

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



Αντωνιάδης Αριστομένης
Μπιλάλης Νικόλαος
Κουλουριδάκης Παύλος

Δανδούτη Εμμανουέλα

Πολυτεχνείο Κρήτης - Χανιά 2021

2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



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

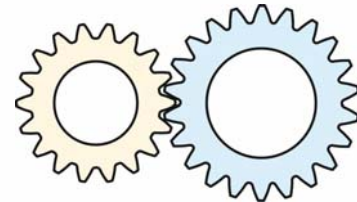


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

2

Περιεχόμενα



1. Εισαγωγή
2. Στάθμη γνώσεων και βασικοί ορισμοί
3. Πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων
4. Άλλα προσομοιωτικά Μοντέλα
5. Προσομοιωτικό Μοντέλο
6. Αποτελέσματα
7. Λογισμικό μοντέλου
8. Μελλοντικές Κατευθύνσεις
9. Βιβλιογραφία

2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



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



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

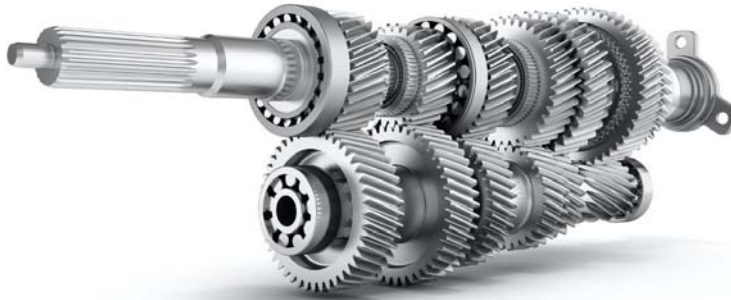
Δανδούτη Εμμανουέλα

Οδοντωτοί τροχοί

1

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

- Μεταδίδουν κίνηση και ισχύ
- Κινητήριος τροχός – Συνεργαζόμενος τροχός
- Ποικίλες διαστάσεις



2021



1. Εισαγωγή

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


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

Δανδούτη Εμμανουέλα

4

Είδη οδοντωτών τροχών

2

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

1. Μετωπικούς οδοντωτούς τροχούς
2. Κωνικούς τροχούς
3. Ατέρμονες κοχλίες – κορώνες



προσφορά της Boston Gear



προσφορά της Boston Gear

1. ευθείας οδόντωσης
2. ελικοειδούς/πλάγιας οδόντωσης
3. τοξοειδούς οδόντωσης

2021



2. Στάθμη γνώσεων και βασικοί ορισμοί

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


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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Γεωμετρία οδοντωτών τροχών

2

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

Μέτρο οδόντωσης m

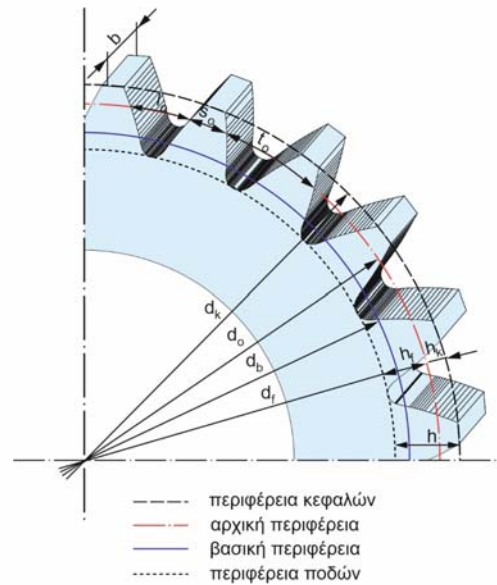
$$m = d_o/z$$

Υψος κεφαλής h_k

$$h_k = m$$

Υψος ποδών h_f

$$h = h_k + h_f$$



2021



2. Στάθμη γνώσεων και βασικοί ορισμοί

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


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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Γεωμετρία οδοντωτών τροχών

2

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

Μέτρο οδόντωσης m

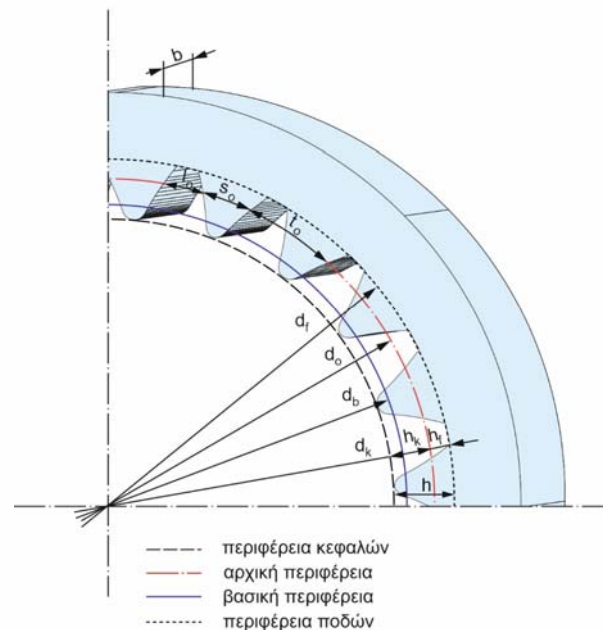
$$m = d_o/z$$

Υψος κεφαλής h_k

$$h_k = m$$

Υψος ποδών h_f

$$h = h_k + h_f$$



2021



2. Στάθμη γνώσεων και βασικοί ορισμοί

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

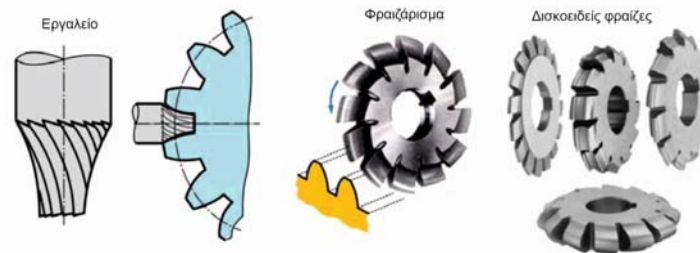

School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

Κοπή οδοντώσεων

Με εργαλείο μορφής, με επιμέρους μεθόδους:

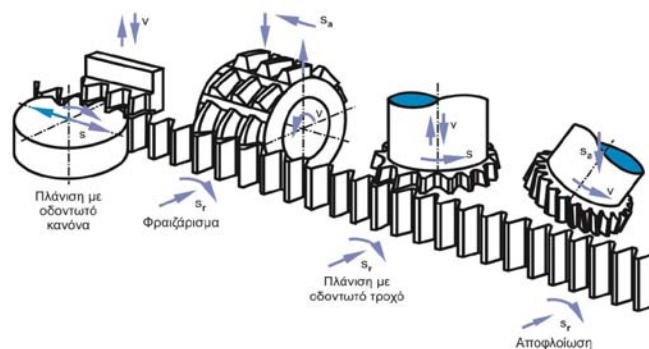
- Περιφερικό φραιζάρισμα με δισκοειδή φραίζα (κοπτήρας μορφής)
- Μετωπικό φραιζάρισμα με κονδυλοειδή φραίζα μορφής.



Κοπή οδοντώσεων

Με γένεση, με επιμέρους μεθόδους:

- Πλάνιση με κύλιση οδοντωτού κανόνα
- Φραιζάρισμα με κύλιση οδοντώσεων
- Πλάνιση με κύλιση οδοντωτού τροχού
- Αποφλοίσωση με κύλιση οδοντώσεων



Πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

3

1. Κατακόρυφη παλινδρομική κίνηση του εργαλείου, με ταχύτητα κοπής v (m/min)
2. Παλινδρομική κίνηση εξόδου του από την εμπλοκή
3. Περιστροφική κίνηση του κοπτικού εργαλείου γύρω από τον άξονα του με πρόωση κύλισης s (mm/DS)
4. Περιστροφική κίνηση του κατεργαζόμενου τροχού γύρω από τον άξονα του με πρόωση κύλισης s (mm/DS)



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



3. Πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

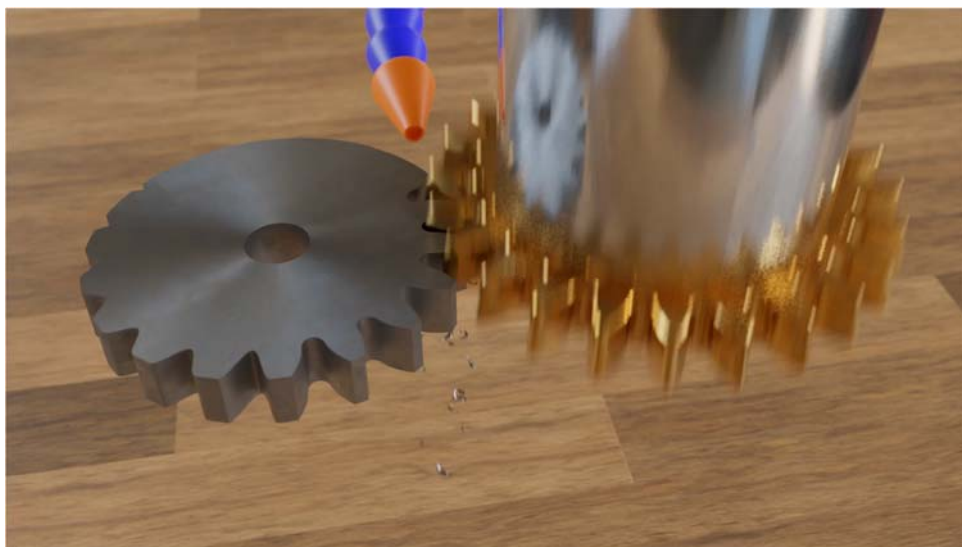
<http://www.m3.tuc.gr>


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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

