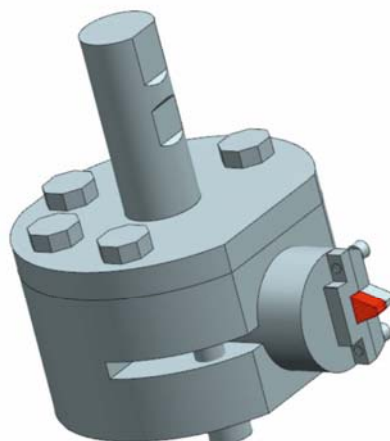


Σχεδιασμός και κατασκευή εργαλείου για την κοπή οδόντωσης με φραιζάρισμα με κύλιση με τη μέθοδο fly cutting



Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης



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



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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης

Στάθμη γνώσεων

- Οδοντωτοί τροχοί
- Κατηγορίες οδοντωτών τροχών
- Γεωμετρικά χαρακτηριστικά
- Διαδικασίες παραγωγής οδοντωτών τροχών

Κατασκευή πλήρους διάταξης μανέλας HOB

- Φλάντζα διάταξης
- Κυρίως σώμα κυλίνδρου
- Μανέλα
- Λάμα συγκράτησης κοπτικού εργαλείου

Ρύθμιση και λειτουργία μανέλας HOB

- Προσεγγιστικός υπολογισμός συνολικού βάρους διάταξης
- Μέθοδος εύρεσης θέσεων κύλισης για την χάραξη ενός αυλακιού

Αποτελέσματα

- Παρουσίαση αποτελεσμάτων για μια θέση κύλισης και τις θέσεις περιστροφής της



Δομή παρουσίασης

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



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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης



Μετωπικοί οδοντωτοί τροχοί



Κωνικοί οδοντωτοί τροχοί

Σύστημα ατέρμονα
κοχλία-κορώννα

Οδοντωτός κανόνας



Πλανητικό σύστημα

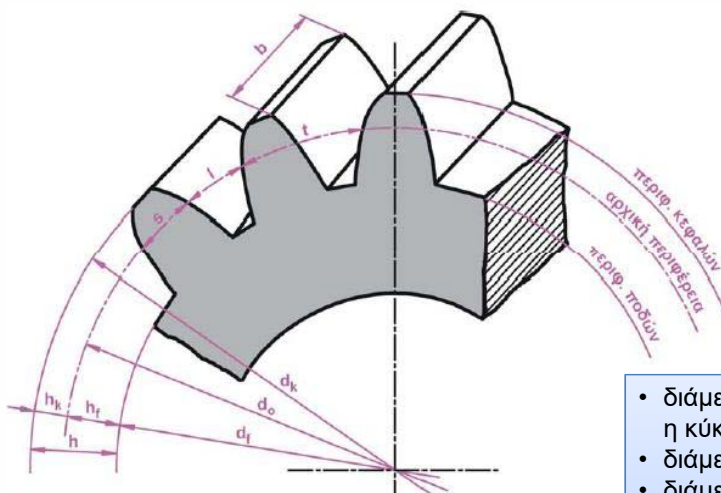


Κατηγορίες οδοντωτών τροχών

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


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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης



- διάμετρος αρχικού κύκλου η κύκλου κύλισης (d_o)
- διάμετρος κύκλου κεφαλής (d_a)
- διάμετρος κύκλου πόδα (d_f)
- πάχος οδόντων (s)
- ύψος κεφαλής (h_k)
- ύψος πόδα (h_f)
- ύψος οδοντα (h)
- μήκος δοντιού (b)
- βήμα (t)
- διάκενο(l)



Χαρακτηριστικά μεγέθη οδοντωτών τροχών

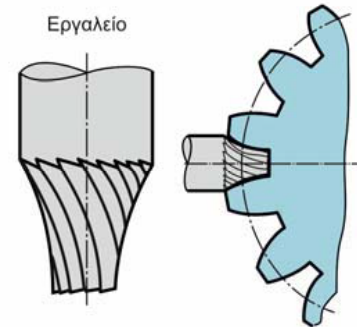
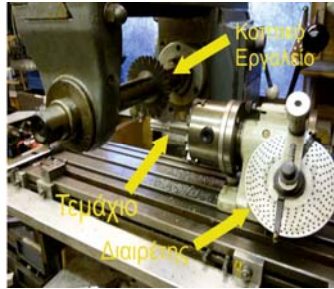
<http://www.m3.tuc.gr>


