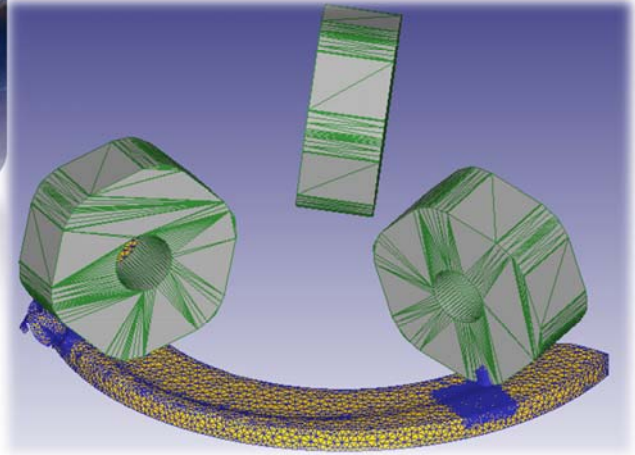




Προσομοίωση μετωπικού φραιζαρίσματος με πεπερασμένα στοιχεία


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


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

Μουστεράκης Χρήστος



Μετωπικό φραιζάρισμα:

- Χρησιμοποιείται κυρίως στις αρχικές φάσεις της κατεργασίας (φάση εκχόνδρισης)
- Μεγάλη διάμετρο
- Μεγάλες προώσεις – μείωση χρόνου κατεργασίας
- Χρήση επικαλυμμένων ένθετων πλακιδίων (2-40)



Μετωπικό φραιζάρισμα

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


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

Μουστεράκης Χρήστος

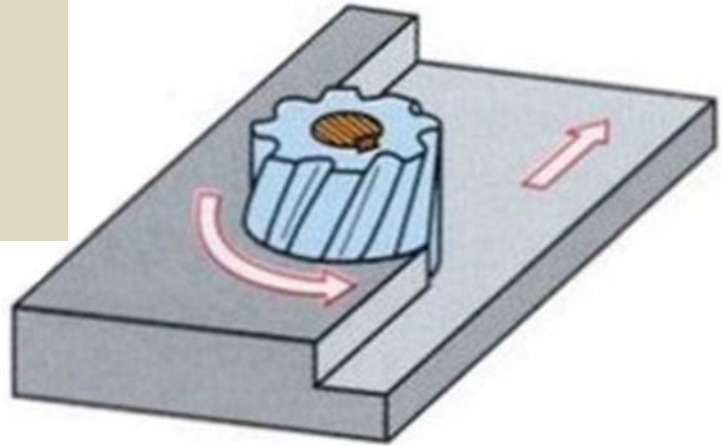
2012

Η κινηματική αποτελείται:

- Περιστροφική κίνηση του εργαλείου
- Την μεταφορική κίνηση της τράπεζας της εργαλειομηχανής

Οι συνθήκες κοπής :

- Ακτινικό βάθος κοπής (t_{xy})
- Αξονικό βάθος κοπής (t_z)
- Περιφερειακή ταχύτητα (V_c)
- Πρόωση ανά δόντι (f_z)

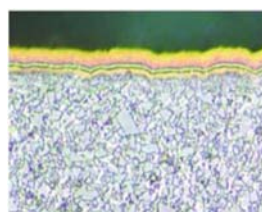
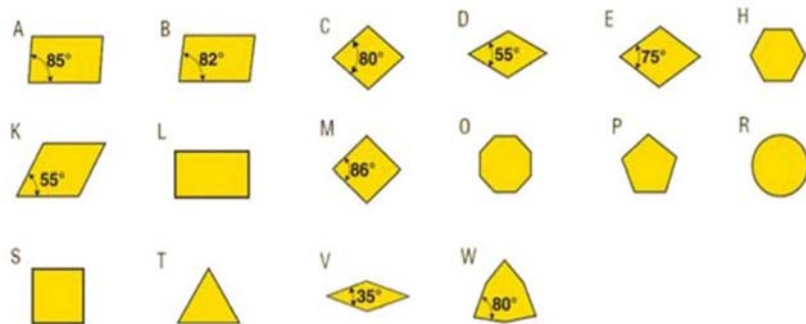
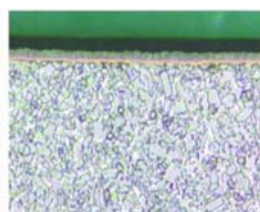
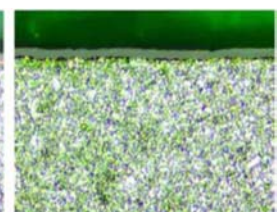
**Κινηματική μετωπικού φραιζαρίσματος**<http://www.m3.tuc.gr>

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

Μουστεράκης Χρήστος

2012

- κεραμικά Al_2O_3
- καρβίδια ή νιτρίδια του τιτανίου (TiC) (TiN)
- αναμεμειγμένα με αλουμίνιο ($TiAlN$)
- μεταξύ τους ($TiCN$) ($TiAlCN$)

**Επικάλυψη TiN-TiC-TiN****Επικάλυψη TiN-MT
TiCN- Al_2O_3** **Επικάλυψη TiAlN****Επικαλυμμένα ένθετα πλακίδια**<http://www.m3.tuc.gr>

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

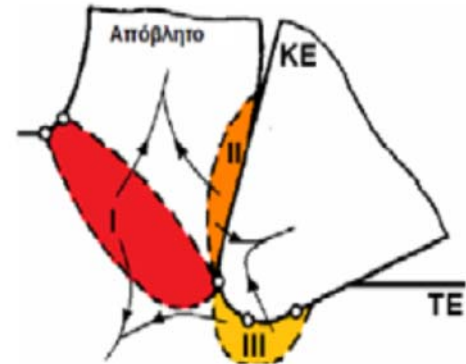
Μουστεράκης Χρήστος

Η θερμότητα επηρεάζει :

- Δυνάμεις κοπής
- Ταχύτητα φθοράς του κοπτικού εργαλείου την μεταφορική κίνηση της τράπεζας της εργαλειομηχανής
- Μειώνει τη διάρκεια ζωής του εργαλείου
- Θερμική καταπόνηση στο κατεργαζόμενο τεμάχιο

Περιοχές που λειτουργούν ως πηγές θερμότητας κατά την κοπή:

- Πρωτεύουσα ζώνη (έργο διάτμησης)
- Δευτερεύουσα ζώνη (τριβής)
- Περιοχή τριβής της μύτης του κοπτικού εργαλείου (επιφάνεια επαφής τεμαχίου κοπτικού εργαλείου)



Εκλυόμενη θερμότητα και αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες κατά την κοπή των μετάλλων

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



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

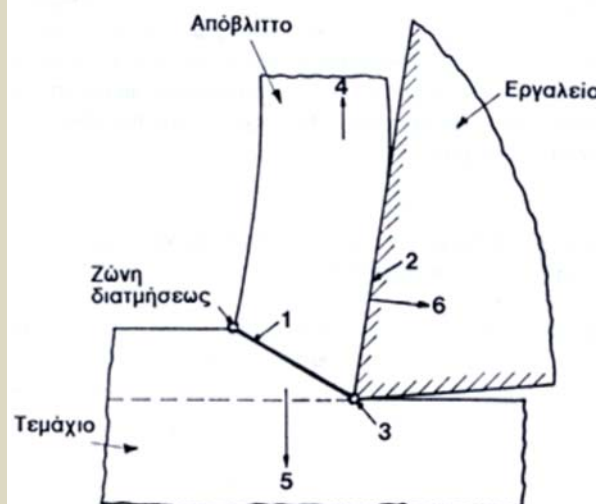
Μουστεράκης Χρήστος

Μετατροπή ενέργειας κοπής σε θερμότητα:

- 80% στη ζώνη διατμήσεως.
- 18% στην περιοχή επαφής αποβλίττου - εργαλείου.
- 2% στην περιοχή επαφής εργαλείου - τεμαχίου.

