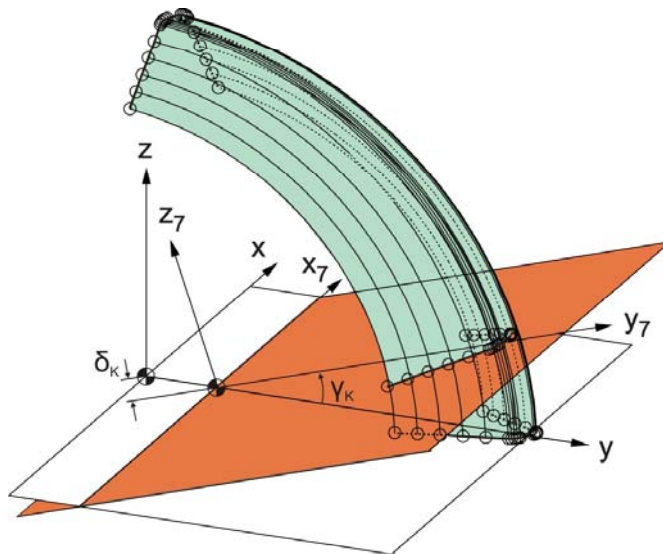


**ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΑΠΟΦΛΟΙΩΣΗΣ ΟΔΟΝΤΩΣΕΩΝ ΜΕ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ  
ΜΕ ΚΥΛΙΣΗ ΒΑΣΙΣΜΕΝΗ ΣΕ ΣΥΣΤΗΜΑ CAD**

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

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

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

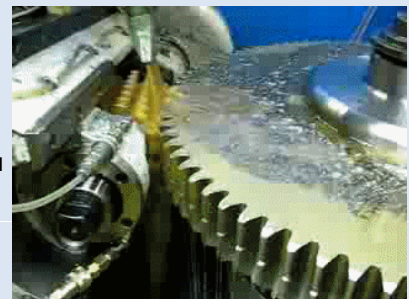
Ηλίας Αργυρός

Για την κατασκευή **οδοντώσεων** (γραναζιών) που λειτουργούν σε υψηλό αριθμό στροφών και με υψηλές ποιοτικές προδιαγραφές χρησιμοποιούνται αποκλειστικά κατεργασίες κοπής με κύλιση όπως:

- Το φραιζάρισμα με κύλιση
- Η πλάνιση με κύλιση
- Η πλάνιση με κύλιση με οδοντωτό κανόνα

Για την αποπεράτωση των οδοντώσεων χρησιμοποιούνται κατεργασίες όπως:

- Η παραδοσιακή λείανση
- Το φραιζάρισμα αποφλοίωσης με κύλιση



Το **φραιζάρισμα με κύλιση** (Gear Hobbing) είναι η κύρια μέθοδος κοπής εξωτερικών οδοντώσεων. Το φραιζάρισμα με κύλιση συνήθως ακολουθεί η λείανση ως κατεργασία αποπεράτωσης.

Το **φραιζάρισμα αποφλοίωσης με κύλιση** (Gear Skiving) είναι μία από τις μεθόδους κατεργασίας για την αποπεράτωση των οδοντώσεων. Η χρήση του ως φινιρίσμα ενδείκνυται για σκληρά υλικά και κυρίως για ήδη ενανθρακωμένες παρειές.



Κατεργασίες κοπής οδοντώσεων

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

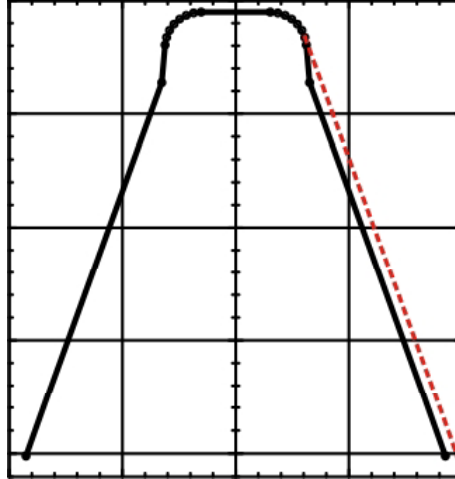
Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Ηλίας Αργυρός

Η διαδικασία της αποφλοιώσης διακρίνεται στα παρακάτω στάδια:

1. Προκατεργασία (Προφραιζάρισμα) με φραιζάρισμα κύλισης.
2. Θερμική κατεργασία
3. Αποπεράτωση των οδοντώσεων με την κατεργασία του φραιζαρίσματος αποφλοιώσης με κύλιση (Gear Skiving).

Η προκατεργασία του φραιζαρίσματος με κύλιση πραγματοποιείται με εργαλείο με διορθωμένη κεφαλή (**Protuberanz**). Η χρήση του εργαλείου με διορθωμένη κεφαλή είναι απαραίτητη όταν έπεται της κατεργασίας φραιζαρίσματος αποφλοιώσης.



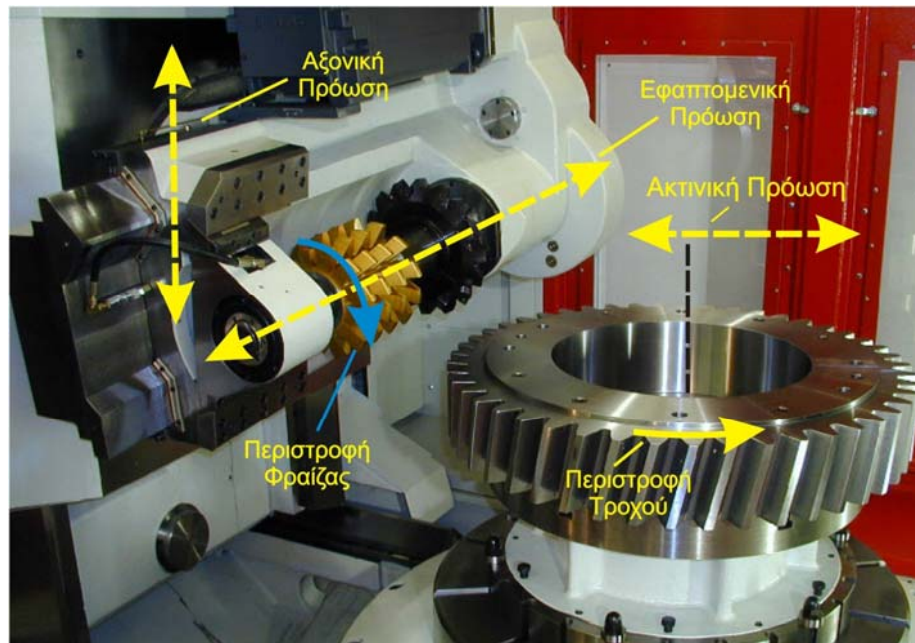
Στάδια κατεργασιών με τη χρήση της αποφλοιώσης

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



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

Ηλίας Αργυρός



Κινηματική της κατεργασίας του φραιζαρίσματος με κύλιση  
οδοντώσεων.