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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης

1) Με **εργαλείο μορφής**, με επιμέρους μεθόδους:

- Περιφερικό φραιζάρισμα με δισκοειδή φραιζα (κοπτήρας μορφής).
- Μετωπικό φραιζάρισμα με κονδυλοειδή φραιζα μορφής.



Μέθοδοι κοπής οδοντώσεων

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

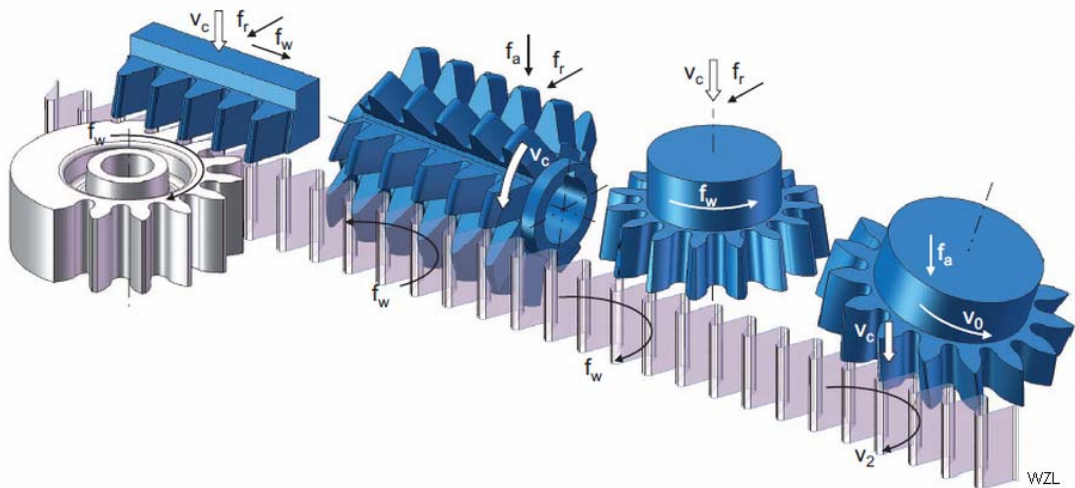


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης

2) Με **γένεση**, με επιμέρους μεθόδους:

- Φραιζάρισμα με κύλιση οδοντώσεων (gear hobbing)
- Πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων (gear shaping)
- Με οδοντωτό κανόνα (μέθοδος Maag)



Μέθοδοι κοπής οδοντώσεων

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



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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης

Η πλέον διαδεδομένη και αποδοτική τεχνολογία παραγωγής οδοντώσεων υψηλής ποιότητας.

τροχός

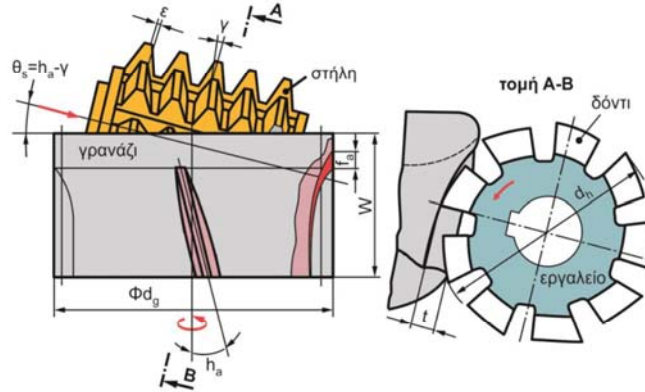
m: module
 z_2 : αριθμός δοντιών
 d_g : εξωτερική διάμετρος
 h_a : γων.ελίκωσης >0 δεξιά
 <0 αριστερά
 a_h : γωνία πίεσης