Απαγωγή θερμότητας:

- 75% από το απόβλητο.
- 8% από το τεμάχιο.
- 17% από το εργαλείο.



Εκλυόμενη θερμότητα και αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες κατά την κοπή των μετάλλων

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

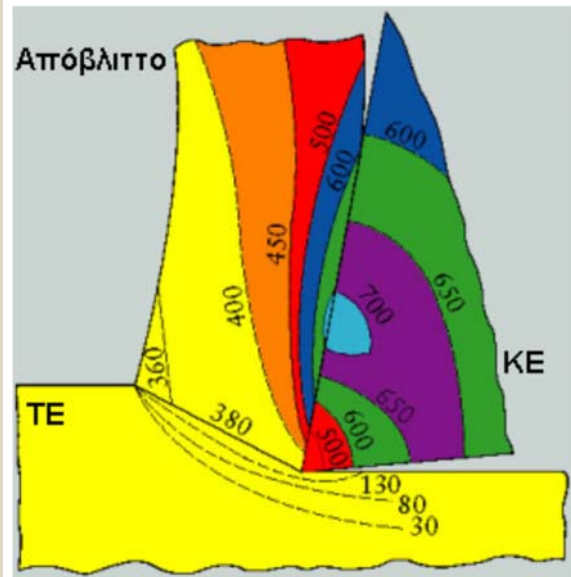


Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Μουστεράκης Χρήστος

2012

- Θερμοκρασίες πολύ υψηλότερες στο εργαλείο από ότι στο απόβλιττο
- Εμφάνιση μέγιστων θερμοκρασιών συνήθως σε θέσεις που απέχουν από την άκρη του εργαλείου
- Εμφάνιση φθορά κρατήρα
- Ειδική αντίσταση κοπής έχει τη μεγαλύτερη επιρροή στη μέση θερμοκρασία με ανάλογη επίδρασή
- Η ταχύτητα κοπής έχει εντονότερη επίδραση στη μέση θερμοκρασία από ότι η θεωρητική διατομή του αποβλίττου
- Μεταβολή θερμοκρασίας περίπου ανάλογα με την τετραγωνική ρίζα της ταχύτητας κοπής και με την τέταρτη ρίζα της θεωρητικής διατομής του αποβλίττου



Κατανομή θερμοκρασιών

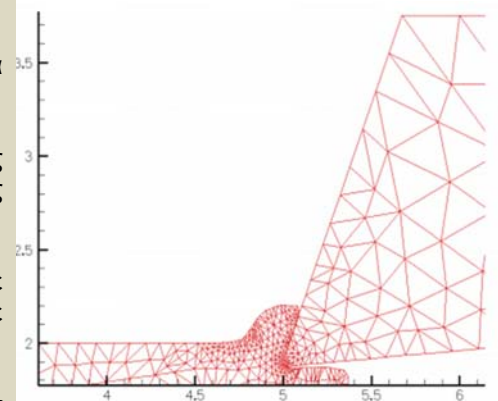
<http://www.m3.tuc.gr>


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

Μουστεράκης Χρήστος

2012

- Μοντελοποίηση ξεκινά με τη διακριτοποίηση των μέσων της κατεργασίας σε στοιχεία που ενώνονται με κόμβους
- Το πλέγμα που δημιουργείται δεν είναι πάντα ομοιόμορφο
- Δίνονται ιδιότητες στα στοιχεία ανάλογα με τις ιδιότητες του μέσου που μοντελοποιούν και δίνονται οριακές συνθήκες στους κόμβους
- Τέλος λύνονται οι αλγεβρικές εξισώσεις που είναι σε μητρωική μορφή, και υπολογίζονται οι τιμές κάθε βαθμού ελευθερίας
- Πλέον δεν είναι απαραίτητος ο προγραμματισμός όλης της παραπάνω διαδικασίας



Μέθοδος πεπερασμένων στοιχείων

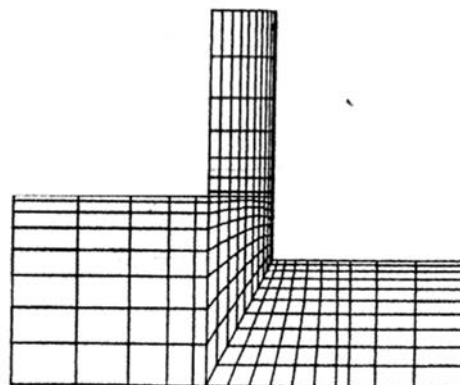
<http://www.m3.tuc.gr>


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

Μουστεράκης Χρήστος

Euler :

- Εμφανίστηκε πρώτη
- Το πλέγμα των πεπερασμένων στοιχείων είναι χωρικά σταθερό και το υλικό ρέει μέσα από αυτό, προκειμένου να προσομοιώσει το σχηματισμό του αποβλήτου
- **Πλεονέκτημα** της μεθόδου είναι ότι η ποσότητα των στοιχείων για τη μοντελοποίηση του τεμαχίου και του αποβλήτου που χρειάζονται για την ανάλυση είναι
- **Μειονέκτημα** είναι ότι απαιτεί περίπλοκο προγραμματισμό και ότι τα πειραματικά δεδομένα πρέπει να είναι γνωστά πριν από την κατασκευή του μοντέλου, προκειμένου να καθοριστεί η γεωμετρία του αποβλήτου



Μοντέλο Euler



Euler και Lagrange

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

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

Μουστεράκης Χρήστος

Lagrange:

- Τα στοιχεία είναι συνδεδεμένα με το υλικό και το εργαλείο προχωρεί προς το τεμάχιο
- Το απόβλιπτο σχηματίζεται με τη χρήση διάφορων κριτηρίων διαχωρισμού μπροστά από την ακμή του εργαλείου.
- Ένα μειονέκτημα της μεθόδου έχει να κάνει με τη μεγάλη παραμόρφωση του πλέγματος που παρατηρείται κατά την προσομοίωση.
- Συνήθως εφαρμόζεται ένας συνεχής επανασχηματισμός του πλέγματος και μία προσαρμογή του πλέγματος, που επιβαρύνουν σημαντικά τον απαιτούμενο χρόνο υπολογισμού



Euler και Lagrange

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

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

Μουστεράκης Χρήστος



- DEFORM – 3D (έκδοση 6.0)
- Χρησιμοποίηση της μεθόδου Lagrange
- Χρησιμοποίηση μεθόδων όπως τοπική πύκνωση, επαναπλεγματοποίηση και ομαλοποίηση του πλέγματος σε όλη τη διάρκεια της κατεργασίας
- Το απόβλιττο διαχωρίζεται από το τεμάχιο με το κριτήριο της διάδοσης
- Το κριτήριο διάδοσης της ρωγμής καθορίζει ότι η τροχιά της ρωγμής διαδίδεται προ της γωνία, κατά την οποία η τάση παίρνει μέγιστη τιμή.
- Όταν η τιμή αυτή ξεπεραστεί, τότε γίνεται διπλασιασμός των κόμβων στην άκρη της ρωγμής και έτσι δημιουργείται το απόβλιττο.