3



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



3. Πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

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


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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

Σχέση μετάδοσης



$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Συχνότητα περιστροφής



$$d\varphi_1 = \frac{2s}{m_n z_1}$$

$$d\varphi_2 = \frac{2s}{m_n z_2}$$



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



3. Πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

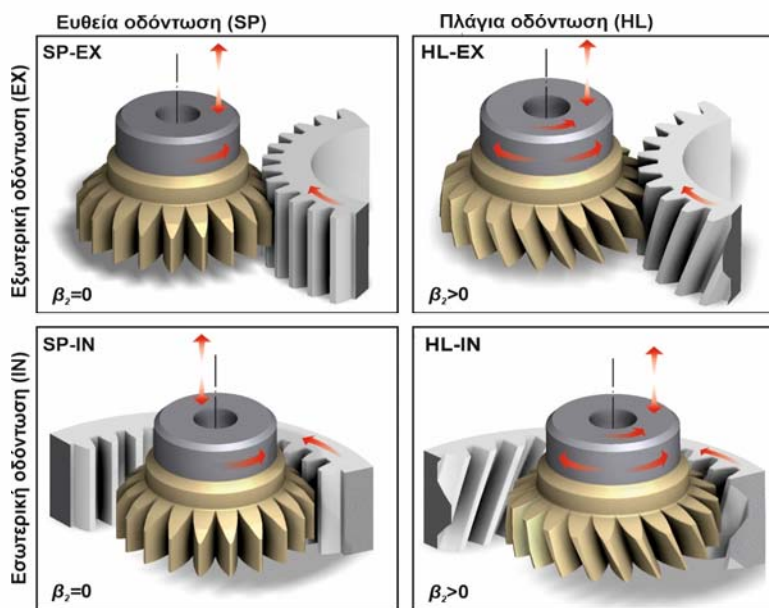
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



3. Πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

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



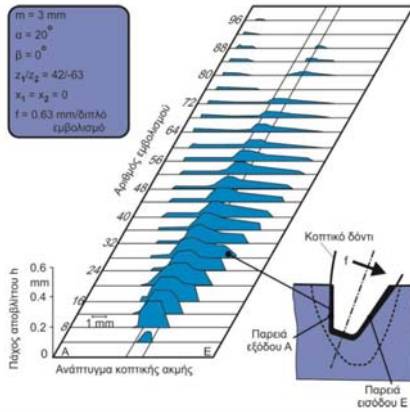
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

Άλλα προσομοιωτικά μοντέλα

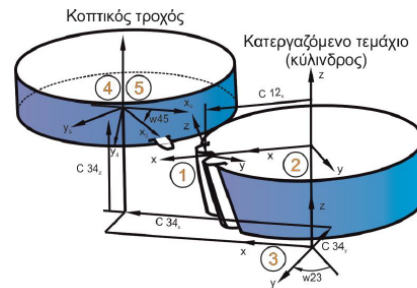
Μοντέλο προσομοίωσης Sulzer

- Φθορά κοπτικού εργαλείου
- Κινηματική εργαλείου
- Διαστάσεις αποβλίττων

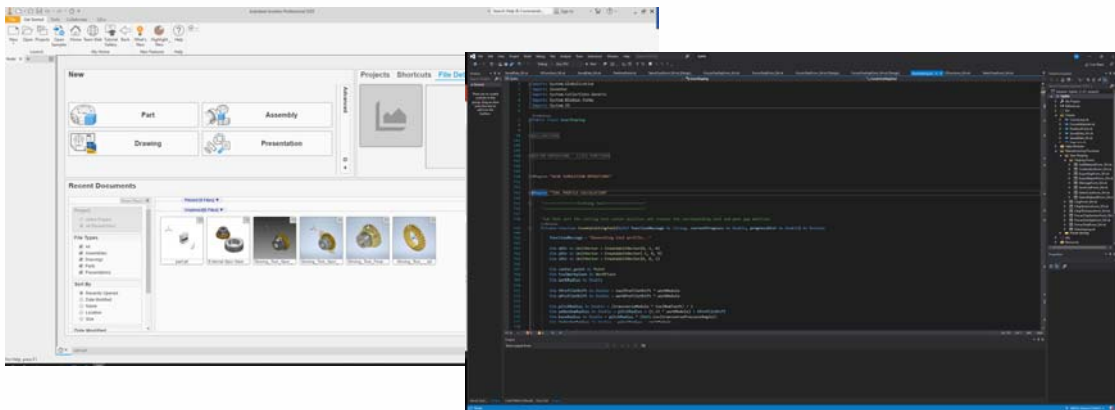


Μοντέλο προσομοίωσης Μπουζάκη

- Επεκτάθηκε και εμβάθυνε στην ανάπτυξη δυνάμεων
- Μελέτησε τις δυνάμεις σε διαφορετικά συστήματα συντεταγμένων



Περιβάλλον Ανάπτυξης



Δομή Προσομοίωσης

Εργαλείο κοπής

m_n : μέτρο οδόντωσης [mm]
 z_1 : αριθμός δοντιών
 α_o : γωνία πίεσης [deg]
 γ : γωνία αποβλίττου [deg]

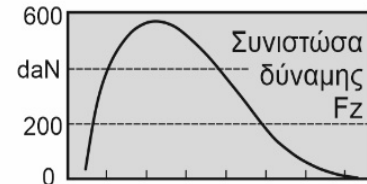
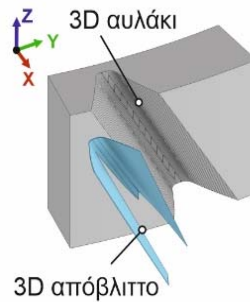
Γεωμετρία τροχού

z_2 : αριθμός δοντιών
 β_2 : γωνία ελίκωσης [deg]
 b : πάχος [mm]

Συνθήκες κοπής

s : πρόωση κύλισης [mm/DS]
 T : βάθος κοπής [mm]
 v : ταχύτητα κοπής [m/min]
 AV : πλάγια μετατόπιση [mm]

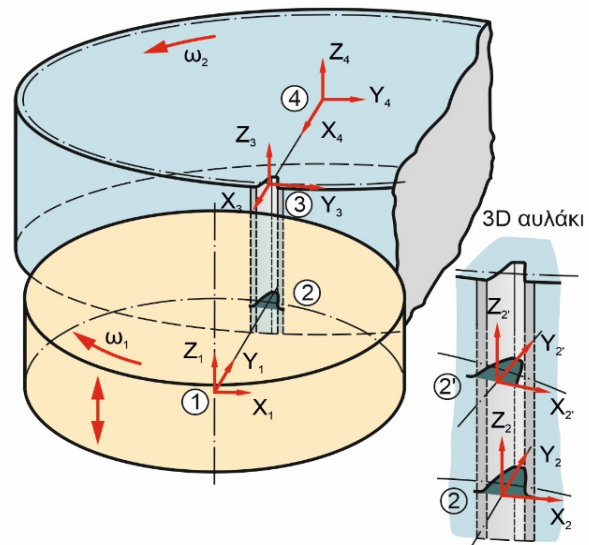
1. Δημιουργία κατατομής κοπτικού δοντιού
2. Δημιουργία τεμαχίου προς κατεργασία
3. Δημιουργία τροχιάς κοπτικού δοντιού
4. Δημιουργία αυλακιού
5. Υπολογισμός αποβλίττων και δυνάμεων κοπής



Δομή Προσομοίωσης

Συστήματα αναφοράς μοντέλου

1. Κέντρο κοπτικού εργαλείου
2. Κατατομή κοπτικού δοντιού
3. Αυλάκι κατεργαζόμενου τροχού
4. Κέντρο κατεργαζόμενου τροχού



Δομή Προσομοίωσης

Εργαλείο κοπής

m_n : μέτρο οδόντωσης [mm]
 z_1 : αριθμός δοντιών
 α_o : γωνία πίεσης [deg]
 γ : γωνία αποβλίπτου [deg]

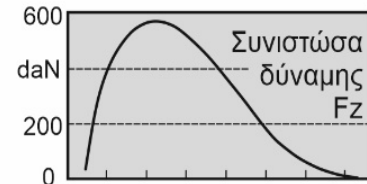
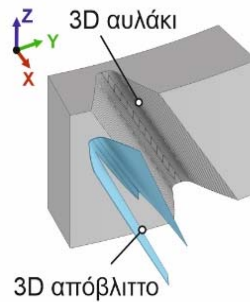
Γεωμετρία τροχού

z_2 : αριθμός δοντιών
 β_2 : γωνία ελίκωσης [deg]
 b : πάχος [mm]

Συνθήκες κοπής

s : πρόωση κύλισης [mm/DS]
 T : βάθος κοπής [mm]
 v : ταχύτητα κοπής [m/min]
 AV : πλάγια μετατόπιση [mm]