εργαλείο

m: module
 z_1 : αριθμός στηλών
 z_1 : αριθμός αρχών
 d_h : εξωτερική διάμετρος
 ϵ : αξονικό βήμα
 γ : γωνία ελίκωσης

συνθήκες

t: βάθος κοπής
 f_a : πρόωση >0 ομόρροπο
 <0 αντίρροπο



2019

Σχεδιασμός και κατασκευή εργαλείου για την κοπή οδοντώσεων με φραιζάρισμα με κύλιση με τη μέθοδο fly cutting



Φραιζάρισμα με κύλιση οδοντώσεων

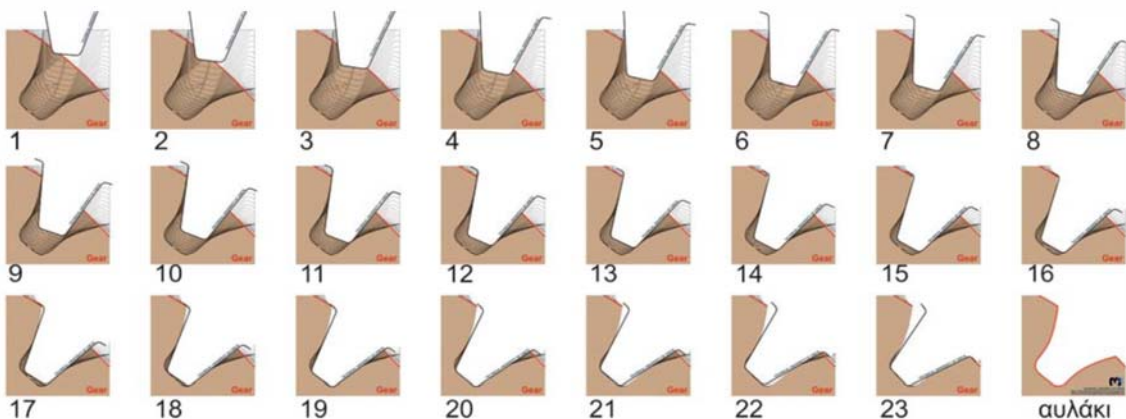
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης

Διαδοχικές θέσεις κύλισης για κατεργασία ενός αυλακιού



2019

Σχεδιασμός και κατασκευή εργαλείου για την κοπή οδοντώσεων με φραιζάρισμα με κύλιση με τη μέθοδο fly cutting



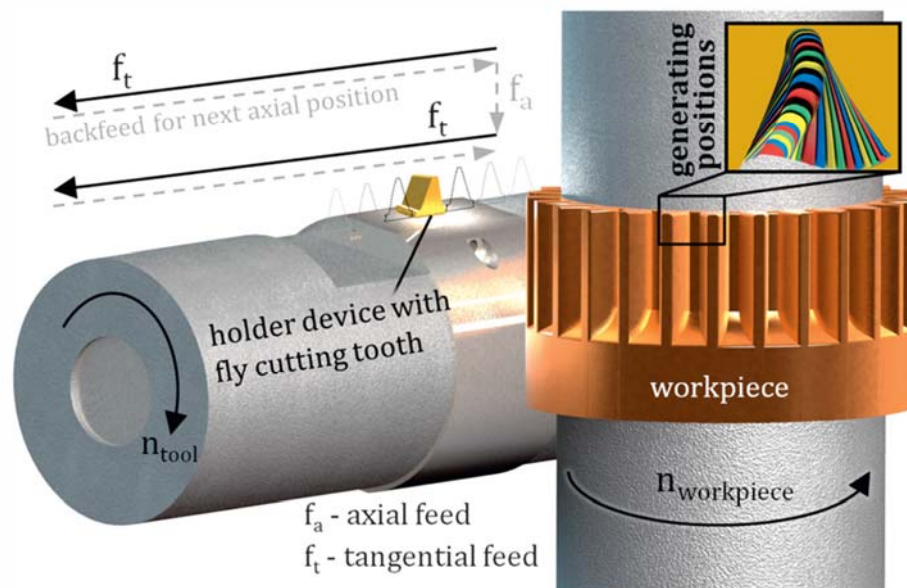
Θέσεις κύλισης κατεργασίας φραιζαρίσματος με κύλιση οδοντώσεων