2012

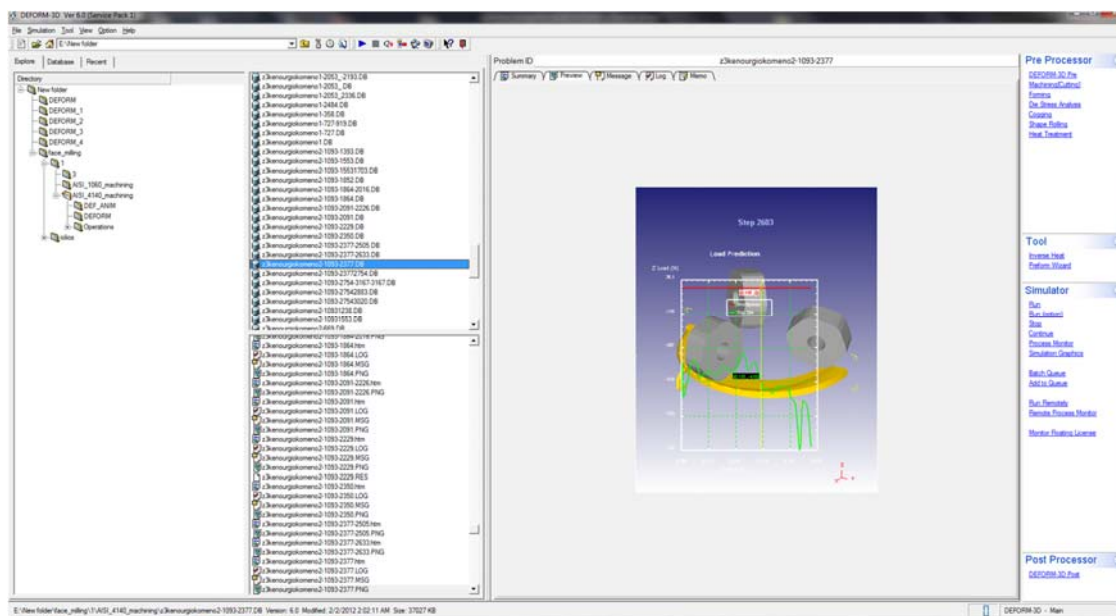


Λογισμικό

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

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

Μουστεράκης Χρήστος



- Προ –επεξεργαστής(pre processor)
- Προσομοιωτής (simulator)
- Μετά - επεξεργαστής(post processor)

2012



Εφαρμογή της μεθόδου των πεπερασμένων στοιχείων

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

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

Μουστεράκης Χρήστος

Προ –επεξεργαστής(pre processor)

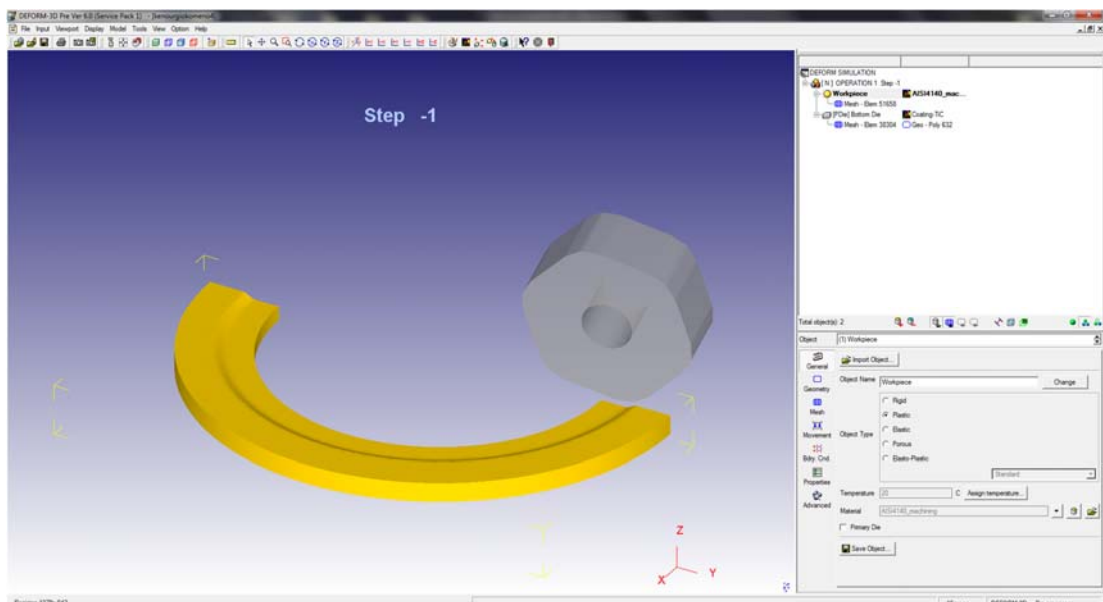
Τα απαιτούμενα δεδομένα εισαγωγής που είναι απαραίτητα για τη διεξαγωγή προσομοίωσης FEM, εκτός από την διακριτοποίηση , περιλαμβάνει:

- τις ιδιότητες των υλικών:
 - τάση διαρροής ως συνάρτηση
 - της παραμόρφωσης
 - του ποσοστού παραμόρφωσης
 - τις θερμοκρασίας
 - τις θερμικές ιδιότητες ως συνάρτηση της θερμοκρασίας
- τις ιδιότητες της διεπαφής:
 - συντελεστή τριβής
 - συντελεστή μεταφοράς θερμότητας
- οριακές συνθήκες:
 - περιγραφές των κινήσεων
 - πάκτωση του κατεργαζόμενου τεμαχίου
- τις αρχικές συνθήκες όπως η αρχική θερμοκρασία

**Προ – επεξεργαστής(pre processor)**
<http://www.m3.tuc.gr>

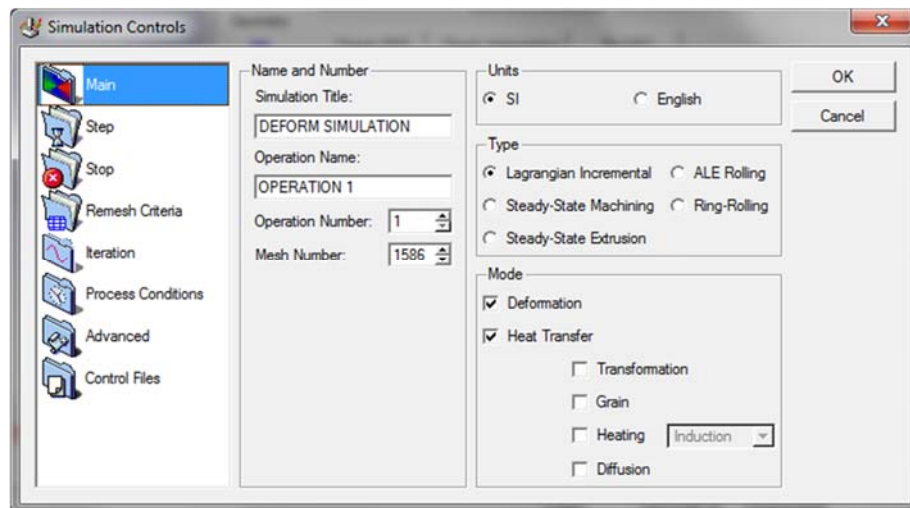

Dept. of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Assoc. Prof. Aristomenis Antoniadis

Μουστεράκης Χρήστος

**Προ – επεξεργαστής(pre processor)**
<http://www.m3.tuc.gr>


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

Μουστεράκης Χρήστος



- επιλογή του συστήματος μονάδων
- τύπος της προσομοίωσης
- επιλογή της επίλυσης της μετάδοσης θερμότητας κατά την κατεργασία



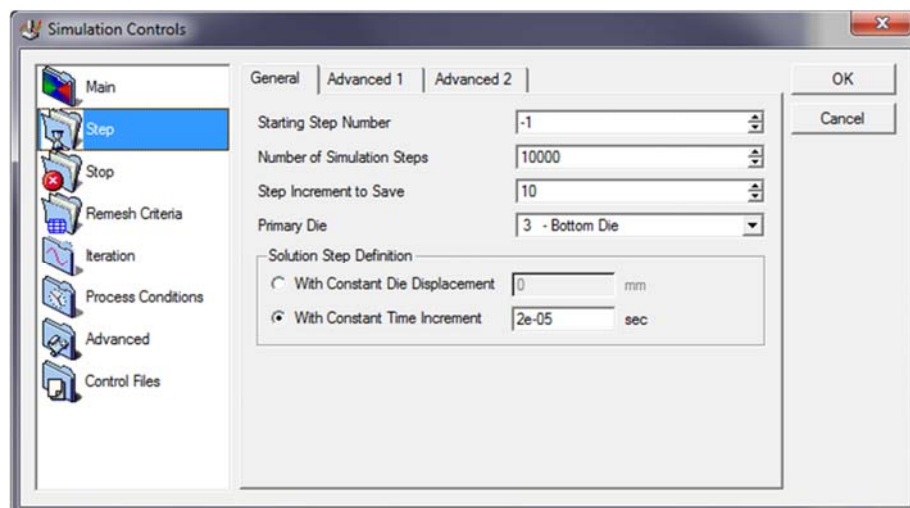
Προ – επεξεργαστής(pre processor)