1. Δημιουργία κατατομής κοπτικού δοντιού
2. Δημιουργία τεμαχίου προς κατεργασία
3. Δημιουργία τροχιάς κοπτικού δοντιού
4. Δημιουργία αυλακιού
5. Υπολογισμός αποβλίπτων και δυνάμεων κοπής

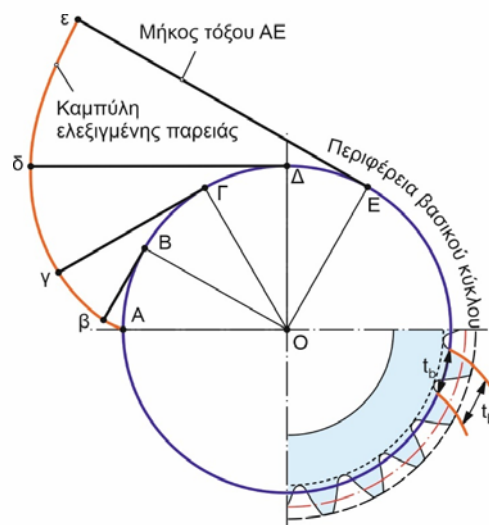
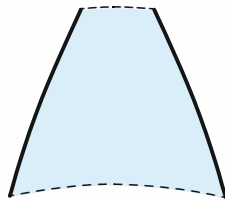


Κοπτικό Εργαλείο

Μελέτη εξελιγμένης του κύκλου



Δημιουργία παρειάς κοπτικού δοντιού

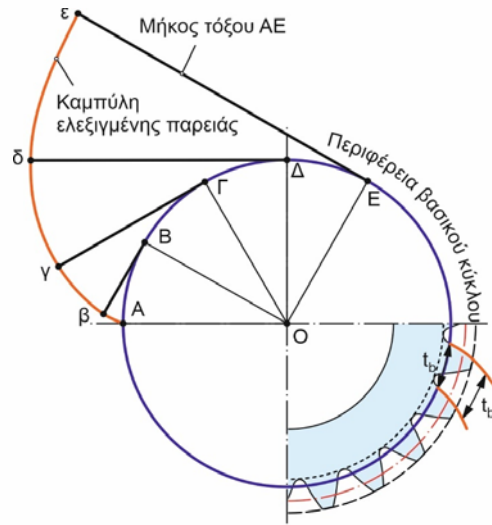
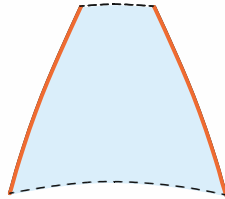


Κοπτικό Εργαλείο

Μελέτη εξελιγμένης του κύκλου



Δημιουργία παρειάς κοπτικού δοντιού



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

<http://www.m3.tuc.gr>School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

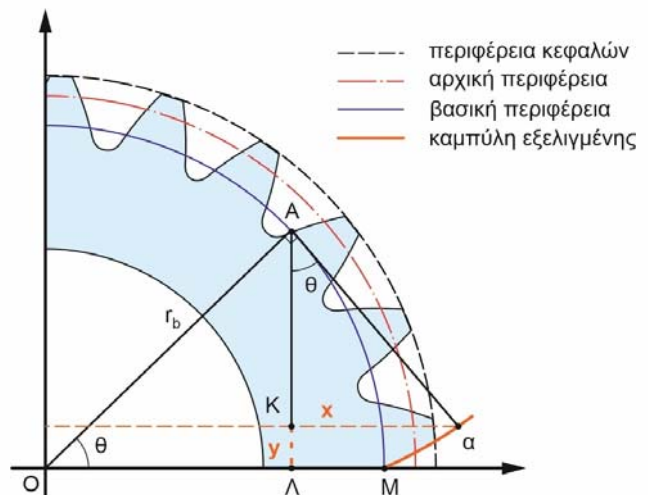
Κοπτικό Εργαλείο

r_b : ακτίνα περιφέρειας τροχών
κοπτικού εργαλείου
 θ : γωνία εξελιγμένης

Για διακριτοποίηση i σημείων

$$x(i) = r_b(\sin(\theta) - \theta \cos(\theta))$$

$$y(i) = r_b(\cos(\theta) + \theta \sin(\theta))$$



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

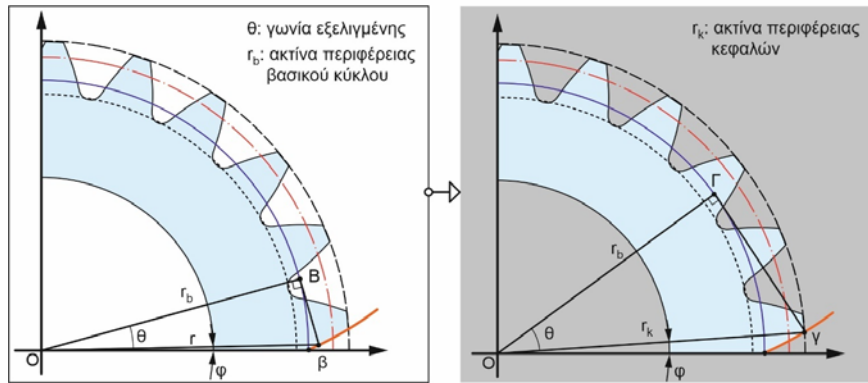


5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

<http://www.m3.tuc.gr>School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

Κοπτικό Εργαλείο

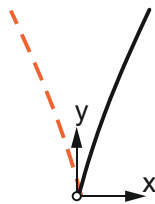


$$\theta = \frac{\sqrt{r^2 - r_b^2}}{r_b}$$

$$\theta_{max} = \frac{\sqrt{r_k^2 - r_b^2}}{r_b}$$

Κοπτικό Εργαλείο

Δημιουργία κατατομής δοντιού

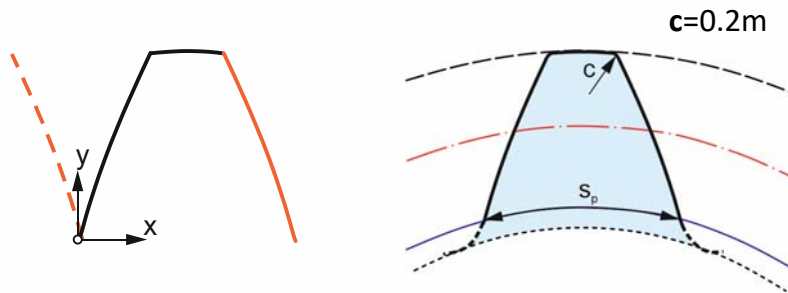


$$x(i) = r_b(\sin(\theta) - \theta \cos(\theta))$$

$$y(i) = r_b(\cos(\theta) + \theta \sin(\theta))$$

Κοπτικό Εργαλείο

Δημιουργία κατατομής δοντιού



$$x(i) = r_b(\sin(\theta) - \theta \cos(\theta))$$

$$y(i) = r_b(\cos(\theta) + \theta \sin(\theta))$$

2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

5



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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



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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Κοπτικό Εργαλείο

Μετασχηματισμός επιπέδων – Πλάγια οδόντωση

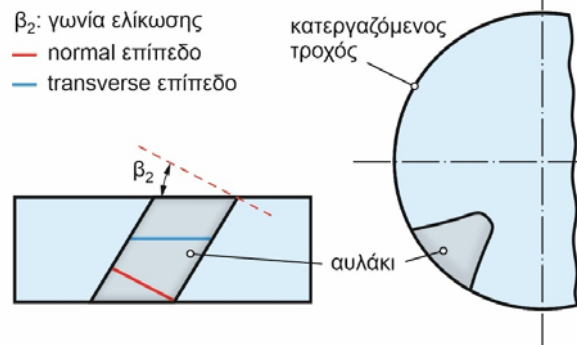
normal \rightarrow transverse

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta_1}$$

$$\alpha_t = \tan^{-1} \frac{\tan \alpha}{\cos \beta_1}$$

$$d_o = z m_t$$

$$z_v = \frac{z_1}{\cos^3 \beta_1}$$



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

5



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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

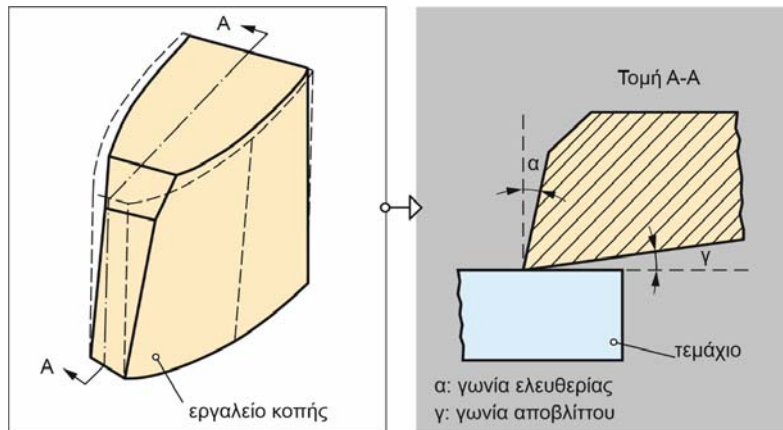


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

Κοπτικό Εργαλείο

Γωνία αποβλίττου



5

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

2021



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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

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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Δομή Προσομοίωσης

Εργαλείο κοπής

m_n : μέτρο οδόντωσης [mm]
 z_1 : αριθμός δοντιών
 α_o : γωνία πίεσης [deg]
 γ : γωνία αποβλίττου [deg]

