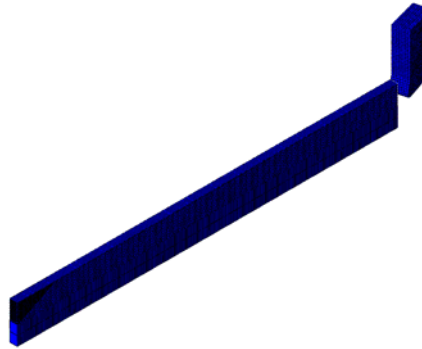


ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΛΟΞΗΣ ΚΟΠΗΣ ΜΕ ΧΡΗΣΗ ΠΕΠΕΡΑΣΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ



Καθ. Αριστομένης Αντωνιάδης
Διπλ. Μηχ. (MSc) Χαρά Ευσταθίου

Ευάγγελος Καστής

Πολυτεχνείο Κρήτης-Χανιά 2016



Παρουσίαση διπλωματικής εργασίας

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



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

Ευάγγελος Καστής

2

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναλυθούν με τη βοήθεια πεπερασμένων στοιχείων οι **μέγιστες αναπτυσσόμενες τάσεις** που επιδρούν στα κοπτικά εργαλεία κατά τη διάρκεια της ορθογωνικής και της λοξής κοπής. Πιο συγκεκριμένα, δημιουργήθηκε ένα μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων το οποίο έδωσε αποτελέσματα για διάφορους συνδυασμούς κοπτικών εργαλείων και προώσεων.

Δομή Παρουσίασης:

- Ορισμός ορθογωνικής κοπής
- Η λοξή κοπή
- Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων
- Σχεδίαση τμημάτων της ανάλυσης
- Ορισμός ιδιοτήτων των υλικών
- Συναρμολόγηση διάταξης και ορισμός χρονικού βήματος
- Δημιουργία πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων
- Ορισμός συνοριακών συνθηκών του προβλήματος
- Ορισμός της επαφής
- Υποβολή στον επιλυτή
- Αναφορά περιπτώσεων που προσομοιώθηκαν
- Συνοπτικά αποτελέσματα ορθογωνικής κοπής
- Συνοπτικά αποτελέσματα λοξής κοπής
- Συμπεράσματα



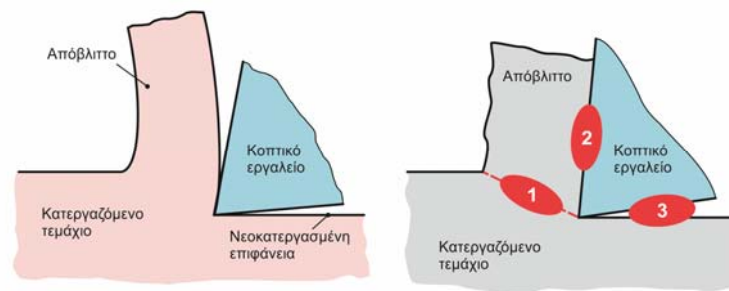
Σκοπός και δομή της εργασίας

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



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

Ευάγγελος Καστής



Η **ορθογωνική κοπή** αποτελεί την ιδανική μορφή της διεργασίας της κοπής. Η θεωρητική διερεύνηση της ορθογωνικής κοπής έχει, κατά κανόνα, ως στόχο τη βελτιστοποίηση και τον έλεγχο της διεργασίας της κοπής. Στην ορθογωνική κοπή, το εργαλείο έχει μορφή σφήνας με την κύρια ακμή κοπής να είναι κάθετη στην κύρια διεύθυνση της κοπής και κινείται προς το τεμάχιο με μια πρόωση f ενώ το τεμάχιο είναι πακτωμένο.



Ορισμός ορθογωνικής κοπής

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

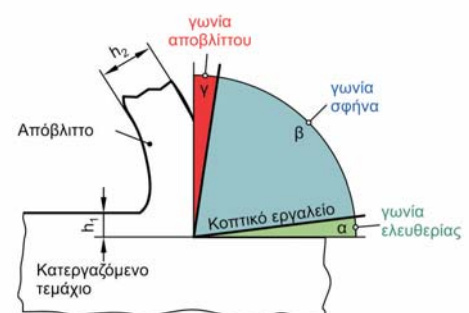


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευάγγελος Καστής

Οι πλευρές που διαθέτει το κοπτικό εργαλείο, παρουσιάζουν τις ακόλουθες χαρακτηριστικές γωνίες οι οποίες ονομάζονται γωνίες κοπής:

