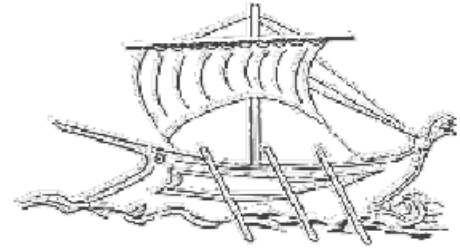


Α.Ε.Ι. ΠΕΙΡΑΙΑΤ.Τ.  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

***“ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΠΡΟΤΥΠΩΝ ΓΙΑ ΧΡΗΣΗ ΣΤΗΝ  
ΑΕΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΣΗΡΑΓΓΑ”***

***“3D MODEL CONSTRUCTION FOR EITHER USE IN A  
WIND-TUNNEL”***

**ΚΑΡΑΜΑΝΕΑΣ Γ. ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ  
ΣΚΑΡΤΣΙΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Κωνσταντίνος-Στέφανος Π. ΝΙΚΑΣ**

**ΙΟΥΝΙΟΣ 2017**

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Για την πραγματοποίηση αυτής της πτυχιακής εργασίας, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε την εταιρεία PV Engineering Co. και ειδικότερα τον κ. Δημήτρη Παπαϊωάννου για τον χρόνο που αφιέρωσε και τις γνώσεις του σχετικά με τις τεχνολογίες της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

## **ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing) είναι μια μέθοδος προσθετικής κατασκευής, στην οποία κατασκευάζονται αντικείμενα μέσω της διαδοχικής πρόσθεσης επάλληλων στρώσεων υλικού. Στη τρισδιάστατη εκτύπωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι υλικού, κυρίως κεραμικά και πολυμερή. Σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες και εξοπλισμό προσθετικής κατασκευής, οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές είναι συνήθως ταχύτεροι, φθηνότεροι και ευκολότεροι στη χρήση. Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές (χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή φυσικών μοντέλων και πρωτοτύπων από σχεδιαστές, μηχανικούς και ομάδες ανάπτυξης νέων προϊόντων, έχουν τη δυνατότητα να εκτυπώνουν μέρη και εξαρτήματα από διάφορα υλικά, με διαφορετικές μηχανικές και φυσικές ιδιότητες και συχνά σε μια ενιαία διαδικασία κατασκευής.

## **ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ**

3d, εκτύπωση, μοντέλα, τρισδιάστατοι εκτυπωτές, πρωτότυπα, προϊόντα, προσθετική μηχανολογία.

## **ABSTRACT**

3D printing (3D printing) is a method of manufacturing items through prosthetic construction by the successive addition of sliding layers of material. In 3D printing can be used various types of material, mainly ceramics and polymers. Compared to other technologies and equipment manufacturing prosthesis, 3D printers are usually faster, cheaper and easier to use. Three-dimensional printers (used mainly for making physical models and prototypes from designers, engineers and new product development teams, have the ability to print parts and accessories from a variety of materials with different mechanical and physical properties and often in a single manufacturing process.

## **KEYWORDS**

3d, printing, models, three dimensional printers, prototypes, products, prosthetic engineering

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

1.1. Εισαγωγή

1.2. Δομή Εργασίας

## 2. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

2.1. Σχεδιασμός και κατασκευή

2.2. Τρισδιάστατη (3D) σχεδίαση με τη χρήση Η/Υ (CAD)

2.3. Τεχνολογία κατασκευής ελεγχόμενη από Η/Υ (CAM)

2.4. Τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing)

2.5. Ορισμός

2.6. 3D Εκτυπωτές

2.7. Τρισδιάστατη εκτύπωση και παραγωγή

2.8. Ωφέλη κατασκευής με χρήση της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης 3D printing

## 3. ΜΕΘΟΔΟΙ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

3.1. Βασικές μέθοδοι τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης 3D printing

3.1.1. Stereolithography (SLA)

3.1.2. Selective Laser Sintering (SLS)

3.1.3. Fused Deposition Modelling (FDM)/Fused Filament Fabrication (FFF)

3.1.4. Polyjet or Jetted Photopolymer (J-P)

3.1.5. Άλλες μέθοδοι

## 4. 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

4.1. Εφαρμογές 3D εκτύπωσης

4.2. Βιομηχανικοί τομείς που εφαρμόζεται η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης 3D printing

4.3. Παραδείγματα (case studies)

4.3.1. Εξαρτήματα τζετ κινητήρα

4.3.2. Κατασκευή εξαρτημάτων για ναυτιλία και πλοία

4.3.3. Κατασκευή οικιών με Contour Crafting

4.3.4. Γιάννης Γεωργαράς και ο 3D εκτυπωτής blueprinter

4.3.5. Η μηχανολογία στην ιατρική

5. ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

### 1.1 Εισαγωγή

Η ταχεία πρόοδος στην τεχνολογία έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των κύκλων χρήσης των προϊόντων και οδηγούν στην ολοένα αυξανόμενη ανάγκη για ανάπτυξη νέων προϊόντων. Η ανάγκη για γρήγορη και φθηνή παραγωγή αντικειμένων - πρωτοτύπων που θα βοηθήσουν στην ανάπτυξη των νέων και καλύτερων προϊόντων είναι επιτακτική και η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης ήρθε να δώσει μια λύση. Με την πάροδο του χρόνου οι συσκευές (3d printers) γίνονται ολοένα φθηνότερες και προσβάσιμες από το ευρύ κοινό.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση τόσο της τεχνολογίας και των θεωρητικών στοιχείων που οδήγησαν στην ανάπτυξη της καθώς και μια σύντομη περιγραφή των διαφορετικών συσκευών που έχουν δημιουργηθεί όλα αυτά τα χρόνια και που βρίσκουν εφαρμογή καθώς και στη χρήση προτύπων για την αεροδυναμική σήραγγα του **Εργαστηρίου Υδροδυναμικής του Τμήματος Μηχανολογίας του ΑΤΕΙ Πειραιά.**

Λόγω έλλειψης κοινών αποδεκτών μεταφράσεων των όρων που χρησιμοποιούνται, θα υπάρξει σε κάποιες περιπτώσεις η αναγραφή τους στα αγγλικά.

### 1.2 Δομή Εργασίας

Το 1ο κεφάλαιο της παρούσης περιλαμβάνει την εισαγωγή και την παρουσίαση της δομής της εργασίας.

Στο 2ο κεφάλαιο της παρούσης αναλύεται το θεωρητικό υπόβαθρο πίσω από την τεχνολογία που διέπει την λειτουργία των συσκευών που χρησιμοποιούνται για την τρισδιάστατη εκτύπωση καθώς και τα οφέλη χρήσης της.

Στο 3ο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κύριοι τύποι και τα βασικά χαρακτηριστικά των συσκευών και των τεχνολογιών που σχετίζονται με την τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης 3Dprinting .

Στο 4ο κεφάλαιο αναφέρονται μερικές από τις εφαρμογές της καθώς οι βιομηχανικοί τομείς που εφαρμόζεται η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης 3D εκτύπωση και ενδεικτικά παραδείγματα.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζονται τα σχέδια των δοκιμών, τα οποία θα εκτυπωθούν τρισδιάστατα.

Στο 6ο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα της εργασίας.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### **ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ**

Προκειμένου να γίνει κατανοητή η λειτουργία της 3d εκτύπωσης και των συσκευών που χρησιμοποιούνται θα προηγηθεί μια βασική ανάλυση των τεχνολογιών που ώθησαν στην δημιουργία αυτών.

#### **2.1 Σχεδιασμός και κατασκευή**

Η μετατροπή μιας ιδέας σε σχέδιο και κατόπιν σε αντικείμενο, είναι μια σύνθετη διαδικασία με λιγότερα ή περισσότερα ενδιάμεσα στάδια που αποτελούσε και αποτελεί αυτό που ονομάζουμε γενικά «παραγωγή». Για την μετάβαση από τον ιδεατό κόσμο του σχεδίου στον φυσικό κόσμο των αντικειμένων, απαιτείτο (παλιότερα) η μεσολάβηση ενός αριθμού εφαρμοστών, εργατών και τεχνικών, οι οποίοι χρησιμοποιώντας τη δύναμη, την πείρα, τις δεξιότητες και τα εργαλεία τους, έδιναν μορφή και υλική υπόσταση στο σχέδιο. Εδώ και τρεις δεκαετίες περίπου τη μεσολάβηση αυτή σε πολλούς τομείς της παραγωγής, αναλαμβάνουν ολοένα και περισσότερο αυτοματοποιημένα συστήματα που βασίζονται στη ρομποτική. Σήμερα, η ανάπτυξη νέων μηχανών και τεχνικών τρισδιάστατης εκτύπωσης ανοίγει τον δρόμο στο επόμενο στάδιο εξέλιξης της αυτοματοποίησης, το οποίο περιγράφεται ως «άμεση ή ταχεία παραγωγή» και συνίσταται στην απευθείας μετάβαση από τον κόσμο του ψηφιακού πλέον σχεδίου ή μοντέλου στον κόσμο των φυσικών αντικειμένων. Οι μηχανές τρισδιάστατης εκτύπωσης χρησιμοποιούν τα δεδομένα ψηφιακών αρχείων τα οποία έχουν δημιουργηθεί/σχεδιαστεί είτε από κάποιον μηχανικό είτε έχουν προκύψει από την σάρωση ενός φυσικού αντικείμενου, για να κατασκευάσουν, «τυπώνοντας» σε τρεις διαστάσεις, το φυσικό αντικείμενο.

Οι τεχνικές της τρισδιάστατης εκτύπωσης παρουσιάζουν μια σημαντική διαφορά σε σχέση με τις μεθόδους κατασκευής διαφόρων προϊόντων οι οποίες χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα: το σύνολο των κατασκευαστικών αυτών μεθόδων βασίζεται ουσιαστικά στην αφαίρεση υλικού από ακατέργαστα, χυτά, σφυρήλατα, ή πρεσαριστά τεμάχια, είτε με την χρήση εργαλείων χειρός, είτε με τη χρήση εργαλειομηχανών, μέχρις ότου το αντικείμενο λάβει την επιθυμητή μορφή. Η τρισδιάστατη εκτύπωση, από την άλλη πλευρά, αποτελεί μια διαδικασία πρόσθεσης υλικού, κατά την οποία η κατασκευή ενός αντικειμένου πραγματοποιείται με την εναπόθεση, στερεοποίηση ή συγκόλληση διαδοχικών λεπτών στρώσεων υλικού, κατάλληλα διαμορφωμένων με την χρήση τεχνικών παρόμοιων με τις τεχνικές της δισδιάστατης εκτύπωσης, σύμφωνα με το αποθηκευμένο στον υπολογιστή σχέδιο ή Σχήμα.

## **2.2 Τρισδιάστατη (3D) σχεδίαση με τη χρήση Η/Υ (CAD)**

Το τεχνικό σχέδιο είναι η γλώσσα του μηχανικού. Είναι ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να επικοινωνήσει ο μελετητής με το τμήμα παραγωγής ενός εργοστασίου προκειμένου να πραγματοποιηθεί η κατασκευή ενός εξαρτήματος, μιας μηχανής ή μιας εγκατάστασης. Σε αντίθεση με το καλλιτεχνικό σχέδιο, στο τεχνικό σχέδιο είναι απαραίτητη η εφαρμογή των κανόνων σχεδίασης και της τυποποίησης που ισχύει, έτσι ώστε η σχεδιομελέτη να είναι κατανοητή από οποιονδήποτε κατασκευαστή και η κατασκευή να είναι εφικτή. Για την περιγραφή ενός εξαρτήματος χρησιμοποιούνται πολλών ειδών σχέδια.

Στα σχέδια δύο διαστάσεων (2D) γίνεται χρήση ανάλογων όψεων και τομών έτσι ώστε οποιοδήποτε τμήμα κατασκευής να μπορέσει να κατασκευάσει το εξάρτημα. Σε ιδιαίτερες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται τα σχέδια τριών διαστάσεων (3D) (προοπτικά σχέδια) τα οποία περιγράφουν πιο παραστατικά ένα εξάρτημα και

πιθανόν και τη λειτουργία του ή τη συνεργασία του με άλλα εξαρτήματα. Τα σχέδια που προαναφέρθηκαν είναι πολύ λεπτομερή αλλά και πολύ χρονοβόρα γι' αυτό και έχουν υψηλό κόστος κατασκευής. Σήμερα, για την εκπόνηση των σχεδιομελετών, καθώς και για τη μετέπειτα παραγωγή των εξαρτημάτων, χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο ειδικά συστήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών μαζί με τα αντίστοιχα προγράμματα που τα χαρακτηρίζουμε συστήματα CAD-CAM (Computer Aided Design - Computer Aided Manufacturing) ή συστήματα CAE (Computer Aided Engineering).

Στο σημείο αυτό, πρέπει να τονιστεί ότι με τη χρήση του Η/Υ δεν λύνουμε το πρόβλημα της σχεδίασης, δηλαδή τα σχέδια δεν δημιουργούνται αυτόματα, όποιο πρόγραμμα και να χρησιμοποιήσουμε, αλλά απαιτούνται από το χειριστή του υπολογιστή άριστες γνώσεις του θεωρητικού μέρους της σχεδίασης. Ο υπολογιστής αντικαθιστά το χέρι του σχεδιαστή και εκτελεί ορισμένες εργασίες που θα έκανε αυτός, αλλά τώρα πολύ πιο γρήγορα και εύκολα, όμως πάντα με την καθοδήγηση του χειριστή. Συμπερασματικά λοιπόν μπορούμε να πούμε πως η χρήση Η/Υ σε μια σχεδιομελέτη δεν αντικαθιστά τη δημιουργικότητα του μηχανικού και το καλό σχέδιο. Η ταχύτητα όμως και η ευκολία με την οποία δημιουργεί, τροποποιεί, αποθηκεύει και σχεδιάζει, δίνει στο χρήστη ένα νέο φάσμα από μεγάλες επαγγελματικές δυνατότητες.

### **2.3 Τεχνολογία κατασκευής ελεγχόμενη από Η/Υ (CAM)**

Η μηχανουργική τεχνολογία ήταν ήδη από την αρχή της πρώτης βιομηχανικής επανάστασης, μια από τις πλέον βασικές παραγωγικές διαδικασίες κάθε σύγχρονης και ανεπτυγμένης χώρας. Ως επιστήμη, έχει γνωρίσει τις τελευταίες δεκαετίες μια εκρηκτική ανάπτυξη, η οποία άλλαξε εντελώς την υπάρχουσα κατασκευαστική φιλοσοφία. Η σχέση τεχνίτη – εργαλειομηχανής πέρασε σε μια εντελώς διαφορετική

διάσταση, άρχισαν να επικοινωνούν μεταξύ τους με ένα λιγότερο χειρωνακτικό και περισσότερο πνευματικό τρόπο, χρησιμοποιώντας ως μέσω αυτής της επικοινωνίας τον ηλεκτρονικό υπολογιστή. Η έννοια αριθμητικός έλεγχος (Numerical Control ή NC) ταυτίζεται σχεδόν με τις μηχανουργικές κατεργασίες και τις εργαλειομηχανές. Ο αριθμητικός έλεγχος δίδει τη δυνατότητα στο χειριστή να «επικοινωνεί» με την εργαλειομηχανή και να την «καθοδηγεί» μέσω ενός κώδικα, δηλαδή μιας ακολουθίας γραμμάτων και αριθμών. Ο κώδικας αυτός αντικαθιστά σε μεγάλο ποσοστό τις επιμέρους χειρωνακτικές εργασίες του χειριστή, οι οποίες πλέον εκτελούνται αυτόματα, με μεγαλύτερη ακρίβεια και δυνατότητα συνεχών επαναλήψεων. Εάν ανάμεσα στο χειριστή και στη μονάδα ελέγχου της εργαλειομηχανής NC παρεμβάλλεται για λόγους ευκολότερου και πιο αποδοτικού χειρισμού, ηλεκτρονικός υπολογιστής, η μηχανή ονομάζεται ψηφιακά καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή με ηλεκτρονικό υπολογιστή (CNC).

Όλες οι διαδικασίες καθοδήγησης και ελέγχου των εργαλειομηχανών NC και CNC είναι μονής ροής από πλευρά σήματος ελέγχου. Ο τεχνικός NC ή CNC καθορίζει την ακολουθία των κινήσεων της εργαλειομηχανής, τις τιμές των συνθηκών κατεργασίας (πρόωση, βάθη κοπής, ταχύτητα κοπής, κ.λπ.) ελέγχει τη χρήση ή όχι του υγρού κοπής, διαχειρίζεται τα κοπτικά εργαλεία, κ.λπ. για όλα αυτά, συντάσσει ένα πρόγραμμα καθοδήγησης σε τυποποιημένη γλώσσα προγραμματισμού (κώδικας π.χ. G code), μεταφέρει τον κώδικα στη μονάδα ελέγχου και ενεργοποιεί την εκτέλεση του.

Ο αριθμητικός έλεγχος συνεχίζει να αναπτύσσεται και πιθανότητες, που θεωρούνταν κάποτε επιστημονική φαντασία, τώρα θεωρούνται στόχοι εφικτοί. Η λειτουργία NC δεν είναι ένα είδος μηχανολογικού εργαλείου αλλά μια τεχνική που ελέγχει μια μεγάλη ποικιλία μηχανών. Γι αυτό το λόγο εφαρμόζεται σε μηχανές παραγωγής, εξοπλισμό επιθεώρησης, μηχανές σχεδιασμού, στοιχειοθέτηση και πιο

συγκεκριμένες εφαρμογές σε μηχανές ξυλείας και εργαλειομηχανές κοπής μετάλλων.

Σήμερα όλες οι συμβατικές και μη συμβατικές μηχανουργικές κατεργασίες υποστηρίζονται από ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές NC, CNC, DNC. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα, πολλές μεγάλες εταιρίες σε αρκετές χώρες του κόσμου με παράδοση στη μηχανουργική τεχνολογία, όπως είναι οι ΗΠΑ, η Γερμανία και η Ιαπωνία, να μην κατασκευάζουν πια συμβατικές εργαλειομηχανές, ήδη από τη δεκαετία του '90. Μια από τις βασικές αιτίες για την εξέλιξη αυτή, είναι η αδυναμία των συμβατικών εργαλειομηχανών να πραγματοποιούν πολύπλοκες κατεργασίες με μεγάλες ταχύτητες. Ενώ όλες οι μηχανουργικές κατεργασίες, απλές ή σύνθετες, μπορεί να γίνουν από ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές, δε συμβαίνει το ίδιο και με τις συμβατικές εργαλειομηχανές. Οι ομοιότητες είναι ελάχιστες, σε σχέση με τις διαφορές. Πρακτικά, σε κάθε περίπτωση μηχανουργικής κατεργασίας μόνο η κινηματική αρχή παραμένει κοινή και για τους δυο τύπους εργαλειομηχανών. Αυτό σημαίνει ότι στην τόννευση, τόσο σε συμβατικές όσο και σε NC, CNC και DNC εργαλειομηχανές, το τεμάχιο περιστρέφεται και το κοπτικό εργαλείο κινείται γραμμικά σε δυο άξονες που είναι κάθετοι μεταξύ τους. Επίσης κατά την διάρκεια κατεργασίας αφαίρεσης υλικού -κοπή σε εργαλειομηχανή πολλών αξόνων (φρεζάρισμα), το εργαλείο και στις δυο περιπτώσεις περιστρέφεται, ενώ το τεμάχιο μετακινείται ή στρέφεται σε σχέση με την άτρακτο της εργαλειομηχανής.

#### **2.4 Τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing)**

Η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης η οποία έχει ιστορία τριών περίπου δεκαετιών, ξεκίνησε με την ανάπτυξη των τεχνικών ταχείας -πρωτοτυποποίησης κατά τα μέσα της δεκαετίας του 1980, οι οποίες αποσκοπούσαν στην απάλειψη των ατελειών και στη δραστική μείωση του χρόνου κατασκευής των πρωτοτύπων

διαφόρων προϊόντων. Η τεχνολογία των 3D εκτυπωτών βρίσκει χρήση στους τομείς του κοσμήματος, των υποδημάτων, του βιομηχανικού σχεδιασμού, της αρχιτεκτονικής, της μηχανικής και των κατασκευών, στην αυτοκινητοβιομηχανία, την αεροδιαστημική, την οδοντιατρική και ιατρική βιομηχανία, την εκπαίδευση, τη χαρτογράφηση πληροφοριακών συστημάτων, σε έργα πολιτικών μηχανικών, και πολλά άλλα.