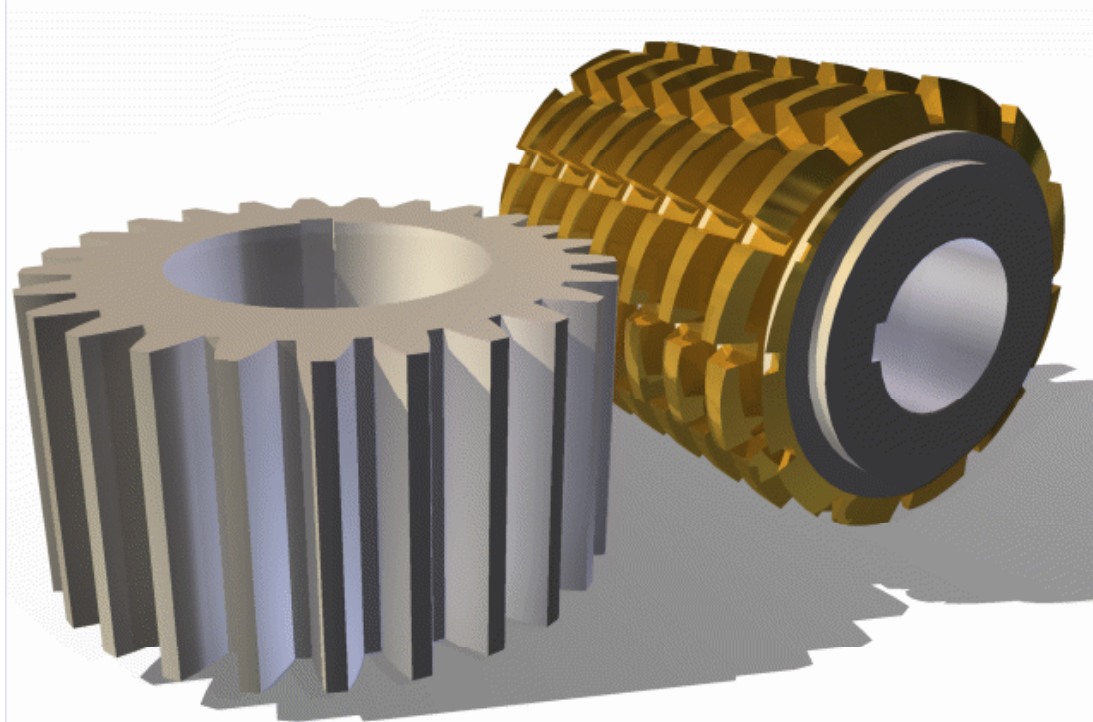
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ηλίας Αργυρός

2010



## Κινηματική της κατεργασίας του φραιζαρίσματος με κύλιση οδοντώσεων.

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

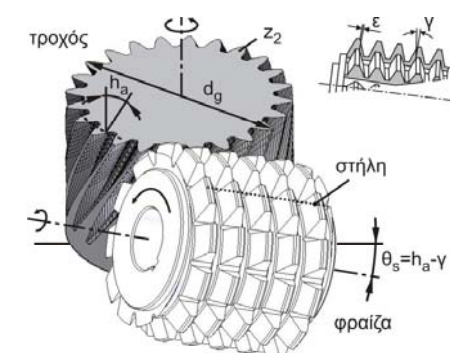


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

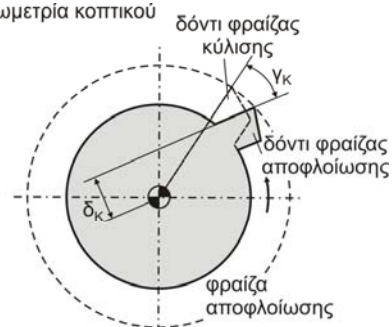
Ηλίας Αργυρός

6

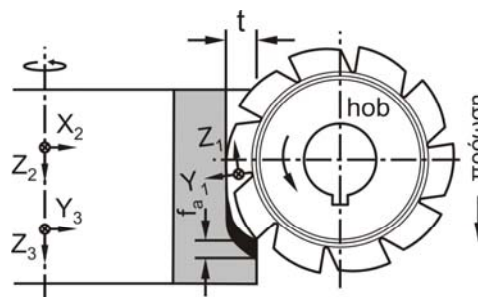
2010



Γεωμετρία κοπτικού



$\delta_k$  : απόσταση επιφάνειας αποβλήτου  
 $\gamma_k$  : γωνία κεφαλής



| Οδοντωτός τροχός                | Κοπτικό εργαλείο (Hob)                              | Κατεργασία                                              |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| $d_g$ : Διάμετρος τροχού        | $d_h$ : Διάμετρος φραιζας                           | $\theta_s$ : Γωνία κλίσεως<br>$\theta_s = h_a - \gamma$ |
| $h_a$ : Γωνία κλίσεως οδόντωσης | $\gamma$ : Γωνία ελικώσεως                          | $f_a$ : Αξονική πρόωση                                  |
| $z_2$ : Αριθμός δοντιών         | $z_1$ : Αριθμός αρχών                               | $t$ : Βάθος κοπής                                       |
| $w$ : Πλάτος τροχού             | $\epsilon$ : Αξονικό βήμα                           |                                                         |
|                                 | $n_1$ : Αριθμός στηλών                              |                                                         |
|                                 | $\gamma_k$ : Γωνία κεφαλής                          |                                                         |
|                                 | $\delta_k$ : Απόσταση επιπέδου επιφάνειας αποβλήτου |                                                         |



## Ορολογία στο ζεύγος φραιζα – κατεργαζόμενος τροχός.

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

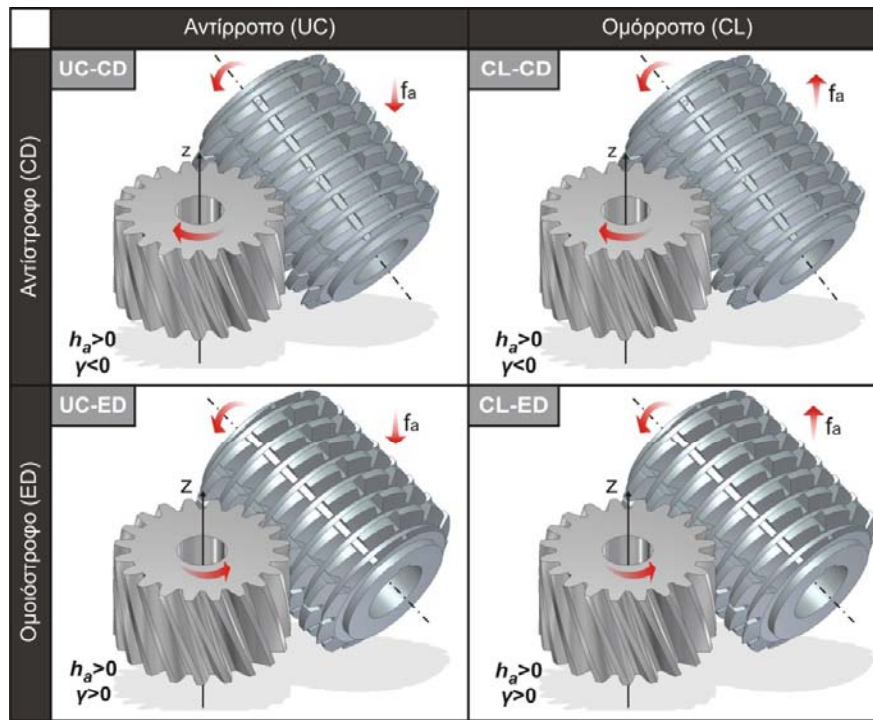


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Ηλίας Αργυρός



2010



### Παραλλαγές κατεργασίας φραιζαρίσματος με κύλιση

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

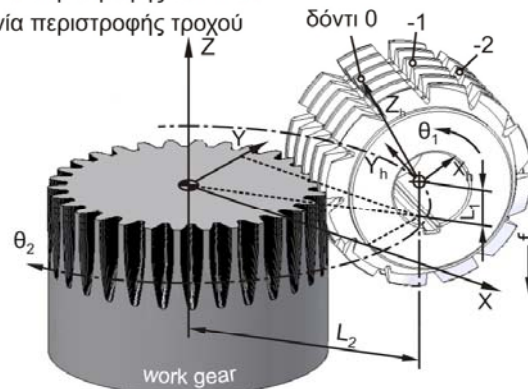

Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Ηλίας Αργυρός

2010

$\theta_1$  : Γωνία περιστροφής κοπτικού

$\theta_2$  : Γωνία περιστροφής τροχού



$L_1$  : Κατακόρυφη απόσταση κοπτικού-τροχού

$L_2$  : Οριζόντια απόσταση κοπτικού-τροχού  $L_2 = d_h/2 + d_g/2 - t$

Κατά την προσομοίωση της κοπής όλες οι κινήσεις θεωρείται ότι πραγματοποιούνται από το κοπτικό εργαλείο ενώ ο τροχός παραμένει σταθερός.

Αρίθμηση των οδοντώσεων της φραιζας για τη γνώση της γεωμετρικής θέσης του κάθε δοντιού στον 3D χώρο.