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



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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης



Cemented carbide tools in high speed gear hobbing applications

B. Karpuschewski, M. Beutner, M. Kochig, M. Wengler



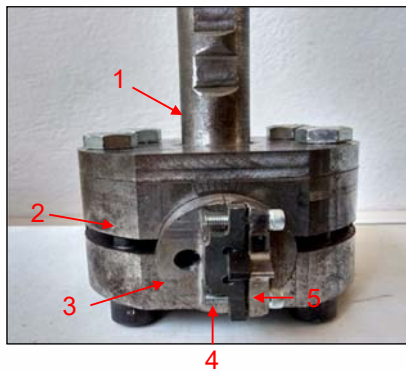
Προσομοίωση κατεργασίας φραιζαρίσματος με κύλιση οδοντώσεων

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



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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης



Αποτελείται από:

- Φλάντζα σύνδεσης κυρίου σώματος κυλίνδρου με κωνικό τσοκ συγκράτησης
- Κύριο σώμα κυλίνδρου
- Περιστρεφόμενη μανέλα τοποθέτησης κοπτικού εργαλείου
- Λάμα συγκράτησης κοπτικού εργαλείου
- Κοπτικό εργαλείο-βίδι.

Διαθέτει:

- 5 οπές διαμέτρου 10 mm για τη σύνδεση της με το κυρίως σώμα του κυλίνδρου
- Εσοχή διαμέτρου 40mm για το σωστό κεντράρισμα με το κυρίως σώμα του κυλίνδρου
- Άξονα διαμέτρου 24.96mm με κατάλληλες επίπεδες διαμορφώσεις για τη σύσφιξη της με το κωνικό τσοκ συγκράτησης
- Κεφαλή διαμέτρου 100mm και πάχους 10mm.



Μέρη διάταξης μανέλας Hob

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



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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης



Διαθέτει:

- 5 οπές σπειρωμάτων M10x1.5mm για τη σύνδεση του με την κεφαλή της φλάντζας
- Κυκλική εξοχή διαμέτρου 40mm για το σωστό κεντράρισμα με τη φλάντζα
- Κυκλική εσοχή διαμέτρου 40mm και βάθους 40mm για την είσοδο της μανέλας
- Αυλάκωση πάχους 6mm και βάθους 40mm
- 2 οπές σπειρωμάτων M10x1 για τη σύσφιξη της μανέλας
- Κατάλληλα διατεταγμένες γραμμές μοιρών για θέσεις περιστροφής -20 ως +20 μοίρες.



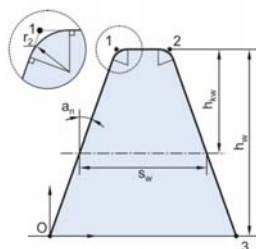
Διαθέτει:

- Βάση κατάλληλη για την τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου
- 2 οπές διαμέτρου 4mm για τη συγκράτηση της λάμας.



Διαθέτει:

- Κατάλληλα διαμορφωμένη εσοχή για την είσοδο του κοπτικού εργαλείου
- 2 οπές σπειρωμάτων M4x0.8mm για τη σύσφιξη της λάμας με τη μανέλα