- **γωνία αποβλίπτου γ** : σχηματίζεται μεταξύ της επιφάνειας του κοπτικού εργαλείου που εφάπτεται στο απόβλιπτο και την κάθετη ευθεία στην κατεύθυνση της κοπής.
- **γωνία ελευθερίας α** : σχηματίζεται μεταξύ της επιφάνειας του κοπτικού εργαλείου που βρίσκεται προς την κατεργασμένη επιφάνεια και την παράλληλη ευθεία στην κατεύθυνση της κοπής.
- **γωνία σφήνας β** : σχηματίζεται μεταξύ της επιφάνειας του κοπτικού εργαλείου που εφάπτεται στο απόβλιπτο και της ελεύθερης επιφάνειας του κοπτικού.



Για τις τρεις χαρακτηριστικές γωνίες κοπής ισχύει η παρακάτω ιδιότητα:

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$



Ορισμός ορθογωνικής κοπής

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



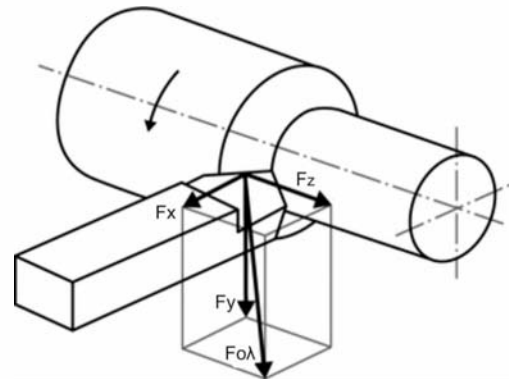
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευάγγελος Καστής

Το πρότυπο της ορθογωνικής κοπής που παρουσιάστηκε, είναι μια απλοποιημένη εκδοχή της πραγματικής κοπής, η οποία είναι η **λοξή κοπή**. Στην πράξη, κατά κύριο λόγο συναντάται η λοξή κοπή τόσο για κατεργασίες με εργαλείο με μία κύρια κόψη, όσο και για κατεργασίες με εργαλείο πολλών κυρίων κόψεων.

Οι δυνάμεις κοπής είναι οι εξής:

- F_x : Δύναμη απώθησης
- F_z : Δύναμη στην κατεύθυνση της πρόωσης
- F_y : Κύρια δύναμη κοπής
- $F_{ολ}$: Συνισταμένη δύναμη κοπής



Η λοξή κοπή

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



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

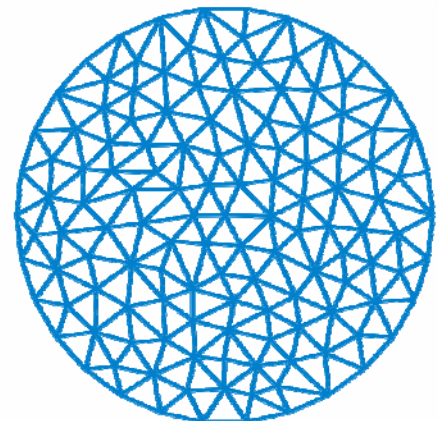
Ευάγγελος Καστής

Η μέθοδος ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία είναι μια υπολογιστική τεχνική που χρησιμοποιείται σε προβλήματα **συνοριακών συνθηκών** στη μηχανική.

Πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων: Το σύνολο από πεπερασμένα στοιχεία που προκύπτει από τη διαδικασία συμβολισμού ενός φυσικού πεδίου με πεπερασμένα στοιχεία.

3 στάδια ανάλυσης:

- **Προεπεξεργασία:** Καθορισμός της γεωμετρίας, του πλέγματος, των συνοριακών συνθηκών, των ιδιοτήτων των υλικών και των αλληλεπιδράσεων
- **Επίλυση:** Συγκέντρωση των εξισώσεων σε μητρική μορφή και υπολογισμός μεταβλητών.
- **Μετεπεξεργασία:** Ανασκόπηση λύσεων, κατάλληλη μορφοποίηση και ερμηνεία αποτελεσμάτων