## 2.5 Ορισμός

Τρισδιάστατη Εκτύπωση (3D Printing) θα μπορούσαμε απλά να ορίσουμε ως το τρόπο που μπορούμε να δημιουργήσουμε/μορφοποιήσουμε μέσω της προσθετικής παραγωγής φυσικά αντικείμενα άμεσα από ηλεκτρονικά αρχεία μέσω επαναλαμβανόμενων στρωμάτων σε διαφορετικά σχήματα.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ακριβώς ο αντίθετος με το συνηθισμένο τρόπο κατασκευής αντικειμένων μέσω αφαίρεσης/αποκοπής του υλικού. Είναι μια τεχνολογία παραγωγής προσθέτοντας υλικό, όπου ένα αντικείμενο δημιουργείται με την πρόσθεση διαδοχικών στρωμάτων του υλικού. Μέσω της προσθετικής διαδικασίας δημιουργείται ένα αντικείμενο με την εναπόθεση διαδοχικών στρωμάτων του υλικού έως ότου δημιουργηθεί το σύνολο του αντικειμένου. Κάθε ένα από αυτά τα στρώματα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ατούσιο επίπεδο ή ως μια οριζόντια εγκάρσια τομή του αντικειμένου.

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές είναι γενικά πιο γρήγοροι, πιο προσιτοί και πιο εύκολοι στη χρήση τους από άλλες τεχνολογίες κατασκευής με τον τρόπο πρόσθεσης υλικού.

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές προσφέρουν ανάπτυξη των προϊόντων, τη δυνατότητα κατασκευής διαφόρων εξαρτημάτων, πολύπλοκων, σύνθετης μορφής, με διαφορετικές μηχανικές και φυσικές ιδιότητες σε μία ενιαία διαδικασία κατασκευής.

Οι εξειδικευμένες τεχνολογίες εκτύπωσης αναπαράγουν μοντέλα που

χρησιμοποιούνται σαν πρωτότυπα προϊόντα. Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός τεχνολογιών τρισδιάστατης εκτύπωσης. Οι κύριες διαφορές είναι στον τρόπο που κατασκευάζουν τα στρώματα για τη δημιουργία αντικειμένων. Άλλες μέθοδοι χρησιμοποιούν την πήξη ή το μαλάκωμα των υλικών για την παραγωγή των στρωμάτων π.χ. Selective Laser Sintering (SLS) και Fused Deposition Modeling (FDM). Οι βιομηχανικοί εκτυπωτές κατασκευάζονται από εταιρίες όπως είναι οι Objet Geometries, Stratasys, 3DSystems και Z-corp.

Όπως αναφέραμε, η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D printing) είναι μια μέθοδος προσθετικής κατασκευής στην οποία κατασκευάζονται αντικείμενα μέσω της διαδοχικής πρόσθεσης επάλληλων στρώσεων υλικού. Στην τρισδιάστατη εκτύπωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι υλικού, κυρίως κεραμικά και πολυμερή. Σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες και εξοπλισμό προσθετικής κατασκευής, οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές είναι συνήθως ταχύτεροι, φθηνότεροι και ευκολότεροι στη χρήση. Επίσης μια ιδιότητα των εκτυπωτών 3D είναι ότι μπορούν να αναπαράγουν τον εαυτό τους αφού μπορούν να εκτυπώσουν τα κομμάτια που τους αποτελούν.

## **2.6 3D Εκτυπωτές**

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές (Σχήμα 1.3) χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατασκευή φυσικών μοντέλων και πρωτοτύπων από σχεδιαστές, μηχανικούς και ομάδες ανάπτυξης νέων προϊόντων, έχουν τη δυνατότητα να εκτυπώνουν μέρη και εξαρτήματα από διάφορα υλικά, με διαφορετικές μηχανικές και φυσικές ιδιότητες και συχνά σε μια ενιαία διαδικασία κατασκευής.

Οι μηχανές τρισδιάστατης εκτύπωσης χρησιμοποιούν τα δεδομένα ψηφιακών αρχείων τα οποία έχουν δημιουργηθεί/σχεδιαστεί είτε από κάποιον μηχανικό είτε

έχουν προκύψει από τη σάρωση ενός φυσικού αντικείμενου, για να κατασκευάσουν, «τυπώνοντας-εκτυπώνοντας» σε τρεις διαστάσεις, το φυσικό αντικείμενο.

Οι τεχνικές της τρισδιάστατης εκτύπωσης παρουσιάζουν μια σημαντική διαφορά σε σχέση με τις μεθόδους κατασκευής διαφόρων προϊόντων οι οποίες χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα: το σύνολο των κατασκευαστικών αυτών μεθόδων βασίζεται ουσιαστικά στην αφαίρεση υλικού από ακατέργαστα, χυτά, σφυρήλατα, ή χύτευση υπό πίεση - πρεσσαριστά (die-casted method για κράματα μετάλλου όπως αλουμινίου ή ορειχάλκου) άλλως χύτευση τεμαχίων μέσω έγχυσης για πλαστικά αντικείμενα (injection mould method , είτε με τη χρήση εργαλείων χειρός, είτε με τη χρήση εργαλειομηχανών, μέχρις ότου το αντικείμενο λάβει την επιθυμητή μορφή δηλαδή με αφαίρεση υλικού. Η τρισδιάστατη εκτύπωση, από την άλλη πλευρά, αποτελεί μια διαδικασία πρόσθεσης υλικού, κατά την οποία η κατασκευή ενός αντικείμενου πραγματοποιείται με την εναπόθεση, στερεοποίηση ή συγκόλληση διαδοχικών λεπτών στρώσεων υλικού, κατάλληλα διαμορφωμένων με τη χρήση τεχνικών παρόμοιων με τις τεχνικές της δισδιάστατης εκτύπωσης, σύμφωνα με το αποθηκευμένο στον υπολογιστή σχέδιο ή σχήμα.

Η 3D Εκτύπωση είναι μια διαδικασία δημιουργίας τρισδιάστατων αντικείμενων από ένα ψηφιακό αρχείο χρησιμοποιώντας έναν εκτυπωτή υλικών, με τρόπο παρόμοιο με την εκτύπωση εικόνων σε χαρτί. Ο όρος είναι περισσότερο συνδεδεμένος με την τεχνολογία προσθετικής παραγωγής (additive manufacturing), όπου ένα αντικείμενο δημιουργείται από την εναπόθεση διαδοχικών στρωμάτων του υλικού. Ο όρος αυτός χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για να περιγράψει όλους τους τύπους των διαδικασιών προσθετικής παραγωγής. Η 3D εκτύπωση γίνεται συνήθως χρησιμοποιώντας έναν εκτυπωτή υλικών και από το 2003 υπήρξε μεγάλη αύξηση στις πωλήσεις των μηχανών αυτών. Επιπλέον, το κόστος των εκτυπωτών 3D έχει μειωθεί.



Η χρήση της πρόσθετης παραγωγής παίρνει εικονικά σχέδια από ένα λογισμικό CAD (Computer Aided Design) ή λογισμικό προσομοίωσης animation, τα μετατρέπει σε λεπτές, εικονικές, οριζόντιες διατομές και στη συνέχεια δημιουργεί διαδοχικές στρώσεις μέχρι το μοντέλο να είναι πλήρες. Είναι μια διαδικασία όπου το εικονικό μοντέλο και το φυσικό μοντέλο είναι σχεδόν ταυτόσημα. Η μηχανή διαβάζει δεδομένα από ένα σχέδιο CAD και καθορίζει τις διαδοχικές στρώσεις υγρού, σκόνης, ή φύλλου υλικού και με αυτόν τον τρόπο ενισχύει το μοντέλο από μια σειρά διατομών. Αυτά τα στρώματα, τα οποία αντιστοιχούν στην εικονική διατομή από το μοντέλο CAD, ενώνονται ή συγχωνεύονται αυτόματα για να δημιουργήσουν το τελικό σχήμα. Το κύριο πλεονέκτημα για την κατασκευή πρόσθετης ύλης είναι η ικανότητά της να δημιουργήσει σχεδόν οποιοδήποτε σχήμα ή γεωμετρικό χαρακτηριστικό.

Η πρότυπη διεπαφή δεδομένων λογισμικού CAD και των μηχανημάτων είναι η μορφή αρχείου STL. Ένα αρχείο STL προσεγγίζει το σχήμα ενός μέρους ή συνόλου της συναρμολόγησης με τριγωνικές πλευρές (τριγωνοποίηση αντικειμένου). Μικρότερες πτυχές παράγουν υψηλότερη ποιότητα επιφάνειας. VRML (ή WRL) είναι τα αρχεία που χρησιμοποιούνται συχνά ως είσοδοι στις 3D τεχνολογίες εκτύπωσης που είναι σε θέση να τυπώσουν έγχρωμα.

Η πρώτη απόπειρα κατασκευής ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή έγινε στα τέλη του 1980 από τον Δρ. Kodama στην Ιαπωνία. Ωστόσο το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για συσκευές στερεολιθογραφίας εκδόθηκε το 1986 από τον Charles (Chuck) Hull ο οποίος επινοείσαι το πρώτο μηχάνημα SLA το 1983. Από τότε μέχρι και σήμερα έχει εξελιχθεί κατά πολύ η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Πλέον έχουν κατασκευαστεί τρισδιάστατοι εκτυπωτές χαμηλού κόστους που απευθύνονται στον καθένα για καθημερινή χρήση.

Ωστόσο η βασική αρχή της Τρισδιάστατης Εκτύπωσης υπήρξε ακριβώς στην ανάπτυξη το 1976 στον τρόπο εκτύπωσης απλού εγγράφου μέσω έγχυσης μελανιού

(InkJet). Έτσι τροποποιήσεις και ανάπτυξη του ήδη υπάρχοντος κοινού εκτυπωτή (InkJet printer) μέσω εγχύσεως μελανιού επιτεύχθηκε ο τρόπος εγχύσεως υλικού (σωματιδίων υλικού).

Για την αλήθεια της ιστορικής γνώσης ο Ιαπωνικής καταγωγής Δρ. Kodama δεν υπέβαλε εγκαίρως αίτηση για το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την τεχνολογία γρήγορης πρωτυποποίησης Rapid Prototype (RP) και χάνοντας τα δικαιώματα στην ευρεσιτεχνία.

Έτσι το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για συσκευές στερεολιθογραφίας εκδόθηκε το 1986 από τον Charles (Chuck) Hull ο οποίος επινοείσαι το πρώτο μηχάνημα SLA το 1983. Συν-ιδρύσε την εταιρεία 3D Systems η οποία ανέπτυξε την τεχνολογία εκτύπωσης 3D σε πολλές διαφορετικές κατευθύνσεις, συμπεριλαμβανομένων Selective Laser Sintering (SLS ). Μέσω της πρώτης αυτόματης στερεο-λιθογραφικής συσκευής μπορούσε πλέον να κατασκευασθούν αντικείμενα μεγάλης πολυπλοκότητας.

Κατά την ίδια περίπου περίοδο, ο Carl Deckard του Πανεπιστημίου του Τέξας κατέθεσε αίτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας για τη διαδικασία RP SLS. Το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ολοκληρώθηκε το 1989 και αργότερα εξαγοράστηκε από την 3D Systems.

Επίσης, το 1989, ο συν-ιδρυτής της Stratasys, Scott Crump κατέθεσε αίτηση διπλώματος ευρεσιτεχνίας για Fused Eναπόθεση Μοντελοποίηση (FDM). Το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ολοκληρώθηκε το 1992.

Από τότε μέχρι και σήμερα έχει εξελιχθεί κατά πολύ η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Πλέον έχουν κατασκευαστεί τρισδιάστατοι εκτυπωτές χαμηλού κόστους που απευθύνονται στον καθένα από εμάς ακόμη και για καθημερινή χρήση.

## 2.7 Τρισδιάστατη εκτύπωση και παραγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο, θα διευκρινιστούν με παραδείγματα, η τρέχουσα κατάσταση για τη σχέση μεταξύ της τρισδιάστατης τεχνολογίας εκτύπωσης και της γραμμής παραγωγής και θα εξηγηθεί πώς λειτουργεί μια τέτοια κατάσταση.

Η δημιουργία ενός πρωτοτύπου είναι πρωτίστης σημασίας για την βιομηχανοποίηση ενός προϊόντος. Δηλαδή ενός προϊόντος το οποίου η χρησιμότητα θα επιτευχθεί μέσω της ικανής πώλησης σε μαζικό αριθμό κατανάλωσης.

Ο πρωτοτυποποιός (σχεδιαστής) πρέπει να έχει τη γνώση εκτός των βασικών τεχνικών γνώσεων όπως γενική Μηχανολογία, Σχεδιασμός Κατασκευών, Αντοχής Υλικών, Σχεδιασμό μέσω Η/Υ, Μεταλλογνωσίας και άριστη γνώση των διαφόρων τρόπων Μηχανουργικής Κατεργασίας. Όλα τα αναφερθέντα δεν θα έχουν καμία αξία εάν δεν έχει επιτευχθεί ο σκοπός της Οικονομοτεχνικής Ανάλυσης και αποδοχής των Οικονομικών κριτηρίων δηλ. να παραχθεί το αντικείμενο με συμφέρον οικονομικά τρόπο.

Η ανάγκη για την δημιουργία γρήγορης πρωτοτυποποίησης μοντέλων ώθησε τον άνθρωπο/σχεδιαστή να αναπτύξει τεχνικές και μεθόδους ώστε να μπορεί να βελτιστοποιήσει με ελάχιστο κόστος ένα αντικείμενο. Ακόμα η δημιουργία - κατασκευή ενός αντικειμένου για τη μετέπειτα βιομηχανική παραγωγικοποίηση, του έθετε μια ικανή αρχή για τη διερεύνηση ενός εύκολου και οικονομικά αποδεκτού τρόπου δημιουργίας του αντικείμενου.

Μία λύση σε αυτό το πολύ σημαντικό ζήτημα απασχόλησε επιστήμονες με τις παρόμοιες σκέψεις σχετικά με την εφεύρεση μίας αυτόματης συσκευής - μηχανήματος με την οποία θα μπορούσε κάποιος, μέσω εντολών από Η/Υ, να κατασκευάσει σε μια σύντομη χρονική περίοδο και με τεχνικό τρόπο που θα ήταν αποδεκτός για την παραγωγή ενός πρωτότυπου. Αυτή η διαδικασία ορίζεται και ως Ταχεία Πρωτοτυποποίηση (Rapid Prototype-RP). Έτσι χρησιμοποιώντας αυτή την

τεχνολογία, το συγκεκριμένο προς μελέτη σχέδιο δύναται να ελεγχθεί ποικιλοτρόπως προτού εισέλθει σε μία κοστοβόρα μαζική παραγωγή του ζητούμενου προϊόντος.

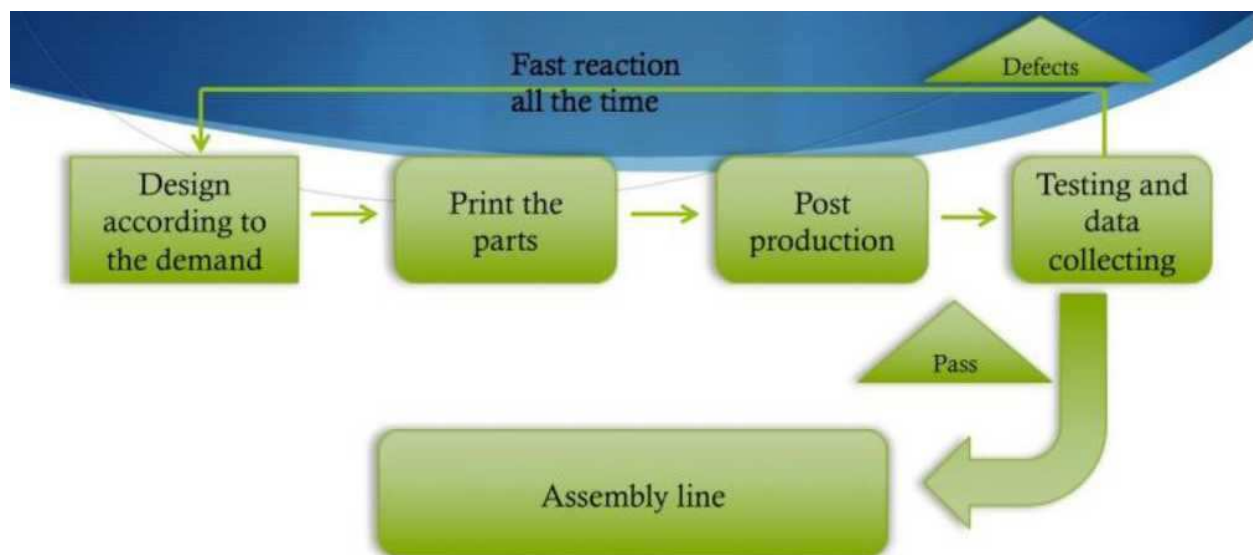
Η αρχή που βασίζεται λοιπόν η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι η προσθετική κατασκευή. Δημιουργεί δηλαδή το αντικείμενο με την προσθήκη του υλικού που είναι μια εντελώς αντίστροφη διαδικασία σε σχέση με την παραδοσιακή μέθοδο κατασκευής, παραδείγματος χάριν την τόννευση, το τρύπημα και την κατεργασία με κοπτικά εργαλεία. Η χρησιμοποίηση αυτής της μεθόδου έχει σίγουρα ένα όφελος για την κατασκευή επειδή το μεμονωμένο μέρος - προϊόν μπορεί να δημιουργηθεί άμεσα σε μικρή ή και μοναδική ποσότητα παρά την ανάγκη κατασκευής μιας ομάδας ίδιων προϊόντων (batch) ή να χρειαστεί περίπλοκες φόρμες για την κατασκευή όπως όταν πρόκειται για μαζική παραγωγή. Επιπλέον, έναντι της παραδοσιακής μεθόδου, δεν απαιτείται κανένα εργαλείο, καθιστώντας την τρισδιάστατη κατασκευή εκτύπωσης μια συνολικά εντελώς νέα προσέγγιση.

Παρακάτω ακολουθούν μερικοί λόγοι που συνοψίζουμε γιατί η τρισδιάστατη τεχνολογία εκτύπωσης θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή και πώς βοήθησε στην περαιτέρω ανάπτυξη του βιομηχανικού τομέα.

Η τρισδιάστατη τεχνολογία εκτύπωσης αυξάνει σίγουρα την ταχύτητα παραγωγής ταυτόχρονα μειώνοντας το χρόνο και τις δαπάνες. Το τρισδιάστατο πρωτότυπο ή και προτύπο σχέδιο στον υπολογιστή είναι ευκολότερο από ότι φτιάχνοντας ειδικές φόρμες και ιδιοκατασκευές (fixtures) για την μαζική παραγωγή. Ακόμη, οι γραμμές συναρμολόγησης δεν θα είναι το επίκεντρο της παραγωγικής διαδικασίας όπως σήμερα, και λόγω της τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να επιτευχθεί ακόμη και συναρμολόγηση επιμέρους εξαρτημάτων άμεσα στη μηχανή. Αυτό θα εξοικονομήσει χρόνο, εργασία που απαιτείται και γενικά έξοδα διεκπεραίωσης κατασκευής.

Η προσαρμογή και η ταχύτητα αντίδρασης θα βελτιώσουν σε πολλά επίπεδα την ανάπτυξη νέων και καλύτερων προϊόντων. Με την απαιτητική ποικιλομορφία και τις απαιτήσεις υψηλού επιπέδου από τον πελάτη, η προσαρμογή θα έχει περισσότερη επιρροή στην παραγωγή που είναι επίσης ο ανταγωνισμός της ταχύτητας. Η τρισδιάστατη τεχνολογία εκτύπωσης έχει το σημαντικό πλεονέκτημα να παρέχει πολλές επιλογές για την προσαρμογή και την αλλαγή του σχεδιασμού των προϊόντων άμεσα και γρήγορα.

Επιπλέον, η τρισδιάστατη εκτύπωση αλλάζει την ανάγκη δημιουργίας αποθέματος και την μικρή απόσταση μεταξύ παραγωγής και διάθεσης και μειώνει την παγκόσμια μεταφορά. Με την χρήση της μπορούμε να κερδίσουμε αισθητά σε κόστος μεταφοράς και χρόνο. Τα προϊόντα μπορούν να παραχθούν μόνο όταν απαιτείται ενώ η οργάνωση και διαχείριση αποθήκης (logistic) θα χρειάζεται πολύ λιγότερο. Αφότου στέλνει ο πελάτης μια εντολή, τα προϊόντα μπορούν να παραχθούν αμέσως, χωρίς να είναι αναγκαία η δημιουργία ενός κατάλογος (λίστας) των επιμέρους τμημάτων και άμεση συναρμολόγηση τους.



