

# *Hellenic additive* **MANUFACTURING**



## ALTAIR

CHANNEL PARTNER

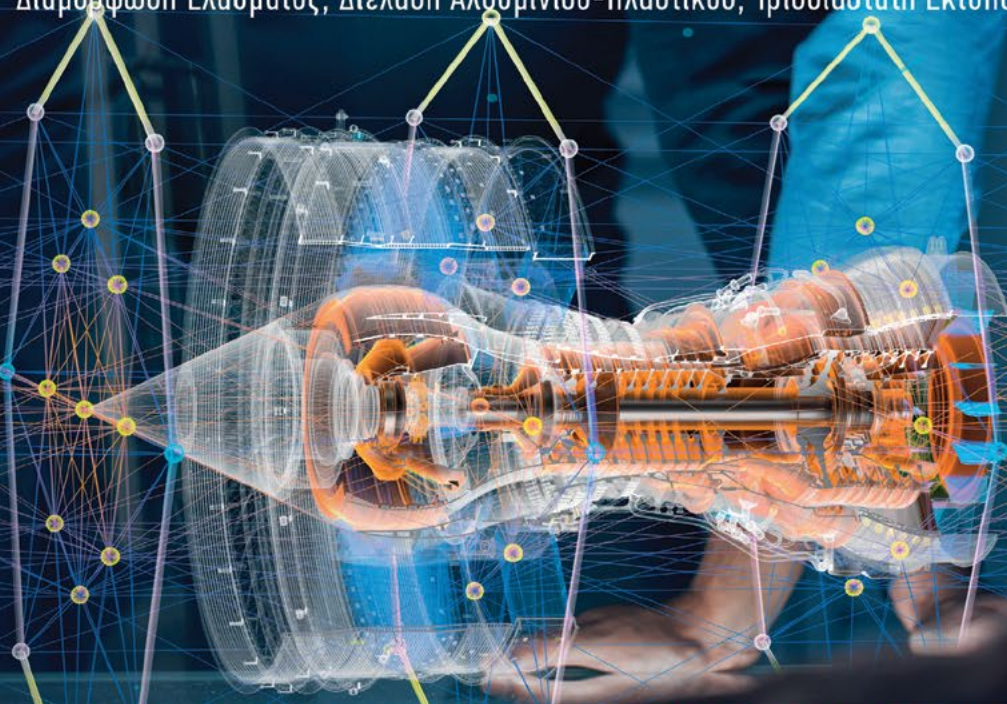


## PROSOMOIONO

YOUR PARTNER IN ENGINEERING SIMULATION

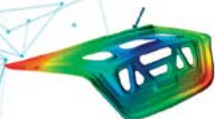
## ΟΙ ΛΥΣΕΙΣ ΤΗΣ ALTAIR ENGINEERING INC ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΚΑΙ ΤΗΝ ΚΥΠΡΟ ΜΕ ΑΠΟΚΛΕΙΣΤΙΚΟ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΟ ΤΗΝ PROSOMOIONO!

Λύσεις Υπολογιστικής Μηχανικής και Προσομοίωσης Μεθόδων Παραγωγής για Έγχυση, Χύτευση Μετάλλου, Διαμόρφωση Ελάσματος, Διέλαση Αλουμινίου-Πλαστικού, Τρισδιάστατη Εκτύπωση.



**Ο ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ ΣΑΣ ΣΤΗΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΓΙΑ ΜΗΧΑΝΙΚΟΥΣ**

METAL FORMING



INJECTION MOLDING



CASTING



## Formnext 2022...!!!

Τελικά 802 εκθέτες και 51.148 τετραγωνικά μέτρα δεσμευμένου εκθεσιακού χώρου, οι επιδόσεις της κορυφαίας έκθεσης στον κόσμο για την προσθετική παραγωγή και τη σύγχρονη παραγωγή ήταν ουσιαστικά στο ίδιο επίπεδο με τα προ-Covid επίπεδα. Σχεδόν δε 30.000 επισκέπτες από όλον τον κόσμο ενημερώθηκαν για τις νέες τεχνολογίες και εξελίξεις στον τομέα του 3D Printing. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον υπήρξε για την κατασκευή μεγάλων αντικειμένων και εξαρτημάτων τόσο στο χώρο του πλαστικού όσο και στο χώρο του μετάλλου.

Ρομποτικοί βραχίονες 4 μέτρων με εξτρουδέρ φούρνο για έγχυση πλαστικού και αντίστοιχα

μηχανήματα μετάλλου με χώρο κατασκευής 1200 X 1200 X 1500mm, βρέθηκαν στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος.

Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην παραγωγή. Πολλές εταιρείες έχουν πια ενσωματώσει στις γραμμές παραγωγής τους μηχανήματα και τεχνολογίες προσθετικής κατασκευής προσφέροντας εξατομικευμένα προϊόντα στην αγορά. Στο τεύχος που κρατάτε θα βρείτε φωτογραφίες από τις σημαντικότερες εταιρείες που έλαβαν μέρος στην έκθεση.

Η επόμενη έκθεση Formnext έχει προγραμματιστεί να πραγματοποιηθεί από τις 7 έως τις 10 Νοεμβρίου του 2023 στο ίδιο εκθεσιακό κέντρο.

Μανώλης Μαρινάκης

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### EDITORIAL

2. Formnext 2022...!!!

### ΘΕΜΑΤΑ

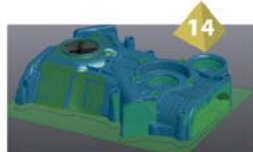
- 4 Απόθεση πούδρας σε μηχανές SLM: αξιολόγηση της ακρίβειας και της ποιότητας επιφάνειας του στρώματος
- 12 Μορφές αρχείων CAD και τρόπος εξαγωγής τους για 3-Δ εκτύπωση
- 18 Design for 3D Printing

### ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ

- 30 Divergent Technologies και SLM® NXG XII 600

### ΕΙΔΗΣΕΙΣ

- 34 QCONTROL – QUICK 3D PARTS. Αυτοματοποιημένο Σταθερό Σύστημα 3D Σάρωσης AUTOSCAN INSPEC - SHINING 3D
- 36 Massivit και 3D printing στην κατασκευαστική Βιομηχανία Σκαφών και Ναυτιλίας
- 38 Η Caracol στην έκθεση Formnext 2022
- 42 Formnext 2022 - Η προσθετική παραγωγή διαμορφώνει το μέλλον της βιομηχανικής παραγωγής



# Desktop Metal

## Η αιχμή της τεχνολογίας μετάλλου 3D

**3D ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ  
ΜΕΤΑΛΛΟΥ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
BINDER  
JETTING**



**Shop System™**

**Εκτύπωση  
μετάλλου 3D  
για παραγωγικές μονάδες**

**3D ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ DLP**

 **ETEC**



**Βιομηχανικές εφαρμογές τελικής  
χρήσης, οδοντιατρικές εφαρμογές  
και κοσμήματα.**

**Εκτύπωση + Φούρνος**



**Studio System™ 2**



- Η επόμενη γενιά 3D εκτυπωτών μετάλλου για λειτουργία σε περιβάλλον γραφείου
- Παραγωγή με μόλις 2 βήματα: Εκτύπωση + Φούρνος
- Η κατασκευή μεταλλικών εξαρτημάτων δεν ήταν ποτέ πιο εύκολη

## Απόθεση πούδρας σε μηχανές SLM: αξιολόγηση της ακρίβειας και της ποιότητας επιφάνειας του στρώματος

### Περίληψη

Η επιλεκτική πυροσυσσωμάτωση με laser (SLS) πραγματοποιείται μέσω υπέρθεσης αλληπάληλων στρωμάτων σκόνης ποικίλλων υλικών με στόχο το σχηματισμό τρισδιάστατων αντικειμένων με περίπλοκη γεωμετρία, μέσω της πυροσυσσωμάτωσης ή τήξης της σκόνης από μία συγκεντρωμένη δέσμη laser. Κομβικής σημασίας κρίνεται η εκτίμηση της ποιότητας του εναποτιθέμενου στρώματος σκόνης, καθώς αυτή επηρεάζει τις μηχανικές ιδιότητες του παραγόμενου τεμαχίου, με κυριότερες την αντοχή σε εφελκυσμό και την πυκνότητα αυτού. Διάφορες μέθοδοι έχουν κατά καιρούς προταθεί ώστε να μετρηθεί η ποιότητα του στρώματος σκόνης, ωστόσο οι περισσότερες εξ' αυτών είναι είτε επεμβατικές, με συνέπεια την καταστροφή του στρώματος, είτε ανεπαρκείς ως προς την ακρίβεια της εκτίμησης που προσφέρουν. Σε αυτό το άρθρο αυτά τα μειονεκτήματα αντιμετωπίζονται εφαρμόζοντας μία οπτική μέθοδο αξιολόγησης της ποιότητας στρώσης μέσω τρισδιάστατου σαρωτή λευκού φωτός. Η διαδικασία είναι γρήγορη, μη επεμβατική και προσφέρει ποσοτικά αποτελέσματα. Αυτό αποδεικνύεται μέσω ενός ειδικά σχεδιασμένου case study στην πρωτότυπη μηχανή SLS της Σχολής Μηχανολόγων Μηχανικών του ΕΜΠ. Στο άρθρο εξηγούνται οι λεπτομέρειες της μεθόδου και λαμβάνονται μετρήσεις της επιφανειακής τραχύτητας των στρωμάτων που απλώνονται πειραματικά. Ακολουθεί ANOVA προς συσχέτιση της ποιότητας στρώσης με την ταχύτητα περιστροφής του κυλίνδρου και την ταχύτητα πρόωσης του συστήματος εναπόθεσης σκόνης της μηχανής.

### 1. Εισαγωγή και τεχνολογικό υπόβαθρο

Η ομοιογένεια του εναποτιθέμενου στρώματος σκόνης είναι μείζονος σημασίας για την εξασφάλιση υψηλής ποιότητας τεμαχίων και ορίζεται μέσω ιδιοτήτων όπως το πάχος στρώσης, η επιφανειακή τραχύτητα και ο βαθμός συμπίεσης της σκόνης.

Αύξηση του πάχους στρώσης οδηγεί σε μείωση του χρόνου κατασκευής. Ωστόσο, αυτό έχει ως συνέπεια να μειώνεται η ποιότητα της εκτύπωσης. Αν το πάχος στρώ-

σης αυξηθεί πέραν ενός ορίου, εμφανίζεται το λεγόμενο «φαινόμενο σκαλοπατιού» (stair stepping effect), που μειώνει την ακρίβεια και την ποιότητα απόδοσης λεπτομερειών στην τελική εκτύπωση. Για αυτό το λόγο, το πάχος στρώσης συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 50 και 150 μm. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι πιο λεπτά στρώματα οδηγούν σε βελτίωση των ιδιοτήτων του τελικού τεμαχίου, ειδικότερα της μικροσκληρότητας, της ελαστικότητας, της αντοχής σε εφελκυσμό και της μέγιστης ενέργειας θραύσης. Στις περισσότερες μελέτες, το πάχος της στρώσης θεωρείται ίσο με την κατακόρυφη προς τα κάτω κίνηση της πλάκας κατασκευής που λαμβάνει χώρα πριν την εναπόθεση κάθε νέου στρώματος πούδρας. Ωστόσο, η παραδοχή αυτή βασίζεται σε αρκετές απλουστεύσεις. Τα ρεολογικά χαρακτηριστικά της σκόνης εισάγουν συγκεκριμένα σφάλματα στην προαναφερθείσα παραδοχή.

Συνεπώς, είναι χρήσιμο να βολιδοσκοπήσουμε το αν το nominal layer thickness, όπως καλείται αυτή η κατακόρυφη μετατόπιση, έχει κάποιο βαθμό ταύτισης με την πραγματική τιμή. Επιπλέον, έχει αποδειχθεί ότι φαινόμενα όπως το spattering, το denudation και η διείδυση του τετηγμένου υλικού σε κατώτερα στρώματα μέσω των πόρων των στρωμάτων πούδρας, οδηγούν σε μικρότερες τιμές πάχους τετηγμένης στρώσης σε σχέση με το πάχος μη τετηγμένης στρώσης. Επιπροσθέτως, λόγω των φαινομένων θερμικής συστολής και διαστολής, το πάχος όταν η τετηγμένη στρώση στερεοποιηθεί είναι ακόμα μικρότερο. Μέχρι στιγμής, η αντιστάθμιση αυτών των παραμέτρων γίνεται εμπειρικά, αυξάνοντας κατά κάποιο ποσοστό το πάχος στρώσης της μη τετηγμένης πούδρας. Η μηχανή ενσωματώ-

νει ζωντανή μέτρηση του πάχους μη στερεοποιημένης και στερεοποιημένης στρώσης και επιβάλλει την αναγκαία αντιστάθμιση.

Αποδεδειγμένα, η επιφανειακή τραχύτητα του μη τετηγμένου στρώματος είναι ενδεικτική του πόσο καλά ρέει η σκόνη και της πυκνότητας κατανομής των κόκκων σκόνης στο στρώμα. Η υψηλή επιφανειακή τραχύτητα, παρότι είναι πιθανό να οφείλεται σε χαμηλή σφαιρικότητα των κόκκων, κατά κανόνα συνοδεύεται και από χαμηλή πυκνότητα στρώματος, ή, ταυτόσημα, υψηλό βαθμό πόρων στο συνολικό όγκο της στρώσης, το οποίο οδηγεί σε χειρότερες μηχανικές ιδιότητες τεμαχίου. Επιπλέον, τα μεγαλύτερα σε όγκο κενά μεταξύ των κόκκων σκόνης μειώνουν το βαθμό απορρόφησης της δέσμης laser από το υλικό, καθιστώντας την κατεργασία πιο ενεργοβόρα. Η μέτρηση της επιφανειακής τραχύτητας είναι εφικτό να χρησιμοποιηθεί ώστε να ανιχνευτούν τυχαίες ατέλειες στρώσης, οι οποίες αν «κληρονομούνταν» από στρώση σε στρώση ενδεχομένως να καθιστούσαν το τεμάχιο μη αποδεκτό προς χρήση.

Στη βιβλιογραφία εντοπίζεται πληθώρα παραγόντων που επηρεάζουν την ποιότητα επιφανείας των στρωμάτων σκόνης. Οι πιο σημαντικοί μεταξύ αυτών είναι η σφαιρικότητα και η κατανομή μεγέθους των κόκκων, η τάση της πούδρας να κολλάει επί του κυλίνδρου απλώματος και τέλος, η ταχύτητα πρόωσης και περιστροφής του κυλίνδρου (recoater).

Σε αυτό το άρθρο πραγματοποιήθηκε μία πειραματική διερεύνηση του πάχους στρώσης και της επιφανειακής τραχύτητας σε σχέση με την περιστροφική ταχύτητα του recoater. Σε όλα τα πειράματα χρησιμοποιήθηκε ο ίδιος τύπος σκόνης, κοσκινισμένος από σίτα με το ίδιο mesh, έτσι ώστε να απαλειφθούν αποκλίσεις που θα οφείλονταν στη σφαιρικότητα και την κατανομή μεγέθους των κόκκων. Επίσης, το nominal layer thickness και η πρόωση του κυλίνδρου διατηρήθηκαν στην ίδια τιμή για όλα τα πειράματα.

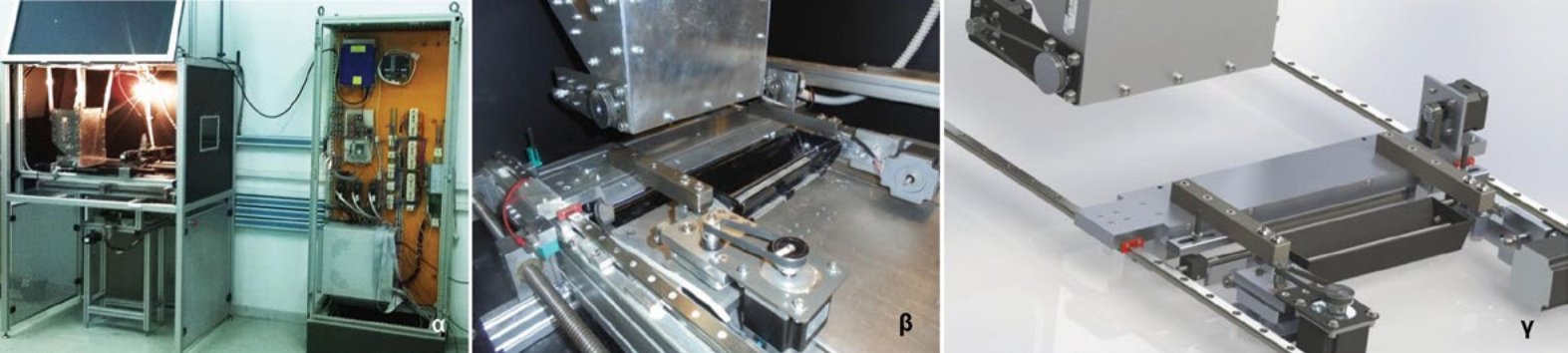
## 2. Εξοπλισμός SLS και μέθοδοι εκτίμησης ποιότητας στρώσης

Στα πειράματα χρησιμοποιήθηκε μία πρωτότυπη μηχανή SLS. βλ. Εικ. 1(α). Η μηχανή έχει χώρο εργασίας σχήματος κύβου με πλευρά 250 mm, και laser ίνας Yt (QuantelTM Ylia M20) μέσης ισχύος 20W, μέγιστης ισχύος μέχρι και 10KW, μήκος κύματος 1060 nm, μέγιστη συχνότητα παλμών 100 KHz και διάμετρο παραλληλο-

ποιημένης δέσμης 600 μm. Τα κινητά μέρη αποτελούνται από τέσσερις οδηγούς σερβοκινητήρων (FujiTM Faldic-W) και γραμμικούς encoders ακρίβειας 3 μm (FagorTM S). Ένας μικροελεγκτής τύπου πλακέτας (Delta TauTM PMAC) συντονίζει τις κινήσεις των επιμέρους μερών μεταξύ τους.

Η μηχανή περιλαμβάνει ένα ιδιοσχεδιασμένο και ιδιοκατασκευασμένο σύστημα εναπόθεσης σκόνης που παρέχει πολλαπλές πειραματικές δυνατότητες, όπως ενσωματωμένο σύστημα κοσκινίσματος με δυνατότητα εφαρμογής πλεγμάτων διαφορετικής γεωμετρίας, τη δυνατότητα αλλαγής της γραμμικής και περιστροφικής ταχύτητας του κυλίνδρου και τη δυνατότητα εφαρμογής διαφορετικής μεθόδου απλώματος (λεπίδα αντί για κύλινδρο), βλ. [Εικ. 1\(β\)-\(γ\)](#).