- Δόντι 0 - Αρνητικά δόντια – Θετικά δόντια
- Δόντι 0 έχει διάνυσμα με αρχή το κέντρο του κοπτικού  $C_H$  και τέλος τη μέση της κεφαλής του.
- Μέτρο διανύσματος  $v_0 = d_h/2$



### Κινηματική της κατεργασίας φραιζαρίσματος με κύλιση

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

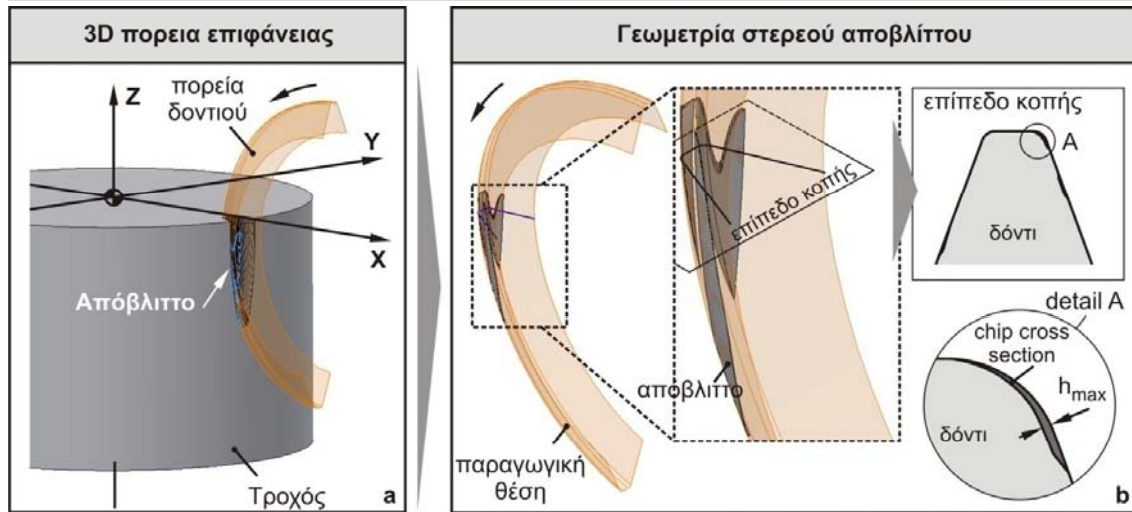

Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Ηλίας Αργυρός

2010

Για την προσομοίωση της κατεργασίας στο CAD η βασική ιδέα ήταν η εξής:

1. Δημιουργία ενός κυλίνδρου που αποτελεί το κατεργαζόμενο τροχό.
2. Η δημιουργία της 3D επιφάνειας που διαγράφει το κάθε δόντι του κοπτικού εργαλείου ως προς τον κατεργαζόμενο τροχό λαμβάνοντας υπόψη όλες τις κινήσεις της κατεργασίας (ίδια αρχή αξόνων με τροχό).
3. Συναρμολόγηση (assembly) μεταξύ κυλίνδρου-3D επιφάνειας δοντιού
4. Αποβλίπτο από την τομή της συναρμολόγησης
5. Τελική αυλάκωση με το πέρασμα όλων των οδοντώσεων



Διαδικασία προσομοίωσης

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

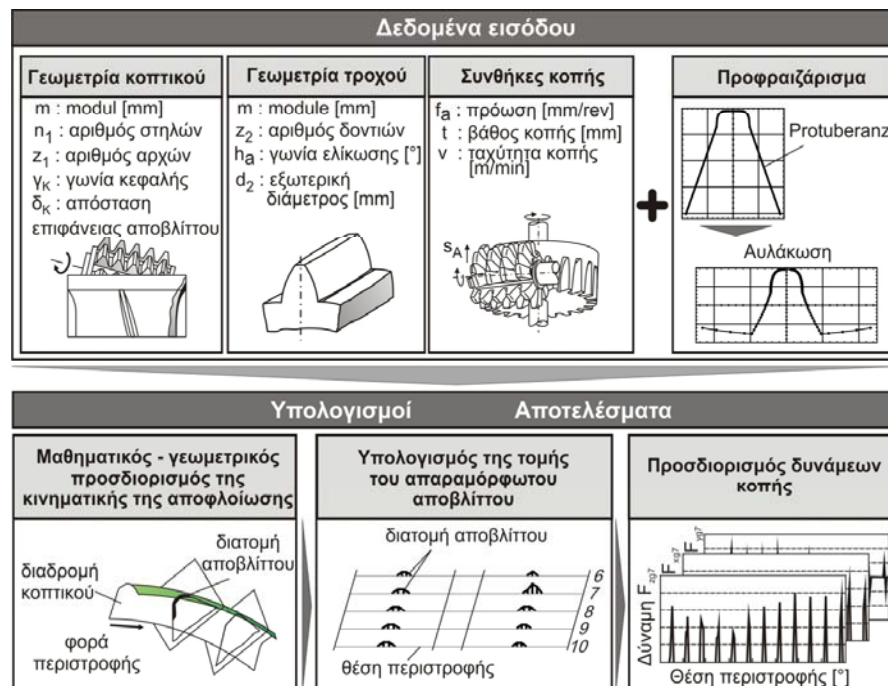


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Ηλίας Αργυρός

2010

Η κατεργασία φραιζαρίσματος αποφλοίωσης με κύλιση αποτελεί μέθοδο αποπεράτωσης και στα δεδομένα απαιτείται η γεωμετρία της αυλάκωσης, δεδομένου ότι έχει προηγηθεί κοπή με φραιζάρισμα κύλισης με εργαλείο με διορθωμένη κεφαλή.



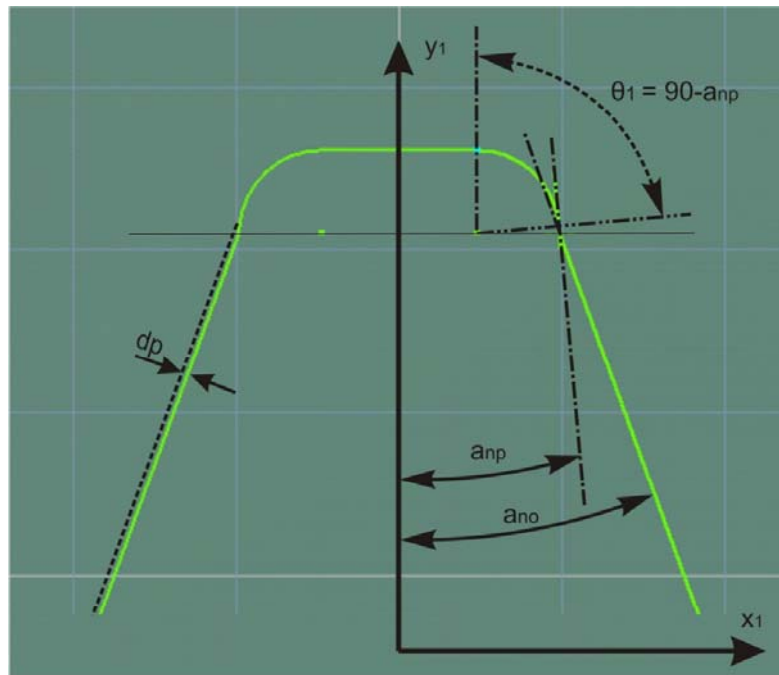
Διαδικασία υπολογισμού αποβλίπτων στο φραιζάρισμα αποφλοίωσης οδοντώσεων με κύλιση.

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



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

Ηλίας Αργυρός



Το εργαλείο με διορθωμένη κεφαλή υπολογίζεται για κάποια απόσταση  $\delta p$  στην παρειά που σχετίζεται με το **επιδιωκόμενο εναπομένον πάχος** στην παρειά του κατεργαζόμενου τροχού που πρόκειται να απομακρυνθεί κατά την κατεργασία της αποφλοιώσης με κύλιση.



