



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗΣ, ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ & ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ**

«Φιλικά προς το περιβάλλον υλικά και τεχνολογίες 3D εκτύπωσης»



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Μαρία Αγγελική Τσίτσιου»

Επιβλέπων : Καθηγητής Ε. Μαραβελάκης

ΧΑΝΙΑ 2020

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

<<Το μήνυμα της τεχνολογίας *3D-printing* στην παραγωγή είναι «*do more with less*» και ίσως εκεί κρύβεται η απάντηση σε πολλά προβλήματα του κόσμου>>.

Τάσος Παγκάκης.

Πηγή : Andro.gr

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Μοντέλο CAD που χρησιμοποιείται για εκτύπωση 3D.....	17
Εικόνα 2: Είδη 3d εκτυπωτών.....	23
Εικόνα 3: Διαδικασία 3d εκτύπωσης	29
Εικόνα 4: 3d εκτυπωτής με την χρήση πλαστικού	51
Εικόνα 5: Σπίτι με 3d εκτύπωση.....	57
Εικόνα 6:Καρδιά με 3d εκτύπωση.....	63
Εικόνα 7: Τρόφιμα με 3d εκτύπωση.....	63
Εικόνα 8: 3d εκτύπωση στη μόδα.....	67
Εικόνα 9: Όπλα με 3d εκτύπωση	69

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	8
ABSTRACT	9
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	11
1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ	11
1.2. ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	13
1.3. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ	16
1.4. ΕΙΔΗ 3D ΕΚΤΥΠΩΤΩΝ	19
1.5. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	24
1.6. ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ 3 D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ	25
1.6. ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΝΟΣ 3 D ΕΚΤΥΠΩΤΗ	30
1.7. ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	41
2.1. ΠΟΛΥΑΜΙΔΙΟ	41
2.2. ABS	41
2.3. ΚΕΡΑΜΙΚΑ	41
2.4. ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ	42
2.5. ΟΡΕΙΧΑΛΚΟΣ	42
2.6. ΧΑΛΥΒΑΣ	43
2.7. ΚΑΟΥΤΣΚΟΥΚ	43
2.8. ΤΙΤΑΝΙΟ	44
2.9. ΧΡΥΣΟΣ	44
2.10. PLA	44
2.11. ΥΛΙΚΑ ΦΙΛΙΚΑ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ 3 D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ ΠΛΑΣΤΙΚΟ	48
3.1. ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ	48
3.2. ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ	48
3.3. ΧΥΤΕΥΣΗ ΜΕ ΕΝΙΣΧΥΣΗ	48
3.4. ΣΥΝΔΕΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ	49
3.5. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	49
3.6. ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΩΘΗΤΗΡΑ	49
3.7. ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΣΗ	50
3.8. ΕΚΤΥΠΩΣΗ	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΧΡΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΓΙΑ 3 D ΕΚΤΥΠΩΣΕΙΣ	52
4.1. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΜΕ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΣΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ	52
4.2. ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΟΥ ΒΙΟΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΝΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΑ ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΤΟΥ ΝΗΜΑΤΟΣ	52
4.3. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΟΥ ΝΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΠΛΑΣΤΙΚΕΣ ΦΙΑΛΕΣ ΜΕΣΩ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ	53
4.4. ΕΙΔΙΚΑ ΕΚΤΥΠΩΜΕΝΑ ΠΛΑΚΑΚΙΑ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΣΩ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ	53
4.5. ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΙΠΛΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕ 3 D ΕΚΤΥΠΩΣΗ	54

4.6.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΟΣΜΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΣΩ 3ΔΕΚΤΥΠΩΣΗΣ	55
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΧΡΗΣΗΣ	56
5.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	56
5.2 ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ	58
5.3 ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ.....	58
5.4 ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ.....	59
5.5 ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΑ ΑΓΑΘΑ	63
5.6 ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΕΣ	64
5.7 ΜΟΔΑ	66
5.8 ΜΑΓΕΙΡΙΚΗ ΚΑΙ ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗ.....	68
5.9 ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ	68
5.10 ΔΙΑΣΤΗΜΑ.....	70
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	74

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Η τρισδιάστατη εκτύπωση (3d printing) είναι πιθανό να έχει γενικά, σημαντικές επιπτώσεις στις παραγωγικές διαδικασίες και στην κοινωνία κατά τις επόμενες δεκαετίες. Σύμφωνα με μελέτες, η τρισδιάστατη εκτύπωση θα μπορούσε να έχει οικονομικό αντίκτυπο από 230 έως 550 δισεκατομμύρια δολάρια ετησίως έως το 2025.

Σκοπός: Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάδειξη της σημαντικότητας, των εφαρμογών και των πλεονεκτημάτων της 3d εκτύπωσης καθώς και της χρήσης φιλικών προς το περιβάλλον υλικών.

Υλικό – Μέθοδος: Χρησιμοποιήθηκαν ελληνικά και ξενόγλωσσα άρθρα από ηλεκτρονικές πηγές όπως το Google Scholar για την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας.

Συμπεράσματα: Τα πλεονεκτήματα που προσφέρει η τρισδιάστατη εκτύπωση περιλαμβάνουν ευκαιρίες για γρήγορη δημιουργία πρωτοτύπων προϊόντων, προσαρμογή των ήδη υπάρχοντων προϊόντων, αποτελεσματικότερη χρήση των υλικών κατασκευής και αλλαγές στην εφοδιαστική αλυσίδα των υλικών και των προϊόντων. Ειδικότερα τα υλικά που έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούνται είναι πλέον φιλικά προς το περιβάλλον ως ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα αυτής.

Λέξεις – Κλειδιά: 3d εκτύπωση, υλικά 3d εκτύπωσης, διαδικασία 3d εκτύπωσης, εφαρμογές 3d εκτύπωσης.

ABSTRACT

Introduction: 3D printing is likely to have a significant impact on production processes and society in general over the next few decades. According to studies, 3D printing could have a financial impact of \$ 230 billion to \$ 550 billion annually by 2025.

Purpose: The purpose of this paper is to highlight the importance, applications and advantages of 3d printing as well as the use of environmentally friendly materials.

Material - Method: Greek and foreign language articles from electronic sources such as Google Scholar were used to review the literature.

Conclusions: The advantages of 3D printing include opportunities for quick creation of original products, adaptation of existing products, more efficient use of construction materials and changes in the supply chain of materials and products. In particular, the materials that have started to be used are now environmentally friendly as one of its most important advantages.

Words - Keys: 3d printing, 3d printing materials, 3d printing process, 3d printing applications.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η τρισδιάστατη εκτύπωση πρωτοεφευρέθηκε στα 1982 από τον Chuck Hull. Ο Hull είχε την ιδέα ότι αν μπορούσε να τοποθετήσει χιλιάδες λεπτά στρώματα πλαστικού το ένα πάνω από το άλλο και στη συνέχεια να χαράξει το σχήμα τους, χρησιμοποιώντας το φως, τότε θα ήταν σε θέση να σχηματίσει τρισδιάστατα αντικείμενα. Μετά από ένα χρόνο πειραματιζόμενος με τις ιδέες αυτές, ανέπτυξε ένα σύστημα όπου μια συμπυκνωμένη ακτίνα υπεριώδους φωτός, κινούμενη υπό τον έλεγχο ενός υπολογιστή, χτυπά την επιφάνεια ενός κάδου γεμάτο με υγρό φωτοπολυμερές και όπου χτυπά το υγρό αυτό μετατρέπεται σε ένα τύπο πλαστικού σε σταθερή μορφή. Ο Hull συνειδητοποίησε ότι το εύρημά του δεν περιοριζόταν σε υγρά στοιχεία και ως εκ τούτου η ευρεσιτεχνία του ονομάστηκε *στερεολιθογραφία* ή *3Δ εκτύπωση*, καθώς κάλυπτε κάθε υλικό ικανό προς στερεοποίηση ή ικανό να μεταβάλει τη φυσική του κατάσταση. Από τότε βέβαια η 3Δ εκτύπωση διένυσε μακρύ δρόμο μέχρι να φτάσει στο σημείο που βρίσκεται αυτή την εποχή.

Η εργασία αυτή αποτελεί ανασκόπηση της τρέχουσας βιβλιογραφίας και αρθρογραφίας σχετικά με την 3d εκτύπωση.

Αποτελείται από 5 κεφάλαια.

Το πρώτο κεφάλαιο αναφέρει γενικά στοιχεία σχετικά με την 3d εκτύπωση.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναλύει τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την 3d εκτύπωση.

Το τρίτο κεφάλαιο αφορά τις τεχνολογίες της 3d εκτύπωσης με πλαστικό και ειδικότερα την διαδικασία που ακολουθείται μέχρι το τελικό προϊόν.

Το τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζει την χρήση πλαστικού για 3d εκτύπωση.

Το πέμπτο κεφάλαιο τέλος αναφέρει τις εφαρμογές της 3d εκτύπωσης σε διάφορους τομείς.

Ακολουθούν τα συμπεράσματα και οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1.ΟΡΙΣΜΟΣ

Η διαδικασία της τρισδιάστατης εκτύπωσης δημιουργεί ένα τρισδιάστατο αντικείμενο από ένα μοντέλο σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD), συνήθως προσθέτοντας διαδοχικά στρώματα υλικών ανά στρώμα, και γι 'αυτό ονομάζεται επίσης πρόσθετη κατασκευή. Ο όρος "τρειςδιάστατη εκτύπωση" καλύπτει μια ποικιλία διαδικασιών στις οποίες το υλικό ενώνεται ή στερεοποιείται υπό έλεγχο υπολογιστή για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου αντικειμένου, με προσθήκη υλικού μαζί (όπως υγρά μόρια ή κόκκοι σκόνης που συντήκονται μαζί), συνήθως στρώμα ανά στρώμα. Στη δεκαετία του 1990, οι τεχνικές 3D-εκτύπωσης θεωρήθηκαν κατάλληλες μόνο για την παραγωγή λειτουργικών ή αισθητικών πρωτοτύπων και ένας καταλληλότερος όρος για αυτό ήταν ταχεία πρωτότυπα (Αγγελιδάκης, 2017).

Από το 2015, η ακρίβεια, η επαναληψιμότητα και η γκάμα υλικών έχουν αυξηθεί στο σημείο που ορισμένες διαδικασίες 3D-εκτύπωσης θεωρούνται βιώσιμες ως τεχνολογία βιομηχανικής παραγωγής, σύμφωνα με την οποία ο όρος κατασκευή πρόσθετων μπορεί να χρησιμοποιηθεί συνώνυμα με την "3D εκτύπωση". Ένα από τα βασικά πλεονεκτήματα της εκτύπωσης 3D είναι η ικανότητα παραγωγής πολύπλοκων σχημάτων ή γεωμετριών, συμπεριλαμβανομένων κοίλων μερών ή εξαρτημάτων με εσωτερικές δομές δοκών για τη μείωση του βάρους, και προϋπόθεση για την παραγωγή οποιουδήποτε τρισδιάστατου τυπωμένου εξαρτήματος είναι ένα ψηφιακό μοντέλο 3D ή ένα αρχείο CAD (Αναγνωστάκης, 2015).

Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη διαδικασία τρισδιάστατης εκτύπωσης (46% από το 2016) είναι μια τεχνική εξώθησης υλικού που ονομάζεται μοντελοποιημένη απόθεση τήξης (FDM). Ενώ η τεχνολογία FDM εφευρέθηκε μετά τις άλλες δύο πιο δημοφιλείς τεχνολογίες, τη στερεολιθογραφία (SLA) και την επιλεκτική σύντηξη λέιζερ (SLS), η FDM είναι συνήθως η πιο φθηνή από τις τρεις με μεγάλη γκάμα χρήσεων, γεγονός που προσδίδει τη δημοτικότητα της διαδικασίας (Γκαρτζου, 2016).

Ο όρος σύνολο πρόσθετων κατασκευών κέρδισε δημοτικότητα στη δεκαετία του 2000,

εμπνευσμένο από το θέμα του υλικού που προστέθηκε μαζί (με οποιονδήποτε από διάφορους τρόπους). Αντίθετα, ο όρος αφαιρετική κατασκευή εμφανίστηκε ως εκπρόσωπος της μεγάλης οικογένειας διαδικασιών κατεργασίας με την αφαίρεση υλικού ως κοινό θέμα τους. Ο όρος 3D εκτύπωση εξακολουθούσε να αναφέρεται μόνο στις τεχνολογίες πολυμερών για τους περισσότερους, και οι πρόσθετες κατασκευές ήταν πιο πιθανό να χρησιμοποιούνται σε περιβάλλοντα επεξεργασίας μετάλλων και τελικής χρήσης σε σχέση με τους λάτρεις του πολυμερούς, του ink-jet ή της στερεοφωνικής λιθογραφίας (Παρασκευοπούλου – Κόλλια, 2008).

Στις αρχές της δεκαετίας του 2010, οι όροι εκτύπωσης 3D και πρόσθετης κατασκευής εξελίχθηκαν σε όρους η ρίζα των οποίων αφορούσε πρόσθετες τεχνολογίες, ο ένας χρησιμοποιείται σε δημοφιλή γλώσσα από κοινότητες καταναλωτών και μέσα ενημέρωσης και ο άλλος χρησιμοποιείται πιο επίσημα από τη βιομηχανική τελική χρήση από κατασκευαστές εξαρτημάτων, κατασκευαστές μηχανημάτων και παγκόσμιους οργανισμούς τεχνικών προτύπων. Μέχρι πρόσφατα, ο όρος τρισδιάστατη εκτύπωση έχει συσχετιστεί με μηχανήματα χαμηλής τιμής ή ικανότητας. Η τρισδιάστατη εκτύπωση και η κατασκευή προσθέτων αντικατοπτρίζουν ότι οι τεχνολογίες μοιράζονται το θέμα της προσθήκης υλικού ή της συμμετοχής σε έναν φάκελο εργασίας 3D υπό αυτοματοποιημένο έλεγχο. Ο Peter Zelinski, ο αρχισυντάκτης του περιοδικού Additive Manufacturing, επεσήμανε το 2016 ότι οι όροι εξακολουθούν να είναι συνώνυμοι στην περιστασιακή χρήση, αλλά ορισμένοι εμπειρογνώμονες της μεταποιητικής βιομηχανίας προσπαθούν να κάνουν μια διάκριση με την οποία η Additive Manufacturing περιλαμβάνει εκτύπωση 3D και άλλα τεχνολογίες ή άλλες πτυχές μιας διαδικασίας κατασκευής (Azimi et al., 2016).

Άλλοι όροι που έχουν χρησιμοποιηθεί ως συνώνυμα περιλαμβάνουν την κατασκευή επιτραπέζιων υπολογιστών, την ταχεία κατασκευή (ως το λογικό επίπεδο παραγωγής που είναι διάδοχος της ταχείας δημιουργίας πρωτοτύπων) και την κατά παραγγελία κατασκευή (η οποία αντικατοπτρίζει την εκτύπωση κατ' απαίτηση με τη 2D έννοια της εκτύπωσης) (Barnatt, 2013).

Μια τέτοια εφαρμογή των επίθετων ταχείας και κατ' απαίτηση στην κατασκευή ουσιαστικών ήταν νέα τη δεκαετία του 2000, αποκαλύπτει το επικρατούμενο πνευματικό μοντέλο της μακράς βιομηχανικής εποχής στο οποίο σχεδόν όλη η παραγωγή παραγωγής περιλάμβανε μεγάλους χρόνους προόδου για την επίπονη ανάπτυξη εργαλείων. Σήμερα, ο όρος αφαίρεση δεν έχει αντικαταστήσει τον όρο μηχανική κατεργασία, αντί να τον συμπληρώνει όταν απαιτείται ένας όρος που καλύπτει οποιαδήποτε μέθοδο αφαίρεσης. Η ευέλικτη σχεδίαση είναι η χρήση αρθρωτών μέσων για το σχεδιασμό εργαλείων που παράγονται με μεθόδους κατασκευής πρόσθετων ή

τρισδιάστατων εκτυπώσεων για να επιτρέπουν γρήγορη δημιουργία πρωτοτύπων και αποκρίσεις στις ανάγκες εργαλείων και εξαρτημάτων. Η ευέλικτη σχεδίαση χρησιμοποιεί μια οικονομικά αποδοτική και υψηλής ποιότητας μέθοδο για να ανταποκρίνεται γρήγορα στις ανάγκες των πελατών και της αγοράς και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε υδραυλική μορφοποίηση, σφράγιση, χύτευση με έγχυση και άλλες διαδικασίες κατασκευής (Buehler et al., 2016).

1.2.ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1970

Το 1974, ο David E. H. Jones παρουσίασε την έννοια της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην στήλη Ariadne στο περιοδικό New Scientist (Cachon and Swinney, 2011).

1980

Το 1980 έγινε ο πρώτος εξοπλισμός κατασκευής υλικών και τα υλικά αναπτύχθηκαν στη δεκαετία του 1980. Το 1981, ο Hideo Kodama του Nagoya Municipal Industrial Research Institute εφηύρε δύο πρόσθετες μεθόδους για την κατασκευή τρισδιάστατων πλαστικών μοντέλων με θερμοσκληρυνόμενο πολυμερές Φώτο-σκλήρυνσης, όπου η περιοχή έκθεσης με υπεριώδη ακτινοβολία ελέγχεται από ένα σχέδιο μάσκας ή έναν πομπό ινών σάρωσης (Camdell et al., 2011).

Στις 2 Ιουλίου 1984, ο Αμερικανός επιχειρηματίας Bill Masters υπέβαλε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τη Διαδικασία και το Σύστημα Αυτοματοποιημένης Κατασκευής του Υπολογιστή (4665492 ΗΠΑ). Αυτή η κατάθεση είναι εγγεγραμμένη στο USPTO ως το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τρισδιάστατης εκτύπωσης στην ιστορία. Ήταν το πρώτο από τα τρία διπλώματα ευρεσιτεχνίας που ανήκαν στους Masters που έθεσαν τα θεμέλια για τα συστήματα εκτύπωσης 3D που χρησιμοποιούνται σήμερα (Conner et al., 2004).

Στις 16 Ιουλίου 1984, οι Alain Le Méhauté, Olivier de Witte και Jean Claude André υπέβαλαν το δίπλωμα ευρεσιτεχνίας τους για τη διαδικασία της στερεολιθογραφίας. Η εφαρμογή των Γάλλων εφευρετών εγκαταλείφθηκε από τη Γαλλική General Electric Company (τώρα Alcatel-Alsthom) και τη CILAS (The Laser Consortium). Ο ισχυριζόμενος λόγος ήταν "λόγω έλλειψης επιχειρηματικής προοπτικής" (Degnan, 2018).

Τρεις εβδομάδες αργότερα το 1984, ο Chuck Hull της 3D Systems Corporation υπέβαλε το δικό του δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για ένα σύστημα κατασκευής στερεολιθογραφίας, στο οποίο προστίθενται

στρώματα με σκλήρυνση φωτοπολυμερών με λέιζερ υπεριώδους φωτός. Ο Hull καθόρισε τη διαδικασία ως "σύστημα παραγωγής τρισδιάστατων αντικειμένων δημιουργώντας ένα μοτίβο διατομής του αντικειμένου που πρόκειται να σχηματιστεί". Η συνεισφορά του Hull ήταν η μορφή αρχείου STL (Stereolithography) και οι στρατηγικές ψηφιακού τεμαχισμού και συμπλήρωσης που είναι κοινές σε πολλές διαδικασίες σήμερα (Gebler et al., 2014).

Το 1986, στον Charles "Chuck" Hull χορηγήθηκε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για το σύστημά του και η εταιρεία του, η 3D Systems Corporation κυκλοφόρησε τον πρώτο εμπορικό εκτυπωτή 3D, τον SLA-1 (Despeisse et al., 2017).

Η τεχνολογία που χρησιμοποιείται από τους περισσότερους τρισδιάστατους εκτυπωτές μέχρι σήμερα –ιδιαίτερα τα χόμπι και τα μοντέλα με γνώμονα τον καταναλωτή– είναι μοντελοποιημένη εναπόθεση εναπόθεσης, μια ειδική εφαρμογή πλαστικής εξώθησης, που αναπτύχθηκε το 1988 από τον S. Scott Crump και εμπορευματοποιήθηκε από την εταιρεία του Stratasys, η οποία κυκλοφόρησε το πρώτο της FDM μηχανή το 1992 (Gokhore et al., 2017).

Το 1990 οι διαδικασίες για τη σύντηξη μετάλλων ή την τήξη (όπως η επιλεκτική σύντηξη με λέιζερ, η άμεση σύντηξη με λέιζερ μετάλλων και η επιλεκτική τήξη με λέιζερ) συνήθως έμειναν με τα δικά τους μεμονωμένα ονόματα στις δεκαετίες του 1980 και του 1990. Εκείνη την εποχή, όλη η κατεργασία μετάλλων έγινε με διαδικασίες που τώρα ονομάζονται μη πρόσθετες (χύτευση, κατασκευή, σφράγιση και μηχανική κατεργασία). παρόλο που εφαρμόστηκε αρκετός αυτοματισμός σε αυτές τις τεχνολογίες (όπως με συγκόλληση ρομπότ και CNC), η ιδέα ενός εργαλείου ή κεφαλής να κινείται μέσω ενός φακέλου τρισδιάστατης εργασίας που μετατρέπει μια μάζα πρώτων υλών σε επιθυμητό σχήμα με μια διαδρομή εργαλείου συσχετίστηκε μόνο στην επεξεργασία μετάλλων με διεργασίες που αφαίρεσαν το μέταλλο (αντί να το προσθέσουν), όπως άλεση CNC, CNC EDM και πολλά άλλα (Horvath, 2014).

Όμως οι αυτοματοποιημένες τεχνικές που προσέθεσαν μέταλλο, που αργότερα θα αποκαλούσαν κατασκευή πρόσθετων, άρχισαν να αμφισβητούν αυτήν την υπόθεση. Μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1990, νέες τεχνικές εναπόθεσης υλικού αναπτύχθηκαν στο Πανεπιστήμιο Stanford και Carnegie Mellon, συμπεριλαμβανομένης της μικροκατανομής και των ψεκασμένων υλικών. Τα υποστηρικτικά υλικά είχαν επίσης γίνει πιο κοινά, επιτρέποντας νέες γεωμετρίες αντικειμένων (Julius et al., 2016).

Ο όρος τρισδιάστατη εκτύπωση αναφέρεται αρχικά σε μια διαδικασία σκόνης που χρησιμοποιεί

τυπικές και προσαρμοσμένες κεφαλές εκτύπωσης inkjet, που αναπτύχθηκε στο MIT από την Emanuel Sachs το 1993 και εμπορευματοποιήθηκε από την Soligen Technologies, την Extrude Hone Corporation και την Z Corporation. Το 1993 ξεκίνησε επίσης μια εταιρεία με την επωνυμία Solidscape, η οποία εισήγαγε ένα σύστημα κατασκευής πολυμερών υψηλής ακρίβειας με διαλυτές δομές στήριξης (κατηγοριοποιείται ως τεχνική "dot-on-dot"). Το 1995 η Fraunhofer Society ανέπτυξε την επιλεκτική διαδικασία τήξης λέιζερ (Jones et al., 2011).

2000

Τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας της διαδικασίας εκτύπωσης Fused Deposition Modeling (FDM) έληξαν το 2009 (Khoo et al., 2015).

