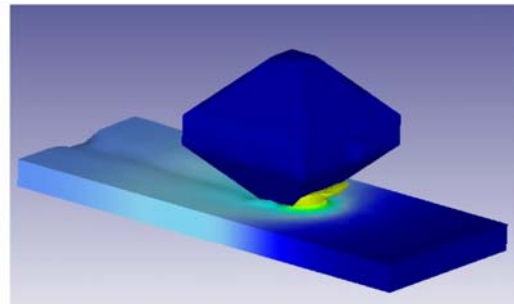


ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΛΕΙΑΝΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



Καθ. Αριστομένης Αντωνιάδης
Δρ. Μηχ. Μαρία Παππά

Ευάγγελος Δασκαλάκης

Πολυτεχνείο Κρήτης – Χανιά 2016

2016

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΤΗΣ ΛΕΙΑΝΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



Παρουσίαση διπλωματικής εργασίας

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



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

2

ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΚΑΙ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΤΗΣ ΛΕΙΑΝΣΗΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση μέσω πεπερασμένων στοιχείων της δυναμικής και θερμικής συμπεριφοράς εργαλείων λείανσης που έχουν τη δυνατότητα να αλλάζουν γεωμετρία μέσω συμπίεσης της αρχικής τους γεωμετρίας. Πιο συγκεκριμένα, τα εργαλεία που μελετώνται έχουν αρχικά σφαιρική γεωμετρία διαμέτρου 25mm και είναι φτιαγμένα από πολυμερές υλικό εμπλουτισμένο με νανοπρόσθετα στοιχεία από σκληρά μέταλλα.

Δομή παρουσίασης:

- Η κατεργασία της λείανσης
- Είδη λείανσης και υλικά κόκκων
- Προσδιορισμός τρισδιάστατης γεωμετρικής μορφής κοπτικών ακμών
- Δημιουργία προσομοιωτικού μοντέλου στο Comsol Multiphysics
- Συνοπτικά αποτελέσματα προγράμματος Comsol Multiphysics
- Δημιουργία προσομοιωτικού μοντέλου στο Deform 3D
- Συνοπτικά αποτελέσματα προγράμματος Deform 3D
- Συμπεράσματα



2016



Σκοπός και δομή της εργασίας

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



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης



Λείανση χαρακτηρίζεται η κατεργασία αφαίρεσης υλικού (συνήθως κατεργασία αποπεράτωσης) με χρήση λειαντικού τροχού από κόκκους σκληρού υλικού που συγκρατούνται από συνδετικό υλικό. Οι λειαντικοί κόκκοι (abrasives, grits) είναι άμορφοι χωρίς καθορισμένη γεωμετρία. Κατά τη διάρκεια της κατεργασίας, ενεργούν ταυτόχρονα στην αποβολή υλικού μεγάλος αριθμός λειαντικών κόκκων.



Η κατεργασία της λείανσης

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



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης



Κυλινδρική Λείανση



Επιφανειακή Λείανση



Άκεντρη Λείανση



Λείανση Μορφής

Τα **είδη λείανσης** είναι τα εξής:

- **Επίπεδη λείανση.**
- **Κυλινδρική λείανση.**
- **Άκεντρη λείανση.**
- **Λείανση μορφής.**
- **Αποκοπή υλικού με λειαντικό δίσκο.**

Τα πιο συνηθισμένα **υλικά κόκκων** σε λειαντικούς τροχούς είναι:

- **Φυσικό ή τεχνητό κορούνδιο (Al_2O_3):** Λαμβάνεται φυσικά από το ορυκτό σμύριδα ή παράγεται τεχνητά σε ηλεκτρική κάμινο από βωξίτη.
- **Ανθρακοπυρίτιο (SiC):** Παράγεται τεχνητά σε ηλεκτρική κάμινο με πρώτες ύλες χαλαζιακή άμμο και άνθρακα (C).
- **Ζιρκόνιο-Κορούνδιο (Zr):** Κατασκευάζεται με την τήξη ενός μείγματος από ZrO_2 και Al_2O_3 σε ακριβώς καθορισμένες αναλογίες ανάμειξης.
- **Διαμάντι.**
- **Κυβικός βοριονιτρίτης (CBN):** είναι μια θερμική και χημική πυρίμαχη ένωση του βορίου και του αζώτου με το χημικό τύπο BN.



Είδη λείανσης και υλικά κόκκων

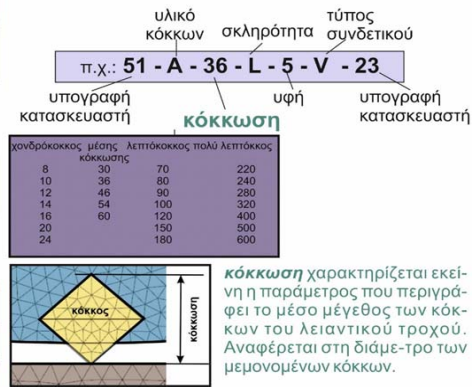
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

Λειαντικός Τροχός	90A80J5V217	50A60M4V217
Διάμετρος τροχού	250mm	250mm
Συνθήκες κοπής	A=25μm q=104, vs=26m/s	A=25μm q=104, vs=26m/s
Υλικό κατεργασίας	15CrNi6N	15CrNi6N
κόκκωση (μέγεθος κόκκου)	80	60
	0.195mm	0.275mm
Uy 25μm	Fx	12 N/mm
	Fy	15 N/mm
Uy 15μm	Fx	7 N/mm
	Fy	10 N/mm



Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων (ΠΣ) είναι μια αριθμητική μέθοδος, η οποία με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή, μπορεί να δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα. Το βασικό της πλεονέκτημα είναι ότι μπορεί να βρει εφαρμογή σε όλα τα προβλήματα κατεργασιών. Η μοντελοποίηση με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων ξεκινά με τη διακριτοποίηση των παραγόντων της κατεργασίας (κοπτικό εργαλείο, τεμάχιο). Ο χώρος που καταλαμβάνουν τα ΠΣ χωρίζεται σε τετράγωνα, τρίγωνα ή πολύγωνα τα οποία ενώνονται με κόμβους.

Το 1986 η κ. **Χαρίκλεια Καραγάλιου** προσπάθησε να επιτύχει ακριβείς προσδιορισμούς της τρισδιάστατης γεωμετρικής μορφής των κοπτικών ακμών του λειαντικού τροχού, ο οποίος θα βασίζεται στη μετρημένη, μέσω τραχυγραφημάτων, τοπογραφία του τροχού.

2016

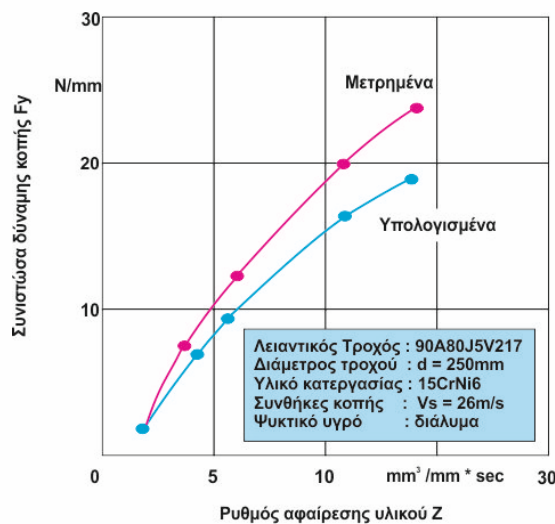


Προσδιορισμός τρισδιάστατης γεωμετρικής μορφής κοπτικών ακμών

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

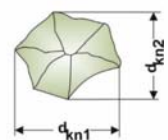

School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευάγγελος Δασκαλάκης



Διάγραμμα δυνάμεων κοπής συναρτήσεως του ρυθμού αφαίρεσης υλικού με λειαντικό τροχό 90A80J5V217 και διάμετρο 250mm.