**Σχήμα 2. 1 Λειτουργία γραμμής παραγωγής με τεχνολογία 3D εκτύπωσης**

Στο Σχήμα 2.1, εξηγούνται οι διαδικασίες λειτουργίας μιας γραμμής παραγωγής με την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Στην διαδικασία έναρξης σχεδιάζεται

το αντικείμενο σύμφωνα με τις απαιτήσεις της αγοράς και κατασκευάζεται έπειτα κομμάτι - κομμάτι με τη χρήση ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή. Μετά ακολουθεί η επεξεργασία εκτός μηχανής που θα βελτιώσει/τελειώσει την επιφάνεια των μερών και θα γίνει η ειδική επεξεργασία για την καλύτερευση της ακρίβειας και της ανθεκτικότητας του προϊόντος. Έπειτα περνάμε στην δοκιμή και τη συλλογή στοιχείων που είναι πολύ κρίσιμα για την ποιοτική επιθεώρηση και την τροποποίηση σχεδίου. Εκεί θα καθοριστεί η χρησιμότητα των μερών του προϊόντος και θα δημιουργηθεί μια βάση δεδομένων για τον μελλοντικό σχεδιασμό. Εάν κάποια μέρη είναι ελαττωματικά ή χρήζουν περαιτέρω βελτίωσης, αναλύεται ο λόγος και γίνονται οι απαραίτητες αλλαγές για να παραχθούν εκ νέου. Τέλος, όταν όλα είναι ικανοποιητικά, τότε στέλνεται στη μαζική γραμμή παραγωγής.

Εξετάζοντας την τρισδιάστατη τεχνολογία εκτύπωσης μέσα στον κύκλο κατασκευής, θα δούμε ότι υπάρχουν ελάχιστα απόβλητα καθώς και μεγάλη δυνατότητα για μείωση δαπανών της ανάπτυξης προϊόντος και παραγωγής. Μειώνεται επίσης ο χρόνος παραγωγής αισθητά και προσφέρονται δυνατότητες προσαρμογής για διαφορετικές απαιτήσεις. Επιπλέον η τρισδιάστατη τεχνολογία εκτύπωσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κάθε τομέα της βιομηχανίας ακόμη και στις μικρές οικογενειακές επιχειρήσεις. Ως τώρα, η τρισδιάστατη τεχνολογία εκτύπωσης έχει χρησιμοποιηθεί σε μεγάλες (διάσημες) επιχειρήσεις όπως σε αυτοκινητοβιομηχανίες στη Γερμανία, αλλά συνήθως έχει χρησιμοποιηθεί για τη δοκιμή των προϊόντων και εξαρτημάτων σε μικρή κλίμακα. Με το κόστος του τρισδιάστατου εκτυπωτή να μειώνεται συνεχώς, είναι τώρα ο κατάλληλος χρόνος για να αρχίσει η χρησιμοποίηση αυτής της τεχνολογίας σε κάθε επιχείρηση που χρειάζεται να γίνει αποδοτικότερη και να επεκταθεί σε ευρείς τομείς.

## 2.8 Οφέλη κατασκευής με 3D εκτύπωση

Η υιοθέτηση της τρισδιάστατης εκτύπωσης παρέχει ένα νέο τρόπο για τις εταιρείες να κάνουν παραγωγή και επηρεάζει τη βιομηχανία διαχείρισης διακίνησης προϊόντων. Η διανομή σε παγκόσμιο επίπεδο της παραγωγής και η δημιουργία δικτύων/αλυσίδων εφοδιασμού μπορεί να θεωρηθεί το πλέον σημαντικό πλεονέκτημα που προσφέρει στη βιομηχανία διαχείρισης διακίνησης προϊόντων (logistics). Οι νέες προοπτικές θα διαμορφώσουν το χώρο του τομέα διαχείρισης και προμήθειας των υλικών στην βιομηχανία (logistics), καθώς και πολλές άλλες βιομηχανίες μέσα στις επόμενες δεκαετίες. Αυτό σε συνδυασμό με μια απαίτηση για την ταχύτερη παράδοση των εμπορευμάτων από τους πελάτες και τις αυξανόμενες δαπάνες εφοδιασμού, θα αλλάξει τον τρόπο που βλέπουν οι εταιρείες σχετικά με την λειτουργία αλυσίδων εφοδιασμού στο μέλλον.

Η άλλη μεγάλη τάση είναι μια αυξανόμενη ζήτηση για ειδικά σχεδιασμένα προϊόντα. Προσωπικός σχεδιασμός (custom-made) για παπούτσια, καλύμματα κινητών τηλεφώνων και κοσμήματα κερδίζουν συνεχώς σε δημοτικότητα. Η ταχεία πρόοδος στην τεχνολογία έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των κύκλων παραγωγής ενός προϊόντος και κάνει μικρότερο τον χρόνο παράδοσης. Για παράδειγμα, νέα μοντέλα του iPhone και Samsung παρουσιάζονται σχεδόν κάθε χρόνο. Αυτό δημιουργεί μια εκτεταμένη ζήτηση του προϊόντος, που απαιτεί σύντομη κατασκευή και μικρό χρόνο παράδοσης.

Εταιρείες logistics προσπαθούν να βρουν τρόπους για να προσαρμόσουν τις μελλοντικές τάσεις και να εναρμονίσουν τις υπηρεσίες του με τις απαιτήσεις της αγοράς. Δίκτυα αλυσίδων εφοδιασμού γίνονται γεωγραφικά πολύπλοκα. Ακόμη και με την εφαρμογή της εξελιγμένης τεχνολογίας και υιοθέτηση καινοτόμων διαδικασιών, οι εταιρίες αντιμετωπίζουν τις προκλήσεις που θέτει η άνοδος στη ζήτηση υψηλών επιπέδων αποθέματος και η μείωση χρόνου παραγωγής. Η διαδικασία τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης 3D printing προσφέρει την

δυνατότητα κατασκευής προσαρμοσμένων προϊόντων κατασκευασμένα κατά παραγγελία σε μικρά μεγέθη παρτίδων και σε φυσική γειτνίαση με τον τελικό πελάτη. Προσφέροντας έτσι ένα μεγάλο πλεονέκτημα και ευελιξία στις εφοδιαστικές αλυσίδες.

Αρχικά η 3D εκτύπωση αναπτύχθηκε για να χρησιμοποιείται κυρίως στην πρωτοτυποποίηση. Ωστόσο με τις προόδους στην τεχνολογία οι βιομηχανίες σκέφτονται σοβαρά να επεκτείνουν τις δυνατότητες 3D εκτύπωσης για να συμπληρώσουν την παραδοσιακή κατασκευή των προϊόντων τους. Επιπλέον των προηγούμενων οφελών η υιοθέτηση της τρισδιάστατης εκτύπωσης θα μειώσει τα έξοδα για τις εφοδιαστικές αλυσίδες και θα επηρεάσει βασικούς δείκτες όπως το κόστος κατασκευής, κόστος μεταφοράς και το κόστος αποθέματος.

Η κατασκευή με 3D εκτύπωση μετατρέπεται σε βιομηχανική δύναμη. Η κατασκευή με 3D εκτύπωση ξεκίνησε για πρωτότυπα και παιχνίδια, και εξελίχθηκε σε βιομηχανική δύναμη. Στο κοντινό μέλλον θα μπορείτε να πάρετε μια πτήση και το αεροσκάφος που θα μπειτε να είναι κατασκευασμένο με μέρη εξαρτημάτων 3D εκτύπωσης, καθιστώντας το ελαφρύτερο και πιο αποδοτικό. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν αεροσκάφη που περιέχουν ήδη κάποια εξαρτήματα κατασκευασμένα με χρήση της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης. Η τεχνολογία θα αρχίσει επίσης να υιοθετείται για την άμεση κατασκευή εξειδικευμένων εξαρτημάτων σε κλάδους όπως η άμυνα και η αυτοκινητοβιομηχανία. Συνολικά, ο αριθμός των αντικειμένων που θα παράγονται με χρήση τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης εξαρτημάτων σε αεροπλάνα, αυτοκίνητα, ακόμα και σε απλές συσκευές θα αυξηθεί χωρίς να το γνωρίζετε.

Η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης θα ξεκινήσει να σώζει ζωές. Η κατασκευή με χρήση της τεχνολογίας αυτής για (3D printing) ιατρικών εμφυτευμάτων θα βελτιώσει την ποιότητα της ζωής κάποιου κοντινού σας. Επειδή τα εμφυτεύματα με την χρήση τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι προσαρμοσμένα να ταιριάζουν με



ακριβή συγκεκριμένα σχήματα σωμάτων, χρησιμοποιούνται σήμερα για την δημιουργία καλύτερων εμφυτευμάτων οστών τιτανίου, στην προσθετική άκρων και στις ορθοδοντικές γέφυρες. Πειράματα με τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης μαλακών ιστών είναι σε εξέλιξη, και μπορεί σύντομα να χρησιμοποιείται «3D εκτυπωμένες» φλέβες και αρτηρίες στην πράξη. Η σημερινή έρευνα για ιατρικές εφαρμογές της 3D εκτύπωσης καλύπτει νανο-ιατρική, φαρμακευτικά προϊόντα, ακόμη και «3D εκτύπωση» υποκατάστατων ανθρωπίνων οργάνων. Πηγαίνοντας στα όρια, η 3D εκτύπωση θα μπορούσε μια μέρα να διαθέτει στην αγορά προσαρμοσμένα φάρμακα ειδικά για τον κάθε ασθενή και να μειώσει, αν όχι να εξαλείψει την ανάγκη για δωρητές οργάνων.

Η προσαρμοστικότητα γίνεται κανόνας. Θα μπορείτε να αγοράζεται ένα προϊόν, που να είναι κατασκευασμένο αποκλειστικά και μόνο για εσάς, κατασκευασμένο με 3D εκτύπωση και με άμεση παράδοση στην πόρτα σας. Καινοτόμες επιχειρήσεις θα χρησιμοποιούν τεχνολογίες 3D εκτύπωσης για να δώσουν στον εαυτό τους ένα ανταγωνιστικό πλεονέκτημα, προσφέροντας καινοτόμα και μοναδικά προϊόντα ειδικά για τον κάθε συγκεκριμένο πελάτη στην ίδια τιμή με το τυποποιημένο προϊόν του ανταγωνιστή τους. Αρχικά η εξέλιξη θα ξεκινήσει με νέα προϊόντα, όπως ατομικά smartphones ή ατομικές εργονομικές βελτιώσεις σε συνήθη εργαλεία και θα επεκταθεί ταχύτατα σε νέες αγορές. Οι ηγετικές επιχειρήσεις θα προσαρμόσουν τις πωλήσεις, τα κανάλια διανομής και την εμπορίας τους για να επωφεληθούν από την ικανότητά τους να παρέχουν την προσαρμοστικότητα (ατομικότητα) απευθείας στον πελάτη. Η προσαρμοστικότητα θα παίξει επίσης σημαντικό ρόλο σε συσκευές υγειονομικής περίθαλψης, όπως κατασκευή εξαρτημάτων ακοής και τεχνητών μελών.

Αυτό θα οδηγήσει στην ταχύτερη ανάπτυξη καινοτόμων προϊόντων. Τα πάντα, από νέα μοντέλα αυτοκινήτων έως καλύτερες οικιακές συσκευές θα σχεδιάζονται πιο γρήγορα, φέρνοντας γρηγορότερα την καινοτομία στην πόρτα σας. Επειδή η ταχεία

πρωτοτυποποίηση με τη χρήση των 3D εκτυπωτών μειώνει το χρόνο μετατροπής μιας ιδέας σε σχέδιο και μετά στην παραγωγή, επιτρέπει στους σχεδιαστές να επικεντρωθούν στη λειτουργία των προϊόντων χωρίς να σκέπτονται εάν αυτό που σχεδιάζουν είναι κατασκευάσιμο ή όχι. Η ταχεία πρωτοτυποποίηση, η ραγδαία μείωση του κόστους, η βελτίωση των λογισμικών σχεδιασμού και η αυξανόμενη ποικιλία «εκτυπώσιμων» υλικών δίνει στους σχεδιαστές τη δυνατότητα να τροποποιούν ένα προϊόν κατά τη φάση της σχεδίασης του εκτυπώνοντας το εκ νέου και ούτω καθεξής. Το αποτέλεσμα θα είναι καλύτερα προϊόντα, σχεδιασμένα πιο γρήγορα.

Νέες επιχειρήσεις θα αναπτύξουν καινοτόμα επιχειρηματικά μοντέλα πάνω στην δημιουργία προϊόντων κατασκευασμένα με 3D εκτύπωση. Θα χρειαστεί φυσικά να γίνουν επενδύσεις από μεγάλες επιχειρήσεις (συνήθως με αύξηση μετοχικού κεφαλαίου μέσω δημόσιας εγγραφής). Επιπλέον νεοσύστατες εταιρείες θα ανθίσουν ως μια γενιά καινοτόμων κατασκευαστών και θα επωφεληθούν από τις δυνατότητες της 3D εκτύπωσης για τη δημιουργία νέων προϊόντων ή την παροχή υπηρεσιών σε αυτήν την εκρηκτική αγορά. Φυσικά η υιοθέτηση αυτής της νέας τεχνολογίας δεν είναι πανάκεια και ίσως μερικές επιχειρήσεις να αποτύχουν και να υπάρξει ένας κύκλος αποτυχιών, αλλά η κατασκευή μέσω 3D printing θα αναπαράγει νέα και δημιουργικά επιχειρηματικά μοντέλα.

Στο όχι και πολύ μακρινό μέλλον, θα ανοίξουν καταστήματα που θα παρέχουν υπηρεσίες 3D printing σε εμπορικά κέντρα. Καταστήματα θα αρχίσουν να εμφανίζονται, εξυπηρετώντας σε πρώτη φάση τοπικές αγορές με υψηλή ποιότητα υπηρεσιών. Η κατασκευή μέσω 3D printing αρχικά σχεδιάστηκε για να εξυπηρετήσει την ταχεία πρωτοτυποποίηση και άλλες ειδικές δυνατότητες, αλλά τα καταστήματα αυτά θα επικεντρωθούν στην καταναλωτική αγορά. Καθώς οι λιανοπωλητές θα αρχίσουν να «λαμβάνουν παραγγελίες με βάση το σχέδιασμα (draft) και απαιτήσεις του πελάτη (customization) και όχι το έτοιμο προϊόν», στο τοπικό κατάστημα 3D

εκτύπωσης θα μπορείτε μια μέρα να παραλάβετε προσαρμοσμένα προϊόντα ειδικά για σας, ακριβώς όπως εκτυπώνετε τις φωτογραφίες σας σήμερα.

Φυσικά υπάρχουν και αρνητικές επιπτώσεις όπως τους έντονους διαξιφισμούς που θα ανακύψουν σχετικά με το ποιος κατέχει τα δικαιώματα που προκύπτουν. Δεδομένου ότι οι κατασκευαστές και οι σχεδιαστές θέλουν να κατοχυρώνουν τα προϊόντα και τα σχέδια τους, αρχίζοντας να κατασκευάζονται προϊόντα σε 3D εκτυπωτές εύκολα και γρήγορα θα δημιουργηθούν πολλά και μεγάλα προβλήματα όσον αφορά τα πνευματικά δικαιώματα των παραγομένων σχεδίων και προϊόντων. Ακριβώς όπως έγινε με την μουσική βιομηχανία όπου ο καθένας μπορούσε να κατεβάξει ή να μοιράζεται τραγούδια ή μουσικές με αποτέλεσμα την μείωση αρχικά των πωλήσεων έτσι και με την κατασκευή μέσω 3D εκτύπωσης η ευκολία αντιγραφής και κατασκευής οποιουδήποτε σχεδίου θα δημιουργήσει ένα νέο κύμα ζητημάτων πνευματικής ιδιοκτησίας.

Από την άλλη όμως θα δημιουργηθούν νέα προϊόντα με νέες ιδιότητες που θα μας καταπλήξουν. Νέα προϊόντα, τα οποία μπορούν να δημιουργηθούν μόνο σε 3D εκτυπωτές, θα συνδυάσουν νέα υλικά ακόμη σε νανο-κλίμακα όπως νέα εκτυπωμένα ηλεκτρονικά κυκλώματα που θα παρουσιάζουν χαρακτηριστικά που θα μοιάζουν μαγικά σε σύγκριση με τα τυποποιημένα προϊόντα του σήμερα. Αυτά τα εκτυπωμένα προϊόντα θα είναι προτιμητέα και θα έχουν διακριτό ανταγωνιστικό πλεονέκτημα. Η μυστική συνταγή είναι ότι η 3D εκτύπωση στο μέλλον θα μπορεί να ελέγξει το υλικό καθώς εκτυπώνεται, ακόμη και να ορίζει την θέση του υλικού σε επίπεδο μορίου και ατόμου. Καθώς η σημερινή έρευνα έχει τελειοποιηθεί στους αυριανούς εμπορικά διαθέσιμους εκτυπωτές, αναμένουμε συναρπαστικά και επιθυμητά νέα προϊόντα με εκπληκτικές δυνατότητες.

Στο μέλλον νέα μηχανήματα θα κοσμούν το χώρο του παραδοσιακού εργοστασίου. Ήδη μερικά εξειδικευμένα εξαρτήματα κατασκευάζονται πιο οικονομικά σε 3D εκτυπωτές, βέβαια αυτό είναι μόνο σε περιορισμένη κλίμακα. Πολλοί

κατασκευαστές θα αρχίσουν να πειραματίζονται με μηχανήματα 3D εκτύπωσης για εφαρμογές πέραν των πρωτοτύπων. Καθώς οι δυνατότητες των 3D εκτυπωτών θα αναπτύσσονται και οι κατασκευαστές θα αποκτούν εμπειρία στην συγκεκριμένου τύπου κατασκευή και την ενσωμάτωση της σε γραμμές παραγωγής και αλυσίδες εφοδιασμού, αναμένουμε υβριδικές διεργασίες παραγωγής 3D εκτυπωμένων εξαρτημάτων. Αυτό θα τροφοδοτηθεί ακόμη περισσότερο από τους καταναλωτές που θα επιθυμούν και στο τέλος θα απαιτούν προϊόντα με 3D κατασκευή.

Φανταστείτε τα παιδιά στο μέλλον να φέρνουν από το σχολείο 3D εκτυπωμένα έργα. Η ψηφιακή παιδεία, συμπεριλαμβάνοντας την ανάπτυξη των Web και των app, τα ηλεκτρονικά είδη, η συνεργασία και ο 3D σχεδιασμός θα μπορεί να υποστηρίζεται από 3D εκτυπωτές στα σχολεία. Μια σειρά από γυμνάσια και λύκεια στο εξωτερικό έχουν ήδη εγκαταστήσει και χρησιμοποιούν τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης 3D printers. Καθώς το κόστος 3D printing συνεχίζει να πέφτει, περισσότερα σχολεία θα προχωρήσουν προς αυτήν την κατεύθυνση. Η ψηφιακή παιδεία θα περάσει μέσα από την χρήση τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης 3D printing.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### **ΜΕΘΟΔΟΙ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ**

Πολλοί άνθρωποι έχουν την παρεξηγημένη ιδέα σχετικά με την 3D εκτύπωση, ότι είναι μόνο ένα ορισμένο είδος τεχνολογία κατασκευής βασισμένο στη μέθοδο με επίστρωση σκόνης, η οποία δημιουργήθηκε από το MIT. Στην πραγματικότητα, η 3D εκτύπωση είναι ένας όρος ομπρέλα, που περιλαμβάνει πολλά είδη - διακριτές μεταποιητικές τεχνολογίες. Περιλαμβάνει όλες αυτές τις διαδικασίες που ανήκουν στην λεγόμενη «προσθετική κατασκευή» που δημιουργούν αντικείμενα προσθέτοντας υλικό ανά λεπτά στρώματα, μέχρι να ολοκληρωθεί το τελικό προϊόν/αντικείμενο.