Σημείο 1

$$x_1 = h_w \tan a_n$$

$$y_1 = h_w$$

Σημείο 2

$$x_2 = x_1 + s_w - 2h_{kw} \tan a_n$$

$$y_2 = h_w$$

Σημείο 3

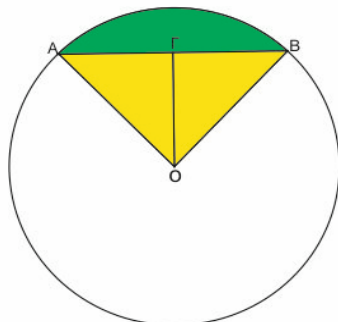
$$x_3 = x_2 + h_w \tan a_n$$

$$y_3 = 0$$

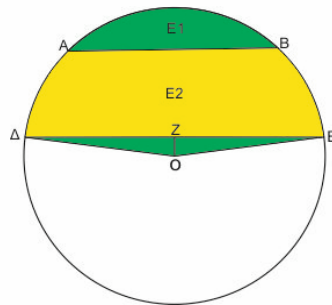
Μέγεθος	Δεδομένα	Σχέση
h_w	m_n	$h_w \geq 2.25 m_n$
s_w	m_n	$s_w = 0.5 \pi m_n$
h_{kw}	m_n	$h_{kw} = 1.25 m_n$
r_2	m_n	$r_2 = 0.2 m_n$

Η κατατομή του κοπτικού εργαλείου σχεδιάζεται σύμφωνα με την κατατομή αναφοράς DIN-3972





$$E = r^2 * \left[\left(\frac{\pi * \hat{O}}{360} \right) - \frac{\sin(\hat{O})}{2} \right]$$



$$E_2 = \pi r^2 \frac{\hat{O}}{360} - \left(r^2 * \left[\left(\frac{\pi * \hat{O}}{360} \right) - \frac{\sin(\hat{O})}{2} \right] \right) - r^2 \frac{\sin(\hat{O})}{2}$$

Ονομασία	Βάρος μετά το πέρας των υπολογισμών	Πραγματικό βάρος
Φλάντζα	0.796kg	0.743kg
Κυρίως σώμα κυλίνδρου	2,343kg	2.420kg
Μανέλα	0,574kg	0.548kg
Υπόλοιπη διάταξη	0.019kg	0.019kg
Συνολικό βάρος	3.732kg	3.73kg



Βασικές γεωμετρικές εξισώσεις για τον προσεγγιστικό τρόπο υπολογισμού αφαιρούμενης μάζας μετά το πέρας κάθε κατεργασίας

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



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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης



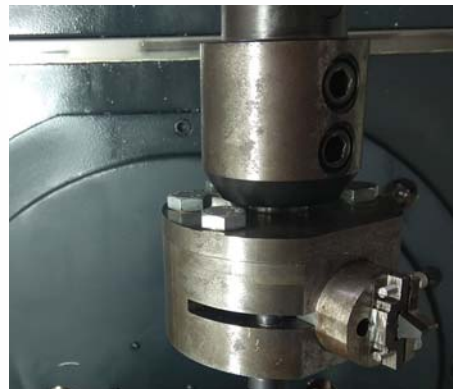
Τοποθέτηση φλάντζας διάταξης μαζί με κωνικό τσοκ συγκράτησης



Για τη σωστή μέτρηση του κοπτικού:

- Μετράται η απόσταση από τη βάση του μετρητικού έως το τέλος της φλάντζας
- Προστίθεται σε αυτήν την απόσταση το μισό μήκος του κυρίου σώματος του κυλίνδρου (25mm)

Σύσφιξη υπόλοιπης διάταξης



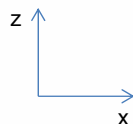
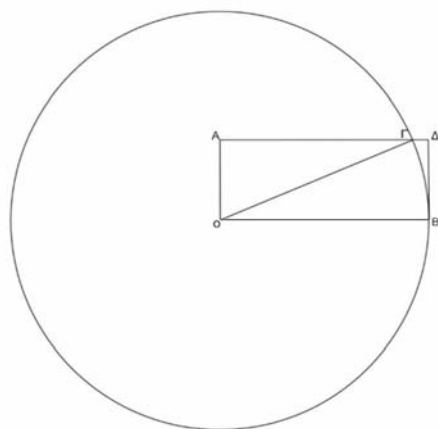
Ρύθμιση και τοποθέτηση πλήρους διάταξης μανέλας Hob