Κόκκωση	Διαστάσεις κόκκου [mm]	
	Τυποποιημένη διάμετρος $d_{kn1}-d_{kn2}$	Μέση διάμετρος d_s
24	0.85 - 0.70	0.777
36	0.60 - 0.50	0.550
46	0.42 - 0.355	0.387
60	0.30 - 0.25	0.275
80	0.21 - 0.18	0.195
100	0.15 - 0.125	0.137
120	0.125 - 0.105	0.115



Μέση διάμετρος κόκκου για διάφορες τιμές κόκκωσης.

2016

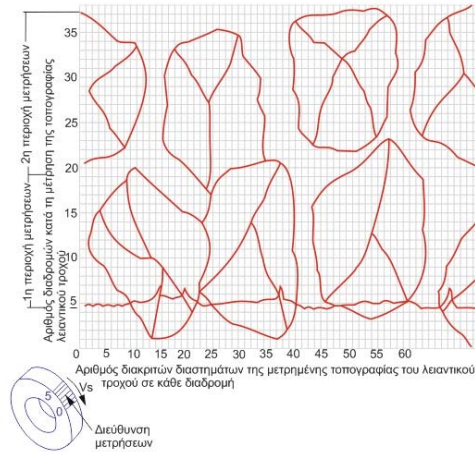


Προσδιορισμός τρισδιάστατης γεωμετρικής μορφής κοπτικών ακμών

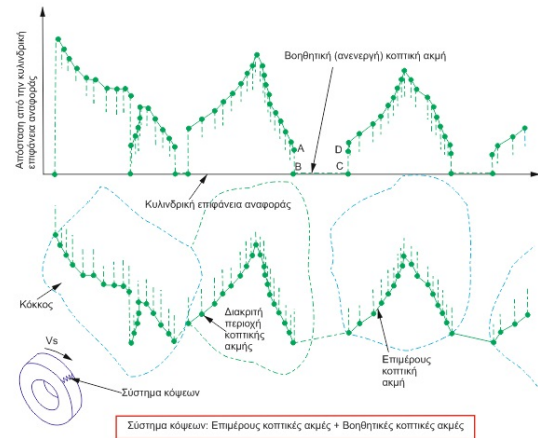
<http://www.m3.tuc.gr>


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

Ευάγγελος Δασκαλάκης



Μετατροπή αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά, των τραχυγραφημάτων που λαμβάνονται κατά την περιγραφή της τοπογραφίας του λειαντικού τροχού.



Σύνδεση επιμέρους κοπτικών ακμών σε σύστημα κόψεων, με τη βοήθεια προγράμματος Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.

2016



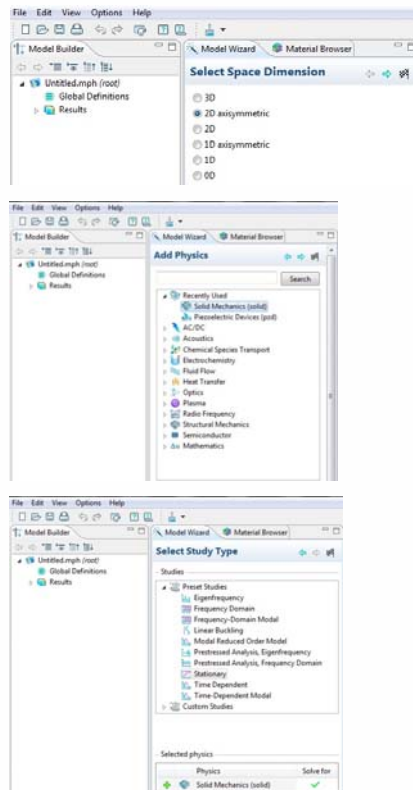
Προσδιορισμός τρισδιάστατης γεωμετρικής μορφής κοπτικών ακμών

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



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης



Το **COMSOL Multiphysics** είναι ένα ισχυρό διαδραστικό περιβάλλον για τη μοντελοποίηση και την επίλυση όλων των ειδών επιστημονικών και τεχνικών προβλημάτων που περιγράφονται από μερικές διαφορικές εξισώσεις (ΜΔΕ).

Οι μερικές διαφορικές εξισώσεις αποτελούν το θεμέλιο για πολλούς από τους νόμους της επιστήμης και της φυσικής και παρέχουν τη βάση για τη μοντελοποίηση ευρέος φάσματος φαινομένων.

Κατά την επίλυση των μερικών διαφορικών εξισώσεων, το COMSOL Multiphysics χρησιμοποιεί την ιδιαίτερα επιτυχημένη και διαδομένη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων (FEM).

Σημαντικό πλεονέκτημα του COMSOL Multiphysics είναι η δυνατότητα αλληλεπίδρασής του με το MATLAB, πράγμα που διευκολύνει πάρα πολύ καθώς είναι εφικτή η αποθήκευση ενός υπολογιστικού μοντέλου σε μορφή κώδικα, στον οποίο μπορεί εύκολα να γίνονται αλλαγές και τροποποιήσεις.

2016



Δημιουργία προσομοιωτικού μοντέλου στο Comsol Multiphysics

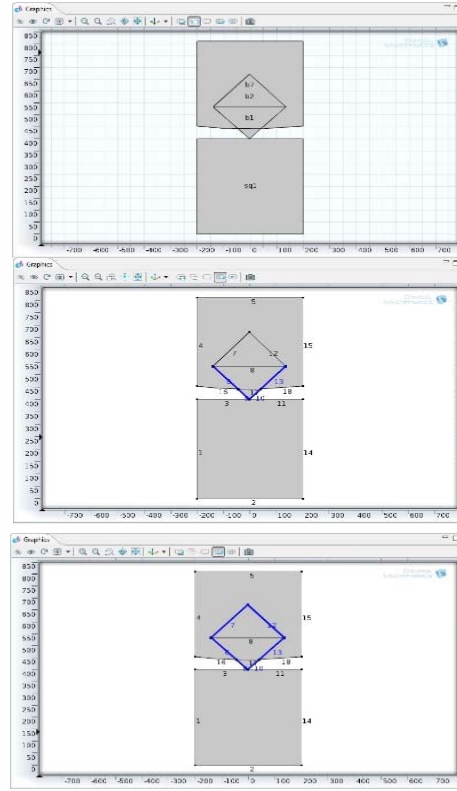
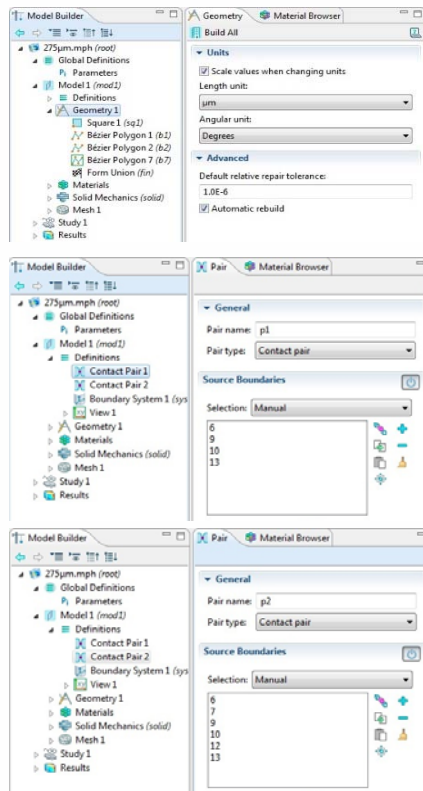
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