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



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

Μουστεράκης Χρήστος



- επιλογή βημάτων προσομοίωσης



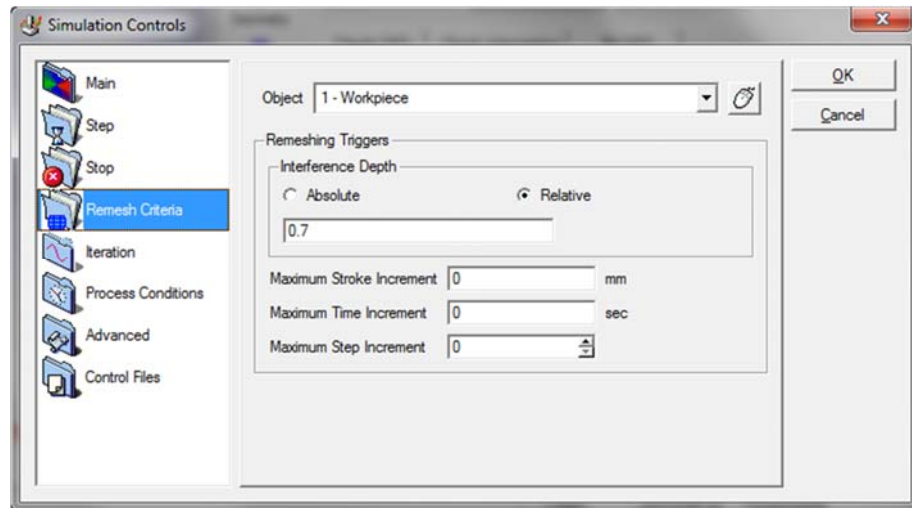
Προ – επεξεργαστής(pre processor)

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



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

Μουστεράκης Χρήστος



- Εισαγωγή κριτηρίων αναδιακριτοποίησης



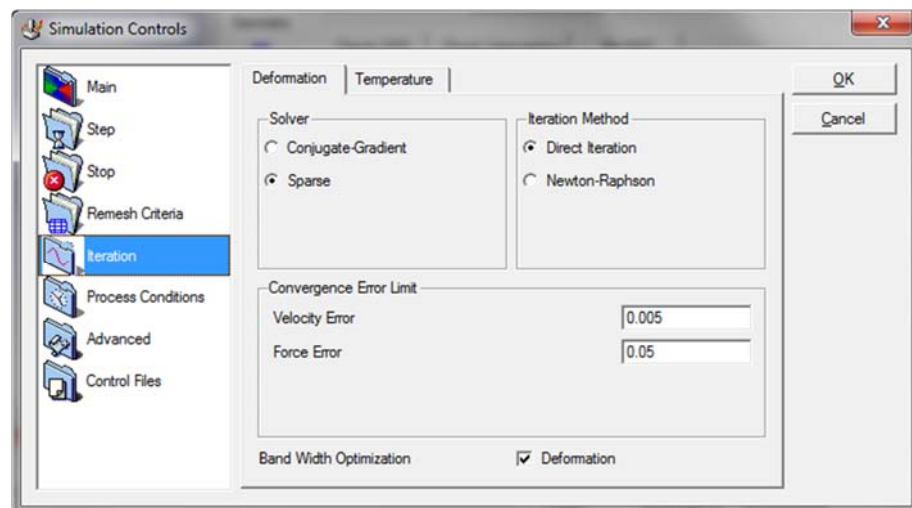
Προ – επεξεργαστής(pre processor)

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



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

Μουστεράκης Χρήστος



- επιλογή επιλύτη και επαναληπτικής μέθοδου



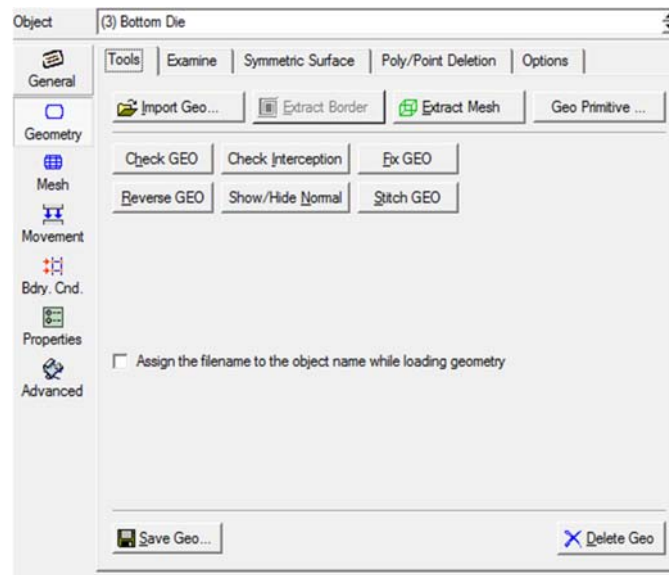
Προ – επεξεργαστής(pre processor)

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



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

Μουστεράκης Χρήστος



- Εισαγωγή και σχεδιασμός



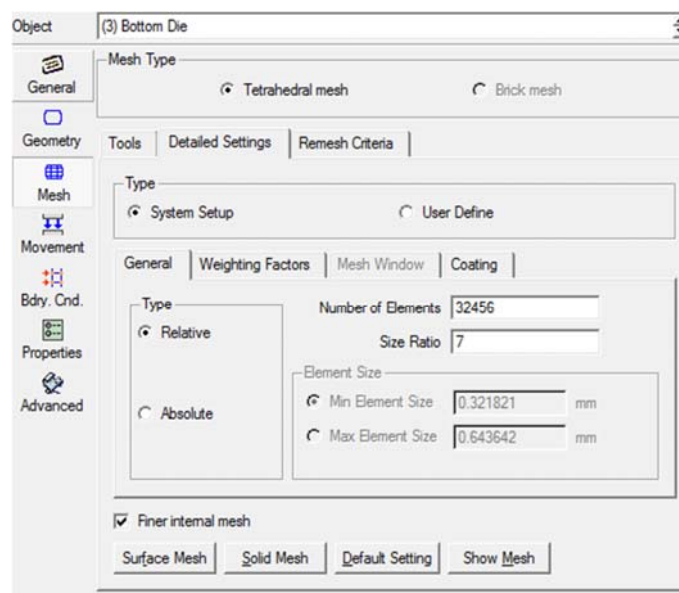
Περιβάλλον εισαγωγής γεωμετρίας

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



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

Μουστεράκης Χρήστος



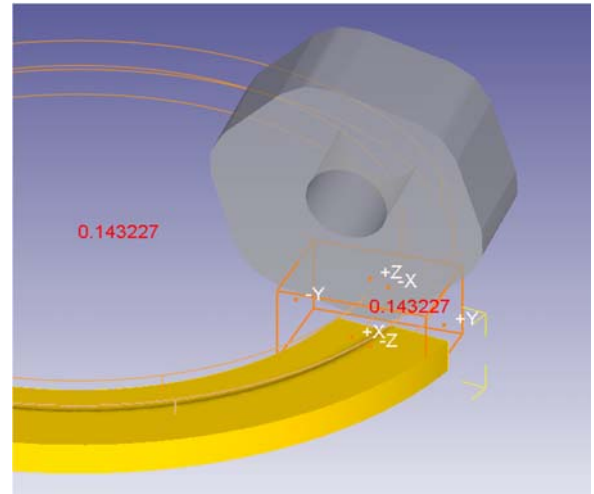
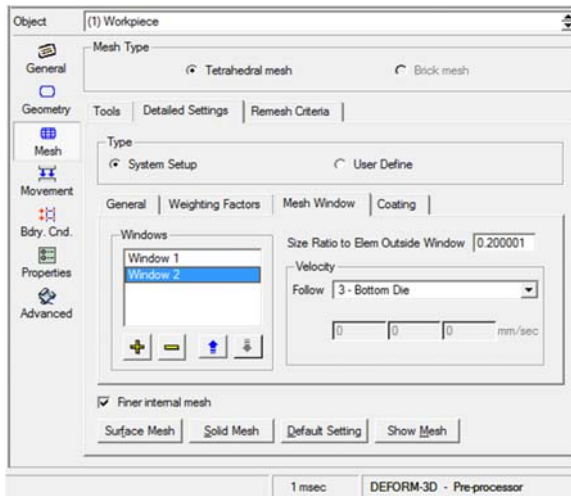
Περιβάλλον δημιουργίας πλέγματος