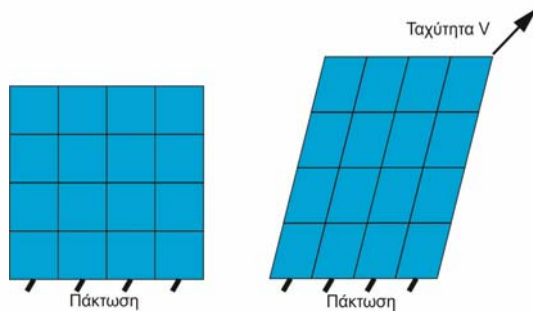
Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων

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

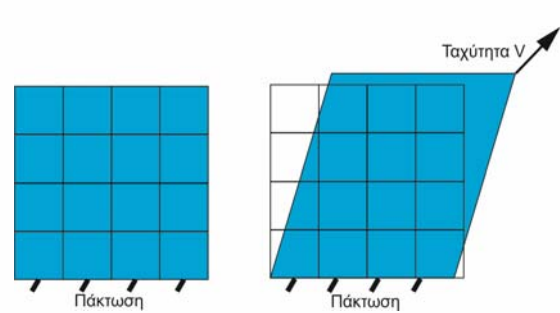


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευάγγελος Καστής



Μοντελοποίηση Lagrange: Το πλέγμα είναι συνδεδεμένο στο υλικό. Η παραμόρφωση του πλέγματος ακολουθεί την παραμόρφωση του υλικού και σε περίπτωση αστοχίας του υλικού υπάρχει καταστροφή των πεπερασμένων στοιχείων.



Μοντελοποίηση Euler: Το πλέγμα είναι συνδεδεμένο στο χώρο. Το υλικό κυλάει ανάμεσα στο πλέγμα πεπερασμένων στοιχείων. Η μέθοδος περιορίζεται σε ιξωδοπλαστικά μοντέλα χωρίς ελαστικές ιδιότητες.



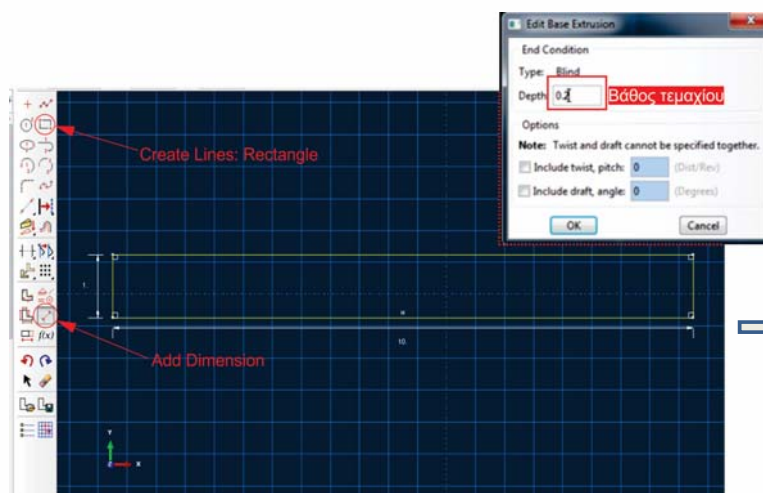
Η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων

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



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

Ευάγγελος Καστής



Σχεδίαση τεμαχίου

Το τεμάχιο το οποίο χρησιμοποιήθηκε είχε ορθογωνική διατομή 10x1mm και βάθος 0.2mm.



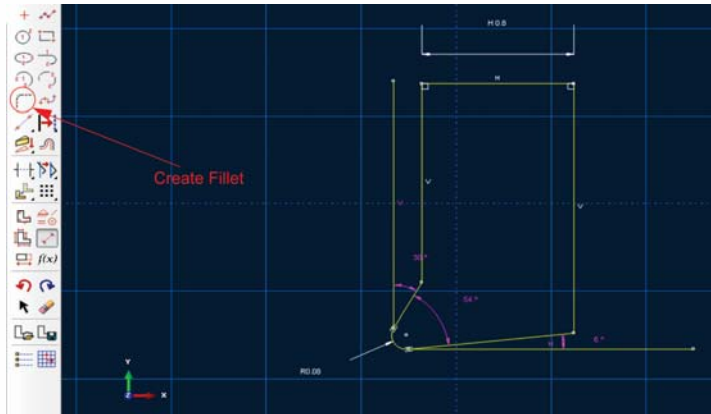
Σχεδίαση τμημάτων της ανάλυσης

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



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

Ευάγγελος Καστής



Σχεδίαση κοπτικού

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του κοπτικού εργαλείου διέφεραν σε κάποιες προσομοιώσεις.