Η σκόνη που χρησιμοποιήθηκε ήταν υλικού PA12 (DuraFormTM by 3D Systems), κοσκινισμένη κατάλληλα ώστε να συγκρατηθούν συσσωματώματα κόκκων και κόκκοι μεγαλύτερου μεγέθους. Το υλικό κοσκινίστηκε με το ίδιο πλέγμα σε κάθε πείραμα, ώστε να επιτευχθεί ομοιόμορφη κατανομή μεγέθους κόκκων, ενώ επίσης η συνεχής μέτρηση θερμοκρασίας και υγρασίας στο θάλαμο κατασκευής και αποθήκευσης της σκόνης εξασφάλισε ότι οι περιβαλλοντικοί παράγοντες ήταν σταθεροί μεταξύ των επαναλήψεων της πειραματικής διαδικασίας. Έτσι διασφαλίστηκε η ομοιομορφία της σκόνης, πράγμα απαραίτητο, καθώς το μέγεθος των κόκκων επηρεάζει το adhesivity (δηλ. την ισορροπία μεταξύ βαρυτικών δυνάμεων και δυνάμεων van der Waals μεταξύ των κόκκων), πράγμα που επηρεάζει δραστικά τον τρόπο ροής της σκόνης και το βαθμό προσκόλλησής της επί του recoater. Η επιφάνεια του στρώματος σκόνης αποτυπώθηκε τρισδιάστατα μέσω του τρισδιάστατου σαρωτή λευκού φωτός IScan M300 της εταιρείας ImetricsTM. Χρησιμοποιήθηκαν φακοί V70, βλ. [Εικ. 2](#), εξασφαλίζοντας ακρίβεια σάρωσης της τάξης των 8 μm και απόσταση 55 μm μεταξύ σημείων εντός του

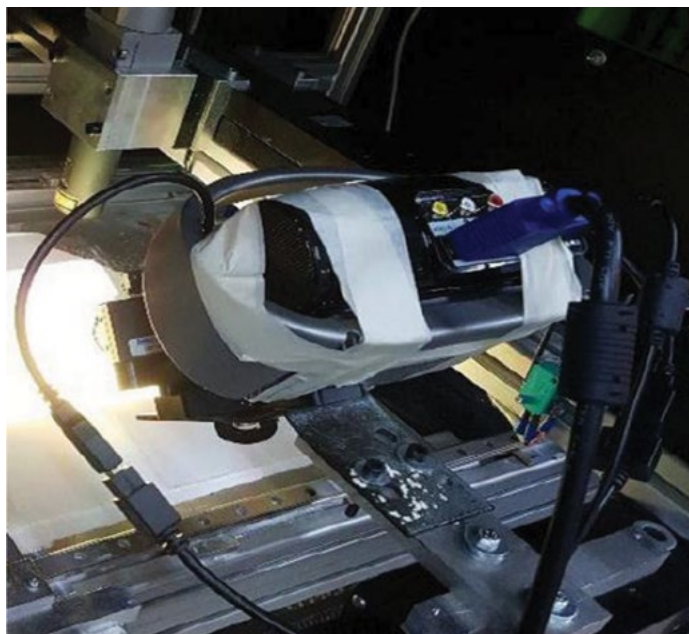


**Εικ. 1:** Μηχανή SLS: (α) Μηχανή και πίνακας ελέγχου; (β) Λεπτομέρεια συστήματος εναπόθεσης σκόνης; (γ) CAD assembly του συστήματος εναπόθεσης σκόνης.

νέφους αποτύπωσης. Ειδικοί στόχοι αναφοράς σε αυτοκόλλητη μορφή τοποθετήθηκαν γύρω από την επιφάνεια εργασίας της μηχανής SLS, ώστε να γίνει σωστά η συρραφή των γειτονικών σαρωμένων περιοχών.

Κάθε σάρωση ουσιαστικά αποτελείται από ένα νέφος σημείων. Οι συντεταγμένες των σημείων υφίστανται επεξεργασία από το λογισμικό IScanTM και τα δεδομένα υφίστανται στατιστική ανάλυση προς εξαγωγή συμπερασμάτων.

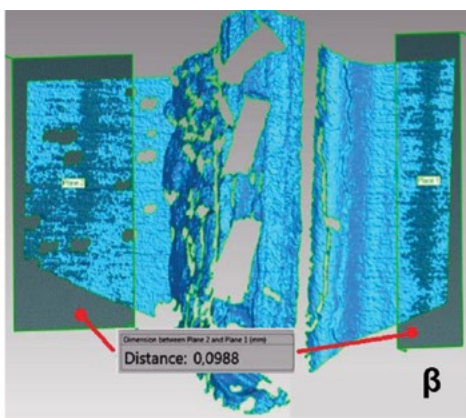
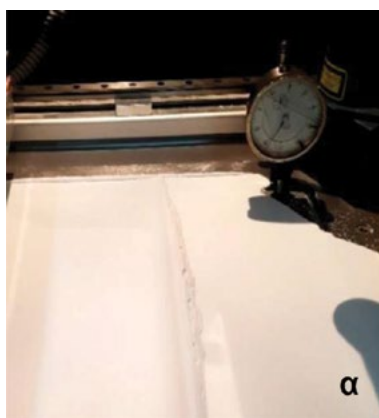
Τα προπαρασκευαστικά στάδια της μεθόδου περιλαμβάνουν καλιμπράρισμα της επιφάνειας ερ-



**Εικ. 2:** Κεφαλή σαρωτή πάνω από την επιφάνεια εργασίας.

γασίας σε σχέση με τον κύλινδρο απλώματος, ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη δυνατή παραλληλία μεταξύ των δύο σε οριζόντια θέση. Εν συνεχεία τοποθετήθηκαν οι στόχοι αναφοράς του σαρωτή γύρω από την τράπεζα εναπόθεσης.

Για να μετρηθεί το πάχος στρώσης, αρχικά απλώθηκε ένα στρώμα σκόνης σε τυχαίο πάχος. Εν συνεχεία, η τράπεζα κατέβηκε κατακόρυφα κατά 0,1 mm (100μm) και άλλο ένα στρώμα απλώθηκε πάνω από το πρώτο μέχρι τη μέση της τράπεζας κατασκευής κατά μήκος του x άξονα. Με αυτό τον τρόπο ήταν εφικτό να σαρωθούν ταυτόχρονα και τα δύο στρώματα από τον σαρωτή, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 3**. Κατόπιν, οι δύο επιφάνειες προσεγγίστηκαν μέσω επιπέδων με χρήση του λογισμικού επεξεργασίας νέφους σημείων. Τέλος, υπολογίστηκε η μέση



**Εικ. 3:** Απεικόνιση διαδοχικών στρωμάτων προς μέτρηση πάχους στρώσης: (α) εικόνα τράπεζας κατασκευής μηχανής; (β) απεικόνιση σάρωσης διαδοχικών στρωμάτων από το λογισμικό.

απόσταση μεταξύ των δύο επιπέδων. Αυτή η απόσταση είναι το πραγματικό πάχος στρώσης.

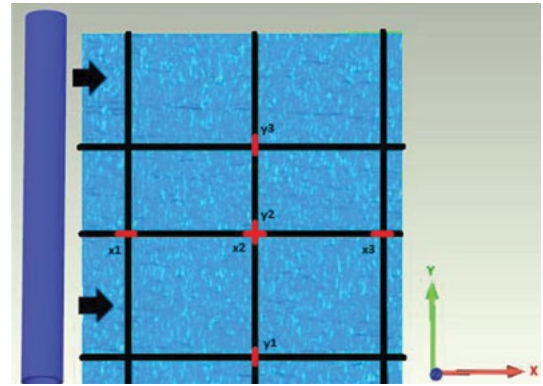
Για να μετρηθεί η επιφανειακή τραχύτητα ενός στρώματος σκόνης, το σαρωμένο στρώμα προσεγγίζεται από ένα επίπεδο μέσω επιλογής βέλτιστου ταιριάσματος του λογισμικού επεξεργασίας νέφους σημείων. Στη συνέχεια δημιουργείται ένα πλέγμα εννιά σημείων στις τομές τριών οριζοντίων και τριών καθέτων γραμμών επί του επιπέδου αυτού. Αυτό το πλέγμα (βλ. Εικ. 4) σχηματίζεται εισάγοντας κάθετα επίπεδα στις επιθυμητές τετμημένες ( , , ) και τεταγμένες ( , , ) ως προς το επίπεδο βέλτιστης προσέγγισης. Εξ' ορισμού, τα πρώτα τρία επίπεδα είναι παράλληλα προς τον x άξονα και τα τελευταία τρία επίπεδα προς τον y άξονα. Οι τομές των 6 αυτών επιπέδων με τη σαρωμένη επιφάνεια είναι 6 καμπύλες, οι οποίες απεικονίζουν τα προφίλ τραχύτητας της επιφάνειας. Υπολογίζονται η μέση και η "peak-to-valley" τραχύτητα ( $R_a$  και  $R_{max}$  αντίστοιχα) των προφίλ που επισημαίνονται με κόκκινο χρώμα στην Εικόνα 4. Το μήκος δείγματος για τη μέτρηση τραχύτητας ισούται με 8mm, όπως ορίζει το πρότυπο ISO 4288:1998.

### 3. Αποτελέσματα

Γενικά, το πάχος της στρώσης προ τήξης ή συσσωμάτωσης (t) θεωρείται ίσο με την κατακόρυφη με φορά προς τα κάτω μετατόπιση της τράπεζας κατασκευής, επί της οποίας εναποτίθεται η σκόνη ( $\Delta z$ ). Παρόλα αυτά, παράγοντες όπως ο βαθμός σφαιρικότητας και η κατανομή μεγέθους των κόκκων, ο βαθμός προσκόλλησης της σκόνης επί του recoater, καθώς και η γεωμετρία του recoater, είτε μιλάμε για κύλινδρο είτε για λεπίδα, ενδεχομένως να επηρεάζουν το πάχος στρώσης. Η προτεινόμενη μέθοδος μέτρησης μπορεί να προσδιορίσει με ακρίβεια το πραγματικό πάχος στρώσης. Επίσης, μέσω κατάλληλου σχεδιασμού πειραμάτων και επακόλουθης στατιστικής ανάλυσης είναι εφικτό να προσδιοριστεί η σχέση μεταξύ

**Πίνακας 1:** Πραγματικό πάχος στρώσης t (mm) για  $\Delta z=0.1\text{mm}$ .

| Αριθμός ζεύγους στρωμάτων | 1      | 2      | 3      | Μέση τιμή |
|---------------------------|--------|--------|--------|-----------|
| Αριθμός σάρωσης           |        |        |        |           |
| 1                         | 0.0988 | 0.0977 | 0.0970 | 0.0978    |
| 2                         | 0.1101 | 0.1098 | 0.1090 | 0.1096    |
| 3                         | 0.1090 | 0.1102 | 0.1093 | 0.1095    |
| Ολική μέση τιμή           | -      | -      | -      | 0.1060    |



**Εικ. 4:** Πλέγμα και σημεία μέτρησης τραχύτητας.

ελεγχόμενων παραμέτρων της διαδικασίας με το αποτέλεσμα.

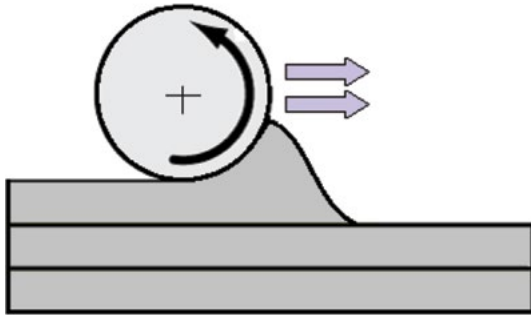
Πρέπει να επισημανθεί ότι όλες οι προτεινόμενες μέθοδοι προς αξιολόγηση της ποιότητας επιφάνειας είναι είτε επεμβατικές, με συνέπεια να καταστρέφουν το στρώμα προς λήψη μέτρησης, είτε συγκριτικές, δηλαδή συγκρίνουν την προς αξιολόγηση επιφάνεια με την εικόνα μίας «ιδανικά» καλυμμένης επιφάνειας που λειτουργεί ως υπόδειγμα βέλτιστης εναπόθεσης σκόνης, οπότε αδυνατούν να προσφέρουν πραγματικές τιμές τραχύτητας επιφάνειας. Η μέθοδος που περιγράφεται σε αυτό το άρθρο αντιμετωπίζει αυτές τις αδυναμίες προσφέροντας τη δυνατότητα της μέτρησης σε ζωντανό χρόνο, κατά τη διάρκεια που η διαδικασία εξελίσσεται.

Αφού η τράπεζα κατασκευής και ο κύλινδρος απλώματος σκόνης έχουν καλιμπραριστεί ώστε να επιτευχθεί απόλυτη παραλληλία μεταξύ τους σε τέλεια οριζόντια θέση, ακολουθήθηκε η διαδικασία που περιγράφεται παραπάνω προς μέτρηση του πάχους στρώσης. Το πείραμα επαναλήφθηκε 3 φορές, όλες για κατακόρυφη προς τα κάτω μετατόπιση της τράπεζας κατασκευής  $\Delta z$  ίσο με  $100\mu\text{m}$ . Κάθε ζεύγος στρωμάτων σαρώθηκε τρεις φορές, για να αυξηθεί η αξιοπιστία του υπολογισμού. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 1.

Από τα αποτελέσματα συμπεραίνουμε

ότι υπάρχει απόκλιση  $8\mu\text{m}$  μεταξύ της πραγματικής και της αναμενόμενης θεωρητικής τιμής του πάχους στρώσης. Ωστόσο, αυτή η απόκλιση είναι μικρότερη της ακρίβειας του τρισδιάστατου σαρωτή ( $8\mu\text{m}$ ), όπως φαίνεται στις προδιαγραφές του εξοπλισμού. Συνεπώς, το σύστημα εναπόθεσης σκόνης επιτυγχάνει να εναποθέσει στρώμα του επιθυμητού πάχους με ικανοποιητική ακρίβεια.

Επιπλέον, σχεδιάστηκε ένα πείραμα για να αποδείξουμε ότι και η προτεινόμενη μέθοδος υπολογισμού επιφανειακής τραχύτητας παρέχει αξιόπιστα αποτελέσματα και για να ερευνηθεί η σχέση μεταξύ περιστροφικής ταχύτητας κυλίνδρου και επιφανειακής τραχύτητας του στρώματος που ενα-



**Εικ. 5:** Κύλινδρος απλώματος σκόνης (recoater) και φορά περιστροφής του ως προς τα στρώματα σκόνης.



**Εικ. 6:** Ενδεικτικά προφίλ τραχύτητας επιφανείας για διάφορες ταχύτητες.

ποτιέται. Η πρόωση του κυλίνδρου κρατήθηκε σταθερή στα  $25\text{mm/sec}$  και η κάθετη προς τα κάτω μετατόπιση της τράπεζας κατασκευής επίσης σταθερή στο  $\Delta z=0,1\text{mm}$ . Μετά τα προπαρασκευαστικά τεστ, αποδείχθηκε μέσω οπτικής εξέτασης των στρωμάτων ότι περιστροφική ταχύτητα μεταξύ 40 και 100RPM δημιουργούσε ομοιόμορφη επιφάνεια χωρίς τυχαίες ατέλειες όπως ρωγμές, άρα η επιπλέον βελτιστοποίηση θα λάμβανε χώρα εντός αυτού του εύρους τιμών. Συνεπώς, τρεις τιμές περιστροφικής ταχύτητας (40, 70 και 100RPM) εξετάστηκαν, με αντιωρολογιακή φορά (βλέπε Εικ. 5).

Για κάθε μία από τις τρεις τιμές της περιστροφικής ταχύτητας του κυλίνδρου, έγιναν τρεις δοκιμές. Σε κάθε δοκιμή δημιουργούνταν ένα στρώμα, το οποίο σαρωνόταν τρεις φορές. Κατόπιν, λήφθηκαν μετρήσεις της μέσης επιφανειακής τραχύτητας  $R_a$  καθώς και της peak-to-valley τραχύτητας  $R_{max}$  σε 6 διαφορετικά σημεία κάθε στρώματος, όπως αυτά φαίνονται στην Εικόνα 4, συγκεκριμένα στις θέσεις που ονομάζονται ως  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$ ,  $y_1$ ,  $y_2$  and  $y_3$ . Η κάθε μέτρηση έγινε μέσω του προφίλ τραχύτητας όπως αυτό δημιουργήθηκε με τη διαδικασία τομής του νέφους με επίπεδα που περιγράφηκε ανωτέρω. Στην Εικόνα 6 φαίνονται ενδεικτικά προφίλ τραχύτητας για διάφορες ταχύτητες περιστροφής και θέσεις.

Η μέση τιμή της τραχύτητας που υπολογίστηκε από κάθε σάρωση σε κάθε ένα από τα 6 σημεία μέτρησης θεωρήθηκε ως η τιμή της τραχύτητας της στρώσης σε αυτό το σημείο. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 2 για τις κατευθύνσεις  $x$  και  $y$  αντίστοιχα.

**Πίνακας 2:** Μετρήσεις τραχύτητας κατά μήκος των διευθύνσεων x και y.

| Περιστροφική<br>ταχύτητα<br>κυλίνδρου<br>(RPM) | Αριθμός<br>δοκιμής | Θέση επί<br>του<br>πλέγματος | Ra<br>(mm) |       | Rmax<br>(mm) |       |
|------------------------------------------------|--------------------|------------------------------|------------|-------|--------------|-------|
|                                                |                    |                              | x          | y     | x            | y     |
| 100                                            | 1                  | 1                            | 0.035      | 0.022 | 0.156        | 0.108 |
|                                                |                    | 2                            | 0.016      | 0.021 | 0.081        | 0.150 |
|                                                |                    | 3                            | 0.019      | 0.012 | 0.096        | 0.094 |
|                                                | 2                  | 1                            | 0.013      | 0.012 | 0.129        | 0.071 |
|                                                |                    | 2                            | 0.010      | 0.012 | 0.054        | 0.081 |
|                                                |                    | 3                            | 0.012      | 0.015 | 0.071        | 0.087 |
|                                                | 3                  | 1                            | 0.014      | 0.014 | 0.069        | 0.093 |
|                                                |                    | 2                            | 0.013      | 0.018 | 0.066        | 0.110 |
|                                                |                    | 3                            | 0.026      | 0.022 | 0.123        | 0.139 |
| 70                                             | 1                  | 1                            | 0.014      | 0.014 | 0.066        | 0.075 |
|                                                |                    | 2                            | 0.009      | 0.020 | 0.063        | 0.143 |
|                                                |                    | 3                            | 0.016      | 0.019 | 0.160        | 0.132 |
|                                                | 2                  | 1                            | 0.016      | 0.016 | 0.089        | 0.087 |
|                                                |                    | 2                            | 0.014      | 0.017 | 0.079        | 0.083 |
|                                                |                    | 3                            | 0.013      | 0.027 | 0.092        | 0.221 |
|                                                | 3                  | 1                            | 0.012      | 0.013 | 0.071        | 0.072 |
|                                                |                    | 2                            | 0.013      | 0.018 | 0.076        | 0.096 |
|                                                |                    | 3                            | 0.017      | 0.013 | 0.083        | 0.067 |
| 40                                             | 1                  | 1                            | 0.013      | 0.010 | 0.086        | 0.056 |
|                                                |                    | 2                            | 0.010      | 0.013 | 0.069        | 0.073 |
|                                                |                    | 3                            | 0.012      | 0.011 | 0.059        | 0.058 |
|                                                | 2                  | 1                            | 0.001      | 0.004 | 0.007        | 0.011 |
|                                                |                    | 2                            | 0.003      | 0.004 | 0.018        | 0.012 |
|                                                |                    | 3                            | 0.011      | 0.007 | 0.080        | 0.021 |
|                                                | 3                  | 1                            | 0.011      | 0.013 | 0.070        | 0.068 |
|                                                |                    | 2                            | 0.011      | 0.009 | 0.055        | 0.044 |
|                                                |                    | 3                            | 0.010      | 0.017 | 0.055        | 0.096 |

Εκ πρώτης όψεως φαίνεται να μην υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των τιμών μεταξύ των δύο διαφορετικών κατευθύνσεων (x και y). Επίσης, φαίνεται να υπάρχει σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών μετρήσεων που πάρθηκαν προς την ίδια κατεύθυνση, ανεξάρτητα του αν αυτή ήταν η x ή η y.

Στους **πίνακες 3 και 4** παρουσιάζεται η στατιστική ανάλυση τύπου one-way ANOVA για την περιστροφική ταχύτητα του κυλίνδρου, με κριτήριο τις τραχύτητες  $R_a$  και  $R_{max}$ .

**Πίνακας 3:** Αποτελέσματα ANOVA για  $R_a$

| Κατεύθυνση | Source of variation     | DoF | F     | P <sub>value</sub> | F <sub>crit(0.05)</sub> |
|------------|-------------------------|-----|-------|--------------------|-------------------------|
| x          | Between-sample variance | 2   | 5.486 | 0.011              | 3.403                   |
|            | Within-sample variance  | 24  |       |                    |                         |
| y          | Between-sample variance | 2   | 8.443 | 0.002              | 3.403                   |
|            | Within-sample variance  | 24  |       |                    |                         |

**Πίνακας 4:** Αποτελέσματα ANOVA για  $R_{max}$

| Κατεύθυνση | Source of variation     | DoF | F     | P <sub>value</sub> | F <sub>crit(0.05)</sub> |
|------------|-------------------------|-----|-------|--------------------|-------------------------|
| x          | Between-sample variance | 2   | 4.118 | 0.029              | 3.403                   |
|            | Within-sample variance  | 24  |       |                    |                         |
| y          | Between-sample variance | 2   | 7.286 | 0.003              | 3.403                   |
|            | Within-sample variance  | 24  |       |                    |                         |

Με βάση τα ανωτέρω αποτελέσματα, μπορεί με ασφάλεια να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι και τα δύο είδη τραχύτητας ( $R_a$  και  $R_{max}$ ) εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την περιστροφική ταχύτητα του κυλίνδρου, καθώς κάθε F-value είναι μεγαλύτερη από το αντίστοιχο  $F_{crit(0.05)}$ . Επίσης, η πολύ χαμηλή τιμή P-value και στις δύο κατευθύνσεις (x και y) και για τις δύο τραχύτητες ( $R_a$  και  $R_{max}$ ) αποτελεί ισχυρή απόδειξη εναντίον της “null hypothesis” της δοκιμής ANOVA, πιστοποιώντας τη συσχέτιση μεταξύ τραχύτητας και περιστροφικής ταχύτητας κυλίνδρου.