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



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

Μουστεράκης Χρήστος

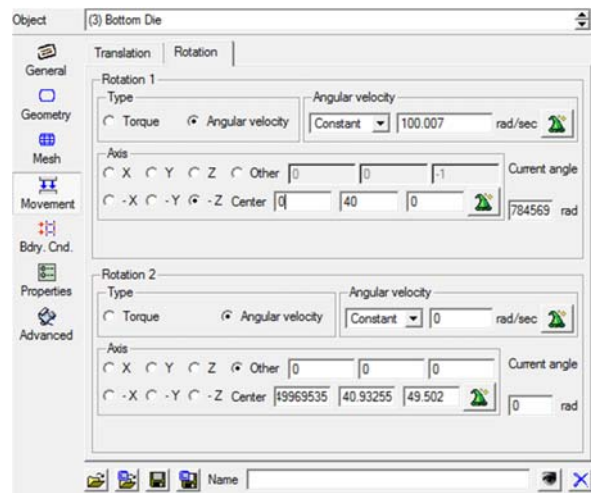
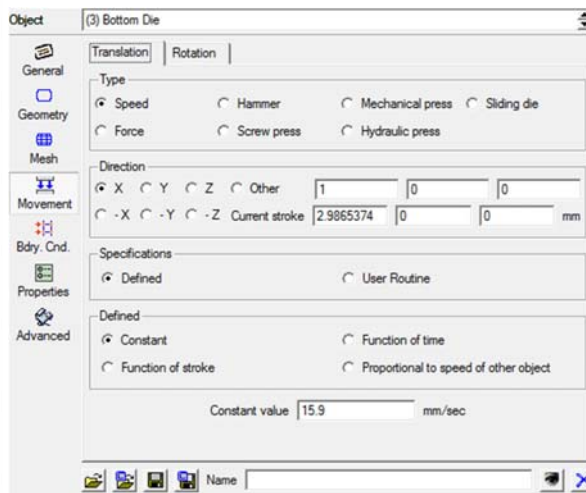


Εισαγωγή Mesh window

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


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

Μουστεράκης Χρήστος

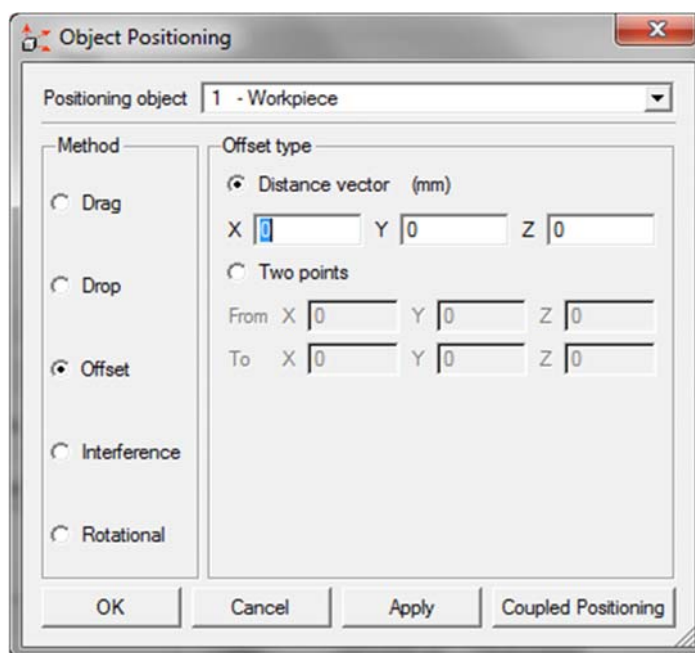
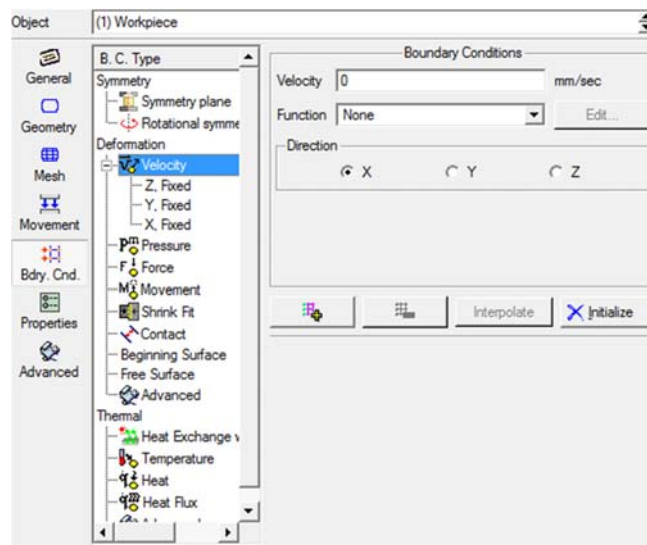