2016



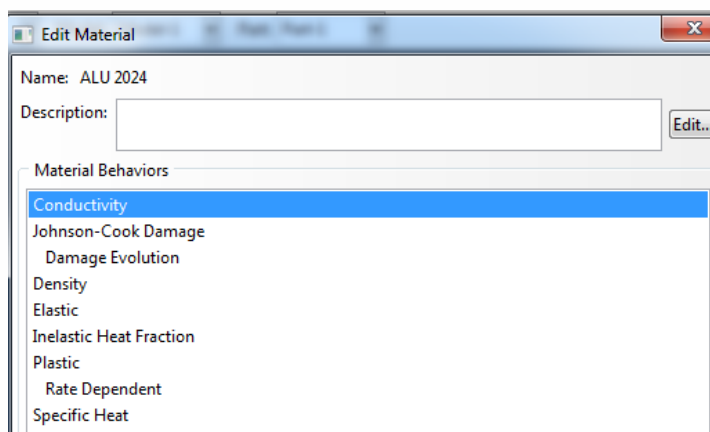
Σχεδίαση τμημάτων της ανάλυσης

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



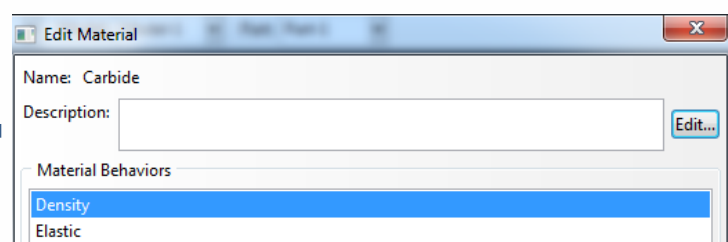
School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευάγγελος Καστής



Ορισμός ιδιοτήτων τεμαχίου

Ορισμός ιδιοτήτων κοπτικού



2016



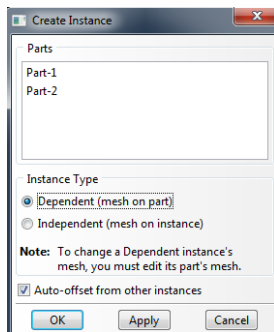
Ορισμός ιδιοτήτων των υλικών

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

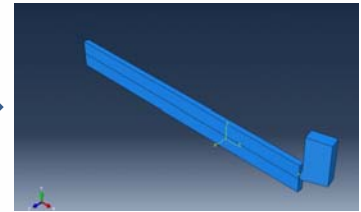


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

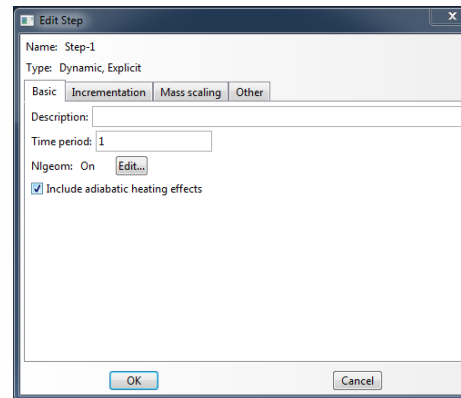
Ευάγγελος Καστής



Συναρμολόγηση
διάταξης



Ορισμός χρονικού
βήματος



Η διάρκεια του χρονικού βήματος διέφερε
ανάλογα με την πρόωση.



Συναρμολόγηση της διάταξης και ορισμός χρονικού βήματος

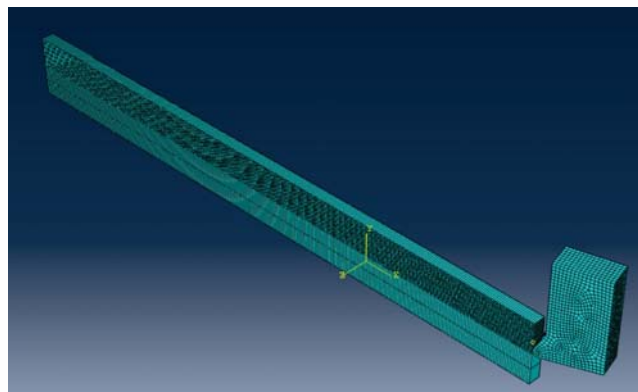
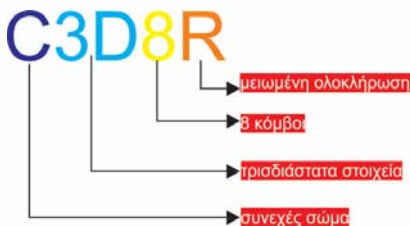
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ευάγγελος Καστής

Στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν:



Το πλέγμα του τεμαχίου ήταν πιο
πυκνό στο ύψος του βάθους κοπής
λόγω της καταστροφής των στοιχείων.