2010

Καθώς οι διάφορες διαδικασίες προσθήκης ωρίμασαν, κατέστη σαφές ότι σύντομα η αφαίρεση μετάλλου δεν θα ήταν πλέον η μόνη διαδικασία κατεργασίας μετάλλων που θα γίνει μέσω ενός εργαλείου ή κεφαλής που θα κινείται μέσω ενός τρισδιάστατου φακέλου εργασίας, μετατρέποντας μια μάζα πρώτων υλών σε ένα επιθυμητό σχήμα στρώμα ανά στρώση. Η δεκαετία του 2010 ήταν η πρώτη δεκαετία στην οποία τα μεταλλικά εξαρτήματα τελικής χρήσης, όπως βραχίονες κινητήρων και μεγάλα παξιμάδια θα καλλιεργούνταν (είτε πριν είτε αντί για μηχανική κατεργασία) στην παραγωγή θέσεων εργασίας, αντί να υποβάλλονται υποχρεωτικά σε μηχανική κατεργασία από ράβδο ή πλάκα. Εξακολουθεί να συμβαίνει ότι η χύτευση, η κατασκευή, η σφράγιση και η μηχανική κατεργασία είναι πιο διαδεδομένες από την κατασκευή πρόσθετων στη μεταλλουργία, αλλά η διαδικασία αρχίζει τώρα να σημειώνει σημαντικότητα και με τα πλεονεκτήματα του σχεδιασμού για την κατασκευή πρόσθετων, είναι σαφές στους μηχανικούς ότι πολύ περισσότερα θα έρθουν (Laplume et al., 2016a).

Καθώς η τεχνολογία ωριμάζει, αρκετοί συγγραφείς είχαν αρχίσει να εικάζουν ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση θα μπορούσε να βοηθήσει στην αειφόρο ανάπτυξη στον αναπτυσσόμενο κόσμο. Το 2012, η Filabot ανέπτυξε ένα σύστημα κλεισίματος του βρόχου με πλαστικό και επιτρέπει σε οποιονδήποτε εκτυπωτή FDM ή FFF 3D να μπορεί να εκτυπώνει με ένα ευρύτερο φάσμα πλαστικών. Το 2014, οι Benjamin S. Cook και Manos M. Tentzeris παρουσίασαν την πρώτη πλατφόρμα κατασκευής πολλαπλών υλικών, κάθετα ενσωματωμένων πρόσθετων ηλεκτρονικών (VIPRE), η οποία επέτρεψε την τρισδιάστατη εκτύπωση λειτουργικών ηλεκτρονικών που λειτουργούν έως και 40 Ghz (Laplume et al., 2016b).

Ο όρος «τρειςδιάστατη εκτύπωση» αρχικά αναφέρεται σε μια διαδικασία που εναποθέτει ένα

συνδετικό υλικό σε ένα στρώμα πούδρας με κεφαλές εκτυπωτή inkjet στρώμα προς στρώση. Πιο πρόσφατα, το δημοφιλές vernacular έχει αρχίσει να χρησιμοποιεί τον όρο για να συμπεριλάβει μια ευρύτερη ποικιλία τεχνικών κατασκευής πρόσθετων όπως η κατασκευή πρόσθετων δέσμης ηλεκτρονίων και η επιλεκτική τήξη λέιζερ. Οι Ηνωμένες Πολιτείες και τα παγκόσμια τεχνικά πρότυπα χρησιμοποιούν τον επίσημο όρο κατασκευής πρόσθετων για αυτήν την ευρύτερη έννοια (Laplume et al., 2016b).

1.3.ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ

Μοντέλο CAD που χρησιμοποιείται για εκτύπωση 3D

Τα τρισδιάστατα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν από δισδιάστατες φωτογραφίες που λαμβάνονται σε ένα φωτογραφικό θάλαμο 3D (Lipson and Kummer, 2013).

Τα εκτυπώσιμα μοντέλα 3D μπορούν να δημιουργηθούν με ένα πακέτο σχεδιασμού με τη βοήθεια υπολογιστή (CAD), μέσω ενός σαρωτή 3D, ή από μια απλή ψηφιακή κάμερα και λογισμικό φωτογραμμετρίας. Τα τρισδιάστατα τυπωμένα μοντέλα που δημιουργήθηκαν με CAD οδηγούν σε σχετικά λιγότερα σφάλματα από άλλες μεθόδους. Πριν από την εκτύπωση μπορούν να εντοπιστούν και να διορθωθούν σφάλματα σε εκτυπώσιμα μοντέλα 3D. Η διαδικασία χειροκίνητης μοντελοποίησης της προετοιμασίας γεωμετρικών δεδομένων για τρισδιάστατα γραφικά υπολογιστών είναι παρόμοια με τις πλαστικές τέχνες όπως η γλυπτική. Η σάρωση 3D είναι μια διαδικασία συλλογής ψηφιακών δεδομένων σχετικά με το σχήμα και την εμφάνιση ενός πραγματικού αντικειμένου, δημιουργώντας ένα ψηφιακό μοντέλο βασισμένο σε αυτό (Nyman and Sarlin, 2014).

Τα μοντέλα CAD μπορούν να αποθηκευτούν στη μορφή αρχείου στερεολιθογραφίας (STL), μια de facto μορφή αρχείου CAD για την κατασκευή πρόσθετων που αποθηκεύει δεδομένα με βάση τριγωνισμούς της επιφάνειας των μοντέλων CAD. Το STL δεν είναι προσαρμοσμένο στην κατασκευή προσθέτων, διότι δημιουργεί μεγάλα μεγέθη αρχείων με βελτιστοποιημένη τοπολογία εξαρτημάτων και δομών πλέγματος λόγω του μεγάλου αριθμού επιφανειών. Μια νεότερη μορφή αρχείου CAD, η μορφή πρόσθετου κατασκευαστικού αρχείου (AMF) εισήχθη το 2011 για την επίλυση αυτού του προβλήματος. Αποθηκεύει πληροφορίες χρησιμοποιώντας καμπύλες τριγωνοποιήσεις (Park and Kim, 2013).

Εκτύπωση

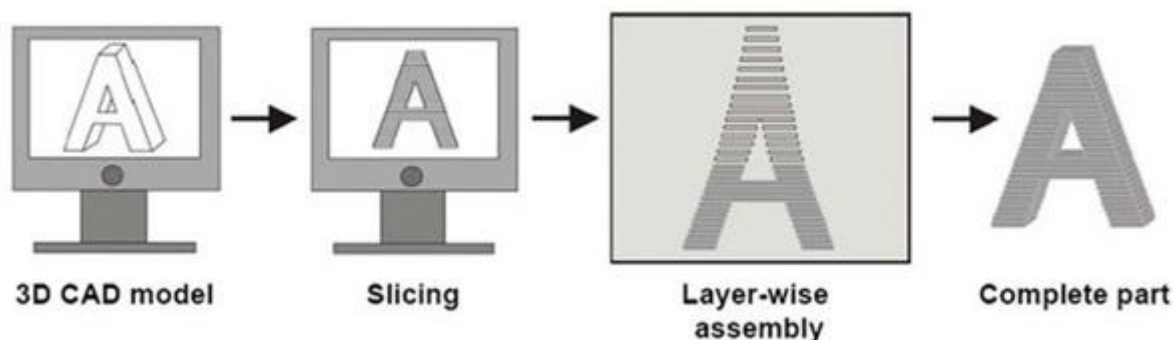
Πριν εκτυπωθεί ένα μοντέλο 3D από ένα αρχείο STL, πρέπει πρώτα να εξεταστεί για σφάλματα.

Ένα βήμα στη γενιά STL γνωστό ως "επισκευή" επιδιορθώνει τέτοια προβλήματα στο αρχικό μοντέλο. Γενικά, τα STL που έχουν παραχθεί από ένα μοντέλο που λαμβάνεται μέσω τρισδιάστατης σάρωσης έχουν συχνά περισσότερα από αυτά τα σφάλματα, καθώς η τρισδιάστατη σάρωση επιτυγχάνεται συχνά με απόκτηση σε σημείο απόκτηση / χαρτογράφηση. Η τρισδιάστατη ανακατασκευή περιλαμβάνει συχνά σφάλματα (Peterson and Pearce, 2017).

Μόλις ολοκληρωθεί, το αρχείο STL πρέπει να υποβληθεί σε επεξεργασία από ένα λογισμικό που ονομάζεται "slicer", το οποίο μετατρέπει το μοντέλο σε μια σειρά λεπτών επιπέδων και παράγει ένα αρχείο G-code που περιέχει οδηγίες προσαρμοσμένες σε έναν συγκεκριμένο τύπο 3D εκτυπωτή (FDM εκτυπωτές). Αυτό το αρχείο G-code μπορεί στη συνέχεια να εκτυπωθεί με λογισμικό πελάτη εκτύπωσης 3D (το οποίο φορτώνει τον κωδικό G και το χρησιμοποιεί για να καθοδηγήσει τον εκτυπωτή 3D κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκτύπωσης 3D) (Redwood et al., 2017).

Η ανάλυση του εκτυπωτή περιγράφει το πάχος του επιπέδου και την ανάλυση X – Y σε κουκκίδες ανά ίντσα (dpi) ή μικρόμετρα (μm). Το τυπικό πάχος στρώσης είναι περίπου 100 μm (250 DPI), αν και ορισμένα μηχανήματα μπορούν να εκτυπώσουν στρώματα τόσο λεπτά όσο 16 μm (1.600 DPI). Η ανάλυση X – Y είναι συγκρίσιμη με αυτήν των εκτυπωτών λέιζερ. Τα σωματίδια (κουκκίδες 3D) έχουν διάμετρο περίπου 50 έως 100 μm (510 έως 250 DPI). Για την ανάλυση του εκτυπωτή, ορίζοντας ανάλυση πλέγματος 0,01-0,03 mm και μήκος χορδής $\leq 0,016$ mm δημιουργούν ένα βέλτιστο STL αρχείο εξόδου για ένα δεδομένο μοντέλο εισαγωγής αρχείου. Ο καθορισμός υψηλότερης ανάλυσης οδηγεί σε μεγαλύτερα αρχεία χωρίς αύξηση της ποιότητας εκτύπωσης (Sebatina et al., 2015).

Εικόνα 1: Μοντέλο CAD που χρησιμοποιείται για εκτύπωση 3D



Πηγή: www.elwikipaedia.org

Η κατασκευή ενός μοντέλου με σύγχρονες μεθόδους μπορεί να διαρκέσει από μερικές ώρες έως αρκετές ημέρες, ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται και το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του μοντέλου. Τα πρόσθετα συστήματα μπορούν συνήθως να μειώσουν αυτό το χρόνο σε μερικές ώρες, αν και ποικίλλει ευρέως ανάλογα με τον τύπο της μηχανής που χρησιμοποιείται και το μέγεθος και τον αριθμό των μοντέλων που παράγονται ταυτόχρονα (Srai et al., 2016).

Αν και η ανάλυση που παράγεται από τον εκτυπωτή επαρκεί για πολλές εφαρμογές, μπορεί να επιτευχθεί μεγαλύτερη ακρίβεια εκτυπώνοντας μια ελαφρώς υπερμεγέθη έκδοση του επιθυμητού αντικειμένου σε τυπική ανάλυση και στη συνέχεια αφαιρώντας υλικό χρησιμοποιώντας μια αφαιρετική διαδικασία υψηλότερης ανάλυσης (Sung – Ition et al., 2004).

Η πολυεπίπεδη δομή όλων των διαδικασιών κατασκευής πρόσθετων οδηγεί αναπόφευκτα σε ένα κλιμακοστάσιο σε επιφανειακές επιφάνειες που είναι καμπυλωμένες ή κεκλιμένες σε σχέση με την πλατφόρμα του κτιρίου. Τα αποτελέσματα εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τον προσανατολισμό μιας επιφάνειας μέρους εντός της διαδικασίας κατασκευής (Vancterploeg et al., 2016).

Ορισμένα εκτυπώσιμα πολυμερή όπως το ABS, επιτρέπουν την εξομάλυνση και τη βελτίωση του επιφανειακού φινιρίσματος με τη χρήση χημικών διεργασιών ατμών με βάση ακετόνη ή παρόμοιους διαλύτες (Vancterploeg et al., 2016).

Ορισμένες τεχνικές κατασκευής πρόσθετων είναι ικανές να χρησιμοποιούν πολλαπλά υλικά κατά την κατασκευή εξαρτημάτων. Αυτές οι τεχνικές είναι σε θέση να εκτυπώσουν ταυτόχρονα σε πολλά χρώματα και συνδυασμούς χρωμάτων και δεν απαιτούν απαραίτητα ζωγραφική (Vancterploeg et al., 2016).

Ορισμένες τεχνικές εκτύπωσης απαιτούν την κατασκευή εσωτερικών στηριγμάτων για προεξοχή λειτουργιών κατά την κατασκευή. Αυτά τα στηρίγματα πρέπει να αφαιρεθούν ή να διαλυθούν μηχανικά μετά την ολοκλήρωση της εκτύπωσης. Όλοι οι εμπορευματοποιημένοι μεταλλικοί 3D εκτυπωτές περιλαμβάνουν την αποκοπή του μεταλλικού εξαρτήματος από το μεταλλικό υπόστρωμα μετά την απόθεση. Μια νέα διαδικασία για την εκτύπωση 3D GMAW επιτρέπει τροποποιήσεις επιφάνειας υποστρώματος για την αφαίρεση αλουμινίου ή γάλυβα (Winnan, 2013).

Υλικά

Παραδοσιακά, η τρισδιάστατη εκτύπωση επικεντρώθηκε σε πολυμερή για εκτύπωση, λόγω της ευκολίας κατασκευής και χειρισμού πολυμερών υλικών. Ωστόσο, η μέθοδος εξελίχθηκε γρήγορα όχι μόνο για την εκτύπωση διαφόρων πολυμερών αλλά και για μέταλλα και κεραμικά, καθιστώντας την εκτύπωση 3D μια ευέλικτη επιλογή κατασκευής (Workman and Ahu, 2011)

3D εκτύπωση πολλαπλών υλικών

Ένα μειονέκτημα πολλών υφιστάμενων τρισδιάστατων τεχνολογιών εκτύπωσης είναι ότι επιτρέπουν την εκτύπωση μόνο ενός υλικού κάθε φορά, περιορίζοντας πολλές πιθανές εφαρμογές που απαιτούν την ενσωμάτωση διαφορετικών υλικών στο ίδιο αντικείμενο. Η τρισδιάστατη εκτύπωση πολλαπλών υλικών λύνει αυτό το πρόβλημα επιτρέποντας την κατασκευή αντικειμένων πολύπλοκων και ετερογενών διατάξεων υλικών χρησιμοποιώντας έναν μόνο εκτυπωτή. Εδώ, πρέπει να καθοριστεί ένα υλικό για κάθε voxel (ή στοιχείο 3D pixel εκτύπωσης) εντός του τελικού όγκου αντικειμένου (Conner et al., 2014).

Η διαδικασία μπορεί να είναι γεμάτη επιπλοκές, ωστόσο, λόγω των απομονωμένων και μονολιθικών αλγορίθμων. Ορισμένες εμπορικές συσκευές προσπάθησαν να επιλύσουν αυτά τα ζητήματα, όπως η κατασκευή ενός μεταφραστή Spec2Fab, αλλά η πρόοδος εξακολουθεί να είναι πολύ περιορισμένη. Ωστόσο, στον ιατρικό κλάδο, παρουσιάστηκε μια έννοια τρισδιάστατων τυπωμένων χαπιών και εμβολίων. Με αυτήν τη νέα ιδέα, μπορούν να συνδυαστούν πολλαπλά φάρμακα, τα οποία θα μειώσουν πολλούς κινδύνους. Με όλο και περισσότερες εφαρμογές τρισδιάστατης εκτύπωσης πολλαπλών υλικών, το κόστος της καθημερινής ζωής και η ανάπτυξη υψηλής τεχνολογίας θα αναπόφευκτα μειωθούν. Εξετάζεται επίσης μεταλλογραφία υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης. Με την ταξινόμηση κάθε υλικού, το CIMP-3D μπορεί να εκτελεί συστηματικά εκτύπωση 3D με πολλά υλικά (Peterson and Pearce, 2017).

1.4.ΕΙΔΗ 3D ΕΚΤΥΠΩΤΩΝ

Η τρισδιάστατη εκτύπωση Stereo lithography (SLA) χρησιμοποιεί ένα λέιζερ για την επεξεργασία υγρής ρητίνης φωτοπολυμερούς σε στερεά ισοτροπικά μέρη (Horvath, 2014).

Με την κοινή διαδικασία, ανεστραμμένο SLA, μια πλατφόρμα κατασκευής κατεβάζεται σε

δεξαμενή ρητίνης, αφήνοντας μόνο ένα λεπτό στρώμα υγρού ανάμεσα στην πλατφόρμα και το κάτω μέρος της δεξαμενής. Τα γαλβανόμετρα κατευθύνουν το λέιζερ μέσω ενός διαφανούς παραθύρου στο κάτω μέρος της δεξαμενής ρητίνης, σχεδιάζοντας μια διατομή του τρισδιάστατου μοντέλου και σκληρύνοντας επιλεκτικά το υλικό(Horvath, 2014).

Η εκτύπωση είναι χτισμένη σε διαδοχικές στρώσεις, το καθένα πάχους μικρότερο από εκατό μικρά. Οι δομές υποστήριξης διατηρούν τις προεξοχές αγκυρωμένες στην πλατφόρμα όπου είναι απαραίτητο. Όταν ολοκληρωθεί ένα στρώμα, το τμήμα ξεφλουδίζεται από τον πυθμένα της δεξαμενής, αφήνοντας τη φρέσκια ρητίνη να ρέει κάτω και η πλατφόρμα χαμηλώνει ξανά. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου ολοκληρωθεί η εκτύπωση (Laplume et al., 2016a).

Η στερεολιθογραφία είναι ιδανική για(Horvath, 2014):

- Ταχεία προτυποποίηση
- Λειτουργικό πρωτότυπο
- Έννοια μοντελοποίησης
- Βραχυπρόθεσμη παραγωγή
- Οδοντιατρικές εφαρμογές
- Πρωτότυπα και χύτευση κοσμημάτων

Οι εκτυπωτές 3D εκλεκτικής σύντηξης λέιζερ (SLS) χρησιμοποιούν λέιζερ υψηλής ισχύος για τη σύντηξη μικρών σωματιδίων σκόνης πολυμερούς σε στερεά δομή (Srai et al., 2014).

Η σκόνη διασκορπίζεται σε ένα λεπτό στρώμα πάνω από μια πλατφόρμα στο εσωτερικό του θαλάμου κατασκευής και ο εκτυπωτής προθερμαίνει τη σκόνη σε θερμοκρασία ακριβώς κάτω από το σημείο τήξης της πρώτης ύλης. Το λέιζερ σαρώνει μια διατομή του τρισδιάστατου μοντέλου, ενώνοντας τα σωματίδια μαζί μηχανικά για να δημιουργήσει ένα συμπαγές μέρος. Η αχρησιμοποίητη σκόνη υποστηρίζει το τμήμα κατά την εκτύπωση και εξαλείφει την ανάγκη για ειδικές δομές στήριξης. Η πλατφόρμα χαμηλώνει κατά ένα στρώμα μέσα στο θάλαμο κατασκευής, συνήθως μεταξύ 50 και 200 μικρών, και μιας ανεμογεννήτριας εφαρμόζει ένα νέο στρώμα σκόνης στην κορυφή. Στη συνέχεια, το λέιζερ σαρώνει την επόμενη διατομή της κατασκευής και αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται για κάθε στρώμα έως ότου ολοκληρωθούν τα μέρη(Horvath, 2014).

Η επιλεκτική σύντηξη με λέιζερ είναι ιδανική για(Horvath, 2014):

- Λειτουργικό πρωτότυπο

- Εξαρτήματα τελικής χρήσης
- Βραχυπρόθεσμη κατασκευή, γέφυρες ή προσαρμοσμένη κατασκευή

Επιλεκτική τήξη λέιζερ (SLM)

Όπως υποδηλώνει το όνομα, η επιλεκτική τήξη λέιζερ ή το SLM είναι μια τεχνολογία κατασκευής πρόσθετων που λειτουργεί με τήξη του μετάλλου σε σκόνη για σύνδεση μεταξύ των στρώσεων (Julius et al., 2016).

Αυτό κατατάσσεται επίσης στην οικογένεια συντηγμένων υλικών σε σκόνη και λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως το SLS (Julius et al., 2016).

Ωστόσο, η μεγαλύτερη διαφορά είναι το υλικό που χρησιμοποιείται στην περίπτωση του SLM. Το SLM χρησιμοποιείται ειδικά για μέταλλα. Εάν η εκτύπωση γίνει με εξαρτήματα από μέταλλο, πρέπει να χρησιμοποιηθεί το SLM. Η τεχνολογία λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο και έχει τα ίδια βασικά στάδια εργασίας με αυτά του SLS (Julius et al., 2016).

Μία από τις σημαντικότερες διαφορές είναι η απαίτηση μιας δομής στήριξης για μερικά μέρη, ειδικά με προεξοχές που δεν απαιτείται στο SLS (Julius et al., 2016).

Στο SLS, όπου το βάρος του υλικού δεν είναι μεγάλο, η περιβάλλουσα σκόνη είναι αρκετή για να παρέχει υποστήριξη στα εξαρτήματα, κάτι που δεν είναι δυνατό στην περίπτωση της εκτύπωσης 3D SLM (Julius et al., 2016).

Ηλεκτρονική τήξη δέσμης (EBM)

Αυτή η τεχνολογία εκτύπωσης 3D η οποία είναι γνωστή ως Electronic Beam Melting και γράφεται ως συντομογραφία EBM προέρχεται και πάλι από την οικογένεια της σύντηξης σε σκόνη. Η τεχνολογία χρησιμοποιείται για την εκτύπωση μεταλλικών εξαρτημάτων (Nyman and Sarlin, 2014).

Όπως και το SLM, η βασική διαδικασία εκτύπωσης παραμένει η ίδια, η μόνη διαφορά είναι τα ηλεκτρόνια που χρησιμοποιούνται για την τήξη του μετάλλου αντί του λέιζερ (Julius et al., 2016).

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το EBM λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως το SLM. Η μεταλλική σκόνη χρησιμοποιείται μέσα στο δοχείο το οποίο απλώνεται περαιτέρω πάνω στην επιφάνεια κατασκευής ως λεπτή επικάλυψη με τη βοήθεια του επιστρώματος (Nyman and Sarlin,

2014).

Αυτά προθερμαίνονται και λιώνουν με τη βοήθεια ηλεκτρονικών ακτίνων για τη σύντηξη των σωματιδίων σκόνης μαζί. Αυτό αναγκάζει το στρώμα ισχύος να στερεοποιηθεί και η επιφάνεια κατασκευής κινείται προς τα κάτω για εκτύπωση του επόμενου στρώματος. Αυτό συμβαίνει έως ότου εκτυπωθεί και ολοκληρωθεί ολόκληρο το μέρος (Julius et al., 2016).

Παρόμοια με το SLM, το EBM χρειάζεται επίσης τεράστια μετεπεξεργασία για να πάρει το τελικό μέρος (Winnan, 2013).