Περιβάλλον εισαγωγής της κινηματικής

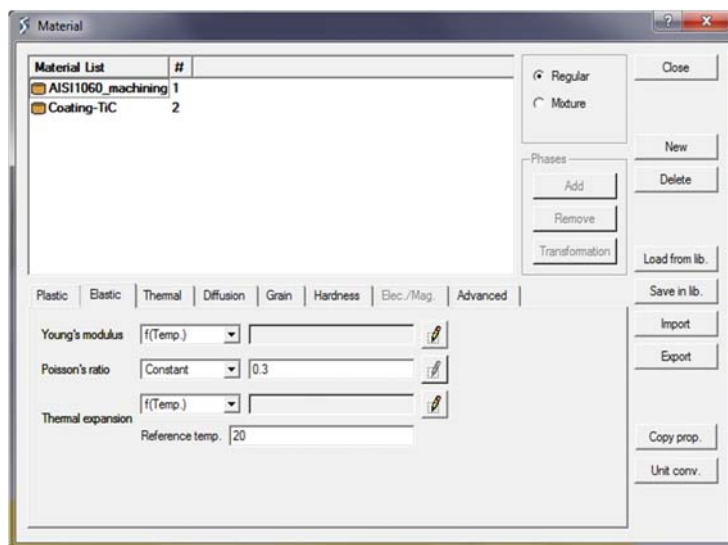
<http://www.m3.tuc.gr>


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

Μουστεράκης Χρήστος



2012



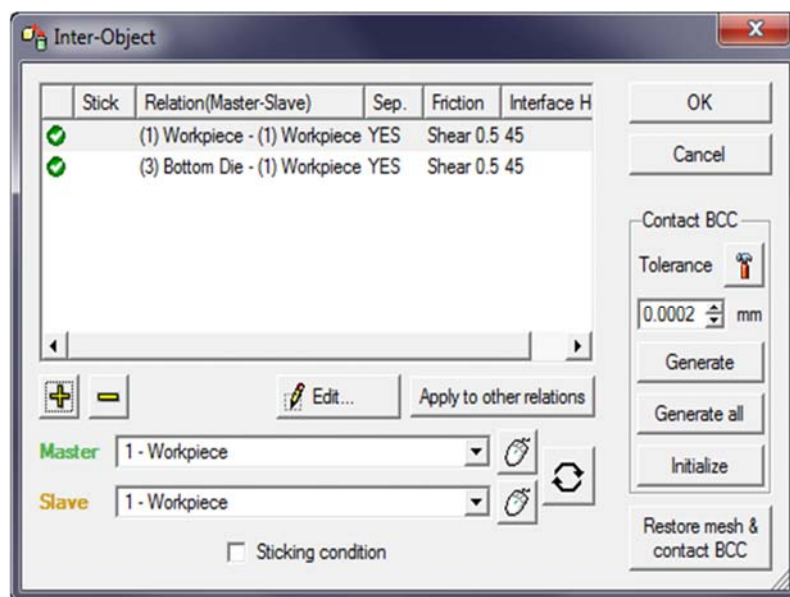
Περιβάλλον επιλογής υλικών

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

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

Μουστεράκης Χρήστος

2012



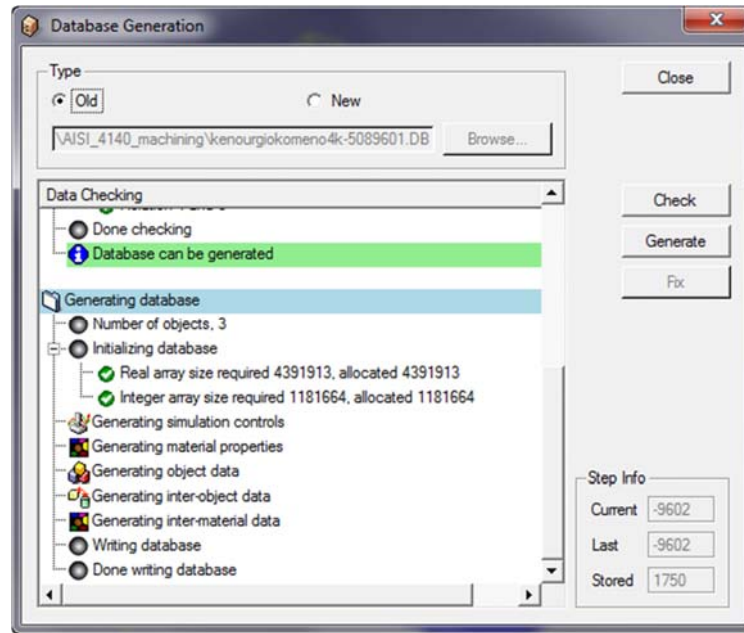
Καθορισμός χαρακτηριστικών επαφής

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

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

Μουστεράκης Χρήστος

2012



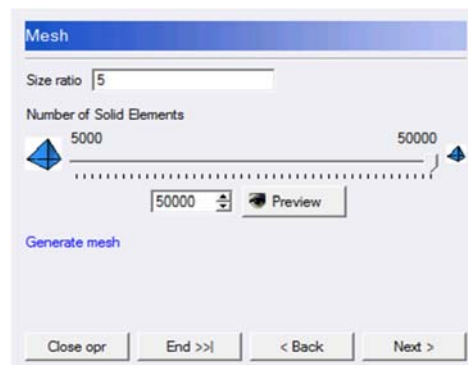
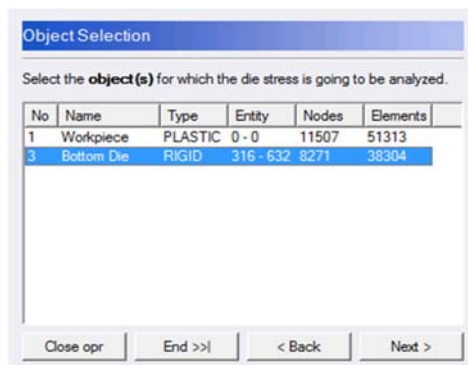
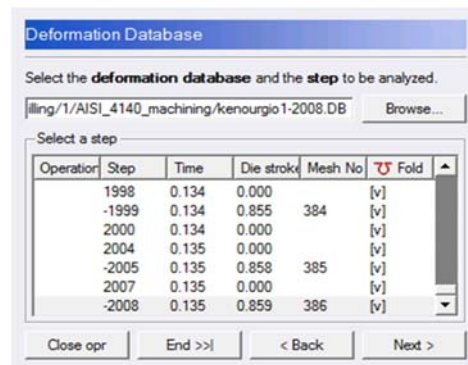
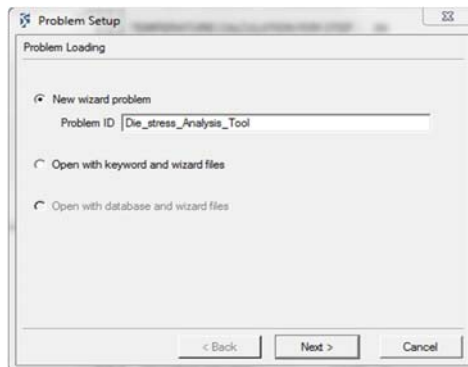
Δημιουργία βάσης τεχνολογικών δεδομένων προσομοίωσης

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

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

Μουστεράκης Χρήστος

2012



Ανάλυση τάσεων στο κοπτικό εργαλείο

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

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

Μουστεράκης Χρήστος

Object

Name: Bottom Die

Temperature: 20 ~ 70 C

Object Type:

☒ Elastic ☐ Rigid

Import Object

Delete Object

Close opr End >>| < Back Next >

Deformation BCC

BCC

Symmetry

Velocity

Shrink Fit

Fix direction:

☒ X ☐ Y ☐ Z ☐ X+Y+Z

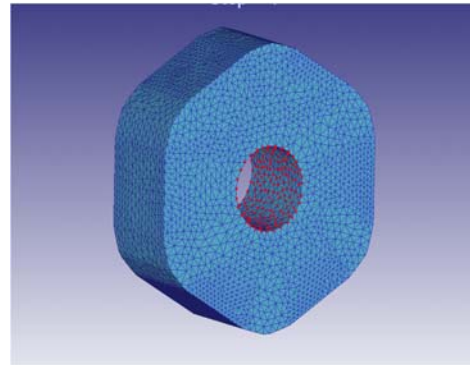
Close opr End >>| < Back Next >

Force Interpolation

Interpolate force

Tolerance: 0.212372

Close opr End >>| < Back Next >



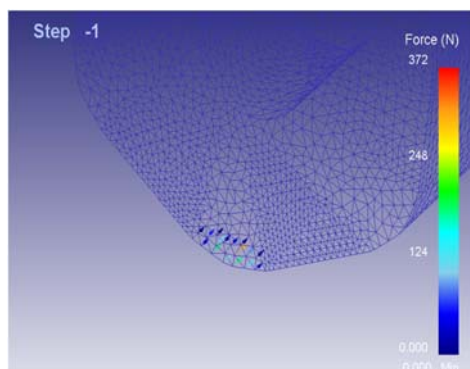
Ανάλυση τάσεων στο κοπτικό εργαλείο

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



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

Μουστεράκης Χρήστος



Generate Database

Status: Ready

Check data

Generate database

Close opr < Back Finish



Ανάλυση τάσεων στο κοπτικό εργαλείο

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



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

Μουστεράκης Χρήστος

- Πενταξονικό κέντρο κατεργασίας DMU 50 eco



Χαρακτηριστικά εργαλειομηχανής

Διαδρομή στον άξονα X	500 mm
Διαδρομή στον άξονα Y	450 mm
Διαδρομή στον άξονα Z	400 mm
Στροφές	20-8.000
Τύπος συγκράτησης εργαλείων	CAT40/BT40
Μέγιστος αριθμός κοπτικών	16
Μέγιστο βάρος κοπτικού	6kg
Μέγιστο ύψος κοπτικού	300mm
Μέγιστη διάμετρος κοπτικού	80/130 mm
Ταχείες προώσεις	12 mm/m
Ισχύς κινητήρα ατράκτου	13/9 kW (40/100% DC)
Μεγίστη δύναμη πρόωσης	4,5 kN
Ροπή	83/57,3nm (40/100% DC)
Διαστάσεις Τράπεζας	Ø 630 mm x 500 mm
Μέγιστη διάσταση τεμαχίου	Ø 550 mm x 450 mm
Μέγιστο βάρος στην τράπεζα	200kg
Εύρος περιστροφής τράπεζας	-5/+110