Δημιουργία πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων

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



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

Ευάγγελος Καστής

Τα στοιχεία μειωμένης ολοκλήρωσης εισάγουν το φαινόμενο **hourglassing**.



Επιλογή της εντολής για ενισχυμένο έλεγχο αυτού του φαινομένου.



Enhanced hourglass control



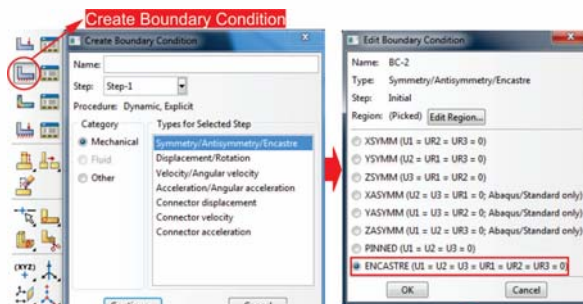
Δημιουργία πλέγματος πεπερασμένων στοιχείων

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

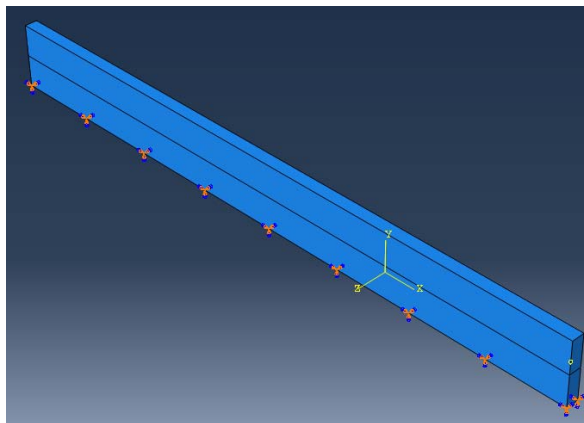


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευάγγελος Καστής



Ορισμός οριακής συνθήκης για την πάκτωση του τεμαχίου



Ορισμός συνοριακών συνθηκών του προβλήματος

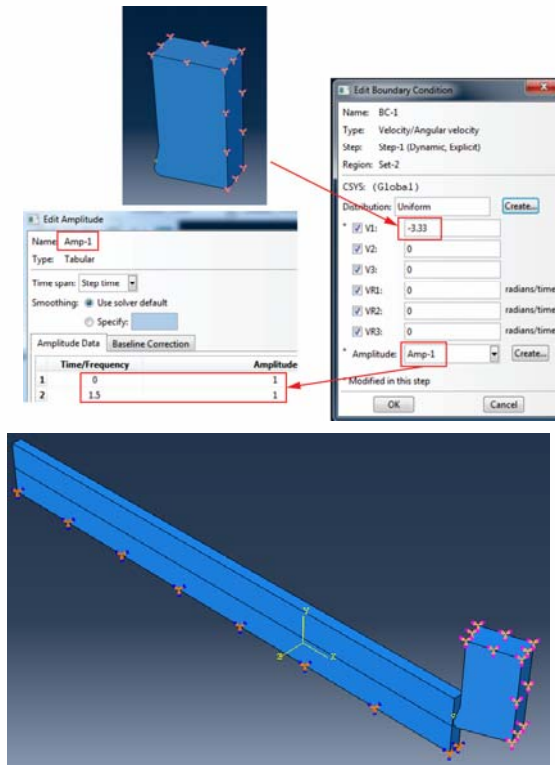
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ευάγγελος Καστής