Το εξάρτημα πρέπει να αποσπαστεί από την πλατφόρμα και να καθαριστεί, είτε με τη σκόνη χωρίς βούρτσα είτε με βούρτσα. Καθώς η EBM απαιτεί δομή υποστήριξης για την κατασκευή ορισμένων εξαρτημάτων, αυτά πρέπει να αφαιρεθούν επίσης μετά την ολοκλήρωση της εκτύπωσης (Julius et al., 2016).

Επειδή τα εξαρτήματα στήριξης είναι κατασκευασμένα με το ίδιο μέταλλο, μερικές φορές γίνεται μια χρονοβόρα διαδικασία (Julius et al., 2016).

Το Laminated Object Manufacturing προέρχεται επίσης από την οικογένεια της κατασκευής πρόσθετων, ωστόσο, λιγότερο γνωστό σε σύγκριση με τις άλλες επιλογές (Degnan, 2018).

Σε αντίθεση με άλλες διεργασίες, στο LOM, το δομικό υλικό είναι στρωμένο το ένα πάνω στο άλλο ενώ συνδέει κάθε στρώμα με θερμότητα και πίεση και τελικά κόβει τα σε επιθυμητές διαστάσεις και σχήμα με λέιζερ άνθρακα ή λεπίδα (Degnan, 2018).

Το LOM μπορεί να μην είναι τόσο δημοφιλές όσο άλλες διαδικασίες παραγωγής προσθέτων, ωστόσο, είναι μια από τις ταχύτερες καθώς και προσιτές επιλογές (Degnan, 2018).

Όπως συμβαίνει με άλλες διαδικασίες εκτύπωσης 3D, η εργασία ξεκινά με την απαίτηση του αρχείου CAD. Αυτό το αρχείο μετατρέπεται περαιτέρω σε STL ή 3DS μέσω κλιμάκωσης έτσι ώστε ο εκτυπωτής να μπορεί να κατανοήσει τις οδηγίες εκτύπωσης (Degnan, 2018).

Η εκτύπωση 3D LOM μπορεί να χρησιμοποιηθεί για χαρτιά, πλαστικά και μεταλλικά μέρη. Ο εκτυπωτής χρησιμοποιεί έναν κύλινδρο τροφοδοσίας για να τραβήξει τα φύλλα υλικού στο στρώμα επιφάνειας κατασκευής. Εάν το υλικό που χρησιμοποιείται είναι είτε χαρτί είτε πλαστικό, αυτά

είναι επικαλυμμένα με κόλλα (Khoo et al., 2015).

Στη συνέχεια, ένας θερμαινόμενος κύλινδρος περνάει πάνω από την επιφάνεια κατασκευής και πάνω από το φύλλο υλικού για να λιώσει την κόλλα και να συντήξει τα φύλλα μαζί. Το λέιζερ στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να κόψει τα σχήματα του στρώματος στον επιθυμητό σχεδιασμό(Degnan, 2018).

Μετά την ολοκλήρωση του στρώματος, η επιφάνεια κινείται προς τα κάτω και το επόμενο φύλλο σχεδιάζεται πάνω από το προηγούμενο. Η ίδια διαδικασία ακολουθεί μετά την ολοκλήρωση κάθε επιπέδου έως ότου ολοκληρωθεί η εκτύπωση του τμήματος(Degnan, 2018).

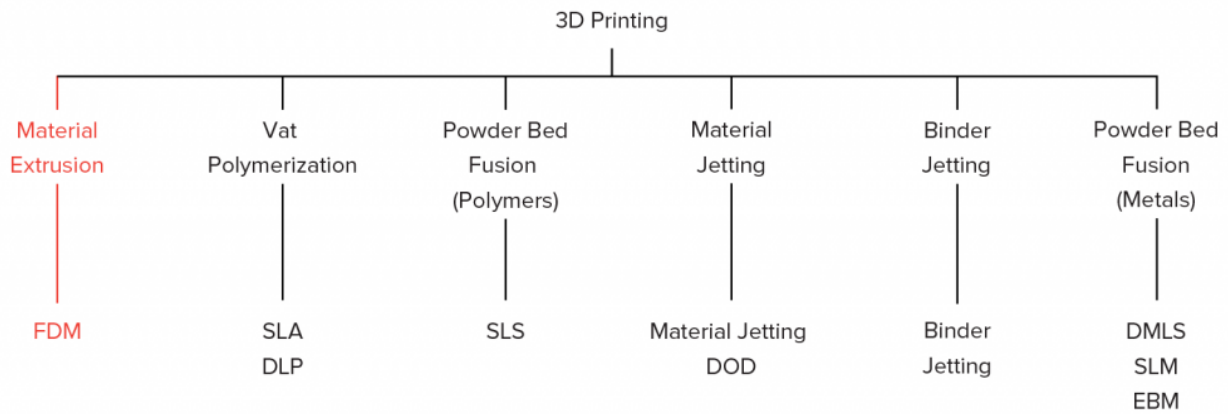
Μόλις ολοκληρωθεί το τμήμα, αφαιρείται από την πλατφόρμα κατασκευής και αναλαμβάνεται για ολοκλήρωση. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει την αφαίρεση τυχόν υπερβολικού υλικού με μη αυτόματο τρόπο (Jones et al., 2011).

Το Binder Jetting συντομεύτηκε ως BJ εδώ και μερικά χρόνια, σχετικά νεότερο από τις άλλες τεχνολογίες 3D εκτύπωσης(Degnan, 2018).

Αυτή η τεχνολογία βασίζεται στην τεχνολογία της κλίνης σε σκόνη, ωστόσο, χρησιμοποιεί ένα υγρό συνδετικό μέσο αντί μιας πηγής ενέργειας για να συνδέσει τα σωματίδια της σκόνης μαζί για να σχηματίσει τα στρώματα (Lipson and Kurman, 2013).

Τις περισσότερες φορές, αυτό είναι γνωστό ότι είναι ο συνδυασμός SLS και εκτόξευσης υλικών. Ο τρισδιάστατος εκτυπωτής έχει κεφαλή εκτύπωσης που εκτοξεύει το υγρό συνδετικό και αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο ονομάζεται παρόμοιο με το υλικό εκτόξευσης(Degnan, 2018).

Εικόνα 2: Είδη 3d εκτυπωτών



Πηγή: www.elwikipaedia.org

Εκτόξευση υλικών (MJ)

Πολλοί θεωρούν ότι η εκτόξευση υλικών γνωστή και ως MJ μοιάζει πολύ με την εκτύπωση 2D. Όπως η δέσμευση με συνδετικό υλικό, οι κεφαλές εκτύπωσης αποτελούν μέρος των εκτυπωτών Material Jetting (Redwood et al., 2017).

Αυτά χρησιμοποιούνται για τη διανομή σταγονιδίων εκτύπωσης που στερεοποιούνται όταν εκτίθενται με υπεριώδες φως. Αυτά τα σταγονίδια είναι κατασκευασμένα από υλικό φωτοσύνθεσης και διατίθενται σε υγρή μορφή (Degnan, 2018).

1.5.ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

TAXYTHHTA

Τα μοντέλα Airwolf 3D AXIOM λειτουργούν σε ταχύτητες εκτύπωσης έως 250 χιλιοστά ανά δευτερόλεπτο και ταχύτητες διαδρομής έως 400 χιλιοστά ανά δευτερόλεπτο. Στην Airwolf 3D καταλαβαίνουμε ότι ο χρόνος είναι κρίσιμος και γι 'αυτό έχει αναπτυχθεί έναν από τους γρηγορότερους επιτραπέζιους εκτυπωτές 3D στην αγορά (Azimi et al., 2016).

ΜΕΓΕΘΟΣ

Ο περιορισμός μεγέθους είναι επί του παρόντος ένα σημαντικό μειονέκτημα με τους περισσότερους εκτυπωτές 3D στην αγορά. Με μια τεράστια πλατφόρμα κατασκευής, η πλειοψηφία των εκτυπωτών μπορεί να εκτυπώσει μεγάλα μοντέλα χωρίς να χρειάζεται να εκτυπώσει σε πολλά κομμάτια (Degnan, 2018).

ΑΚΡΙΒΕΙΑ

Με ελάχιστο ύψος στρώσης 40 μικρά και ανάλυση X, Y 20 μικρά, οι εκτυπωτές της σειράς AXIOM είναι εξαιρετικά ακριβείς. Η Airwolf 3D έχει εργαστεί σκληρά για την εξισορρόπηση της ανάλυσης και της ταχύτητας και έχει δημιουργήσει ένα σύστημα που παρέχει τα καλύτερα και των δύο κόσμων (Camdell et al., 2011).

ANTOXH

Οι εκτυπωτές χρησιμοποιούνται επίσης ως εργαλείο σε καθημερινή βάση για διάφορα είδη παραγωγής. Αυτό απαιτεί μια ανθεκτική μηχανή που απαιτεί λίγη συντήρηση. Διατηρούνται αυτά τα ίδια πρότυπα για τους πελάτες και οι εκτυπωτές είναι κατασκευασμένοι με τα υψηλότερα ποιοτικά ανταλλακτικά (Degnan, 2018).

ΥΛΙΚΑ

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται σε αυτούς τους εκτυπωτές παρουσιάζουν ευρεία ποικιλία. Με ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασίας και την ικανότητα να φτάσει τους 320C στην εστία, ένας τέτοιος εκτυπωτής μπορεί να εκτυπώσει με πολλά υλικά, που κυμαίνονται από PLA και ABS έως TPU, Nylon και Polycarbonate (Julius et al., 2016).

1.6. ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ 3 D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

Υπάρχουν πολλές διαφορετικές επώνυμες διαδικασίες εκτύπωσης 3D, οι οποίες μπορούν να ομαδοποιηθούν σε επτά κατηγορίες (Degnan, 2018):

- Φωτοπολυμερισμός
- Εκτόξευση υλικών
- Εκτόξευση συνδετικών πλαστικών υλικών
- Σύντηξη σε σκόνη
- Εξώθηση υλικού
- Κατευθυνόμενη εναπόθεση ενέργειας
- Ελασματοποίηση φύλλων

Σχηματική αναπαράσταση της τεχνικής 3D εκτύπωσης γνωστή ως Fused Filament Fabrication. ένα νήμα α) από πλαστικό υλικό τροφοδοτείται μέσω μιας θερμαινόμενης κινούμενης κεφαλής b) το οποίο λειώνει και εξωθεί το εναποθέτοντάς το, στρώμα μετά στρώμα, στο επιθυμητό σχήμα γ). Μια κινούμενη πλατφόρμα ε) χαμηλώνει μετά την κατάθεση κάθε στρώματος. Για αυτό το είδος

τεχνολογίας απαιτούνται πρόσθετες δομές κάθετης στήριξης δ) για τη στήριξη των προεξοχών (Jones et al., 2011).

Οι κύριες διαφορές μεταξύ των διεργασιών είναι ο τρόπος κατάθεσης των στρωμάτων για τη δημιουργία εξαρτημάτων και στα υλικά που χρησιμοποιούνται. Κάθε μέθοδος έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα, γι 'αυτό ορισμένες εταιρείες προσφέρουν μια επιλογή σκόνης και πολυμερούς για το υλικό που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του αντικειμένου. Άλλοι χρησιμοποιούν μερικές φορές τυπικό, ανεξάρτητο επαγγελματικό χαρτί ως υλικό κατασκευής για να παράγουν ένα ανθεκτικό πρωτότυπο (Degnan, 2018).

Οι κύριες σκέψεις για την επιλογή μιας μηχανής είναι γενικά η ταχύτητα, το κόστος του εκτυπωτή 3D, του τυπωμένου πρωτοτύπου, η επιλογή και το κόστος των υλικών και οι δυνατότητες χρώματος. Οι εκτυπωτές που λειτουργούν απευθείας με μέταλλα είναι γενικά ακριβοί. Ωστόσο, λιγότερο ακριβοί εκτυπωτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή ενός καλουπιού, το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιείται για την κατασκευή μεταλλικών εξαρτημάτων (Lipson and Kurnan, 2013).

Το ISO / ASTM52900-15 ορίζει επτά κατηγορίες διεργασιών παραγωγής πρόσθετων (AM) με την έννοια του: δέσιμο συνδετικών, κατευθυνόμενη εναπόθεση ενέργειας, εξώθηση υλικού, εκτόξευση υλικών, σύντηξη κλίνης σε σκόνη, ελασματοποίηση φύλλων και φωτοπολυμερισμός (Degnan, 2018).

Ορισμένες μέθοδοι λιώνουν ή μαλακώνουν το υλικό για την παραγωγή των στρωμάτων. Στην κατασκευή νήματος Fused, επίσης γνωστή ως μοντελοποίηση εναπόθεσης Fused (FDM), το μοντέλο ή μέρος παράγεται με εξώθηση μικρών σφαιριδίων ή ρευμάτων υλικού που σκληραίνουν αμέσως για σχηματισμό στρωμάτων. Ένα νήμα από θερμοπλαστικό, μεταλλικό σύρμα ή άλλο υλικό τροφοδοτείται σε μια κεφαλή ακροφύσιου εξώθησης (εξωθητής εκτυπωτή 3D), η οποία θερμαίνει το υλικό και ενεργοποιεί και απενεργοποιεί τη ροή (Gebler et al., 2014).

Το FDM είναι κάπως περιορισμένο στην παραλλαγή των σχημάτων που μπορεί να κατασκευαστούν. Μια άλλη τεχνική συγχωνεύει τμήματα του στρώματος και στη συνέχεια κινείται προς τα πάνω στην περιοχή εργασίας, προσθέτοντας ένα άλλο στρώμα κόκκων και επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία μέχρι να δημιουργηθεί το κομμάτι. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιεί τα αχρησιμοποίητα μέσα για τη στήριξη προεξοχών και λεπτών τοιχωμάτων στο

τιμήμα που παράγεται, γεγονός που μειώνει την ανάγκη για προσωρινά βοηθητικά στηρίγματα για το κομμάτι. Πρόσφατα, το FFF / FDM επεκτάθηκε σε τρισδιάστατη εκτύπωση απευθείας από σφαιρίδια για να αποφευχθεί η μετατροπή σε νήμα. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται σύντηξη συντηγμένων σωματιδίων (FPF) (ή συντηγμένη κοκκώδης κατασκευή (FGF) και έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιεί περισσότερα ανακυκλωμένα υλικά (Degnan, 2018).

Οι τεχνικές Powder Bed Fusion, ή PBF, περιλαμβάνουν αρκετές διαδικασίες όπως DMLS, SLS, SLM, MJF και EBM. Οι διαδικασίες Powder Bed Fusion μπορούν να χρησιμοποιηθούν με μια σειρά υλικών και η ευελιξία τους επιτρέπει γεωμετρικά σύνθετες κατασκευές, καθιστώντας την επιλογή για πολλά έργα 3D εκτύπωσης. Αυτές οι τεχνικές περιλαμβάνουν επιλεκτική σύντηξη λέιζερ, τόσο με μέταλλα όσο και με πολυμερή, και άμεση σύντηξη με λέιζερ μετάλλων. Η επιλεκτική τήξη με λέιζερ δεν χρησιμοποιεί πυροσυσσώματωση για τη σύντηξη κόκκων κόνεως, αλλά θα λιώσει εντελώς τη σκόνη χρησιμοποιώντας λέιζερ υψηλής ενέργειας για να δημιουργήσει πλήρως πυκνά υλικά με μια μέθοδο στρώσης που έχει μηχανικές ιδιότητες παρόμοιες με αυτές των συμβατικών κατασκευασμένων μετάλλων (Gokhore et al., 2017).

Η τήξη δέσμης ηλεκτρονίων είναι ένας παρόμοιος τύπος τεχνολογίας κατασκευής πρόσθετων για μεταλλικά μέρη (π.χ. κράματα τιτανίου). Η EBM κατασκευάζει εξαρτήματα με τήξη στρώματος μεταλλικής σκόνης ανά στρώση με δέσμη ηλεκτρονίων σε υψηλό κενό. Μια άλλη μέθοδος συνίσταται σε ένα σύστημα εκτύπωσης 3D inkjet, το οποίο δημιουργεί το μοντέλο ένα στρώμα κάθε φορά, απλώνοντας ένα στρώμα σκόνης (γύψος ή ρητίνες) και εκτυπώνοντας ένα συνδετικό στη διατομή του εξαρτήματος χρησιμοποιώντας μια διαδικασία τύπου inkjet. Με την κατασκευή πλαστικοποιημένων αντικειμένων, λεπτές στρώσεις κόβονται σε σχήμα και ενώνονται μεταξύ τους. Εκτός από τις μεθόδους που αναφέρθηκαν προηγουμένως, η HP έχει αναπτύξει το Multi Jet Fusion (MJF) που είναι μια τεχνική βάσης σκόνης, αν και δεν εμπλέκεται κανένα λέιζερ. Ένας πίνακας inkjet εφαρμόζει παράγοντες τήξης και λεπτομερειών οι οποίοι στη συνέχεια συνδυάζονται με θέρμανση για τη δημιουργία ενός στερεού στρώματος (Degnan, 2018).

Άλλες μέθοδοι θεραπεύουν υγρά υλικά χρησιμοποιώντας διαφορετικές εξελιγμένες τεχνολογίες, όπως η στερεολιθογραφία. Ο φωτοπολυμερισμός χρησιμοποιείται κυρίως στη στερεολιθογραφία για την παραγωγή ενός στερεού μέρους από ένα υγρό. Συστήματα εκτυπωτών Inkjet όπως το σύστημα Objet PolyJet ψεκάζουν υλικά φωτοπολυμερούς σε ένα δίσκο κατασκευής σε εξαιρετικά λεπτά στρώματα (μεταξύ 16 και 30 μm) έως ότου ολοκληρωθεί το εξάρτημα. Κάθε στρώμα φωτοπολυμερούς σκληρύνεται με υπεριώδες φως μετά την εκτόξευση, παράγοντας πλήρως σκληρυμένα μοντέλα που μπορούν να χειριστούν και να χρησιμοποιηθούν αμέσως, χωρίς μετά τη

σκλήρυνση (Park and Kim, 2013).

Εξαιρετικά μικρές δυνατότητες μπορούν να δημιουργηθούν με την τεχνική μικροκατασκευής 3D που χρησιμοποιείται στον φωτοπολυμερισμό πολλαπλών φωτονίων. Λόγω της μη γραμμικής φύσης της διέγερσης φωτογραφιών, το πήκτωμα σκληρύνεται σε στερεό μόνο στα σημεία όπου το λέιζερ ήταν εστιασμένο ενώ το υπόλοιπο πήκτωμα στη συνέχεια ξεπλένεται. Τα μεγέθη χαρακτηριστικών κάτω των 100 nm παράγονται εύκολα, καθώς και πολύπλοκες κατασκευές με κινούμενα και αλληλοσυνδεόμενα μέρη. Μια άλλη προσέγγιση χρησιμοποιεί μια συνθετική ρητίνη που στερεοποιείται χρησιμοποιώντας LED (Degnan, 2018).

Στη στερεολιθογραφία που βασίζεται στην προβολή μάσκας, ένα ψηφιακό μοντέλο 3D τεμαχίζεται από ένα σύνολο οριζόντιων επιπέδων. Κάθε φέτα μετατρέπεται σε δισδιάστατη εικόνα μάσκας. Στη συνέχεια, η εικόνα της μάσκας προβάλλεται σε μια επιφάνεια φωτο-σκληρυνόμενης υγρής ρητίνης και το φως προβάλλεται πάνω στη ρητίνη για να την σκληρύνει στο σχήμα του στρώματος. Η συνεχής παραγωγή υγρών διεπαφών ξεκινά με μια δεξαμενή υγρής ρητίνης φωτοπολυμερούς. Μέρος του πυθμένα της πισίνας είναι διαφανές στο υπεριώδες φως (το "παράθυρο"), το οποίο προκαλεί τη στερεοποίηση της ρητίνης (Horvath, 2014).

Το αντικείμενο ανεβαίνει αρκετά αργά για να επιτρέψει στη ρητίνη να ρέει κάτω και να διατηρεί επαφή με τον πυθμένα του αντικειμένου. Στην απόθεση κατευθυνόμενης ενέργειας που τροφοδοτείται με σκόνη, χρησιμοποιείται λέιζερ υψηλής ισχύος για την τήξη μεταλλικής σκόνης που παρέχεται στο επίκεντρο της δέσμης λέιζερ. Η διαδικασία κατευθυνόμενης ενέργειας που τροφοδοτείται με σκόνη είναι παρόμοια με το Selective Laser Sintering, αλλά η μεταλλική σκόνη εφαρμόζεται μόνο όταν προστίθεται υλικό εκείνη τη στιγμή (Degnan, 2018).

Από τον Δεκέμβριο του 2016, τα συστήματα παραγωγής πρόσθετων ήταν στην αγορά που κυμαίνονταν από 99 \$ έως 500.000 \$ σε τιμή και απασχολούνταν σε βιομηχανίες όπως η αεροδιαστημική, η αρχιτεκτονική, η αυτοκινητοβιομηχανία, η άμυνα και οι ιατρικές αντικαταστάσεις, μεταξύ πολλών άλλων. Για παράδειγμα, η General Electric χρησιμοποιεί 3D εκτυπωτές υψηλών προδιαγραφών για την κατασκευή ανταλλακτικών για στροβίλους. Πολλά από αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται για γρήγορο πρωτότυπο, προτού χρησιμοποιηθούν μέθοδοι μαζικής παραγωγής (Srai et al., 2016).

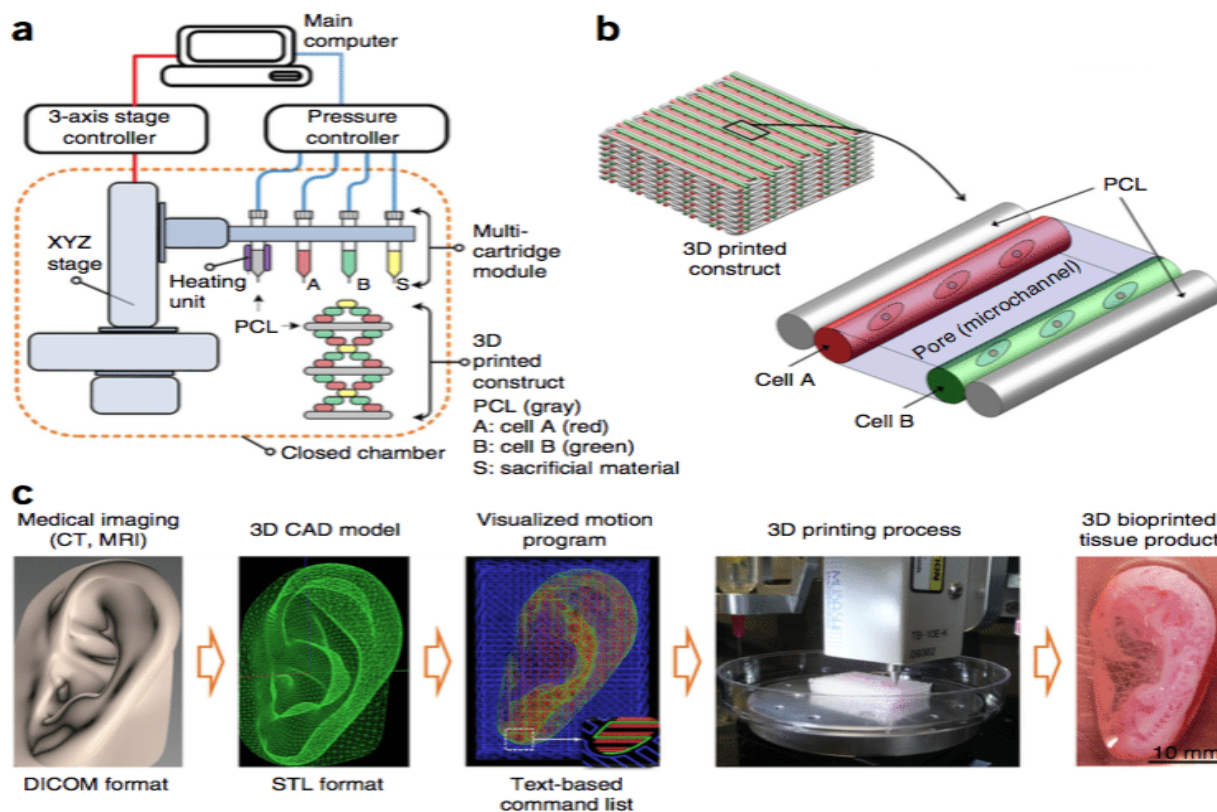
Η τριτοβάθμια εκπαίδευση έχει αποδειχθεί ότι είναι σημαντικός αγοραστής επιτραπέζιων και

επαγγελματικών τρισδιάστατων εκτυπωτών που οι ειδικοί του κλάδου θεωρούν γενικά ως θετικό δείκτη. Οι βιβλιοθήκες σε όλο τον κόσμο έχουν επίσης γίνει τοποθεσίες για τη στέγαση μικρότερων τρισδιάστατων εκτυπωτών για εκπαιδευτική και κοινοτική πρόσβαση. Αρκετά έργα και εταιρείες καταβάλλουν προσπάθειες για την ανάπτυξη προσιτών τρισδιάστατων εκτυπωτών για χρήση στην οικιακή επιφάνεια εργασίας (Degnan, 2018).