Εξοπλισμός πειραμάτων

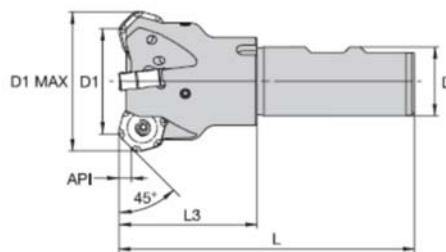
<http://www.m3.tuc.gr>


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

Μουστεράκης Χρήστος

- Kennametal
- Σειρά 'Dodeka'

- Καρβίδιο βολφραμίου, ένα κράμα υψηλής αντοχής μεταλλικής σύνθεσης
- Η επίστρωση είναι από προηγμένο AlTiN
- Κατάλληλο για γενική ή απαιτητική χρήση, για κατεργασία ατσαλιού, ανοξείδωτου ατσαλιού και κράματα



D 1	Αριθμός καταλόγου	Z D	D1.m ax	L 3	L	Ap1.m ax	k g	MAX rpm	N m
4 0	KSHR40D03R50B25SHN09	3 2 5	51	5 0	1 07	4.5	0 .5	15800	3



Κοπτικό εργαλείο

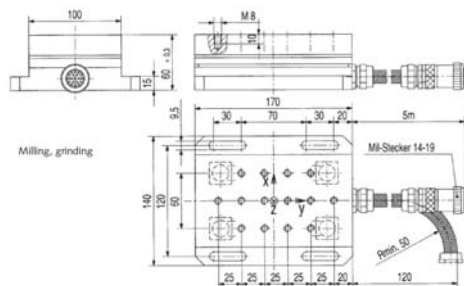
<http://www.m3.tuc.gr>


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

Μουστεράκης Χρήστος

2012

- KISTLER 9257BA
- Μονάδα ελέγχου KISTLER 5233A1
- DynoWare



Όργανο δυναμομέτρησης

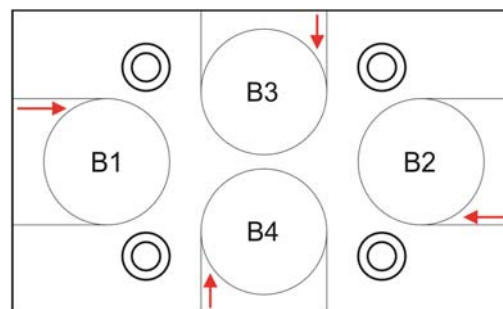
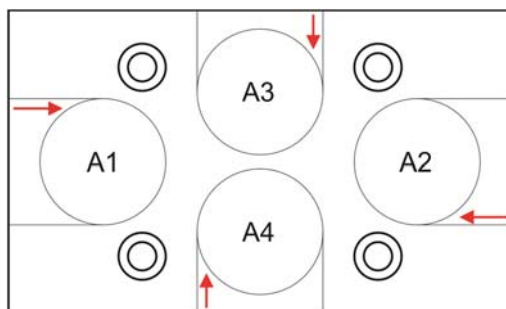
<http://www.m3.tuc.gr>


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

Μουστεράκης Χρήστος

2012

A/A	Τεμ.	N	SP(rpm)	FD(mm/min)	V_c (m/min)	f_z (mm/δόντι)
1	A1	1	955	955	120	1
2	A2	1	955	764	120	0.8
3	A3	1	955	573	120	0.6
4	A4	1	955	382	120	0.4
5	B1	3	955	2865	120	1
6	B2	3	955	2292	120	0.8
7	B3	3	955	1719	120	0.6
8	B4	3	955	1146	120	0.4



Συνθήκες κοπής

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


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

Μουστεράκης Χρήστος

2012

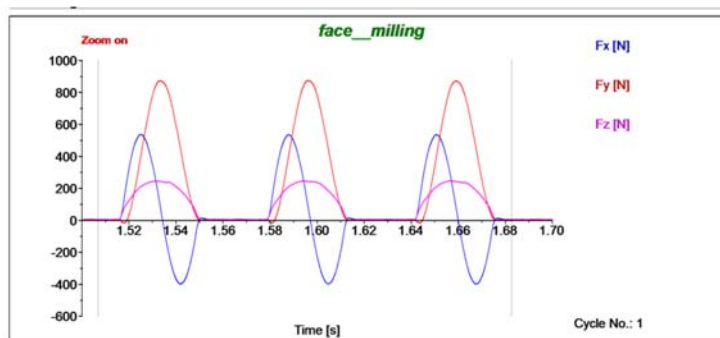


Πειραματικά αποτελέσματα

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

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

Μουστεράκης Χρήστος



A/A	Τεμ.	n	SP (rpm)	FD (mm/min)	V _c (m/min)	f _z (mm/δόντι)
1	A1	1	955	955	120	1

2012

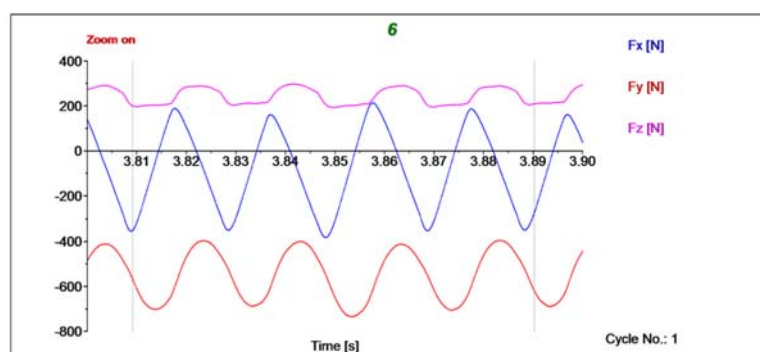


Πειραματικά αποτελέσματα

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

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

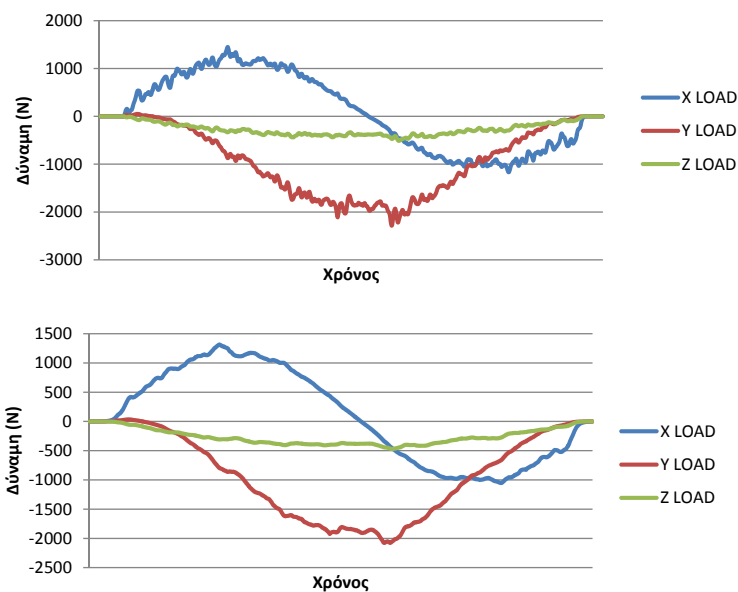
Μουστεράκης Χρήστος



A/A	Τεμ.	n	SP (rpm)	FD (mm/min)	V _c (m/min)	f _z (mm/δόντι)
6	B2	3	955	2292	120	0.8