2016



Ορισμός οριακής
συνθήκης για την
κίνηση του κοπτικού

Ορισμός συνοριακών συνθηκών του προβλήματος

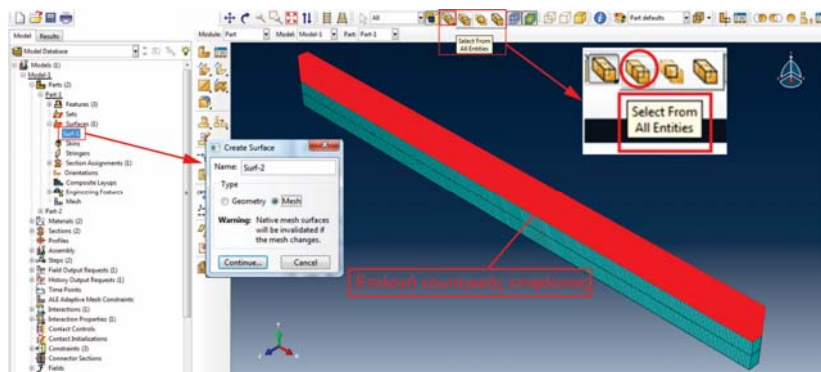
<http://www.m3.tuc.gr>



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

Ευάγγελος Καστής

2016



Επιλογή της εσωτερικής επιφάνειας του
τεμαχίου που συμμετέχει στην κοπή

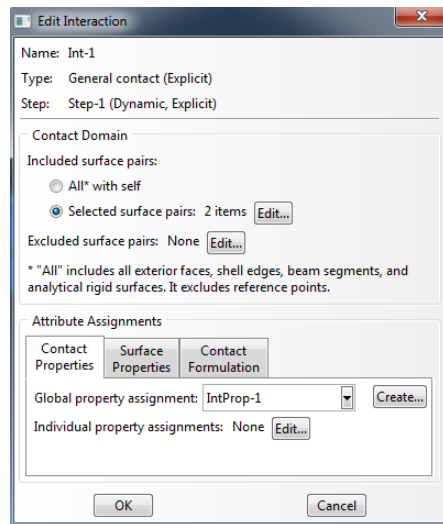
Ορισμός της επαφής

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

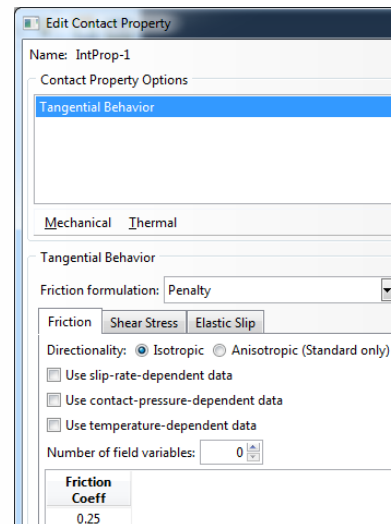


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευάγγελος Καστής



Ορισμός της επαφής κοπτικού εργαλείου και τεμαχίου



Ορισμός της ιδιότητας επαφής κοπτικού εργαλείου και τεμαχίου

2016



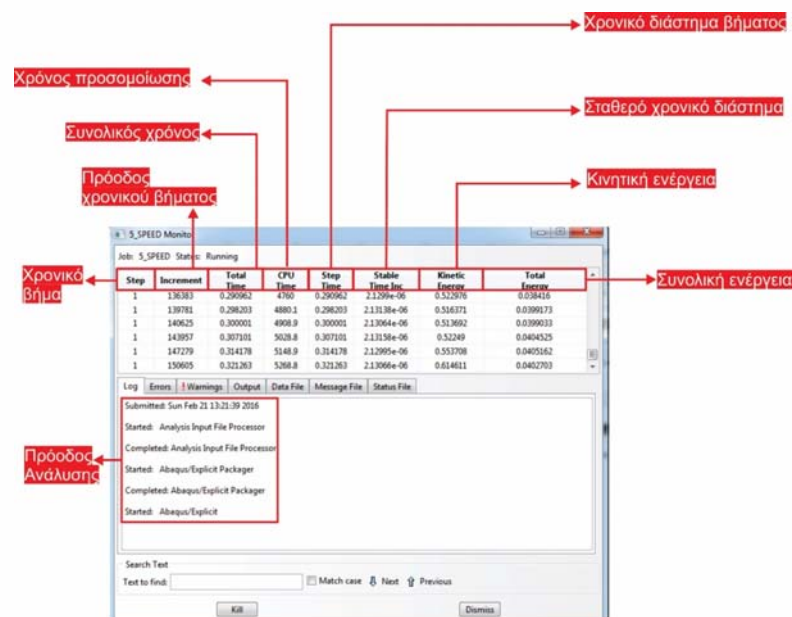
Ορισμός της επαφής

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



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

Ευάγγελος Καστής



Παρακολούθηση της επίλυσης

2016



Υποβολή στον επιλυτή

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



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

Ευάγγελος Καστής


Παράμετροι κοπής:

- Γωνία κλίσης της κόπης λ_s : 0° , 15° , 30°
- Πρόωση f : 200mm/min, 300mm/min

Παράμετροι κοπτικού εργαλείου:

- Γωνία αποβλήτου γ : 15° , 30°
- Ακτίνα καμπυλότητας r : 0.04mm, 0.08mm

Συνολικά:

24 προσομοιώσεις

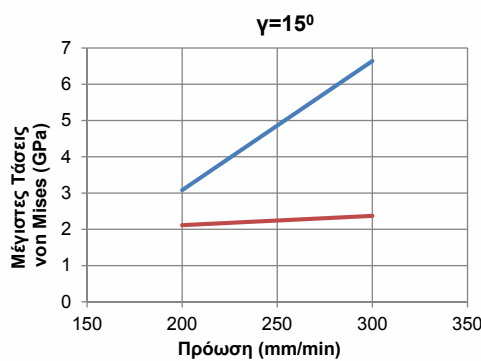
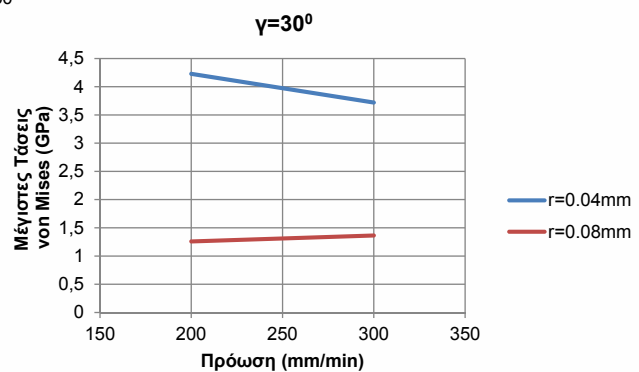
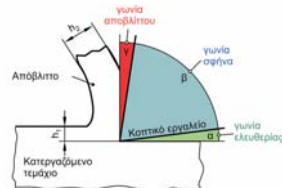


Αναφορά περιπτώσεων που προσομοιώθηκαν

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

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

Ευάγγελος Καστής

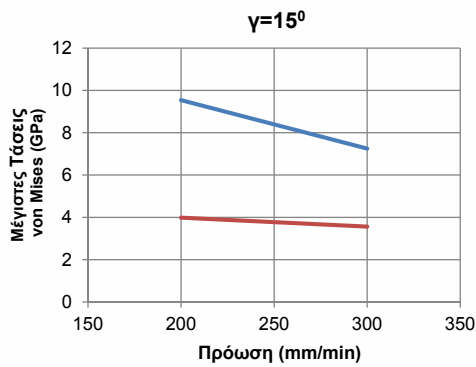

 Αποτελέσματα μέγιστων ισοδύναμων τάσεων **ορθογωνικής** κοπής για όλα τα κοπτικά εργαλεία και τις προώσεις


Συνοπτικά αποτελέσματα ορθογωνικής κοπής

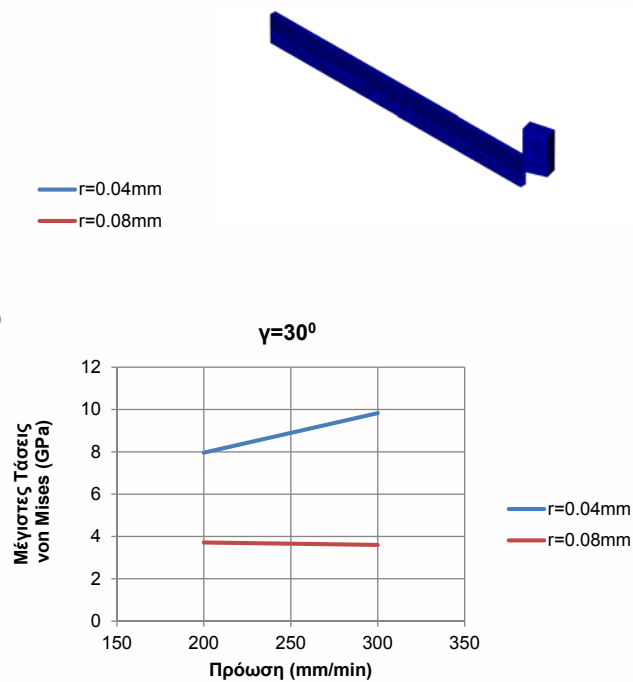
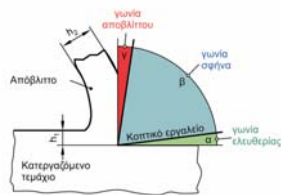
<http://www.m3.tuc.gr>