2016



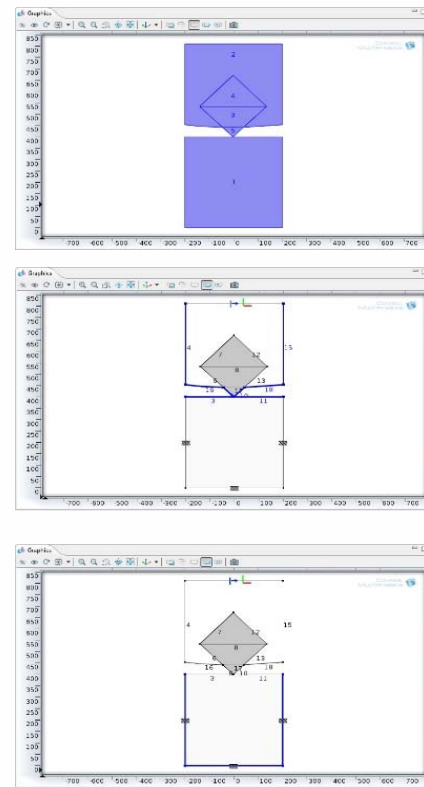
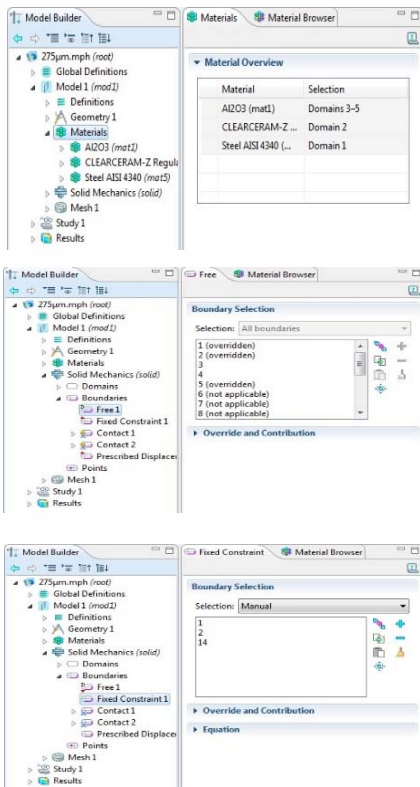
Δημιουργία προσομοιωτικού μοντέλου στο Comsol Multiphysics

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

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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

2016



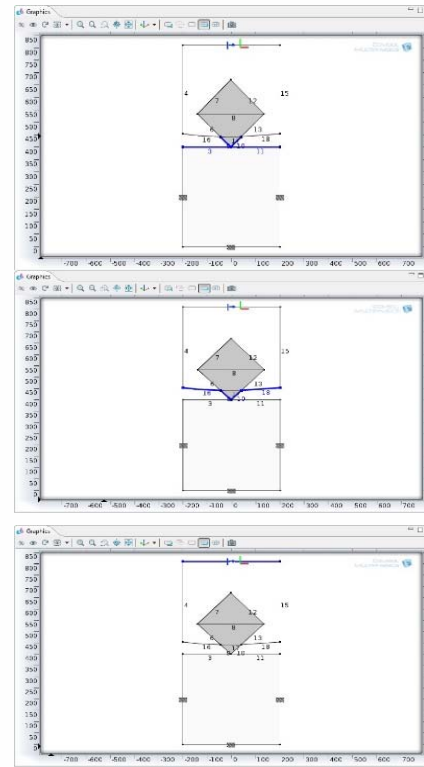
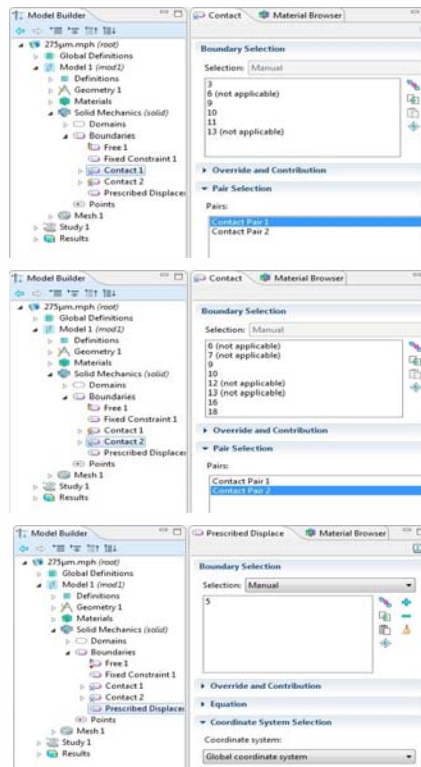
Δημιουργία προσομοιωτικού μοντέλου στο Comsol Multiphysics

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

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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

2016



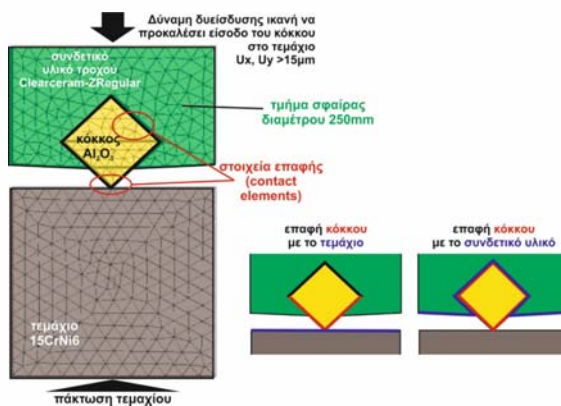
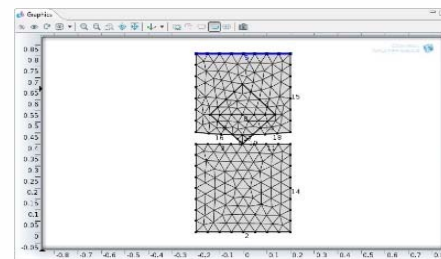
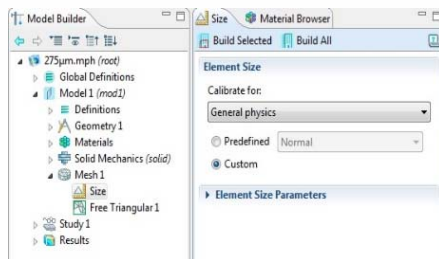
Δημιουργία προσομοιωτικού μοντέλου στο Comsol Multiphysics

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

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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

2016



Μοντέλο προσομοίωσης για επαλήθευση.

	Μετατόπιση τροχού/κόκκου $U_y=25\mu\text{m}$	Μετατόπιση τροχού/κόκκου $U_y=15\mu\text{m}$
Λειαντικός τροχός 90A80J5V217	Δυνάμεις (Reaction Forces): $F_y = 15 \text{ N/mm}$ $F_x = 12 \text{ N/mm}$	Δυνάμεις (Reaction Forces): $F_y = 8 \text{ N/mm}$ $F_x = 5.8 \text{ N/mm}$
	μέγεθος στοιχείων (element size) = 0.039 mm	μέγεθος στοιχείων (element size) = 0.038 mm
Λειαντικός τροχός 50A60M4V217	Δυνάμεις (Reaction Forces): $F_y = 10 \text{ N/mm}$ $F_x = 7 \text{ N/mm}$	
	μέγεθος στοιχείων (element size) = 0.049 mm	

Αποτελέσματα προσομοιώσεων επαλήθευσης της διατριβής κ. Καραχάλιου.