Η υπολογιστική αξονική λιθογραφία είναι μια μέθοδος τρισδιάστατης εκτύπωσης που βασίζεται σε μηχανογραφημένες τομογραφικές σαρώσεις για τη δημιουργία εκτυπώσεων σε ρητίνη. Αναπτύχθηκε από μια συνεργασία μεταξύ του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια στο Μπέρκλεϋ με το Εθνικό Εργαστήριο Lawrence Livermore. Σε αντίθεση με άλλες μεθόδους τρισδιάστατης εκτύπωσης, δεν κατασκευάζει μοντέλα μέσω εναπόθεσης στρωμάτων υλικού όπως μοντελοποίηση από σύντηξη και στερεολιθογραφία, αλλά δημιουργεί αντικείμενα χρησιμοποιώντας μια σειρά εικόνων 2D που προβάλλονται σε κύλινδρο ρητίνης. Είναι αξιοσημείωτο για την ικανότητά του να κατασκευάζει ένα αντικείμενο πολύ πιο γρήγορα από άλλες μεθόδους που χρησιμοποιούν ρητίνες και την ικανότητα να ενσωματώνει αντικείμενα μέσα στις εκτυπώσεις (Sebatina et al., 2015).

Η κατασκευή υγρών προσθέτων (LAM) είναι μια τρισδιάστατη τεχνική εκτύπωσης που εναποθέτει ένα υγρό ή υλικό υψηλής βισκόζης (π.χ. Liquid Silicone Rubber) σε μια επιφάνεια κατασκευής για να δημιουργήσει ένα αντικείμενο το οποίο στη συνέχεια βουλκανίζεται χρησιμοποιώντας θερμότητα για να σκληρύνει το αντικείμενο. Η διαδικασία δημιουργήθηκε αρχικά από τον Adrian Bowyer και στη συνέχεια βασίστηκε στο γερμανικό RepRap (Degnan, 2018).

Εικόνα 3: Διαδικασία 3d εκτύπωσης



Πηγή: www.elwikipaedia.org

1.6.ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΕΝΟΣ 3 D ΕΚΤΥΠΩΤΗ

Η διαδικασία της συντήρησης έχει πρωτίτως χαρακτήρα προληπτικό. Ο έλεγχος σημαντικών μερών του 3d εκτυπωτή σε τακτά χρονικά διαστήματα θα μας βοηθήσει να έχουμε ένα μηχάνημα που θα δουλεύει σωστά και οι εκτυπώσεις του θα είναι πετυχημένες (Conner et al., 2004)

Τα μέρη του εκτυπωτή θα πρέπει να καθαρίζονται τακτικά για να μην υπάρχει σκόνη σε αυτά. Η αποθήκευση του εκτυπωτή σε μέρος που δεν έχει ρεύμα αέρα και δεν είναι κοντά σε παράθυρο και πόρτα θα ήταν ιδανική. Το ίδιο ισχύει και κατά την διάρκεια της λειτουργίας του. Θα πρέπει να αποφεύγονται τα ρεύματα αέρα αλλά θα πρέπει πάντα όμως να εκτυπώνει σε μέρος που να αερίζεται επαρκώς. Το καθάρισμα μπορεί να γίνει με οινόπνευμα και σε σημεία που δεν επιθυμείται το χαρτί να αφήσει υπολείμματα τότε μια βούρτσα θα ήταν χρήσιμη. Η παραμονή σκόνης στο μηχάνημα δημιουργεί πρόβλημα στην εκτύπωση επειδή πηγαίνει στο νήμα, στο bed, στους άξονες,

στον extruder και hotend(Degnan, 2018).

Οι ιμάντες θα πρέπει να ελέγχονται συχνά για πιθανές φθορές με τον χρόνο. Μετά από πολλές εκτυπώσεις η αλλοίωση του ιμάντα είναι πιθανή. Τότε η έγκαιρη αντικατάσταση του θα προστατεύσει το μηχάνημα και τις εκτυπώσεις. Ακόμη οι ιμάντες θα πρέπει να είναι πάντα τεντωμένοι για να γίνονται σωστές εκτυπώσεις. Κατά την διάρκεια της εκτύπωσης, η συνεχής κίνηση προκαλεί χαλάρωση στους ιμάντες και απαιτείται σφίξιμο τους (Azimi et al., 2016).

Με τους κραδασμούς της εκτύπωσης οι βίδες σε μερικά σημεία καθώς και άλλα μέρη όπως τα stop των αξόνων θα πρέπει να ελέγχονται για το αν βρίσκονται στην σωστή θέση(Degnan, 2018).

Η σημαντικότητα του leveling είναι ένας άλλος καίριος παράγοντας σωστής εκτύπωσης. Θα πρέπει να τονιστεί πως το σωστό leveling εκτός από μια επιτυχημένη εκτύπωση μπορεί να διασφαλίσει και τη σωστή λειτουργία του μηχανήματος. Με αυτό τον τρόπο θα προστατεύεται το nozzle και η επιφάνεια εκτύπωσης από επαφή (Julius et al., 2016).

Μια συνηθισμένη διαδικασία μετά από αρκετές ώρες εκτυπώσεων και δοκιμές διαφορετικών υλικών. Τα παραπάνω μπορεί να οδηγήσουν σε μερικό ή ολικό μπλοκάρισμα του hotend. Αυτό θα φανεί στις εκτυπώσεις αν βλέπουμε κενές γραμμές στα σχέδια. Ακόμη όταν υπάρχει μπλοκάρισμα ο extruder δεν μπορεί να σπρώξει υλικό με αποτέλεσμα να υπάρχουν χαμένα βήματα όπου ο extruder κάνει ένα χαρακτηριστικό click και το νήμα δεν κατεβαίνει με την ίδια ώθηση. Το λύσιμο και καθάρισμα του hotend είναι απαραίτητο σε αυτό το σημείο(Degnan, 2018).

Η κίνηση στους άξονες θα πρέπει να γίνεται χωρίς δυσκολία έτσι ώστε να μην υπάρχουν κολλήματα στην εκτύπωση. Αυτό θα φανεί στις εκτυπώσεις αλλά μπορεί να ελεγχθεί και πριν από αυτές. Η κίνηση στους άξονες x και y θα πρέπει να γίνεται με ευκολία και χαρακτηριστικά να κυλάνε με την βαρύτητα. Δηλαδή αν γυρίσουμε τον εκτυπωτή έτσι ώστε το bed φυσιολογικά να κατέβει λόγω βαρύτητας, θα πρέπει να το κάνει ομαλά χωρίς να σταματήσει κάπου. Το ίδιο και για τον extruder αν κινείται στον άξονα x. Η κίνηση στον άξονα z δεν μπορεί να διαγνωστεί με αυτόν τον τρόπο. Για την πρόληψη από τέτοια κολλήματα τέτοιου τύπου θα πρέπει να ελέγχονται οι άξονες για υπολείμματα πλαστικού και σκόνης και θα πρέπει να φροντίζουμε να παραμένουν με λάδι πάνω τους. Τέλος, τα περισσότερα μέρη του εκτυπωτή που κινούνται αυτολιπαίνονται (Peterson and Pearce, 2017).

Συντήρηση bed

Στο βήμα αυτό είναι η αλλαγή του painters tape ή carton tape που χρησιμοποιείται, όταν φθίρεται. Ακόμη αν χρησιμοποιείται γυαλί ή θερμαινόμενη επιφάνεια ο συχνός καθαρισμός τους από σκόνες και πλαστικό(Degnan, 2018).

Αποθήκευση νημάτων και έλεγχος

Ειδική κατηγορία πρόληψης είναι η σωστή αποθήκευση των νημάτων. Τα filament θα πρέπει να αποθηκεύονται σε κουτιά όπου θα διασφαλίζεται η σωστή υγρασία και η απουσία σκόνης. Η παρουσία υγρασίας στο νήμα θα δημιουργήσει πρόβλημα στην εκτύπωση. Άρα θα πρέπει να αποφεύγεται να αφήνονται εκτός κουτιών(Degnan, 2018).

1.7.ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Από τη δεκαετία του 1950, αρκετοί συγγραφείς και κοινωνικοί σχολιαστές έχουν εικάσει σε βάθος για τις κοινωνικές και πολιτιστικές αλλαγές που ενδέχεται να προκύψουν από την έλευση μιας εμπορικά προσιτής τεχνολογίας κατασκευής πρόσθετων. Τα τελευταία χρόνια, η τρισδιάστατη εκτύπωση δημιουργεί σημαντικό αντίκτυπο στον ανθρωπιστικό και αναπτυξιακό τομέα. Η δυνατότητά του να διευκολύνει την κατανεμημένη κατασκευή έχει ως αποτέλεσμα την αλυσίδα εφοδιασμού και τα οφέλη της εφοδιαστικής, μειώνοντας την ανάγκη μεταφοράς, αποθήκευσης και σπατάλης. Επιπλέον, η κοινωνική και οικονομική ανάπτυξη προχωρά με τη δημιουργία τοπικών οικονομικών παραγωγής (Khoo et al., 2015).

Άλλοι έχουν προτείνει ότι καθώς όλο και περισσότεροι τρισδιάστατοι εκτυπωτές αρχίζουν να εισέρχονται στα σπίτια των ανθρώπων, η συμβατική σχέση μεταξύ του σπιτιού και του χώρου εργασίας μπορεί να διαβρωθεί περαιτέρω. Παρομοίως, έχει επίσης προταθεί ότι, καθώς γίνεται ευκολότερο για τις επιχειρήσεις να μεταδίδουν σχέδια για νέα αντικείμενα σε όλο τον κόσμο, έτσι η ανάγκη για υπηρεσίες φορτίου υψηλής ταχύτητας μπορεί επίσης να μειωθεί. Τέλος, δεδομένης της ευκολίας με την οποία ορισμένα αντικείμενα μπορούν τώρα να αναπαραχθούν, μένει να δούμε αν θα γίνουν αλλαγές στην ισχύουσα νομοθεσία περί πνευματικών δικαιωμάτων προκειμένου να προστατευθούν τα δικαιώματα πνευματικής ιδιοκτησίας με τη νέα τεχνολογία ευρέως διαθέσιμη(Degnan, 2018).

Καθώς οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές έγιναν πιο προσιτοί στους καταναλωτές, οι διαδικτυακές

κοινωνικές πλατφόρμες έχουν αναπτυχθεί για να υποστηρίξουν την κοινότητα. Αυτό περιλαμβάνει ιστότοπους που επιτρέπουν στους χρήστες να έχουν πρόσβαση σε πληροφορίες, όπως πώς να κατασκευάσουν έναν εκτυπωτή 3D, καθώς και κοινωνικά φόρουμ που συζητούν πώς να βελτιώσουν την ποιότητα εκτύπωσης 3D και να συζητήσουν ειδήσεις εκτύπωσης 3D, καθώς και ιστότοπους κοινωνικών μέσων που είναι αφιερωμένοι στην κοινή χρήση μοντέλων 3D. Το RepRap είναι ένας ιστότοπος που βασίζεται στο wiki και δημιουργήθηκε για να διατηρεί όλες τις πληροφορίες σχετικά με την εκτύπωση 3d και έχει εξελιχθεί σε μια κοινότητα που στοχεύει να φέρει την εκτύπωση 3D σε όλους. Επιπλέον, υπάρχουν και άλλοι ιστότοποι όπως Pinshape, Thingiverse και MyMiniFactory, οι οποίοι δημιουργήθηκαν αρχικά για να επιτρέπουν στους χρήστες να δημοσιεύουν αρχεία 3D για οποιονδήποτε να εκτυπώσουν, επιτρέποντας μειωμένο κόστος συναλλαγής για την κοινή χρήση αρχείων 3D. Αυτοί οι ιστότοποι έχουν επιτρέψει μεγαλύτερη κοινωνική αλληλεπίδραση μεταξύ χρηστών, δημιουργώντας κοινότητες αφιερωμένες στην εκτύπωση 3D (Gebler et al., 2014).

Ορισμένοι επιστούν την προσοχή στο συνδυασμό της ομότιμης παραγωγής που βασίζεται σε Commons με την εκτύπωση 3D και άλλες τεχνικές κατασκευής χαμηλού κόστους. Η αυτο-ενισχυμένη φαντασία ενός συστήματος αιώνιας ανάπτυξης μπορεί να ξεπεραστεί με την ανάπτυξη των οικονομιών του πεδίου, και εδώ, η κοινωνία μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο συμβάλλοντας στην αύξηση ολόκληρης της παραγωγικής δομής σε ένα υψηλότερο οροπέδιο πιο βιώσιμης και προσαρμοσμένης παραγωγικότητας (Degnan, 2018).

Επιπλέον, είναι αλήθεια ότι πολλά ζητήματα, προβλήματα και απειλές προκύπτουν λόγω του εκδημοκρατισμού των μέσων παραγωγής, και ιδίως όσον αφορά τα φυσικά. Για παράδειγμα, η ανακύκλωση προηγμένων νανοϋλικών εξακολουθεί να αμφισβητείται. η κατασκευή όπλων θα μπορούσε να γίνει ευκολότερη. για να μην αναφέρουμε τις επιπτώσεις στην παραχάραξη και στην πνευματική ιδιοκτησία. Θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι, σε αντίθεση με το βιομηχανικό παράδειγμα του οποίου η ανταγωνιστική δυναμική αφορούσε οικονομίες κλίμακας, η τρισδιάστατη εκτύπωση ομότιμων με βάση την Commons θα μπορούσε να αναπτύξει οικονομίες εμβέλειας (Lipson and Kurman, 2013).

Ενώ τα πλεονεκτήματα της κλίμακας βασίζονται στις φτηνές παγκόσμιες μεταφορές, οι οικονομίες του πεδίου μοιράζονται το κόστος υποδομής (άυλοι και απτοί παραγωγικοί πόροι), εκμεταλλευόμενοι τις δυνατότητες των εργαλείων κατασκευής. Και ακολουθώντας τον Neil Gershenfeld στο ότι "μερικά από τα λιγότερο ανεπτυγμένα μέρη του κόσμου χρειάζονται μερικές από τις πιο προηγμένες τεχνολογίες", η παραγωγή ομότιμων και τρισδιάστατη εκτύπωση

βασισμένη σε Commons μπορεί να προσφέρει τα απαραίτητα εργαλεία για να σκεφτείς παγκοσμίως, αλλά ενεργώντας τοπικά σε απάντηση ορισμένες ανάγκες(Degnan, 2018).

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης εκτύπωσης συνοψίζεται σε δύο λέξεις: Rapid Prototyping (Laplume et al., 2016a).

Το γρήγορο πρωτότυπο είναι ουσιαστικά η ικανότητα να σχεδιάζει, να κατασκευάζει και να δοκιμάζει ένα προσαρμοσμένο μέρος σε όσο το δυνατόν λιγότερο χρόνο και, στη συνέχεια, να μπορεί εύκολα να τροποποιήσει το σχεδιασμό χωρίς να επηρεάσει αρνητικά την ταχύτητα της διαδικασίας κατασκευής(Degnan, 2018).

Προτού υπάρξει τρισδιάστατη εκτύπωση ως βασική διαδικασία κατασκευής, ένα πρωτότυπο θα χρειαζόταν εβδομάδες για την κατασκευή. Κάθε φορά που έγινε μια αλλαγή, θα ήταν άλλες μερικές εβδομάδες έως ότου μπορούσε να κατασκευαστεί το τροποποιημένο σχέδιο. Με την πρόσθεση στους χρόνους αποστολής και θα μπορούσε εύκολα να χρειαστεί ένας χρόνος για να αναπτυχθεί πλήρως ένα προϊόν από την αρχή έως το τέλος (Sung – Ition et al., 2004).

Οι επιχειρήσεις έχουν πλέον τη δυνατότητα να σχεδιάσουν ένα μέρος, να το κατασκευάσουν εσωτερικά σε έναν επαγγελματικό εκτυπωτή 3D και, στη συνέχεια, να το δοκιμάσουν, όλα μέσα σε λίγες μέρες (και μερικές φορές ακόμη λιγότερο). Αυτό σημαίνει ότι ο χρόνος που απαιτείται για την αποτελεσματική δημιουργία πρωτοτύπου ενός μέρους από την αρχή έως το τέλος έχει σχεδόν μηδενιστεί!(Degnan, 2018).

Λόγω της εμφάνισης των επιτραπέζιων εκτυπωτών 3D, οι κατασκευαστές, οι χόμπι και οι λάτρεις μπορούν τώρα να δημιουργήσουν σχεδόν οτιδήποτε. Μπορούν να είναι τόσο δημιουργικοί όσο θέλουν χωρίς την ανάγκη για αποθήκες γεμάτες μηχανήματα. Είναι επίσης απαλλαγμένοι από τους τεράστιους χρόνους παράδοσης που σχετίζονται με την εξωτερική ανάθεση σύνθετων εργασιών κατασκευής(Degnan, 2018).

Για αυτούς τους χρήστες τρισδιάστατης εκτύπωσης, το γρήγορο πρωτότυπο παίρνει ένα εντελώς νέο νόημα: είναι απαλλαγμένοι από τους περιορισμούς των ελάχιστων παραγγελιών, μπορούν να προσαρμόσουν οτιδήποτε και όλα όσα δημιουργούν με ευκολία και είναι σε θέση να μοιράζονται ή να πωλούν τα μοναδικά τους σχέδια σε άλλους που έχουν επίσης έναν εκτυπωτή 3D, απευθείας από το σπίτι ή το εργαστήριό τους (Park and Kim, 2013).

Το σημείο στο οποίο το κόστος λειτουργίας και συντήρησης ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή τέμνει το κόστος της συντήρησης και της χρήσης του βιομηχανικού του ανταγωνισμού θα ποικίλλει ανάλογα με τα εξαρτήματα που δημιουργούνται. Αυτό το σημείο ονομάζεται «breakeven», μετά το οποίο μια παραδοσιακή μέθοδος γίνεται φθηνότερη ανά μονάδα μέρους από την τρισδιάστατη εκτύπωση. Σε μια ανάλυση που έγινε από την Xometry, αυτό το σημείο διάρρηξης θα μπορούσε να βρεθεί στις πρώτες 150 μονάδες που κατασκευάστηκαν, όταν συγκρίνονται οι υπηρεσίες εκτύπωσης SLS 3D με χύτευση με έγχυση για ένα απλό μέρος δοκιμής (Degnan, 2018).

Πιθανώς ο μεγαλύτερος περιορισμός της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η ποιότητα του τελικού εξαρτήματος. Λόγω του τρόπου με τον οποίο κάθε διαδοχικό στρώμα εναποτίθεται πάνω από την τελευταία σε τυπικές μεθόδους εκτύπωσης 3D, μια εγγενής αδυναμία ενσωματώνεται κυριολεκτικά στο σχεδιασμό. Υπάρχουν φυσικά τρόποι σχεδιασμού γύρω από αυτήν την αδυναμία, για παράδειγμα διατηρώντας ορισμένα χαρακτηριστικά παράλληλα με το κρεβάτι εκτύπωσης, αλλά αυτό μπορεί να είναι προβληματικό για όσους προσπαθούν να δημιουργήσουν εξαρτήματα εξαιρετικά υψηλής ποιότητας για βιομηχανικές χρήσεις (Horvath, 2014).

Για ορισμένα συστήματα, ένα άλλο μειονέκτημα του στρώματος είναι οι αναπόφευκτες γραμμές στρώσης που παράγονται εντός και εν μέρει, οι οποίες μπορούν να μειώσουν σημαντικά την οπτική γοητεία ενός προϊόντος. Και πάλι, υπάρχουν τρόποι για να ολοκληρωθούν τρισδιάστατα τυπωμένα μέρη για γίνουν αυτά τα στρώματα αόρατα, αλλά αυτό απαιτεί επιπλέον χρόνο και προσπάθεια σε σύγκριση με τα προϊόντα που κατασκευάζονται με άλλα μέσα (Degnan, 2018).

Σε μια παραδοσιακή διαδικασία κατασκευής, για παράδειγμα χύτευση με έγχυση, υπάρχει ένα ποσοστό κάθε δεδομένης παρτίδας εξαρτημάτων που μπορεί να είναι κάπως ελαττωματικά ή ασυνεπή στην ποιότητα σε σύγκριση με τα υπόλοιπα μέρη. Λόγω των τεράστιων εξελίξεων στη βιομηχανική τεχνολογία κατασκευής, αυτά αποτελούν μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό του συνολικού αριθμού ανταλλακτικών που παράγονται ανά μονάδα χρόνου (Despeisse et al., 2017).

Με την εκτύπωση 3D, η διαδικασία είναι λίγο πιο περίπλοκη. Λόγω της εκτύπωσης των εξαρτημάτων διαδοχικά, κάθε μεμονωμένη εκτύπωση μπορεί να παρακολουθείται και τα σφάλματα να εντοπίζονται σε πραγματικό χρόνο, μειώνοντας τον συνολικό αριθμό των αποτυχημένων ανταλλακτικών και χαμένων υλικών. Ωστόσο, μπορεί να προκύψουν μικρές ασυνέπειες εκτύπωσης για εκτύπωση λόγω μικρών αλλαγών στην ποιότητα του υλικού και το περιβάλλον. Προκειμένου

μια παρτίδα εξαρτημάτων να είναι απόλυτα συνεπής, τα μηχανήματα πρέπει να διατηρούνται πολύ καλά συντονισμένα και σε ελεγχόμενο περιβάλλον(Degnan, 2018).

Ένα άλλο πλεονέκτημα της εκτύπωσης 3D είναι η ικανότητα κάθε εκτυπωτή να δημιουργεί σχεδόν οτιδήποτε μπορεί να χωρέσει στον όγκο κατασκευής του(Degnan, 2018).