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

Ευάγγελος Καστής



Αποτελέσματα μέγιστων ισοδύναμων τάσεων λοξής κοπής με γωνία κλίσης της κόψης 15° για όλα τα κοπτικά εργαλεία και τις πρώσσεις



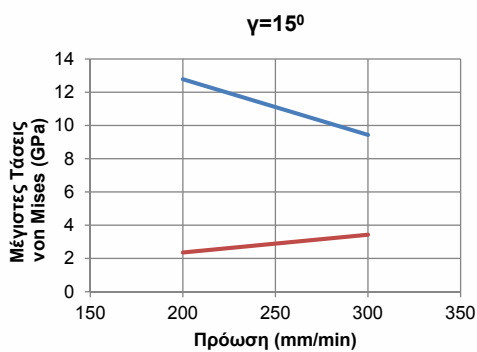
Συνοπτικά αποτελέσματα λοξής κοπής

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

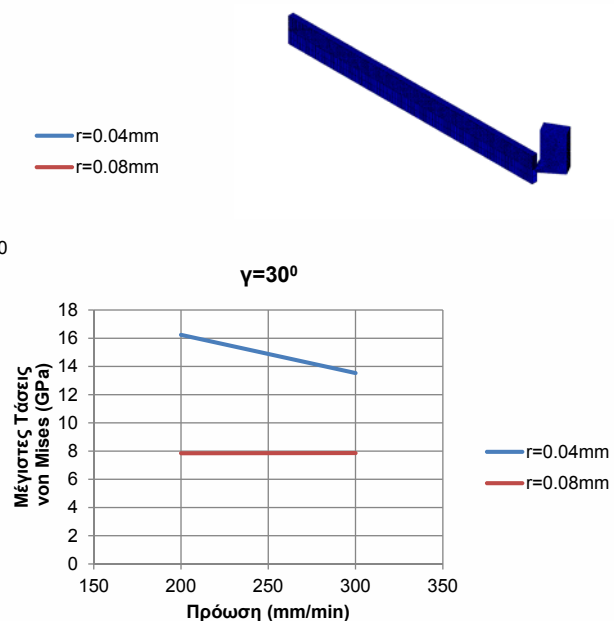


School of Production Eng. & Management
Micromachining & Manufacturing Modeling Lab
Prof. Aristomenis Antoniadis

Ευάγγελος Καστής



Αποτελέσματα μέγιστων ισοδύναμων τάσεων λοξής κοπής με γωνία κλίσης της κόψης 30° για όλα τα κοπτικά εργαλεία και τις πρώσσεις



Συνοπτικά αποτελέσματα λοξής κοπής

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



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

Ευάγγελος Καστής

Από το σύνολο των προσομοιώσεων ορθογωνικής και λοξής κοπής που πραγματοποιήθηκαν εξάγονται τα εξής συμπεράσματα:

- Καθοριστικός παράγοντας στη μείωση των μέγιστων τάσεων που αναπτύσσονται στο κοπτικό εργαλείο σε κάθε κοπή, είτε ορθογωνική είτε λοξή, είναι η **ακτίνα καμπυλότητας** του εργαλείου. Όσο μεγαλύτερη είναι η ακτίνα καμπυλότητας τόσο μικρότερες θα είναι και οι μέγιστες τάσεις, πράγμα λογικό διότι το κοπτικό εργαλείο είναι λιγότερο αιχμηρό.
- Στην ορθογωνική κοπή, η αύξηση της **γωνίας αποβλήτου** έδειξε επίσης μια δραστική μείωση των μέγιστων τάσεων.
- Παρατηρήθηκε μια αύξηση τάσεων όσο αυξανόταν η **γωνία κλίσης της κόψης** χρησιμοποιώντας τα ίδια κοπτικά εργαλεία.
- Σε κοπτικά εργαλεία με μεγάλες ακτίνες καμπυλότητας η **πρόωση** δεν έδειξε να παίζει κάποιο ρόλο ενώ σε εργαλεία με μικρές ακτίνες καμπυλότητας η αύξηση της πρόωσης έδειξε μια μείωση τάσεων στις περισσότερες προσομοιώσεις.



Συμπεράσματα

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



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

Ευάγγελος Καστής



Τέλος

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



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

Ευάγγελος Καστής