Υπολογισμός κοπτικής κατατομής του εργαλείου με διορθωμένη κεφαλή (Protuberanz) στο προφραιζάρισμα

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

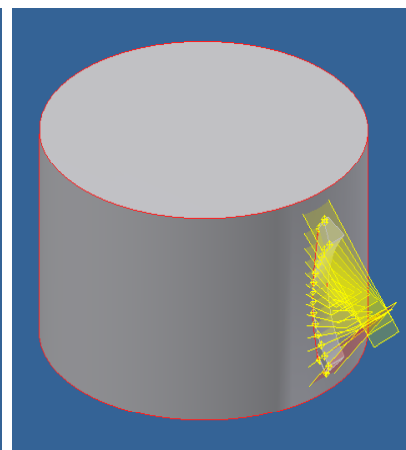
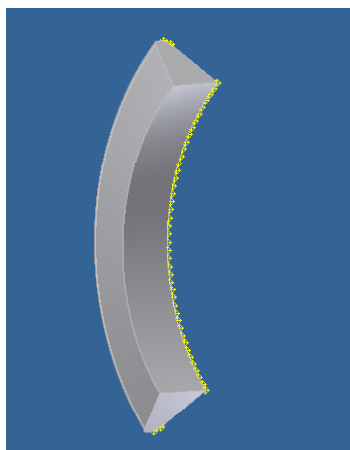
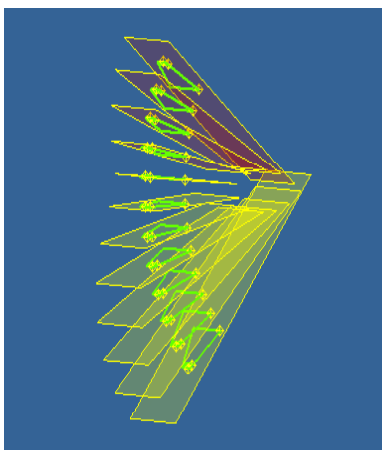


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Ηλίας Αργυρός

Για τη δημιουργία της τρισδιάστατης 3D πορείας που διαγράφει το κάθε δόντι του εργαλείου κοπής στο περιβάλλον CAD, απαιτείται να προσδιοριστούν τα **χωρικά επίπεδα** στα οποία σχεδιάζεται στο καθένα χωριστά, το προφίλ του εργαλείου Protuberanz.

Τα επίπεδα αναφοράς ουσιαστικά ορίζονται από τις στιγμιαίες θέσεις της επιφάνειας αποβλήτου του κοπτικού δοντιού κατά τη διάρκεια μιας διείσδυσης στον κατεργαζόμενο τροχό. Το πλήθος των επιπέδων αναφοράς καθορίζει και την ακρίβεια υπολογισμού του αποβλήτου.



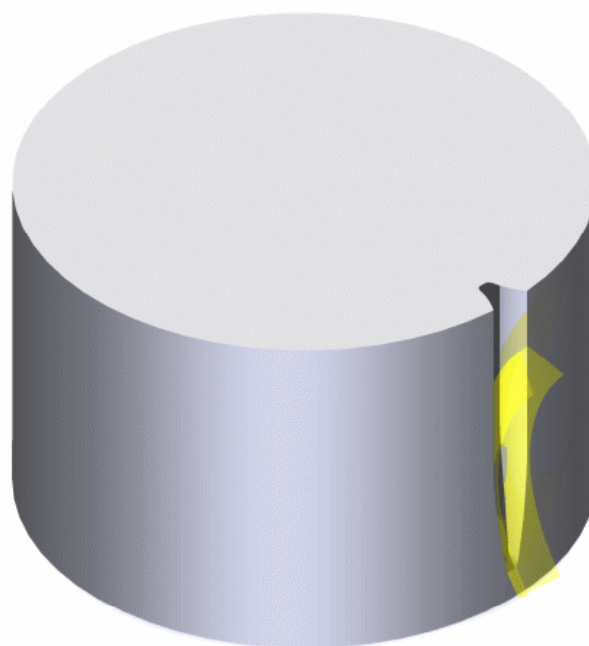
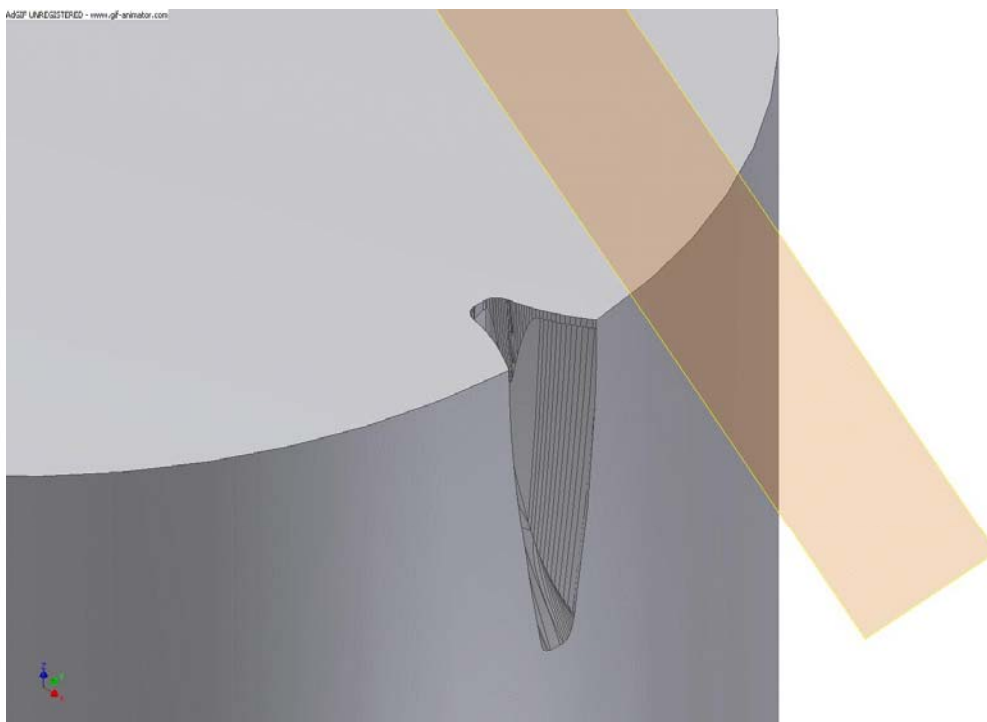
Δημιουργία της 3D επιφάνειας του δοντιού

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



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

Ηλίας Αργυρός





Κατά την περιστροφή ενός δοντιού του κοπτικού εργαλείου κατά γωνία  $d\_phi$  ως προς τον άξονα του, ταυτόχρονα πρέπει να υπολογιστούν, τόσο η περιστροφική κίνηση του εργαλείου ως προς τον κατακόρυφο άξονα του κατεργαζόμενου τροχού, όσο και η κατακόρυφη πρόωση που λαμβάνουν χώρα στον ίδιο χρόνο. Ανάλογα με το πλήθος των επιπέδων αναφοράς που απαιτούνται για την προσομοίωση, πραγματοποιούνται και τόσες περιστροφές του δοντιού κατά γωνία  $d\_phi$ .

### Στάδιο 1

Προσδιορισμός του **κέντρου** του κοπτικού εργαλείου στον τρισδιάστατο χώρο XYZ, για κάθε επιπλέον περιστροφή του δοντιού του κοπτικού εργαλείου κατά  $d\_phi$ .



Προσδιορισμός των επιπέδων αναφοράς στον τρισδιάστατο χώρο

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

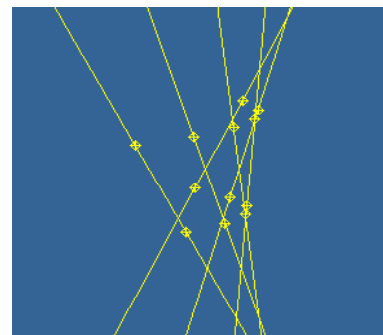
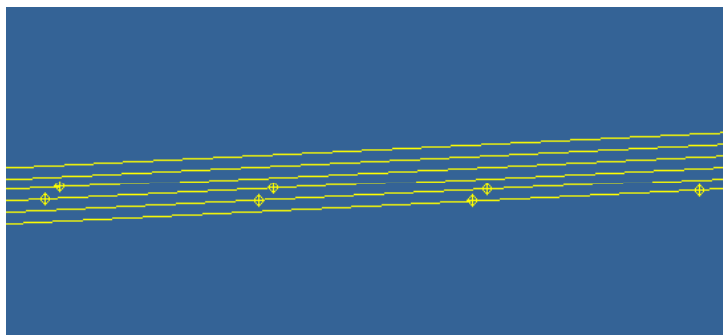


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Ηλίας Αργυρός

### Στάδιο 2

Σχεδιασμός ενός ακόμη σημείου το οποίο βρίσκεται πάνω στον άξονα περιστροφής του εργαλείου κοπής. Σχεδιάζοντας μια γραμμή που ενώνει τα δυο σημεία δημιουργήθηκε ο **άξονας περιστροφής** του κοπτικού εργαλείου για κάθε διαδοχική θέση.