Σε οποιαδήποτε άλλη διαδικασία κατασκευής (εκτός από την άλεση), κάθε νέο τμήμα ή αλλαγή στο σχεδιασμό εξαρτήματος απαιτεί να κατασκευαστεί ένα νέο εργαλείο, καλούπι, μήτρα ή jig για να δημιουργηθεί το εν λόγω νέο τμήμα. Με τρισδιάστατη εκτύπωση, ο σχεδιασμός μπορεί να τροφοδοτηθεί σε ένα λογισμικό slicer, να προστεθούν τυχόν απαραίτητα υποστηρίγματα και, στη συνέχεια, να εκτυπωθεί με ελάχιστη ή καθόλου αλλαγή στα φυσικά μηχανήματα ή τον εξοπλισμό (Buehler et al., 2016).

Ένα άλλο γνωστό πλεονέκτημα της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η δυνατότητα δημιουργίας «αδύνατων» γεωμετριών που δεν θα μπορούσαν προηγουμένως να κατασκευαστούν είτε ως ένα μόνο μέρος είτε καθόλου. Τέτοια πράγματα περιλαμβάνουν(Degnan, 2018):

- ανταλλακτικά μέσα
- μηχανισμοί εκτύπωσης

Ακόμη και πράγματα που κάθε λάτρης της εκτύπωσης 3D θα έπαιρνε ως δεδομένο, όπως τα κοίλα σχέδια πλήρωσης, είναι γενικά πολύ περίπλοκα για τις παραδοσιακές μεθόδους κατασκευής και ως εκ τούτου είναι αποκλειστικά για την εκτύπωση 3D. Αυτό ισχύει επίσης για τη δυνατότητα συμπερίληψης πολλαπλών υλικών σε ένα μόνο αντικείμενο, το οποίο επιτρέπει μια πληθώρα διαφορετικών χρωμάτων, υφών και μηχανικών ιδιοτήτων να αναμιγνύονται και να ταιριάζουν(Degnan, 2018).

Ένα άλλο από τα πολλά πλεονεκτήματα της εκτύπωσης 3D είναι η δυνατότητα για οποιονδήποτε χρήστη, ακόμη και για άτομα με περιορισμένη εμπειρία στο CAD, να επεξεργάζεται σχέδια σύμφωνα με τις προτιμήσεις του, δημιουργώντας μοναδικά και εντελώς προσαρμοσμένα νέα ανταλλακτικά. Για τις εταιρείες, αυτό σημαίνει ότι υπάρχει τώρα η επιλογή να επιτρέπεται σε κάθε πελάτη να προσαρμόζει ένα προϊόν στο προσωπικό του γούστο, μια αυξανόμενη τάση στις σύγχρονες αγορές. Σημαίνει επίσης ότι ένα δεδομένο σχέδιο μπορεί να κατασκευαστεί σε μια μεγάλη γκάμα διαφορετικών υλικών (Azimi et al., 2016).

Η προσβασιμότητα των συστημάτων εκτύπωσης 3D ποικίλλει ανάλογα με την ποιότητα και την ικανότητα του συστήματος (Degnan, 2018).

Ενώ ένας εκτυπωτής 3D FDM μπορεί να αγοραστεί με μόλις \$ 100, αυτά τα μηχανήματα απευθύνονται κυρίως σε μεμονωμένους καταναλωτές και χομπίστες. Τα μηχανήματα και τα συστήματα που στοχεύουν σε επαγγελματίες χρήστες θα ξεκινούν από περίπου 1.000 \$ και θα ανεβαίνουν από εκεί. Οι βιομηχανικές τελικές μηχανές μπορούν εύκολα να κοστίζουν πολύ ή περισσότερο από ένα ολοκαίνουργιο αυτοκίνητο (Degnan, 2018).

Αν και φαίνεται ότι αυτό πρέπει να είναι μέρος της ενότητας Κόστος, αυτό που πραγματικά εξετάζεται είναι πόσο εύκολα ένα άτομο, επαγγελματίας ή εταιρεία θα μπορούσε να αποκτήσει μια πλήρη εγκατάσταση εκτύπωσης 3D. Συγκριτικά, μια πλήρης ρύθμιση χύτευσης με έγχυση μπορεί να κοστίσει περίπου 50.000 \$ ή περισσότερα και αυτό δεν αντιστοιχεί στην τιμή εγκατάστασης ή στα πρόσθετα εργαλεία που απαιτούνται για τη δημιουργία των ίδιων των καλουπιών (Julius et al., 2016).

Έτσι, παρόλο που δεν είναι φθηνό, τα συστήματα εκτύπωσης 3D μπορούν να ληφθούν και να χρησιμοποιηθούν πολύ πιο εύκολα από ένα πολύ ευρύτερο φάσμα ανθρώπων από ό, τι οι πιο παραδοσιακές εγκαταστάσεις κατασκευής. Επιπλέον, η εκτύπωση 3D είναι σχεδόν πλήρως αυτοματοποιημένη από προεπιλογή και απαιτεί λίγο έως καθόλου πρόσθετο προσωπικό για την εκτέλεση, την εποπτεία και τη συντήρηση του μηχανήματος. Αυτό καθιστά την εκτύπωση 3D πολύ πιο προσιτή από άλλα συστήματα κατασκευής μακροπρόθεσμα. Η προαναφερθείσα ευκολία πρόσβασης έχει και άλλη επίπτωση. Υποθέτοντας ότι ένα άτομο ή μια επιχείρηση έχει αποκτήσει έναν εκτυπωτή 3D, λιγότερα ανταλλακτικά χρειάζονται εξωτερική ανάθεση για κατασκευή. Αυτό σημαίνει ότι υπάρχουν λιγότερες περιβαλλοντικές επιπτώσεις που δημιουργούνται από τη ναυτιλία πραγμάτων σε ολόκληρο τον κόσμο, εκτός από το ότι δεν απαιτείται η λειτουργία και η συντήρηση ενός εξωτερικού εργοστασίου (Degnan, 2018).

Επιπλέον, η εκτύπωση 3D δημιουργεί πολύ λιγότερα απορρίμματα για ένα μόνο μέρος. Σε συνδυασμό με τη γενικά ανακυκλώσιμη φύση των υλικών που χρησιμοποιούνται για την εκτύπωση 3D, καθίσταται σαφές ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει μεγάλο πλεονέκτημα στην άμεση βιωσιμότητα (Nynnan and Sarlin, 2014).

Ωστόσο, παρόμοια με τα εργοστάσια, οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρειάζονται ακόμη ενέργεια για να λειτουργήσουν και υλικά για κατασκευή. Όπως φαίνεται στην ενότητα "Ταχύτητα", υπάρχει ένα

σημείο στο οποίο η τρισδιάστατη εκτύπωση υπερβαίνει τα βιομηχανικά αντίστοιχα. Αυτό σημαίνει ότι με την πάροδο του χρόνου, η ισχύς που απαιτείται για τη λειτουργία ενός εκτυπωτή και η ανάγκη βελτίωσης ή ανακύκλωσης υλικών σε εκτυπώσιμη μορφή, θα αντισταθμίσει την άμεση βιωσιμότητα ενός 3D εκτυπωτή (Degnan, 2018).

Με απλά λόγια, έως ότου οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και η «πράσινη» επεξεργασία υλικών γίνουν πιο συνηθισμένες, μια παραδοσιακή μέθοδος παραγωγής μπορεί ακόμα να είναι πιο βιώσιμη μακροπρόθεσμα όταν μαζική παραγωγή ενός καθορισμένου αριθμού προϊόντων (Jones et al., 2011).

Ένα πλήθος από ερευνητές σχετικά με το θέμα γράψανε για τις «καταστροφικές συνέπειες» της τρισδιάστατης εκτύπωσης και άλλων τεχνολογιών (ρομπότ, τεχνητή νοημοσύνη κ.λπ.) για όσους εκτελούν εργασίες ρουτίνας. Κατά την άποψή τους, υπάρχουν ήδη περισσότεροι Αμερικανοί άντρες με ασφάλιση αναπηρίας από ό, τι κάνουν παραγωγική εργασία στη μεταποίηση. Και οι τάσεις είναι όλες προς τη λάθος κατεύθυνση, ιδιαίτερα για τους λιγότερο ειδικευμένους, καθώς η ικανότητα του κεφαλαίου που ενσωματώνει την τεχνητή νοημοσύνη να αντικαταστήσει το άσπρο γιακά καθώς και το μπλε γιακά θα αυξηθεί ραγδαία τα επόμενα χρόνια (Degnan, 2018).

Προτείνονται πιο σθεναρές προσπάθειες συνεργασίας για την αντιμετώπιση των «μυριάδων συσκευών» (π.χ. φορολογικοί παράδεισοι, τραπεζικό απόρρητο, ξέπλυμα χρήματος και ρυθμιστικό αρμπιτράζ) επιτρέποντας στους κατόχους μεγάλου πλούτου να «πληρώνουν» φόρους εισοδήματος και περιουσίας και να το κάνουν περισσότερο δύσκολο να συγκεντρωθούν μεγάλες περιουσίες χωρίς να απαιτηθούν «μεγάλες κοινωνικές εισφορές», όπως: πιο έντονη επιβολή των αντιμονοπωλιακών νόμων, μειώσεις της «υπερβολικής» προστασίας της πνευματικής ιδιοκτησίας, μεγαλύτερη ενθάρρυνση των συστημάτων κατανομής κερδών που μπορούν να ωφελήσουν τους εργαζόμενους και να τους δώσουν ένα μερίδιο στη συσσώρευση πλούτου, στην ενίσχυση των συλλογικών διαπραγματεύσεων (Degnan, 2018).

Επίσης συμβάλλει και στην βελτίωση της εταιρικής διακυβέρνησης, στην ενίσχυση της χρηματοοικονομικής ρύθμισης για την εξάλειψη των επιδοτήσεων στη χρηματοοικονομική δραστηριότητα, στη χαλάρωση των περιορισμών χρήσης γης που μπορεί να προκαλέσουν την αύξηση της αξίας των ακινήτων των πλούσιων, καλύτερα κατάρτιση για νέους και επανεκπαίδευση εκτοπισμένων εργαζομένων και αύξηση των δημόσιων και ιδιωτικών επενδύσεων σε υποδομές ανάπτυξης cture - π.χ. στην παραγωγή και μεταφορά ενέργειας (Degnan, 2018).

Έχει επίσης αναφερθεί από διάφορους συγγραφείς ότι τώρα έρχεται ένα ισχυρό κύμα ψηφιακής

τεχνολογίας που αντικαθιστά την εργασία σε ολόένα και πιο περίπλοκα καθήκοντα. Αυτή η διαδικασία αντικατάστασης και αποδιαμεσολάβησης εργασίας έχει ξεκινήσει εδώ και αρκετό καιρό σε τομείς υπηρεσιών - σκεφτείτε ATM, διαδικτυακές τραπεζικές συναλλαγές, εταιρικός προγραμματισμός πόρων, διαχείριση σχέσεων πελατών, συστήματα πληρωμών μέσω κινητών συσκευών και πολλά άλλα. Αυτή η επανάσταση εξαπλώνεται στην παραγωγή αγαθών, όπου τα ρομπότ και η τρισδιάστατη εκτύπωση αντικαθιστούν την εργασία (Κηροο et al., 2015).

Κατά την άποψή τους, η συντριπτική πλειονότητα του κόστους των ψηφιακών τεχνολογιών έρχεται στην αρχή, στο σχεδιασμό του υλικού (π.χ. εκτυπωτές 3D) και, πιο σημαντικό, στη δημιουργία του λογισμικού που επιτρέπει στις μηχανές να εκτελούν διάφορες εργασίες. Μόλις επιτευχθεί αυτό, το οριακό κόστος του υλικού είναι σχετικά χαμηλό (και μειώνεται καθώς αυξάνεται η κλίμακα) και το οριακό κόστος αναπαραγωγής του λογισμικού είναι ουσιαστικά μηδέν. Με μια τεράστια δυνητική παγκόσμια αγορά για την απόσβεση του προκαθορισμένου σταθερού κόστους του σχεδιασμού και δοκιμές, τα κίνητρα για επενδύσεις [σε ψηφιακές τεχνολογίες] είναι συναρπαστικά (Degnan, 2018).

Επίσης πιστεύεται ότι, σε αντίθεση με τις προηγούμενες ψηφιακές τεχνολογίες, οι οποίες οδήγησαν τις επιχειρήσεις να αναπτύξουν υποχρησιμοποιημένες ομάδες πολύτιμων εργατικών εργασιών σε όλο τον κόσμο, η κινητήρια δύναμη στο τρέχον κύμα ψηφιακών τεχνολογιών είναι η μείωση του κόστους μέσω της αντικατάστασης της εργασίας. Για παράδειγμα, καθώς το κόστος της τεχνολογίας εκτύπωσης 3D μειώνεται, είναι "εύκολο να φανταστεί κανείς" ότι η παραγωγή μπορεί να γίνει "εξαιρετικά" τοπική και προσαρμοσμένη. Επιπλέον, η παραγωγή μπορεί να συμβεί ως απάντηση στην πραγματική ζήτηση, όχι στην προβλεπόμενη ή στην προβλεπόμενη ζήτηση (Degnan, 2018).

Επίσης πιστεύεται ότι η εργασία, ανεξάρτητα από το πόσο φθηνή, θα γίνει ένα λιγότερο σημαντικό πλεονέκτημα για την ανάπτυξη και την επέκταση της απασχόλησης, με την εντατική εργασία, με προσανατολισμένη τη διαδικασία κατασκευή να είναι λιγότερο αποτελεσματική και ότι ο εκ νέου εντοπισμός θα εμφανιστεί τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Κατά την άποψή των ερευνητών, η παραγωγή δεν θα εξαφανιστεί, αλλά θα έχει λιγότερη ένταση εργασίας και όλες οι χώρες θα χρειαστεί τελικά να ξαναχτίσουν τα αναπτυξιακά τους μοντέλα γύρω από τις ψηφιακές τεχνολογίες και το ανθρώπινο κεφάλαιο που υποστηρίζει την ανάπτυξη και επέκτασή τους. Αναφέρεται ότι ο κόσμος αυτός είναι ένας στον οποίο οι πιο ισχυρές παγκόσμιες ροές θα είναι ιδέες και ψηφιακό κεφάλαιο, όχι αγαθά, υπηρεσίες και παραδοσιακό κεφάλαιο. Η προσαρμογή σε αυτό θα απαιτήσει αλλαγές στη νοοτροπία, τις πολιτικές, τις επενδύσεις (ειδικά στον άνθρωπο) κεφάλαιο), και πιθανώς μοντέλα απασχόλησης και διανομής (Laolome et al.,

2016b).

Επίσης μια άλλη άποψη είναι ότι η χρήση τρισδιάστατης εκτύπωσης στην κινεζική τάξη (όπου η απομνημόνευση είναι στάνταρ) χρησιμοποιείται για να διδάξει τις αρχές σχεδίασης και τη δημιουργικότητα ως την πιο συναρπαστική πρόσφατη εξέλιξη της τεχνολογίας και γενικότερα θεωρείται η τρισδιάστατη εκτύπωση ως η επόμενη επανάσταση στην έκδοση επιτραπέζιων υπολογιστών (Degnan, 2018).

Η ανάπτυξη της παραγωγής πρόσθετων μπορεί να έχει μεγάλο αντίκτυπο στο περιβάλλον. Σε αντίθεση με την παραδοσιακή κατασκευή, για παράδειγμα, όπου κομμάτια κόβονται από μεγαλύτερα τεμάχια υλικού, η πρόσθετη κατασκευή δημιουργεί προϊόντα ανά στρώση και εκτυπώνει μόνο σχετικά μέρη, σπατάλη πολύ λιγότερο υλικό και έτσι σπαταλάει λιγότερη ενέργεια στην παραγωγή των πρώτων υλών που απαιτούνται. Κάνοντας μόνο τις απλές δομικές ανάγκες των προϊόντων, η κατασκευή πρόσθετων θα μπορούσε επίσης να συμβάλει σημαντικά στη μείωση του βάρους, μειώνοντας την κατανάλωση ενέργειας και τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου οχημάτων και άλλων μορφών μεταφοράς (Julius et al., 2016).

Μια μελέτη περίπτωσης για ένα συστατικό αεροπλάνου που κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας κατασκευή πρόσθετων, για παράδειγμα, διαπίστωσε ότι η χρήση του στοιχείου εξοικονομεί 63% των σχετικών εκπομπών ενέργειας και διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διάρκεια της ζωής του προϊόντος. Επιπλέον, η προηγούμενη αξιολόγηση του κύκλου ζωής της παραγωγής πρόσθετων έχει εκτιμήσει ότι η υιοθέτηση της τεχνολογίας θα μπορούσε να μειώσει περαιτέρω τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, δεδομένου ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση δημιουργεί τοπική παραγωγή και τα προϊόντα δεν θα χρειαστεί να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις για να φτάσουν στον τελικό τους προορισμό (Degnan, 2018).

Ωστόσο, η συνέχιση της υιοθέτησης πρόσθετων υλών δημιουργεί κάποια περιβαλλοντικά μειονεκτήματα. Παρά την παραγωγή πρόσθετων που μειώνει τα απόβλητα από την αφαιρετική διαδικασία κατασκευής έως και 90%, η διαδικασία κατασκευής προσθέτων δημιουργεί άλλες μορφές αποβλήτων όπως σκόνες μη ανακυκλώσιμων υλικών. Η κατασκευή πρόσθετων δεν έχει φτάσει ακόμη στο θεωρητικό δυναμικό αποδοτικότητας του 97%, αλλά μπορεί να πλησιάσει καθώς η τεχνολογία συνεχίζει να αυξάνει την παραγωγικότητα (Lipson and Kurnan, 2013).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΥΛΙΚΑ ΓΙΑ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

2.1.ΠΟΛΥΑΜΙΔΙΟ

Τα αντικείμενα που κατασκευάζονται από πολυαμίδιο προέρχονται από μια λευκή, λεπτή κοκκώδη σκόνη. Έτσι μπορεί να παραχθεί ένα δυνατό εύκαμπτο υλικό, με εξαιρετική αντοχή στην πίεση, ενώ κάμπτεται (Γκάρτζου, 2016).

Το πολυαμίδιο είναι ένα υλικό ιδανικό για αρχάριους σχεδιαστές, που θέλουν μια καλή τιμή, μέγιστη ελευθερία δημιουργίας και χωρίς περιορισμούς στην διαδικασία εκτύπωσης. Τα μοντέλα πολυαμιδίου δεν είναι κατάλληλα για χρήση σε εξωτερικούς χώρους, καθώς απορροφούν την υγρασία. Ωστόσο σε ορισμένες περιπτώσεις το υλικό μπορεί να επεξεργαστεί και να γίνει υδατοστεγές. Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στα μοντέλα με μεγάλες επίπεδες επιφάνειες ή πλάκες

καθώς όταν ένα τέτοιο μοντέλο κρυώσει είναι πιθανόν να παραμορφωθεί. Το πολυαμίδιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή πολύπλοκων μοντέλων, για μικρές σειρές μοντέλων, καθώς επίσης για φωτιστικά και λειτουργικά μοντέλα. Η τεχνική αυτή επιτρέπει μεγαλύτερη ελευθερία σχεδιασμού όλων των 3D τεχνικών εκτύπωσης(Degnan, 2018).

2.2.ABS

Τα μοντέλα σε ABS είναι εξαιρετικά χρήσιμα για λειτουργικές εφαρμογές, γιατί έχουν μεγάλη ακρίβεια και ένα ενδιάμεσο επίπεδο εκτύπωσης λεπτομερειών. Προσφέρουν μεγάλη ελευθερία σχεδιασμού, αλλά η ποιότητα της επιφάνειας των μοντέλων είναι πιο τραχιά σε σύγκριση με άλλα υλικά (Horvath, 2014).

Το ακρυλονιτρίλιο βουταδιένιο στυρολίου(ABS) είναι ένα κοινό θερμοπλαστικό. Το ABS είναι άμορφο με αποτέλεσμα να μην έχει κανένα πραγματικό σημείο τήξεως. Το υλικό αυτό δεν είναι αδιάβροχο. Η εκτύπωση είναι σχετικά αργή, αλλά απαιτείται λιγότερο χειρωνακτικό φινίρισμα σε σύγκριση με άλλα υλικά. Τέλος, μπορούμε να έχουμε πολύπλοκα σχέδια, καθώς το υλικό υποστήριξης είναι απορροφήσιμο (Degnan, 2018).

2.3.ΚΕΡΑΜΙΚΑ

Προηγμένα κεραμικά χρησιμοποιούνται στην ιατρική και στη κατασκευή ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών προϊόντων. Τα κεραμικά μοντέλα κατασκευάζονται από πυρίτια-αλουμίνια κεραμική σκόνη και σφραγίζονται με πορσελάνη και διοξείδιο του πυριτίου(Degnan, 2018).

Τα κεραμικά υλικά είναι ανόργανα, μη μεταλλικά, συχνά κρυσταλλικά οξείδια, νιτρίδια ή καρβίδια. Κεραμικά μπορούν να θεωρηθούν ορισμένα στοιχεία, όπως ο άνθρακας ή το πυρίτιο. Τα κεραμικά υλικά είναι σκληρά, δυνατά σε συμπίεση και ανθεκτικά στην χημική διάβρωση αλλά εύθραυστα και αδύναμα στην διάτμηση και την ένταση. Τα κεραμικά υλικά μπορούν να αντέξουν πολύ υψηλές θερμοκρασίες. Το υλικό είναι ανακυκλώσιμο, και προς το παρόν είναι το μόνο υλικό από τρισδιάστατη εκτύπωση που ενδείκνυται για σκεύη τροφής (Jones et al., 2011).

2.4.ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ

Το αλουμίνιο είναι ένα υλικό που χρησιμοποιείται και αυτό στην τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Ουσιαστικά πρόκειται για ένα νάιλον που γεμίζεται με σκόνη αλουμινίου. Τα μοντέλα

τυπώνονται με θερμοσυσσωμάτωση της σκόνης, στρώμα στρώμα. Τα μοντέλα που είναι κατασκευασμένα με αλουμίνιο, φτιάχνονται από ένα μείγμα γκρίζας σκόνης πολυαμιδίου και αλουμινίου(Degnan, 2018).

Πρόκειται για ένα σκληρό και κάπως άκαμπτο υλικό που μπορεί να αντισταθεί σε κάποια πίεση ενώ είναι λυγισμένο. Η επιφάνειά του έχει αμμώδη, κοκκώδης εμφάνιση και ελαφρώς πορώδης. Δεν αποτελεί ένα υδατοστεγές υλικό και δεν ανακυκλώνεται. Είναι ένα υλικό ιδανικό για αρχάριους σχεδιαστές που θέλουν μια καλή τιμή, μέγιστη ελευθερία δημιουργίας. Η διαδικασία εκτύπωσης δεν έχει περιορισμούς(Degnan, 2018).

2.5.ΟΡΕΙΧΑΛΚΟΣ

Πρόκειται για ένα κράμα χαλκού και ψευδαργύρου. Η αναλογία χαλκού και ψευδαργύρου μπορεί να μεταβάλλεται και έτσι έχουμε μια σειρά από ορείχαλκο με ποικίλες ιδιότητες. Γενικά, ο ορείχαλκος είναι ένα υποκατάστατο κράμα (Julius et al., 2016).

