υλικών και εργαλείων



- Κονδύλι.
- Διάμετρος 0.8mm.
- Δόντια 2.
- Χαρακτηριστικά:
  - i. Υψηλή ακρίβεια κοπής
  - ii. Μικρή διάμετρος για λεπτομερείς εργασίες.
  - iii. Εξαιρετική αντοχή σε φθορά και θερμική καταπόνηση.



- PMMA
- Πυκνότητα 1.18 g/cm<sup>3</sup>.
- Θερμική αντοχή έως 90°C.
- Εξαιρετική διαφάνεια.
- Εύκολη κοπή και διαμόρφωση.
- Εφαρμογές:
  - i. Διακοσμητικά είδη.
  - ii. Φακοί γυαλιών.
  - iii. Ακρυλικά πάνελ.

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμών  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς PMMA



Διπλωματική εργασία

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



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

Εμμανουήλ Σπυρούλιας

## Χαρακτηριστικά κοπής



- Βάθος κοπής 0.4 mm.
- Τιμές πρόωσης:
  - i.  $F1 = 83.66 \text{ mm/min}$ .
  - ii.  $F2 = 111.548 \text{ mm/min}$ .
  - iii.  $F3 = 139.435 \text{ mm/min}$ .
  - iv.  $F4 = 167.322 \text{ mm/min}$ .
- Το πλάτος του αυλακιού που δημιουργήθηκε κατά την κοπή είναι ίσο με 4 φορές τη διάμετρο του κοπτικού εργαλείου με επικάλυψη  $d/3$  και  $d/4$ .
- Το μήκος υπολογίζεται δύο φορές το πλάτος.

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμίων  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς PMMA



Διπλωματική εργασία

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



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

Εμμανουήλ Σπυρούλιας

12+ 12  
Πε ι ρ ά μ α τ α

Πλάτος 2.4 mm  
Μήκος 4.8 mm

$F1 = 83.66 \text{ mm/min}$   
 $F2 = 111.548 \text{ mm/min}$   
 $F3 = 139.435 \text{ mm/min}$   
 $F4 = 167.322 \text{ mm/min}$

Ομόρροπη κοπή

Αντίρροπη κοπή

Παλινδρομική  
κοπή

Πλάτος 2.6 mm  
Μήκος 5.2 mm

$F1 = 83.66 \text{ mm/min}$   
 $F2 = 111.548 \text{ mm/min}$   
 $F3 = 139.435 \text{ mm/min}$   
 $F4 = 167.322 \text{ mm/min}$

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμίων  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς PMMA



Διπλωματική εργασία

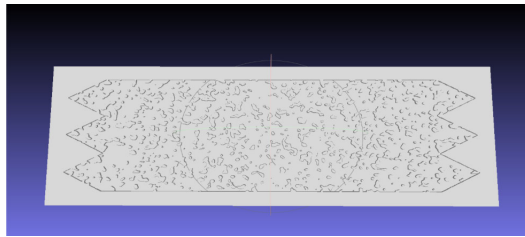
<http://www.m3.tuc.gr>



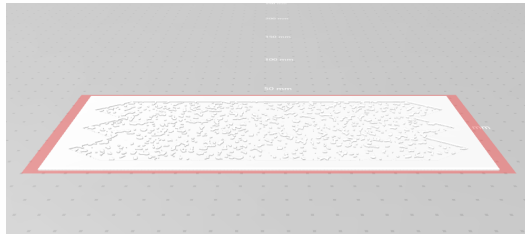
School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Εμμανουήλ Σπυρούλιας

## Συνεργασία με το Μηχανικών Ορυκτών Πόρων (ΜηχΟΠ)



- Στόχος: Προσομοίωση ροής πεπιεσμένου υγρού στο εσωτερικό ορυκτού.



- Παραχώρηση αρχείου STL αναπαράστασης της επιφάνειας του ορυκτού, κομμένου στη μέση.

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμίων  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς PMMA



Διπλωματική εργασία

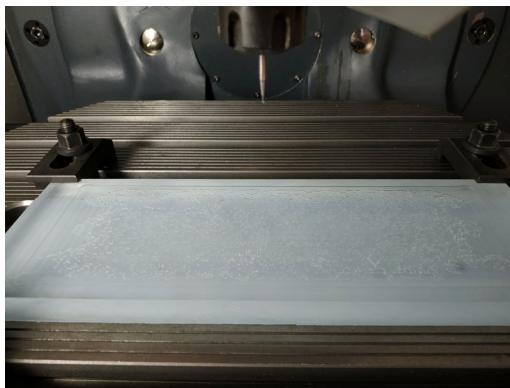
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Εμμανουήλ Σπυρούλιας

## Διαδικασία κοπής



- Τοποθέτηση πλάκας PMMA στην μηχανή μετά από φρεζάρισμα.
- Επεξεργασία CAM (Computer-Aided Manufacturing) στο NX Siemens για τη σχεδίαση της κοπής του αρχείου STL.

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμίων  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς PMMA



Διπλωματική εργασία

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

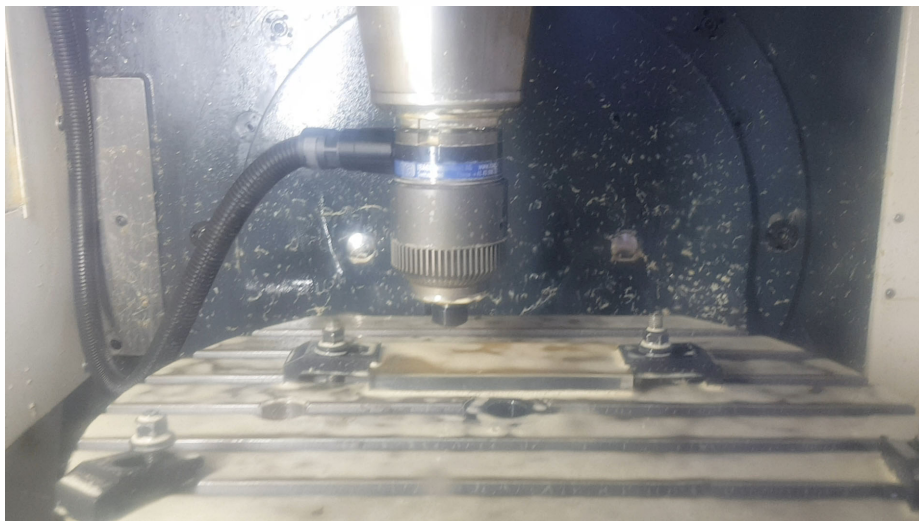


School of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Prof. Aristomenis Antoniadis

Εμμανουήλ Σπυρούλιας

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμίων  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς ΡΜΜΑ



Διπλωματική εργασία

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



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

Εμμανουήλ Σπυρούλιας

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμίων  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς ΡΜΜΑ



Διπλωματική εργασία

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



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

Εμμανουήλ Σπυρούλιας

2024

Μικροκατεργασία Δοκιμών  
Θερμοπλαστικού Πολυμερούς ΡΜΜΑ

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!



Διπλωματική εργασία

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



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

Εμμανουήλ Σπυρούλιας