Μέσω των μέσων τιμών τραχυτήτων που υπολογίστηκαν στις διάφορες θέσεις του πλέγματος και τις δοκιμές για κάθε ταχύτητα, φαίνεται ότι το βέλτιστο επίπεδο ταχύτητας είναι τα 40RPM, όπως εμφανίζεται στον **Πίνακα 5**.

**Πίνακας 5:** Μέση τιμή  $R_a$  και  $R_{max}$  όπως υπολογίστηκε σε κάθε επίπεδο ταχύτητας.

| Περιστροφική<br>ταχύτητα<br>(RPM) |                        | $R_a$ | $R_{max}$ |
|-----------------------------------|------------------------|-------|-----------|
| 100                               | Κατά μήκος του άξονα x | 0.018 | 0.094     |
|                                   | Κατά μήκος του άξονα y | 0.017 | 0.104     |
| 70                                | Κατά μήκος του άξονα x | 0.014 | 0.087     |
|                                   | Κατά μήκος του άξονα y | 0.017 | 0.109     |
| 40                                | Κατά μήκος του άξονα x | 0.009 | 0.055     |
|                                   | Κατά μήκος του άξονα y | 0.010 | 0.049     |

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η ίδια σκόνη, κοσκινισμένη με το ίδιο κόσκινο, σε ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας χρησιμοποιήθηκε σε όλα τα πειράματα, εξάγεται το συμπέρασμα ότι η συσχέτιση της τραχύτητας και της ταχύτητας περιστροφής του κυλίνδρου απλώματος σκόνης ίσως να ερμηνεύεται μέσω των μηχανισμών προσκόλλησης της σκόνης σε αυτόν. Επιπλέον, η ευκολία με την οποία η σκόνη «ρέει» εξαρτάται τόσο από τη γεωμετρία του κάθε κόκκου, όσο και από την ταχύτητα περιστροφής του κυλίνδρου.

Τα πειράματα παρέχουν μία απόδειξη της ακρίβειας και της προοπτικής της συγκεκριμένης μεθόδου, καθώς δίνει τη δυνατότητα στον χειριστή να χρησιμοποιήσει τη μηχανή SLS σε βελτιωμένες τιμές ρυθμίσεων, με την μέση και την peak-to-valley τραχύτητα να έχουν βελτιωθεί κατά 45,7% και 47,5% αντίστοιχα μεταξύ των 100RMP και των 40RPM, που αποτελεί και το βέλτιστο επίπεδο λειτουργίας ως προς την ταχύτητα περιστροφής του κυλίνδρου.

### 5. Συμπεράσματα

Μία μη επεμβατική μέθοδος τρισδιάστατης σάρωσης χρησιμοποιήθηκε με σκοπό να εξετασθούν μη-τετηγμένα στρώματα σκόνης που προορίζονταν για κατεργασία SLS. Η μέθοδος περιλαμβάνει μέτρηση του πραγματικού

πάχους στρώσης και της επιφανειακής τραχύτητας.

Πειραματικές μετρήσεις του πραγματικού πάχους στρώσης, κατόπιν σύγκρισης αυτών με την αναμενόμενη θεωρητική τιμή, αποδεικνύουν ότι η μέτρηση είναι αξιόπιστη και ακριβής, καθώς η απόκλιση είναι μικρότερη του επιπέδου ακρίβειας που δύναται να επιτύχει το οπτικό σύστημα μέτρησης.

Το πείραμα που σχεδιάστηκε απέδειξε ισχυρή συσχέτιση μεταξύ της περιστροφικής ταχύτητας του (αντιωρολογιακά περιστρεφόμενου) κυλίνδρου απλώματος σκόνης και της ποιότητας επιφανείας του στρώματος σκόνης που δημιουργείται. Η απόδειξη βασίστηκε σε μετρήσεις τόσο της μέσης όσο και της peak-to-valley τραχύτητας.

Ως μελλοντικό ερευνητικό σχέδιο, η συγκεκριμένη μέθοδος πρόκειται να επεκταθεί ώστε να υπολογίζει και την τοπική πυκνότητα στρώσης (powder compaction density), ή, αντιστρόφως, το ποσοστό του στρώματος που αποτελείται από πόρους αντί για συμπαγές υλικό (porosity).

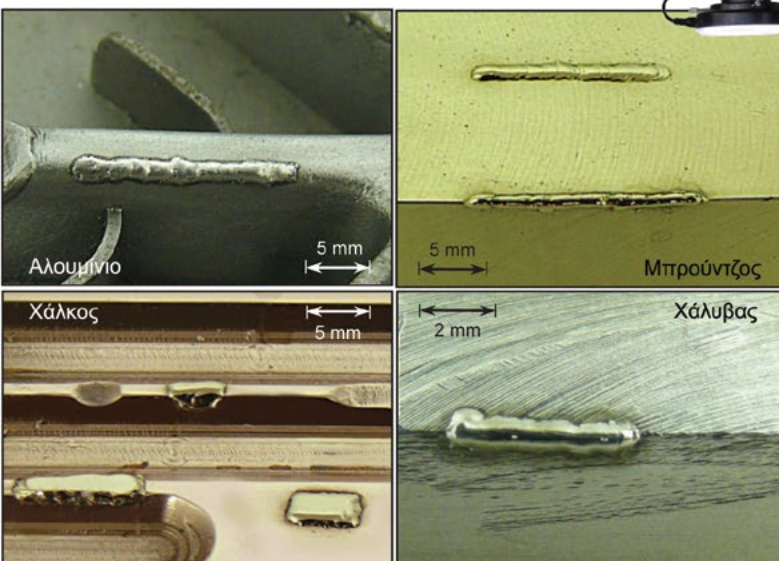


## LASE ONE MICRO WELDING

Εναλλακτική λύση για  
συγκόλληση Laser

# NOVAPAX

Αλκιβιάδου 51, 18532 Πειραιάς  
Τηλ. 210 4112589 - Φαξ 210 4137529  
e-mail: info@novapax.gr  
www.novapax.gr



- \* Από 0 έως 300 joules
- \* Ποιότητα συγκόλλησης παραπλήσια του laser
- \* Χωρίς υπερθέρμανση
- \* Εύκολο στη χρήση
- \* Επισκευές σε μεγάλα και μικρά εξαρτήματα



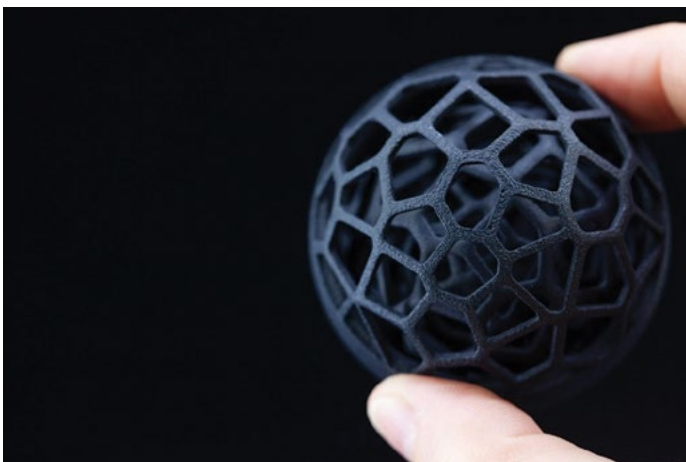
# Μορφές αρχείων CAD και τρόπος εξαγωγής τους για 3-Δ εκτύπωση

## 1. Εισαγωγή

Υπάρχουν πολλοί τύποι αρχείων CAD (Computer Aided Design – σχεδίαση με χρήση υπολογιστή) που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά δεδομένων από ένα σύστημα σ' άλλο, ο καθένας από τους οποίους έχει το δικό του όνομα, μορφή και παραμέτρους. Από τα αρχεία STEP και STL έως τα αρχεία IGES και άλλα πολλά, η διάκριση μεταξύ τους μπορεί να είναι δύσκολη. Στο άρθρο αυτό θα γίνει μία προσπάθεια κατανόησης των μεταξύ τους διαφορών, καθώς και μία εκτίμηση σχετικά με το ποιιοί τύποι αρχείων είναι προτιμότεροι για μεταφόρτωση ενός μοντέλου στο λογισμικό ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή ή αποστολή του σε υπηρεσία εκτύπωσης 3-Δ (**Εικ. 1**).

## 2. Τύποι μοντέλων CAD

Πριν την παρουσίαση των βημάτων για τη μορφοποίηση αρχείων CAD για τρισδιάστατη εκτύπωση, θα δούμε τις διαφορετικές μορφές αρχείων CAD. Γενικά υπάρχουν δύο κύριες μορφές αρχείων CAD: η εγγενής και η ουδέτερη.



**Εικ. 1:** Περίπλοκο 3Δ εκτυπωμένο εξάρτημα.

### Εγγενής (Native)

Τα εγγενή αρχεία CAD αποτελούν ιδιοκτησία που προστατεύεται από πνευματικά δικαιώματα του συστήματος / προγράμματος CAD από το οποίο προέρχονται. Περιέχουν τις περισσότερες πληροφορίες και λειτουργικότητα, επειδή δεν ενοποιούν, ούτε προσεγγίζουν την γεωμετρία ενός τρισδιάστατου μοντέλου CAD. Την αναπαράγουν με υψηλή ακρίβεια χρησιμοποιώντας εξισώσεις τρισδιάστατης (χωρικής) γεωμετρίας. Παραδείγματα τέτοιας μορφής αρχείων είναι τα: .dwg, .blend, .sldprt, .sldasm, .ipt, .iam, .skp, .prt, .asm κ.α.

### Ουδέτερη (Neutral)

Τα ουδέτερα αρχεία CAD είναι ανοιχτής μορφής και δεν προστατεύονται από πνευματική ιδιοκτησία οποιουδήποτε συστήματος ή προγράμματος CAD. Είναι χρήσιμα για την κοινή χρήση αρχείων σε δύο ή περισσότερες διαφορετικές πλατφόρμες CAD, αλλά έχουν ως πιθανό αποτέλεσμα μικρή απώλεια γεωμετρικής λεπτομέρειας κατά τη μετατροπή σε ουδέτερο τύπο αρχείου. Παραδείγματα τέτοιας μορφής αρχείων είναι τα: .stl, .amf, .obj, .stp, .x\_t, .3mf, .iges κ.α.

Για πιο αναλυτική περιγραφή, θα δημοσιεύσουμε άρθρο σε μεταγενέστερο τεύχος του περιοδικού Moulding σχετικά με τους τύπους αρχείων 3D.

Τα αρχεία CAD μπορούν επίσης να διακριθούν με βάση τη μέθοδο με την οποία

δημιουργήθηκαν και την δομή τους: τα παραμετρικά (στερεά) και τα αρχεία πλέγματος (καμπύλες NURBS).

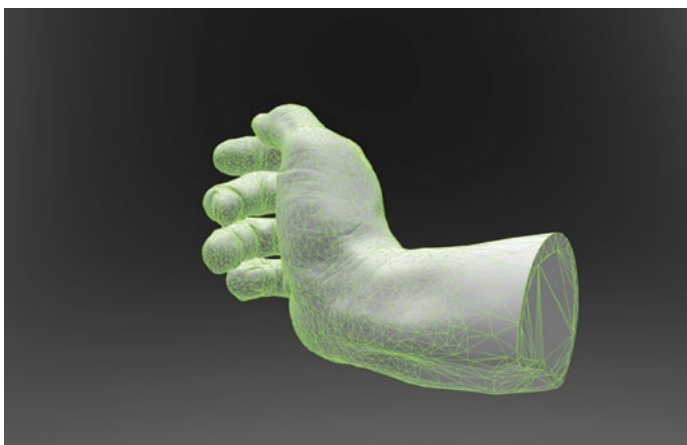
### Παραμετρική Μοντελοποίηση

Στην τρισδιάστατη μοντελοποίηση, ένα παραμετρικό μοντέλο είναι αυτό που αποτελείται από συμπαγή μπλοκ ή διανύσματα που έχουν μέγεθος και κατεύθυνση. Η παραμετρική μοντελοποίηση είναι μια διαδικασία κατά την οποία η γεωμετρία ενός μοντέλου αλλάζει αυτόματα όταν αλλάζει η τιμή μίας διάστασης ή παραμέτρου. Βασίζεται δε, σε σχεδιαστικά χαρακτηριστικά (features) και περιορισμούς (constraints) ενός στερεού σώματος ή συναρμολογήματος.

Η υλοποίηση της παραμετρικής μοντελοποίησης ξεκινά από τον προγραμματισμό του λογισμικού CAD, ο οποίος καθορίζει τη διάσταση και το σχήμα του στερεού μοντέλου. Συνήθως, το λογισμικό παραμετρικής μοντελοποίησης (π.χ. AutoCAD, Creo, TopSolid κ.α.) χρησιμοποιεί εργαλεία μοντελοποίησης που βασίζονται σε χαρακτηριστικά για να επιτρέπουν τον χειρισμό των ιδιοτήτων ενός μοντέλου.

### Μοντελοποίηση πλέγματος (mesh)

Ένα μοντέλο πλέγματος, από την άλλη πλευρά,



**Εικ. 2:** Μοντέλο πλέγματος από 3D σάρωση.

είναι μια συλλογή από μικρά τρίγωνα (ψηφίδες) που συνθέτουν μια επιφάνεια. Η επιφάνεια αυτή είναι μηδενικού πάχους (συνεπώς δεν έχει όγκο, όμως περικλείει όγκο) και δεν είναι λεία αλλά πολύεδρη (faceted). Ένα μοντέλο πλέγματος δημιουργείται από την τρισδιάστατη σάρωση (3D scan) ενός εξαρτήματος, με αποτέλεσμα ένα τεράστιο αριθμό σημειακών δεδομένων (κουκκίδες) που αποτελούν ένα νέφος σημείων. Το πλέγμα δημιουργείται ομαδοποιώντας τα σημεία αυτά σε τρίγωνα μεταβλητού μεγέθους (**Εικ. 2**). Αν και ασυνήθιστο λόγω της πολυπλοκότητας και της κουραστικής διαδικασίας, ένα πλέγμα (θεωρητικά) θα μπορούσε επίσης να δημιουργηθεί με το χέρι.

Τα αρχεία πλέγματος χρησιμοποιούνται κυρίως στις ακόλουθες περιπτώσεις:

➔ Επιθεώρηση ενός (κατασκευασμένου) εξαρτήματος για να διαπιστωθεί εάν συμμορφώνεται με τις σχεδιασμένες διαστάσεις και χαρακτηριστικά. Αυτό περιλαμβάνει την τρισδιάστατη σάρωση ενός εξαρτήματος και την αντιπαραβολή του (στις ίδιες χωρικές συντεταγμένες) με ένα παραμετρικό στερεό μοντέλο CAD. Οι περιοχές όπου τα δύο μοντέλα δεν ταυτίζονται προσδιορίζουν εάν και κατά πόσο το σαρωμένο τμήμα της γεωμετρίας είναι εκτός ανοχών του σχεδίου (**Εικ. 3**).

➔ Μηχανική ανάλυση ενός σχεδίου. Τα μοντέλα πλέγματος χρησιμοποιούνται για μια ποικιλία μηχανικών προσομοιώσεων και αναλύσεων, όπως η ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων (FEA – Finite Element Analysis).

➔ Τρισδιάστατη σάρωση παλιών εξαρτη-

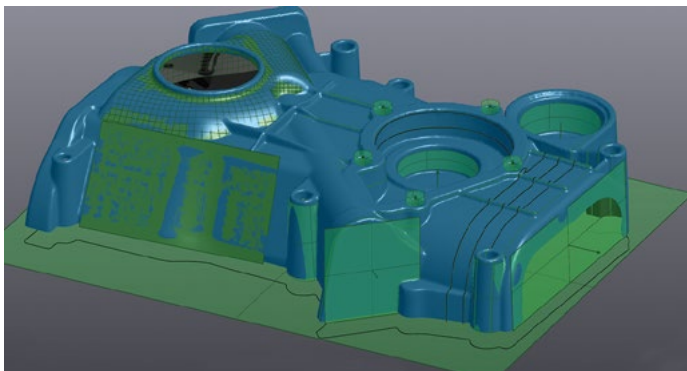
μάτων για κατεργασία, τροποποίηση, ή / και αντίστροφη μηχανική τους.

➔ Τρισδιάστατη εκτύπωση απευθείας από τρισδιάστατη σάρωση. Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές υποστηρίζουν αρχεία STL, έτσι ώστε ένα εξάρτημα να μπορεί να εκτυπωθεί απευθείας από ένα αρχείο πλέγματος μορφής STL. Αν κάναμε μία σύγκριση αυτών των δύο τύπων 3-Δ μοντέλων με κάποιο αντίστοιχο αρχείο 2-Δ εικόνας, τότε ένα παραμετρικό μοντέλο θα «έμοιαζε» με διανυσματικό (vector) αρχείο (π.χ. .AI, .SVG, .DXF) ενώ ένα μοντέλο πλέγματος θα «έμοιαζε» περισσότερο με αρχείο εικονοστοιχείων (pixel) (π.χ. .PNG, .JPEG). Ακριβώς όπως μια εικόνα pixel αποτελεί προσέγγιση ενός διανυσματικού αρχείου, έτσι κατά τη μετατροπή ενός παραμετρικού μοντέλου σε μοντέλο πλέγματος, το αρχείο πλέγματος (π.χ. .STL) αποτελεί μία προσέγγιση ενός παραμετρικού αρχείου (π.χ. .prt).

### 3. Προτεινόμενοι τύποι παραμετρικών αρχείων για 3-Δ εκτύπωση

Για την τρισδιάστατη εκτύπωση, είναι αποδεκτοί τόσο οι τύποι δομημένου πλέγματος όσο και οι παραμετρικοί τύποι αρχείων. Ας δούμε ποια είναι τα βέλτιστα μοντέλα CAD για τρισδιάστατη εκτύπωση και ποιοι οι αντίστοιχοι τύποι αρχείων.

Υπάρχουν 3 κύριοι τύποι αρχείων που χρησιμοποιού-



**Εικ. 3:** 3Δ σάρωση και αντιπαραβολή μοντέλου για επιθεώρηση.

νται στην τρισδιάστατη εκτύπωση:

➔ STL (Stereolithography or Standard Tessellation Language - Στερεολιθογραφία ή Πρότυπη γλώσσα ψηφιοποίησης)

➔ STEP (STandard for the Exchange of Product model data - Πρότυπο για την ανταλλαγή δεδομένων του μοντέλου του προϊόντος) ISO 10303-21

➔ Εγγενές CAD

#### Πρώτη επιλογή: Αρχεία STL

Υπάρχουν δύο τύποι αρχείων STL:

➔ ASCII: Μεγάλο μέγεθος αρχείου και δεν συνιστάται σ' όλες τις περιπτώσεις

➔ Δυαδικό (Binary): Συμπίεσμένο αρχείο, προτιμότερο για αποθήκευση και κοινή χρήση

Τα αρχεία STL αναπτύχθηκαν το 1987 από την 3D Systems ειδικά για την προσθετική κατασκευή και είναι ευρέως γνωστά ως βιομηχανικό πρότυπο. Είναι ουδέτερα και εύκολα στην εφαρμογή τους.

Ωστόσο, τα αρχεία STL για τρισδιάστατη εκτύπωση παρουσιάζουν και κάποια μειονεκτήματα. Για παράδειγμα, οι μονάδες τους (mm, in) δεν είναι συσχετισμένες (ασάφεια διαστάσεων) και η εμφάνιση διαφόρων οπών ή κενών (έλλειψη στεγανότητας) μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα στο «χτίσιμο» των εξαρτημάτων. Οι ειδικοί στο χώρο της τρισδιάστατης εκτύπωσης λένε πως τα αρχεία STL ενδέχεται να αντικατασταθούν από νεότερες και πιο εξελιγμένες μορφές αρχείων.