Προσδιορισμός των επιπέδων αναφοράς στον τρισδιάστατο χώρο

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



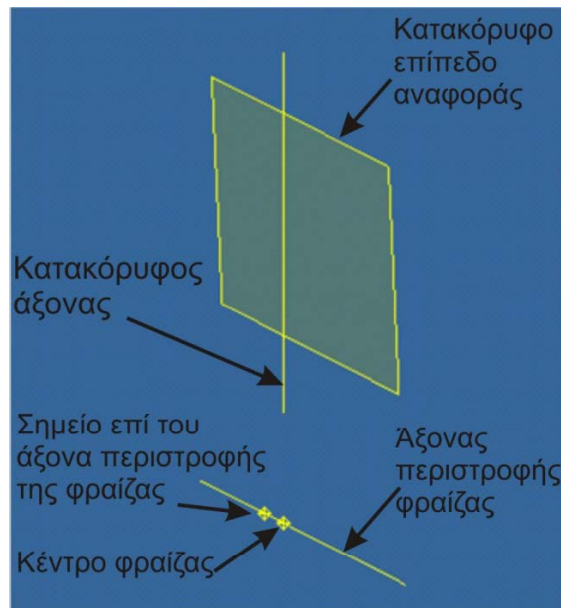
Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Ηλίας Αργυρός



**Στάδιο 3**

Μετά από την τοποθέτηση των αξόνων περιστροφής και αφού πριν σχεδιάστηκε ένας κατακόρυφος άξονα ο οποίος τέμνει τον άξονα περιστροφής του κοπτικού εργαλείου, δημιουργήθηκε για κάθε διαδοχική θέση ένα **κατακόρυφο επίπεδο αναφοράς**.



Προσδιορισμός των επιπέδων αναφοράς στον τρισδιάστατο χώρο

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



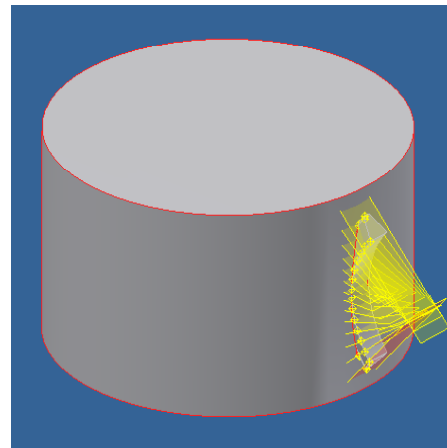
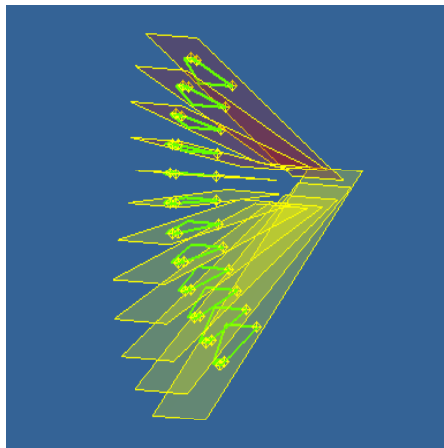
Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Ηλίας Αργυρός

**Στάδιο 4**

Έγινε **περιστροφή του κατακόρυφου επιπέδου** ως προς τον άξονα περιστροφής από τον οποίο προήλθε, κατά γωνία  $\rho h i$ , όπου  $\rho h i$  ισούται με τη γωνία που έχει διαγράψει το δόντι του κοπτικού εργαλείου μέχρι την εκάστοτε θέση, δηλαδή  $\rho h i = \theta \epsilon \sigma \eta\_i \cdot d\_ \rho h i$ .

Κατά την προσομοίωση της θέσης κύλισης 0, η μέση της κεφαλής του δοντιού τοποθετήθηκε σε απόσταση μηδενική από τον κατακόρυφο άξονα, ο οποίος τέμνει κάθετα τον άξονα περιστροφής στο κέντρο του εργαλείου, ενώ για κάθε άλλη θέση κύλισης η αντίστοιχη απόσταση ισούται με  $d x_1$  όπου  $d x_1 = \theta \epsilon \sigma \eta\_ \kappa \upsilon \lambda \iota \sigma \eta \varsigma \cdot \epsilon$ .



Προσδιορισμός των επιπέδων αναφοράς στον τρισδιάστατο χώρο

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



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

Ηλίας Αργυρός

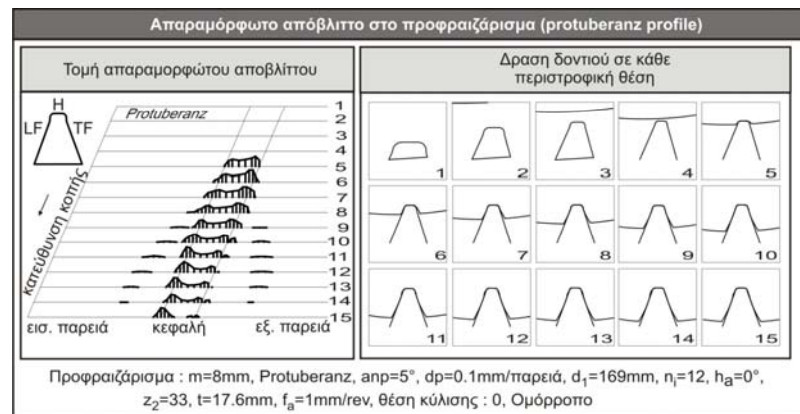
2010



**Φραιζα**  
 $m=8\text{mm}$ ,  $a_{np}=5^\circ$   
 $d=169\text{mm}$ ,  $n_1=12$

**Τροχός**  
 $z_2=33$ ,  $h_a=0^\circ$

**Κατεργασία**  
 θέση κύλισης 0  
 $f_a=1\text{mm/wrev}$   
 $dp=0,1\text{mm/παρειά}$   
 $t=17,6\text{mm}$   
 Ομόρροπο



Ο μεγαλύτερος όγκος αποβλίττων για τη δημιουργία των οδοντώσεων αφαιρείται στο προφραιζάρισμα με εργαλείο με διορθωμένη κεφαλή (Protuberanz).



Απόβλιττα στο προφραιζάρισμα

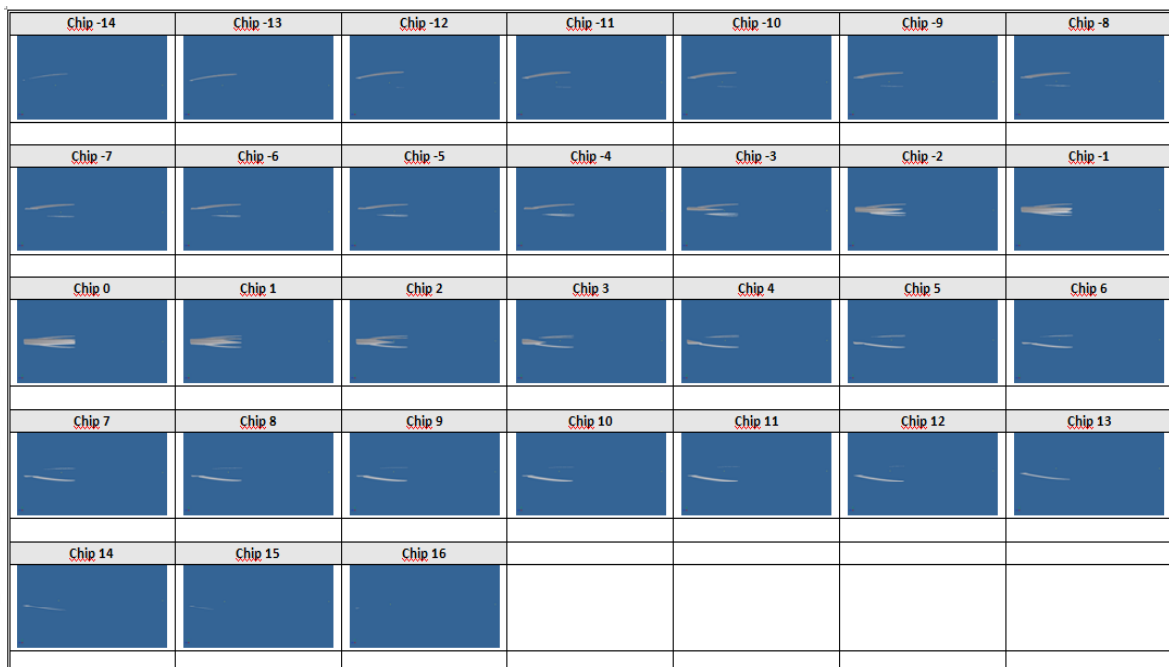
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ηλίας Αργυρός