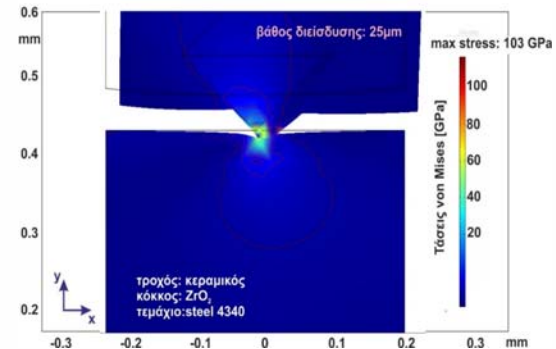
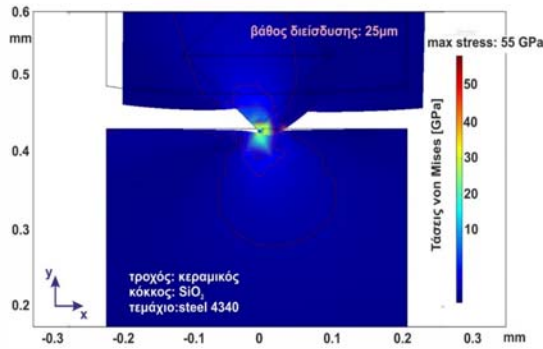
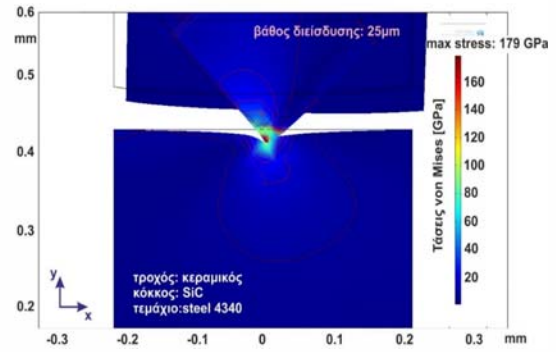
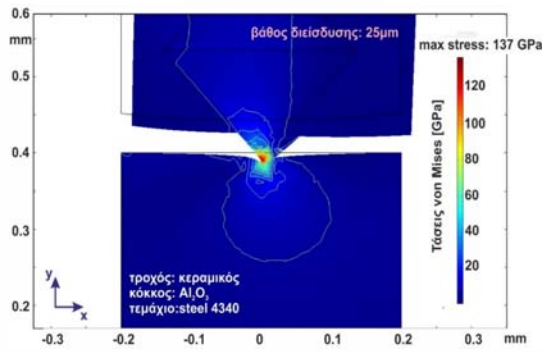
Δημιουργία προσομοιωτικού μοντέλου στο Comsol Multiphysics

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

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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

2016



Συνοπτικά αποτελέσματα προγράμματος Comsol Multiphysics

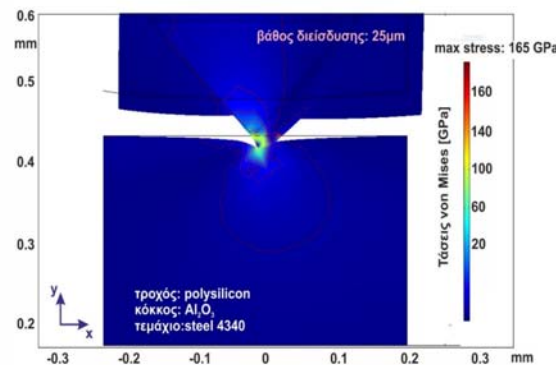
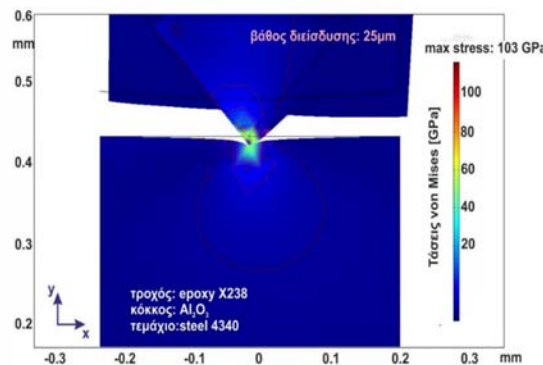
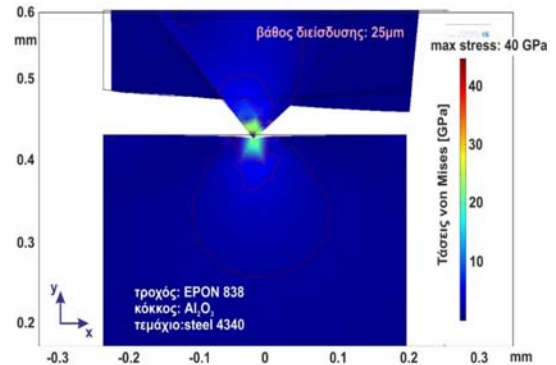
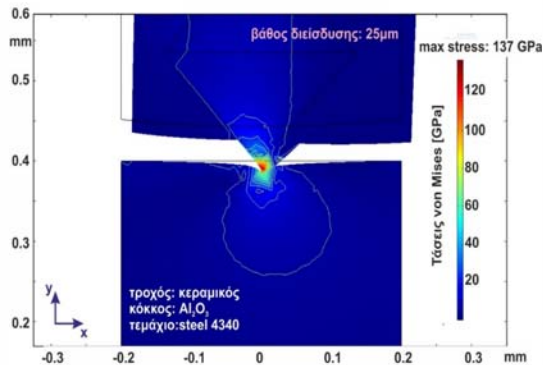
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

2016



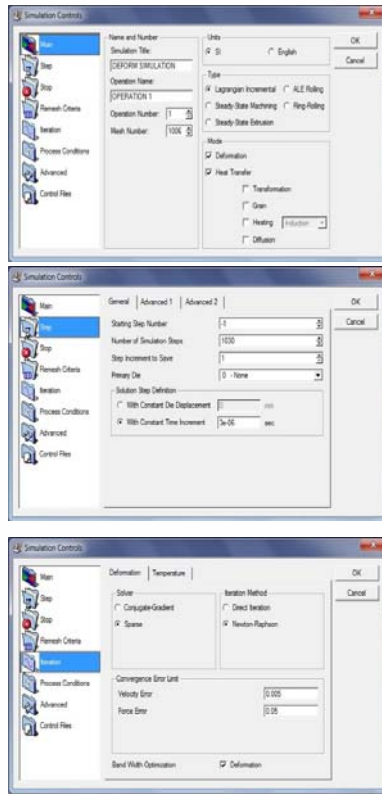
Συνοπτικά αποτελέσματα προγράμματος Comsol Multiphysics

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



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης



Το **Deform-3D** είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο λογισμικό ανάλυσης στο κόσμο για τη βελτιστοποίηση μετάλλων, γυαλιού και άλλων μη μεταλλικών σχηματισμών, θερμικών επεξεργασιών και των διαδικασιών κατεργασίας.