#### Δεύτερη επιλογή: Αρχεία STEP

Υπάρχουν δύο κύριοι τύποι αρχείων STEP:

➔ AP203: Αρχικά δημιουργήθηκε για την



**thes3D**  
Imagine Create Inspire

# 3D εκτυπωτής μετάλλου **EOS M 290**



**Νέα συνεργασία!  
Νέοι 3D εκτυπωτές!  
Νέα Υλικά!  
Υποδεχθείτε τους  
3D εκτυπωτές  
μετάλλου της  
Γερμανικής  
εταιρείας**



Το EOS M 290 διαθέτει από τις πιο μεγάλες γκάμες υλικών στην αγορά!  
Μπορείτε να εκτυπώσετε με:

- Ανοξείδωτο Χάλυβα
- Αλουμίνιο
- Χρώμιο Κοβαλτίου
- Νικέλιο
- Τιτάνιο
- Χαλκό και πολλά ακόμη!

Βρείτε την πλήρη λίστα αλλά γνωρίστε και τα υπόλοιπα μηχανήματα μετάλλου στην ιστοσελίδα μας!

Επικοινωνήστε μαζί μας:  
Θεσσαλονίκη:

Ζαΐμη 43, Τριανδρία, 55 337  
Τ. +30 2313 052 143

Αθήνα:

25<sup>ος</sup> Μαρτίου 6, Περιστερί, 12 132  
Τ. +30 211 111 0467

E. [info@thes3d.gr](mailto:info@thes3d.gr) W. [thes3d.gr](http://thes3d.gr)



αεροδιαστημική βιομηχανία

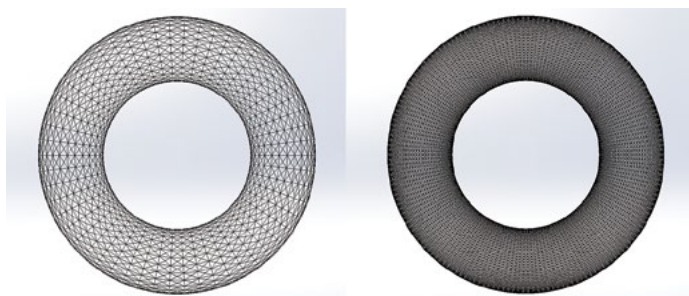
➔ AP214: Το νεότερο πρότυπο, το οποίο δημιουργήθηκε για την αυτοκινητοβιομηχανία

Η πράξη δείχνει πως τα αρχεία STEP είναι η καλύτερη επιλογή για τη μεταφορά δεδομένων CAD. Τα αρχεία αυτά φέρουν όλα τα παραμετρικά δεδομένα που απαιτούνται ώστε οι κατασκευαστές να είναι σε θέση να διαβάσουν με ακρίβεια το μέγεθος και τη γεωμετρία των εξαρτημάτων. Επιπλέον, τα αρχεία STEP AP214 μπορούν ν' αποθηκεύουν χρώματα και επίπεδα στο πρόγραμμα CAD κατά την εξαγωγή τους. Κατά την αποθήκευση για εκτυπώσεις πολλαπλών υλικών, προτιμούμε αυτό το πρότυπο, καθώς βοηθά στη διάκριση των διαφορετικών συμπαγών σωμάτων.

### Τρίτη επιλογή: Εγγενή αρχεία

Υπενθυμίζεται πως τα εγγενή αρχεία CAD αποτελούν πνευματική ιδιοκτησία του συστήματος / προγράμματος CAD από το οποίο προέρχονται. Υπάρχουν πολλά διαφορετικά προγράμματα CAD και ακόμα περισσότεροι εγγενείς τύποι αρχείων. Για παράδειγμα μερικά από τα δημοφιλή προγράμματα και οι αντίστοιχοι τύποι αρχείων τους είναι:

- ➔ Autodesk: .ipt, .dwg
- ➔ Dassault Systèmes: .sldprt, .3dxml, .catpart, .catshape, .cgr, .dlv, .exp, .model, .session
- ➔ PTC: .prt, .asm
- ➔ Siemens PLM: .jt, .par, .prt, .x\_t, .x\_b
- ➔ Άλλα προγράμματα: .3dm, .vda, .prt, .x3dv, .ifc, .mf1,



**Εικ. 4:** 3D μοντέλα .stl μικρής και μεγάλης ανάλυσης αντίστοιχα.

.neu, .prc, .sab, .sat, .u3d, .vda, .xas, .xpr

## 4. Προτεινόμενοι τύποι αρχείων πλέγματος για 3-Δ εκτύπωση

Η εκτύπωση μπορεί να γίνει απευθείας από αρχεία πλέγματος μοντέλων 3D CAD. Οι προτιμώμενοι τύποι αρχείων πλέγματος είναι: .STL, .3ds, .collada, .dae, .obj, .off, .ply, .v3d, .pts, .tri, .acs, .x3d, .wrl.

Τα βασικά βήματα για την εξαγωγή ενός αρχείου STL για τρισδιάστατη εκτύπωση είναι:

➔ Μοντελοποίηση: Ορισμός ενός στερεού μοντέλου (ή πλέγματος) του εξαρτήματος που θέλουμε να εκτυπώσουμε σε 3Δ. Σημείωση, είναι προτιμότερη η χρήση αρχείων ουδέτερης μορφής ή ανοιχτού κώδικα.

➔ Τεμαχισμός: Μετατροπή του τρισδιάστατου μοντέλου σε μία μορφή που μπορεί να εκτυπωθεί. Για τη μετατροπή αυτή μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε λογισμικό κοπής σε φέτες (π.χ. slic3r) τα οποία απαιτούν πρόσθετες πληροφορίες σχετικές με τον 3Δ εκτυπωτή.

➔ Λήψη μοντέλου με δυνατότητα εκτύπωσης 3Δ: Δημιουργούμε ένα αρχείο που περιέχει οδηγίες προς τον εκτυπωτή 3Δ για την εκτέλεση της εκτύπωσης (π.χ. πληροφορίες διαδρομής εργαλείου). Η πιο κοινή μορφή είναι κώδικας G.

## 5. Ανάλυση αρχείων STL

Ένα πολύ σημαντικό θέμα είναι η ανάλυση (ακρίβεια) του μοντέλου STL. Ανάλογα με την εφαρμογή πρέπει να γίνεται ένας συμβιβασμός μεταξύ της ακρίβειας και του μεγέθους. Αρχεία STL που έχουν εξαχθεί με χαμηλή ανάλυση, έχουν ως αποτέλεσμα

το τελικό μοντέλο να μην είναι λείο και να φαίνεται ως πολυέδρο (**Εικ 4**). Αντιθέτως, αν η εξαγωγή του αρχείου STL γίνει με ρύθμιση πολύ υψηλής ανάλυσης τότε ναι μεν η προσέγγιση της γεωμετρίας θα είναι η βέλτιστη, αλλά ο όγκος δεδομένων του μοντέλου μπορεί να μεγαλώσει τόσο ώστε η διαχείριση του να γίνει δύσκολη.

Υπάρχουν δύο κύριες ρυθμίσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη με κάθε πρόγραμμα CAD:

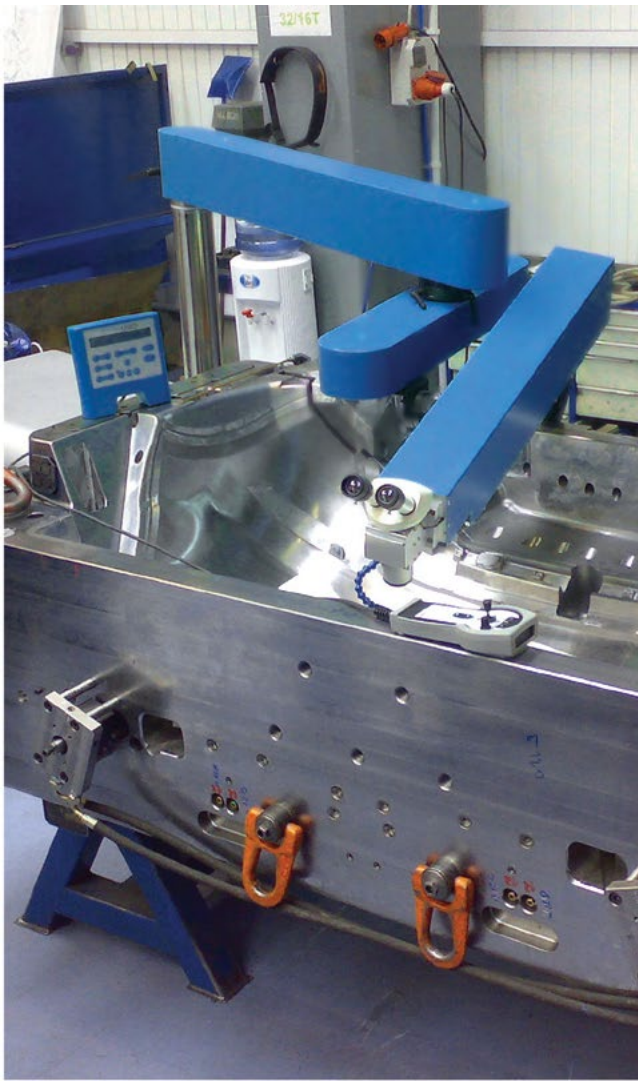
➔ **Απόκλιση χορδής ή ανοχή:** Αυτή είναι η μέγιστη απόσταση μεταξύ της επιφάνειας του αρχικού σχεδίου και

της επιφάνειας του τριγώνου STL που θα δημιουργηθεί.

➔ **Έλεγχος γωνίας:** Αυτή είναι η επιτρεπόμενη γωνιακή απόκλιση μεταξύ γειτονικών τριγώνων. Η προσέγγιση μιας καμπύλης επιφάνειας γίνεται με πολλά επίπεδα τρίγωνα (ψηφίδες). Όσο πιο μικρή είναι η μεταξύ τους γωνία, τόσο πιο κοντά στην θεωρητική καμπύλη επιφάνεια βρίσκεται η προσέγγιση με τα επίπεδα τρίγωνα.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - ΠΗΓΕΣ:

- ➔ [www.moldmakingtechnology.com/articles/choosing-cad-software-for-3-d-mold-design](http://www.moldmakingtechnology.com/articles/choosing-cad-software-for-3-d-mold-design)
- ➔ <https://www.fictiv.com/wp-content/uploads/2022/08/image14.jpeg>
- ➔ <https://www.smarttec.com.au/v/vspfiles/assets/images/Screen%20Shot%202019-05-10%20at%202.44.58%20pm.png>
- ➔ [https://3dscanningservices.net/wp-content/uploads/2018/08/3\\_Cross-section\\_NURBS\\_Surface\\_VX\\_model.jpg](https://3dscanningservices.net/wp-content/uploads/2018/08/3_Cross-section_NURBS_Surface_VX_model.jpg)
- ➔ <https://www.engineersrule.com/wp-content/uploads/2016/06/image009-2.png>



 **SIGMA LASER®**  
SYSTEMS & APPLICATIONS

**ΕΥΕΛΙΚΤΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΑΝΑΓΟΜΩΣΗΣ LASER  
ΣΙΔΗΡΟΥΧΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ & ΜΗ**

**NOVAPAX HELLAS**

Πειραιάς: Αλκιβιάδου 51, Τηλ. 210 4112589 - Fax. 210 4137529  
e-mail: [info@novapax.gr](mailto:info@novapax.gr) , [www.novapax.gr](http://www.novapax.gr) , [www.sigma-laser.com](http://www.sigma-laser.com)

# Design for 3D Printing



Θεωρητικά, στην κατασκευή με τη μέθοδο της προσθετικής τεχνολογίας ή αλλιώς additive manufacturing ή 3D Printing ή τρισδιάστατης εκτύπωσης δεν υπάρχουν κατασκευαστικοί περιορισμοί, πέρα από τις μέγιστες ωφέλιμες διαστάσεις

του κάθε μηχανήματος. Πρακτικά όμως, υπάρχουν κάποιες λεπτομέρειες που δίνοντας την απαραίτητη προσοχή, παίρνουμε πολύ καλύτερο αποτέλεσμα αφενός όσον αφορά το φινίρισμα και την ποιότητα των εξωτερικών επιφανειών, αφετέρου όσον αφορά το χρόνο εκτύπωσης. Επισημαίνεται ότι το άρθρο αυτό επικεντρώνεται στην τεχνολογία FDM (fused deposition modeling ή στα ελληνικά εναπόθεση υλικού υπό τήξη) όπου η κεφαλή του 3D εκτυπωτή κινείται με τη λογική ενός παντογράφου CNC 2,5 αξόνων.

Παρακάτω γίνεται εισαγωγή σε βασικές έννοιες και στη συνέχεια παρουσιάζεται το ιστορικό σχεδιασμού ενός αντικειμένου, όπου βιωματικά αναλύονται οι σχεδιαστικές επιλογές σκεπτόμενοι ότι το αντικείμενο αυτό θα



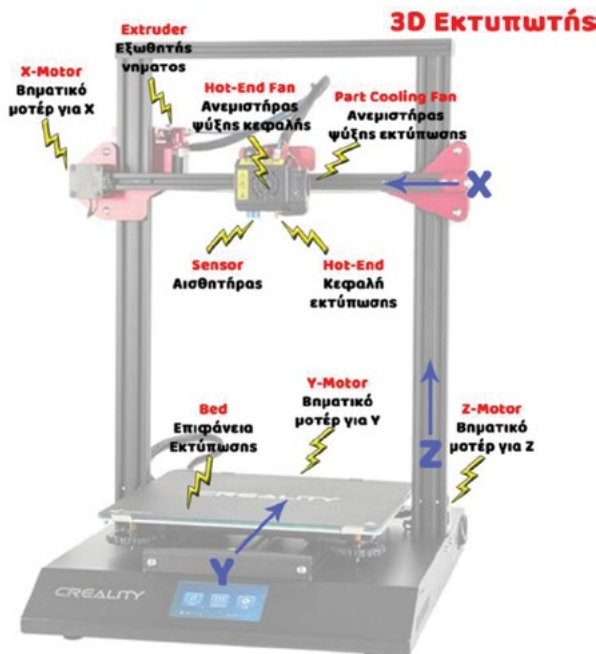
Design & Engineering  
Services from A to Z

παραχθεί αποκλειστικά σε 3D εκτυπωτή. Για την καλύτερη κατανόηση ας δούμε τα βασικά μέρη ενός 3D εκτυπωτή. Στην **Εικόνα 1** φαίνεται η επιφάνεια εκτύπωσης ή τραπέζι εκτύπωσης πάνω στην οποία εναποτίθεται το λιωμένο υλικό όσο η κεφαλή κινείται κατά X,Y και αμέσως μετά το υλικό ψύχεται ώστε να πάρει το σχήμα ακολουθώντας την κίνηση της κεφαλής. Το λιωμένο υλικό βγαίνει από το ακροφύσιο του οποίου η διάμετρος παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα και τη λεπτομέρεια της εκτύπωσης. Η πιο κοινή διάμετρος είναι 0,4mm, ενώ στο εμπόριο κυκλοφορούν συνήθως ακροφύσια από 0,1mm έως 1mm διάμετρο. Ο άξονας Z κινείται βηματικά προς τα επάνω κάθε φορά που ολοκληρώνεται η εναπόθεση υλικού ανά στρώση. Το βήμα αυτό ονομάζεται πάχος στρώσης (Layer Thickness) και παίζει σημαντικό ρόλο στην ποιότητα του αντικειμένου.

Ξεκινώντας λοιπόν τον σχεδιασμό ενός αντικειμένου που θα κατασκευασθεί με 3D Printing πρέπει να αναλογιστούμε τους εξής βασικούς παράγοντες:

## 1. Προσανατολισμός κομματιού στο τραπέζι

Αυτό σημαίνει ότι η επιφάνεια που είναι κολλημένη στο τραπέζι έχει άλλη υφή από τις υπόλοιπες. Η υφή της εξαρτάται από την υφή του τραπέζιου. Για παράδειγμα, στην **Εικόνα 2**, φαίνεται η υφή της επιφάνειας που ακουμπάει στο τραπέζι, ενώ στην **Εικόνα 3** φαίνεται η τελική στρώση και είναι διακριτά



**Εικ. 1:** Επεξήγηση των βασικών μερών ενός εκτυπωτή.  
Πηγή εικόνας: [www.3dprintinggreece.gr](http://www.3dprintinggreece.gr)



**Εικ. 2:** Εξωτερική επιφάνεια που ακουμπάει στο τραπέζι.



**Εικ. 3:** Τελική στρώση (top layer)



**Εικ. 3:** Μεταλλική επιφάνεια τραπέζιου.

τα σημάδια της κεφαλής. Στην **Εικόνα 4** φαίνεται η υφή της μεταλλικής επιφάνειας του τραπέζιου κάνοντας κατανοητή την αναγνώριση της αντίστοιχης πλευράς σε ένα 3D εκτυπωμένο αντικείμενο.

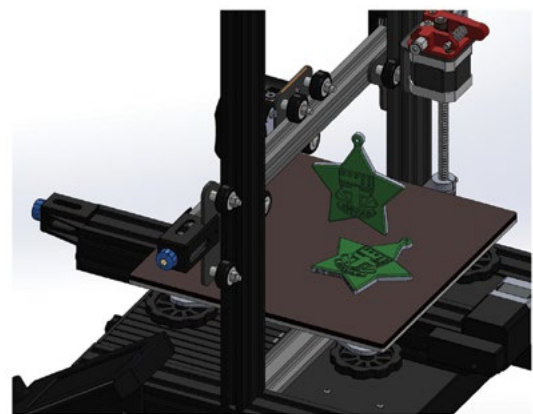
Η σωστή επιλογή του προσανατολισμού συμβάλει και στη μείωση του υποστηρικτικού υλικού που θα χρειαστεί κατά την εκτύπωση. Στο παράδειγμα του Χριστουγεννιάτικου αστεριού στην **Εικόνα 5** όταν τοποθετηθεί κάθετα (ή «όρθιο») στο τραπέζι απαιτούνται 147 λεπτά για την 3D εκτύπωση ενώ αν τοποθετηθεί οριζόντια (ή «ξαπλωτό») ο χρόνος μειώνεται στα 55 λεπτά.

## 2. Ελάχιστες γεωμετρικές διαστάσεις και διαστάσεις λεπτομερειών διαστολή υλικού

Οι γεωμετρικές λεπτομέρειες πρέπει να τηρούν συγκεκριμένες αναλογίες και ελάχιστες διαστάσεις, ώστε να αποφεύγονται ατέλειες όπως στην **Εικόνα 6**, όπου φαίνεται το πρώτο αστέρι να έχει γεμίσει επαρκώς, αλλά τα υπόλοιπα φαίνονται με κενά. Αργότερα, θα γίνουν προτάσεις σχεδιαστικών αλλαγών, ώστε το κομμάτι αυτό να εκτυπωθεί με καλύτερη ποιότητα και βέβαια σημαντικό ρόλο παίζει η ποιότητα του 3D εκτυπωτή, το υλικό, οι ρυθμίσεις και κατ' επέκταση η εμπειρία του χειριστή καθώς και η συντήρηση.

## 3. Ελαχιστοποίηση υποστηρικτικού υλικού

Όταν σχεδιάζουμε μία γέφυρα, όπως στην **Εικόνα 8**



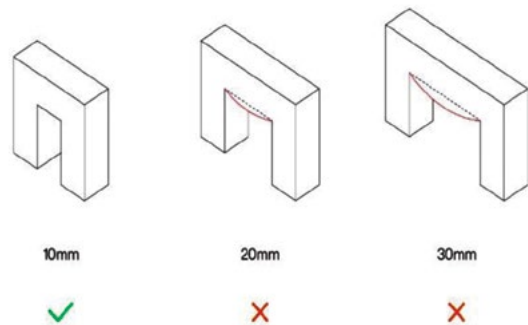
**Εικ. 5:** Παράδειγμα οριζόντιου και κάθετου προσανατολισμού του αντικειμένου προς 3D εκτύπωση στο τραπέζι.