2012

A/A	Τεμ.	n	SP (rpm)	FD (mm/min)	V_c (m/min)	f_z (mm/δόντι)
1	A1	1	955	955	120	1



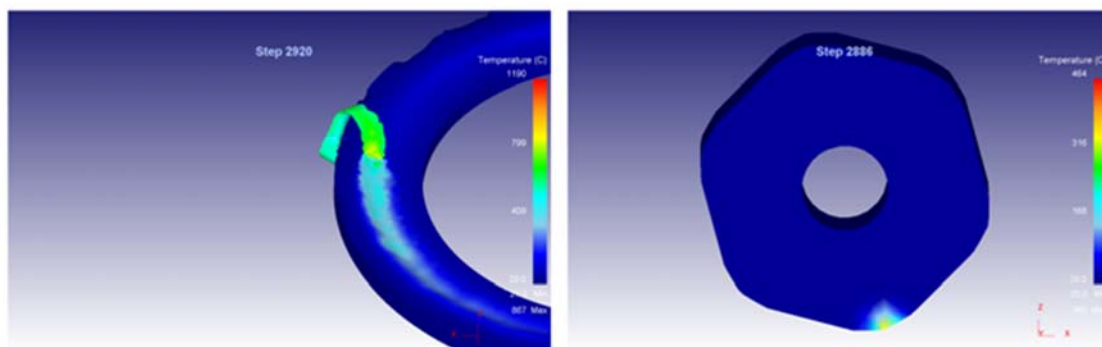
Υπολογιστικά αποτελέσματα

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


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

Μουστεράκης Χρήστος

2012



Κατανομή θερμοκρασίας κατά τη μέγιστη δύναμη στην κατεργαζόμενη επιφάνεια και στη κοπτική ακμή



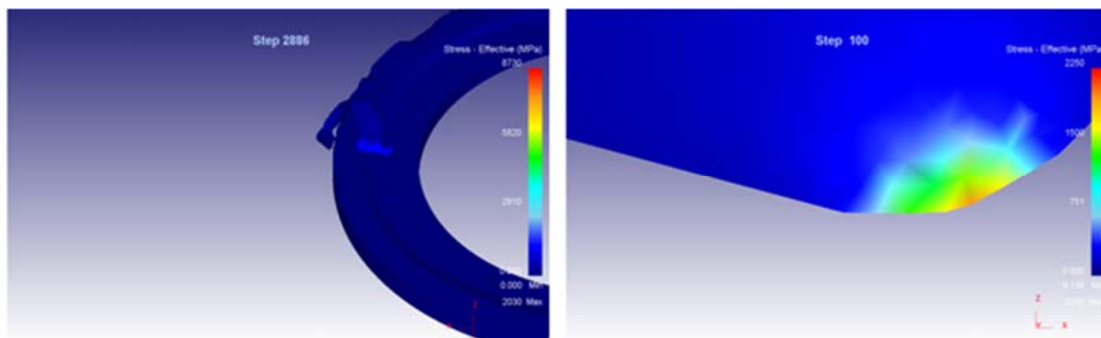
Υπολογιστικά αποτελέσματα

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


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

Μουστεράκης Χρήστος

2012



Κατανομή τάσεων κατά τη μέγιστη δύναμη στην κατεργαζόμενη επιφάνεια και στη κοπτική ακμή



Υπολογιστικά αποτελέσματα

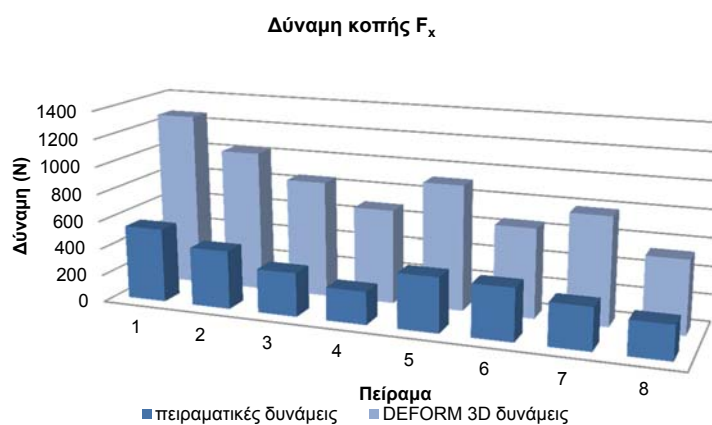
<http://www.m3.tuc.gr>


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

Μουστεράκης Χρήστος

2012

ΠΕΙΡΑΜΑ	F_x	x_{DEFORM}
1	537,11	1272
2	428,71	1030
3	321	851
4	241	688
5	401	914
6	383	652
7	310	785
8	250	537



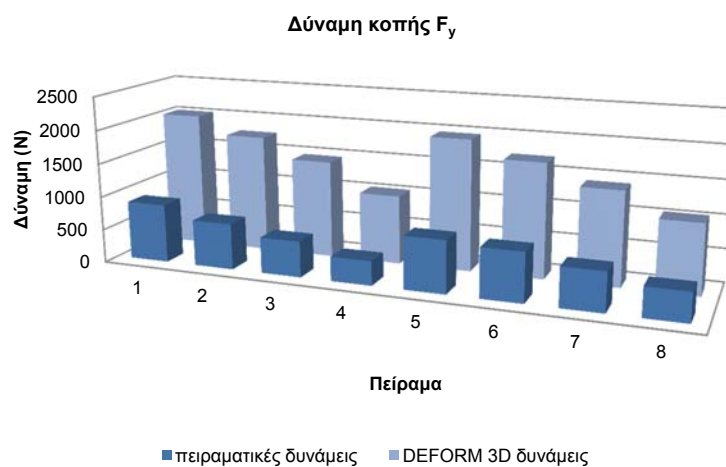
Σύγκριση αποτελεσμάτων

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


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

Μουστεράκης Χρήστος

ΠΕΙΡΑΜΑ	F_y	y DEFORM
1	874,02	2020
2	688	1760
3	536	1460
4	363	1033
5	783	1963
6	735	1713
7	587	1408
8	436	1049



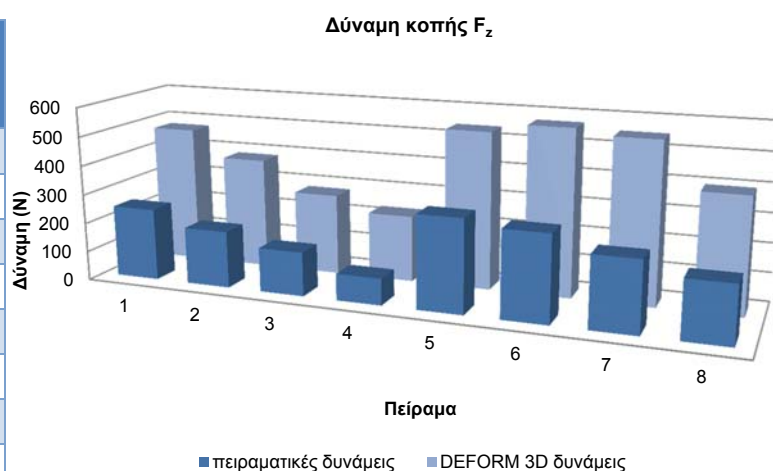
Βασική ορολογία γραναζιών

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


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

Μουστεράκης Χρήστος

ΠΕΙΡΑΜΑ	F_z	z DEFORM
1	247	474
2	195	383
3	151	279
4	91	229
5	318	539
6	296	570
7	243	551
8	197	396



Βασική ορολογία γραναζιών

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


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

Μουστεράκης Χρήστος



- Οι υπολογιστικές δυνάμεις κοπής και στους τρεις άξονες είναι σχεδόν διπλάσιες από τις πειραματικές δυνάμεις
- Έχουν σωστή συμπεριφορά ως προς το χρόνο
- Η επιλογή του συντελεστή τριβής ίσως δεν είναι κατάλληλη (manual)
- Ένας μικρότερος συντελεστής έχει καλύτερα αποτελέσματα
- Χρήση του προγράμματος OXCUT στην βιβλιογραφία
- Συνέχεια της εργασίας:
 - η μελέτη του συντελεστή τριβής και το πως επηρεάζει την προσομοίωση
 - η μελέτη για το πώς γίνεται η δημιουργία των εξισώσεων των υλικών και η χρήση προγραμμάτων για αυτό τον σκοπό.



**Ευχαριστώ πολύ για
την προσοχή σας
!!!!**