Επίσης βοηθά στη βελτιστοποίηση της ποιότητας των προϊόντων και στη μείωση του κόστους παραγωγής για τις διαδικασίες της σφυρηλάτησης, της εξώθησης, της κύλισης, της στρέψης και της διάτρησης.

Ακόμα, με το Deform υπάρχει η δυνατότητα πρόβλεψης της εξέλιξης της μικροδομής των παραμορφώσεων του προϊόντος και των φάσεων μετασχηματισμού.

Τέλος, είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να γίνεται ακριβής, γρήγορη και εύκολη προσομοίωση ψυχρών, θερμών και υψηλών θερμοκρασιών τεχνολογιών παραγωγής, της διαδικασίας αντιμετώπισης των προβλημάτων τους και της ανάλυσης των αναπτυσσόμενων τάσεων.



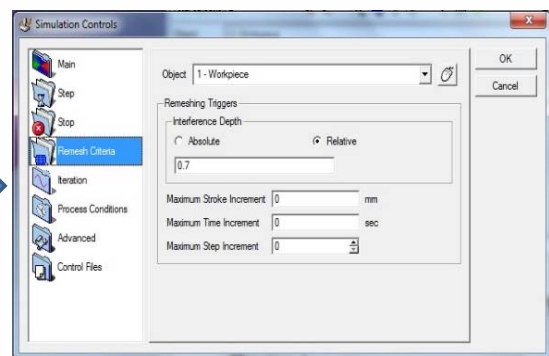
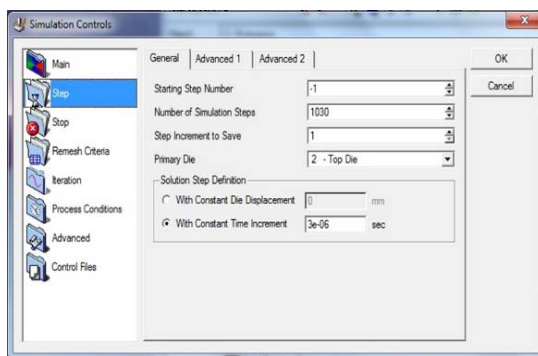
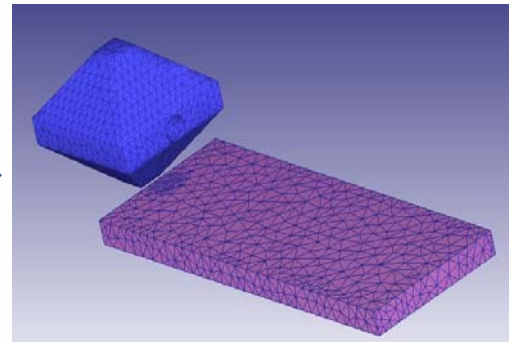
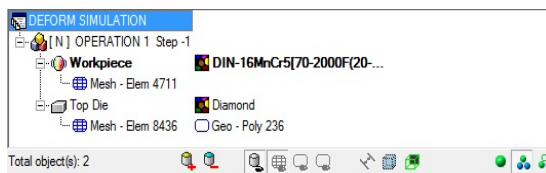
Δημιουργία προσομοιωτικού μοντέλου στο Deform 3D

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



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης



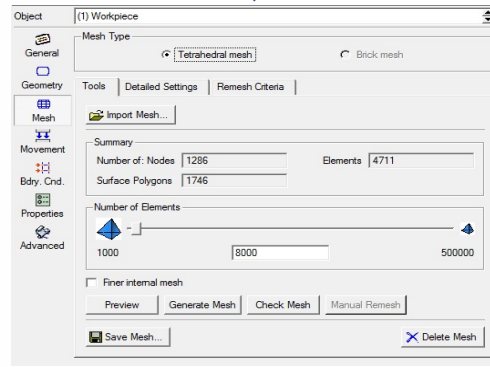
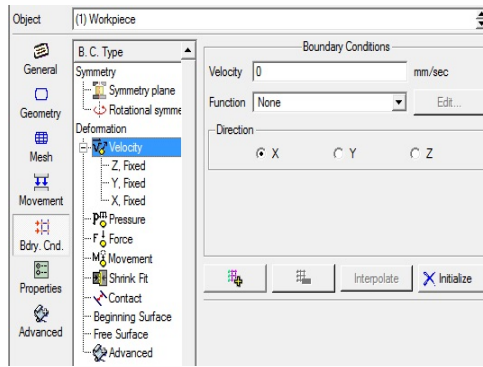
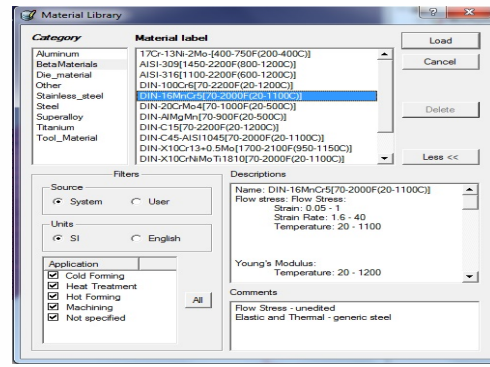
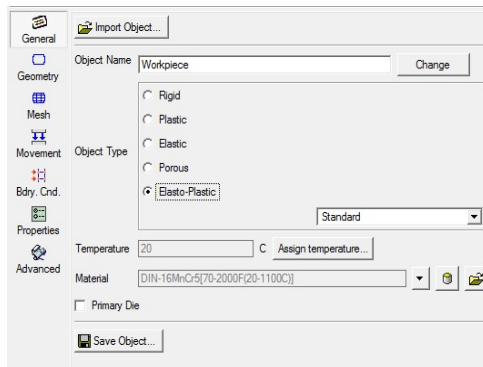
Δημιουργία προσομοιωτικού μοντέλου στο Deform 3D

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



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

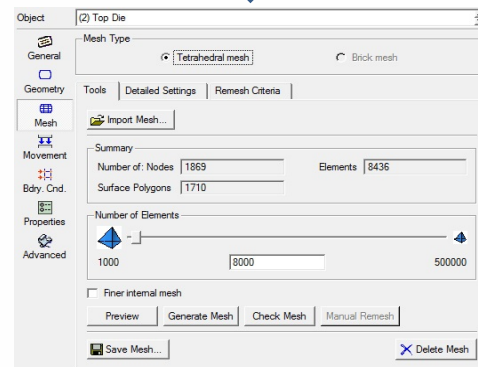
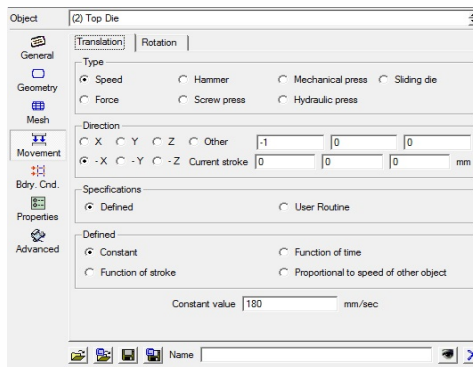
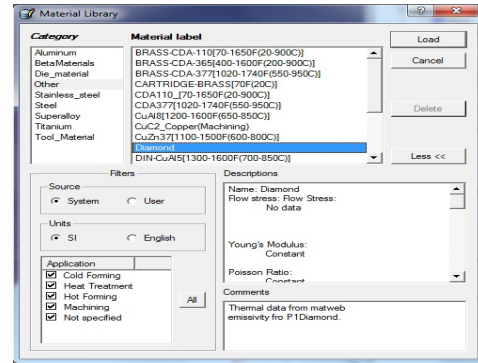
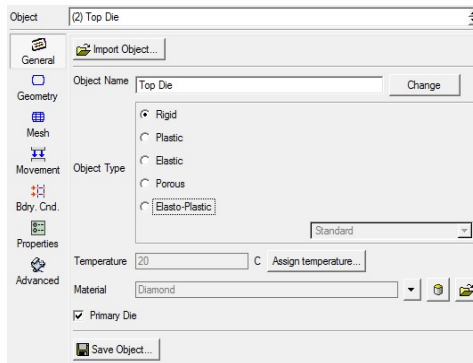