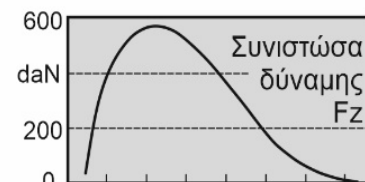
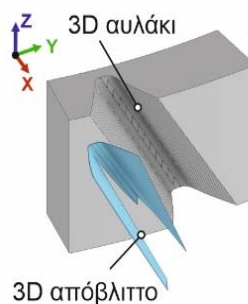
Γεωμετρία τροχού

z_2 : αριθμός δοντιών
 β_2 : γωνία ελίκωσης [deg]
 b : πάχος [mm]

Συνθήκες κοπής

s : πρόωση κύλισης [mm/DS]
 T : βάθος κοπής [mm]
 v : ταχύτητα κοπής [m/min]
 AV : πλάγια μετατόπιση [mm]

1. Δημιουργία κατατομής κοπτικού δοντιού
2. **Δημιουργία τεμαχίου προς κατεργασία**
3. Δημιουργία τροχιάς κοπτικού δοντιού
4. Δημιουργία αυλακιού
5. Υπολογισμός αποβλίττων και δυνάμεων κοπής



5

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

2021



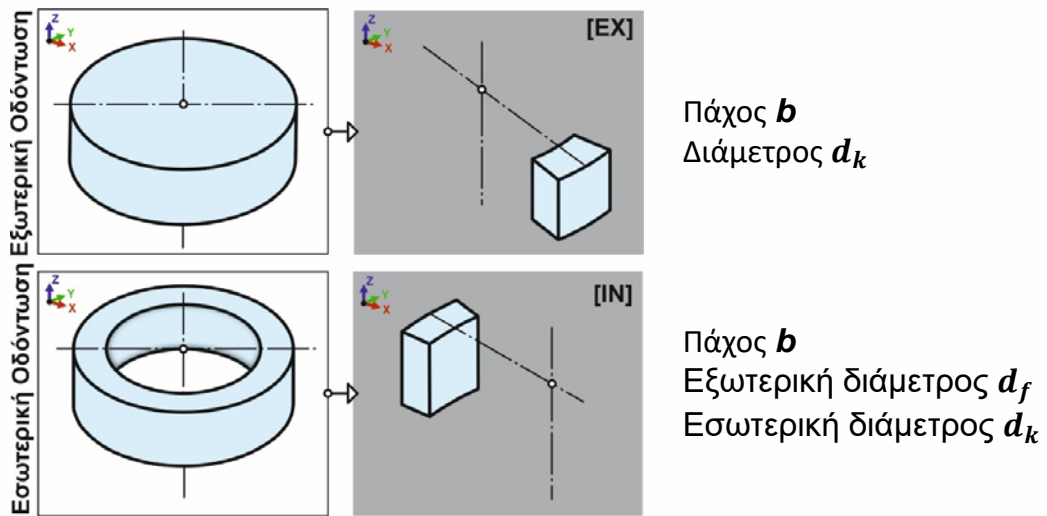
5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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

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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Κατεργαζόμενος τροχός



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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


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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Δομή Προσομοίωσης

Εργαλείο κοπής

m_n : μέτρο οδόντωσης [mm]
 z_1 : αριθμός δοντιών
 α_o : γωνία πίεσης [deg]
 γ : γωνία αποβλίττου [deg]

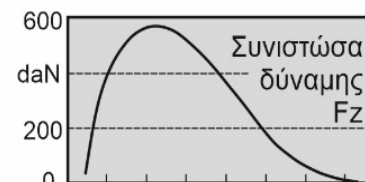
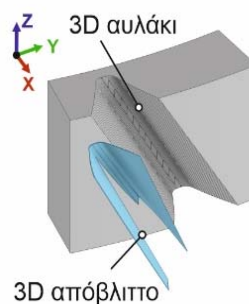
Γεωμετρία τροχού

z_2 : αριθμός δοντιών
 β_2 : γωνία ελίκωσης [deg]
 b : πάχος [mm]

Συνθήκες κοπής

s : πρόωση κύλισης [mm/DS]
 T : βάθος κοπής [mm]
 v : ταχύτητα κοπής [m/min]
 AV : πλάγια μετατόπιση [mm]

1. Δημιουργία κατατομής κοπτικού δοντιού
2. Δημιουργία τεμαχίου προς κατεργασία
3. Δημιουργία τροχιάς κοπτικού δοντιού
4. Δημιουργία αυλακιού
5. Υπολογισμός αποβλίττων και δυνάμεων κοπής



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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


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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Προσέγγιση Κινηματικής

Κίνηση κατατομής δοντιού του κοπτικού εργαλείου:

- Ανά εμβολισμό / παλινδρομική κίνηση
- Ανά περιστροφή $d\varphi_1$ ως προς το κέντρο του εργαλείου
- Ανά περιστροφή $d\varphi_2$ ως προς το κέντρο του τεμαχίου

5

2021



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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

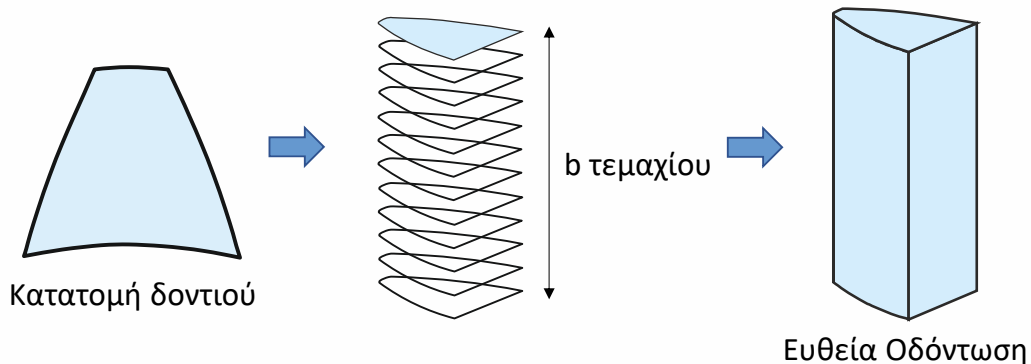

School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

Προσέγγιση Κινηματικής

Κίνηση κατατομής δοντιού του κοπτικού εργαλείου:

- Ανά εμβολισμό / παλινδρομική κίνηση
 - Ανά περιστροφή $d\varphi_1$ ως προς το κέντρο του εργαλείου
 - Ανά περιστροφή $d\varphi_2$ ως προς το κέντρο του τεμαχίου
- Βήμα 1ο: Κόψη ακόρυφη τροχιά κατατομής



2021

5



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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

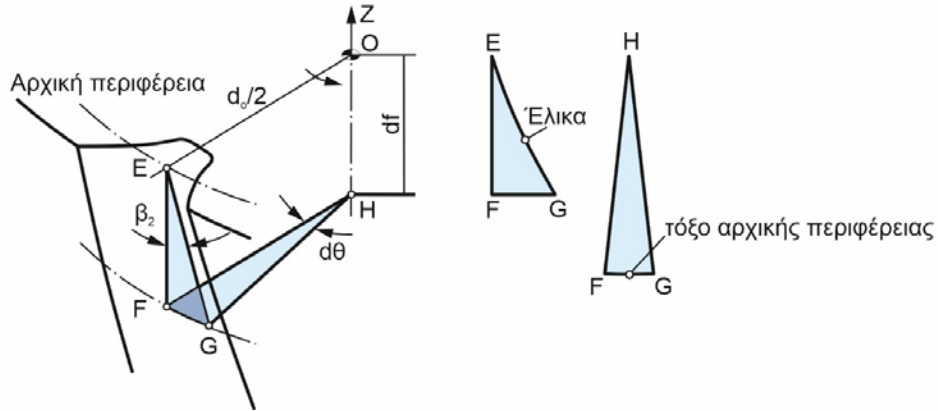

School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

Προσέγγιση Κινηματικής

! Πλάγια Οδόντωση

Επιπλέον περιστροφή κοπτικού δοντιού $d\theta = \frac{2b \sin\beta_2}{m_1 z_1}$



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

5



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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

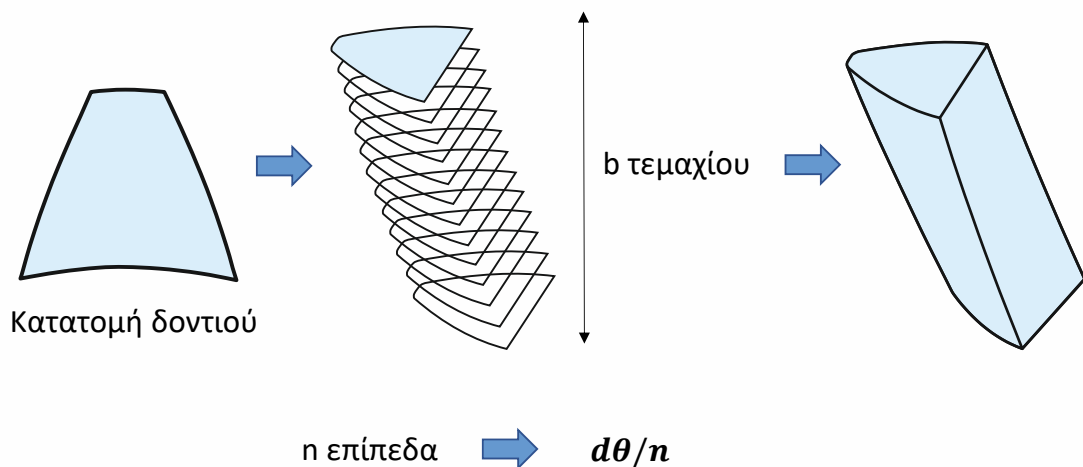


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

Προσέγγιση Κινηματικής

Πλάγια Οδόντωση



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

5



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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