Ο ορείχαλκος έχει μεγαλύτερη πλαστικότητα από τον χαλκό ή τον ψευδάργυρο. Το σχετικά χαμηλό σημείο τήξεως του, καθώς επίσης και τα χαρακτηριστικά ροής του το καθιστούν σχετικά εύκολο για επεξεργασία υλικό. Μεταβάλλοντας τις αναλογίες χαλκού και ψευδαργύρου, οι ιδιότητες του ορείχαλκου μπορεί να αλλάζουν, δίνοντας μας έτσι σκληρό και μαλακό ορείχαλκο. Τα περισσότερα κράματα του ορείχαλκου είναι ανακυκλώσιμα(Degnan, 2018).

Τα τρισδιάστατα μοντέλα από ορείχαλκο, χρησιμοποιούνται για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Συνήθως, χρησιμοποιείται στο τομέα της διακόσμησης, εξαιτίας του λαμπού και χρυσού του χρώματος. Επίσης, ο ορείχαλκος χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που δέχονται μικρές δυνάμεις τριβής, όπως για παράδειγμα σε κλειδαριές, γρανάζια, ρουλεμάν, πόμολα, βαλβίδες κτλ. Ακόμα, χρησιμοποιείται συχνά στην κατασκευή μουσικών οργάνων λόγω των ακουστικών του ιδιοτήτων. Είναι ιδανικός για κοσμήματα και για την κατασκευή διακόσμησης. Τέλος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης για μινιατούρες καθώς επίσης και για γλυπτά(Degnan, 2018).

2.6.ΧΑΛΥΒΑΣ

Τα μοντέλα ανοξειδωτου χάλυβα είναι τυπωμένα σε σκόνη από ανοξειδωτο χάλυβα που είναι εμποτισμένη με το χάλκινο μέταλλο. Πρόκειται για την φθηνότερη μορφή εκτύπωσης μετάλλου. Είναι πολύ ισχυρή και κατάλληλη για πολύ μεγάλα αντικείμενα (Gokhore et al., 2017).

Ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι εξαιρετικά ανθεκτικός σε επίθεση από οξέα. Έχει επίσης υψηλή αντοχή στην οξείδωση του αέρα. Επίσης, πρόκειται για ένα υλικό που δεν επηρεάζεται από την επίδραση των αδύναμων βάσεων όπως για παράδειγμα υδροξείδιο του αμμωνίου. Επηρεάζονται όμως από ισχυρές βάσεις, όπως είναι το υδροξείδιο του νατρίου. Αν τα μοντέλα ανοξειδωτου χάλυβα εκτεθούν σε κάποια ισχυρή βάση σε υψηλές συγκεντρώσεις και υψηλές θερμοκρασίες, είναι πολύ πιθανό να χαραχτούν και να δημιουργηθούν κάποιες ρωγμές (Degnan, 2018).

Συνήθως ο ανοξειδωτος χάλυβας χρησιμοποιείται για κατασκευές λειτουργικών εξαρτημάτων. Επίσης για την κατασκευή ανταλλακτικών και την κατασκευή κοσμημάτων. Τα μοντέλα δεν διαβρώνονται, ούτε σκουριάζουν εύκολα όταν εκτίθενται στον αέρα και την υγρασία (Degnan, 2018).

2.7.ΚΑΟΥΤΣΚΟΥΚ

Τα μοντέλα σε καουτσούκ, κατασκευάζονται από μία υπόλευκη, πολύ λεπτή, κοκκώδης σκόνη. Το αποτέλεσμα είναι ένα ισχυρό, πολύ εύκαμπτο και ανθεκτικό υλικό το οποίο είναι μαύρου χρώματος. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υψηλή ραπτική. Απορροφούν τους κραδασμούς. Είναι ιδανικά για συμπίεσιμα και λειτουργικά μοντέλα καθώς επίσης και για ‘gadgets’ Ἐλόγω της παρουσίας ενός διπλού δεσμού σε κάθε επαναλαμβανόμενη μονάδα , το φυσικό καουτσούκ είναι ευπαθές σε βουλκανισμό και προκαλεί ευαισθησία σε ρωγμές του όζοντος (Degnan, 2018).

2.8.TITANIO

Πρόκειται για ένα λαμπερό μέταλλο με ασημένιο χρώμα, χαμηλή πυκνότητα και υψηλή αντοχή. Τα τρισδιάστατα μοντέλα τιτανίου τυπώνονται από σκόνη τιτανίου, που συντίθεται με λείζερ. Τα αντικείμενα που προκύπτουν είναι το ίδιο καλά σε ποιότητα με τα μηχανικά μοντέλα που δεν προέρχονται από εκτύπωση. Όσον αφορά την εμφάνιση τα τρισδιάστατα μοντέλα είναι πιο γκριζα και πιο ματ, με ελαφρώς σκληρότερη και λιγότερο καθορισμένη επιφάνεια (Khoo et al., 2015).

Πρόκειται για ένα υλικό υψηλής αξίας που αυτή τη στιγμή χρησιμοποιείται για υψηλής

λεπτομέρειας κοσμήματα και ρολόγια. Το τιτάνιο είναι ασφαλές για κοσμήματα καθώς είναι βιοσυμβατό και επομένως δεν δημιουργεί κανένα πρόβλημα με τις αλλεργίες(Degnan, 2018).

2.9.ΧΡΥΣΟΣ

Είναι ένα από τα λιγότερο αντιδραστικά χημικά στοιχεία, στερεά υπό κανονικές συνθήκες. Ως εκ τούτου, το μέταλλο εμφανίζεται συχνά σε ελεύθερη μορφή, ως ψήγματα ή ως κόκκοι σε βράχους, σε σχισμές και προσχώσεις. Ο χρυσός αντιστέκεται επιθέσεις από μεμονωμένα οξέα, αλλά μπορεί να διαλυθεί με νίτρουδροχλωρικό οξύ. Τα μοντέλα χρυσού που εκτυπώνονται τρισδιάστατα, προέρχονται από στερεό χρυσό. Ο στερεός χρυσός αναμιγνύεται με ένα κράμα όπως ο χαλκός για σκλήρυνση, για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα υγιεινής(Degnan, 2018).

Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ιδανική για όσους θέλουν να δημιουργήσουν ράβδους χρυσού καθώς επίσης για όσους θέλουν να σχεδιάσουν τα κοσμήματά τους. Ο χρυσός επίσης έχει πολλές πρακτικές χρήσεις στην οδοντιατρική, στα ηλεκτρονικά όπως και σε άλλους τομείς. Χρησιμοποιείται επίσης στην κατασκευή των ηλεκτρικών καλωδίων, στη παραγωγή χρωματιστού γυαλιού, και στη παραγωγή φύλλων χρυσού(Degnan, 2018).

2.10.PLA

Πολυμερές υλικό το οποίο κατασκευάζεται από ανανεώσιμους πόρους. Αν θέλουμε να πετύχουμε καλύτερη στερέωση του PLA στο πάτωμα εκτύπωσης μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε ταινία ή ακόμα και θερμαινόμενο πάτωμα. Στα αντικείμενα φτιαγμένα από PLA μπορεί να γίνει επεξεργασία με γυαλόχαρτο αλλά και μηχανουργική επεξεργασία όπως τρύπημα, τόννευση και φρεζάρισμα. Επίσης τα αντικείμενα μπορούν να βαφτούν με ακρυλικά και άλλα χρώματα. Είναι το πιο κοινά 3D εκτυπώσιμο υλικό, ιδανικό για όλες τις εφαρμογές που δεν υφίστανται υψηλές θερμοκρασίες (Laplume et al., 2016a).

2.11.ΥΛΙΚΑ ΦΙΛΙΚΑ ΠΡΟΣ ΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ο εκτυπωτής 3D είναι ένα ευέλικτο κομμάτι της τεχνολογίας που χρησιμοποιείται για να μετατρέπει ψηφιακά αρχεία CAD σε τρισδιάστατα μοντέλα με φυσική υπόσταση. Με δεδομένες τις σημερινές οικολογικές ανησυχίες και τη μεγάλη πρόκληση για την προστασία του περιβάλλοντος

με την οποία είμαστε αντιμέτωποι, το μεγάλο ερώτημα για τους 3D εκτυπωτές δεν μπορεί να είναι άλλο από το αν και κατά πόσο είναι φιλικό προς το περιβάλλον(Degnan, 2018).

Τα υλικά που χρησιμοποιεί ένας 3D εκτυπωτής, μπορούν να παρασκευαστούν από ανακυκλωμένα υλικά, όπως πλαστικό, μέταλλο, γυαλί. Μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν νήματα τα οποία παράγονται από βιο-υλικά όπως ζαχαροκάλαμο και καλαμπόκι. Με τον τρόπο αυτό δεν είναι αναγκαίο να επιβαρύνουμε περαιτέρω τον πλανήτη με την εξόρυξη και κατόπιν την επεξεργασία φυσικών πόρων, ώστε να παραχθούν οι πρώτες ύλες της 3D εκτύπωσης(Degnan, 2018).

Η χρήση ανακυκλωμένων υλικών προσφέρει μεγάλες δυνατότητες, πόσο μάλλον όταν τα υλικά αυτά τροφοδοτούν τον εκτυπωτή 3D που στο προσεχές μέλλον θα έχει ο καθένας σπίτι του. Με αυτόν τον τρόπο όσο θα αυξάνεται η ζήτηση και η ανάγκη για παραγωγή 3D εκτυπωμένων προϊόντων, τόσο θα ωφελείται το περιβάλλον επειδή θα χρησιμοποιούνται ανακυκλωμένα υλικά ως πρώτες ύλες για την παρασκευή νημάτων (Despreisse et al., 2017).

Υπάρχουν και κάποιες δυσκολίες που ίσως υπάρξουν στην απόκτηση ενός οικιακού 3D εκτυπωτή, τουλάχιστον για την ώρα. Μια από αυτές είναι το κόστος, το οποίο είναι και η σημαντικότερη παράμετρος που θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και αφορά στο μεγαλύτερο μέρος του συνόλου των οικιακών χρηστών. Οι τιμές των μηχανημάτων καθώς και των αναλωσίμων κυμαίνονται προς το παρόν σε σχετικά μέτρια προς υψηλά επίπεδα, με καθοδική όμως τάση όσο εξελίσσεται η τεχνολογία της 3D εκτύπωσης. Ενδεικτικά πάντως οι τιμές, για αυτόν τον εκτυπωτή που μπορεί να αποδώσει ιδιαίτερα ποιοτικό τελικό προϊόν, ξεκινούν από μόλις μερικές εκατοντάδες ευρώ(Degnan, 2018).

Εκτός από το κόστος της αγοράς ενός **εκτυπωτή 3D** και των αναλωσίμων του, πρέπει να ληφθεί υπόψη και το κόστος της ενέργειας που απαιτείται για τη λειτουργία του. Ευτυχώς, οι κατασκευαστές προσπαθούν συνεχώς για το καλύτερο, ώστε οι νέες γενιές **3D εκτυπωτών** και ειδικότερα η κατηγορία των οικιακών, να έχουν τις μικρότερες απαιτήσεις σε ενέργεια. Να είναι πιο προσιτοί προς το αγοραστικό κοινό και ταυτόχρονα έχοντας μικρότερες ενεργειακές ανάγκες, καθίστανται και φιλικότεροι προς το περιβάλλον (Degnan, 2018).

Το να καταφέρουμε να εξελίξουμε την τεχνολογία της **3D εκτύπωσης** και ταυτόχρονα να εκμηδενίσουμε τις αρνητικές επιπτώσεις της στο περιβάλλον, είναι ένα στοίχημα που μπορούμε και πρέπει να το κερδίσουμε. Να αποδείξουμε στον εαυτό μας ότι δεν είναι ούτε απαραίτητο, ούτε

πρέπει να θεωρούμε συνηθισμένο, το να επιβαρύνουμε τη φύση με κάθε λογής νέο τεχνολογικό επίτευγμά μας. Ας αποδείξουμε επιτέλους ότι εφόσον έχουμε τη γνώση και την τεχνογνωσία, μπορεί και η τεχνολογία να είναι εναρμονισμένη με το περιβάλλον και τη φύση (Peterson and Pearce, 2017).

Πλέον ζούμε σε έναν κόσμο, όπου πολλές υποδομές και κατασκευές γύρω μας θα εκτυπώνονται αντί να χτίζονται και όλο αυτό το εγχείρημα θα πραγματοποιείται με ανακυκλώσιμα υλικά, φιλικά προς το περιβάλλον; Η δυνατότητα εκτύπωσης αντικειμένων δεν είναι μία καινούργια ιστορία. Το **3D Printing** όμως με υλικά όπως το απλό χρώμα και όχι το σκυρόδεμα είναι κάτι που βρίσκεται ακόμη σε πειραματικό στάδιο και δείχνει ότι είναι μία πολλά υποσχόμενη μέθοδος (Degnan, 2018).

Η τρισδιάστατη εκτύπωση διαφέρει για έναν κυρίως λόγο από τις υπόλοιπες μεθόδους κατασκευής: Η διαδικασία παραγωγής ενός αντικειμένου, στις περισσότερες των περιπτώσεων, απαιτεί μία ποσότητα υλικού από το οποίο, με κάποια μέθοδο, θα αφαιρεθεί μία ποσότητα, έτσι ώστε να δημιουργηθεί, είτε το τελικό προϊόν είτε το καλούπι για το προϊόν. Αντίθετα, με την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης η διαδικασία παραγωγής ενός προϊόντος ξεκινά κατευθείαν με την ελεγχόμενη έκχυση του υλικού στο χώρο «χτίζοντας» το αντικείμενο, εξοικονομώντας χρόνο, υλικό αλλά και χρήματα. Επίσης η χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας μας προσφέρει τη δυνατότητα κατασκευής πολύπλοκων γεωμετριών, η κατασκευή των οποίων με άλλες διαδικασίες θα ήταν χρονοβόρα και υψηλού κόστους (Degnan, 2018).

Στην αρχιτεκτονική, και όχι μόνο, επιπρόσθετα πλεονέκτημα της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η δυνατότητα επιλογής ανακυκλώσιμων υλικών, φιλικών προς το περιβάλλον. Η διαδικασία εκτύπωσης ξεκινά με τα υπολογιστικά προγράμματα σχεδίασης, με δυνατότητα σχεδίασης πολύπλοκων γεωμετριών, και συνεχίζει με την παραγωγή με φυσικά υλικά μέσα σε πολύ μικρό χρόνο. Επιπρόσθετα, κατά τη διαδικασία εκτύπωσης μπορούμε να επέμβουμε στη σύνθεση του χρησιμοποιούμενου υλικού, δημιουργώντας τελικό προϊόν με διαφορετικές ιδιότητες ανάλογες πάντα με τις εκάστοτε ανάγκες, είτε για λόγους λειτουργικούς ή στατικής επάρκειας (Winnan, 2013).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ 3 D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΜΕ ΠΛΑΣΤΙΚΟ

3.1.ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου CAD του σχεδίου ή του σκαναρισμένου αντικειμένου. (αντίστροφη μηχανολογία) Οι εκδόσεις του λογισμικού CAD, χρησιμοποιούν διαφορετικούς αλγορίθμους για την αναπαράσταση στερεών (τρισεδιάστατων) αντικειμένων. (έρευνα επιστημόνων) Το format STL αναπαριστά μια τρισεδιάστατη επιφάνεια ως ένα σύνολο στοιχειωδών επίπεδων τριγώνων, που δεν μπορούν να αναπαραστήσουν καμπύλες επιφάνειες, παρά μόνο κατά προσέγγιση. όσο αυξάνονται τα τρίγωνα, αυξάνεται το μέγεθος και η πολυπλοκότητας του αρχείου. Μεγαλύτερος χρόνος επεξεργασίας και κατασκευής. Ζητούμενο η εξισορρόπηση στη δημιουργία

του STL αρχείου (Degnan, 2018).

3.2. ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ

Υπάρχουν διάφοροι τύποι μεθόδων σχηματισμού για πλαστικά: θερμοδιαμόρφωση, διαμόρφωση εν κενώ, και υπό πίεση. Υπάρχουν ιδιαιτερότητες για κάθε τύπο, αλλά ο καθένας με κάποιο τρόπο θερμαίνει ένα φύλλο από πλαστικό και το χύνει πάνω σε ένα καλούπι, χρησιμοποιώντας πίεση αέρα και αρσενικά βύσματα για να δώσουν στο φύλλο ένα σχήμα. Σχεδόν όλα τα θερμοπλαστικά μπορούν να βρεθούν ως ένα φύλλο και να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία διαμόρφωσης. Ωστόσο, ο σχηματισμός είναι μία διαδικασία μονής όψης, που σημαίνει ότι μόνο μία πλευρά του πλαστικού φύλλου μπορεί να ελέγχεται από την επιφάνεια του εργαλείου. Το κόστος εργαλείων για τη διαδικασία σχηματισμού είναι γενικά φθηνότερο από τη χύτευση με έγχυση, ειδικά για τα μεγαλύτερα αντικείμενα με χαμηλότερη πολυπλοκότητα (Workman and Ahu, 2011).

3.3. ΧΥΤΕΥΣΗ ΜΕ ΕΝΙΣΧΥΣΗ

Είναι μία διαδικασία κατασκευής, που αποτελείται από ένα πλαστικό μαλακό υλικό που εγχύεται μέσα σε ένα καλούπι. Όταν στο καλούπι, το υλικό ψύχεται και στερεοποιείται ένας άλλος μηχανισμός εξάγει το κομμάτι από το καλούπι. Αυτός ο τρόπος κατασκευής χρησιμοποιείται για ένα ευρύ φάσμα χρήσεων (είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος κατασκευής για πλαστικά προϊόντα) και χρησιμοποιείται για μία επιφάνεια υψηλής ποιότητας. Ωστόσο, το κόστος εκκίνησης είναι συχνά πολύ υψηλό, και αυτός ο τρόπος κατασκευής δεν είναι ιδανικό για μικρές σειρές (Degnan, 2018).

3.4. ΣΥΝΔΕΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ

Η ένωση των πλαστικών αφορά την ένταξη των ημιτελών μερών. Αυτό περιλαμβάνει στερέωση και συγκόλληση με κόλλα. Η Στερέωση αναφέρεται στην ενσωμάτωση μανδάλων, μεντεσέδων και θραύση ταιριάζοντας στο σχεδιασμό του τμήματος, ή με τη χρήση των εξωτερικών συνδετήρων, όπως κοχλίες και βίδες. Οι συγκολλήσεις αναφέρονται στην εφαρμογή μιας κόλλας ώστε να ενωθούν τα μέρη μαζί. Η συγκόλληση αναφέρεται στην ένωση των δύο τμημάτων μέσω της εφαρμογής θερμότητας και πίεσης. Δεδομένου ότι τα μέρη είναι ήδη ημιτελή όταν είναι έτοιμα να ενωθούν, πολλές από τις προδιαγραφές της διαδικασίας για την ένταξή τους εξαρτώνται από τον τρόπο με τον οποίο έγιναν τα ημιτελή μέρη. Αν και η ένωση εξαρτάται από το σχήμα εν μέρει, αυτή

η διαδικασία μπορεί να είναι χρονοβόρα και να συνεπάγεται υψηλό κόστος εργασίας (Gebler et al., 2014)

3.5.ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ

Αναφέρεται ως διάτρηση, φρεζάρισμα, ή στροφή, και σχεδόν οποιοδήποτε υλικό μπορεί να κατασκευαστεί σε ένα μέρος. Στην μηχανική κατεργασία CNC, ένα κομμάτι του υλικού συσφίγγεται μέσα στο μηχάνημα, και ένα εργαλείο αφαιρεί υλικό μέχρι το τμήμα να ολοκληρωθεί. Παρόμοια της χύτευσης με έγχυση, η επιλογή του υλικού είναι πολύ ευρεία και μπορεί να πραγματοποιηθεί με βάση την επιθυμητή εφαρμογή. Οι ανοχές της κατεργασίας είναι πολύ υψηλές (25 μm) που σημαίνει μπορούν να κατασκευαστούν πολύ ακριβή μέρη. Ωστόσο, μπορεί να είναι πολύ δύσκολο (αν όχι αδύνατο) να κατασκευάζονται αποκοπές ή εσωτερικά χαρακτηριστικά με μηχανική κατεργασία. Καθώς το υλικό αφαιρείται επιλεκτικά, η CNC κατεργασία χρησιμοποιείται συχνά εφάπαξ και για λειτουργικές μονάδες πρωτοτύπων, καθώς και για τη μηχανή και τα εξαρτήματα της (Degnan, 2018).

3.6.ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΩΘΗΤΗΡΑ

Επιπλέον, απαιτείται προετοιμασία της πλατφόρμας κατασκευής (σε ορισμένες περιπτώσεις, ίσως χρειαστεί να καθαριστεί ή να εφαρμόσει μια κόλλα για να αποτραπεί η μετακίνηση και στρέβλωση του αντικειμένου από τη θερμότητα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκτύπωσης) (Laplume et al., 2016b).

3.7.ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΣΗ

Η προετοιμασία του εκτυπωτή περιλαμβάνει καταρχάς το γέμισμά του με τις πρώτες ύλες (όπως πλαστικά, σκόνες μετάλλων). Πρέπει μάλιστα να διαλέξει κανείς το υλικό με το οποίο θα επιτύχει καλύτερα τις συγκεκριμένες ιδιότητες που απαιτούνται για το αντικείμενο που θέλει να παραγάγει. Η ποικιλία των υλικών που χρησιμοποιούνται στους 3D εκτυπωτές είναι πολύ μεγάλη, περιλαμβάνει πλαστικά, κεραμικά, ρητίνη, μέταλλα, άμμο, υφάσματα, βιοϋλικά, γυαλί ακόμα και τροφή (Degnan, 2018).

Επιπλέον, απαιτείται προετοιμασία της πλατφόρμας κατασκευής (σε ορισμένες περιπτώσεις, ίσως χρειαστεί να καθαριστεί ή να εφαρμόσει μια κόλλα για να αποτραπεί η μετακίνηση και στρέβλωση του αντικειμένου από τη θερμότητα κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκτύπωσης)(Degnan, 2018).

3.8.ΕΚΤΥΠΩΣΗ

Μόλις φορτωθεί το ψηφιακό μοντέλο στον εκτυπωτή, το μηχάνημα αναλαμβάνει αυτόματα τη δημιουργία του επιθυμητού αντικειμένου. Ενώ οι διεργασίες εκτύπωσης ποικίλλουν ανάλογα με τον τύπο της τεχνολογίας του 3D εκτυπωτή, η εξώθηση υλικού (η οποία περιλαμβάνει έναν αριθμό διαφορετικών τύπων διεργασιών) είναι η πιο κοινή μέθοδος που χρησιμοποιείται στους επιτραπέζιους 3D εκτυπωτές (Khoo et al., 2015).

Η εξώθηση υλικού λειτουργεί σαν ένα πυροβόλο όπλο κόλλας. Το υλικό εκτύπωσης, κατά κανόνα ένα πλαστικό νήμα, θερμαίνεται μέχρις ότου υγροποιείται και εξωθείται μέσω του ακροφύσιου (η άκρη από την οποία εκτινάσσεται το νήμα) εκτύπωσης. Χρησιμοποιώντας πληροφορίες από το ψηφιακό αρχείο, ο σχεδιασμός είναι χωρισμένος σε λεπτές δισδιάστατες διατομές, ώστε ο εκτυπωτής να ξέρει ακριβώς πού να τοποθετήσει το πλαστικό υλικό (πολυμερές) μέσω του ακροφύσιου σε λεπτές στρώσεις, συχνά 0,1 χιλιοστά πάχους. Το πολυμερές στερεοποιείται γρήγορα και δένεται με το κάτω στρώμα του υλικού, πριν χαμηλώσει η πλατφόρμα και η κεφαλή εκτύπωσης προσθέσει άλλο στρώμα. Ανάλογα με το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του αντικειμένου, η όλη διαδικασία μπορεί να διαρκέσει από λεπτά έως ημέρες (Degnan, 2018).