Δημιουργία προσομοιωτικού μοντέλου στο Deform 3D

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


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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

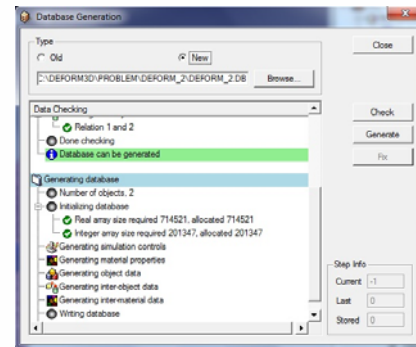
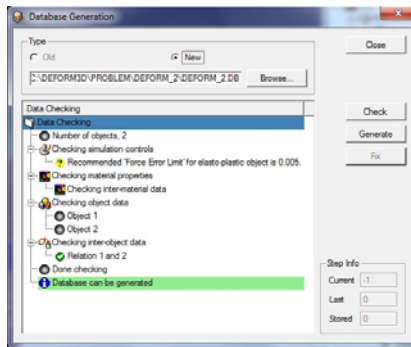


Δημιουργία προσομοιωτικού μοντέλου στο Deform 3D

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


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

Ευάγγελος Δασκαλάκης



2016

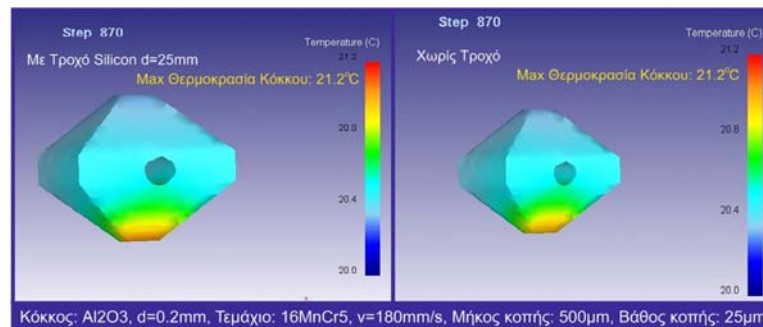
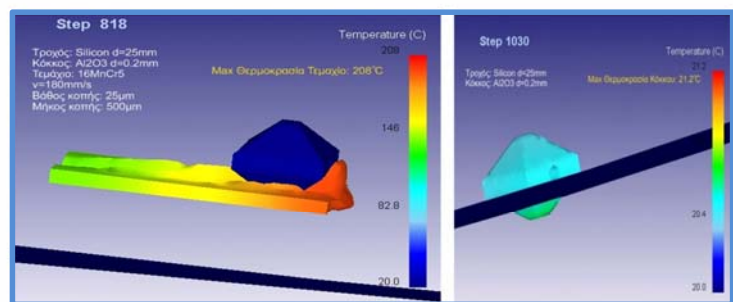
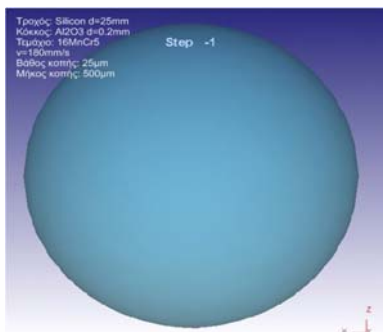


Δημιουργία προσομοιωτικού μοντέλου στο Deform 3D

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

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

Ευάγγελος Δασκαλάκης



2016



Συνοπτικά αποτελέσματα προγράμματος Deform 3D

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

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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

Αφού ολοκληρώθηκαν οι προσομοιώσεις με τη χρήση τροχού και έγινε η σύγκριση με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης χωρίς χρήση τροχού, στη συνέχεια έγινε μετατροπή του τεμαχίου προς κατεργασία και πραγματοποιήθηκαν νέες δοκιμές προσομοίωσης. Στις νέες δοκιμές έγινε χρήση:

Τριών διαφορετικών **κόκκων** διαστάσεων:

- $d = 0.1\text{mm}$
- $d = 0.18\text{mm}$ και
- $d = 0.2\text{mm}$

Τριών διαφορετικών περιπτώσεων **βάθους κοπής**:

- $a = 5\mu\text{m}$
- $a = 10\mu\text{m}$ και
- $a = 25\mu\text{m}$

Τριών διαφορετικών **υλικών κόκκου**:

- **Διαμάντι(Diamond).**
- **Ανθρακοπυρίτιο(SiC).**
- **Οξειδίο του Αργιλίου(Al_2O_3).**

Δύο **υλικών τεμαχίου**:

- **Aluminum 7075 T651:** Πρόκειται για κράμα αλουμινίου και περιλαμβάνει 5.5-6.1(%) ψευδάργυρο, 2.1-2.5(%) μαγνήσιο, 1.2-1.6(%) χαλκό, 0.5(%) πυρίτιο. Ακόμα περιλαμβάνει σίδηρο, μαγγάνιο, χρώμιο και τιτάνιο. Χρησιμοποιείται, λόγω της υψηλής αντοχής του σε κόπωση, στην αυτοκινητοβιομηχανία, στην αεροναυπηγική, στους αναριχητικούς εξοπλισμούς και σε εξαρτήματα όπλων.
- **DIN-16MnCr5:** Πρόκειται για κράμα χάλυβα και περιλαμβάνει 0.14-0.19(%) άνθρακα, 1-1.1(%) μαγνήσιο, max 0.4(%) πυρίτιο, 0.8-1.1(%) χρώμιο και max 0.035(%) θείο. Χρησιμοποιείται στην αυτοκινητοβιομηχανία και για την δημιουργία αξόνων, εκκεντροφόρων αξόνων, στροφάλων και γραναζών.

Και με τον συνδυασμό όλων αυτών των δεδομένων προέκυψαν 54 διαφορετικές περιπτώσεις δοκιμών.