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

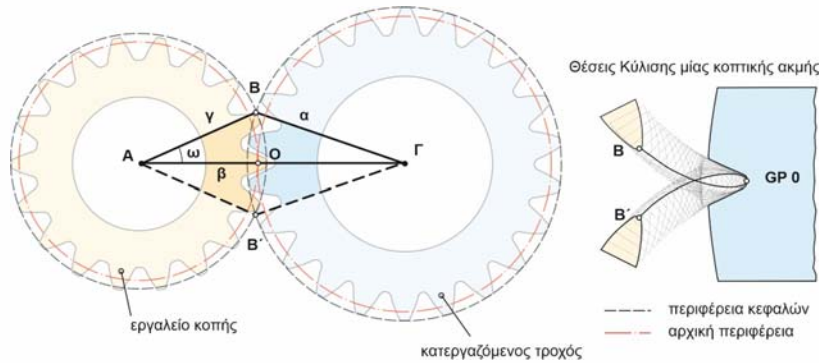
Δανδούτη Εμμανουέλα

Προσέγγιση Κινηματικής

Κίνηση κατατομής δοντιού του κοπτικού εργαλείου:

- Ανά εμβολισμό / παλινδρομική κίνηση
- Ανά περιστροφή $d\varphi_1$ ως προς το κέντρο του εργαλείου
- Ανά περιστροφή $d\varphi_2$ ως προς το κέντρο του τεμαχίου εργασίας κοπτικού δοντιού

$$\cos \omega = \frac{\beta^2 + \gamma^2 - \alpha^2}{2\beta\gamma}$$



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

5



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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


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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Δομή Προσομοίωσης

Εργαλείο κοπής

m_n : μέτρο οδόντωσης [mm]
 z_1 : αριθμός δοντιών
 α_o : γωνία πίεσης [deg]
 γ : γωνία αποβλίττου [deg]

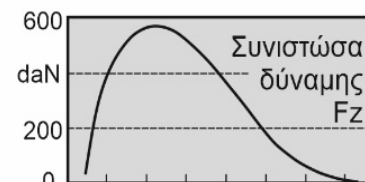
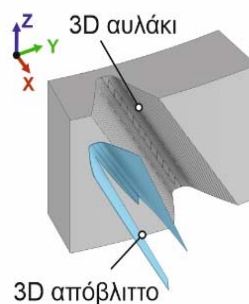
Γεωμετρία τροχού

z_2 : αριθμός δοντιών
 β_2 : γωνία ελίκωσης [deg]
 b : πάχος [mm]

Συνθήκες κοπής

s : πρόωση κύλισης [mm/DS]
 T : βάθος κοπής [mm]
 v : ταχύτητα κοπής [m/min]
 AV : πλάγια μετατόπιση [mm]

1. Δημιουργία κατατομής κοπτικού δοντιού
2. Δημιουργία τεμαχίου προς κατεργασία
3. Δημιουργία τροχιάς κοπτικού δοντιού
4. **Δημιουργία αυλακιού**
5. Υπολογισμός αποβλίττων και δυνάμεων κοπής



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

5



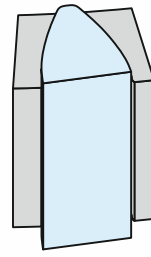
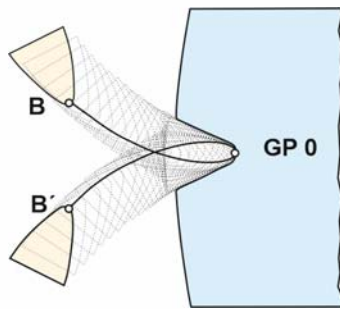
5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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

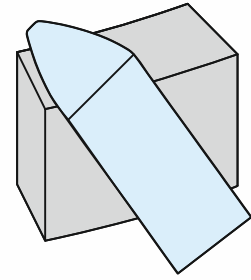

School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

Αυλάκι οδοντωτού τροχού



Ευθεία Οδόντωση



Πλάγια Οδόντωση

Ένας εμβολισμός



Ένα απόβλιττο



Μία Θέση Κύλισης

2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

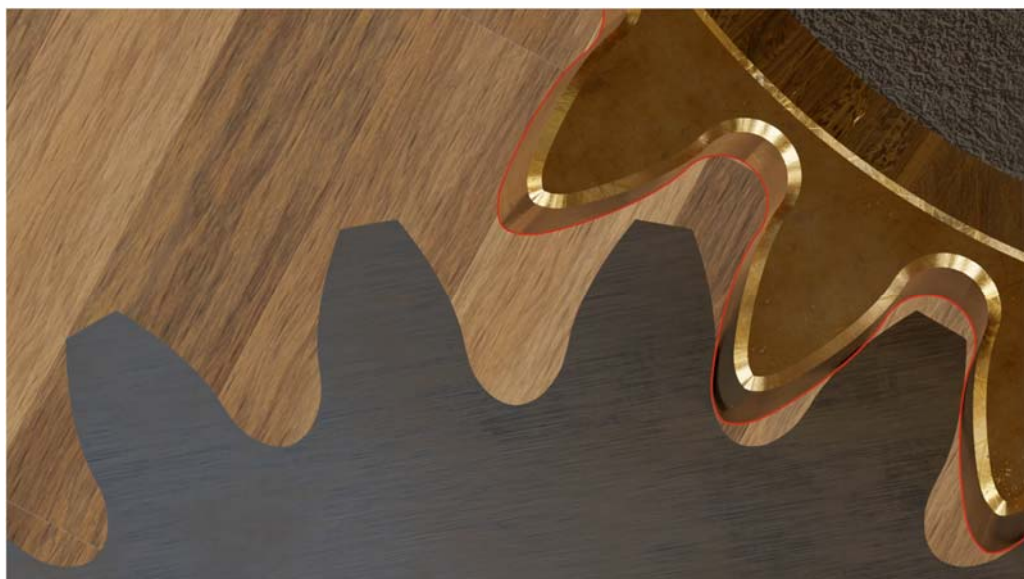
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Αυλάκι οδοντωτού τροχού



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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



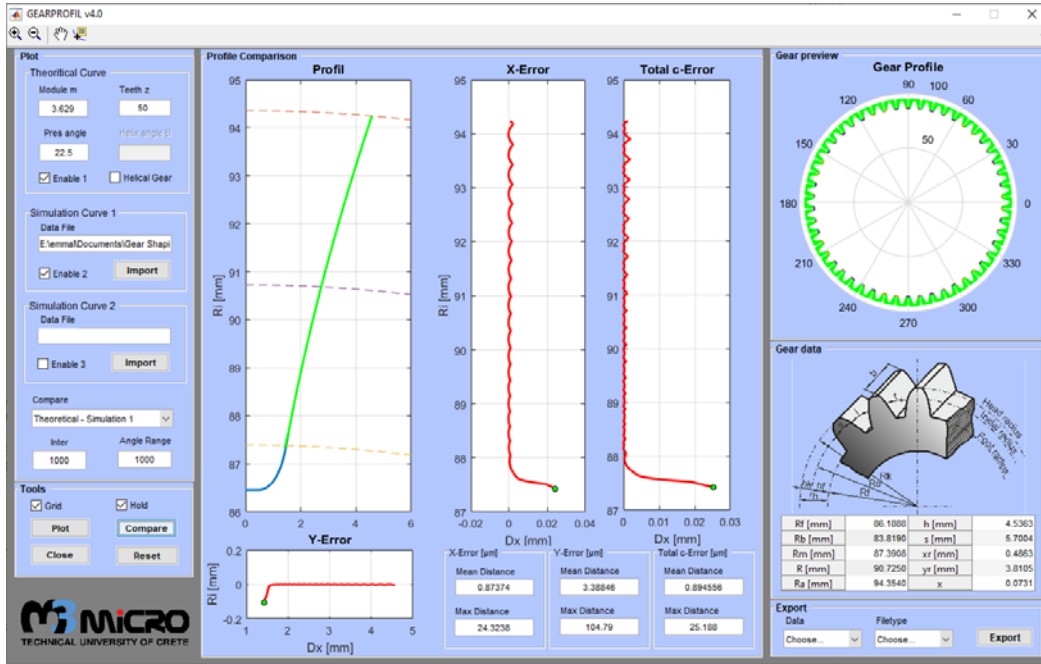
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

Αυλάκι οδοντωτού τροχού

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

5



2021



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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