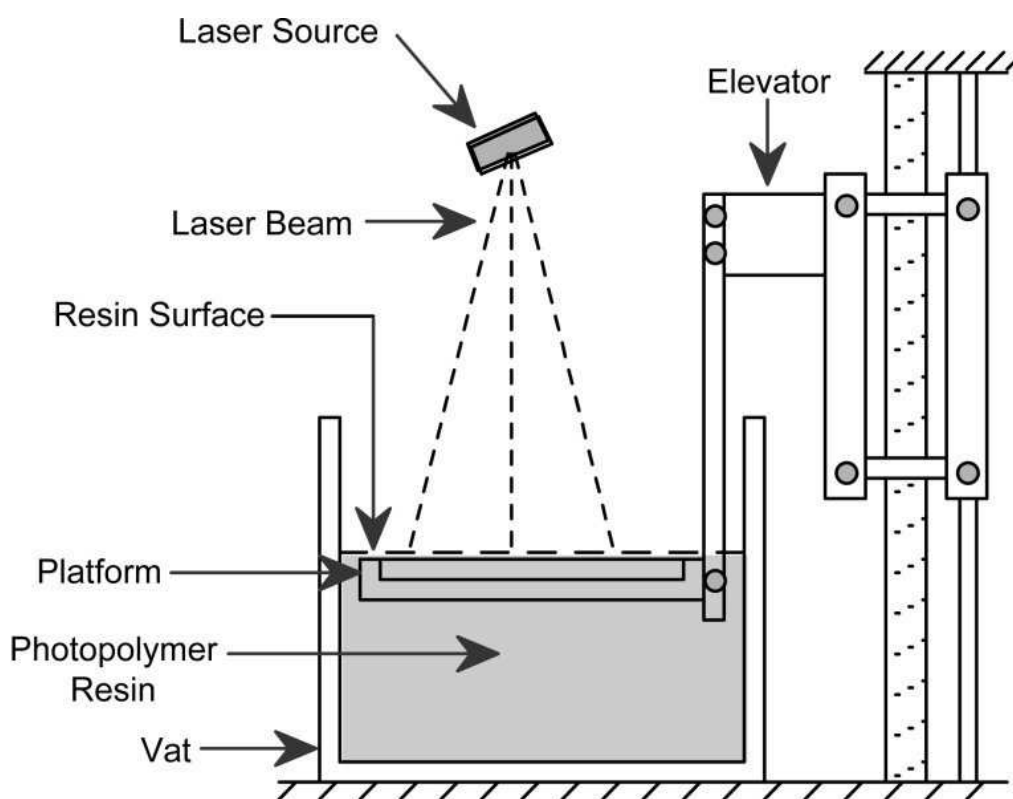
#### **3.1 Βασικές μέθοδοι και ξεχωριστοί τρόποι 3D εκτύπωσης**

##### 3.1.1 Stereolithography (SLA)

Χρησιμοποιώντας την ιδιότητα ενός τύπου υγρής ρητίνης (photocurable) να στερεοποιείται από ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος ενός υπεριώδους φωτός, ένας 3D εκτυπωτής τύπου SLA λειτουργεί συγκεντρώνοντας μια ακτίνα του φωτός UV επάνω στην επιφάνεια του μέσα σε μια δεξαμενή γεμάτη με υγρή ρητίνη. Ένα λεπτό στρώμα θα σχηματιστεί από την υπεριώδη ακτίνα σε πρώτη φάση και μετά θα μετακινηθεί προς τα κάτω για δώσει σειρά στο επόμενο στρώμα. Έτσι το αντικείμενο θα συμπληρωθεί από στρώματα ενωμένα μαζί από το λέιζερ. Μετά την ολοκλήρωση το πλήρη και εξαιρετικά υψηλής ευκρίνειας τρισδιάστατο μοντέλο θα βγει από την δεξαμενή. Η αχρησιμοποίητη ρητίνη μπορεί να ξαναχρησιμοποιηθεί για το επόμενο έργο.

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε για το πρώτο εμπορικά διαθέσιμο 3D εκτυπωτή που εφευρέθηκε από τον Charles το 1986 όταν ακόμη δεν ονομάζονταν 3D εκτυπωτή εκείνη τη στιγμή.

Λειτουργικά πρωτότυπα και συναρμολογήσεις, χύτευση μοτίβων, φόρμες για καλούπια κενού και μερών για την τελική χρήση μπορούν να δημιουργηθούν με τη μέθοδο αυτή. Ωστόσο, τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν μόνο μπορεί να είναι άκαμπτα ή εύκαμπτα εποξειδικού μίγματος πολυμερών, ώστε δίνουν έτσι ένα σχετικά στενό εύρος για την επιλογή του υλικού.



**Σχήμα 3. 1 Κατασκευή SLA 3D printer**

Το Σχήμα 3.1 δείχνει την απαραίτητη κατασκευή του SLA 3D εκτυπωτή, που είναι τα UV λέιζερ, σύστημα σαρωτή, φωτο-διαχειρίσιμη (photocurable) υγρή ρητίνη, πλατφόρμα και έμβολο. Μετά την είσοδό του ηλεκτρονικού μοντέλου στον εκτυπωτή, σε κάθε στρώση, η ακτίνα λέιζερ ακολουθεί μία-μία τις στρώσεις του αντικειμένου στην επιφάνεια του υγρού ρητίνης. Το έμβολο ελέγχει την πλατφόρμα που πηγαίνει πάνω και κάτω για να βοηθήσει την κατασκευή στρωμάτων μέχρι το

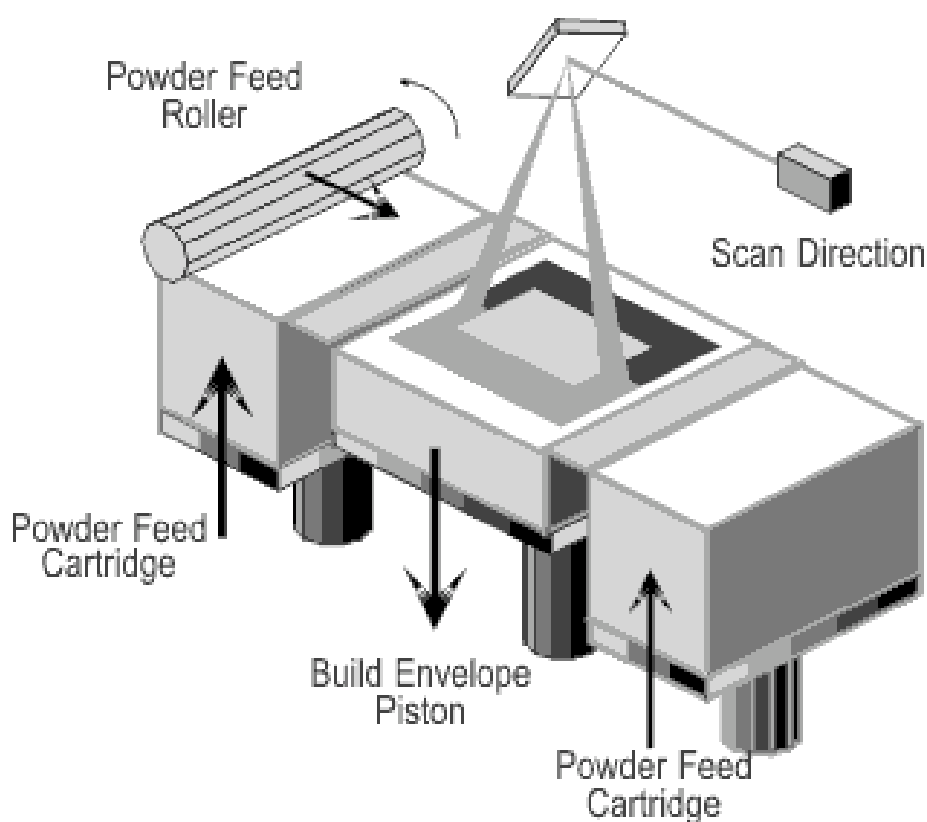
αντικείμενο είναι πλήρης. Και, στη συνέχεια, το μοντέλο / αντικείμενο πρέπει να καθαριστεί, για παράδειγμα, αφαιρώντας τις κατασκευές στήριξης και μετά αν είναι επιθυμητή η σκλήρυνση του μοντέλου θα μπει σε ένα φούρνο UV για τη σκλήρυνση. Στη συνέχεια, το αντικείμενο είναι τελειωμένο και έτοιμο για το φινίρισμα και τη συναρμολόγηση.

### 3.1.2 Selective Laser Sintering (SLS)

Επιλεκτική πυροσυσσωμάτωσης λέιζερ (SLS) είναι ένας συνδυασμός 3D εκτύπωσης και λέιζερ. Ολόκληρη η διαδικασία είναι παρόμοια με την SLA, εκτός από ότι η υπεριώδη ακτίνα αντικαθίσταται από λέιζερ και το στρώμα ρητίνης αντικαθίσταται από σκόνη βάσης, όπως πολυστερίνη, κεραμικά, γυαλί, νάιλον, ακόμη και μέταλλα όπως χάλυβας, τιτάνιο, αλουμίνιο και ασήμι. Αυτό είναι επίσης το κύριο πλεονέκτημα της SLS επειδή έχει την ικανότητα να παράγει αντικείμενα με μια ποικιλία υλικών. Αυτή η μέθοδος χρήσης λέιζερ θερμαίνει τη σκόνη (πούδρα) και αυτή λιώνει σε συγκεκριμένα σημεία. Όλη η μη τηκόμενη σκόνη θα γίνει σαν δομή στήριξης για το αντικείμενο και θα παραμείνει όπως ήταν. Δεν υπάρχει έτσι επιπλέον απόβλητα όταν το αντικείμενο έχει ολοκληρωθεί. Το υπόλοιπο του υλικού (σκόνη) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την επόμενη φορά. Η επιλεκτική πυροσυσσωμάτωση με λέιζερ (SLS) εφευρέθηκε από τον Carl Deckard και τους συνάδελφους του στο Πανεπιστήμιο του Τέξας στο Ώστιν in 1980.

Το Σχήμα 3.2 απεικονίζει την κατασκευή 3D εκτυπωτή SLS. Εκτός από το λέιζερ, το σύστημα σάρωσης, την πλατφόρμα και το έμβολο, λόγω των ιδιοτήτων της σκόνης, υπάρχει ένα ακόμη σύνολο για τη τροφοδοσία των υλικών. Αυτό το σύνολο αποτελείται από μία πλατφόρμα σε σκόνη, ένα έμβολο και έναν κύλινδρο όπως φαίνεται στην Σχήμα. Το έμβολο κατασκευής κατεβαίνει κατά τη διάρκεια της διαδικασίας ενώ το έμβολο παράδοσης σκόνη πηγαίνει προς την αντίθετη κατεύθυνση. Ο κύλινδρος στην κορυφή μεταφέρει τη σκόνη στο τμήμα κατασκευής για τροφοδοσία μέχρι το αντικείμενο να είναι τελειωμένο. Στο εσωτερικό της SLS

μηχανής είναι ο φούρνος που χρησιμοποιείται για τη θέρμανση του υλικού σε μερικούς βαθμούς χαμηλότερα από τη θερμοκρασία τήξεως. Τα υλικά παραμένουν σε μια κατάσταση σχεδόν λιωμένα και θα λιώσουν επιλεκτικά από την ακτίνα λέιζερ έτσι ώστε να ενωθούν μεταξύ τους. Όταν ολοκληρωθεί το αντικείμενο, περιμένουμε μέχρι να κρυώσει το υλικό, και με μια βούρτσα αφαιρείται το περιττό υλικό που κολλά στην επιφάνεια του αντικειμένου. Στη συνέχεια, το αντικείμενο είναι έτοιμο για χρήση.



**Σχήμα 3. 2 Λειτουργία *Selective Laser Sintering (SLS)***

### 3.1.3 Fused Deposition Modelling (FDM)/Fused Filament Fabrication (FFF)

Ως την πιο διαδεδομένη μέθοδο 3D εκτύπωσης, έχει το μεγάλο πλεονέκτημα σε σύγκριση με άλλες μεθόδους, που είναι η φθηνότερη τιμή. Και, επίσης, φαίνεται ότι αυτή η μέθοδος είναι η πιο πολλά υποσχόμενη για τη φτηνή οικιακή χρήση των 3D εκτυπωτών. Με αυτή τη μέθοδο, ένα νήμα από θερμοπλαστικό υλικό, λιωμένο



εξωθείται από το ακροφύσιο και διαμορφώνει τα επίπεδα για να δημιουργηθεί το αντικείμενο. Κάθε νέο στρώμα στοιβάζεται στην κορυφή και ενώνεται με τα προηγούμενα επίπεδα όταν το υλικό σκληραίνει σχεδόν αμέσως μετά το ράντισμα της μορφής από το ακροφύσιο διέλασης. Συνήθως FDM/FFF εκτυπωτές χρησιμοποιούν ABS πλαστικά, PLA (πολυγαλακτικό οξύ) και βιοαποικοδομήσιμα πολυμερή, και ορισμένοι από αυτούς χρησιμοποιούν υλικά όπως σκυρόδεμα, σοκολάτα και ζάχαρη και άλλα τρόφιμα. Η μέθοδος αυτή εφευρέθηκε στη δεκαετία του 1980 από Scott Crump, ο οποίος είναι επίσης ο ιδρυτής του Stratasys, μια από τις κορυφαίες εταιρείες στον κλάδο 3D. FDM, η οποία είναι η συντομογραφία της μοντελοποίησης με εναπόθεση λιωμένου υλικού και είναι εμπορικό σήμα από το Stratasys, ενώ υπάρχει και μια παρόμοια διαδικασία κατασκευής με λιωμένο υλικό πυράκτωσης και συντομογραφία FFF χωρίς να είναι καταχωρημένο εμπορικό σήμα. Με την μέθοδο FFF, ένα καρούλι νήματος αντί για ακροφύσιο τροφοδοτεί το υλικό κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.

Η βασική διαμόρφωση του FDM 3D εκτυπωτή γίνεται ως εξής: το κάθε στρώμα δημιουργείται από το άκρο εξώθησης. Η ίνα ABS τροφοδοτείται από τους κινητήριους τροχούς και η ίνα παραμένει υγροποιημένη κατά την περίοδο της εξώθησης.

#### 3.1.4 Polyjet or Jetted Photopolymer (J-P)

Αυτή η μέθοδος είναι σαν τον παραδοσιακό inkjet εκτυπωτή με μελάνι. Το υγρό εδώ είναι φωτοπολυμερική ρυτίνη και σκληρύνει με φως UV. Τα στρώματα που παράγονται, στοιβάζονται διαδοχικά μέχρι να ολοκληρωθεί το αντικείμενο. Αυτή η μέθοδος έχει πολλά πλεονεκτήματα, π.χ. μπορεί να δημιουργήσει αντικείμενα σαν λάστιχο και επιτρέπει τη χρήση διαφόρων υλικών και χρωμάτων για να ενσωματωθούν σε ένα ενιαίο αντικείμενο σε υψηλή ανάλυση. Αυτή η τεχνολογία έχει αναπτυχθεί αρχικά από την εταιρία Objet, η οποία έχει αποκτηθεί από την εταιρία Stratasys αργότερα.

Το προϊόν που παράγεται με τη μέθοδο J-P είναι σαν λάστιχο και σε διαφορετικά χρώματα, άλλο μεγάλο χαρακτηριστικό πλεονέκτημα σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους.

### 3.1.5 Άλλες μεθόδους

Υπάρχει μια ποικιλία από 3D μεθόδους στον κόσμο εκτός από τους τέσσερις τύπους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί σύριγγα εκβολής σε 3D εκτυπωτή με σχεδόν κάθε υλικό να έχει κρεμώδες ιξώδες είτε θερμαίνεται είτε όχι. Έτσι, σοκολάτα, τυρί, πηλός και τσιμέντο μπορεί να χρησιμοποιηθούν ως υλικό αυτής της μεθόδου.

Υπάρχει ένα άλλο είδος μεθόδου που ονομάζεται Laser εκλεκτικής τήξης (SLM), που είναι παρόμοια με το SLS, αλλά λιώνει πλήρως τη σκόνη αντί απλά να στρώνει σκόνη σε χαμηλή θερμοκρασία. Αυτό είναι παρόμοιο με την μέθοδο ηλεκτρονίων πορείας τήξης (EBM), που χρησιμοποιούν μια δέσμη ηλεκτρονίων αντί UV λέιζερ κατά τη διάρκεια της διαδικασίας. Η διαφορά αυτή δίνει την δυνατότητα παραγωγής ιατρικών εμφυτευμάτων για να χρησιμοποιηθούν στην ορθοπεδική χειρουργική.

Και υπάρχει μια εντελώς διαφορετική μέθοδο που ονομάζεται πλαστικοποιημένο αντικείμενο κατασκευής (LOM), όπου χιλιάδες φύλλα - στρώματα κατασκευασμένα από αυτοκόλλητο (adhesivocoated) χαρτί, πλαστικό ή μεταλλικά ελάσματα τα οποία κόβονται πρώτα σε σχήματα με ένα μαχαίρι ή λέιζερ κόφτη και μετά κολλούνται μεταξύ τους. Το αντικείμενο μπορεί να πάρει παρόμοιες με το ξύλο ιδιότητες προσομοιώνοντας τα δαχτυλίδια γήρανσης στο εσωτερικού κορμού δέντρου.

#### A. Doodler Printing Pen

Αυτό είναι ένα στυλό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την 3D εκτύπωση αντικειμένων στον αέρα. Εκτός από το ότι χρησιμοποιεί υλικά 3D εκτύπωσης και όχι απαραίτητα μελάνι ομοιάζει με το συνηθισμένο στυλό. Για τους ανθρώπους που ακόμη δεν μπορούν να αντέξουν οικονομικά να αγοράσουν 3D εκτυπωτές,

αγοράζοντας το στυλό 3Doodler θα τους δώσει σίγουρα μια αντάξια εμπειρία σχετικά με το τι είναι η 3D εκτύπωση.

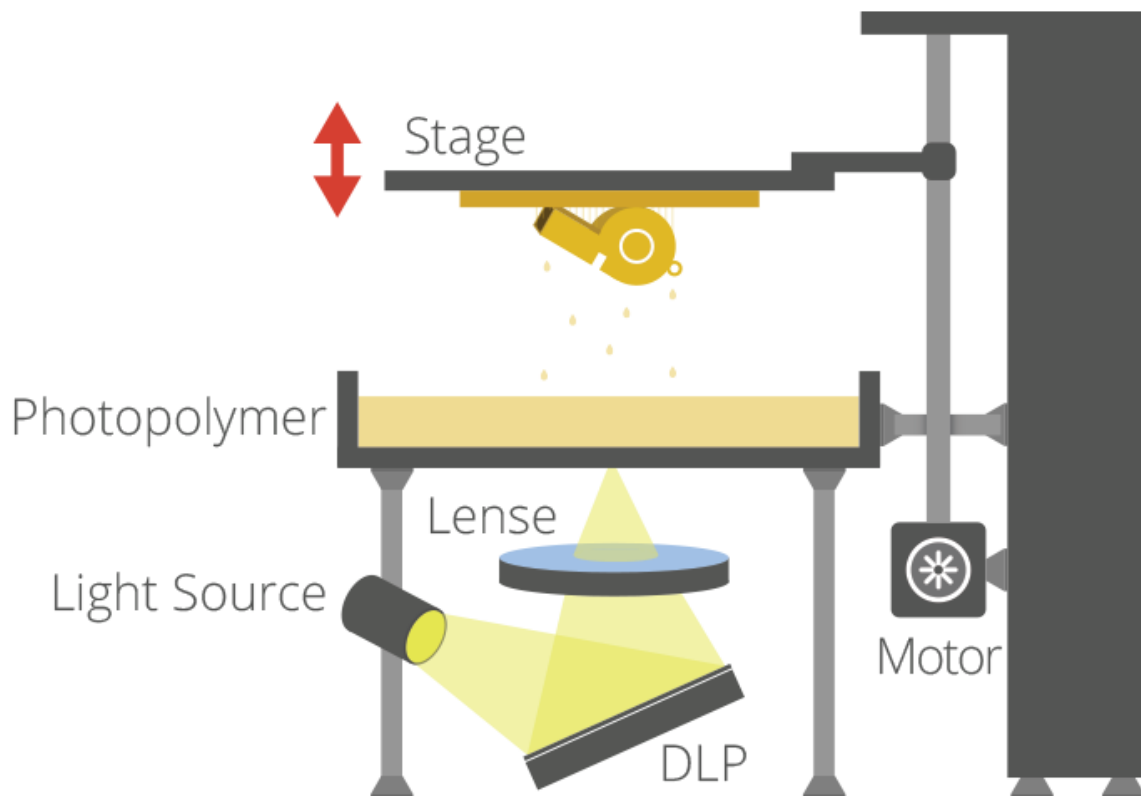
## B. RepRap Project

Το έργο RepRap είναι ένα έργο 3D εκτύπωσης ανοικτού πηγαίου κώδικα που διδάσκει πώς να κατασκευάσουμε έναν οικιακό 3D εκτυπωτή. Το εκπληκτικό γεγονός είναι ότι μπορούμε να φτιάξουμε τον δικό μας 3D εκτυπωτή χρησιμοποιώντας εύκολα βήματα με οδηγίες που παρέχονται σε ένα φόρουμ ανοικτού κώδικα και θα κοστίσει περίπου €300. Έτσι μπήκε και στην παραγωγή το μοντέλο εκτυπωτή MakerBot.