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



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

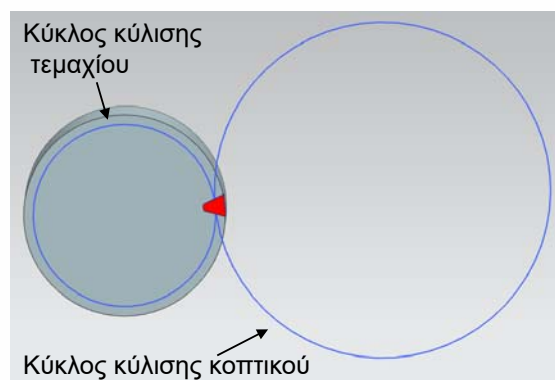
Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης



$$\begin{aligned} AD &= OB = r \\ AD &= AG + GD \rightarrow GD = r - AG \rightarrow GD = r \cdot \sin(90 - \theta) \\ GD &= r \cdot [1 - \sin(90 - \theta)] \end{aligned}$$

ΓΔ: Μετατόπιση που πρέπει να γίνει στον άξονα X για κίνηση του κοπτικού στη διεύθυνση του τμήματος ΔΒ

ΔΒ: Ευθεία κίνηση κοπής εργαλείου

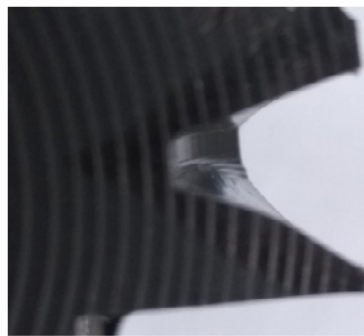
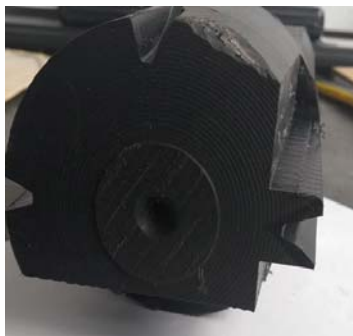


Γωνία (μοίρες)	Μετατόπιση X(mm)	Συντεταγμένες Άξονα X στη Φραιζα(mm)
0	0.000	71.000
1	0.006	71.006
2	0.024	71.024
3	0.055	71.055
4	0.097	71.097
5	0.152	71.152
6	0.219	71.219
7	0.298	71.298
8	0.389	71.389
9	0.492	71.492
10	0.608	71.608
11	0.735	71.735
12	0.874	71.874
13	1.025	72.025
14	1.188	72.188
15	1.363	72.363
16	1.550	72.550
17	1.748	72.748
18	1.958	72.958
19	2.179	73.179
20	2.412	73.412

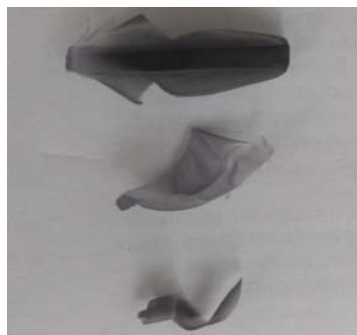
Εύρεση θέσεων κύλισης από 0 ως 20 μοίρες



Χάραξη αυλακιού οδόντωσης για θέσεις κύλισης 0 ως 20 μοίρες



Γεωμετρία αποβλήτου για θέσεις κύλισης 0 (πάνω), 5 (μέση) και 10 (κάτω)



Παρουσίαση αποτελεσμάτων

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


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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης

Συνοπτικά για την κατασκευή:

- Πολύπλοκη και χρονοβόρα κατασκευαστική διαδικασία
- Πραγματοποίηση ιδιοκατασκευών για επίλυση πρακτικών ζητημάτων
- Χρήση προγραμμάτων CAM αλλά και συγγραφής G-κώδικα
- Καλή προσέγγιση τελικού αποτελέσματος σύμφωνα με τον αρχικό σχεδιασμό

Για τα επόμενα στάδια της έρευνας προτείνεται:

- Μελέτη θεμάτων ζυγοστάθμισης
- Κατασκευή ελαφρύτερης διάταξης
- Μελέτη εναλλακτικών υλικών



Σύνοψη

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


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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης

2019

Σχεδιασμός και κατασκευή εργαλείου για την κοπή οδόντωσης με φραιζάρισμα με κύλιση με τη μέθοδο fly cutting



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



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

Μιλτιάδης Εμμανουήλ Καμπάκης