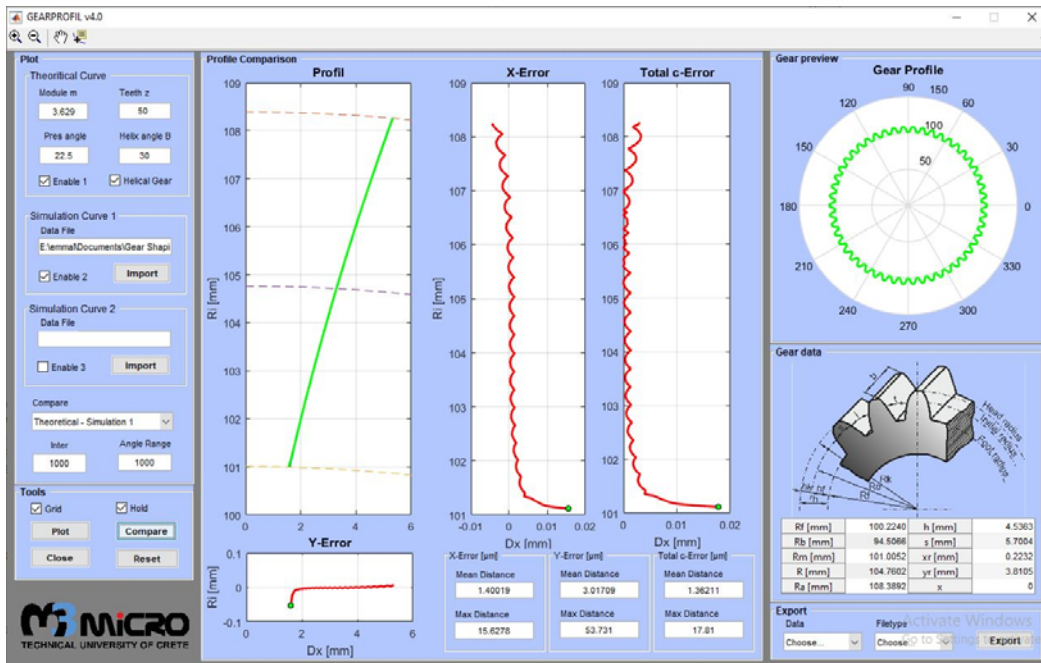
School of Production Eng. & Management
 Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
 Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

Αυλάκι οδοντωτού τροχού

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων

5



2021



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

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



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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Δομή Προσομοίωσης

Εργαλείο κοπής

m_n : μέτρο οδόντωσης [mm]
 z_1 : αριθμός δοντιών
 α_o : γωνία πίεσης [deg]
 γ : γωνία αποβλίττου [deg]

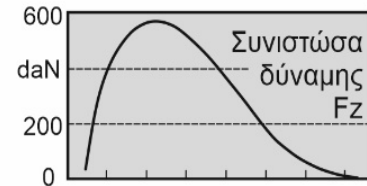
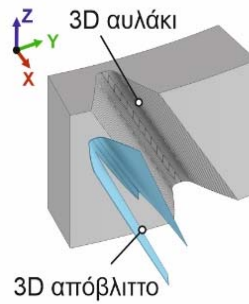
Γεωμετρία τροχού

z_2 : αριθμός δοντιών
 β_2 : γωνία ελίκωσης [deg]
 b : πάχος [mm]

Συνθήκες κοπής

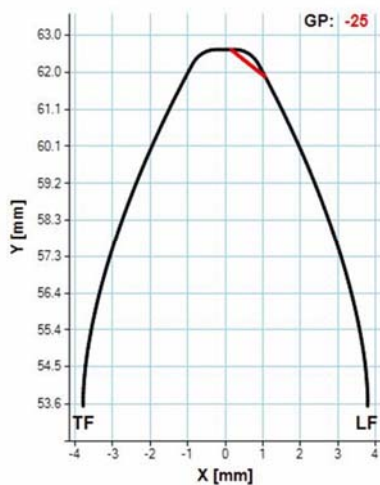
s : πρόωση κύλισης [mm/DS]
 T : βάθος κοπής [mm]
 v : ταχύτητα κοπής [m/min]
 AV : πλάγια μετατόπιση [mm]

1. Δημιουργία κατατομής κοπτικού δοντιού
2. Δημιουργία τεμαχίου προς κατεργασία
3. Δημιουργία τροχιάς κοπτικού δοντιού
4. Δημιουργία αυλακιού
5. Υπολογισμός αποβλίττων και δυνάμεων κοπής

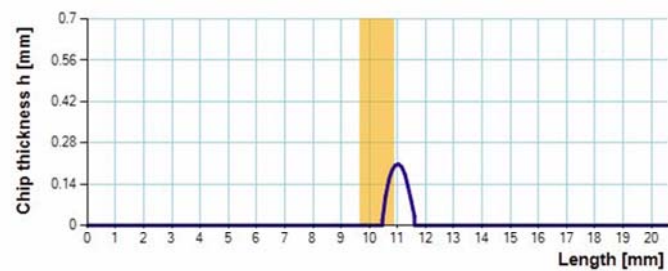


Απόβλιττα

Κοπτική ακμή - απόβλιττο

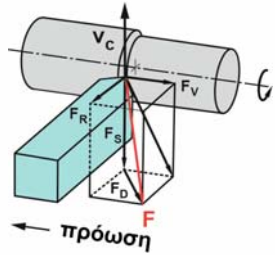


Πάχος αποβλίττου



Δυνάμεις Κοπής

Μία κοπτική ακμή → Σταθερή διατομή αποβλίττου



$$F_S = bK_S h^{1-z}$$

$$F_R = bK_R h^{1-y}$$

$$F_V = bK_V h^{1-x}$$

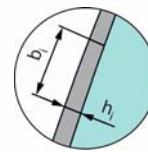
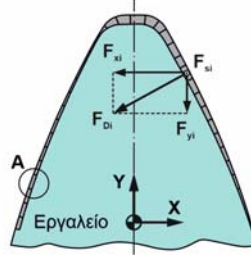
Μία κοπτική ακμή → Απόβλιττα διαφορετικής γεωμετρίας

$$\vec{F}_{Di} = \vec{F}_{Ri} + \vec{F}_{Vi}$$

$$F_{Si} = b_i K_S h_i^{1-z}$$

$$F_{Ri} = b_i K_R h_i^{1-y}$$

$$F_{Vi} = b_i K_V h_i^{1-x}$$



Ένα απόβλιττο
↓
i τμήματα



Δυνάμεις Κοπής

Άθροισμα F_{xi}, F_{yi}, F_{zi} των i τμημάτων του αποβλίττου



Σύστημα 2

F_x, F_y, F_z μετασχηματίζονται

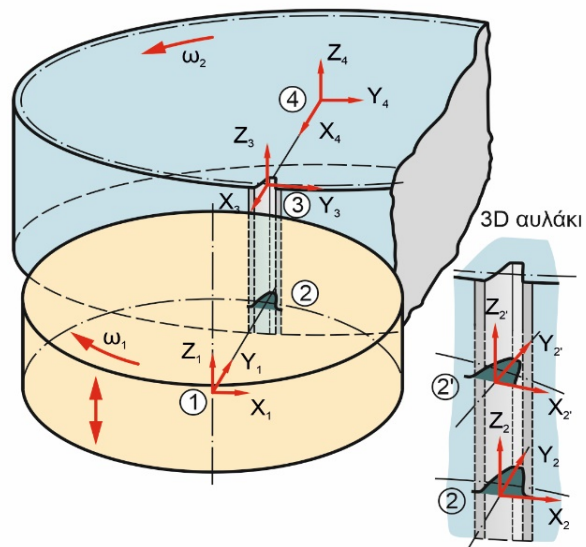


Σύστημα 3

Συνολικές Δυνάμεις εμπλοκής



Σύστημα 4



Δυνάμεις Κοπής

Ακρίβεια Αποτελεσμάτων

Αραιή διακριτοποίηση



Γρήγορη εκτέλεση κώδικα
Μειωμένη ακρίβεια αποτελεσμάτων

5

Πυκνή διακριτοποίηση



Αργή εκτέλεση κώδικα
Αυξημένη ακρίβεια αποτελεσμάτων

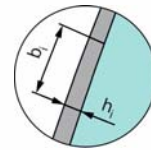
Ειδικές Αντιστάσεις Κοπής

 K_S


πάχος h_i

 K_V, K_R


υλικό



2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



5. Προσομοιωτικό Μοντέλο

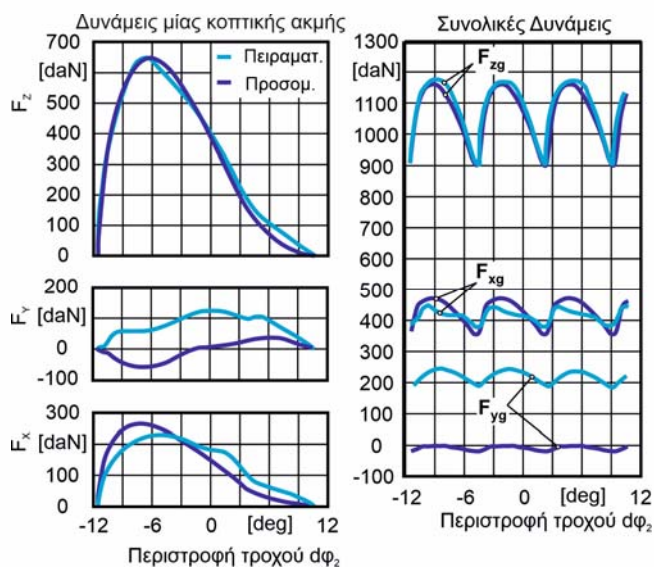
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Αποτελέσματα