Αφού ολοκληρωθεί η εκτύπωση, κάθε αντικείμενο απαιτεί μία ελάχιστη μετεπεξεργασία η οποία περιλαμβάνει ποικιλία πρακτικών (απλών ή περισσότερο σύνθετων), από την απλή αποκόλληση του αντικειμένου από την πλατφόρμα εκτύπωσης, έως την αφαίρεση δομών στήριξης από το αντικείμενο (προσωρινό υλικό που τυπώνεται για τη στήριξη προεξοχών επί του αντικειμένου), το βούρτσισμα, το φινίρισμα κτλ. Αυτό το βήμα απαιτεί συχνά εξειδικευμένες δεξιότητες και υλικά. Όταν το αντικείμενο πρωτοτυπώνεται, συχνά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα ή να ολοκληρωθεί μέχρις ότου λειανθεί, βερνικωθεί ή βαφτεί ώστε να ολοκληρωθεί ο αρχικός σχεδιασμός του. Το υλικό το οποίο έχει επιλεγεί είναι αυτό το οποίο θα καθορίσει ποια μέθοδος μετεπεξεργασίας είναι η πιο αρμόδια (Barnatt, 2013).

Εικόνα 4: 3d εκτυπωτής με την χρήση πλαστικού



Πηγή: www.elwikipaedia.org

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΧΡΗΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΓΙΑ 3 D ΕΚΤΥΠΩΣΕΙΣ

4.1.ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΓΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΜΕ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΧΡΗΣΗ ΣΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ

Ενώ η παγκόσμια κοινή γνώμη ανέμενε με αδημονία εικόνες από την προσεδάφιση του σκάφους «NASA InSight» στον πλανήτη Άρη, μια άλλη είδηση που αφορά την Εθνική Υπηρεσία Αεροναυπηγικής και Διαστήματος» πέρασε απαρατήρητη. Εδώ και λίγα χρόνια οι αστροναύτες της μπορούν να ανακυκλώσουν τα πλαστικά τους απορρίμματα στο διάστημα και να χρησιμοποιήσουν το ανακυκλωμένο υλικό ως πρώτη ύλη για 3D εκτυπωτές. Όπως είχε δημοσιευτεί το 2014 στο περιοδικό «Πλαστικά Χρονικά» (τεύχος 223) οι αστροναύτες της «NASA» είχαν την δυνατότητα

να πραγματοποιούν 3D εκτυπώσεις στο διάστημα. Δεν ήταν όμως σε θέση να ανακυκλώνουν συσκευασίες, εξαρτήματα και εργαλεία που δεν χρειάζονταν (Degnan, 2018).

Χάρη σε μια νέα καινοτομία, μια συσκευή που ονομάζεται «Refabricator» οι αστροναύτες είναι σε θέση να ανακυκλώνουν τα πλαστικά απορρίμματα και να προσφέρουν την πρώτη ύλη σε 3D-εκτυπωτές για την κατασκευή εξαρτημάτων που θα συμβάλλουν στις επισκευές και τις κατασκευές, που χρειάζονται. Ο στόχος της συσκευής είναι να καταστήσει τον Διεθνή Διαστημικό Σταθμό της NASA πιο βιώσιμο (Degnan, 2018).

4.2.ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΕΞΕΛΙΓΜΕΝΟΥ ΒΙΟΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΝΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΦΥΣΙΚΑ ΠΑΡΑΓΩΓΑ ΤΟΥ ΝΗΜΑΤΟΣ

Το πιο δημοφιλές και ευρύτερα γνωστό υλικό κατασκευής που απαντάται στη φύση, είναι το ξύλο. Το συναντάμε σε αμέτρητες κατασκευές δόμησης, αλιευτικά σκάφη, διακοσμητικά αντικείμενα και γενικότερα σε οτιδήποτε προϋποθέτει αντοχή στη φθορά που σχετίζεται με την πάροδο του χρόνου, ενώ ταυτόχρονα διατηρεί χωρίς περιορισμούς την ομορφιά και τη ζεστασιά που του έχει χαρίσει η ίδια η φύση. Από την άλλη μεριά, ένα από τα πιο διαδεδομένα νήματα που χρησιμοποιούν στην πλειοψηφία τους οι ενασχολούμενοι με τη **3D εκτύπωση**, είναι το *PLA (Polylactic Acid)*. Πρόκειται για ένα φιλικό προς το περιβάλλον βιο – πλαστικό, κατασκευασμένο από φυσικές ύλες, όπως είναι για παράδειγμα το άμυλο του καλαμποκιού και το ζαχαροκάλαμο. Καλύπτει χωρίς πρόβλημα τις βασικότερες «τεχνικές» απαιτήσεις της **3D εκτύπωσης**, καθώς στα χαρακτηριστικά του συγκαταλέγονται η *σταθερή ροή*, η *ελάχιστη συρρίκνωση* και ο υψηλός βαθμός *ακαμψίας* (Jones et al., 2011).

4.3.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΑΝΑΚΥΚΛΩΜΕΝΟΥ ΝΗΜΑΤΟΣ ΑΠΟ ΠΛΑΣΤΙΚΕΣ ΦΙΑΛΕΣ ΜΕΣΩ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

Αρκετές έρευνες έχουν δείξει πως σε παγκόσμιο επίπεδο μόνο το 10% του πλαστικού ανακυκλώνεται. Το υπόλοιπο τρομακτικά μεγάλο ποσοστό, το οποίο μεταφράζεται σε μερικά εκατομμύρια τόνους τον χρόνο, καταλήγει είτε με τον ένα, είτε με τον άλλο τρόπο, στο περιβάλλον. Αυτή ακριβώς η παράμετρος αποτέλεσε την πηγή ενότητας και συνεργασίας μεταξύ της *Filamentive* και της *Tridea*. Δύο εταιρείες κατασκευής νημάτων **3D εκτύπωσης**, που εστιάζουν στην αξιοποίηση των απορριφθέντων πλαστικών και τη μετατροπή τους σε αναλώσιμη ύλη τροφοδοσίας για **3D εκτυπωτές**. Το πιο πρόσφατο εγχείρημά τους αφορά τη δημιουργία του «*ONE PET*». Κατασκευασμένο σε ποσοστό 100% από πλαστικές φιάλες, συμβάλει ενεργά στη μείωση

των απορριμμάτων, ενώ σε καμία περίπτωση δε στερείται ανθεκτικότητας (Degnan, 2018).

4.4.ΕΙΔΙΚΑ ΕΚΤΥΠΩΜΕΝΑ ΠΛΑΚΑΚΙΑ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΣΩ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

Ένα εντυπωσιακό εγχείρημα οικολογικού χαρακτήρα έθεσε πρόσφατα σε εφαρμογή η *Volvo*, προκειμένου να αποκατασταθεί η μεγάλη ζημιά που έχει υποστεί η θαλάσσια βιοποικιλότητα στο λιμάνι του *Σύδνεϋ* στη μακρινή *Αυστραλία*. Η αρχή του μεγάλου προβλήματος μας πηγαίνει περίπου 200 χρόνια πίσω, όταν ξεκίνησε να χτίζεται ένα παράκτιο τείχος, εκχερσώνοντας μεγάλα τμήματα μακρόβιας βλάστησης, προκειμένου να διευρυνθεί η αστικοποίηση της περιοχής. Το αποτέλεσμα; Πλέον, σχεδόν το ήμισυ της ακτής του *Σύδνεϋ* έχει μετατραπεί σε ανθρωπογενή «ζούγκλα», προϊόν μιας εκτεταμένης θαλάσσιας βυθοκόρησης που τείνει να αφανίσει την παράκτια υδρόβια ζωή που αναπτύσσεται μέσα στις ρίζες των μακρόβιων δέντρων και τροφοδοτείται διαρκώς από αυτές (Horvath, 2014).

Η συγκεκριμένη θαλάσσια ζωή έχει μια άκρως θετική επίδραση στο νερό, καθώς λειτουργεί σαν φυσικός «καθαριστής» της μόλυνσης που προκαλείται από τον άνθρωπο, με τους μικροοργανισμούς να διασπών τις τοξίνες, τα χημικά και τα βλαβερά σωματίδια. Με απλά λόγια, ενώ η ίδια η φύση προσπαθεί να ανατρέψει τη ζημιά που προκαλούμε στο περιβάλλον, εμείς κάνουμε ότι είναι δυνατόν για να την εμποδίσουμε. Αυτή την πρακτική θέλησε να αντιστρέψει η αρμόδια ομάδα της *Volvo* και χρησιμοποιώντας την τεχνολογία της **3D εκτύπωσης**, κατασκεύασε ειδικά πλακάκια τα οποία ονόμασε *Living Seawall* και ξεκίνησε να τα τοποθετεί επάνω στο τείχος του λιμανιού. Η εταιρεία έχει δείξει την οικολογική της ευαισθησία, καθώς έχει δεσμευτεί ότι μέχρι το τέλος του 2019 θα καταργήσει οριστικά τα πλαστικά μιας χρήσεως σε όλα της τα γραφεία, τα εστιατόρια, τα εργοστάσια και τους χώρους εκδηλώσεων (Park and Kim, 2013).

Το έργο για την ανάκαμψη της βιοποικιλότητας στο λιμάνι του *Σύδνεϋ* βασίζεται στη βιο – ιατρική, όπου τα ειδικά **3D εκτυπωμένα** πλακάκια προσομοιάζουν τα φυσικά συστήματα. Κάθε εξάγωνο πλακίδιο ενσωματώνει τη συνυφασμένη δομή των ριζών των μακρόβιων δέντρων, καθώς και μια πιο σύνθετη υφή κάτω από αυτή για να ενθαρρύνει την ανάπτυξη μικροοργανισμών. Το υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή τους είναι ένα μείγμα τσιμέντου και ανακυκλωμένου πλαστικού. Τα στρώματα από τη διαδικασία της **3D εκτύπωσης** με τη μέθοδο *FDM (Fused Deposition Modeling)* εξακολουθούν να είναι ορατά μετά το πέρας της διαδικασίας, αλλά στη συγκεκριμένη περίπτωση δρουν με θετικό τρόπο, καθότι ενθαρρύνεται η προσκόλληση και η

ανάπτυξη στρειδιών στην επιφάνειά τους. Πρόκειται για θαλάσσιους οργανισμούς οι οποίοι λειτουργούν σαν βιολογικά φίλτρα, καθαρίζοντας αποτελεσματικά το νερό. Το περιβάλλον δεν αποτελεί ξένο, αποσπασματικό στοιχείο από τον άνθρωπο. Για να επιβιώσουμε ως είδος πρέπει και οφείλουμε να το προφυλάξουμε, επιστρατεύοντας όλα τα τεχνολογικά μέσα που έχουμε στη διάθεσή μας. Η **3D εκτύπωση** συγκαταλέγεται σε αυτά τα ειρηνικά «όπλα» και όπως δείχνει η εξέλιξη των πραγμάτων, κατέχει μάλιστα και περίοπτη θέση ανάμεσά τους (Degnan, 2018).

4.5.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΠΙΠΛΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕ 3 D ΕΚΤΥΠΩΣΗ

Όσο η τεχνολογία της **3D εκτύπωσης** εξελίσσεται και όσο διευρύνονται όλο και περισσότερο οι τομείς στους οποίους βρίσκει απήχηση, τόσο αυξάνεται και η ζήτηση σε πρώτες ύλες. Οι πιο συνηθισμένες από αυτές είναι τα γνωστά νήματα (filaments), σκοπός των οποίων είναι η συνεχής και αδιάκοπη τροφοδοσία ενός **3D εκτυπωτή** με το απαραίτητο αναλώσιμο υλικό έως ότου ολοκληρωθεί η διαδικασία της μορφοποίησης του ψηφιακού **3D μοντέλου**. Ένα βασικό χαρακτηριστικό της **τριδιάστατης εκτύπωσης** είναι η σημαντική διαφορά της προς το καλύτερο όσον αφορά την ταχύτητα και το κόστος κατασκευής ενός αντικείμενου, συγκριτικά με τις παραδοσιακές μεθόδους της χύτευσης. Υπάρχει όμως και μια αρνητική πτυχή. Τα περισσότερα νήματα αποτελούνται από πλαστικό, ένα από τα χειρότερα υλικά για τον πλανήτη (Julius et al., 2016).

Η αλήθεια είναι πως έχουν γίνει αρκετές αξιόλογες προσπάθειες για να επιτευχθεί η δημιουργία βιο – πλαστικών, τα οποία ακόμα και αν απορριφθούν στο περιβάλλον, μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα επέρχεται η διάσπασή τους. Το μεγάλο ερώτημα όμως είναι αν και κατά πόσο διαταράσσουν την ήδη εύθραυστη ισορροπία της φύσης μέχρι να αποδομηθούν εντελώς. Αυτό ακριβώς ήταν και η πηγή έμπνευσης του σχεδιαστή Beer Holthuis, όταν ο ίδιος αναρωτήθηκε γιατί να μην υπάρχουν ακόμα πιο οικολογικά υλικά που να μπορούν να αποτελέσουν την πρώτη ύλη για μια πετυχημένη **3D εκτύπωση** (Degnan, 2018).

Όλα τα παραπάνω συντέλεσαν στη δημιουργία του Paper Pulp Printer. Τον πρώτο στον κόσμο **3D εκτυπωτή** που χρησιμοποιεί χαρτοπολτό αντί για πλαστικές ύλες (Degnan, 2018).

4.6.ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΟΣΜΗΜΑΤΩΝ ΑΠΟ ΑΝΑΚΥΚΛΩΣΗ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΜΕΣΩ 3ΔΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

Η τεχνολογία της 3D εκτύπωσης εξελίσσεται κάθε μέρα και εντάχθηκε στον χώρο του κοσμήματος. Μπορεί να εκτυπωθεί οποιοδήποτε κόσμημα σε αναλύσεις έως και 15 μικρών από το 3D μοντέλο. Τα μοντέλα εκτυπώνονται σε εκτυπωτή laser υψηλής ευκρίνειας. Η τελική μορφή του μοντέλου είναι χυτεύσιμη ρητίνη πολυμερισμένη και έτοιμη για την παραγωγή μετάλλου από το χυτήριο. Διαθέτονται ρητίνες οι οποίες αντέχουν σε υψηλές θερμοκρασίες έτσι ώστε να μπορέσουν να πατηθούν λάστιχο για την δημιουργία μεγάλης παραγωγής (Khoo et al., 2015).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΧΡΗΣΗΣ

Στο τρέχον σενάριο, η τρισδιάστατη εκτύπωση ή το Additive Manufacturing έχει χρησιμοποιηθεί σε τομείς παραγωγής, ιατρικής, βιομηχανίας και κοινωνικοπολιτισμικής που διευκολύνουν την εκτύπωση 3D ή την κατασκευή πρόσθετων για να γίνει επιτυχημένη εμπορική τεχνολογία. Πιο πρόσφατα, η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει χρησιμοποιηθεί επίσης στον ανθρωπιστικό και αναπτυξιακό τομέα για την παραγωγή μιας σειράς ιατρικών ειδών, προσθετικών, ανταλλακτικών και επισκευών. Η πρώτη εφαρμογή της κατασκευής πρόσθετων ήταν στο τέλος της αίθουσας εργαλείων του φάσματος κατασκευής. Για παράδειγμα, το γρήγορο πρωτότυπο ήταν μια από τις πρώτες παραλλαγές πρόσθετων και η αποστολή του ήταν να μειώσει τον χρόνο παράδοσης και το κόστος ανάπτυξης πρωτοτύπων νέων ανταλλακτικών και συσκευών, το οποίο έγινε νωρίτερα μόνο

με μεθόδους αφαιρετικών εργαλείων όπως φρεζάρισμα, στροφή και λείανση ακριβείας. Στη δεκαετία του 2010, η παραγωγή πρόσθετων εισήλθε στην παραγωγή σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό (Camdell et al., 2011).

5.1 ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η τρισδιάστατη εκτύπωση υπάρχει εδώ και δεκαετίες στην βιομηχανία μεταποίησης όπου ενδέχεται να ισχύουν πολλά νομικά καθεστάτα, συμπεριλαμβανομένων διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, δικαιωμάτων βιομηχανικού σχεδιασμού, πνευματικών δικαιωμάτων και εμπορικών σημάτων. Ωστόσο, δεν υπάρχει μεγάλη νομολογία για το πώς θα εφαρμοστούν αυτοί οι νόμοι εάν οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές γίνουν mainstream και άτομα ή κοινότητες χόμπι αρχίζουν να κατασκευάζουν αντικείμενα για προσωπική χρήση, για μη κερδοσκοπική διανομή ή για πώληση (Degnan, 2018).

Οποιοδήποτε από τα προαναφερθέντα νομικά καθεστάτα ενδέχεται να απαγορεύει τη διανομή των σχεδίων που χρησιμοποιούνται στην τρισδιάστατη εκτύπωση ή τη διανομή ή πώληση του εκτυπωμένου αντικειμένου. Για να επιτραπεί να κάνει αυτά τα πράγματα, όπου εμπλέκεται μια ενεργή πνευματική ιδιοκτησία, ένα άτομο θα πρέπει να επικοινωνήσει με τον ιδιοκτήτη και να ζητήσει άδεια, η οποία μπορεί να συνοδεύεται από όρους και τιμή. Ωστόσο, πολλοί νόμοι περί διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, σχεδιασμού και πνευματικών δικαιωμάτων περιέχουν έναν τυπικό περιορισμό ή εξαίρεση για «ιδιωτική», «μη εμπορική» χρήση εφευρέσεων, σχεδίων ή έργων τέχνης που προστατεύονται από πνευματική ιδιοκτησία (IP). Αυτός ο τυπικός περιορισμός ή εξαίρεση μπορεί να αφήσει τέτοιες ιδιωτικές, μη εμπορικές χρήσεις εκτός του πεδίου των δικαιωμάτων IP (Srai et al., 2016).

Τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας καλύπτουν εφευρέσεις, συμπεριλαμβανομένων διεργασιών, μηχανών, κατασκευής και συνθέσεων ύλης και έχουν μια πεπερασμένη διάρκεια που ποικίλλει μεταξύ των χωρών, αλλά γενικά 20 χρόνια από την ημερομηνία εφαρμογής. Επομένως, εάν ένας τύπος τροχού έχει κατοχυρωθεί με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας, η εκτύπωση, η χρήση ή η πώληση ενός τέτοιου τροχού θα μπορούσε να αποτελεί παραβίαση του διπλώματος ευρεσιτεχνίας (Degnan, 2018).

Τα πνευματικά δικαιώματα καλύπτουν μια έκφραση σε ένα απτό, σταθερό μέσο και διαρκεί συχνά για τη ζωή του συγγραφέα συν 70 χρόνια μετά. Εάν κάποιος φτιάξει ένα άγαλμα, μπορεί να έχει ένα σήμα πνευματικής ιδιοκτησίας στην εμφάνιση αυτού του αγάλματος, οπότε αν κάποιος δει αυτό το άγαλμα, τότε δεν μπορεί να διανείμει σχέδια για να εκτυπώσει ένα πανομοιότυπο ή παρόμοιο

άγαλμα(Degnan, 2018).

Όταν ένα χαρακτηριστικό έχει καλλιτεχνικά (πνευματικά δικαιώματα) και λειτουργικά (κατοχυρωμένα με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας) πλεονεκτήματα, όταν η ερώτηση έχει εμφανιστεί στο δικαστήριο των ΗΠΑ, τα δικαστήρια έχουν συχνά κρίνει ότι το χαρακτηριστικό δεν προστατεύεται από πνευματικά δικαιώματα, εκτός εάν μπορεί να διαχωριστεί από τις λειτουργικές πτυχές του αντικειμένου. Σε άλλες χώρες, ο νόμος και τα δικαστήρια μπορούν να εφαρμόσουν μια διαφορετική προσέγγιση που επιτρέπει, για παράδειγμα, τον σχεδιασμό μιας χρήσιμης συσκευής να καταχωριστεί (ως σύνολο) ως βιομηχανικό σχέδιο, με την προϋπόθεση ότι, σε περίπτωση μη εξουσιοδοτημένης αντιγραφής, μόνο οι μη - Λειτουργικά χαρακτηριστικά μπορούν να διεκδικούνται βάσει του νόμου σχεδιασμού, ενώ οποιαδήποτε τεχνικά χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να απαιτηθούν μόνο εάν καλύπτονται από έγκυρο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας (Nynnan and Sarlin, 2014).

Εικόνα 5: Σπίτι με 3d εκτύπωση



Πηγή: www.elwikipaedia.org

5.2 ΑΕΡΟΝΑΥΠΗΓΙΚΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΤΗΜΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ

Η εκπληκτική εκτύπωση 3D έχει ενθουσιάσει τον κόσμο της αεροδιαστημικής. Αυτό το άρθρο αποτυπώνει τις δημοφιλείς διαδικασίες εκτύπωσης 3D στην αεροδιαστημική. Εξετάζονται οι λόγοι για τη δημοτικότητά τους στις παραδοσιακές διαδικασίες παραγωγής. Συζητούνται υλικά που αναπτύχθηκαν ειδικά για εφαρμογές αεροδιαστημικής και αεροναυπηγικής μαζί με τα χαρακτηριστικά τους. Εξετάζονται οι τρέχουσες δραστηριότητες που σχετίζονται με την εκτύπωση 3D σε διάφορες εταιρείες και οργανισμούς σε όλο τον κόσμο. Επισημαίνονται επίσης οι εργασίες έργου στον τομέα της εξωγενούς εκτύπωσης(Degnan, 2018).

Παρόλο που οι διαδικασίες εκτύπωσης 3D είναι λειτουργικά απλές, έχουν περιορισμούς ως προς

τον τύπο, την ποιότητα και την ποσότητα των υλικών που μπορούν να χειριστούν παρά τα μειονεκτήματα των εκτυπωμένων στοιχείων. Οι προκλήσεις που σχετίζονται με την τρισδιάστατη εκτύπωση στη μικροβαρύτητα αντιμετωπίζονται επίσης. Τέλος, μια ματιά στη μελλοντική εμφάνιση της αεροδιαστημικής βιομηχανίας με τρισδιάστατη εκτύπωση εμφανίζει πολλά πλεονεκτήματα και εφαρμογές (Degnan, 2018).