**Εικ. 6:** Λεπτομέρεια γεωμετρίας μικρών διαστάσεων που απέτυχε η εκτύπωση.

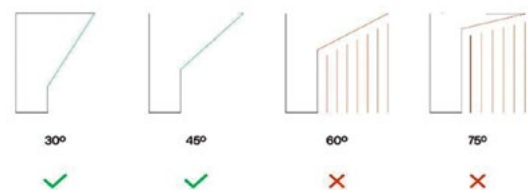
για παράδειγμα, υπάρχει μία περιοχή όπου η κεφαλή με το λιωμένο υλικό κινείται στον αέρα. Εάν αυτή η περιοχή είναι μεγάλη οι «κλωστές» νήματος που είναι στον αέρα υποχωρούν πέφτοντας κάτω. Για τον λόγο αυτό, υπάρχει η επιλογή υποστηρικτικού υλικού όπως στην **Εικόνα 7**. Αυτό παρόλο που σε κάποιες περιπτώσεις είναι απαραίτητο, προσπαθούμε να το μειώσουμε διότι είναι αφενός χρονοβόρο και αφετέρου χαλάει την ποιότητα της επιφάνειας. Ένα παράδειγμα φαίνεται στην **Εικόνα 10**.

Η πιο κοινή τεχνική σχεδιασμού είναι να δημιουργούμε κεκλιμένες επιφάνειες κάτω από 50° για την αποφυγή υποστηρικτικού υλικού. Πιο κατανοητό γίνεται κοιτώντας την **Εικόνα 9** όπου το υποστηρικτικό υλικό απεικονίζεται με κάθετες γραμμές στα δύο δεξιά σχήματα. Εάν υπάρχει η σχεδιαστική δυνατότητα να μειωθεί το μήκος της γέφυρας σύμφωνα με την **Εικόνα 8**, τότε προτιμάται αυτή η επιλογή. Σε κάθε περίπτωση είναι στη φαντασία του κάθε



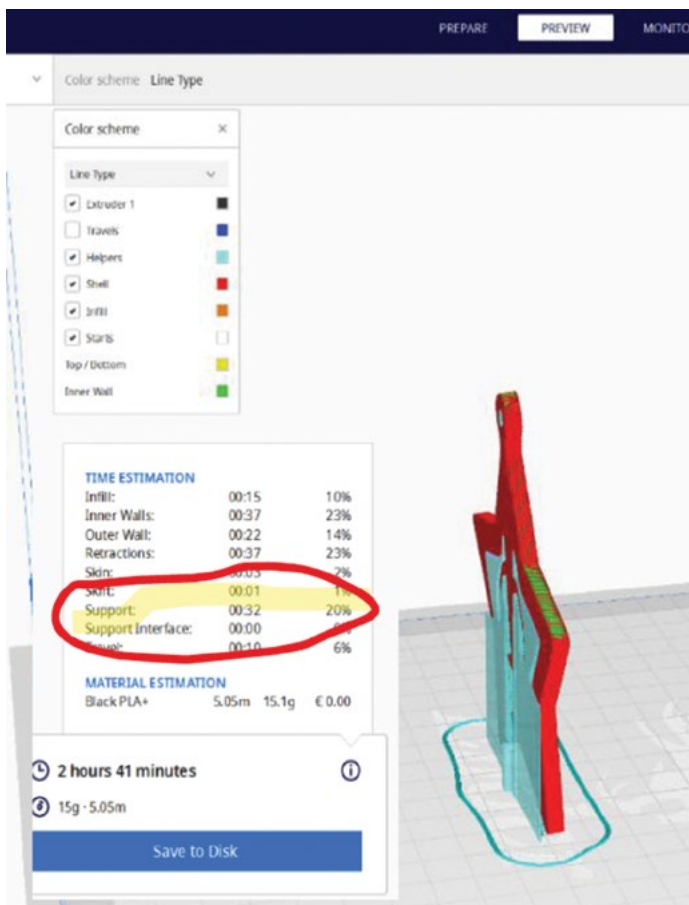
**Εικ. 8:** Παραδείγματα σχεδίων για χρήση υποστηρικτικού υλικού.

Πηγή: <https://wikifactory.com>

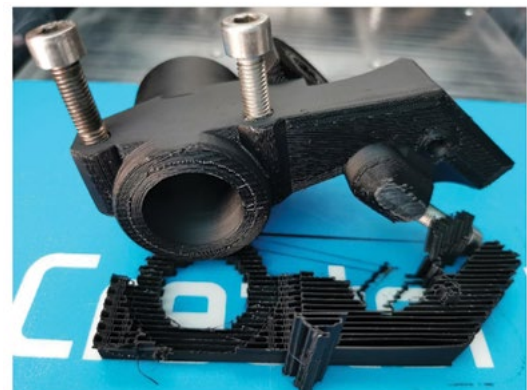


**Εικ. 9:** Τεχνική σχεδιασμού με κεκλιμένες επιφάνειες για την αποφυγή «supports» όπου φαίνονται στα δεξιά σχήματα.

Πηγή: <https://wikifactory.com>



**Εικ. 8:** Οπτική απεικόνιση υποστηρικτικού υλικού με γαλάζιο χρώμα



**Εικ. 10:** Εξάρτημα που αποκόπηκε από το υποστηρικτικό υλικό «ακουμπισμένο» στα πλάγια για να φανεί και η επιφάνεια του τελικού εξαρτήματος. Οι βίδες τοποθετήθηκαν μετά την ολοκλήρωση της εκτύπωσης. Τα σπειρώματα σχεδιάστηκαν μέσω της βιβλιοθήκης κάτω από την εντολή «Thread» στο Solidworks.

# CARACOL

## MEET HERON AM

THE FUTURE OF LARGE FORMAT  
ADDITIVE MANUFACTURING

[www.novapax.gr](http://www.novapax.gr)

Η caracol ιδρύθηκε για να ωθήσει τα όρια της AM πέρα από αυτό που ήταν δυνατό. Δημιουργήσαμε, **εξελίσσοντας τις δυνατότητες της προσθετικής κατασκευής σε μέγεθος, σχήμα και υλικά** με την πλατφόρμα μας: HERON AM

**Η Heron AM είναι μια λύση με το κλειδί στο χέρι για την παραγωγή των πιο προηγμένων βιομηχανικών εφαρμογών.** Αναπτύξαμε και ενσωματώσαμε μηχανήμα και λογισμικό για να μεγιστοποιήσουμε την ευελιξία, την απόδοση και τον έλεγχο της διαδικασίας, για την κατασκευή προϊόντων / εξαρτημάτων κατά παραγγελία και επιτόπου.



σχεδιαστή να βρίσκει έξυπνους τρόπους για το σκοπό αυτό. Για παράδειγμα, σχεδιάζοντας ένα άγαλμα, μπορεί να επιλέξει ο σχεδιαστής να το απεικονίσει σε καθιστή θέση και να περιλάβει στο σχέδιο ένα βάθρο. Ακόμα, ο σχεδιαστής μπορεί να το σχεδιάσει σε διαγώνια στάση ώστε οι επιφάνειες του ή τουλάχιστον κάποιες από αυτές να έχουν κλίση μικρότερη των 50°. Αυτή είναι μία τεχνική που εφαρμόζεται από την αρχαιότητα στη γλυπτική.

#### 4. Ανοχές σε συνεργαζόμενα εξαρτήματα

Ο γενικός κανόνας είναι ότι οι οπές συρρικνώνονται κατά λίγα δέκατα του χιλιοστού σε σχέση με τις ονομαστικές τους διαστάσεις. Αυτό συμβαίνει διότι το νήμα που βγαίνει από το ακροφύσιο διογκώνεται κατά ένα μικρό ποσοστό κατά τη διάρκεια της πήξης. Υπάρχουν επιλογές στα περισσότερα λογισμικά (στους 3D printers λέγονται slicers και όχι CAM) για την αντιστάθμιση της κεφαλής, αλλά επισημαίνεται ότι συνήθως πρέπει να ελεγχθεί πειραματικά. Μία συνήθης τεχνική, είναι η διάνοιξη της οπής με δρόπανο.

Όσον αφορά τα σπειρώματα υπάρχουν τρεις επιλογές:

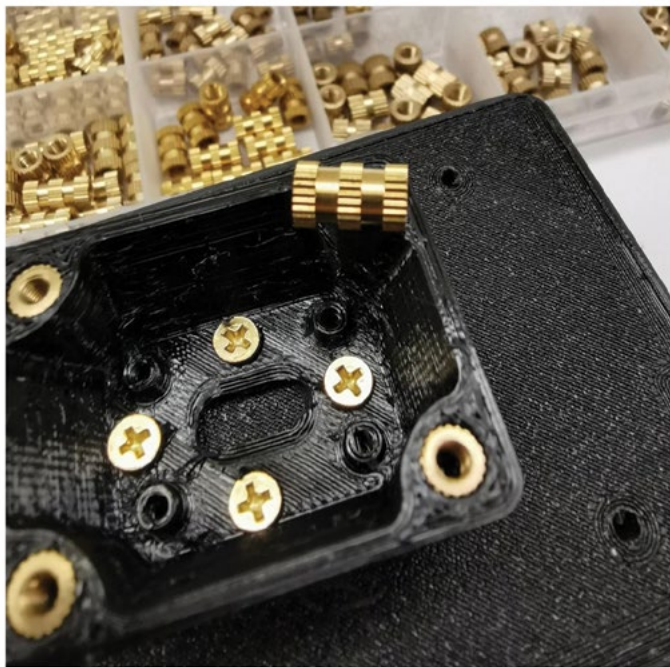
**I.** Να συμπεριληφθούν εξαρχής στο σχέδιο, αρκεί να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στις ανοχές τους. Είναι πολύ

σημαντικό ο σχεδιαστής να διαθέτει ισχυρό και πλήρες από εργαλεία 3D CAD. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το Solidworks διαθέτει την εντολή «Thread» κάτω από το «Hole Wizard», όπου ο χρήστης μπορεί εύκολα να τροποποιήσει το προφίλ του σπειρώματος για τις 3D εκτυπώσεις.

**II.** Να σχεδιαστεί μόνο η αρχική τυποποιημένη οπή του σπειρώματος. Οι μεταλλικές βίδες καθώς είναι πιο σκληρές από τα κοινά υλικά 3D εκτυπώσεων κάνουν από μόνες τους σπειροτόμηση, χωρίς να φθείρεται το σπείρωμά τους. Αυτή η τεχνική λειτουργεί άψογα σε μεγέθη κοχλιών από M3 και σε βάθος σπειρώματος τέτοιο ώστε να υπάρχουν τουλάχιστον 6-7 ενεργές σπείρες. Σημαντικό είναι οι βίδες να μην έχουν συχνή χρήση.

**III.** Να δημιουργηθεί το σπείρωμα με σπειροτόμο.

**IV.** Να χρησιμοποιηθούν ένθετα σπειρώματα (hot melt inserts), τα οποία τοποθετούνται αφού ζεσταθούν με κολλητήρι σχετικά εύκολα, όπως στην **Εικόνα 11**.



**Εικ. 11:** Ένθετα σπειρώματα για εναπόθεση σε λιωμένο υλικό (hot melt nut inserts).

#### 5. Fillets & chamfers

Είναι γνωστό από την αντοχή υλικών ότι στις αιχμηρές ακμές συγκεντρώνονται τάσεις. Αυτό ισχύει κυρίως στα μεταλλικά εξαρτήματα, αλλά δεν είναι αμελητέο και στα πλαστικά εξαρτήματα. Έτσι, όπου και όταν είναι εφικτό προτείνεται να περιλαμβάνονται στο σχέδιο. Επιπλέον, ένα στρογγύλεμα ή ένα «σπάσιμο» (στα αγγλικά Fillet & Chamfer) προσθέτει υλικό όταν βρίσκεται σε εσωτερική ακμή, οπότε αυξάνει την αντοχή του αντικειμένου. Εκτός από τους παράγοντες αντοχής, υπάρχει και η προσέγγιση της αισθητικής κατά τον σχεδιασμό. Προσωπικά, προτιμώ τα chamfers σε κάποιες περιπτώσεις διότι μου αρέσει το φινί-

ρισμα με τις εμφανείς γραμμές του νήματος.

## 6. Νεύρα, νεύρα και νεύρα

Όλοι ξέρουμε ότι τα νεύρα σε μία κατασκευή προσφέρουν αντοχή, ενίσχυση των αδύναμων περιοχών και συγχρόνως μεγάλη μείωση του βάρους. Δεν υπάρχει λόγος να εξηγήσουμε πόσο σημαντικά είναι σε κάθε σχέδιο. Ας το δούμε σε νούμερα όπου στην **Εικόνα 12**, η διαφορά βάρους των δύο αντικειμένων είναι 270%. Ακόμα, ο χρόνος 3D εκτύπωσης είναι μειωμένος κατά 60% και τελευταίο (ίσως και σημαντικότερο) το σχέδιο με τα νεύρα - κατά τη γνώμη μου - είναι πιο όμορφο.

## 7. Προσανατολισμός ινών για στατική αντοχή

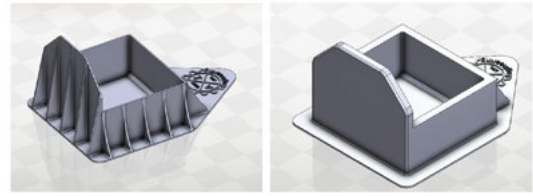
Ανάλογα με τον προσανατολισμό του αντικειμένου στο τραπέζι του 3D εκτυπωτή, αλλάζουν και οι μηχανικές του ιδιότητες. Συνήθως η αντοχή σε εγκάρσιες δυνάμεις στον άξονα Z είναι μειωμένη. Αυτό σχετίζεται με τον τρόπο που οι ίνες του υλικού είναι κολλημένες μεταξύ τους. Ο κανόνας είναι να τοποθετούνται οι μεγάλες επιφάνειες παράλληλα με τον άξονα Z. Τα λογισμικά slicers διαθέτουν αρκετές επιλογές για τον έλεγχο τη κατεύθυνσης των ινών σε κάθε στρώση με στόχο την ενίσχυση της αντοχής του αντικειμένου.

## 8. Split parts

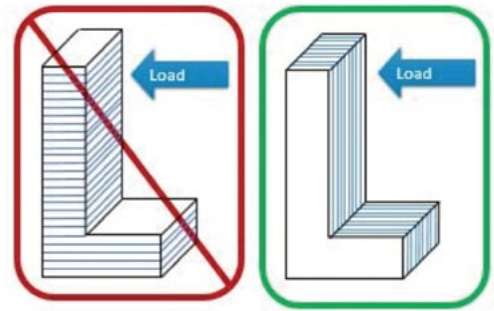
Δεδομένου ότι υλικά όπως το PLA, ABS, PETG κολιούνται τέλεια με απλή κόλλα στιγμής προτείνεται να χρησιμοποιείται η τεχνική του τεμαχισμού. Αυτό εξυπηρετεί σε περίπτωση που το εξάρτημα είναι μεγαλύτερο από τις διαστάσεις του 3D εκτυπωτή που διαθέτουμε, ή σε περιπτώσεις όπου ένα αντικείμενο έχει λεπτομέρειες σε αντι-διαμετρικές πλευρές, όπως στο εικονιζόμενο χριστουγεννιάτικο στολίδι, το οποίο αναλύεται παρακάτω. Μία ακόμα συνήθης περίπτωση είναι για εξοικονόμηση χρόνου, ή για πολυχρωμία, όπως για παράδειγμα στο στολίδι της **Εικόνα 13** όπου εξυπηρετούνται όλοι οι παραπάνω λόγοι.

## 9. Ρυθμίσεις εκτύπωσης

Τέλος πολύ σημαντικό ρόλο παίζει επίσης και η



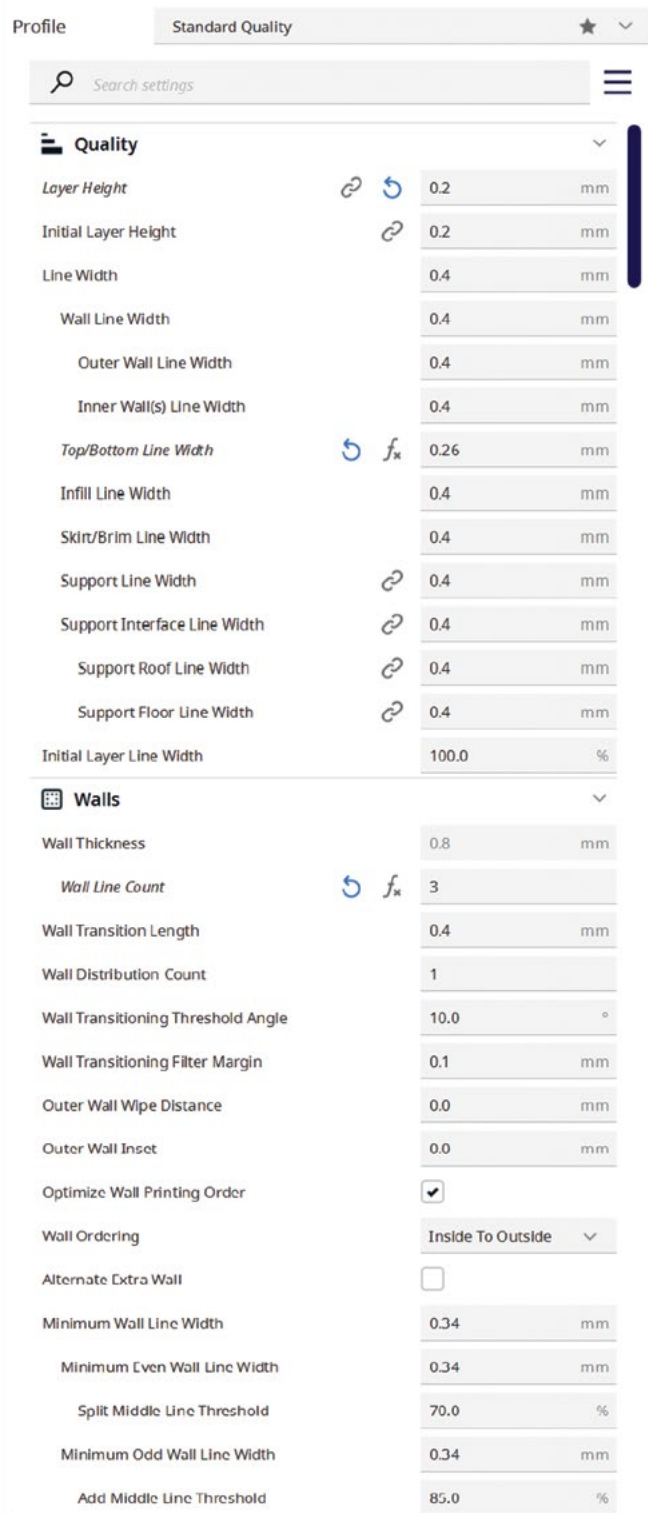
**Εικ. 12:** Επιτραπέζια βάση για διαφημιστικά φυλλάδια σε δύο σχεδιαστικές εκδοχές. Στη μία περίπτωση έχει σχεδιασθεί με χοντρό τοίχωμα, ενώ στην άλλη με λεπτό τοίχωμα και πυκνά νεύρα.



**Εικ. 13:** Αντικείμενο που χωρίστηκε στα τρία με σκοπό την πολυχρωμία, την ευκολία στην εκτύπωση και την εξοικονόμηση εκτυπώσιμου χρόνου.



**Εικ. 14:** Αντοχή στη φόρτιση ενός αντικειμένου ανάλογα με τον προσανατολισμό των ινών. Πηγή σχήματος: [www.3dprintacademy.co.uk](http://www.3dprintacademy.co.uk)



**Εικ. 15:** Στιγμιότυπο από τις ρυθμίσεις του λογισμικού Cura που είναι από τα πιο διαδεδομένα και δωρεάν λογισμικά slicing.

