



Τι είναι η Αντίστροφη Μηχανική :

Η Μηχανική ως διαδικασία που περιλαμβάνει τον σχεδιασμό, την συναρμολόγηση, την παραγωγή και την συντήρηση προϊόντων και συστημάτων χωρίζεται σε δύο κατηγορίες:

Α. Την Κλασσική μηχανική η οποία αποτελείται από την παραδοσιακή διαδικασία κίνησης από κάποια εγκεφαλική σύλληψη ενός σχεδίου στην φυσική εφαρμογή του σχεδίου αυτού και την μορφοποίηση του σε ένα σύστημα.

Β. Την Αντίστροφη μηχανική η οποία εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που υπάρχει ήδη ένα υλικό αντικείμενο που θέλουμε να αναπαράγουμε χωρίς να έχουμε στην διάθεσή μας τεχνικά στοιχεία όπως (μηχανολογικά σχέδια, υλικά που το απαρτίζουν κ.α).

 Αντίστροφη Μηχανική (Reverse Engineering) ορίζεται η διαδικασία η δημιουργία ενός αντίγραφου ενός υλικού αντικειμένου, υποσυστήματος ή προϊόντος. Αυτό επιτυνχάνεται από την τρισδιάστατη ψηφιοποίηση του αντικειμένου όπου δημιουργείται το νέφος σημείων (Point Cloud), μετατρέπεται σε ένα τρισδιάστατο γεωμετρικό μοντέλο-σχεδίου CAD και σε τελικό στάδιο κατασκευάζεται το πραγματικό μοντέλο.





http://www.m3.tuc.gr

(73

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Αντίστροφη Μηχανική (Reverse Engineering)

Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης











Για την απότμηση ενός τμήματος από το νέφος σημείων υπάρχουν 3 τρόποι οι οποίοι παρουσιάζονται παρακάτω:

9















Σε αυτό το σημείο παρουσιάζεται περιληπτικά όλα τα στάδια της επεξεργασίας του αρχικού νέφους σημείων για την δημιουργία του τελικού μοντέλου:



Αρχικό αρχείο νέφους σημείων σε μορφή πολυγωνικού πλέγματος με απλή κόψη των περιθωρίων της κορνίζας.



Στάδιο πρώτης δοκιμαστικής κοπής και δημιουργίας ξεχωριστών αντικειμένων των διαφόρων τμημάτων της εικόνας.



ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

18

Συνθεση τελικού μοντέλου επιφάνειας

Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης http://www.m3.tuc.gr

Γεώργιος Ξ





<u>Συνθ</u>εση τελικού μοντέλου επιφάνειας

http://www.m3.tuc.gr



- Σε επόμενο στάδιο έγινε η αντιγραφή και ο αντικατοπτρισμός του προαναφερθέντος τμήματος έτσι ώστε στην ενοποίηση του να γίνεται καλύτερη εφαρμογή μεταξύ των πολύγωνων.
- Μετά από την μετακίνηση τους σε βέλτιστες θέσεις χρησιμοποιώντας την εντολή "Object Mover", "Fill Single" πραγματοποιήθηκε η ενοποίηση του δημιουργώντας λιγότερα νέα πολύγωνα.



Επέκταση πλάτους κορνίζας

http://www.m3.tuc.gr



ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

- Αρχικά έγινε η πρώτη προσπάθεια ενοποίησης όλων των αντικειμένων σε ένα ενιαίο μοντέλο επιφάνειας ή οποία δεν στέθφηκε με επιτυχία γιατί η εικόνα είναι χειροποίητη και κατ'επέκταση τα διάφορα τμήματα της είναι σε διαφορετικά επίπεδα.
- Επίσης αρκετά αντικείμενα μετακινήθηκαν κατά πολύ σε σχέση με τις αρχικές τους θέσεις, οδήγησε το πρόγραμμα να δημιουργήσει ένα πρόβλημα το οποίο δεν ήταν αισθητικό αλλά ούτε σωστό από τεχνικής απόψεως.
- Τελικά δημιουργήθηκε το ανάγλυφο στο πίσω μέρος (Background) το οποίο αποτελούσε βασικό πρόβλημα προς επίλυση.