## Γ. DLP (Digital Light Processing)

DLP - ή ψηφιακή επεξεργασία φωτός - είναι μια παρόμοια διαδικασία με την στερεολιθογραφία, δεδομένου ότι είναι μια μορφή 3D εκτύπωσης που λειτουργεί με φωτοπολυμερή (photopolymers).

Η σημαντικότερη διαφορά είναι η πηγή του φωτός. Στο DLP χρησιμοποιούμε μια πιο συμβατική πηγή φωτός, όπως έναν λαμπτήρα, με μια οθόνη υγρών κρυστάλλων ή μια συσκευή παραμορφώσιμου καθρέφτη (DMD), η οποία εφαρμόζεται σε ολόκληρη την επιφάνεια της φωτοπολυμερικής ρητίνης με ένα μόνο πέρασμα, γενικά καθιστώντας την πιο γρήγορα από ό, τι η SL. Επίσης όπως στην SL, η μέθοδος DLP παράγει εξαιρετικά ακριβή μέρη με εξαιρετική ανάλυση, αλλά στις ομοιότητες περιλαμβάνουν επίσης τις ίδιες απαιτήσεις για δομές στήριξης και μετά τη εκτύπωση. Ωστόσο, ένα πλεονέκτημα του DLP μέσω SL είναι ότι χρειάζεται μια ρηχή δεξαμενή της ρητίνης που είναι απαραίτητη για να διευκολυνθεί η διαδικασία, γεγονός που γενικά οδηγεί σε λιγότερα απόβλητα και χαμηλότερο κόστος λειτουργίας.



**Σχήμα 3. 3 Λειτουργία DLP (Digital Light Processing)**

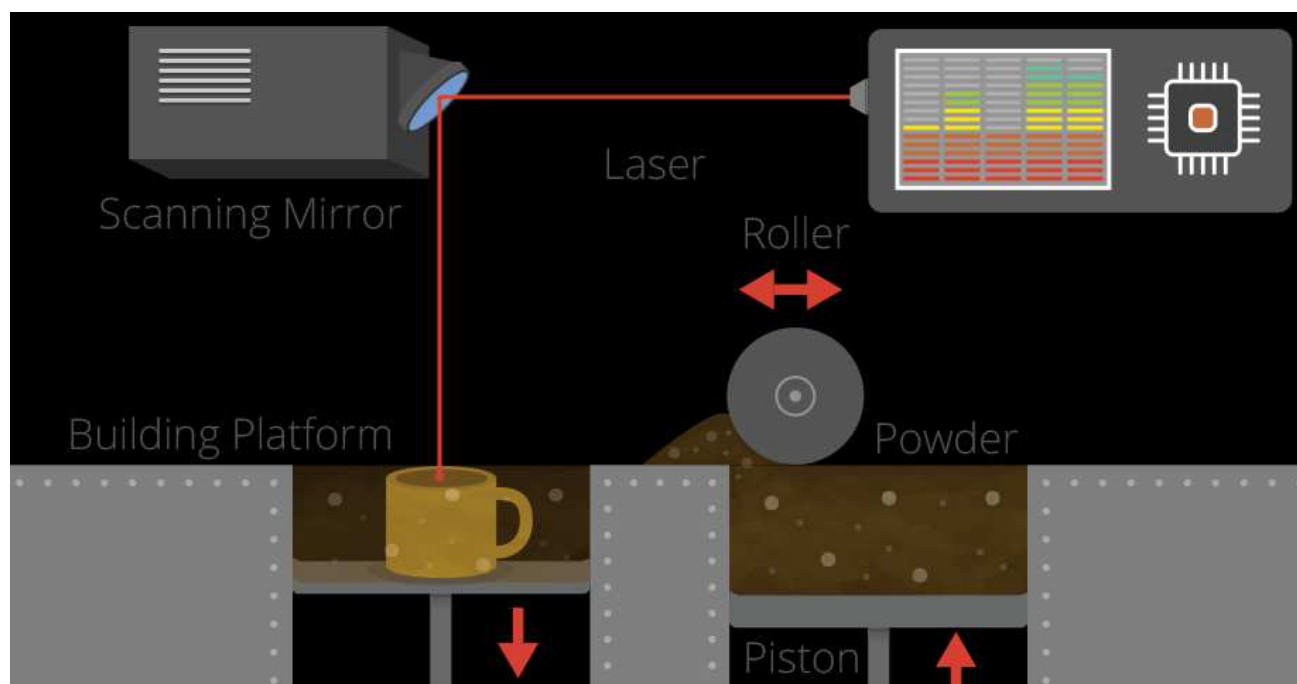
#### Δ. Laser Sintering / Laser Melting

Υαλοποίηση με λέιζερ και λέιζερ τήξης είναι εναλλάξιμα όροι που αναφέρονται σε μια διαδικασία 3D εκτύπωσης με βάση λέιζερ που λειτουργεί με υλικά σε σκόνη.

Το λέιζερ διαγράφει την μορφή του αντικειμένου πάνω από ένα τραπέζι γεμάτο με σφιχτά συμπυκνωμένη σκόνη υλικού, σύμφωνα με τα 3D δεδομένα που τροφοδοτούν το μηχάνημα, στους άξονες X-Y. Όπως το λέιζερ αλληλεπιδρά με την επιφάνεια του υλικού σε σκόνη, τα σωματίδια ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα στερεό. Όταν το κάθε στρώμα έχει ολοκληρωθεί το τραπέζι με την σκόνη πέφτει σταδιακά και ένα ρολό λειαίνει την σκόνη πάνω από την επιφάνεια του κρεβατιού πριν από το επόμενο πέρασμα του λέιζερ για την επόμενη στρώση.

Ο θάλαμος είναι εντελώς σφραγισμένος, δεδομένου ότι είναι αναγκαίο να διατηρηθεί μια ακριβής θερμοκρασία κατά τη διαδικασία ειδικά για το σημείο τήξης του υλικού σε σκόνη. Μόλις ολοκληρωθεί το αντικείμενο, το τραπέζι αφαιρείται από

το μηχάνημα και η περίσσεια σκόνης μπορεί να αφαιρεθεί και να αφήσει τα «εντυπωμένα-εκτυπωμένα» μέρη. Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα αυτής της διαδικασίας είναι ότι το τραπέζι με την σκόνη χρησιμεύει ως μια δομή υποστήριξης κατά τη διαδικασία, και ως εκ τούτου, περίπλοκα σχήματα που δεν θα μπορούσε να κατασκευαστούν με οποιοδήποτε άλλο τρόπο είναι δυνατόν να γίνουν με αυτή τη διαδικασία.



**Σχήμα 3. 4 Λειτουργία Laser Sintering/Laser Melting**

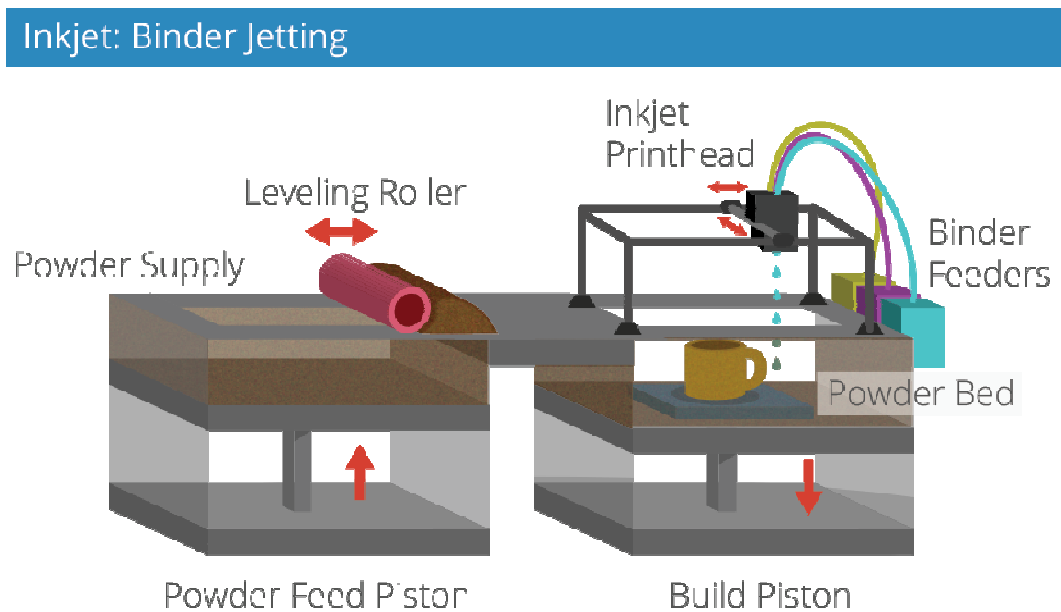
Ωστόσο, το μειονέκτημα, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που απαιτούνται για την υαλοποίηση με λέιζερ, η ανάγκη των μεγάλων χρόνων ψύξης μπορεί να είναι σημαντική. Επιπλέον, η δημιουργία πορώδεις αντικειμένων είναι ένα θέμα με αυτήν τη διαδικασία, και ενώ έχουν υπάρξει σημαντικές βελτιώσεις προς την κατεύθυνση για βελτιστοποίηση πλήρως συμπαγών αντικειμένων, ορισμένες εφαρμογές απαιτούν ακόμα διήθηση του τελικού αντικειμένου σε ένα άλλο υλικό για τη βελτίωση των μηχανικών χαρακτηριστικών του.

Η υαλοποίηση με λέιζερ μπορεί να επεξεργαστεί κάθε είδους πλαστικών και μεταλλικών υλικών, παρόλο που το μέταλλο απαιτεί ένα πολύ υψηλότερης ισχύς

λείζερ και υψηλότερες θερμοκρασίες κατά τη διαδικασία. Εξαρτήματα που παράγονται με αυτήν τη διαδικασία έχουν μεγαλύτερη αντοχή από ό, τι με SL ή DLP, αν και γενικά η επιφάνεια φινιρίσματος και η ακρίβεια δεν είναι τόσο καλή.

#### E. Inkjet (Binder jetting and Material jetting)

Υπάρχουν 2 μέθοδοι 3D εκτύπωσης με την χρήση τεχνικής jet.



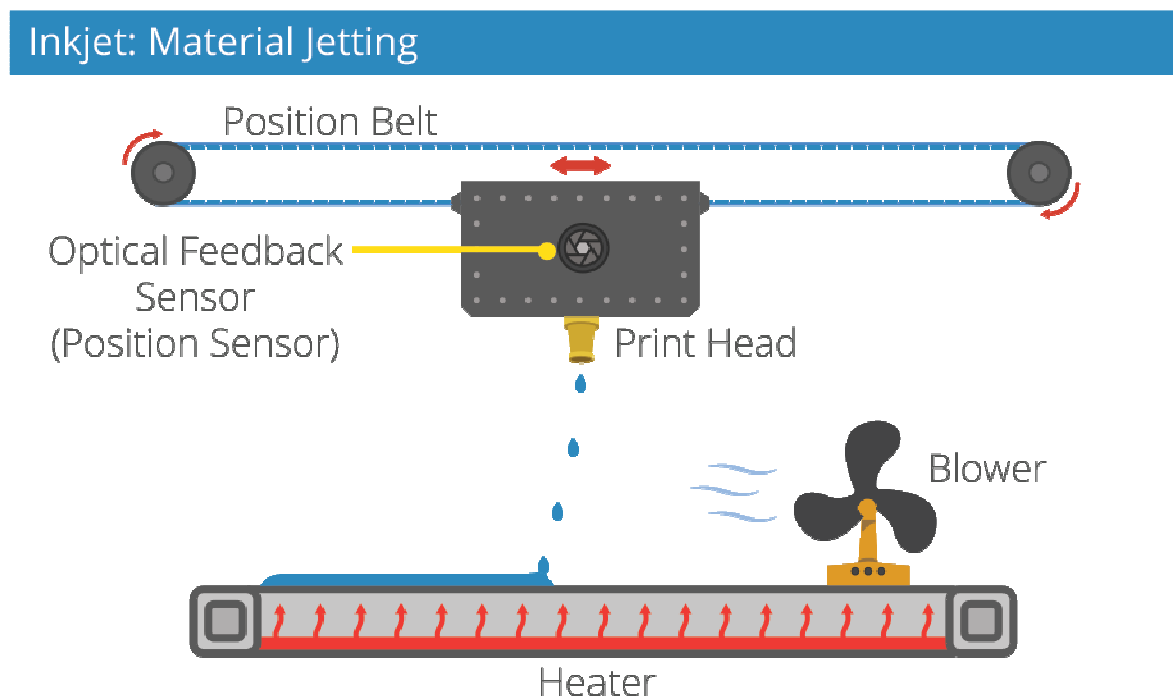
**Σχήμα 3. 5 Μέθοδος Binder Jetting**

Binder Jetting: όπου το υλικό που εκτοξεύεται είναι ένα συνδεδεμένο υλικό, που επιλεκτικά ψεκάζεται σε ένα τραπέζι με σκόνη από το υλικό του τελικού αντικειμένου ένα στρώμα κάθε φορά για να δημιουργηθεί το απαιτούμενο εξάρτημα. Όπως συμβαίνει με τις άλλες μεθόδους που χρησιμοποιούν σκόνη υπάρχει ένα σύστημα αναβατορίου/τραπέζι, που μόλις ολοκληρωθεί ένα στρώμα, πέφτει σταδιακά και ένα ρολό ή λεπίδα λειαίνει την σκόνη πάνω από την επιφάνεια, πριν από το επόμενο πέρασμα της κεφαλής, με το συνδεδεμένο υλικό για την επόμενη στρώση να περάσει για να συγχωνευτεί με την προηγούμενη στρώση.

Πλεονεκτήματα αυτής της διαδικασίας, όπως και με την SLS, περιλαμβάνεται το γεγονός ότι η ανάγκη για υποστήριξη αναιρείται διότι η σκόνη στο τραπέζι παρέχει αυτήν τη λειτουργικότητα. Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί μια σειρά από

διαφορετικά υλικά, συμπεριλαμβανομένων κεραμικών ειδών και τροφίμων. Ένα περαιτέρω χαρακτηριστικό πλεονέκτημα της διαδικασίας είναι η δυνατότητα να προσθέσετε εύκολα μια πλήρη χρωματική παλέτα που μπορεί να προστεθεί στο συνδετικό υλικό που τροφοδοτεί την κεφαλή.

Τα μέρη που απορρέουν άμεσα από τη μηχανή, ωστόσο, δεν είναι τόσο αντοχής όσο με πυροσυσσωμάτωσης πολυκρυσταλλικών και απαιτούν επιπλέον επεξεργασία για να εξασφαλιστεί η ανθεκτικότητα.



**Σχήμα 3. 6 Μέθοδος Material Jetting**

Material jetting: μια 3D εκτύπωσης διαδικασία με την οποία τα υλικά της κατασκευής (σε υγρό ή λιωμένο κατάσταση) εκτοξεύονται επιλεκτικά μέσα από πολλαπλές κεφαλές jet, ενώ από άλλες ταυτόχρονα εκτοξεύονται υλικά υποστήριξης. Ωστόσο, τα υλικά τείνουν να είναι υγρό photopolymers, τα οποία στερεοποιούνται με ένα πέρασμα του UV φως, όπως κάθε στρώμα έχει κατατεθεί.

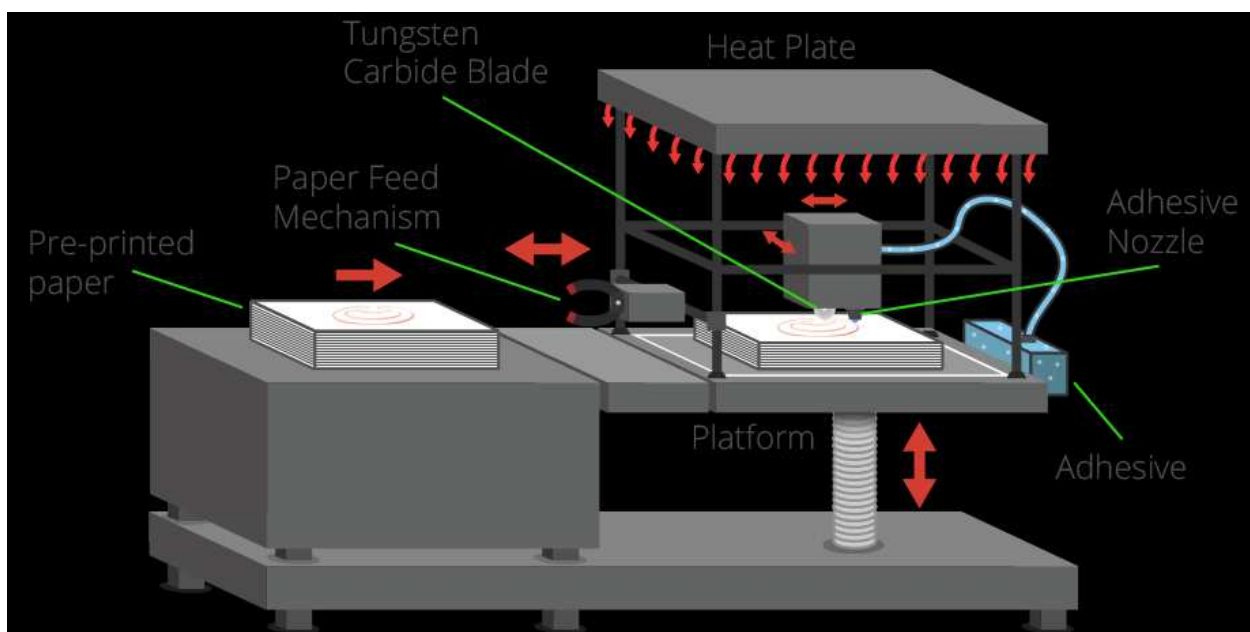
Η φύση αυτού του προϊόντος επιτρέπει την ταυτόχρονη απόθεση μιας γκάμας υλικών, πράγμα που σημαίνει ότι ένας ενιαίο μέρος μπορεί να παραχθεί από πολλών ειδών υλικά με διαφορετικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες. Η συγκεκριμένη

είναι μια μέθοδος πολύ ακριβή 3D εκτύπωση, που παράγουν ακριβή μέρη με ένα πολύ λείο φινίρισμα.

### ΣΤ. SDL (Selective Deposition Lamination)

SDL είναι μια καταχωρημένη μέθοδος 3D εκτύπωσης που αναπτύσσεται και κατασκευάζεται από την Mcor Technologies. Ομοιάζει με τη διαδικασία κατασκευής από συγκολλημένα φύλλα αντικειμένου (LOM) που αναπτύχθηκε από την Helisys στη δεκαετία του 1990 λόγω ομοιοτήτων σε δημιουργία και διαμόρφωση φύλλων από χαρτί για να διαμορφώσει το τελικό μέρος αυτής της διαδικασίας.

Η διαδικασία SDL 3D εκτύπωσης χτίζει εξαρτήματα, στρώμα με στρώμα χρησιμοποιώντας απλό αντιγραφικό χαρτί. Κάθε νέο στρώμα είναι ενωμένο στο προηγούμενο στρώμα, χρησιμοποιώντας μια κόλλα, η οποία εφαρμόζεται επιλεκτικά σύμφωνα με τα 3D δεδομένα που παρέχονται στο μηχάνημα. Αυτό σημαίνει ότι έχει κατατεθεί μια πολύ υψηλότερης πυκνότητας από κόλλα στην περιοχή που θα γίνει το εξάρτημα και μια πολύ χαμηλότερης πυκνότητας κόλλα που εφαρμόζεται στη γύρω περιοχή που θα χρησιμεύσουν ως η υποστήριξη, εξασφαλίζοντας σχετικά εύκολη αφαίρεση της υποστήριξης.