$m_n = 3.629\text{mm}$
 $\alpha_n = 22.5^\circ$
 $\beta_2 = 0^\circ$
 $z_1/z_2 = 32/50$
 $s = 0.92\text{mm/DS}$
 $v = 110\text{m/min}$
 $T = 7.9\text{mm}$
 Υλικό Τεμαχίου: Ck 45 N
 Υλικό Εργαλείου: HM P 50

2021

Προσδιορισμός δυνάμεων κοπής στην πλάνιση με κύλιση οδοντώσεων



6. Προσομοιωτικό Μοντέλο

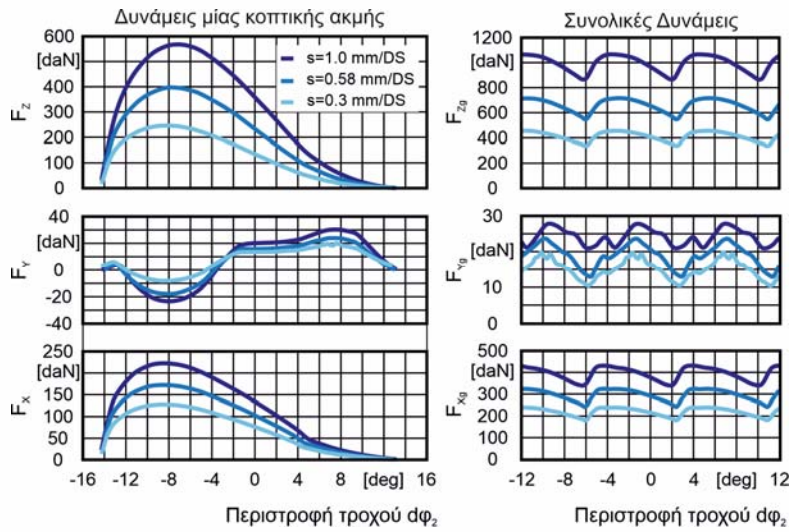
<http://www.m3.tuc.gr>



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

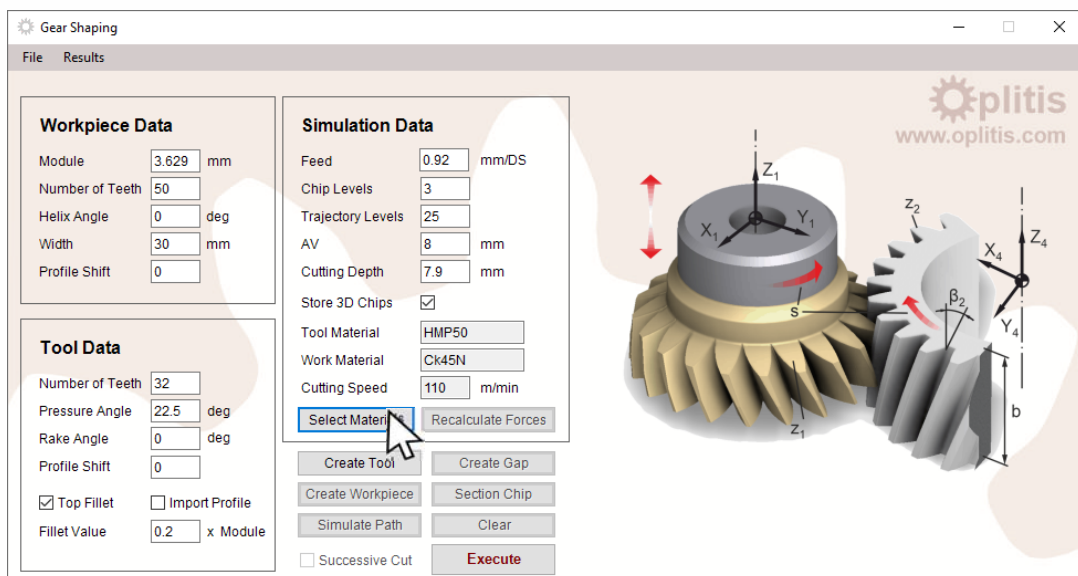
Δανδούτη Εμμανουέλα

Αποτελέσματα

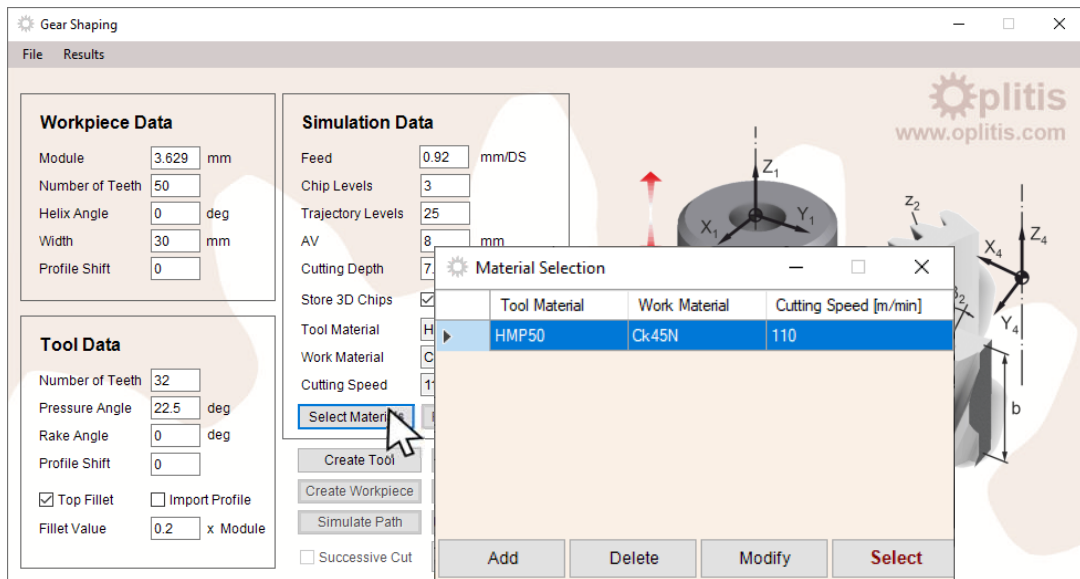


$m_n = 3$ mm
 $\alpha_n = 22.5^\circ$
 $\beta_2 = 0^\circ$
 $z_1/z_2 = 42/42$
 $v = 110$ m/min
 $T = 6.6$ mm
 Υλικό Τεμαχίου: Ck45N,
 Υλικό Εργαλείου: HM P50