2010



**Φραιζα** :  $m=8\text{mm}$ ,  $d_h=169\text{mm}$ ,  $n_1=12$ ,  $a_{np}=5^\circ$

**Τροχός** :  $z_2=33$ ,  $h_a=0^\circ$

**Κατεργασία** :  $f_a=1\text{mm/wrev}$ ,  $dp=0,1\text{mm/παρειά}$ ,  $t=17,6\text{mm}$ , Ομόρροπο



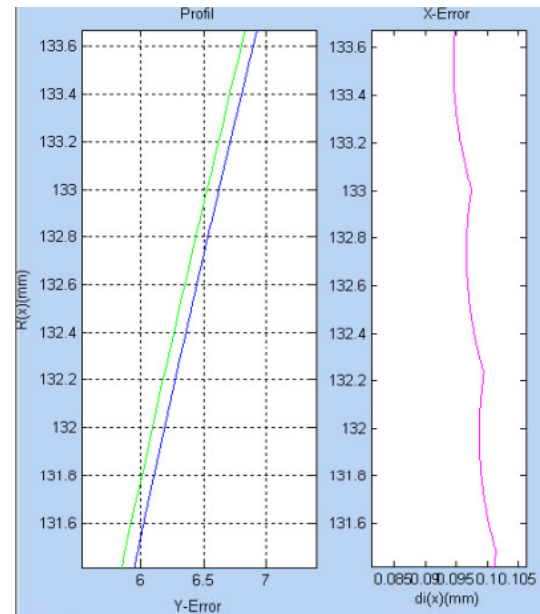
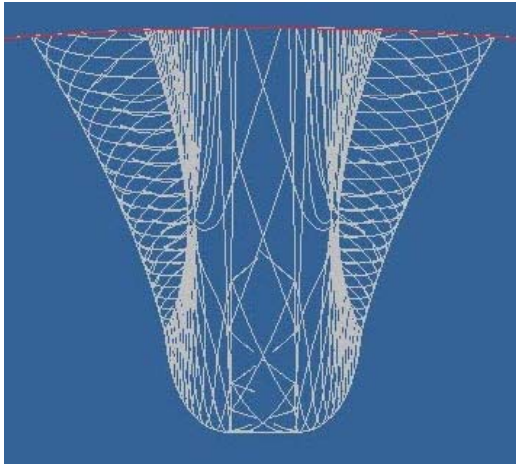
Απόβλιττα στο προφραιζάρισμα ( $f_a=1\text{mm/wrev}$ )

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



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

Ηλίας Αργυρός



**Φραιζα :**  $m=8\text{mm}$ ,  $d_h=169\text{mm}$ ,  $n_1=12$ ,  $\alpha_{np}=5^\circ$

**Τροχός :**  $z_2=33$ ,  $h_a=0^\circ$

**Κατεργασία :**  $f_a=1\text{mm/wrev}$ ,  $dp=0,1\text{mm/παρειά}$ ,  $t=17,6\text{mm}$ , Ομόρροπο



Αυτάκωση στο προφραιζάρισμα

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

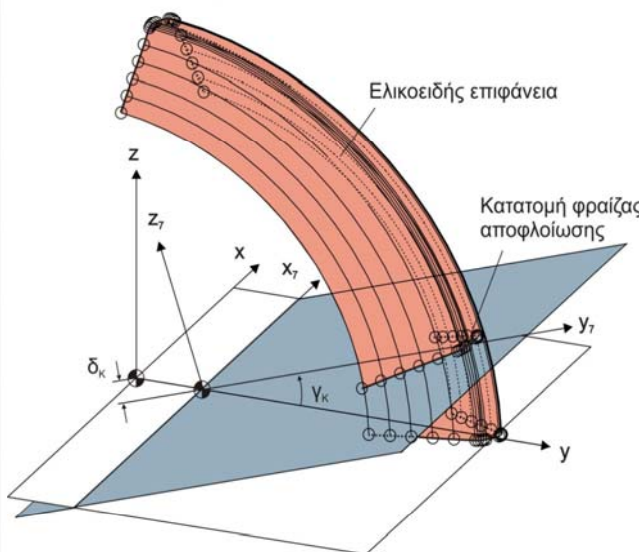


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

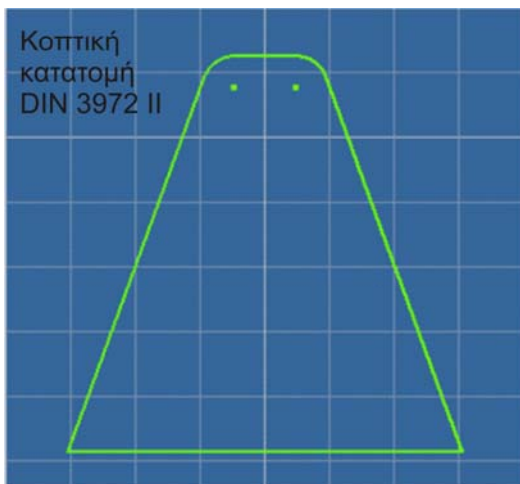
Ηλίας Αργυρός

Η κοπτική κατατομή, για την αποφλοίωση οδοντώσεων με κύλιση, προσδιορίζεται σαν η **τομή της έλικας** που διαγράφεται από την κίνηση της κοπτικής κατατομής με ένα επίπεδο που σχηματίζει διέδρη γωνία  $\gamma_k$  με το επίπεδο της κατατομής αναφοράς και απέχει απόσταση  $\delta_k$  από τον άξονα περιστροφής.

Κατατομή αποφλοίωσης



Σαν κατατομή αναφοράς για τη δημιουργία της ελικοειδούς επιφάνειας υπολογίστηκε η κατατομή κατά **DIN 3972 II**.



Υπολογισμός κοπτικής κατατομής του εργαλείου  
αποφλοίωσης (Skiving hob)

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

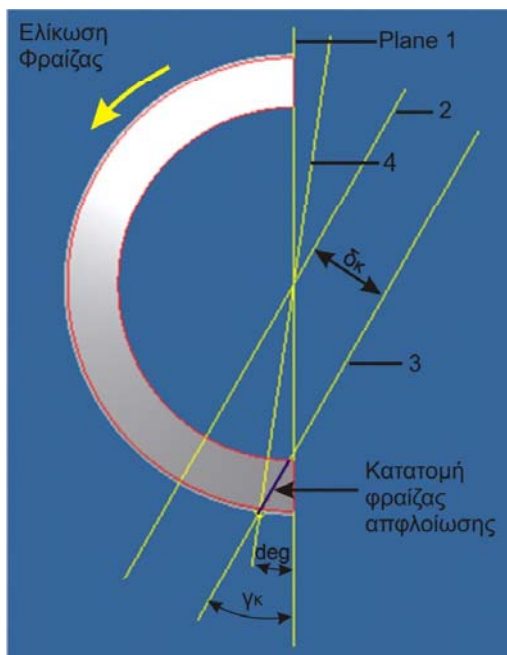


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Ηλίας Αργυρός



Για τον προσδιορισμό της κοπτικής κατατομής του φραιζαρίσματος αποφλοίωσης στο CAD, αρχικά τοποθετήθηκε το **Plane 2** το οποίο σχηματίζει διέδρη γωνία  $\gamma_k$  με το επίπεδο της κατατομής αναφοράς, ενώ στην συνέχεια τοποθετήθηκε το επίπεδο αναφοράς **Plane 3** παράλληλα σε απόσταση  $\delta_k$  από το Plane 2.