εμπειρία που έχουμε ώστε να ρυθμίσουμε σωστά τον εκτυπωτή και να επιλέξουμε από τις πολλές ρυθμίσεις που διαθέτουν τα λογισμικά Slicing, τα οποία και παράγουν τον Gcode για να οδηγήσουν τις κινήσεις της κεφαλής. Αναφορικά μερικές ρυθμίσεις που πρέπει να προσέξουμε είναι:

- a.** Infill (σε ποσοστό πλήρωσης των τοιχωμάτων)
- b.** Supports (υποστηρικτικό υλικό σε περίπτωση που υπάρχουν επιφάνειες «στον αέρα».
- c.** Material choice (επιλογή κατάλληλου υλικού)
- d.** Layer thickness (πάχος στρώσης)
- e.** Nozzle diameter (διάμετρος ακροφυσίου)
- f.** Slicing software (λογισμικό «CAM»)
- a.** Bed & nozzle temperature (θερμοκρασία τραπεζιού και ακροφυσίου)
- b.** Material flow rate (παροχή υλικού)
- c.** Bed levelling (ευθυγράμμιση τραπεζιού)

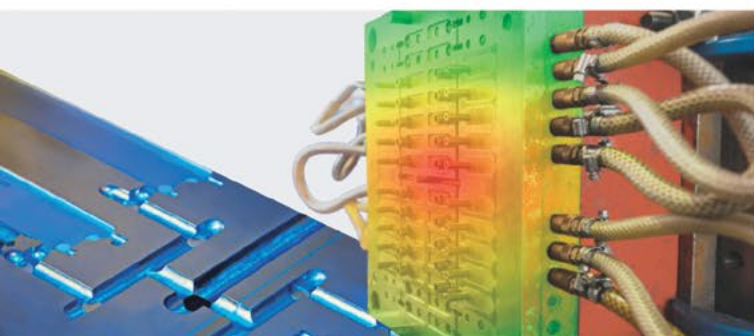
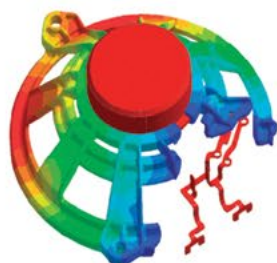
Ενδεικτικά αναφέρεται, ότι για το Χριστουγεννιάτικο στολίδι του οποίου το ιστορικό σχεδιασμού αναλύεται παρακάτω, έγιναν πολλές δοκιμές εκτύπωσης μέχρι να βρεθούν οι βέλτιστες ρυθμίσεις. Τελικά δύο κρίσιμες ρυθμίσεις ήταν η παροχή του υλικού στην κεφαλή και το ποσοστό υπερκάλυψης των γειτονικών ινών.

### Ιστορικό σχεδιασμού για ένα χριστουγεννιάτικο στολίδι φιλικό προς το περιβάλλον

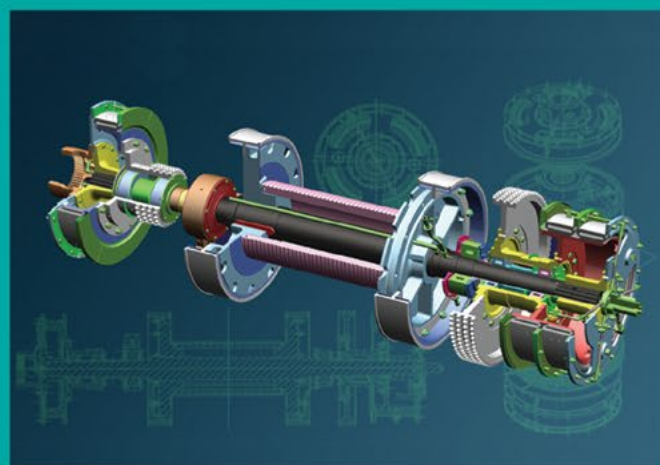
Ο προϊόντικός ή αλλιώς βιομηχανικός σχεδιασμός αφορά ένα χριστουγεννιάτικο στολίδι το οποίο θα διατεθεί για φιλικό σκοπό. Έτσι λοιπόν, είναι σημαντικό να περιλαμβάνει τα δύο λογότυπα των οργανισμών. Οι δύο βασικότερες σχεδιαστικές προδιαγραφές είναι η κατασκευή με 3D εκτύπωση καθώς είναι μία οικονομική λύση, εύκολα κατασκευάσιμη με μεγάλο βαθμό



**Moldex3D**  
MOLDING INNOVATION



## ΛΥΣΕΙΣ ΚΟΡΥΦΗΣ



## EXPERTCAM

Βιομηχανικός Σχεδιασμός

Δημιουργία κώδικα CNC μηχανών

Ολοκληρωμένες εφαρμογές  
CAD/CAM/CAE

Ταχεία πρωτοτυποποίηση

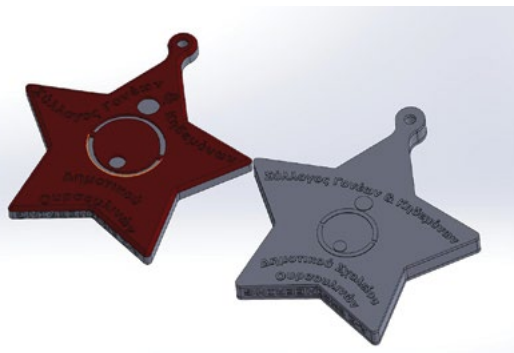
Product Lifecycle Management

Στόχος και δέσμευσή μας η βελτιστοποίηση της παραγωγής σας

Πιπτακού 12α, 142 31 Ν.Ιωνία - τηλ./fax. 210 2757410 - 210 2757071  
www.expertcam.gr - Email: info@expertcam.gr



**Εικ. 16:** Χριστουγεννιάτικο στολίδι σχεδιασμένο για κατασκευή με 3D Printing.



**Εικ. 17:** Εξέλιξη σχεδίου για βέλτιστο αποτέλεσμα στην 3D εκτύπωση. Τα γράμματα έχουν γίνει μεγαλύτερα και άλλαξε ο προσανατολισμός τους για χάρη της ευκρίνειας.



**Εικ. 18:** Σχεδιαστική αλλαγή για βελτίωση της ποιότητας στις μικρές περιοχές. Το λογότυπο μεγάλωσε συνολικά καθώς και κάποιες λεπτομέρειες στο εσωτερικό του, όπως τα αστεράκια και τα γράμματα.

ελευθερίας όσον αφορά την πολυπλοκότητα της γεωμετρίας.

Επόμενη σκέψη είναι η επιλογή της βασικής γεωμετρίας με βασική προδιαγραφή ότι το αντικείμενο που είναι να σχεδιάσουμε πρέπει να έχει σύντομο χρόνο εκτύπωσης, ώστε να κατασκευαστούν όσο το δυνατόν περισσότερα τεμάχια στον περιορισμένο χρόνο που ως συνήθως διαθέτουμε. Έτσι, επιλέγουμε γεωμετρία με μικρό πάχος, ώστε να μειωθεί σημαντικά ο χρόνος εκτύπωσης. Το ύψος στον άξονα Z είναι ίσως ο βασικότερος παράγοντας που επηρεάζει τον χρόνο εκτύπωσης.

Στη συνέχεια, έχοντας καταλήξει ότι το αστερί είναι ένα ιδανικό σχήμα, περνάμε στην ενσωμάτωση των δύο λογοτύπων πάνω στο σχέδιο. Με την εντολή Auto-Trace του SolidWorks κάτω από το «Sketch Picture» σε λίγα λεπτά ξεπατικώνεται το περίγραμμα των γραμμών με splines. Τα οποία με ελάχιστη επεξεργασία μετατρέπονται σε sketch, έτοιμο για χρήση σε «emboss» ή «deboss» εντολή. Σε αυτό το σημείο ο σχεδιαστής καλείται να αποφασίσει ποια από τις δύο επιλογές θα ακολουθήσει.

Ας δούμε εν συντομία τα πλεονεκτήματα της κάθε επιλογής στην **Εικόνα 17** για το ένα από δύο λογότυπα:

- ➔ Όταν τα γράμματα εξέχουν, είναι εύθραυστα.
- ➔ Όταν τα γράμματα εξέχουν είναι πιο πιθανή η αστοχία της 3D εκτύπωσης.
- ➔ Όταν τα γράμματα εξέχουν, ο χρόνος εκτύπωσης είναι μεγαλύτερος.
- ➔ Τα γράμματα πρέπει να έχουν γραμματοσειρές με ίσιες γραμμές, όπως για παράδειγμα η Verdana, Arial, Helvetica, κ.α. και να είναι έντονης γραφής (Bold).
- ➔ Το μέγεθος καλό είναι να τηρείται σε επίπεδα άνω των 3mm.

Έτσι λοιπόν, μετά από μερικές δοκιμαστικές εκτυπώσεις (σε αυτές τις περιπτώσεις εκτυπώνουμε ένα μικρό μέρος του σχεδίου για οικονομία χρόνου) καταλήγουμε ότι η γραμματοσειρά σε μέγεθος ύψους ~3 χιλιοστών δεν έχει καλό αποτέλεσμα και έτσι αυξάνοντας το μέγεθος των γραμμάτων διαμορφώνουμε το σχέδιο όπως στην **Εικόνα 17**. Σημειώνεται εδώ, ότι εκτυπωτής που διατίθεται για το συγκεκριμένο πείραμα είναι ερασιτεχνικός. Στην **Εικόνα 17** το κόκκινο είναι το τελικό σχέδιο, ενώ το γκρι είναι το αρχικό. Τα γράμματα τελικά έχουν ύψος πε-

ρίπου 4 χιλιοστά και θα εκτυπωθούν με αφαίρεση υλικού (deboss). Παρατηρείστε ότι για να μεγαλώσουν τα γράμματα, επινοήθηκε μία διαφορετική διαδρομή που ακολουθούν τα γράμματα και ότι στο κάτω μέρος αφαιρέθηκε μία λέξη που κρίθηκε περιττή από τον «λακεδαίμων» σχεδιαστή.

Η ίδια μεθοδολογία εφαρμόστηκε και για το δεύτερο λογότυπο της Εικόνα 18. Έτσι, μεγιστοποιήθηκε η διάσταση του λογοτύπου, μεγεθύνθηκαν χειροκίνητα τα αστεράκια καθώς και το «SERVIAM» μέσα στο λογότυπο. Επισημαίνεται ότι στην πράξη τα αστεράκια έδωσαν καλύτερο αποτέλεσμα εκτύπωσης σαν «εξοχή» (embosses), παρά σαν εσοχή «debosses», ενώ στα στο «SERVIAM» συνέβη το ανάποδο.

Όσον αφορά τα πάχη το κάθε κομματιού έγιναν οι εξής επιλογές:

➡ Το κεντρικό κομμάτι έχει πάχος 4 χιλιοστά καθώς στις πλαϊνές επιφάνειες είναι χαραγμένο το όνομα της εταιρίας. Το όνομα αυτό είναι «χαραγμένο» με βάθος 0,4 χιλιοστά. Η διάσταση αυτή δεν είναι τυχαία, καθώς το πάχος της κάθε 3D εκτυπωμένης γραμμής νήματος είναι 0,2 χιλιοστά και τόσο είναι και το πάχος της κάθε στρώσης. Αυτές οι ρυθμίσεις καθορίζονται στο λογισμικό slicer, αλλά πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον σχεδιασμό. Έτσι, έχοντας καθορίσει το πάχος κάθε στρώσης εκτύπωσης καλό είναι να επιλέγονται πολλαπλάσια της διάστασης της κάθε στρώσης.

➡ Το ύψος από τα αστεράκια είναι 0,6 χιλιοστά, τα περιγράμματα του λογοτύπου έχουν ύψος 0,8 χιλιοστά και οι εσοχές των γραμμάτων έχουν βάθος 0,4 χιλιοστά.

➡ Το πάχος των κομματιών με τα λογότυπα είναι 1,4 χιλιοστά.

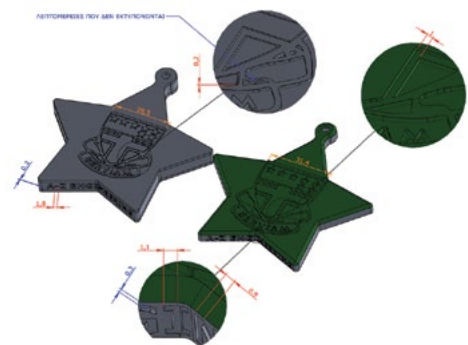
Έχει προστεθεί chamfer και όχι fillet διότι δίνει καλύτερο αποτέλεσμα σε επίπεδες επιφάνειες. Προσοχή το chamfer δεν ξεκινάει από την αρχή του πάχους, αλλά 0,4 χιλιοστά, ώστε να γίνουν δύο στρώσεις και να κολλήσει καλά το αντικείμενο στο τραπέζι. Επιπλέον, με αυτή την τεχνική αποφεύγεται και το φαινόμενο του «wrapping» όπου συρρικνώνονται οι αρχικές στρώσεις του υλικού και ξεκολλάνε από το τραπέζι όπως στην Εικόνα 19.

Τελικά γίνονται οι απαραίτητοι έλεγχοι στις διαστά-

σεις των λεπτομερειών, ώστε να μην υπάρχουν πολύ μικρές επιφάνειες που στο τελικό προϊόν θα δείχνουν άσχημα. Επισημαίνεται ότι δεν είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός σχεδίου σαν της Εικόνα 20 που εξυπηρετεί μόνο στην επεξήγηση για το παρών άρθρο. Πρακτικά, γίνονται μετρήσεις στις πιο μικρές ακμές και αν αυτές είναι πάνω από 0,5mm ή και μικρότερες πολλές φορές ανάλογα με τις δυνατότητες του εκτυπωτή, τότε προχω-



**Εικ. 19:** Φαινόμενο συρρίκνωσης του υλικού κατά την εκτύπωση. Σημαντικό ρόλο παίζει και η θερμοκρασία του τραπεζιού



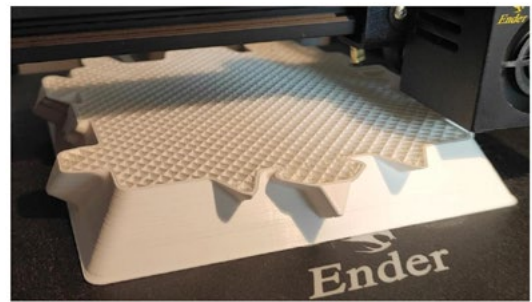
**Εικ. 20:** Κατασκευαστικός έλεγχος του σχεδίου για 3D εκτύπωση.

ράμε στην εκτύπωση. Αλλιώς είτε επεμβαίνουμε στο σχέδιο, είτε γνωρίζουμε εξαρχής ότι κάποιες λεπτομέρειες θα έχουν χαμηλή ποιότητα εκτύπωσης. Πολλές φορές ο σχεδιαστής πρέπει να αφαιρέσει κάποιες λεπτομέρειες.

Μία τελευταία «πινελιά» είναι η αφαίρεση του περιττού υλικού που γίνεται κυρίως για τη μείωση του χρόνου εκτύπωσης. Σε περίπτωση που ένα σχέδιο έχει επιφάνειες με μεγάλα πάχη, μπορεί να ενεργοποιηθεί η επιλογή «infill» κατά την οποία το λογισμικό κάνει «κελυφοποίηση» στο συμπαγές υλικό και γεμίζει ένα ποσοστό. Για παράδειγμα, η επιλογή 100% infill μεταφράζεται σε συμπαγές υλικό, ενώ 50% infill σημαίνει ότι παρόλο που οι εξωτερικές επιφάνειες φαίνονται συμπαγείς, εσωτερικά είναι πληρωμένες μόνο με το 50% του υλικού σε σχέση με το συνολικό όγκο του υλικού που απεικονίζεται στο στερεό 3D μοντέλο. Αυτό γίνεται κατανοητό στην **Εικόνα 21**.

Κλείνοντας, τονίζεται ότι η τεχνολογία των 3D εκτυπώσεων είναι κατά τη γνώμη μου η πιο προσιτή διαδικασία πρωτοτυποποίησης. Το μεγαλύτερο πλεονέκτημά της είναι ο συνδυασμός ταχύτητας με χαμηλό κόστος, θυ-

σιάζοντας βέβαια την ποιότητα ενός πρωτοτύπου με τις παραδοσιακές μεθόδους. Παρόλο που θεωρείται σχετικά εύκολο να αποκτήσει κάποιος έναν 3D εκτυπωτή και να μάθει στον ελάχιστο δυνατό χρόνο να εκτυπώνει, τα μυστικά του σχεδιασμού χρειάζονται περισσότερο χρόνο και εμπειρία, αλλά κυρίως ελεύθερη σκέψη και φαντασία.



**Εικ. 21:** Στιγμιότυπο από εκτύπωση κομματιού που το εσωτερικό του έχει 40% «infill».

**Τώρα διαβάστε μας και... ηλεκτρονικά**

**MANUFACTURING**  
τύπος & εργασία

**Hellenic additive**  
**MANUFACTURING**

**Desktop Metal™**  
Η αιχμή της τεχνολογίας μετ

**ΛΥΣΕΙΣ ΚΟΡΥ**  
**EXPERTCAM**  
Βιομηχανικός Σχεδιασμός  
Δημιουργία κώδικα CNC  
Ολοκληρωμένες εφαρμογές  
CAD/CAM/CAE

**FUTURE FLOW**

# ΤΟ ΜΕΛΛΟΝ ΕΠΙΠΛΕΕΙ

Η 3D εκτύπωση χωρίς υποστήριξη έφτασε



Από τους ανθρώπους που σας έφεραν το NXG XII 600 έρχεται δωρεάν το Free Float. Ένα ισχυρό λογισμικό που βελτιώνει και μειώνει δραστικά τις περιοριστικές δομές υποστήριξης των εξαρτημάτων σας, επιτρέποντάς σας να εξοικονομήσετε κόστος υλικού και χρόνο εκτύπωσης / κατασκευής.

Με το Free Float, μπορείτε να ξεκλειδώσετε πολύπλοκες γεωμετρίες και να ανακαλύψετε απίστευτες γωνίες, λεπτότερα τοιχώματα και πιο αιχμηρές άκρες κατά τη διαδικασία εκτύπωσης, είναι επίσης αναπροσαρμόσιμο / συμβατό με τα περισσότερα μοντέλα από τα ήδη κατασκευασμένα μηχανήματά μας.

Το κερασάκι στην τούρτα; Είναι δωρεάν !!!

**SLM**  
SOLUTIONS



## Divergent Technologies και SLM® NXG XII 600

Πηγή: <https://www.slm-solutions.com/company/news/detail/divergent-technologies-secures-its-am-based-business-model-by-signing-a-long-term-service-level-agreement-for-the-entire-slmr-nxg-xii-600-fleet/>



Η Divergent Technologies διασφαλίζει τα επιχειρηματικά της σχέδια που βασίζονται στην προσθετική κατασκευή (AM) υπογράφοντας μια μακροπρόθεσμη συμφωνία εργασιών για όλα τα SLM® NXG XII 600 μηχανήματα της.

Στο τέλος του 2022, μια εγκατεστημένη βάση έξι μηχανημάτων SLM® NXG XII 600 θα υποστηρίξει τις απαιτήσεις για παραγωγή της σειράς του Divergent Adaptive Production System (DAPS™). Για να εξασφαλίσει την παραγωγή, η Divergent και η SLM Solutions υπέγραψαν μια μακροπρόθεσμη συμφωνία επιπέδου εξυπηρέτησης που

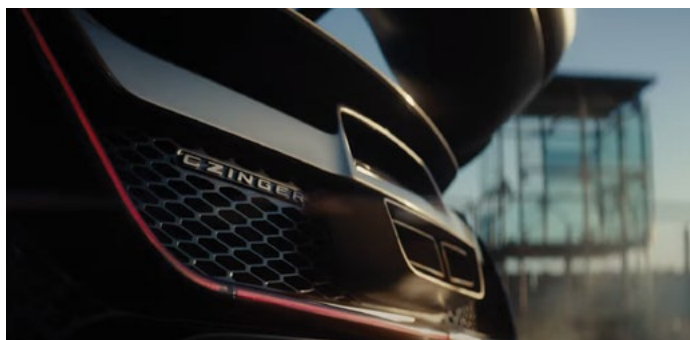
διασφαλίζει τον χρόνο λειτουργίας των μηχανημάτων.