Ανιμετώπιση προβλήματος πίσω επιφάνειας (Backround)

Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης Γεώργιος Ξαγοράρης

http://www.m3.tuc.gr

24

Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος κρίθηκε απαραίτητη η προσθήκη των παρακάτω βημάτων:





Βήμα 1°: Επανατοποθέτηση όλων το αντικειμένων ξεχωριστά πάνω σε ένα επίπεδο που δημιουργήθηκε και απεικονίζεται με χρώμα γκρι.

Το επίπεδο αυτό δημιουργήθηκε με σκοπό απλά την ευθυγράμμιση των αντικειμένων και είχε ως αναφορά το χαμηλότερο σημείο της εικόνας στον άξονα Ζ.



- Βήμα 2°: Σε αυτό το σημείο έγινε η προβολή των ορίων (συνόρογραμμών) του καθε αντικειμένου σε ένα ίδιο επίπεδο.
- Με αυτόν τον τρόπο τα αντικείμενα επαναπροσδιορίστηκαν όλα στο ίδιο επίπεδο χωρίς να έχουν ανισοεπίπεδα από στην κοπή τους όπως προηγουμένως.



- Βήμα 3° : Δημιουργία συζεύξεων με την χρήση της εντολής "Fill Single" και της υποεντολής "Bridge".
- Έτσι αναγνωρίσθηκε η όλη επιφάνεια ως μικρές κλειστές επιφάνειες τοποθετημένες όλες στο ίδιο επίπεδο.



http://www.m3.tuc.gr

Με τον τρόπο αυτό δημιουργήθηκε ένα ομοιόμορφο και ενιαίο πίσω επίπεδο (Background) όπως φαίνεται σε πρόσοψη και πίσω όψη.



Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι στο τελικό δοκίμιο δεν είναι τόσο μεγάλη η προβολή των συνορογραμμών και ότι ο λόγος που τονίσθηκε τόσο σε αυτές τις απεικονίσεις είναι δοκιμαστικός και για δοθεί έμφαση στο αποτέλεσμα.

Ανιμετώπιση προβλήματος πίσω επιφάνειας (Background)

Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης Γεώργιος Ξαγοράρης

http://www.m3.tuc.gr





http://www.m3.tuc.gr



ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

M:



Αρχικά έγινε η εισαγωγή των διαστάσεων του πραγματικού δοκιμίου και τοποθέτηση του τρισδιάστατου μοντέλου πάνω στο επίπεδο που δημιουργήθηκε.

Εξαγωγή του κώδικα καθοδήγης (G-Code)

Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης Γεώργιος Ξαγοράρης

http://www.m3.tuc.gr

Στην πορεία πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή της άλλης διάστασης δηλαδή του βάθους του υλικού όπως παρουσιάζεται παρακάτω: Material Setup Model Thickness ł 3.995 mm erial Thickness Mat 8 mm Model Position In Material 0.0 Top Offset Material Z Zero 4.005 Bottom Offset OK Cancel

Μετά την εισαγωγή του υλικού δίνεται μία πρώτη εντύπωση για το πως είναι και το πώς θα γίνει μελλοντικά το δοκίμιο.

Εξαγωγή του κώδικα καθοδήγης (G-Code)

http://www.m3.tuc.gr



27

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Mr.

28

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ



Σε τελικό στάδιο προαιρετικά αφότου έχει προηγηθεί ο υπολογισμός του μονοπατιού κατεργασίας (Calculate Toolpath), δύναται να γίνει η προσομοίωση του κάθε μονοπατιού κατεργασίας (Simulation Toolpath) με αποτελέσματα όπως παρουσιάζονται παρακάτω σε πλάγια όψη και σε πρόσοψη.