### Υπολογισμός κοπτικής κατατομής του εργαλείου αποφλοίωσης

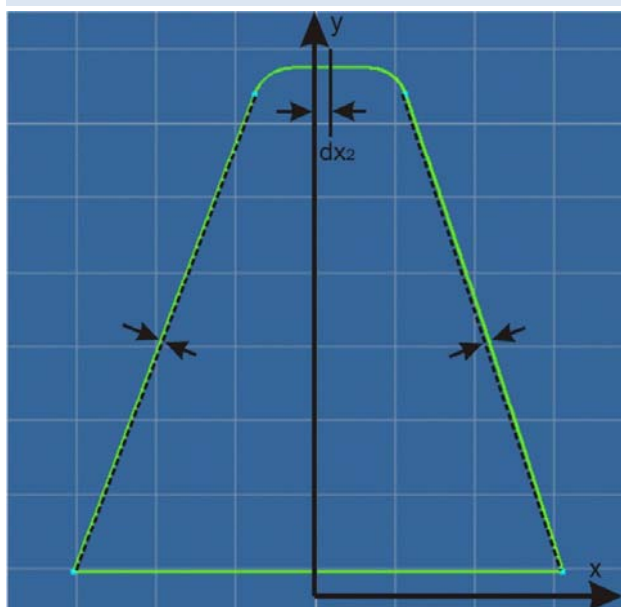
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ηλίας Αργυρός

Η, με αυτόν τον τρόπο, υπολογισμένη κοπτική κατατομή του φραιζαρίσματος αποφλοίωσης **δεν έχει ευθείες ακμές** όπως η κατατομή κατά DIN 3972 II, αλλά **καμπύλες** και μάλιστα και οι δύο παρειές είναι κυρτές. Η κοπτική κατατομή του φραιζαρίσματος αποφλοίωσης **δεν είναι συμμετρική** και έτσι οι αποκλίσεις από την ευθεία κάθε παρειάς δεν έχουν την ίδια τιμή. Η μέγιστη διαφορά από την ευθεία των καμπύλων κοπτικών ακμών εξαρτάται από τις τιμές των  $\gamma_k$  και  $\delta_k$ .



Η απόσταση  $dx_2$  εκφράζει την αξονική μετατόπιση της φραιζας αποφλοίωσης σε σχέση με την κατατομή της φραιζας κυλίσσεως λόγω της **ελίκωσης  $\gamma$**  του εργαλείου κοπής και του γεγονότος ότι η κατατομή της φραιζας κυλίσσεως **προηγείται** της κατατομής της φραιζας αποφλοίωσης. Η τιμή της απόστασης  $dx_2$  ισούται με:  $dx_2 = (deg \cdot e \cdot n_f) / 360$ .



### Κατατομή του εργαλείου αποφλοίωσης

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

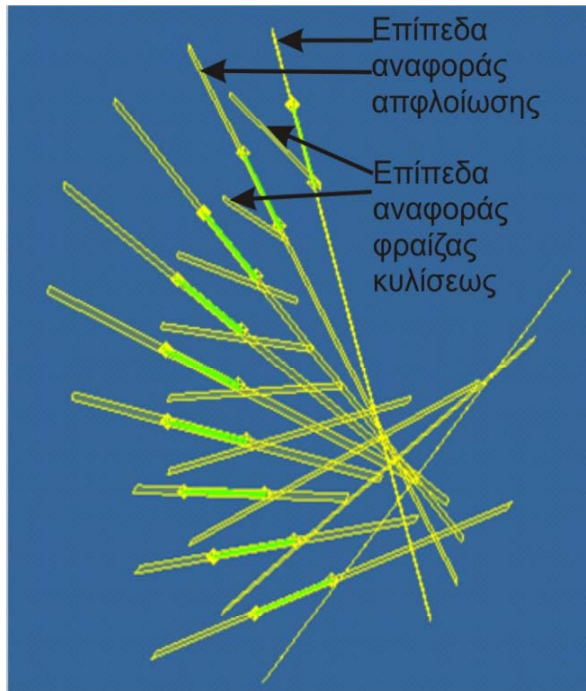


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Ηλίας Αργυρός

2010

Μετά τη δημιουργία των επιπέδων αναφοράς κυλίσεως, δημιουργήθηκαν τα **επίπεδα αναφοράς της αποφλοΐωσης** (Gear skiving) για δεδομένη γωνιά  $\gamma_k$  και απόσταση κατατομής αποβλίττου  $\delta_k$ .



Ο τύπος που δίνει τη σωστή τοποθέτηση της κοπτικής κατατομής είναι ο εξής:

$$x = dx_1 + dx_2, \text{ όπου } dx_1 = \text{θέση\_κύλισης} \cdot \varepsilon \text{ και } dx_2 = (\deg \cdot e \cdot n_1) / 360.$$



Προσδιορισμός των επιπέδων αναφοράς αποφλοΐωσης στον τρισδιάστατο χώρο

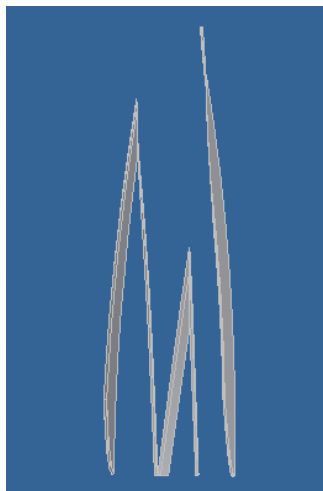
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ηλίας Αργυρός

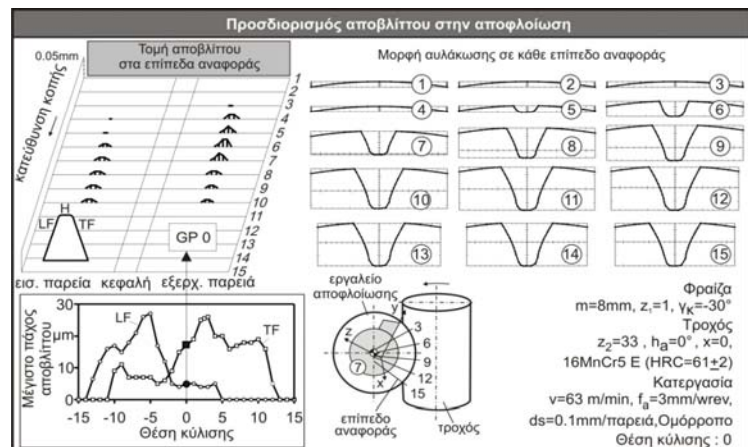
2010



**Φραιζα**  
 $m=8\text{mm}$ ,  $\alpha_{hp}=5^\circ$   
 $d=169\text{mm}$ ,  $n_1=12$   
 $\gamma_k=-30^\circ$ ,  $\delta_k=3,1\text{mm}$

**Τροχός**  
 $z_2=33$ ,  $h_a=0^\circ$

**Κατεργασία**  
Θέση κύλισης 0  
 $f_a=3\text{mm/wrev}$   
 $dr=0,1\text{mm/παρεία}$   
 $t=17,6\text{mm}$   
Ομόρροπο



Στο φραιζάρισμα αποφλοΐωσης τα απόβλιττα που δημιουργούνται είναι πολύ **μικρού πάχους** (της τάξης των 10-30μm). Το εργαλείο του φραιζαρίσματος αποφλοΐωσης δεν κόβει καθόλου απόβλιττο στην περιοχή της κεφαλής, μια και η βάση της οδόντωσης έχει διαμορφωθεί από το προφραιζάρισμα.