Lübeck, Γερμανία, 30 Αυγούστου 2022. Η SLM Solutions Group AG («SLM Solutions», «SLM» ή η «Εταιρεία») εργάζεται με την Divergent Technologies ως τον παγκόσμιο ηγέτη που οδηγεί στην πρόοδο της οικονομικής σειριακής παραγωγής τις προσθετικές κατασκευές στους χώρους της αυτοκινητοβιομηχανίας και της άμυνας. Το



ολοκληρωμένο ψηφιακό σύστημα παραγωγής για σχεδιασμό, κατασκευή και συναρμολόγηση, DAPS™, ενσωματώνει την προσθετική κατασκευή για να απελευθερώσει την καινοτομία στην αυτοκινητοβιομηχανία, κάνοντας τα οχήματα ελαφρύτερα, πιο ενεργειακά αποδοτικά και με λιγότερο κεφάλαιο για έναρξη παραγωγής. Από το 2017, η Divergent και η SLM συνεργάζονται ως κοινοί εταίροι ανάπτυξης.

Τα τελευταία χρόνια, η βιομηχανία AM που βασίζεται στο LPBF έχει μετατοπιστεί από τις ερευνητικές δραστηριότητες και την παραγωγή μεμονωμένων ανταλλακτικών σε ένα περιβάλλον σειριακής παραγωγής. Για να εξυπηρετήσει σωστά αυτόν τον κλάδο, η SLM Solutions έχει ορίσει έναν νέο τύπο Συμφωνίας Επιπέδου Υπηρεσιών (SLA) που βασίζεται στην ασφαλή τεχνική διαθεσιμότητα



των μηχανημάτων NXG XII 600, καθώς και στο υπολειπόμενο χαρτοφυλάκιο μηχανημάτων.

Η Divergent Technologies και η SLM Solutions υπέγραψαν ένα SLA βάσει διαθεσιμότητας που καλύπτει τα 6 μηχανήματα NXG XII 600, διασφαλίζοντας ότι ο χρόνος λειτουργίας των μηχανημάτων με ειδικό "Field Service Engineer" θα είναι συνεχόμενο. Ο Kevin Czinger, Ιδρυτής και Διευθύνων Σύμβουλος της Divergent, σχολίασε: «Μετά από χρόνια εντατικής κοινής ανάπτυξης που έκανε πραγματικότητα τη σειρά παραγωγής, έχουμε πλέον εξασφαλίσει τη δέσμευση παραγωγής για τον στόλο μας των NXG XII 600 υπογράφοντας αυτήν τη Συμφωνία Επιπέδου Υπηρεσιών». Ο Gerhard Bierleutgeb, Chief Operating Officer της SLM Solutions, τονίζει ότι «Το NXG XII 600 έχει σχεδιαστεί για να παράγει σειριακή παραγωγή για εξαιρετικά πολύπλοκες εφαρμογές καθώς και για εκτύπωση μεγάλων ανταλλακτικών. Ως εκ τούτου, είναι υψίστης σημασίας να παρέχουμε στη βάση των πελατών μας μια



δέσμευση συνεχούς εξυπηρέτησης για να τους επιτρέψουμε να χρησιμοποιούν τα μηχανήματα σύμφωνα με τις ανάγκες τους. Δεν υπάρχουν 3D αδρανείς εκτυπωτές εδώ.»

Το NXG XII 600 είναι ένα μηχανήμα τελευταίας τεχνολογίας ιδανικό για βιομηχανική σειριακή παραγωγή σύνθετων εξαρτημάτων. Περιέχει δώδεκα λέιζερ 1000W και το μεγαλύτερο χώρο κατασκευής της βιομηχανίας των 600x600x600mm<sup>3</sup>, ο οποίος επιτρέπει την παραγωγή εξαρτημάτων μεγάλης κλίμακας που προηγουμένως δεν ήταν δυνατή η κατασκευή.

Η αρχική εργοστασιακή εγκατάσταση της Divergent θα περιλαμβάνει την παραγωγή χιλιάδων πολύπλοκων, αυτόματα συναρμολογούμενων κατασκευών, οι οποίες θα βγουν στο δρόμο τα επόμενα δύο χρόνια. Θα ακολουθήσει η κλιμάκωση των προηγμένων εγκαταστάσεων της, ειδικά σχεδιασμένων για βιώσιμη παραγωγή με



χρήση DAPS™, συμπεριλαμβανομένης της κατασκευής οχημάτων “fab-less”, η οποία θα ξεκινήσει με το πλήρως αναγνωρισμένο υπεραυτοκίνητο 21C της Czinger Vehicles.

### Σχετικά με την Divergent Technologies

Η Divergent αξιοποιεί την προσθετική παραγωγή για να απελευθερώσει την καινοτομία στην κατασκευή αυτοκινήτων. Η πρωτοποριακή τεχνολογική τους πλατφόρμα μεταμορφώνει τις οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις του σχεδιασμού και της κατασκευής πολύπλοκων κατασκευών, όπως τα αυτοκίνητα. Η προσέγγιση παραγωγής της Divergent για εξοικονόμηση πόρων από τον πλανήτη μας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για παραγωγές χωρίς δαπανηρά παραδοσιακά καλούπια και κεφάλαια, επιτρέποντας στους κατασκευαστές να επαναλάβουν γρήγορα και να εφεύρουν νέα μοντέλα οχημάτων με ανταγωνιστικά πλεονεκτήματα. Για περισσότερες πληροφορίες, παρακαλώ επισκεφθείτε την ιστοσελίδα [www.divergent3d.com](http://www.divergent3d.com)

### Σχετικά με την Czinger

Η Czinger (προφέρεται «zinger», χωρίς προφορά του c) έχει την έδρα της στο Λος Άντζελες της Καλιφόρνιας. Ιδρύθηκε το 2019 και πήρε το όνομά της από τον ιδρυτή και διευθύνοντα σύμβουλό της, Kevin Czinger, η δυναμική του ονόματος της πρωτοποριακής αυτής εταιρείας βασίζεται σε ένα βασικό μέγεθος ήθους, που θέλει να χρησιμοποιεί αυτή την επαναστατική τεχνολογία για τη δημιουργία οχημάτων που έχουν κυρίαρχες επιδόσεις και εμβληματικό σχεδιασμό. Για περισσότερες πληροφορίες, επισκεφθείτε την ιστοσελίδα [www.czinger.com](http://www.czinger.com)

### Σχετικά με την SLM Solutions

Η SLM Solutions είναι ένας παγκόσμιος πάροχος ολοκληρωμένων λύσεων προσθετικής κατασκευής μετάλλων. Ηγέτης του κλάδου από την έναρξή της, συνεχίζει να οδηγεί το μέλλον της μεταλλικής προσθετικής κατασκευής (AM) σε κάθε μεγάλη βιομηχανία με πυρήνα τη μακροπρόθεσμη επιτυχία των πελατών της. Η SLM Solutions παρέχει τα ταχύτερα μηχανήματα προσθετικής κατασκευής μετάλλων στον κόσμο που διαθέτουν έως και 12 λείζερ και επιτρέπουν ρυθμούς κατασκευής έως και 1000 cc/h. Με ένα χαρτοφυλάκιο συστημάτων που



ταιριάζουν στις ανάγκες κάθε πελάτη και μαζί με την ομάδα των ειδικών που συνεργάζονται στενά σε κάθε στάδιο της διαδικασίας, η SLM Solutions πρωτοπορεί στην απόδοση της επένδυσης με μέγιστη απόδοση, παραγωγικότητα και κερδοφορία. Η SLM Solutions πιστεύει ότι η προσθετική παραγωγή είναι το μέλλον της μεταποίησης και έχει την επιθυμία και την ικανότητα να οδηγήσει τους πελάτες της εκεί – αυτή τη στιγμή.

Η SLM Solutions είναι μια εισηγμένη στο χρηματιστήριο εταιρεία, με έδρα στη Γερμανία, με θυγατρικές στον Καναδά, την Κίνα, τη Γαλλία, την Ινδία, την Ιταλία, την Ιαπωνία, τη Σιγκαπούρη, τη Νότια Κορέα και τις Ηνωμένες Πολιτείες.



## QCONTROL – QUICK 3D PARTS

### Αυτοματοποιημένο Σταθερό Σύστημα 3D Σάρωσης

### AUTOSCAN INSPEC - SHINING 3D

Στην αναβάθμιση των Σχεδιαστικών και Μετρητικών δυνατοτήτων της προχώρησε η εταιρεία η Quick 3D Parts - Σταύρος Κούρτης, με την προμήθεια του Συστήματος Αυτοματοποιημένης Τρισδιάστατης Σάρωσης Autoscan Inspec της SHINING 3D από την εταιρεία μας QCONTROL.

Η Quick 3D Parts, ειδικεύεται στις 3D Εκτυπώσεις και την Προτυποποίηση. Είναι εδώ και 10 χρόνια ηγέτιδα δύναμη στην Ψηφιοποίηση της παραγωγής εξατομικευμένων ειδών στα οποία συμπεριλαμβάνονται

μηχανολογικά εξαρτήματα, υλικά αρχιτεκτονικής, ιατρικά εξαρτήματα έως και αεροπορικό υλικό.

Το Autoscan Inspec της SHINING 3D επιλέχθηκε για την τελειοποίηση του κύκλου ανάπτυξης ενός προϊόντος ξεκινώντας από τον αντίστροφο σχεδιασμό και την μηχανολογική μελέτη, προχωρώντας στη συνέχεια με την προτυποποίηση, την παραγωγή του τελικού προϊόντος και ολοκληρώνοντας με τον ποιοτικό έλεγχο της παραγωγής. Με την προσθήκη της τεχνολογίας τρισδιάστατης σάρωσης, στις διεργασίες της εταιρείας, αναβαθμίστηκαν αποτελεσματικά το αρχικό και το τελικό στάδιο του κύκλου σχεδιασμού ενός προϊόντος, αξιοποιώντας πλήρως τις δυνατότητες που προσφέρονται αντίστοιχα σε κάθε στάδιο:

#### - Αντίστροφος Σχεδιασμός

Συλλογή Σημείων Μέτρησης, Επεξεργασία των Σημείων, Δημιουργία Πλέγματος Τριγωνικών Επιφανειών (STL), Δημιουργία Επιφανειών NURBS, Δημιουργία Γεωμετρικών Στοιχείων (2D & 3D Features & Section Curves)

#### - Ποιοτικός Έλεγχος

Συλλογή Σημείων Μέτρησης, Σύγκριση των Σημείων με το CAD Model του Εξαρτή-

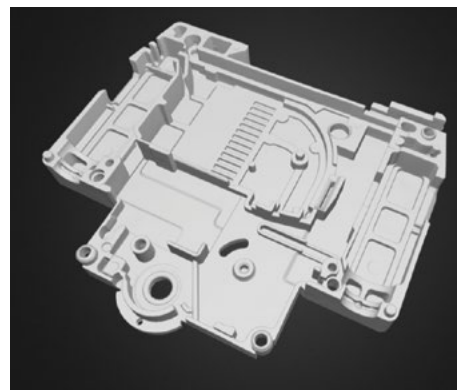
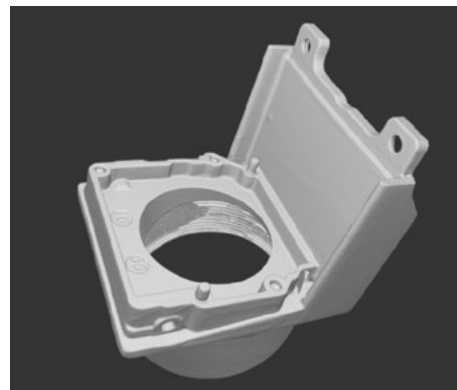
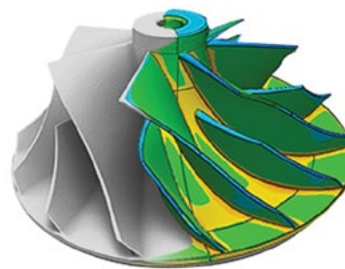




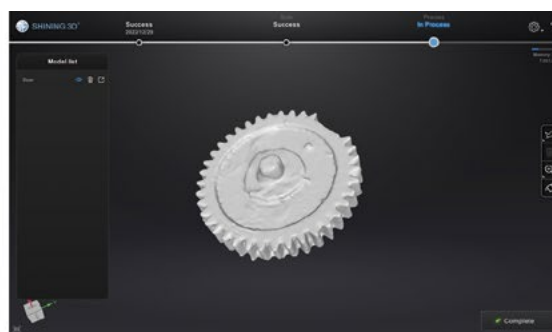
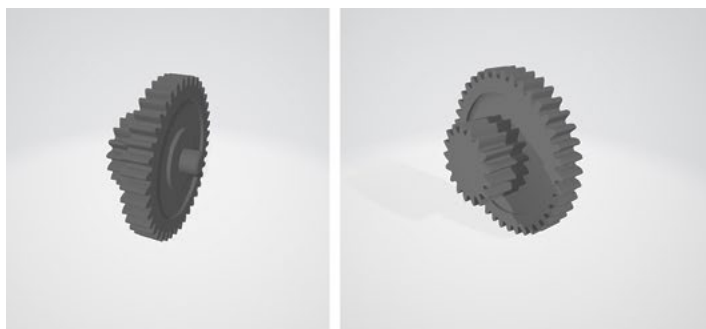
ματος, Ανάλυση των Αποκλίσεων, Μέτρηση Διαστάσεων και Γεωμετρικών Ανοχών GD&T.

Ο Αυτοματοποιημένος Σαρωτής (3D Scanner) Autoscan Inspec ανήκει στην σειρά Μετρολογίας (Υψηλής Ακρίβειας) της SHINING 3D. Διαθέτει εύρος σάρωσης: 100x100x75mm, ακρίβεια  $\leq 10\mu\text{m}$ , αυτόματο περιστρεφόμενο/ ανακλινόμενο 3 αξόνων τραπέζι και 2 κάμερες 5 Mega Pixels για σαρώσεις υψηλής ευκρίνειας. Επιπρόσθετα το συμπεριλαμβανόμενο λογισμικό διαθέτει τις προηγμένες τεχνολογίες τρισδιάστατης ψηφιακής απεικόνισης υψηλών προδιαγραφών της SHINING 3D, με σχεδόν 300 εγκεκριμένες πατέντες και περισσότερα από 100 πνευματικά δικαιώματα λογισμικών.

Σημαντικό ρόλο στην απόφαση προμήθειας του συγκεκριμένου συστήματος έπαιξε και η μακροχρόνια συνεργασία των δύο εταιρειών. Η ολοκληρωμένη υποστήριξη των συστημάτων της SHINING 3D από μηχανικούς της QCONTROL σε συνδυασμό με δεκαπέντε χρόνια εμπειρίας στην ενσωμάτωση των τρισδιάστατων (3D) τεχνολογιών μέτρησης στις διαδικασίες παραγωγής & αντίστροφου σχεδιασμού, παρείχαν τη βεβαιότητα της εγγυημένης επιτυχίας υλοποίησης της επένδυσης ώστε να προχωρήσουν από την QUICK 3D PARTS.



**QControl**  
We Measure Quality



## Massivit και 3D printing στην κατασκευαστική Βιομηχανία Σκαφών και Ναυτιλίας

Στον τομέα της ναυτιλίας, η προσθετική κατασκευή γίνεται όλο και πιο δημοφιλής για την παραγωγή σκαφών, είτε πρόκειται για το σχεδιασμό προσαρμοσμένων εξαρτημάτων, είτε για εξαρτήματα υψηλότερων επιδόσεων είτε για ολόκληρα μοντέλα. Στην Ελλάδα, μια από τις χώρες όπου ο τουρισμός αποτελεί βασικό πλεονέκτημα για την οικονομία, η ενοικίαση και η πώληση σκαφών γνωρίζει άνθηση και έχει γίνει ένας τομέας με σημαντική ζήτηση. Μεταξύ των πρωταγωνιστών της αγοράς είναι η Stefos Yacht Services, μια εταιρεία που συντηρεί και επισκευάζει μεγάλο αριθμό ιστιοπλοϊκών και μηχανοκίνητων σκαφών, συχνά εντός αυστηρών προθεσμιών. Πρόσφατα, χρησιμοποίησε τρισδιάστατο εκτυπωτή μεγάλου μεγέθους για να επιταχύνει τις διαδικασίες κατασκευής και να προσφέρει στους πελάτες της πιο προσαρμοσμένα και αποδοτικά αποτελέσματα. Συνοδευόμενη από την Lino3D, η οποία εκτυπώνει τα εξαρτήματα και εξασφαλίζει τη μεταγενέστερη επεξεργασία τους, η Stefos Yacht Services μπορεί να βασίζεται σε πραγματική τεχνογνωσία και να επωφελείται από τα πλεονεκτήματα της XXL τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Η Massivit3D είναι κατασκευαστής τρισδιάστατων εκτυπωτών μεγάλου μεγέθους που προσφέρει λύσεις με



πολύ μεγάλο όγκο εκτύπωσης της τάξεως των 145 x 111 x 180 cm. Για αυτόν το λόγο, η εταιρεία απευθύνεται σε βιομηχανίες που χρειάζονται την παραγωγή μεγάλων εξαρτημάτων, και μάλιστα σε υψηλές ταχύτητες. Αυτό είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον για τη ναυτιλιακή βιομηχανία, ιδίως για την επισκευή πλοίων που πρέπει να επιστρέψουν στο νερό το συντομότερο δυνατό. Για παράδειγμα, οι εκτυπωτές μεγάλου μεγέθους της Massivit3D μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή πινάκων οργάνων ή ιστών ραντάρ. Χάρη στον μεγάλο όγκο κατασκευής τους, τα εξαρτήματα κατασκευάζονται με μία κίνηση, χωρίς κανένα στάδιο συναρμολόγησης, γεγονός που διευκολύνει τη στεγανοποίησή τους και συνεπώς τη χρονική τους διάρκεια. Επιπλέον, παράγονται λιγότερα απόβλητα, μειώνοντας τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο.

Αυτό είναι πιθανόν που ώθησε τη Stefos Yacht Services να βασιστεί στις λύσεις προσθετικής κατασκευής της Massivit3D. Ο ιδρυτής και διευθύνων σύμβουλος της εταιρείας Δημήτρης Στέφος εξήγησε: «Άρχισα να εξετάζω τον τύπο των τρισδιάστατων εκτυπωτών που θα μπορούσαμε να χρησι-



μπουήσουμε για να καλύψουμε τις ανάγκες μας. Χρειάζομασταν μια λύση που να είναι μεγάλη, γρήγορη και να μπορεί να αναπτυχθεί εύκολα. Τότε ήταν που γνώρισα την ομάδα της Lino3D, η οποία με συμβούλεψε και με κατεύθυνε σε ένα μηχάνημα Massivit3D». Προς το παρόν, η Lino3D εκτυπώνει τρισδιάστατα, τα απαραίτητα εξαρτήματα για τη Stefos Yacht Services και, χάρη στην εμπειρία της εταιρείας στη ναυπηγική και την επισκευή πλοίων, πραγματοποιεί τη μεταγενέστερη επεξεργασία του εξαρτήματος.

Η προσθετική κατασκευή επιτρέπει πλέον στην ελληνική εταιρεία να παράγει πρωτότυπα που μπορούν να εγκατασταθούν σε σκάφη, ώστε ο τελικός πελάτης να μπορεί ευκολότερα να προβάλει και να επικυρώσει το τελικό εξάρτημα, αντί να το κάνει σε ένα μοντέλο CAD. Μέσω της Lino3D, κατασκευάζει επίσης καλούπια και τελικά εξαρτήματα. Σε κάθε περίπτωση, η τεχνολογία προσφέρει σημαντική εξοικονόμηση χρόνου και κόστους. Ο Δημήτρης Στέφος αναφέρει: «Σήμερα χρησιμοποιούμε πλαστικό ενισχυμένο με ίνες γυαλιού με πολυεστερική ρητίνη ή εποξειδική ρητίνη για τα τελικά εξαρτήματα και ξύλο ή άλλα υλικά για την προ-χύτευση. Αυτή η μέθοδος, εκτός από τον χρόνο που απαιτεί και την υπερβολική χρήση υλικών, έχει και τους περιορισμούς της. Ο τρισδιάστατος εκτυπωτής Massivit3D, από την άλλη πλευρά, μπορεί να παράγει οποιοδήποτε σχήμα σε οποιοδήποτε μέγεθος για χύτευση τουλάχιστον τρεις φορές πιο γρήγορα από ό,τι πριν».