**Σχήμα 3. 7 Μέθοδος SDL (Selective Deposition Lamination)**



Αφού τροφοδοτείται ένα νέο φύλλο χαρτιού στον 3D εκτυπωτή από το μηχανισμό τροφοδοσίας και τοποθετείται στην κορυφή και επιλεκτικά εφαρμόζονται κόλλα για την προηγούμενη στρώση, η πινακίδα μεταφέρεται σε μια πλάκα θερμότητας και πίεση εφαρμόζεται. Αυτή η πίεση εξασφαλίζει ένα δεσμό ανάμεσα στα δύο φύλλα χαρτιού. Η πινακίδα στη συνέχεια επιστρέφει στο ύψος της κατασκευής όπου ένα ρυθμιζόμενο κοπίδι βολφραμίου κόβει ένα φύλλο χαρτιού κάθε φορά, ληλατώντας το περίγραμμα του αντικειμένου για να δημιουργηθούν τα άκρα του εξαρτήματος. Όταν ολοκληρωθεί αυτή η ακολουθία κοπής, η 3D εκτυπωτής καταθέτει το επόμενο στρώμα της κόλλας και ούτω καθεξής μέχρι να ολοκληρωθεί το μέρος.

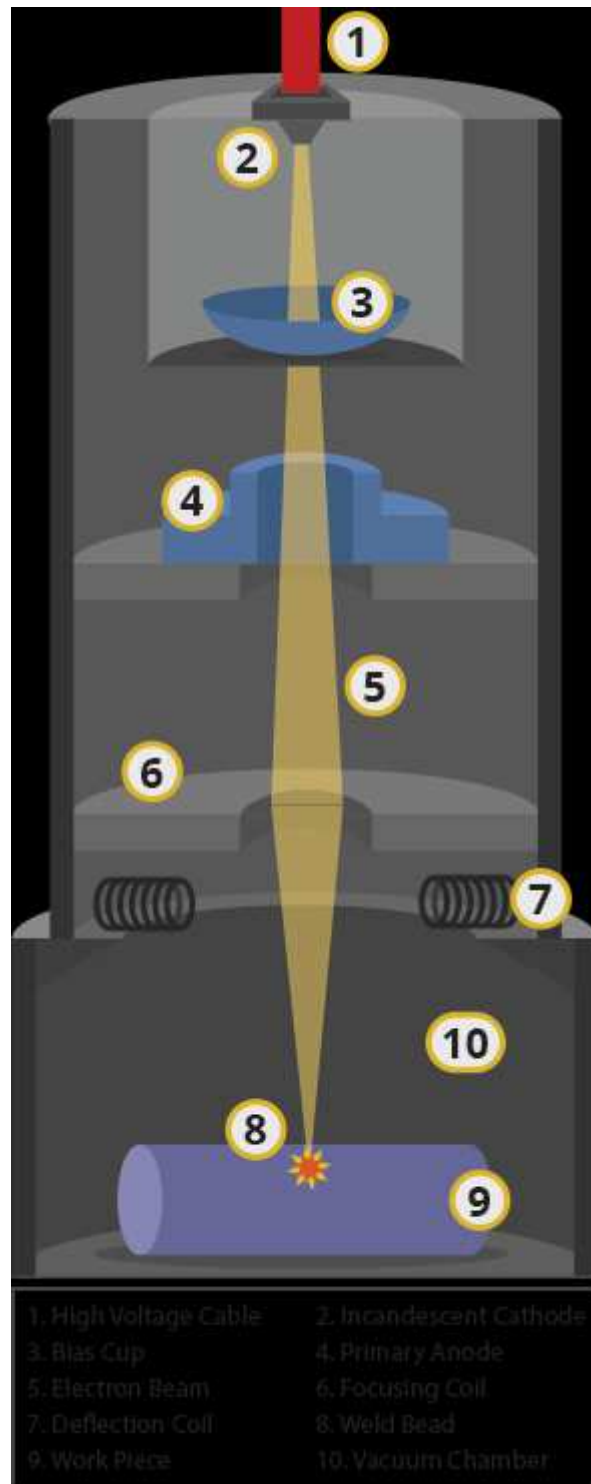
Η SDL είναι μία από τις πολύ λίγες 3D εκτύπωσης διεργασίες που μπορεί να παράγει έγχρωμες 3D εκτυπώσεις, χρησιμοποιώντας μια παλέτα χρώματος CYMK. Και επειδή τα αντικείμενα αποτελούνται από απλό χαρτί, που δεν απαιτούν μετά επεξεργασία, είναι εντελώς ασφαλές και φιλικό προς το περιβάλλον. Εκεί που η διαδικασία δεν είναι σε θέση να ανταγωνιστεί ευνοϊκά με άλλες διαδικασίες 3D εκτύπωσης είναι στην παραγωγή σύνθετων γεωμετριών και στο ότι το μέγεθος της κατασκευής είναι περιορισμένη στο μέγεθος της πρώτης ύλης.

## Z. EBM (The Electron Beam Melting)

Η Electron Beam τήξης 3D τεχνική εκτύπωσης είναι μια καταχωρημένη διαδικασία που αναπτύχθηκε από την σουηδική εταιρεία Arcam. Αυτή η μέθοδος εκτύπωσης μετάλλου είναι πολύ παρόμοια με τη διαδικασία απευθείας μέταλλο λέιζερ πυροσυσσωμάτωσης (DMLS) όσον αφορά το σχηματισμό των τμημάτων από μέταλλο σε σκόνη. Η βασική διαφορά είναι η πηγή της θερμότητας, η οποία, όπως υποδηλώνει το όνομα είναι μια δέσμη ηλεκτρονίων, παρά ένα λέιζερ, το οποίο προϋποθέτει ότι η διαδικασία διεξάγεται σε συνθήκες κενού αέρος.

Η EBM έχει τη δυνατότητα της δημιουργίας πλήρως στερών και πυκνών εξαρτημάτων σε μια ποικιλία από μεταλλικά κράματα, ακόμη και για την ιατρική βιομηχανία, και ως αποτέλεσμα η τεχνική υπήρξε ιδιαίτερα επιτυχής για μια σειρά

από εφαρμογές παραγωγής για εμφυτεύματα. Ωστόσο, άλλοι τομείς υψηλής τεχνολογίας όπως η αεροδιαστημική και η βιομηχανία αυτοκινήτων έχουν επίσης υιοθετήσει την EBM τεχνολογία για την κατασκευή εξαρτημάτων.



**Σχήμα 3. 8 Μέθοδος EBM (The Electron Beam Melting)**

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### **3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ**

#### **4.1 Εφαρμογές 3D εκτύπωσης**

Συνήθεις εφαρμογές περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό, την κατασκευή προτύπων, την χύτευση μετάλλων, την αρχιτεκτονική, και την εκπαίδευση. Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν την ανακατασκευή απολιθωμάτων στην παλαιοντολογία, την αντιγραφή αρχαίων και ανεκτίμητων έργων τέχνης στην αρχαιολογία, την ανακατασκευή των οστών του σώματος στην ιατροδικαστική παθολογία και την ανάκτηση στοιχείων που συγκεντρώθηκαν από τις έρευνες σε τόπους εγκλήματος. Η 3D εκτύπωση παρουσιάζει πλέον τέτοιες δυνατότητες, ώστε να μπορεί να παράγει ένα εξατομικευμένο αντίγραφο ισχίου, με την άρθρωση μόνιμα μέσα στην υποδοχή. Με αποτέλεσμα ακόμη και σε τρέχουσες αναλύσεις εκτύπωσης τα αποτελέσματα δεν απαιτούν λείανση.

#### **4.2 Βιομηχανικοί τομείς που εφαρμόζεται η 3D εκτύπωση**

Η χρήση των τεχνολογιών 3D εκτύπωσης επιτρέπουν την αναπαραγωγή των πραγματικών αντικειμένων, χωρίς τη χρήση τεχνικών διαμόρφωσης (όπως στις μηχανές CNC), όπου σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να είναι πιο ακριβές, πιο δύσκολες ή πολύ επεμβατικές για να πραγματοποιηθούν. Ιδιαίτερα σε πολύτιμα ή ευαίσθητα αντικείμενα της πολιτιστικής κληρονομιάς, η άμεση επαφή των ουσιών αυτών θα μπορούσε να βλάψει την διαμόρφωση της επιφάνειας του αρχικού αντικειμένου. Βιομηχανικοί 3D εκτυπωτές έχουν υπάρξει από τις αρχές της δεκαετίας του 1980, και έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς για την ταχεία

πρωτοτυποποίηση και για ερευνητικούς σκοπούς, αλλά με την πτώση των τιμών και την εύρεση νέων τεχνικών παρατηρείται μια άνθηση στον τομέα αυτό.

### **4.3 Παραδείγματα (case studies)**

#### 4.3.1 Εξαρτήματα σε τζετ κινητήρα κατασκευασμένο με 3D εκτύπωση

Η GE Aviation παίρνει πιστοποίηση, από την εθνική υπηρεσία πολιτικής αεροπορίας των ΗΠΑ (FAA), για το πρώτο εξάρτημα σε τζετ κινητήρα κατασκευασμένο με 3D εκτύπωση.



***Σχήμα 4. 1 Εξάρτημα αεροσκάφους εκτυπωμένο με τεχνολογία 3D***

Πριν από λίγο καιρό, η General Electric ανακοίνωσε ότι η FAA (Ομοσπονδιακή Διοίκηση Αεροπορίας των ΗΠΑ) πιστοποίησε το πρώτο 3D κατασκευασμένο εξάρτημα προκειμένου να χρησιμοποιηθεί σε δοκιμαστική πτήση σε αεροπλάνο .

Το κέλυφος T25 προορίζεται για έναν αισθητήρα θερμοκρασίας εισόδου του συμπιεστή που κατασκευάστηκε από την GE Aviation και θα τοποθετηθεί σε πάνω από 400 μηχανές GE90-94B τζετ για το αεροσκάφος Boeing 777.

Το κέλυφος που κατασκευάστηκε με τη μέθοδο της 3D εκτύπωσης προστατεύει τον αισθητήρα θερμοκρασίας εισόδου του συμπιεστή από το να παγώσει και να πάθει

ζημιιά από την πίεση του αέρα στο εσωτερικό του τζετ κινητήρα. Η λήψη Πιστοποίησης σημαίνει ότι αυτό το μέρος είναι πλέον εγκεκριμένο και κατάλληλο για να τοποθετηθεί σε κινητήρες εμπορικών αεριωθούμενων από την GE.

Η GE συνεργάζεται επί του παρόντος με την Boeing για να εγκαταστήσει αυτό το νέο μέρος σε πάνω από 400 μηχανές GE90-94B που χρησιμοποιούνται για το νέο υψηλής τεχνολογίας αεροσκάφος Boeing 777.

Φυσικά η GE Aviation δεν σταματάει σε ένα μόνο εξάρτημα. Έχει ξεκινήσει και η κατασκευή ενός ακροφύσιου καυσίμου για να εγκατασταθεί σε μηχανές τζετ LEAP. Αυτό το 3D εκτυπωμένο εξάρτημα είναι πέντε φορές πιο ανθεκτικό από το συνήθη τρόπο παραγωγής, 25% πιο ελαφρύ, ψύχεται πιο γρήγορα λόγω των εσωτερικών δομών ψύξης και χρειάζεται ένα μόνο εξάρτημα με αυτόν τον τρόπο αντί για δεκαοκτώ! (18).

Η αναφορά της GE γράφει:

Θα έπαιρνε κανονικά στην GE αρκετά χρόνια για να σχεδιάσει και να πρωτοτυποποιήσει αυτό το εξάρτημα, αλλά η ομάδα της GE είναι σε θέση τώρα να γλυτώσει περίπου ένα χρόνο (1 έτος) από τη διαδικασία κατασκευής.

«Ο 3D εκτυπωτής μετάλλου μας επέτρεψε να έχουμε γρήγορα ένα πρωτότυπο ή και πρότυπο εξάρτημα, βρήκαμε τον καλύτερο σχεδιάσμά για να προχωρήσουμε γρήγορα στην παραγωγή, » λέει ο Bill Millhaem, γενικός διευθυντής για τα προγράμματα των κινητήρων GE90 και GE9X στην GE Aviation.

«Πήραμε το τελικό σχέδιο τον περασμένο Οκτώβριο, ξεκινήσαμε την παραγωγή, το δώσαμε στην FAA για να πιστοποιηθεί το Φεβρουάριο, και τέθηκε στην υπηρεσία την επόμενη εβδομάδα. Εμείς ποτέ δεν θα μπορούσαμε να το κάνουμε αυτό με την παραδοσιακή διαδικασία χύτευσης».

Ο Τζόναθαν Κλαρκ, διευθυντής του προγράμματος για το έργο, αναφέρει ότι η ομάδα κατέληξε με μια ταχύτερη και απλούστερη σχεδίαση με ανώτερες ιδιότητες υλικών. «Όταν βρήκαμε μια εφαρμόσιμη λύση, πήγε κατευθείαν στην παραγωγή» λέει ο Clarke. «Αυτή η τεχνολογία είναι μια σημαντική ανακάλυψη».

Η GE Aviation έχει κάνει μεγάλες επενδύσεις στον τομέα αυτό στο εργοστάσιό της στην Αλαμπάμα.

Η αεροδιαστημική βιομηχανία καθίσταται ο κύριος μοχλός αυτών των κατασκευών και την εφαρμογή τους σε κρίσιμες υποδομές και χρόνους ζωής. Αν βρίσκετε αυτή την ιστορία ενδιαφέρουσα μπορείτε να ελέγξετε τα άλλα διπλώματα ευρεσιτεχνίας της Boeing στην ιστοσελίδα [www.3dprinting.com/news/boeing-wants-to-patent-3d-printing-of-aircraft-parts/](http://www.3dprinting.com/news/boeing-wants-to-patent-3d-printing-of-aircraft-parts/).

Η Neff Capital εγκαινιάζει την Sintavia, κατασκευάστρια εταιρία για 3D εκτυπωμένα εξαρτήματα αεροσκαφών σε μια επένδυση δέκα (10) εκατομμυρίων δολαρίων.



**Σχήμα 4. 2 Εξάρτημα εκτυπωμένο με 3D τεχνολογία**

Ενώ έχουμε δει μια ταχεία ποσοτική αύξηση του ρυθμού κατασκευής εξαρτημάτων με τεχνολογίες παραγωγής 3D, σε πολλές βιομηχανίες εντός του τελευταίου χρόνου, οι εταιρίες του κλάδου της αεροδιαστημικής άρχισαν φαίνεται να δείχνουν ολοένα και μεγαλύτερο ενδιαφέρον μέρα με τη μέρα για αυτές τις τεχνολογίες.

Ενώ η ευκολία δημιουργίας προσαρμοσμένων τμημάτων μέσα σε λίγες ώρες ή μέρες είναι αρκετό για να δελεάσει πολλούς κατασκευαστές, μια πρόσφατη μελέτη που χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Ενέργειας των ΗΠΑ, του τμήματος «Advance Manufacturing» βρέθηκε ότι το βάρος των αεροσκαφών μπορεί να μειωθεί κατά 7% μόνο με την αντικατάσταση των συμβατικά κατασκευασμένων εξαρτημάτων με άλλα που είναι κατασκευασμένα με 3D εκτύπωση.

Πριν από λίγο καιρό, οι εταιρίες Constellium, Stelia Aerospace και CT Ingenierie συνεργάστηκαν για τη δημιουργία μεγάλης κλίμακας κατασκευές με 3D εκτύπωση, όπως 3D εκτύπωση σε ατράκτους αεροπλάνων, κατασκευή που παρουσιάζει τεράστια ανάπτυξη, τόσο για την αεροδιαστημική βιομηχανία όσο και την παραγωγή εξαρτημάτων με αυτούς τους καινοτόμους τρόπους. Σήμερα, έχει ήδη ξεκινήσει μια ακόμη πρωτοβουλία για να διερευνήσει την περαιτέρω κατασκευή με 3D εκτύπωση στο άμεσο μέλλον στην αεροδιαστημική βιομηχανία.

Η Neff Capital Management LLC, μια εταιρεία ιδιωτικού μετοχικού κεφαλαίου που εδρεύει στο Ft. Lauderdale της Φλόριντα, ανακοίνωσε ότι έχει δημιουργήσει μια νέα εταιρία της οποίας πρωταρχικός στόχος είναι η ανάπτυξη παραγωγής εξαρτημάτων για την αεροδιαστημική και αμυντική βιομηχανία (original equipment manufacturers, OEMs) σε όλο τον κόσμο με τη μέθοδο της γρήγορης κατασκευής.

Η νέα εταιρία, η οποία ονομάζεται Sintavia, LLC, εδρεύει στο Davie της Φλόριντα και χρησιμοποιεί 3D εκτυπωτές για την κατασκευή εξαρτημάτων που βασίζονται στις αυστηρές προδιαγραφές ποιοτικού ελέγχου που απαιτούνται από την αεροδιαστημική και αμυντική βιομηχανία.

Επιπλέον, στις εγκαταστάσεις της θα λειτουργεί εργαστήριο μεταλλουργίας και μετρολογίας, συμπληρώνοντας τις εγκαταστάσεις παραγωγής σε έρευνα και ανάπτυξη. Επί του παρόντος, το εργαστήριο είναι σε θέση να εκτελέσει μια σειρά από δοκιμές για τον έλεγχο της ποιότητας παραγωγής τους - σε σκληρότητα,

κόπωση και αντοχή, καθώς επίσης και τις επιπτώσεις σε διάφορες θερμοκρασίες και εφελκυσμό.

«Είμαστε ενθουσιασμένοι που αποτελούμε μέρος της επερχόμενης βιομηχανικής επανάστασης της αεροδιαστημικής και αμυντικής βιομηχανίας» δήλωσε ο Brian Neff, Διευθύνων εταίρος της Neff Capital Management. «Μέσα στα επόμενα χρόνια, όλο και περισσότερες μονάδες παραγωγής μετατοπίζονται προς αυτήν την παραγωγή σε αυτή τη βιομηχανία, καθώς επίσης και κατασκευαστές με εξαιρετικό ποιοτικό έλεγχο, όπως η εταιρία Sintavia και θα έχουν υψηλή ζήτηση από τους αναγνωρισμένους κατασκευαστές αμυντικών εφαρμογών (OEMs)».

Η Neff Capital θα επενδύσει 10 εκατομμύρια δολάρια σαν κεφάλαιο αρχικής επένδυσης για τα επόμενα δύο χρόνια, καθώς η Sintavia θα εδραιώνει τη θέση της στην αγορά και θα μεγαλώνει η ικανότητα της να ανταποκρίνεται στις πιο απαιτητικές παραγγελίες παραγωγής. Μεταξύ άλλων η εταιρία θα χρησιμοποιήσει για την παραγωγή και την έρευνα τρία μηχανήματα SLM Solutions SLM 280HL με σύστημα διπλού λέιζερ για την παραγωγή μεταλλικών εξαρτημάτων, ένα σκάνερ ATOS μπλε φωτός, ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης Hitachi S-3400N-II, και ένα Ametek SPECTROMAXx F, οπτικός Φασματοσκοπικός αναλυτής.

«Μέσα σε 20 χρόνια, θα υπάρξει μια ριζοσπαστική αλλαγή στον τρόπο που κατασκευάζονται εξαρτήματα στο χώρο της αεροδιαστημικής και αμυντικής βιομηχανίας. Ωστόσο, οι παραγωγοί οι οποίοι δεν καταλαβαίνουν ή δεν μπορούν να παράγουν εξαρτήματα με αυτούς τους τρόπους δεν θα βρίσκονται στην μελλοντική αλυσίδα εφοδιασμού των αναγνωρισμένων κατασκευαστών αμυντικών εφαρμογών (OEMs)», πρόσθεσε ο Neff.

#### 4.3.2 Κατασκευή εξαρτημάτων για πλοία με 3D εκτύπωση

Ολλανδική Ναυτική κοινοπραξία συγκροτεί ομάδα με το NLR για την έρευνα κατασκευής εξαρτημάτων για πλοία με 3D εκτύπωση.





**Σχήμα 4. 3 Προπέλα εκτυπωμένη σε 3D εκτυπωτή**

Ενώ η υψηλής ποιότητας 3D εκτύπωση χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο για την κατασκευή μεταλλικών εξαρτημάτων στη βαριά αεροπορική και αεροδιαστημική βιομηχανία, αρχίζει πλέον να εισβάλλει και στη Ναυπηγική. Νωρίτερα φέτος, μάθαμε ότι κινεζικά πολεμικά πλοία έχουν αρχίσει να εξοπλίζονται με 3D εκτυπωτές έκτακτης ανάγκης για ανταλλακτικά, αλλά και τα εμπορικά ναυπηγεία αρχίζουν τώρα να εξετάζουν τη δημιουργία ενός ευρέως φάσματος κατασκευής εξαρτημάτων των πλοίων με αυτήν την τεχνολογία. Το δρόμο δείχνει μια Ολλανδική κοινοπραξία 27 ναυπηγείων που σχετίζονται με τις συγκεκριμένες επιχειρήσεις. Στο πλαίσιο του έργου «3D Εκτύπωση Ναυτιλιακών Ανταλλακτικών», η κοινοπραξία έχει συνεργαστεί με το NLR για να μελετήσουν την ποιότητα και την αντοχή των 3D εκτυπωμένων μεταλλικών εξαρτημάτων σε θαλάσσιες συνθήκες.