Εξαγωγή του κώδικα καθοδήγης (G-Code)

http://www.m3.tuc.gr

3

30

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

> Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Ανάλογα με την επιλογή του κοπτικού εργαλείου, τις ρυθμίσεις των παραμέτρων και των συνθηκών κοπής μπορεί να επιτευχθεί και η αντίστοιχει διαστατική ακρίβεια καθώς και αισθητικό αποτέλεσμα όπως φαίνεται σε τρεις διαφορετικές διαδρομές εργαλείου φινιρίσματος παρακάτω.



Τελικό στάδιο για την εξαγωγή του κώδικα καθοδήγης είναι η αποθήκευση της καθε διαδρομής εργαλείου σε επιθυμητή μορφή. Στην συγκεκριμένη εργασία το αρχείο ήταν αναγκαίο να αποθηκευτεί σε μορφή "G-Code tap" έτσι ώστε να μπορεί να αναγνωρισθεί από την εργαλειομηχανή.



Εξαγωγή του κώδικα καθοδήγης (G-Code)

Mr.

32

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Γεώργιος Ξαγοράρης

http://www.m3.tuc.gr

Σε τελευταίο στάδιο έγινε η κατασκευή του τελικού καλουπιού αποτύπωσης χρησιμοποιώντας : Εργαλειομηχανή φραιζαρίσματος ψηφιακής καθοδήγησης (CNC) DMU 50 eco της εταιρίας DMG (3 + 2) αξόνων. Συσκευή προρύθμισης εργαλείων MICROSET Uno 115 eco. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ





Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Γεώργιος Ξαγοράρης

http://www.m3.tuc.gr

31

33

Αρχικά έγινε η κατασκευή ενός πλαστικού δοκιμίου εφαρμόζοντας τις συνθήκες κοπής που θα εφαρμοστούν και στο τελικό καλούπι αποτύπωσης. Αυτό είχε σκοπό την δοκιμή:

- των συνθηκών κοπής
- τον συνδυασμό παραμέτρων με κοπτικό εργαλείο
- ποιότητα της επιφάνειας και ακρίβεια

Χρησιμοποιήθηκε πλαστικό υλικό πράσινου χρώματος και οι διαστάσεις του οποίου είναι : 140 mm μήκος, 100 mm πλάτος και 20 mm βάθος.



Κατεργασία καλουπιού αποτύπωσης

http://www.m3.tuc.gr



34

Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Γεώργιος Ξαγοράρης

- Στην συνέχεια πραγματοποιήθηκε η κατασκευή του τελικού καλουπιού αποτύπωσης σε υλικό αλουμινίου AL-7075 και οι διαστάσεις του οποίου είναι : 149 mm μήκος, 131 mm πλάτος και 8 mm βάθος.
- Οι συνθήκες κοπής (κοπτικά εργαλεία, ρυθμίσεις παραμέτρων) ήταν ίδιες με τις συνθήκες που εφαρμόστηκαν ٠ στο δοκιμαστικό δοκίμιο αφού ήταν ικανοποιητική η ακρίβεια τους και το αισθητικό τους αποτέλεσμα.
- Μοναδική αλλαγή ήταν η κλιμάκωση του τρισδιάστατου μοντέλου επιφάνειας στις νέες διαστάσεις του τελικού καλουπιού καθότι το αλουμίνιο ήταν ελαφρώς μεγαλύτερο.



λΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ Σ	 Μοναδική αλλαγή ήταν η κλιμάκωση του τρισδιάστατου μ καλουπιού καθότι το αλουμίνιο ήταν ελαφρώς μεγαλύτερο. Οι διαδρομές εργαλείου και οι παράμετροι των συνθηκών κοπής παρουσιάζονται στους πίνακες 						οντελού επιφανείας στις νεες οιαστασείς του τελικού			
IAKH /	Κατεργασία	Τύπος κατεργασίας	Κοπτικά εργαλεία	Διάμετρος (mm)	Stepover (mm)	Stepdown (mm)	Spindle Speed (rpm)	Feed Rate (mm/min)	Plunge Rate (mm/min)	
АПОТА	1 ^ŋ	Εκχονδινση (Roughing)	End Mill	6	1.800	0.800	2000	300.000	180.000	
AETATI NUUII	2 ^ŋ	Εκχονδινση (Roughing)	End Mill	2	0.600	0.500	2000	250.000	120.000	
KANOY	3 ^ŋ	Φινίρισμα (Finishing)	Ball Nose	2	0.100	0.100	6000	120.000	60.000	

Κατεργασία καλουπιού αποτύπωσης

http://www.m3.tuc.gr



Η εργαλειομηχανή φραιζαρίσματος ψηφιακής καθοδήγησης (CNC) DMU 50 eco στην κεντρική μονάδα επεξεργασίας παρείχε τις εξής δυνατότητες :

- Απεικόνηση των συντενταγμένων του κοπτικού εργαλείου και των παραμέτρων κοπής.
- Προσομοίωση της σε παράλληλο χρόνο (Real time Simulation).



Κατεργασία καλουπιού αποτύπωσης

http://www.m3.tuc.gr

Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Γεώργιος Ξαγοράρης

Στο σημείο αυτό πραγματοποιήθηκε η πρώτη διαδρομή εργαλείου εκχόνδρισης (End Mill) διαμέτρου 6 χιλιοστών το οποίο είχε σκοπό την αποπεράτωση των σημείων που είχαν μεγάλο βάθος με διάρκεια 1 ώρας και 40 λεπτών.





Κατεργασία καλουπιού αποτύπωσης

http://www.m3.tuc.gr



Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

Γεώργιος Ξαγοράρης

MT.

36

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ



Γεώργιος Ξαγοράρης

Σε τελικό στάδιο πραγματοποιήθηκε τη τρίτη διαδρομή εργαλείου φινιρίσματος (Finishing) με κοπικό εργαλείο (Ball Nose) διαμέτρου 2 χιλιοστών το οποίο ήταν και το τελευταίο στάδιο της συνολικής κατεργασίας.

Η διάρκεια αυτής της διαδρομής εργαλείου ήταν περίπου 23 ώρες.

Το αποτέλεσμα είτε από τεχνική άποψη είτε από αισθητική ήταν ικανοποιητικό αρκετά παραπάνω από τις προσδοκίες που υπήρχαν στην αρχή της εργασίας.



Κατεργασία καλουπιού αποτύπωσης

http://www.m3.tuc.gr



38

ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

> Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης

ΔΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ	Comage Stude 2014 (fred Licence express in 4 days) - Elecon as (c.).st vertex in the intervent	
		http://www.m3.tuc.gr
M 3	Βίντεο	nttp://www.ins.tuc.gr
à	Πολυτεχνείο Κρήτης Σχολή Μηχανικών Παραγωγής και Διοίκησης Εργαστήριο Μικροκοπής και Κατασκευαστικής Προσομοίωσης	Γεώργιος Ξαγοράρης

Έκλαιγες Παναγία μου, κρατώντας τον υιό σου και είχες συμπαράσταση, τσ' αγγέλους στο πλευρό σου.

Της Παναγίας το όνομα, φωνάζω κάθε τόσο, να βοηθάει στην σχολή, και να τηνε τελειώσω.

Ω παναγιά μου Αμόλυντε, χάρη θα σου ζητήσω, εφέτος το πτυχίο μου, στα χέρια να κρατήσω.



Ευχαριστώ για την προσοχή σας !



ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΑΠΟΤΥΠΩΣΗΣ

40

39



http://www.m3.tuc.gr