Μία από τις σημαντικότερες προκλήσεις που αντιμετωπίζει η ναυτιλιακή βιομηχανία είναι η αντοχή των εξαρτημάτων στη φθορά με την πάροδο του χρόνου και στις καιρικές συνθήκες που μπορούν να υποβαθμίσουν την κατάσταση των εξαρτημάτων. Η προσθετική κατασκευή θα μπορούσε να είναι η απάντηση, πιο συγκεκριμένα η τεχνολογία της Massivit3D - παράγει εξαρτήματα που έχουν δοκιμαστεί στη θάλασσα μετά σε περιόδους άνω των δύο ετών και αντέχουν σε σκληρές συνθήκες χωρίς ζημιές. Η τρισδιάστατη εκτύπωση θα επιτρέψει την εκ νέου παραγωγή του εν λόγω εξαρτήματος σε χρόνο ρεκόρ, χωρίς να χρειάζεται να περάσει από τη δημιουργία ενός ακριβού και πιο επιβλαβούς για το περιβάλλον καλουπιού. Και μένει να δούμε τι εξελίξεις σε υλικά μας επιφυλάσσει η βιομηχανία τρισδιάστατης εκτύπωσης!

Ένα πράγμα είναι βέβαιο, η Stefos Yacht Services μπορεί να βασίζεται στην τεχνογνωσία της Lino3D για την ανάπτυξη καινοτόμων έργων. Ο Δημήτρης Στέφος καταλήγει: «Η συνεργασία μας συνεχίζεται σε ένα φιλικό περιβάλλον που μου επιτρέπει να έχω ένα πλαίσιο κατασκευαστικών λύσεων». Η εταιρεία που ειδικεύεται στα σκάφη αναμένεται να επενδύσει στους επόμενους μήνες στον δικό της τρισδιάστατο εκτυπωτή Massivit3D.

## Η Caracol στην έκθεση Formnext 2022



Φέτος, στην έκθεση Formnext, στη Φρανκφούρτη της Γερμανίας, η Caracol παρουσίασε την ενσωματωμένη λύση μηχανήματος και λογισμικού LFAM (Large Format Additive Manufacturing) της εταιρείας, το Heron AM, μαζί με πέντε μελέτες περιπτώσεων (case studies) που αναπτύχθηκαν με πελάτες σε διάφορους τομείς.

Το Heron AM είναι η λύση με το κλειδί στο χέρι της Caracol που επιτρέπει στους πελάτες να μεγιστοποιήσουν την ευελιξία, την αποτελεσματικότητα, τον έλεγχο της διαδικασίας και την απόδοση κατά την κατασκευή μεγάλων, προηγμένων και πολύπλοκων αντικειμένων/ανταλλακτικών. Αυτή η λύση αναπτύχθηκε μέσω πολλών ετών έρευνας και στενής συνεργασίας με πελάτες, κατά την οποία η Caracol και οι συνεργάτες της εργάστηκαν για να κατανοήσουν πώς αυτή η τεχνολογία θα μπορούσε να λύσει πολλά από τα συχνά εμφανιζόμενα κατασκευαστικά προβλήματα του σήμερα, όπως μεγάλους χρόνους παράδοσης, κόστος και γεωμετρικά όρια.

Δουλεύοντας με μια προσέγγιση πρώτης εφαρμογής, την ίδια προσέγγιση με την οποία η Caracol ανέπτυξε

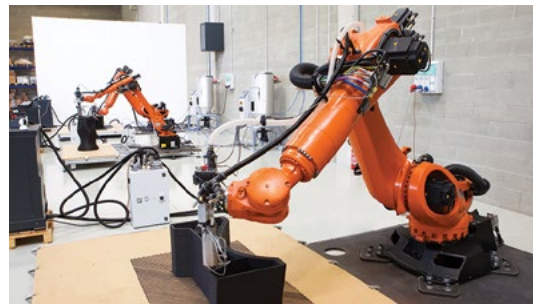
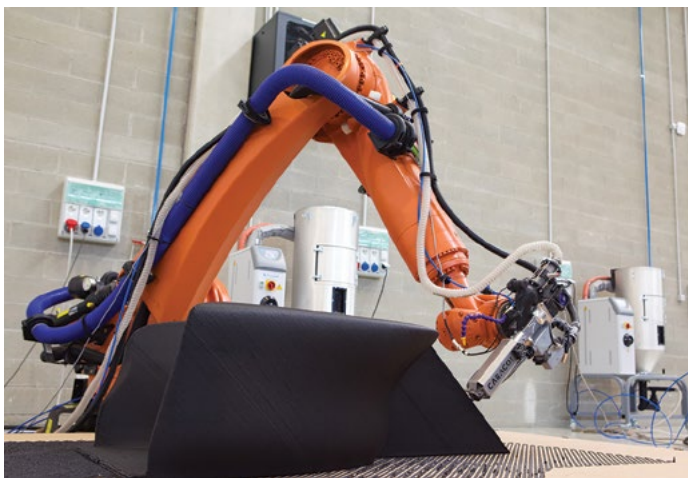
τα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες του Heron AM, η εταιρεία αποδεικνύει αυτό που πιστεύει - ότι το LFAM είναι η λύση σε μεγάλες, σύνθετες, προηγμένες προκλήσεις παραγωγής.

Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο στο επίκεντρο του περιπτέρου της Caracol ήταν μερικά από τα τελευταία έργα που η εταιρεία εργάζεται με τους πελάτες της. Μεταξύ των έργων υπήρχε ένα εργαλείο αιχμής που αναπτύχθηκε για τον αεροδιαστημικό τομέα, λειτουργικά τελικά εξαρτήματα για



θαλάσσιες εφαρμογές και εφαρμογές σχεδιασμού και αρχιτεκτονικής. Επιπλέον, καθώς η εταιρεία συνεχίζει να εργάζεται για την εξεύρεση νέων τρόπων επέκτασης στις δυνατότητες κυκλικής οικονομίας και ανάκτησης υλικών όπως πολυμερή και σύνθετα υλικά, θα παρουσιάσει τη συνεργασία της με έναν παγκόσμιο παράγοντα ανανεώσιμων πηγών ενέργειας καθώς και ένα επαναστατικό έργο για την AM (βιομηχανική 3D εκτύπωση) που εφαρμόζεται στην βιομηχανία σχεδιασμού.

Σήμερα, το σύστημα Heron AM είναι κατάλληλο για την κατασκευή μιας εκτεταμένης σειράς αντικειμένων/ανταλλακτικών σε διαφορετικούς βιομηχανικούς τομείς, όπως δομικά στοιχεία, εργαλεία (όπως για παράδειγμα, εξαρτήματα για αποθήκευση, διάτρηση και κοπή, καλούπια, εξέδρες συναρμολόγησης και δοκοί), πρωτότυπα, μεταλλικά ανταλλακτικά, προσωρινή ή μόνιμη αντικατάσταση ανταλλακτικών και ένα ευρύ φάσμα άλλων εφαρμογών και εξαρτημάτων που η Caracol συνεχίζει να ανακαλύπτει, σε τομείς όπως η αεροδιαστημική, η αυτοκινητοβιομηχανία, η ενέργεια, η ναυτιλία, ο σχεδιασμός και η αρχιτεκτονική.



Η πολύπλευρη λύση της Caracol περιλαμβάνει μια ρομποτική κεφαλή εξτρουίντερ με άμεση και συνεχή τροφοδοσία σύνθετων υλικών και πολυμερών, σε μορφή pellet, ένα αποκλειστικό λογισμικό για τη δημιουργία των πιο περίπλοκων διαδρομών εργαλείων και πολλά άλλα χαρακτηριστικά, προκειμένου να ενσωματωθούν όλα αυτά για να έχουν τη δυνατότητα κατασκευής βιομηχανικών εξαρτημάτων (ένα τραπέζι εκτύπωσης, ένα σύστημα ελέγχου και περιμετρικές προστασίες ή μονωμένες κυψέλες, για έλεγχο των περιβαλλοντικών παραμέτρων).

Η λύση σχεδιάστηκε για να παρέχει στους πελάτες την καλύτερη προσαρμοσμένη λύση για τις παραγωγικές τους ανάγκες. Για παράδειγμα, το μηχάνημα μπορεί να ρυθμιστεί σε μια δομή 7ου άξονα για να επεκτείνει το μήκος του άξονα x σε μήκος έως και 15 μέτρα.

Η έκθεση Formnext ήταν ένα νέο ορόσημο για την λύση Heron AM της Caracol, καθώς η εταιρεία παρουσίασε ορισμένα νέα και συναρπαστικά προϊόντα που ενσωμα-

τώνουν τη γκάμα των λύσεων LFAM και τις κατασκευαστικές ανάγκες που καλύπτει επί του παρόντος.

Η Caracol παρουσίασε δύο σημαντικές καινοτομίες στην εκδήλωση:

### Εξτρούντερ υψηλής ροής

Ο νέος εξτρούντερ που λανσαρίστηκε από την Caracol κατασκευάστηκε για να παρέχει μια λύση για πιο περίπλοκα και μεγαλύτερα εξαρτήματα. Η υψηλή απόδοση επιτρέπει την εργασία σε μεγαλύτερα εξαρτήματα πιο γρήγορα, η υψηλότερη θερμοκρασία - που μπορεί να φτάσει τους 450°C - εισήχθη για την επεξεργασία ενός ολόένα εκτεταμένου φάσματος τεχνικών πολυμερών και σύνθετων υλικών, με υψηλότερα σημεία τήξης, διατηρώντας παράλληλα τις καλύτερες ιδιότητες και ποιότητα εκτύπωσης δεδομένου του μεγαλύτερου θερμικού ελέγχου.

Επιπλέον, συνολικά ο εξτρούντερ ενσωματώνει ένα σύνολο χαρακτηριστικών που παρέχουν μεγαλύτερο έλεγχο, απόδοση και ευελιξία. Αυτό περιλαμβάνει αισθητήρες για τη θερμοκρασία, την τροφοδοσία υλικού και την παρακολούθηση των παραμέτρων παραγωγής για τη διασφάλιση μεγαλύτερου ελέγχου, απόδοσης, ασφάλειας και



ευελιξίας.

Αυτό το μηχάνημα εισήχθη για την 3D εκτύπωση ολόένα και μεγαλύτερων εξαρτημάτων, όπως εξαρτήματα αεροδιαστημικής, ολόκληρα σκαριά σκαφών, εγκαταστάσεις αρχιτεκτονικής μεμονωμένων εξαρτημάτων και πολλά άλλα. Αν και μπορεί να εξασφαλίσει μεγαλύτερη σταθερότητα και ποιότητα σε μεγαλύτερα εξαρτήματα, επιτρέπει επίσης μεγαλύτερη ταχύτητα 3D εκτύπωσης, με απόδοση που κυμαίνεται γύρω στα 20-30 kg/h, αυτός ο εξτρούντερ βελτιστοποιήθηκε για να παρέχει την υψηλότερη παραγωγική απόδοση, ενώ παράλληλα εγγυάται την ποιότητα της 3D εκτύπωσης. Αυτό καθιστά τη λύση της Caracol ανταγωνιστική



σε σχέση και με μεγαλύτερα μηχανήματα, διατηρώντας παράλληλα την ευελιξία και τον 6+ άξονα που μόνο η ρομποτική υποστήριξη μπορεί να προσφέρει.

### Αυτόματο κρεβάτι εκτύπωσης

Το τραπέζι εκτύπωσης που παρουσιάστηκε πρόσφατα σχεδιάστηκε και κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για να εισάγει δύο βασικά χαρακτηριστικά: μια βελτιωμένη μηχανική λαβή για την πρώτη στρώση, καθώς και για την αυτοματοποίηση της παραγωγής.

Η πρώτη πτυχή, συνεπάγεται μια δομή από ράγες αλουμινίου που εξασφαλίζουν ότι οι πρώτες τυπωμένες στρώσεις προσκολλώνται τέλεια στην επιφάνεια του τραπεζιού εργασίας, εξασφαλίζοντας μεγαλύτερη σταθερότητα του εξαρτήματος κατά τη διάρκεια της πλήρους εργασίας. Η περιστρεφόμενη δομή του τραπεζιού εργασίας εισάγει στη συνέχεια τη δυνατότητα για συνεχή εκτύπωση επιτρέποντας την αυτόματη απελευθέρωση του εξαρτήματος στο τέλος της εργασίας – αυτό επι-

τρέπει στους πελάτες να αυτοματοποιούν τη γραμμή παραγωγής και να εκτυπώνουν συνεχώς, επεκτείνοντας ενδεχομένως τον άξονα Χ απεριόριστα για να συνεχίσει το σύστημα εκτύπωση εξαρτημάτων το ένα μετά το άλλο.

Το τελευταίο τραπέζι εκτύπωσης επίσης είναι θερμαινόμενο παρέχοντας τη διασφάλιση ότι το σύστημα μπορεί εύκολα να λειτουργήσει με τα πιο προηγμένα υλικά, με υψηλότερα σημεία τήξης, που απαιτούν υψηλότερο θερμικό έλεγχο.

Τα τελευταία χρόνια, η Caracol εργάζεται συνεχώς προς αυτήν την κατεύθυνση, οδηγώντας τον κατασκευαστικό κλάδο σε ένα νέο πρότυπο παραγωγής όπου οι εταιρείες μπορούν να αποδίδουν πιο αποτελεσματικά, παραγωγικά και βιώσιμα.



## Formnext 2022

## Η προσθετική παραγωγή διαμορφώνει το μέλλον της βιομηχανικής παραγωγής

Για τέσσερις ημέρες, η έκθεση Formnext 2022 μετέτρεψε την πόλη της Φρανκφούρτης σε παγκόσμια πρωτεύουσα της βιομηχανικής τρισδιάστατης εκτύπωσης. Και η φετινή έκθεση ήταν πολύ εναρμονισμένη με την εποχή. Καθώς η πανδημία του κορωνοϊού συνεχίζεται και ως αποτέλεσμα αναδύονται νέες πολιτικές και οικονομικές προκλήσεις, η προσθετική παραγωγή μπορεί να διαδραματίσει βασικό ρόλο στην αποκέντρωση των διαδικασιών κατασκευής και παραγωγής, καθιστώντας τις αλυσίδες εφοδιασμού πιο ανθεκτικές και διευκολύνοντας την αποδοτική παραγωγή πόρων και ενέργειας για την απόκτηση καινοτόμων νέων προϊόντων στην αγορά πιο γρήγορα.

Μια ματιά στην εικόνα μας δείχνει πόσο σημαντική έχει γίνει η έκθεση Formnext. Με 802 εκθέτες (το αντίστοιχο ποσοστό το 2021 ήταν 606) και 51.148 τετραγωνικά μέτρα δεσμευμένου εκθεσιακού χώρου, οι επιδόσεις της κορυφαίας έκθεσης στον κόσμο για την προσθετική παραγωγή και τη σύγχρονη παραγωγή ήταν ουσιαστικά στο ίδιο επίπεδο με τα προ-Covid επίπεδα. Ταυτόχρονα ειδικοί και στελέχη των επιχειρήσεων σαν επισκέπτες αυξήθηκαν κατά 65,6% σε 29.581 (το αντίστοιχο ποσοστό το 2021 ήταν 17.859), η έκθεση Formnext 2022 ήταν από-

δειξη του ενθουσιασμού που υπάρχει για συνάντηση και ανταλλαγή ιδεών πρόσωπο με πρόσωπο. Αυτά τα στοιχεία επιβεβαιώνουν το εντυπωσιακό ιστορικό της διοργάνωσης, η οποία διανύει πλέον τον όγδοο χρόνο της.

Κορυφαίες διεθνείς εταιρείες όπως 3D Systems, Additive Industries, AddUp, Arburg, BigRep, Carbon, Desktop Metal, Digital Metal DMG Mori, Dyemansion, EOS, Farsoon, Formlabs, GE Additive, HP, Keyence, Markforged, Materialise, Renishaw, Ricoh, Οι Siemens, Sisma, SLM Solutions, Stratasys, Trumpf, Voxeljet, XJet και Zeiss θάμπωσαν τους επισκέπτες με ακόμη πιο αποτελεσματικά μηχανήματα παραγωγής και μια σειρά από καινοτομίες. Επιπλέον, πολυάριθμες γνωστές διεθνείς εταιρείες, όπως οι BASF, Covestro, Evonik, GKN Sinter Metals Components, Henkel, Höganäs, Linde, Mitsubishi Chemical, Nikon, Oerlikon, Sandvik, SMS Group και πολλές άλλες παρουσίασαν καινοτόμες λύσεις για κάθε στάδιο στην αλυσίδα της διαδικασίας. Οι πολυάριθμες παγκόσμιες πρεμιέρες και οι καινοτόμες εξελίξεις περιελάμβαναν νέες τεχνολογίες AM και νέα και βελτιωμένα συστήματα AM (Additive Manufacturing).

«Είμαστε περήφανοι για το γεγονός ότι η Formnext επέστρεψε στο εντυπωσιακό της επίπεδο πριν από τον Covid», λέει ο Sascha F. Wenzler, Αντιπρόεδρος της διοργανώτριας εταιρείας, Mesago Messe Frankfurt GmbH. «Δείξαμε για άλλη μια φορά τη σημασία της Formnext ως παγκόσμιας πρεμιέρας πλατ-



φόρμας AM και τον ζωτικό ρόλο της για την περαιτέρω ανάπτυξη αυτού του εξαιρετικά καινοτόμου τομέα».

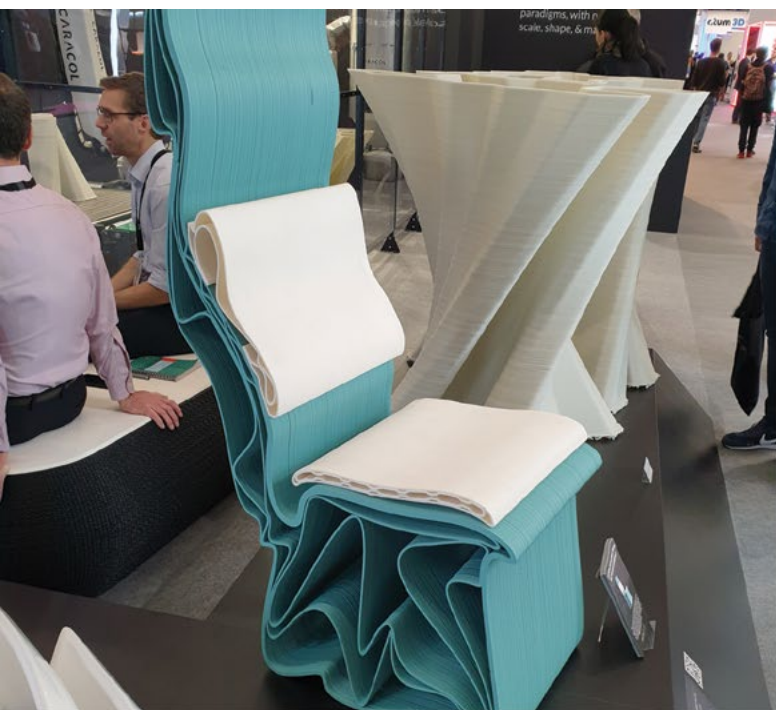
### Χώρα εταίρος η Γαλλία

Χώρα εταίρος της Formnext ήταν η Γαλλία η οποία εδραίωσε τη θέση της ως ένας από τους σημαντικότερους προμηθευτές και χρήστες λύσεων προσθετικής παραγωγής παγκοσμίως. Συνολικά, περισσότερες από πενήντα γαλλικές εταιρείες, ενώσεις και ερευνητικά ιδρύματα εκπροσωπήθηκαν στην έκθεση Formnext. Γάλλοι κατασκευαστές AM όπως οι AddUp, Lynxter, Constructions3D, Pollen AM και VLM Robotics, κατασκευαστές υλικών

# formnext

Fabulous και Constellium και πολλοί άλλοι εκθέτες παρουσίασαν τις συναρπαστικές καινοτομίες τους και την εντυπωσιακή τεχνογνωσία τους στην προσθετική κατασκευή.

Η επόμενη έκθεση Formnext έχει προγραμματιστεί να πραγματοποιηθεί από τις 7 έως τις 10 Νοεμβρίου στο εκθεσιακό κέντρο της Φρανκφούρτης το 2023.





rmnext formnext for





formnext formnext for





rmnext

formnext

for





formnext formnext for





formnext formnext for





rmnext formnext for