Για όσους δεν έχουν ακούσει για το NLR απλά να αναφέρουμε ότι το NLR είναι το Εθνικό Εργαστήριο Αεροδιαστημικής, ένα ανεξάρτητο γνωστικό και ερευνητικό ινστιτούτο στην Ολλανδία. Ειδικεύεται στην αεροδιαστημική καινοτομία, αναπτύσσει βιώσιμες λύσεις για ένα μεγάλο και ευρύ φάσμα τεχνικών εφαρμογών, χρησιμοποιώντας τελευταίες τεχνολογίες. Με λίγα λόγια είναι ο τέλειος συνεργάτης,

για όσους προσπαθούν να κάνουν τις επιστημονικές τεχνολογικές ανακαλύψεις πράξη, όπως ακριβώς είναι αυτό που η προαναφερθείσα κοινοπραξία έψαχνε.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, το NLR θα κατασκευάσει με 3D εκτύπωση και θα δοκιμάσει τέσσερα εξαρτήματα για πλοία (αρχικά, με τον αριθμό που αναμένεται να αυξηθεί σε τριάντα) για τη ναυτιλιακή κοινοπραξία, συμπεριλαμβανομένων βιδών, ροδελών και συνδέσμων αγωγών για υγρά. Όλα τα εξαρτήματα αναμένεται να ολοκληρωθούν και να δοκιμαστούν στους επόμενους μήνες, με τα πρώτα αποτελέσματα να είναι προγραμματισμένα για τον Σεπτέμβριο. Η πρωτοβουλία για το έργο αυτό είχε ληφθεί από το Innovation Quarter, το λιμάνι του Ρότερνταμ και την RDM Makerspace, που μόλις πρόσφατα υπέγραψαν τη συμφωνία.

Συγκεκριμένα, το NLR έχει οριστεί να δοκιμάσει αυτά τα 3D κατασκευασμένα εξαρτήματα για την καταλληλότητα σε ανοικτή θάλασσα. Αυτό σημαίνει ότι η λειτουργικότητα και η ακεραιότητα (αναφέρονται στη σταθερότητα, ακαμψία και αντοχή) αποτελούν τομείς ζωτικής σημασίας, επιτρέποντας στα ναυπηγεία να κρίνουν την καταλληλότητά τους. Η οικονομική σκοπιμότητα είναι επίσης ένας τομέας που θα πρέπει να αναθεωρηθεί για προφανείς λόγους.

Όπως δήλωσε ο Robert Van Herwaarden από την εταιρία AEGIR-Marine Production, μία από τους εταίρους, η κατασκευή μέσα από την 3D εκτύπωση ήταν στη σκέψη τους για κάποιο χρονικό διάστημα, συγκεκριμένα είπε: «Η καινοτομία είναι μία από τις προτεραιότητές μας και είχαμε ήδη εξερευνήσει τη δυνατότητα κατασκευής εξαρτημάτων με 3D εκτύπωση για την επιχείρησή μας. Η ένωση μας σε αυτήν την κοινοπραξία ήταν, ως εκ τούτου, αναμενόμενη. Βρήκα ότι η επιλογή των τεσσάρων τελικών προϊόντων είναι μια διαδικασία μάθησης για την επιχείρησή μας. Θα μάθουμε τι μπορεί να κατασκευαστεί με 3D εκτύπωση; Εάν είναι κερδοφόρα η κατασκευή και ποια είναι τα οφέλη».

Ωστόσο, η κατασκευή με 3D εκτύπωση έχει ήδη αποδείξει την αξία της στην ταχύτητα. Μερικές φορές, λένε στην ιστοσελίδα του NLR, η ταχύτητα είναι το κλειδί της λύσης. Όταν ένα πλοίο βρίσκεται σε ένα λιμάνι στην άλλη πλευρά του πλανήτη και είναι σε απελπιστική ανάγκη για ένα πολύ συγκεκριμένο ανταλλακτικό, η κατασκευή με 3D εκτύπωση θα είναι προφανώς η πρώτη επιλογή για την επίλυση αυτού του προβλήματος σε όσο το δυνατό λιγότερο χρόνο. Αλλά σε μεγαλύτερη κλίμακα, αυτές οι δοκιμές θα χρησιμεύσουν ως βάση για τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων που θα επιτρέψει στους ναυτιλιακούς εταίρους να επανεξετάσουν και να επιλέξουν διάφορα υλικά, τις μεθόδους παραγωγής και φινιρίσματος με αυτές τις τεχνολογίες στο εγγύς μέλλον. Αυτό, ελπίζουν, θα προσφέρει στους συμμετέχοντες τη δυνατότητα να κρίνουν σωστά και με ακρίβεια τις νέες τεχνολογικές δυνατότητες στο εγγύς μέλλον. «Αυτά τα τεστ για το NLR είναι επίσης ένας πολύ καλός τρόπος για να εξοικειωθεί με τις πρακτικές δοκιμές στο ναυτιλιακό κόσμο», προσθέτει ο Paul Arendsen του NLR.

Η πρόοδος της μελέτης θα παρουσιαστεί κατά τη διάρκεια του συνεδρίου World Harbor Days στο Ρότερνταμ το Σεπτέμβριο, ενώ τα ίδια τα αποτελέσματα θα είναι το θέμα ενός πραγματικού 3D συνεδρίου εκτύπωσης που πρόκειται να οργανωθεί στο λιμάνι του Ρότερνταμ το φθινόπωρο. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τη σκοπιμότητα της κατασκευής ναυτιλιακών εξαρτημάτων με 3D εκτύπωση λογικά θα ακολουθήσουν στο εγγύς μέλλον.

#### 4.3.3 Contour Crafting για σπίτια κατασκευασμένα με 3D εκτύπωση

Μια εντελώς διαφορετική και καινοτόμα περίπτωση για το μέλλον είναι πραγματικά σπίτια κατασκευασμένα με 3D εκτύπωση μέσα στα επόμενα πέντε έως δέκα χρόνια.

Η τεχνολογία κατασκευής ολόκληρων σπιτιών με 3D εκτύπωση είναι στο δρόμο της και Αυστραλοί ερευνητές πιστεύουν ότι θα φέρει μοναδικά πλεονεκτήματα στη στεγαστική αγορά, όπως η οικονομικά προσιτή στέγαση, καταφύγια έκτακτης

ανάγκης, καθώς και την αρχιτεκτονική ευελιξία και όλα αυτά στο πολύ κοντινό μέλλον.

Η ανάγκη για ασφαλή και οικονομικά προσιτή στέγαση είναι μεγαλύτερη από ποτέ. Σύμφωνα με πρόσφατα δημοσιεύματα, η γενιά μας βιώνει το μεγαλύτερο κύμα αστικοποίησης στην παγκόσμια ιστορία, με πάνω από 800 εκατομμύρια ανθρώπους να αναγκάζονται να ζουν σε φτωχογειτονιές και ένα διαρκώς διευρυνόμενο χάσμα οικονομικά προσιτής στέγασης. Με το ρυθμό αυτό, είμαστε στο δρόμο προς μια παγκόσμια κρίση στέγασης, καθώς με λιγότερους πόρους και αυξανόμενο κόστος εργασίας να επιδεινώνεται το πρόβλημα. Η κατασκευή ωστόσο κτιρίων με 3D εκτύπωση, είναι μια ρεαλιστική και πολλά υποσχόμενη λύση.



**Σχήμα 4. 4 Κατασκευή κτιρίων με την βοήθεια ρομπότ και τη διαδικασία *Contour Crafting***

Ένα ρομπότ αυτοματοποιεί τη διαδικασία της οικοδόμησης ενός σπιτιού, χρησιμοποιώντας την τεχνολογία *Contour Crafting*.

Ο Δρ. Hank Haesuler, ανώτερος λέκτορας Αρχιτεκτονικής του Πανεπιστημίου της Νέας Νότιας Ουαλίας είπε στα Αυστραλιανά Νέα, ότι η τεχνολογία ήταν στο επίκεντρο των πραγμάτων, όμως είναι θέμα εξεύρεσης των κατάλληλων πελατών, προγραμματιστών και οικοδόμων. "Νομίζω ότι σίγουρα πρόκειται να γίνουν

πραγματικότητα... Νομίζω ότι σε πέντε με δέκα χρόνια θα δούμε όλο και περισσότερα κατασκευασμένα σπίτια και συνδέσμους με 3D εκτύπωση», είπε. Για παράδειγμα, οι ερευνητές στο RM1T Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μελβούρνης έχουν ήδη αναπτύξει έναν σύνδεσμο κατασκευασμένο με 3D εκτύπωση που θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για τη σύνδεση επίπεδων τσιμεντένιων τοίχων με άλλα μέρη του κτιρίου.

Εν τω μεταξύ στο Πανεπιστήμιο της Νότιας Καλιφόρνιας, εδώ και δέκα χρόνια, είναι στα σκαριά μια τεχνολογία που ονομάζεται Contour Crafting technology. Αυτή είναι μια κατασκευή σε στρώσεις, που δημιουργήθηκε από τον Δρ Behrokh Khoshnevis, η οποία επιτρέπει, είτε την κατασκευή ενός ενιαίου σπιτιού, ή ακόμη και μιας ολόκληρης γειτονιάς αυτόματα με μια ενιαία διαδικασία. Τελικά, ο Δρ Khoshnevis προβλέπει ότι ένα διώροφο σπίτι θα μπορούσε να κατασκευαστεί εξ ολοκλήρου από το πάτωμα μέχρι τη στέγη μέσα σε 24 ώρες, χωρίς να χρειάζεται καθόλου ανθρώπινο χέρι. Επιπλέον, έχουμε ήδη δει την κινεζική εταιρεία WinSun να έχει κατασκευάσει με εκτύπωση 10 κτίρια και την ψηλότερη εκτυπωμένη πολυκατοικία του κόσμου, έτσι η ιδέα ότι οικογένειες θα ζουν σε 3D εκτυπωμένα σπίτια δεν είναι και τόσο παρατραβηγμένη.

Φυσικά, η τεχνολογία βρίσκεται ακόμα σε πειραματικό στάδιο και παρουσιάζει προκλήσεις για την εμπορική βιομηχανία των ακίνητων. Ο Δρ. Khoshnevis προειδοποίησε για παράδειγμα, ότι ενώ η 3D εκτύπωση μπορεί να χτίσει το βασικό κέλυφος του κτιρίου, «υπάρχουν πολλά περισσότερα που χρειάζεται ένα σπίτι». Για να ξεκινήσουν αυτοί οι 3D εκτυπωτές για κτίρια μεγάλης κλίμακας

θα πρέπει να γίνουν εκτεταμένες δοκιμές πριν να είναι τεχνολογικά πιστοποιημένοι για να λειτουργήσουν με επιτυχία στην αγορά. Ακόμη και όταν έρθει αυτή η μέρα, θα πάρει αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα για την επίτευξη του ανταγωνιστικού κόστους για την πλήρη κατασκευή με 3D εκτύπωση.

Επί του παρόντος, ο Δρ. Khoshnevis πιστεύει ότι ένα παραδοσιακά 3D κατασκευασμένο σπίτι θα μπορούσε να είναι περίπου 10% φθηνότερο από ό, τι χρησιμοποιώντας κανονικές μεθόδους κατασκευής, ενώ οι οικονομίες για μικρά σπίτια ή καταφύγια έκτακτης ανάγκης θα είναι σημαντικά υψηλότερο. Ωστόσο, ο Δρ. Haeusler νομίζει ότι είναι ακόμη πολύ νωρίς για να δούμε κάποια οικονομικά οφέλη. "Νομίζω ότι για το πρότυπο ενός τυπικού σπιτιού στην Αυστραλία, δεν θα βρείτε κανένα σημείο εύκολο για 3D εκτύπωση, επειδή μπορείτε εύκολα να πάτε και να αγοράσετε τα εξαρτήματα που απαρτίζουν το σχέδιο του σπιτιού, όπως τούβλα και άλλα υλικά, οπότε η κατασκευή με 3D εκτύπωση δεν θα συμβάλει στην οικονομικά προσιτή στέγαση, διότι η τεχνολογία δεν έχει φτάσει στο στάδιο όπου θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για μαζική εμπορική παραγωγή».

Η κατασκευή με 3D εκτύπωση στη στεγαστική αγορά θα πρέπει να περιμένει είτε να αυξηθεί το κόστος εργασίας ή να χαμηλώσει το κόστος της εκτύπωσης, όμως τόσο ο Δρ. Haeusler όσο και ο Δρ. Khoshnevis δίνουν πέρα από την οικονομία κόστους και απεριόριστη αρχιτεκτονική ευελιξία. "Ο χρόνος θα δείξει αν πραγματικά η 3D εκτύπωση θα είναι φθηνότερη, αλλά σίγουρα θα είναι δυνατόν να σχεδιαστούν και να κατασκευαστούν πολύπλοκα σχήματα", δήλωσε ο Δρ. Haeusler. Για παράδειγμα, ο ίδιος πιστεύει ότι αν το κτίριο της διάσημης όπερας του Σίδ-νεϋ άρχιζε να κτίζεται σήμερα, ο αρχιτέκτονας Jørn Utzon θα είχε προχωρήσει την κατασκευή του με 3D εκτύπωση για να δημιουργήσει την πλέον εμβληματική οροφή σχήματος κοχυλίου. Ο κόσμος πραγματικά θα άρχιζε να χρησιμοποιεί τις νέες τεχνολογίες.

Είτε το κύριο πλεονέκτημα των κατασκευών με 3D εκτύπωση καταλήξει να είναι η ταχύτητα, σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας, ή η ικανότητα να κάνει τα πιο τρελά μας όνειρα αρχιτεκτονική πραγματικότητα, ή όλα τα παραπάνω, δεν υπάρχει καμία αμφιβολία ότι οι ερευνητές από την Κίνα μέχρι την Αυστραλία θα προσπαθήσουν να φέρουν αυτήν την τεχνολογία στην επιφάνεια. Όλο και περιβαλλόμαστε από 3D εκτυπωμένα προϊόντα, είτε το αντιλαμβανόμαστε είτε όχι.

Με δεδομένη την εκθετική ταχύτητα με την οποία η τεχνολογία εξελίσσεται και την κατάσταση της παγκόσμιας στεγαστικής κρίσης, δεν είναι δύσκολο να φανταστεί κανείς ότι σε πέντε με δέκα χρόνια από τώρα οι κατασκευές σπιτιών με 3D εκτύπωση θα μπορούσε να πάει από το νεωτερισμό στην αναγκαιότητα μπροστά στα μάτια μας.

#### 4.3.4 Γιάννης Γεωργαράς και ο 3d εκτυπωτής blueprinter

Ο Γιάννης Γεωργαράς είναι ένας από τους σημαντικότερους αλλά και πολυβραβευμένους βιομηχανικούς σχεδιαστές της γενιάς του. Έχει βραβευθεί με το Red Dot Design Award 2008 για το σκαμπό tetra της εταιρείας Βαράγκη αλλά και με το Red Dot Design Award 2013 για τον σχεδιάσμό του πόμολου "2055" της εταιρείας CONVEX.



***Σχήμα 4. 5 Το σκαμπό Tetra σχεδιασμένο από τον Γιάννη Γεωργαρά, βραβευμένο με το Red Dot Design Award 2008.***

Ως φυσική συνέχεια της έντονης δημιουργικότητας του Γιάννη Γεωργαρά ήταν η προμήθεια του 3d εκτυπωτή blueprinter.

Η δυνατότητα εκτύπωσης στον blueprinter εύκαμπτων αλλά και ανθεκτικών μοντέλων από νάιλον, χωρίς υποστηρίγματα, επέτρεψε στο Γιάννη Γεωργαρά να

σχεδιάζει πολύπλοκες μορφές που χρησιμοποιούνται τόσο για τον έλεγχο του σχεδιασμού αλλά και ως πραγματικά αντικείμενα καθημερινής χρήσης.

Επιπλέον, η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης της πούδρας νάιλον από τον blueprinter προσφέρει μεγάλη οικονομία αλλά και πρακτικότητα.



**Σχήμα 4. 6 Το πόμολο που σχεδίασε ο Γιάννης Γεωργαράς και βραβεύτηκε με το Red Dot Design Award 2013**

Όμως, η χρήση του blueprinter, επέτρεψε στο Γιάννη Γεωργαρά να πάει ένα βήμα πιο μακριά. Μπορεί πλέον και χρησιμοποιεί τον blueprinter ως μονάδα παραγωγής ποιοτικών αντικειμένων και εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται κατ' ευθείαν από τον τελικό χρήστη ή τον πελάτη.

#### 4.3.5 Η μηχανολογία στην ιατρική

Ένα από τα μεγαλύτερα οφέλη της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην ιατρική είναι μέσω της διευκόλυνσης των μεταμοσχεύσεων οργάνων. Τώρα, οι επιστήμονες χρησιμοποιούν 3D εκτύπωση για να δημιουργήσουν τεχνητά όργανα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μεταμοσχεύσεις και να βοηθήσει τους ασθενείς. Για παράδειγμα, παραμορφωμένα μωρά που γεννιούνται χωρίς αυτί, μπορούν τώρα να τους δοθούν τεχνητά αυτιά μέσω 3D εκτύπωση. Η τεχνολογία που έχει αποδειχθεί ότι είναι μια μεγάλη ιατρική λύση σε ιδιαίτερες προκλήσεις πάνω στην μεταμόσχευση οργάνων.



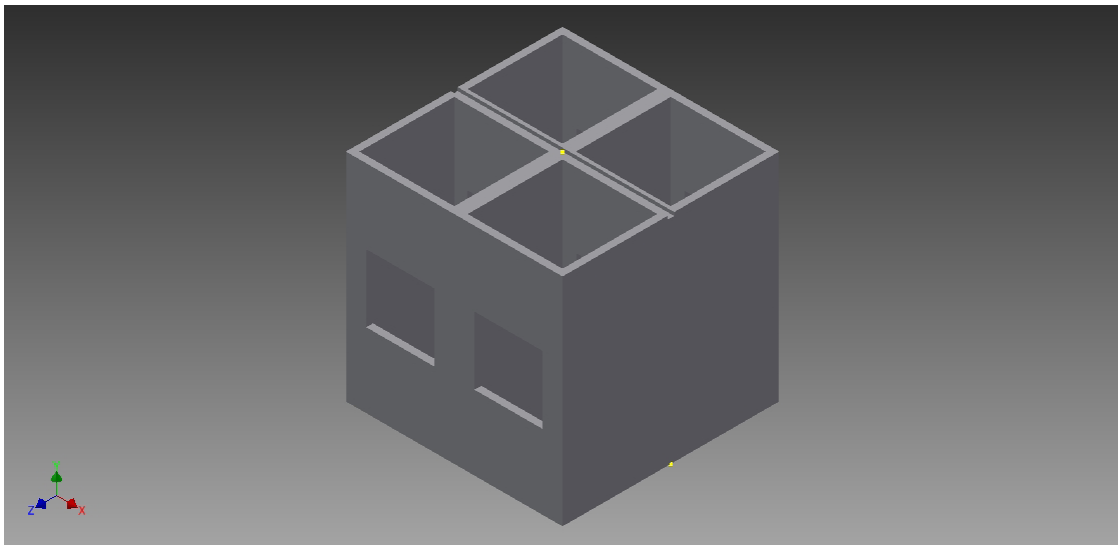
Πριν από την εποχή της 3D εκτύπωσης, οι ασθενείς που χρειάζονται απεγνωσμένα όργανο για μεταμόσχευση έπρεπε να περιμένουν σε μεγάλες λίστες για να έρθει η σειρά τους. Αυτό μερικές φορές δεν είχε το επιθυμητό αποτέλεσμα σε ορισμένους ασθενείς, ιδίως εκείνων των οποίων η κατάσταση ήταν κρίσιμη. Με την 3D εκτύπωση στο μέλλον, να χρησιμοποιείται για να δημιουργηθούν πολλά συμβατικά όργανα που απαιτούνται για τις μεταμοσχεύσεις, δεν θα υπάρξει ανάγκη να περιμένουν για τους δωρητές. Όργανα θα είναι κατασκευασμένα, άμεσα κατά παραγγελία, όταν χρειάζεται, εξ ου και θα σωθούν περισσότερες ζωές.