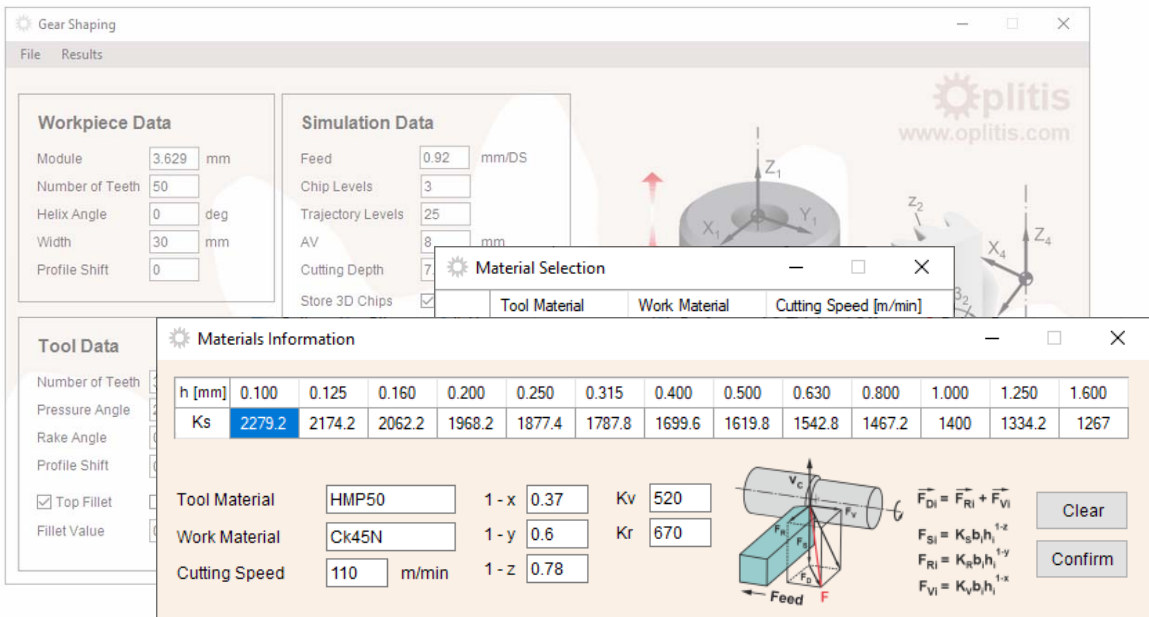
Το Λογισμικό



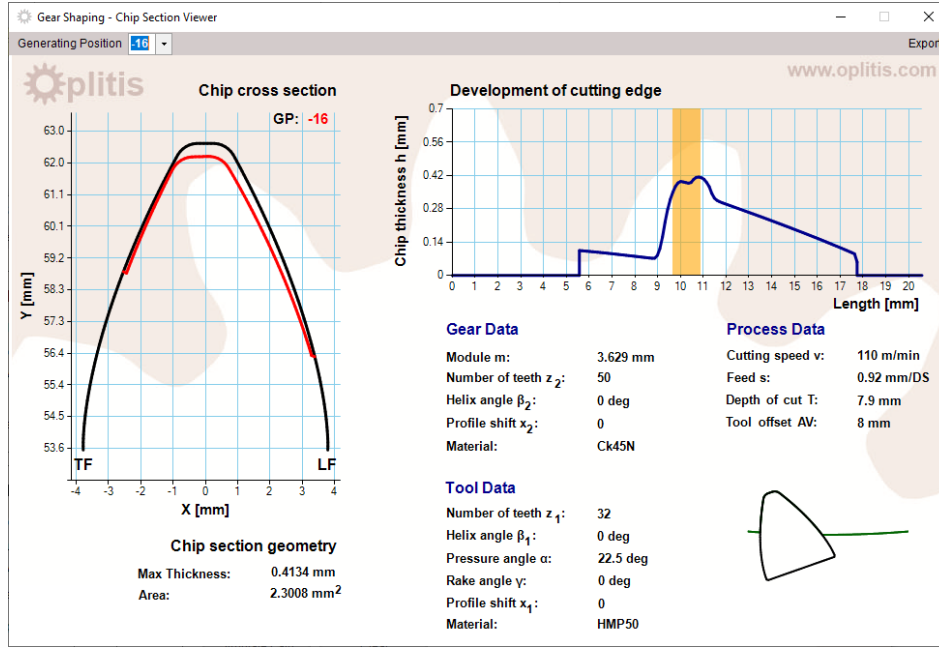
Το Λογισμικό



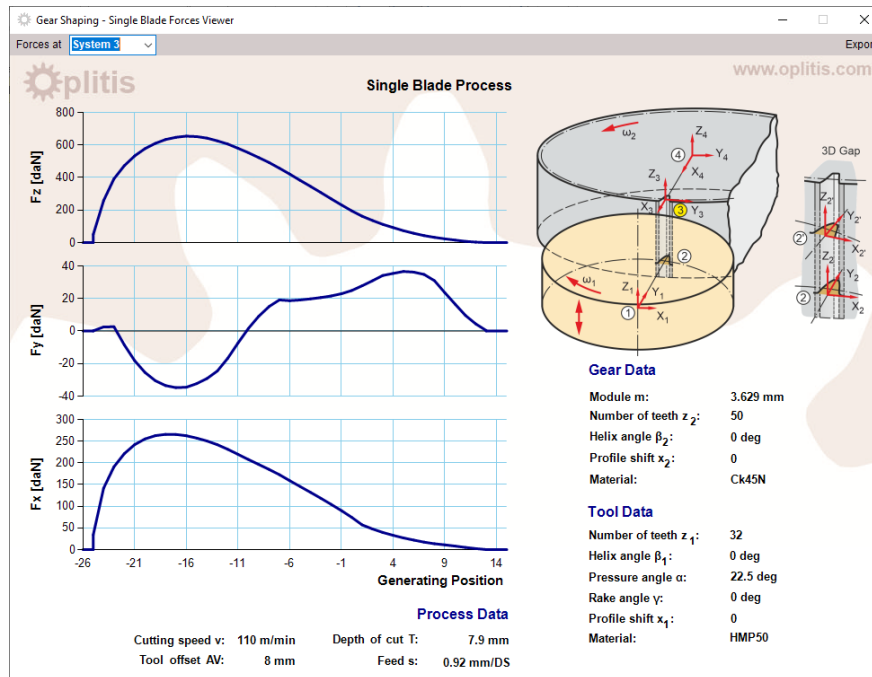
Το Λογισμικό



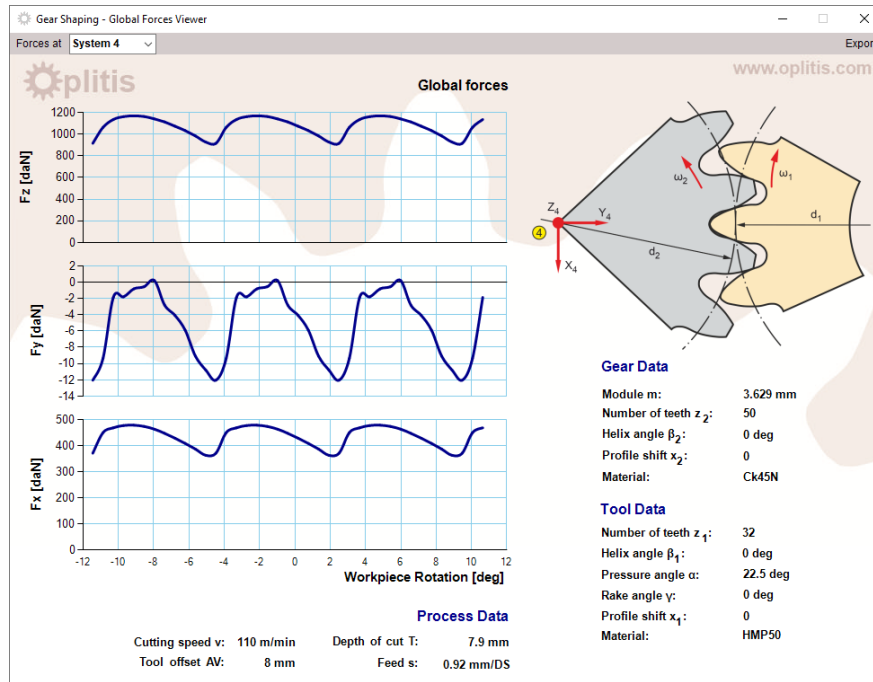
Το Λογισμικό



Το Λογισμικό



Το Λογισμικό



7. Λογισμικό μοντέλου

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



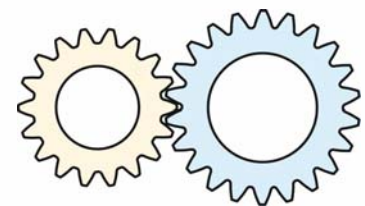
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Δανδούτη Εμμανουέλα

Μελλοντικές Κατευθύνσεις

Πιθανές μελλοντικές κατευθύνσεις

- Μελέτη φθοράς κοπτικού εργαλείου
- Μελέτη βέλτιστων συνθηκών κατεργασίας
- Μελέτη της κατεργασίας με τη μέθοδο πεπερασμένων στοιχείων
- Εφαρμογή της προτεινόμενης μεθοδολογίας για άλλες κατεργασίες διαμόρφωσης οδοντωτών τροχών



8. Μελλοντικές κατευθύνσεις

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



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

Δανδούτη Εμμανουέλα

Βιβλιογραφία

1. Αντωνιάδης Α: Μηχανουργική Τεχνολογία, 3^η έκδοση 2018, Εκδόσεις Τζιόλα
2. Αντωνιάδης Α: Μηχανολογικό Σχέδιο, 3^η έκδοση 2018, Εκδόσεις Τζιόλα
3. Βαλκάνος Δημήτριος, Γεωμετρική Ανάλυση Αποβλίπτων στο φραιζάρισμα με κύλιση οδοντώσεων, Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2011
4. Ζουρέλλης Ανδρέας, Προσομοιωτικό μοντέλο κοπής οδοντώσεων με πλάνιση με κύλιση, Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2013
5. Καμπάκης Μιλτιάδης, Σχεδιασμός και κατασκευή εργαλείου για την κοπή οδόντωσης με φραιζάρισμα με κύλιση με τη μέθοδο fly cutting, Διπλωματική Εργασία, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2019
6. Μπουζάκης Κωνσταντίνος Διονύσιος Ε., Μηχανική και τεχνολογία μηχανουργικών μορφοποιήσεων με αφαίρεση υλικού, 2^η έκδοση 2015, Εκδόσεις Ζήτη
7. Ταπόγλου Νικόλαος, Βελτιστοποίηση τεχνολογικών παραμέτρων κατεργασίας οδοντώσεων με φραιζάρισμα με κύλιση, Διδακτορική Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, 2012
8. Sulzer G. Leistungssteigerung bei der Zylinderradherstellung durch genaue Erfassung der Zerspankinematik, Dissertation. TH (Aachen), 1974
9. Wilfried König, Konstantin Bouzakis, "Ermittlung der Zerspankraftkomponenten beim Wälzstoßen", Verein Deutscher Ingenieure, 1978



Βιβλιογραφία

10. Konstantinos-Dionysios Bouzakis, Erhöhung der Wirtschaftlichkeit beim Wälzstoßen durch Optimierung des Zerspanprozesses und der Werkzeugauslegung, Dissertation. TH (Aachen), 1976
11. Herwart Oplitz, Wilfried König, Gerd Sulzer, Konstantin Bouzakis, Verschleißuntersuchungen beim Wälzstoßen von Geradverzahnungen, Westdeutscher Verlag, TH (Aachen), 1974
12. König, W. and K. Essel *Spezifische Schnittkraftewerte für die Zerspanung metallischer Werkstoffe* 1973: Verlag Stahl Eisen m.b.H. Düsseldorf
13. Kaan Erkorkmaz, Andrew Katz, Yasin Hosseinkhani, Fathy Ismail, "Chip geometry and cutting forces in gear shaping", CIRP Annals – Manufacturing Technology, 2016
14. Andrew Katz, Kaan Erkorkmaz, Fathy Ismail, "Virtual Model of Gear Shaping Part I Kinematics", ASME, 2018
15. www.tec-science.com/



Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