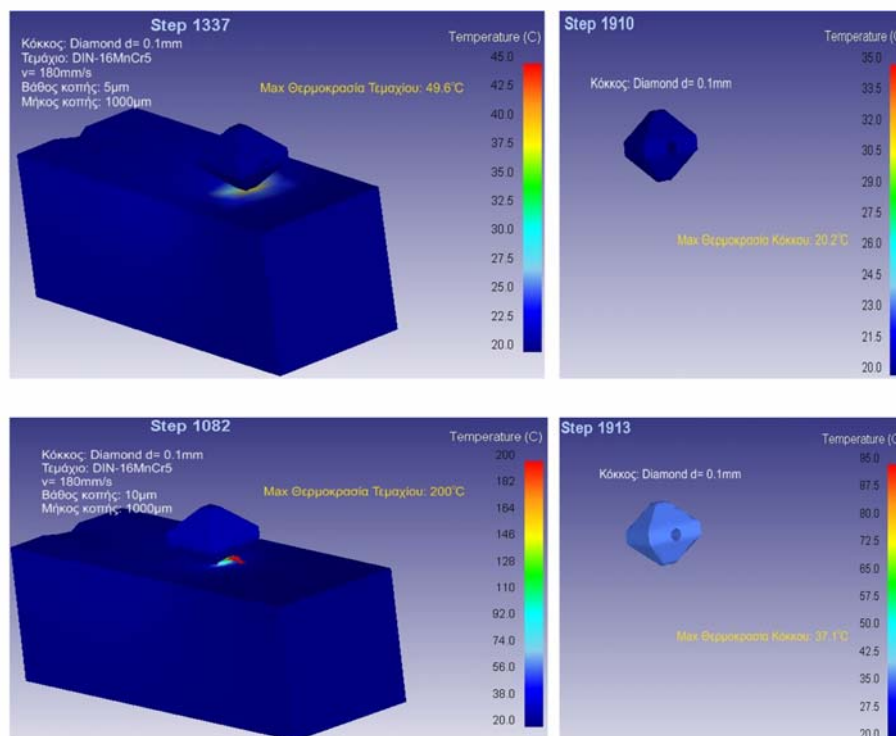
Συνοπτικά αποτελέσματα προγράμματος Deform 3D

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



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης



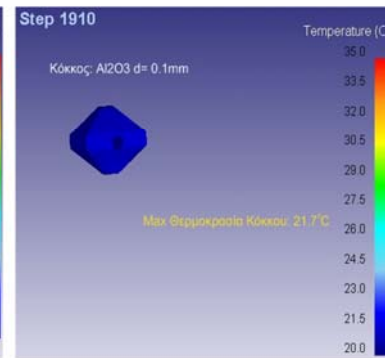
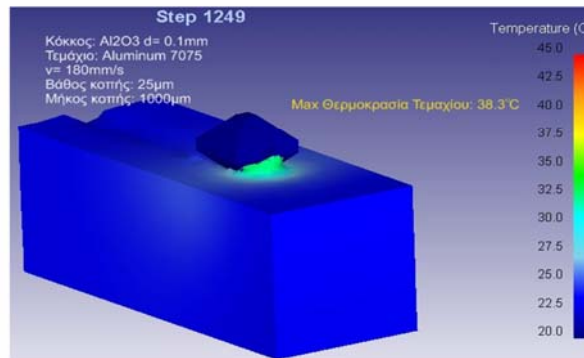
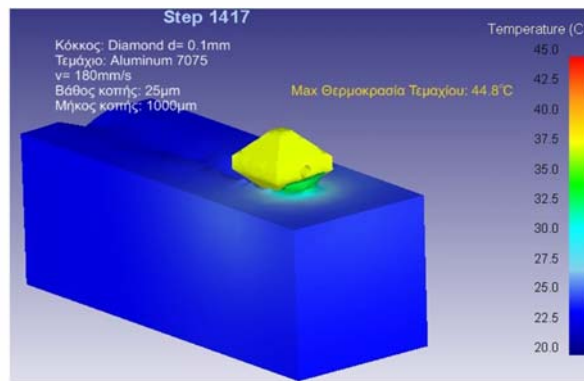
Συνοπτικά αποτελέσματα προγράμματος Deform 3D

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



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης



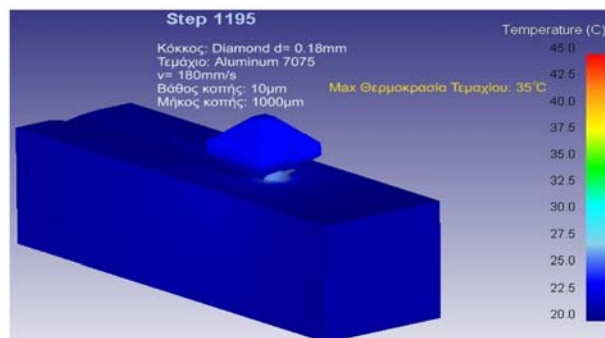
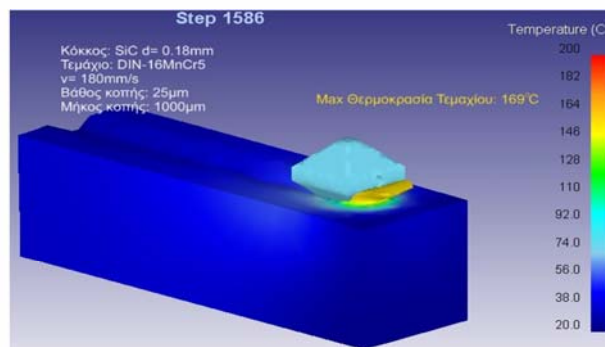
Συνοπτικά αποτελέσματα προγράμματος Deform 3D

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



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης



Συνοπτικά αποτελέσματα προγράμματος Deform 3D

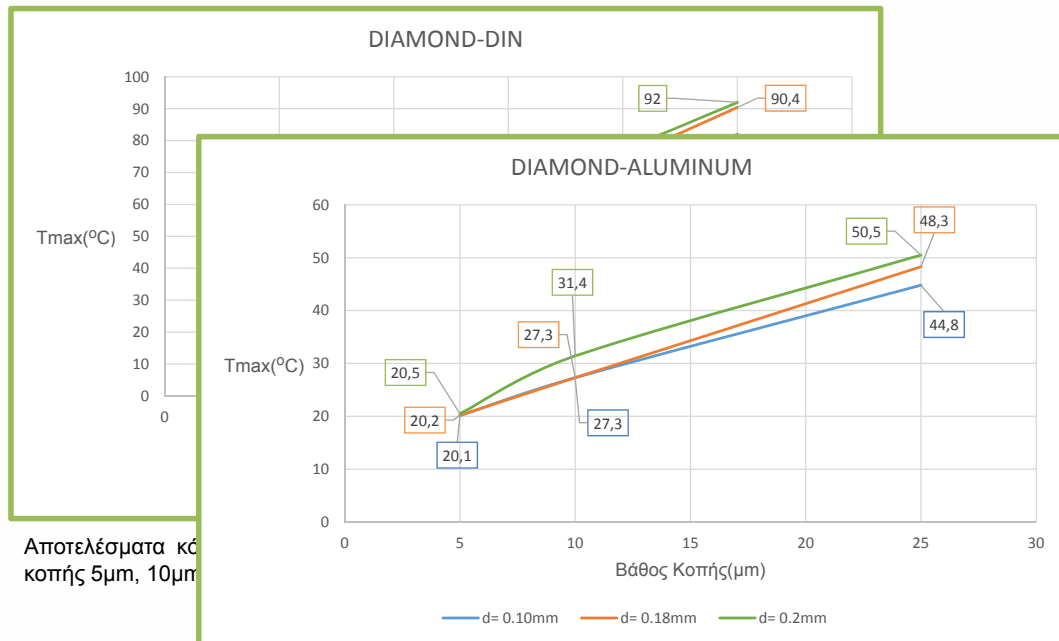
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

2016



Αποτελέσματα κόκκου
κοπής 5μm, 10μm

Αποτελέσματα κόκκου Diamond διαστάσεων 0.1mm, 0.18mm και 0.2mm σε βάθη κοπής 5μm, 10μm και 25μm.