Μετά την επιτυχία της δημιουργίας κάποιων οργάνων και δομών μέσω 3D εκτύπωση, οι επιστήμονες εργάζονται τώρα στο πώς να δημιουργήσει τεχνητά μέλη χρησιμοποιώντας την τεχνολογία. Εάν είναι επιτυχής, αυτό θα είναι μια άλλη γιγαντιαία πρόοδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην ιατρική.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

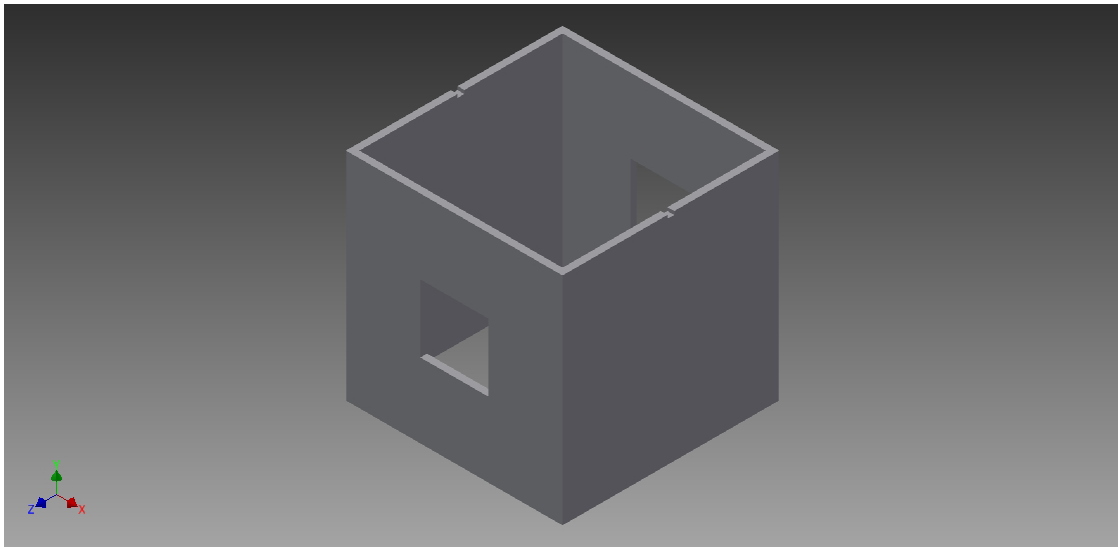
### ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ & ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Για το πρακτικό μέρος της εργασίας αυτής, ζητήθηκε να σχεδιαστούν και να εκτυπωθούν δοκίμια για το πειραματικό μέρος εργαστηριακής μελέτης. Σχεδιάστηκαν συναρμολογούμενα μέρη τα οποία δημιουργούν μικρογραφίες απλών κτιρίων με ανοίγματα (παράθυρα) ώστε να μελετηθεί η ροή του αέρα μέσα και γύρω από αυτά με εκπαιδευτική αεροσήραγγα. Η σχεδίαση των μερών αυτών έγινε με το πρόγραμμα Autodesk Inventor Professional 2015 σε τρισδιάστατη μορφή και παρακάτω παραθέτουμε σχήματα από αυτά τα σχέδια.



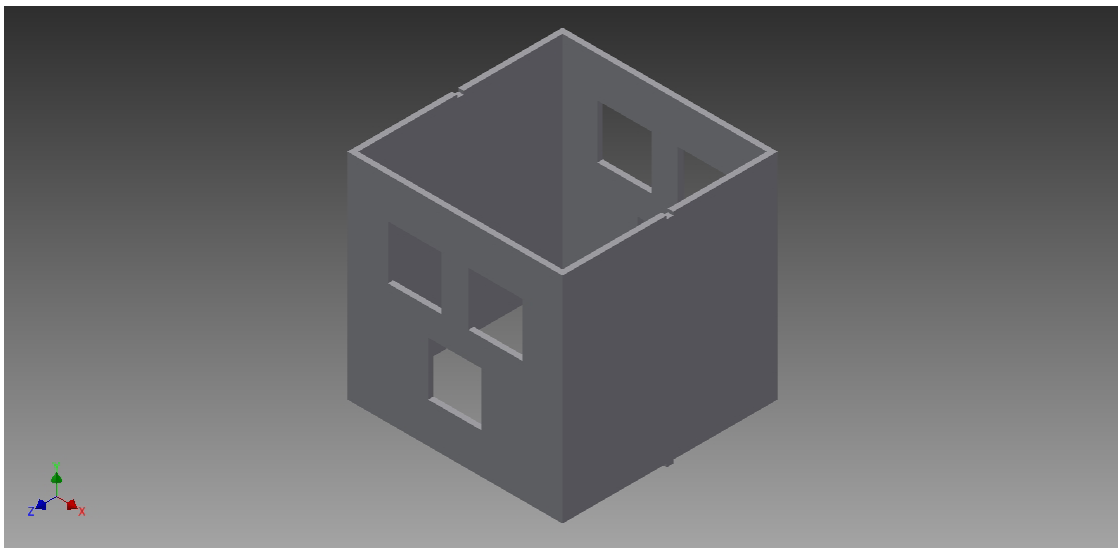
*Σχήμα 5. 1 3D Σχέδιο ορόφου με τέσσερα ανοίγματα*

Το Σχήμα 5.1 αποτελεί τον κορμό ορόφου ενός κτιρίου διαστάσεων 8x8x8 cm, με εσωτερικό χώρισμα σε σχήμα σταυρού το οποίο έχει δύο (2) ανοίγματα στο εσωτερικό και άλλα τέσσερα (4) στο εξωτερικό μέρος διαστάσεων 2x2 cm.



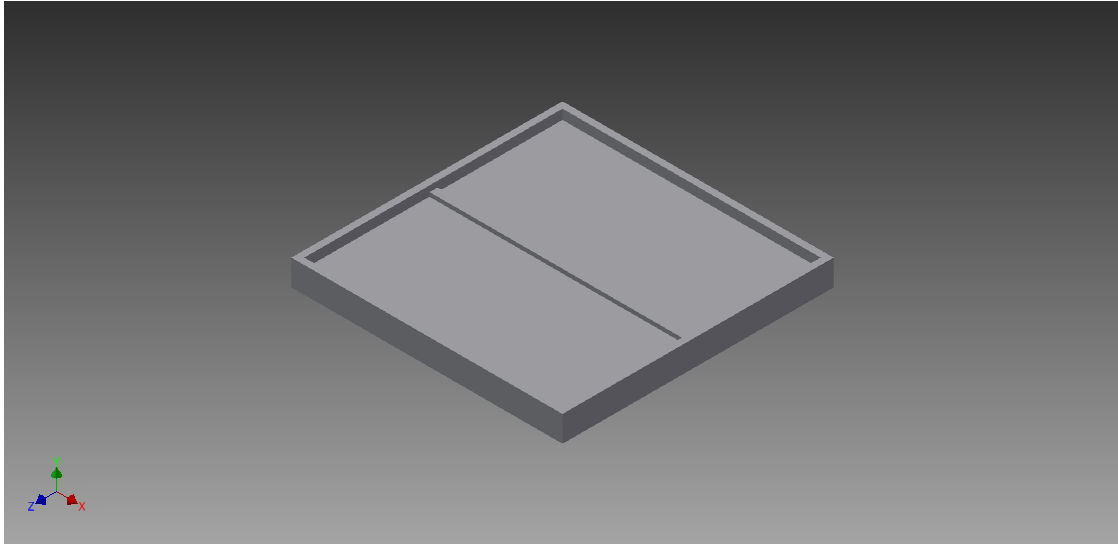
**Σχήμα 5. 2 3D σχέδιο ορόφου με δύο ανοίγματα**

Το Σχήμα 5.2 είναι μια πιο απλή μορφή κορμού ορόφου με δύο (2) ανοίγματα 2x2 cm.



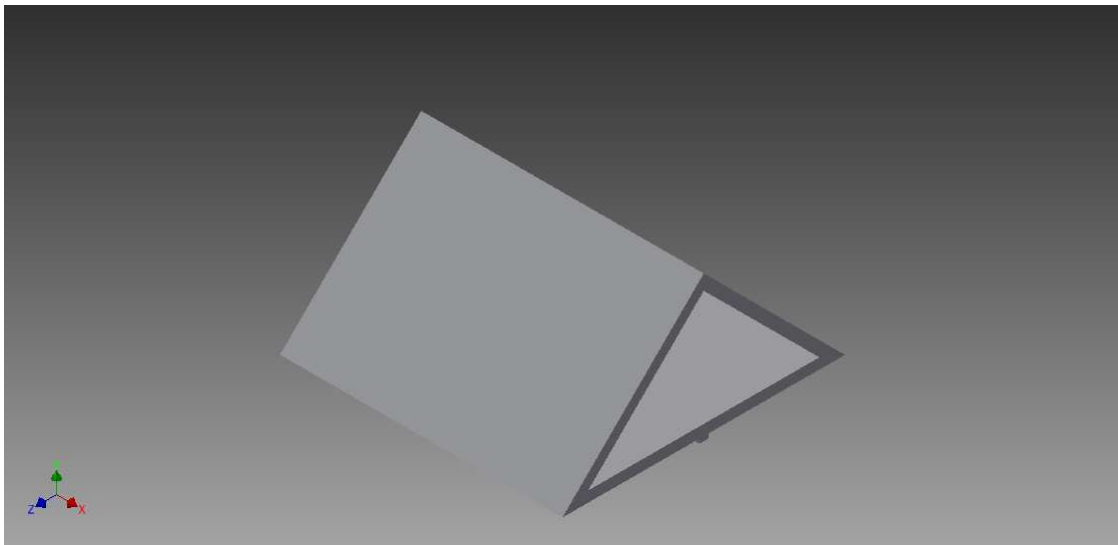
**Σχήμα 5. 3 3D σχέδιο ορόφου με έξι ανοίγματα**

Το Σχήμα 5.3 είναι ένας ακόμα απλός κορμός ορόφου με 3 συνολικά ανοίγματα διαστάσεων 2x2 cm.



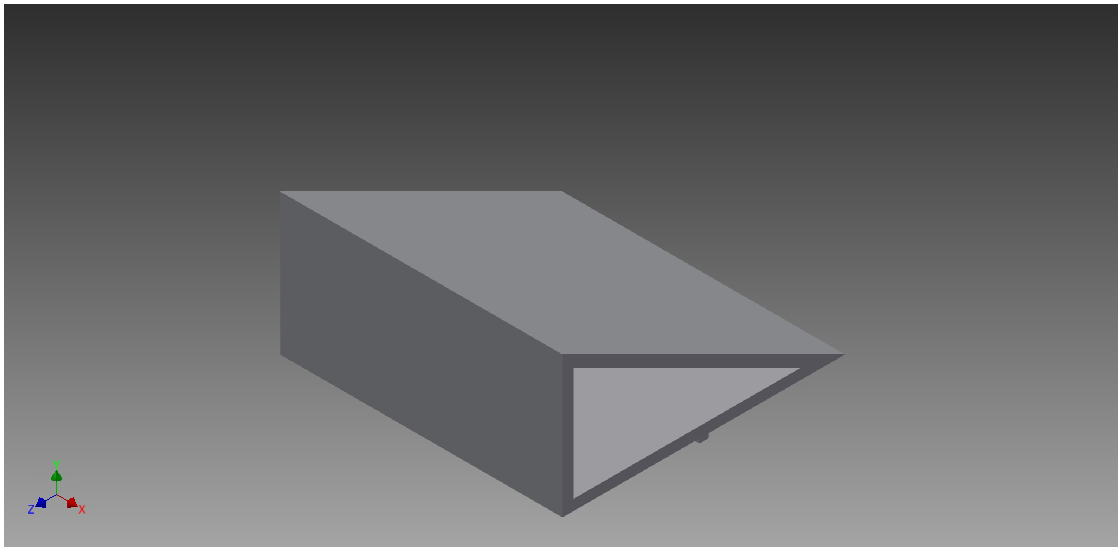
**Σχήμα 5. 4 3D σχεδιασμένη σκεπή**

Το Σχήμα 5.4 είναι η πιο απλή μορφή σκεπής για τους παραπάνω κορμούς. Είναι μια ευθεία πλάκα η οποία τοποθετείται στην εγκοπή που έχει σχεδιαστεί στους κορμούς.



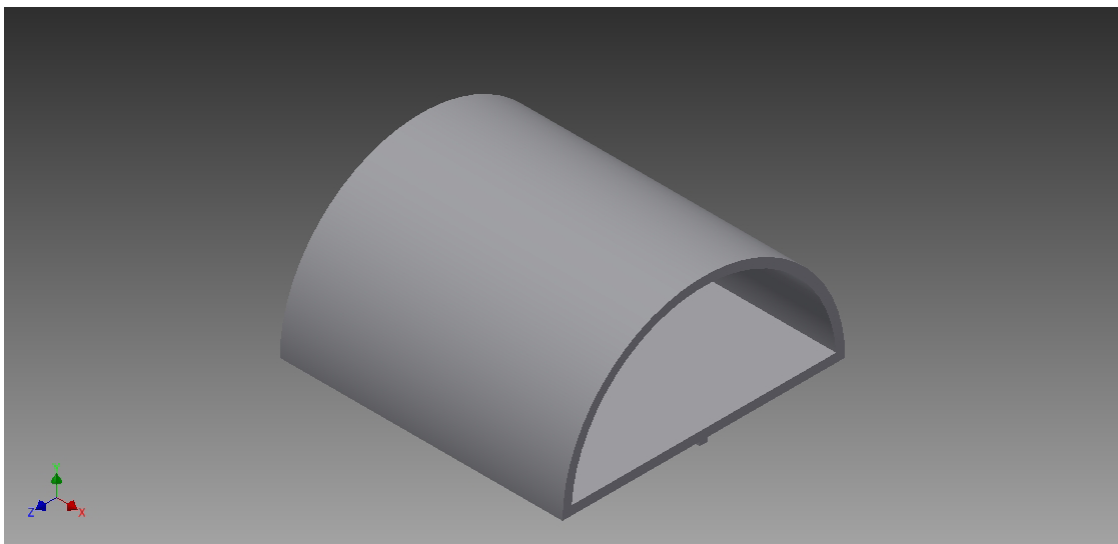
**Σχήμα 5. 5 Σκεπή τριγωνικής διατομής**

Το Σχήμα 5.5 είναι μια άλλη σκεπή τριγωνικής διατομής η οποία εφαρμόζεται στην σχεδιασμένη εγκοπή των κορμών.



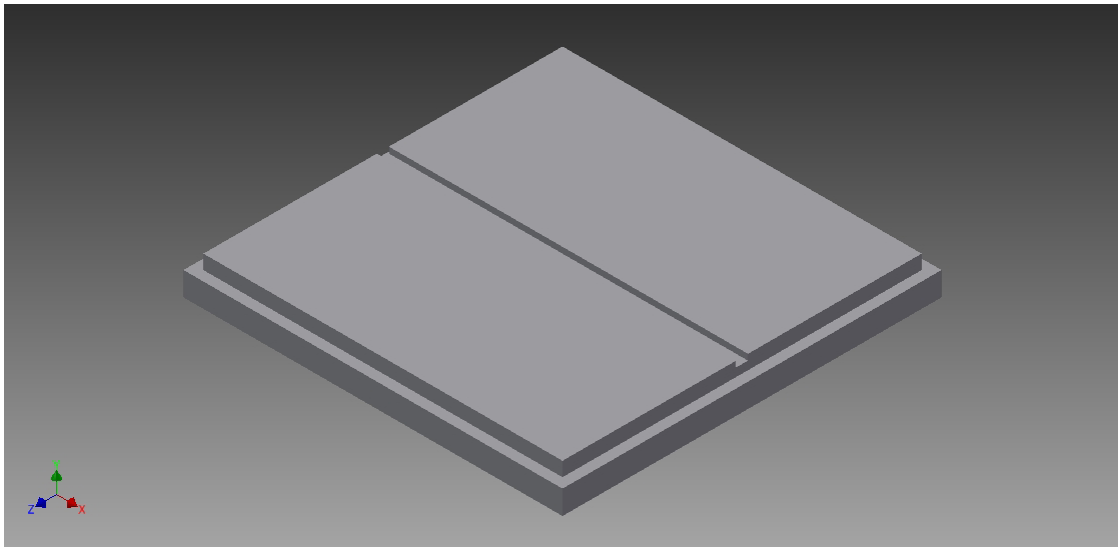
**Σχήμα 5. 6 Σκεπή ορθογώνιας τριγωνικής διατομής**

Το Σχήμα 5.6 είναι και αυτό μια σκεπή ορθογώνιας τριγωνικής διατομής.



**Σχήμα 5. 7 Σκεπή ημικυκλικής διατομής**

Το Σχήμα 5.7 είναι σκεπή σε σχήμα ημικυκλικής διατομής.



**Σχήμα 5. 8 Βάση τοποθέτησης πρότυπων ορόφων**

Το Σχήμα 5.8 είναι η βάση στην οποία τοποθετούνται οι κορμοί των ορόφων.

Τα παραπάνω σχέδια έχουν δημιουργηθεί με τη λογική της συναρμολόγησης, έτσι ώστε εφόσον εκτυπωθούν σε τρισδιάστατη μορφή να μπορούν να δημιουργούνται πολλές και διαφορετικές διατάξεις κτιρίων. Οι διαστάσεις τους είναι ενδεικτικές καθώς υπάρχει η δυνατότητα εκτύπωσης σε μικρότερη ή μεγαλύτερη κλίμακα. Επίσης τα σχέδια μπορούν να επεξεργαστούν ξανά για περαιτέρω βελτιώσεις και αλλαγές. Παρόλο που τα σχέδια είναι σχετικά απλά, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση τους δίχως την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης και του ψηφιακού σχεδιασμού δεν θα ήταν τόσο εύκολη και απλή όπως τώρα καθώς θα έπαιρνε πολύ χρόνο για τον σχεδιασμό και κυρίως για την κατασκευή τους. Εφόσον ολοκληρωθεί η διαδικασία της εκτύπωσης και έχουμε τα σχεδιασμένα κομμάτια έτοιμα, το επόμενο βήμα είναι η συναρμολόγηση τους ώστε να υπάρξει ολοκληρωμένη η μακέτα ενός κτιρίου (βάση- κορμός- σκεπή). Στη συνέχεια τοποθετείται η μακέτα στην αεροσήραγγα για δοκιμές και μετρήσεις.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όπως τονίστηκε και στο κυρίως κείμενο της εργασίας, η τεχνολογία πίσω από την τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ιδιαιτέρως αναπτυγμένη και υπάρχουν συσκευές που διαφέρουν ως προς ακρίβεια, την αντοχή των παραγόμενων προϊόντων και φυσικά στο κόστος.

Αυτό μας δίνει την δυνατότητα να επιλέξουμε την κατάλληλη μέθοδο υλοποίησης 3d printing που ταιριάζει στις ανάγκες μας, είτε πρόκειται για ένα τμήμα ανάπτυξης νέων προϊόντων είτε για μια κατασκευαστική εταιρία που αναζητεί έναν γρήγορο τρόπο για παραγωγή εξαρτημάτων.

Είναι αναμενόμενο με την πάροδο του χρόνου και την περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας καθώς και την οικονομικότερη ανάπτυξη συσκευών/εκτυπωτών, η παραγωγή αντικειμένων να επεκταθεί σε ολοένα περισσότερους τομείς και να γίνει μέρος της καθημερινότητας μας.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

#### ΒΙΒΛΙΑ

- **3D PRINTING: A DISRUPTIVE INNOVATION IN ITS INFANCY**  
*RESEARCH WHITE PAPER BY TASHA KEENEY, THEMATIC RESEARCH ANALYST | INDUSTRIAL INNOVATION*
- **DEVELOPMENT OF 3D-PRINTED MICRODIALYSIS - PROBE FOR DETERMINING GLUCOSE CONCENTRATION IN-VITRO**  
*BACHELOR THESIS DUONG VAN HUY*
- **How 3D Printing works - The Vision, Innovation and Technologies Behind Inkjet 3D Printing**  
*3D Systems*
- **Impact of 3D Printing on Global Supply Chains by 2020**  
*By Varun Bhasin and Muhammad Raheel Bodla*
- **RepRap 3D-Printer**  
*Joachim Schleicher*
- **Exploration of 3D Printing**  
*Lin Zeyu Bachelor's Thesis*
- **Περιοδικό Moulding τεύχος 52**

#### ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ

- <http://firstmonday.org/ojs/index.php/fm/article/view/3968/3273#author>
- <http://3dprintingindustry.com/3d-printing-basics-free-beginners-guide/>