Απόβλιττα στην αποφλοΐωση

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



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

Ηλίας Αργυρός

|          |          |          |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Chip -16 | Chip -15 | Chip -14 | Chip -13 | Chip -12 | Chip -11 | Chip -10 |
| Chip -9  | Chip -8  | Chip -7  | Chip -6  | Chip -5  | Chip -4  | Chip -3  |
| Chip -2  | Chip -1  | Chip 0   | Chip 1   | Chip 2   | Chip 3   | Chip 4   |
| Chip 5   | Chip 6   | Chip 7   | Chip 8   | Chip 9   | Chip 10  | Chip 11  |
| Chip 12  | Chip 13  | Chip 14  | Chip 15  |          |          |          |

**Φραιζα :**  $m=8\text{mm}$ ,  $d_h=169\text{mm}$ ,  $n_1=12$ ,

$\gamma_k=-30^\circ$ ,  $\delta_k=3,1\text{mm}$

**Τροχός :**  $z_2=33$ ,  $h_a=0^\circ$

**Κατεργασία :**  $f_a=3\text{mm/wrev}$ ,

$dp=0,1\text{mm/παρειά}$ ,  $t=17,6\text{mm}$ ,

Ομόρροπο, θέση κύλισης 0



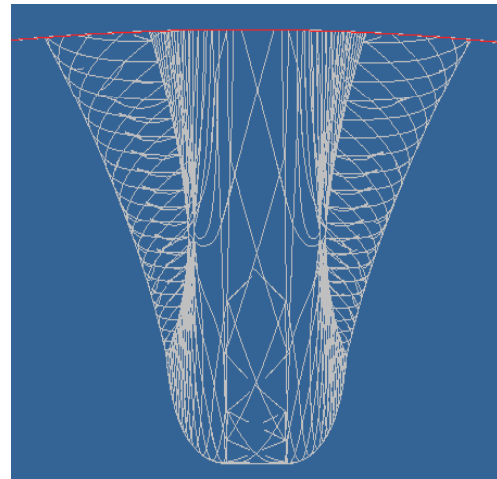
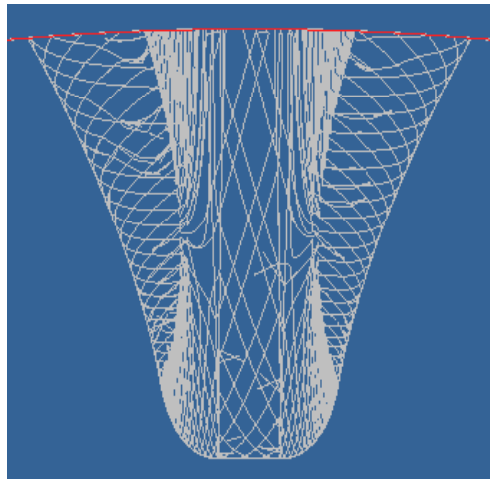
Απόβλιπτα στην αποφλοΐωση ( $f_a=3\text{mm/wrev}$ )

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



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

Ηλίας Αργυρός



**Φραιζα :**  $m=8\text{mm}$ ,  $d_h=169\text{mm}$ ,  $n_1=12$ ,

$\gamma_k=-30^\circ$ ,  $\delta_k=3,1\text{mm}$

**Τροχός :**  $z_2=33$ ,  $h_a=0^\circ$

**Κατεργασία :**  $f_a=3\text{mm/wrev}$ ,

$dp=0,1\text{mm/παρειά}$ ,  $t=17,6\text{mm}$ ,

Ομόρροπο



Αυλάκωση στην αποφλοΐωση

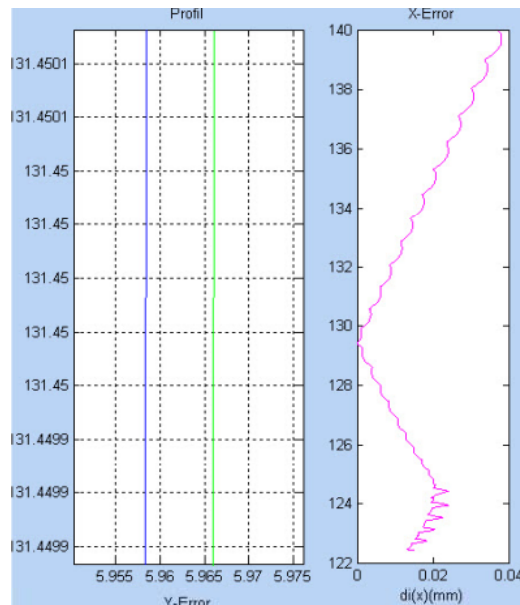
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ηλίας Αργυρός





**Φραιζα :**  $m=8\text{mm}$ ,  $d_h=169\text{mm}$ ,  $n_1=12$ ,

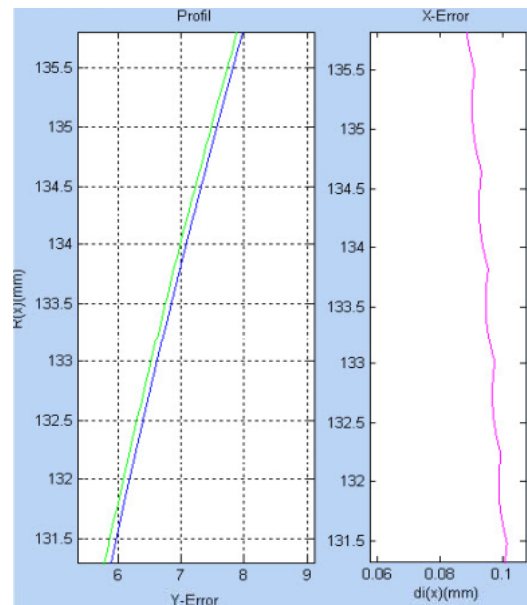
$\gamma_k=-30^\circ$ ,  $\delta k=3,1\text{mm}$

**Τροχός :**  $z_2=33$ ,  $h_a=0^\circ$

**Κατεργασία :**  $f_a=3\text{mm/wrev}$ ,

$d_p=0,1\text{mm/παρειά}$ ,  $t=17,6\text{mm}$ ,

Ομόρροπο



Αυτάκωση στην αποφλοΐωση

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

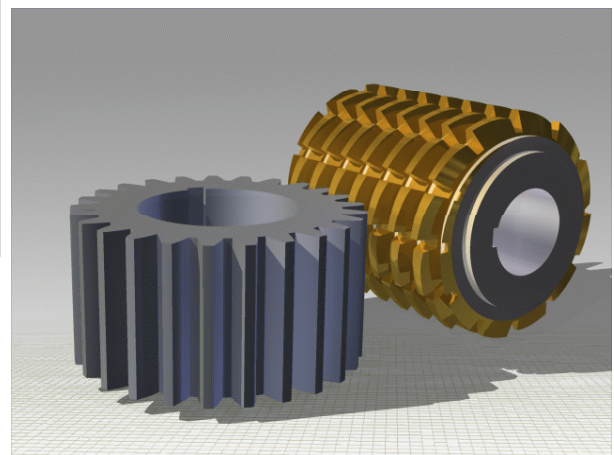


Dept. of Production Eng. & Management  
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab  
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Ηλίας Αργυρός

## Βιβλιογραφία

- Sulzer, G., (1973) Leistungssteigerung bei der Zylinderradherstellung durch genaue Erfassung der Zerspankindematik, Dissertation, TH Aachen
- Antoniadis, A., (1989) Determination of the impact tool stresses during gear hobbing and determination of cutting forces during hobbing of hardened gears, Dissertation, Aristotle University of Thessaloniki
- Dimitriou, V., Vidakis, N., Antoniadis, A., (2006) Advanced Computer Aided Design Simulation of Gear Hobbing by means of 3-Dimensional Kinematics Modeling. ASME Journal of Manufacturing Science & Engineering.
- Petri, H., (1975) Zahnhuß – Analyse bei außenverzahnten Evolventenstimraedern : Teil III Berechnung, Antriebstechnik 14, Nr 5:289-297
- DIN 3972 (1992) Bezugsprofile von Verzahnwerkzeugen fuer Evolventen-Verzahnungen nach DIN 867. Taschenbuch 106, Beuth Verlag



Ευχαριστώ για την προσοχή σας !



Βιβλιογραφία

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



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

Ηλίας Αργυρός