Συνοπτικά αποτελέσματα προγράμματος Deform 3D

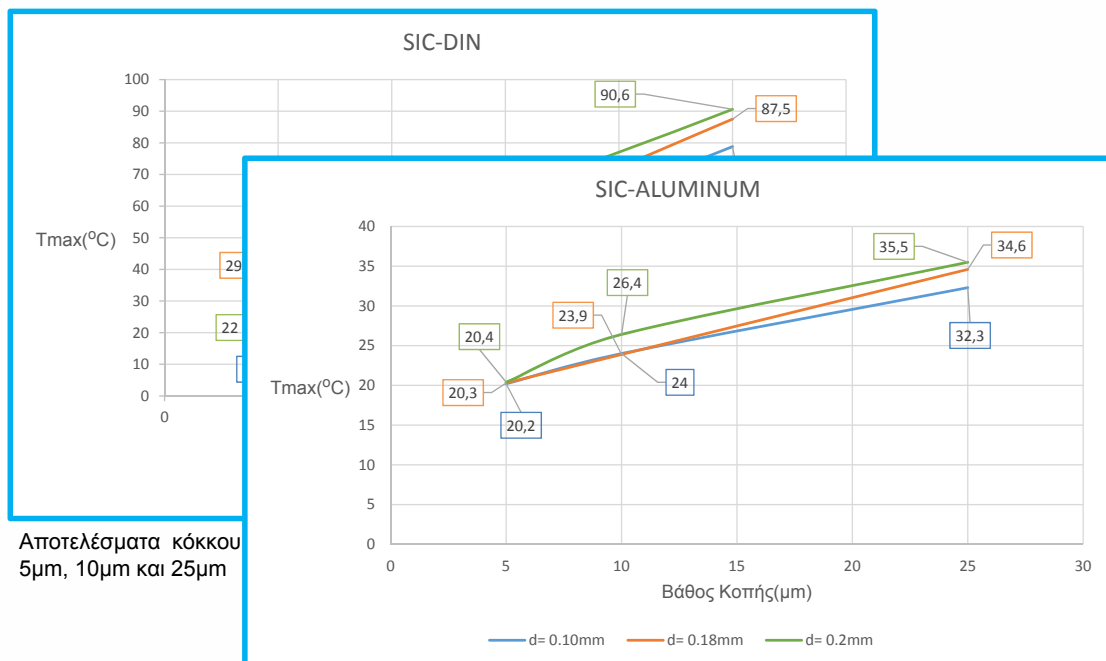
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

2016



Αποτελέσματα κόκκου
5μm, 10μm και 25μm

Αποτελέσματα κόκκου SiC διαστάσεων 0.1mm, 0.18mm και 0.2mm σε βάθη κοπής 5μm, 10μm και 25μm



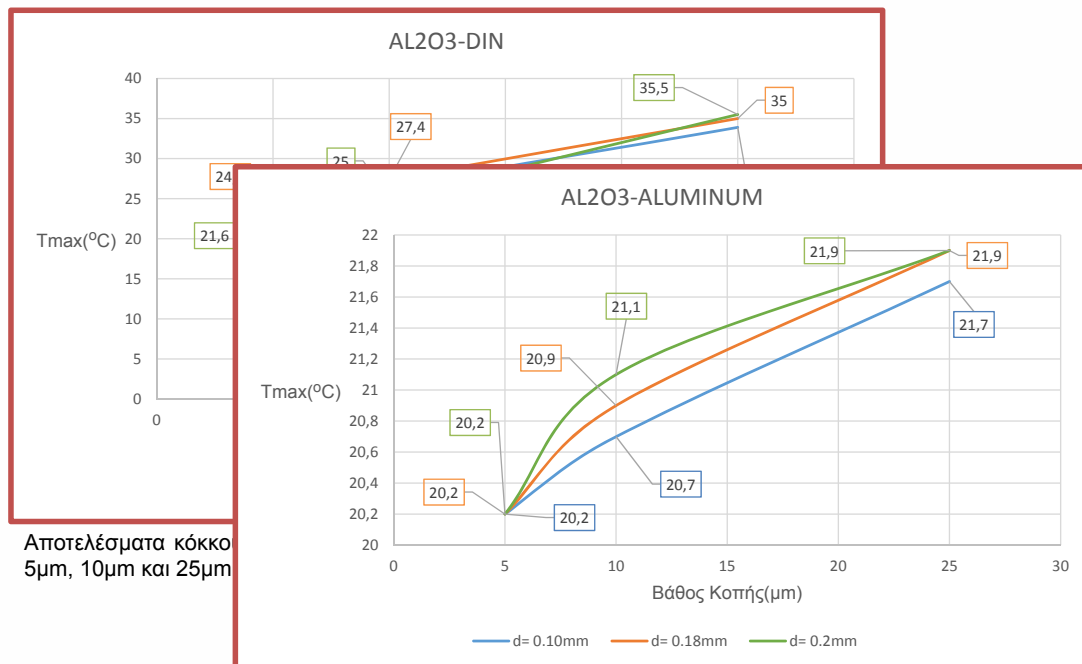
Συνοπτικά αποτελέσματα προγράμματος Deform 3D

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



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης



Συνοπτικά αποτελέσματα προγράμματος Deform 3D

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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

Από τη μελέτη των αποτελεσμάτων και αφού έγινε η επιβεβαίωση του μοντέλου της κ.Καραχάλιου, συμπεραίνεται ότι από όλα τα διαφορετικά υλικά που χρησιμοποιήθηκαν, για τη μελέτη της αντοχής τους στις δυνάμεις και στις τάσεις που ασκήθηκαν σε αυτά:

- το καταλληλότερο από όλα για υλικό κόκκου, λόγω της αντοχής, του είναι το **Ανθρακοκυρίτιο** ενώ
- για τον τροχό/συνδετικό υλικό το καταλληλότερο (με μικρή διαφορά) είναι η **Πολυσιλικόνη** επειδή παρουσιάζει μεγαλύτερη αντοχή. Αντίστοιχα η **Εποξική Ρητίνη 838**, παρ' όλο που εμφάνισε τη μικρότερη αντοχή επειδή είναι ασταθής, είναι εύκολα παραμορφώσιμη και έτσι συντελεί στην αύξηση της αντοχής όλου του τροχού.

Από τα αποτελέσματα για τις μεταβολές θερμοκρασίας συμπεραίνεται ότι:

- Το υλικό το οποίο είχε τις μικρότερες μεταβολές, για τα βάθη κοπής για τα οποία έγιναν οι προσομοιώσεις, είναι το **Οξείδιο του Αργιλίου** και το οποίο κατατάσσεται πρώτο σε προτίμηση.
- Το **Ανθρακοκυρίτιο** κατατάσσεται δεύτερο σε αντοχή σε μεταβολές θερμοκρασίας μετά το **Οξείδιο του Αργιλίου**, όπου για συγκεκριμένα βάθη κοπής σημείωσε τις μικρότερες ή ίσες μεταβολές θερμοκρασίας με το **Οξείδιο του Αργιλίου**.
- Το **Διαμάντι**, το οποίο κατατάσσεται τρίτο σε προτίμηση, σημείωσε σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις τις μέγιστες μεταβολές θερμοκρασίας με εξαίρεση σε κάποιες σπάνιες περιπτώσεις όπου εμφάνισε την ίδια θερμοκρασία με τα άλλα δύο υλικά και όπου σε μία μοναδική περίπτωση σημείωσε την μικρότερη θερμοκρασία από τα άλλα δύο υλικά.



Συμπεράσματα

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

Ευάγγελος Δασκαλάκης

Τέλος!!!!



Τέλος

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



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

Ευάγγελος Δασκαλάκης