5.3 ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ

Στα αυτοκίνητα, τα φορτηγά και τα αεροσκάφη, η 3D εκτύπωση αρχίζει να μεταμορφώνει τόσο το σχεδιασμό του σώματος όσο και την ατράκτου και τον σχεδιασμό και την παραγωγή κινητήρα. Για παράδειγμα (Petersen and Pearce, 2017):

- Στις αρχές του 2014, ο Σουηδός κατασκευαστής supercar Koenigsegg ανακοίνωσε το One: 1, ένα supercar που χρησιμοποιεί πολλά εξαρτήματα που έχουν τυπωθεί 3D. Το Urbee είναι το όνομα του πρώτου αυτοκινήτου στον κόσμο που τοποθετήθηκε χρησιμοποιώντας την τεχνολογία 3D εκτύπωσης (το αμάξωμα και τα παράθυρα του αυτοκινήτου του ήταν «τυπωμένα»).
- Το 2014, η Local Motors έκανε το ντεμπούτο της στο Strati, ένα λειτουργικό όχημα με 3D εκτύπωση με πλαστικό ABS και ίνες άνθρακα, εκτός από το σύστημα μετάδοσης κίνησης. Τον Μάιο του 2015, η Airbus ανακοίνωσε ότι το νέο Airbus A350 XWB περιλάμβανε πάνω από 1000 εξαρτήματα που κατασκευάστηκαν με τρισδιάστατη εκτύπωση.
- Το 2015, ένα μαχητικό αεροσκάφος της Royal Air Force Eurofighter Typhoon πέταξε με τυπωμένα μέρη. Η Πολεμική Αεροπορία των Ηνωμένων Πολιτειών άρχισε να συνεργάζεται με εκτυπωτές 3D και η Ισραηλινή Πολεμική Αεροπορία αγόρασε επίσης έναν εκτυπωτή 3D για εκτύπωση ανταλλακτικών.
- Το 2017, η GE Aviation αποκάλυψε ότι είχε χρησιμοποιήσει σχεδιασμό για την κατασκευή πρόσθετων για να δημιουργήσει έναν ελικόπτερο με 16 ανταλλακτικά αντί για 900, με μεγάλη πιθανή επίδραση στη μείωση της πολυπλοκότητας των αλυσίδων εφοδιασμού

5.4 ΙΑΤΡΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Οι χειρουργικές χρήσεις των τρισδιάστατων κεντρικών θεραπειών έχουν ιστορία που ξεκινά στα μέσα της δεκαετίας του 1990 με ανατομική μοντελοποίηση για προγραμματισμό χειρουργικών επεμβάσεων οστού. Τα εμφυτεύματα που ταιριάζουν με τους ασθενείς ήταν μια φυσική επέκταση αυτής της εργασίας, οδηγώντας σε πραγματικά εξατομικευμένα εμφυτεύματα που ταιριάζουν σε ένα μοναδικό άτομο.

Εικονικός σχεδιασμός χειρουργικής επέμβασης και καθοδήγησης χρησιμοποιώντας τρισδιάστατα τυπωμένα, εξατομικευμένα όργανα έχουν εφαρμοστεί σε πολλούς τομείς της χειρουργικής επέμβασης, συμπεριλαμβανομένης της ολικής αντικατάστασης αρθρώσεων και της κρανιομαξιοφυλικής ανασυγκρότησης με μεγάλη επιτυχία (Degnan, 2018).

Ένα παράδειγμα αυτού είναι ο βιοαπορροφήσιμος τραχειακός νάρθηκας για τη θεραπεία νεογνών με τραχειοβρογχομαλακία που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Μίσιγκαν. Η χρήση της κατασκευής πρόσθετων για σειριακή παραγωγή ορθοπεδικών εμφυτευμάτων (μέταλλα) αυξάνεται επίσης λόγω της ικανότητας αποτελεσματικής δημιουργίας πορωδών επιφανειακών δομών που διευκολύνουν την οστεοενσωμάτωση. Η βιομηχανία ακουστικών βαρηκοΐας και οδοντιατρικής αναμένεται να είναι ο μεγαλύτερος τομέας μελλοντικής ανάπτυξης χρησιμοποιώντας την προσαρμοσμένη τεχνολογία 3D εκτύπωσης (Lipson and Kurnan, 2013).

Τον Μάρτιο του 2014, οι χειρουργοί στο Swansea χρησιμοποίησαν τρισδιάστατα τυπωμένα μέρη για να διαμορφώσουν το πρόσωπο ενός μοτοσικλετιστή που είχε τραυματιστεί σοβαρά σε τροχαίο ατύχημα. Τον Μάιο του 2018, η τρισδιάστατη εκτύπωση χρησιμοποιήθηκε για τη μεταμόσχευση νεφρού για να σώσει ένα αγόρι τριών ετών. Από το 2012, η τεχνολογία βιολογικής εκτύπωσης 3D έχει μελετηθεί από εταιρείες βιοτεχνολογίας και ακαδημαϊκούς για πιθανή χρήση σε εφαρμογές μηχανικής ιστών στις οποίες κατασκευάζονται όργανα και μέρη του σώματος χρησιμοποιώντας τεχνικές εκτύπωσης inkjet. Σε αυτήν τη διαδικασία, τα στρώματα των ζωντανών κυττάρων εναποτίθενται σε ένα μέσο γέλης ή μια μήτρα σακχάρου και σιγά-σιγά δημιουργούνται για να σχηματίσουν τρισδιάστατες δομές συμπεριλαμβανομένων των αγγειακών συστημάτων. Πρόσφατα, δημιουργήθηκε μια καρδιά-σε-τσιπ που ταιριάζει με τις ιδιότητες των κυττάρων (Degnan, 2018).

Στην εκτύπωση 3D, οι μικροδομές που προσομοιώνονται με υπολογιστή χρησιμοποιούνται συνήθως για την κατασκευή αντικειμένων με χωρικά διαφορετικές ιδιότητες. Αυτό επιτυγχάνεται διαιρώντας τον όγκο του επιθυμητού αντικειμένου σε μικρότερα υποκύτταρα χρησιμοποιώντας εργαλεία προσομοίωσης με υπολογιστή και στη συνέχεια γεμίζοντας αυτά τα κελιά με κατάλληλες μικροδομές κατά την κατασκευή. Πολλές διαφορετικές υποψήφιες δομές με παρόμοιες

συμπεριφορές ελέγχονται μεταξύ τους και το αντικείμενο κατασκευάζεται όταν βρεθεί ένα βέλτιστο σύνολο δομών. Χρησιμοποιούνται προηγμένες μέθοδοι βελτιστοποίησης τοπολογίας για να διασφαλιστεί η συμβατότητα των δομών σε παρακείμενα κελιά. Αυτή η ευέλικτη προσέγγιση στην κατασκευή 3D χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορους κλάδους από βιοϊατρικές επιστήμες όπου χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία σύνθετων δομών οστών και ανθρώπινου ιστού στη ρομποτική όπου χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μαλακών ρομπότ με κινητά μέρη(Degnan, 2018).

Η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει επίσης χρησιμοποιηθεί από ερευνητές στον φαρμακευτικό τομέα. Τα τελευταία χρόνια υπήρξε αύξηση του ακαδημαϊκού ενδιαφέροντος σχετικά με την παράδοση ναρκωτικών με τη βοήθεια τεχνικών αυτού του είδους της εκτύπωσης. Αυτή η τεχνολογία προσφέρει έναν μοναδικό τρόπο για να χρησιμοποιηθούν υλικά σε νέα σκευάσματα. Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της τρισδιάστατης εκτύπωσης, είναι η εξατομίκευση της μορφής δοσολογίας που μπορεί να επιτευχθεί, στοχεύοντας έτσι στις συγκεκριμένες ανάγκες του ασθενούς. Στο όχι τόσο μακρινό μέλλον, οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές αναμένεται να φτάσουν σε νοσοκομεία και φαρμακεία προκειμένου να παρέχουν κατά παραγγελία παραγωγή εξατομικευμένων σκευασμάτων σύμφωνα με τις ανάγκες των ασθενών (Barnatt, 2013).

Το 2018, η τεχνολογία εκτύπωσης 3D χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά για τη δημιουργία μιας μήτρας για ακινητοποίηση κυττάρων στη ζύμωση. Η παραγωγή προπιονικού οξέος από *Propionibacterium acidipropionici* ακινητοποιημένη σε τρισδιάστατες τυπωμένες με νάλιον σφαιρίδια επιλέχθηκε ως μοντέλο μελέτης. Αποδείχθηκε ότι αυτά τα τρισδιάστατα τυπωμένα σφαιρίδια ήταν ικανά να προωθήσουν την προσκόλληση κυττάρων υψηλής πυκνότητας και την παραγωγή προπιονικού οξέος, τα οποία θα μπορούσαν να προσαρμοστούν σε άλλες βιοεπεξεργασίες ζύμωσης(Degnan, 2018).

Οι εκπομπές από εκτυπωτές συντηγμένων ινών μπορούν να περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό εξαιρετικά λεπτών σωματιδίων και πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC). Η τοξικότητα από τις εκπομπές ποικίλλει ανάλογα με το υλικό προέλευσης λόγω διαφορών στο μέγεθος, τις χημικές ιδιότητες και την ποσότητα των εκπεμπόμενων σωματιδίων. Η υπερβολική έκθεση σε VOC μπορεί να οδηγήσει σε ερεθισμό των ματιών, της μύτης και του λαιμού, πονοκέφαλο, απώλεια συντονισμού και ναυτία και ορισμένες από τις χημικές εκπομπές των εκτυπωτών συντηγμένων ινών έχουν επίσης συνδεθεί με το άσθμα (Lulius et al., 2016).

Με βάση μελέτες σε ζώα, οι νανοσωλήνες άνθρακα και οι νανοϊνες άνθρακα που χρησιμοποιούνται μερικές φορές στην εκτύπωση συντηγμένων ινών μπορεί να προκαλέσουν πνευμονικές επιδράσεις,

όπως φλεγμονή, κοκκιώματα και πνευμονική ίνωση όταν βρίσκονται στο μέγεθος των νανοσωματιδίων. Μια μελέτη του Εθνικού Ινστιτούτου για την Ασφάλεια και την Υγεία της Εργασίας (NIOSH) διαπίστωσε ότι οι εκπομπές σωματιδίων από ένα συντηγμένο νήμα κορυφώθηκαν λίγα λεπτά μετά την έναρξη της εκτύπωσης και επέστρεψαν στα βασικά επίπεδα 100 λεπτά μετά το τέλος της εκτύπωσης. Οι εργαζόμενοι μπορούν επίσης να μεταφέρουν κατά λάθος υλικά έξω από το χώρο εργασίας στα παπούτσια, τα ρούχα και το σώμα τους, τα οποία μπορεί να θέσουν κινδύνους σε άλλα μέλη του κοινού(Degnan, 2018).

Οι εκπομπές και οι διεργασίες νανοσωματιδίων άνθρακα που χρησιμοποιούν μέταλλα σε σκόνη είναι εξαιρετικά εύφλεκτα και αυξάνουν τον κίνδυνο εκρήξεων σκόνης. Τουλάχιστον μία περίπτωση σοβαρού τραυματισμού σημειώθηκε από μια έκρηξη που εμπλέκεται σε μεταλλικές σκόνες που χρησιμοποιούνται για εκτύπωση συντηγμένων ινών (Srai et al., 2016).

Οι πρόσθετοι κίνδυνοι περιλαμβάνουν εγκαύματα από θερμές επιφάνειες, όπως λάμπες και μπλοκ κεφαλής εκτύπωσης, έκθεση σε ακτινοβολία λέιζερ ή υπεριώδη ακτινοβολία, ηλεκτροπληξία, μηχανική βλάβη από κτυπήματα από μέρη και θόρυβος και εργονομικοί κίνδυνοι. Άλλες ανησυχίες αφορούν έκθεση σε αέρια και υλικά, ιδίως νανοϋλικά, χειρισμό υλικών, στατικό ηλεκτρισμό, κινούμενα μέρη και πιέσεις(Degnan, 2018).

Κίνδυνοι για την υγεία και την ασφάλεια υπάρχουν επίσης από τις δραστηριότητες μετά την επεξεργασία που γίνονται έως το τελείωμα των ανταλλακτικών μετά την εκτύπωσή τους. Αυτές οι δραστηριότητες μετά την επεξεργασία μπορεί να περιλαμβάνουν χημικά λουτρά, λείανση, στίλβωση ή έκθεση σε ατμούς σε τελειοποίηση επιφανειακού φινιρίσματος, καθώς και γενικές αφαιρετικές τεχνικές κατασκευής όπως διάτρηση, άλεση ή στροφή για τροποποίηση της εκτυπωμένης γεωμετρίας(Degnan, 2018).

Οποιαδήποτε τεχνική που αφαιρεί υλικό από το τυπωμένο μέρος έχει τη δυνατότητα να δημιουργεί σωματίδια που μπορούν να εισπνευστούν ή να προκαλέσουν τραυματισμό στα μάτια, εάν δεν χρησιμοποιείται κατάλληλος εξοπλισμός ατομικής προστασίας, όπως αναπνευστήρες ή γυαλιά ασφαλείας. Τα καυστικά λουτρά χρησιμοποιούνται συχνά για τη διάλυση του υποστηρικτικού υλικού που χρησιμοποιείται από ορισμένους εκτυπωτές 3D που τους επιτρέπουν να εκτυπώνουν πιο περίπλοκα σχήματα. Αυτά τα μπάνια απαιτούν ατομικό προστατευτικό εξοπλισμό για την αποφυγή τραυματισμού σε εκτεθειμένο δέρμα (Khoo et al., 2015).

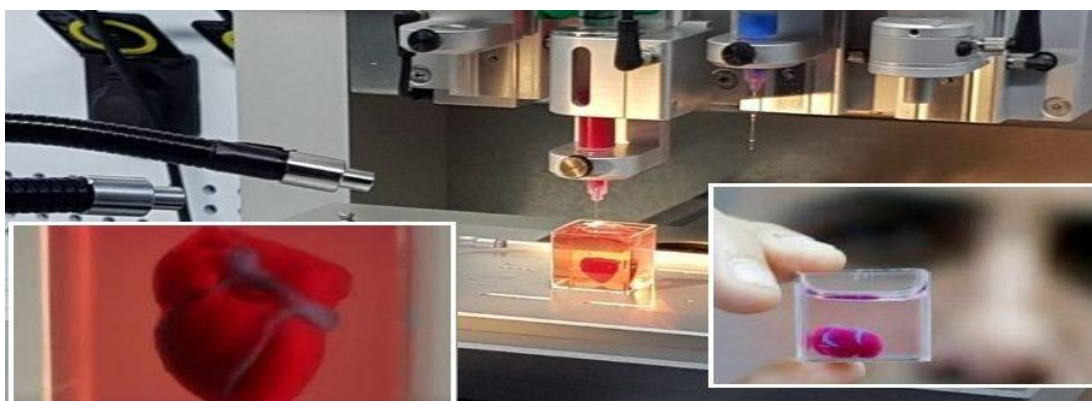
Δεδομένου ότι η τρισδιάστατη απεικόνιση δημιουργεί στοιχεία συνδυάζοντας υλικά μαζί, διατρέχει

τον κίνδυνο διαχωρισμού επιπέδων σε ορισμένες συσκευές που κατασκευάζονται με την απεικόνιση 3-D. Για παράδειγμα, τον Ιανουάριο του 2013, η εταιρεία ιατρικών συσκευών των ΗΠΑ, DePuy, δημιούργησε τα συστήματα αντικατάστασης γόνατος και ισχίου. Οι συσκευές ήταν κατασκευασμένες από στρώματα μετάλλων και τα ξύσματα είχαν χαλαρώσει - πιθανώς βλάπτοντας τον ασθενή(Degnan, 2018).

Τα χειριστήρια κινδύνου περιλαμβάνουν τη χρήση καλυμμάτων που παρέχονται από τον κατασκευαστή και τα πλήρη περιβλήματα, τη χρήση σωστού εξοπλισμού, την απομάκρυνση των εργαζομένων μακριά από τον εκτυπωτή, τη χρήση αναπνευστικών συσκευών, την απενεργοποίηση του εκτυπωτή εάν μπλοκάρει και τη χρήση εκτυπωτών και νημάτων χαμηλότερης εκπομπής. Ο εξοπλισμός ατομικής προστασίας έχει βρεθεί ότι είναι η λιγότερο επιθυμητή μέθοδος ελέγχου με μια σύσταση ότι χρησιμοποιείται μόνο για την προσθήκη περαιτέρω προστασίας σε συνδυασμό με εγκεκριμένη προστασία εκπομπών (Sebatina et al., 2015).

Αν και δεν υπάρχουν όρια επαγγελματικής έκθεσης ειδικά για τις εκπομπές τρισδιάστατων εκτυπωτών, ορισμένα υλικά πηγής που χρησιμοποιούνται στην εκτύπωση 3D, όπως οι νανοϊνες άνθρακα και οι νανοσωλήνες άνθρακα, έχουν καθορίσει όρια επαγγελματικής έκθεσης στο μέγεθος των νανοσωματιδίων(Degnan, 2018).

Από τον Μάρτιο του 2016, η κυβέρνηση των ΗΠΑ έχει θέσει πρότυπα εκπομπών τρισδιάστατων εκτυπωτών για περιορισμένο μόνο αριθμό ενώσεων. Επιπλέον, τα λίγα καθιερωμένα πρότυπα αφορούν τις εργοστασιακές συνθήκες, όχι το σπίτι ή άλλα περιβάλλοντα στα οποία είναι πιθανό να χρησιμοποιηθούν οι εκτυπωτές (Laplume et al., 2016a).



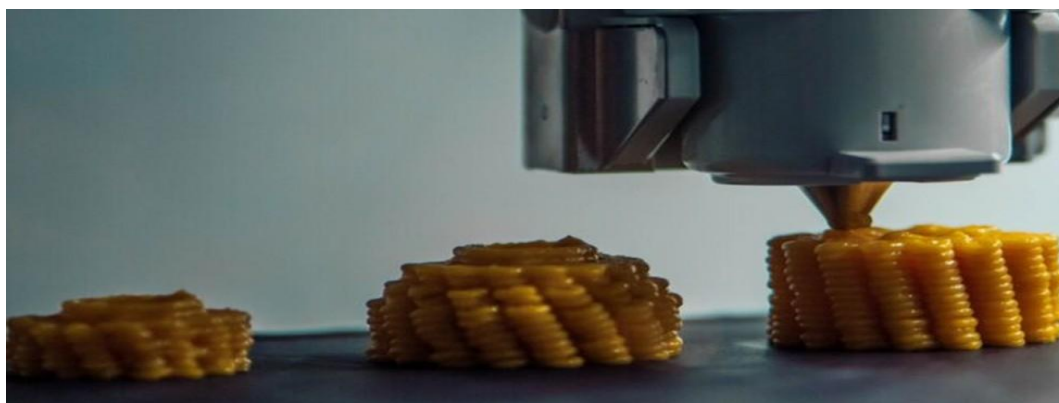
Εικόνα 6:Καρδιά με 3d εκτύπωση

Πηγή: www.elwikipaedia.org

5.5 ΚΑΤΑΝΑΛΩΤΙΚΑ ΑΓΑΘΑ

Η παρασκευή προσθέτων τροφίμων αναπτύσσεται με συμπίεση των τροφίμων, στρώμα προς στρώμα, σε τρισδιάστατα αντικείμενα. Μια μεγάλη ποικιλία τροφίμων είναι κατάλληλοι υποψήφιοι, όπως σοκολάτα και καραμέλες, και επίπεδες τροφές όπως κράκερ, ζυμαρικά, και πίτσα. Η NASA εξετάζει την τεχνολογία προκειμένου να δημιουργήσει τρισδιάστατα τυπωμένα τρόφιμα για να περιορίσει τα απόβλητα τροφίμων και να φτιάξει τρόφιμα που έχουν σχεδιαστεί για να ταιριάζουν στις διατροφικές ανάγκες ενός αστροναύτη. Το 2018, ο Ιταλός βιομηχανικός Giuseppe Scionti ανέπτυξε μια τεχνολογία που επιτρέπει τη δημιουργία αναλόγων κρέατος με βάση τα φυτά χρησιμοποιώντας ένα προσαρμοσμένο τρισδιάστατο βιογραφικό, μιμούνταν την υφή του κρέατος και τις θρεπτικές αξίες (Degnan, 2018).

Εικόνα 7: Τρόφιμα με 3d εκτύπωση



Πηγή: www.elwikipaedia.org

5.6 ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΕΣ

Το 2005, ακαδημαϊκά περιοδικά είχαν αρχίσει να αναφέρουν τις πιθανές καλλιτεχνικές εφαρμογές της τεχνολογίας 3D εκτύπωσης. Από το 2015, η εγχώρια τρισδιάστατη εκτύπωση προσεγγίζει ένα κοινό καταναλωτών πέρα από τους λάτρεις των χόμπι και των ενθουσιωδών. Εκτός των ραφιών οι μηχανές ήταν όλο και περισσότερο ικανές να παράγουν πρακτικές οικιακές εφαρμογές, για παράδειγμα, διακοσμητικά αντικείμενα. Μερικά πρακτικά παραδείγματα περιλαμβάνουν ένα ρολόι εργασίας και γρανάζια τυπωμένα για οικιακές μηχανές επεξεργασίας ξύλου μεταξύ άλλων σκοπών.

Οι ισότοποι που σχετίζονται με την εκτύπωση τρισδιάστατων σπιτιών έτειναν να περιλαμβάνουν backscratchers, γάντζους παλτών, κουμπιά πόρτας κ.λπ. (Laplume et al., 2016b).

Η εκτύπωση 3D και οι εκτυπωτές 3D ανοιχτού κώδικα ειδικότερα, είναι η τελευταία τεχνολογία που εισέρχεται στην τάξη. Ορισμένοι συγγραφείς ισχυρίστηκαν ότι οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές προσφέρουν μια άνευ προηγουμένου «επανάσταση» στην εκπαίδευση (Degnan, 2018).

Τα αποδεικτικά στοιχεία για τέτοιους ισχυρισμούς προέρχονται τόσο από την ικανότητα χαμηλού κόστους για ταχεία πρωτοτυπία στην τάξη από τους μαθητές, αλλά και από την κατασκευή επιστημονικού εξοπλισμού χαμηλού κόστους υψηλής ποιότητας από σχέδια ανοιχτού υλικού που σχηματίζουν εργαστήρια ανοιχτού κώδικα. Οι μελλοντικές εφαρμογές για τρισδιάστατη εκτύπωση ενδέχεται να περιλαμβάνουν τη δημιουργία επιστημονικού εξοπλισμού ανοιχτού κώδικα (Degnan, 2018).

Τα τελευταία χρόνια, η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει χρησιμοποιηθεί εντατικά στον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς και της αρχαιολογίας για λόγους συντήρησης, αποκατάστασης και διάδοσης του πολιτισμού. Πολλά Ευρωπαϊκά Μουσεία και αυτά της Αμερικής έχουν αγοράσει τρισδιάστατους εκτυπωτές και αναδημιουργούν ενεργά κομμάτια από τα λείψανα που λείπουν. Το Μητροπολιτικό Μουσείο Τέχνης και το Βρετανικό Μουσείο έχουν αρχίσει να χρησιμοποιούν τους τρισδιάστατους εκτυπωτές τους για να δημιουργήσουν αναμνηστικά μουσείων που διατίθενται στα καταστήματα των μουσείων. Άλλα μουσεία, όπως το Εθνικό Μουσείο Στρατιωτικής Ιστορίας και το Ιστορικό Μουσείο της Βάρνας, έχουν προχωρήσει περισσότερο και πωλούν μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας Threeding ψηφιακά μοντέλα των αντικειμένων τους, που δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας σαρωτές Artec 3D, σε φιλική μορφή εκτύπωσης 3D, στην οποία όλοι μπορούν να εκτυπώσουν 3D Σπίτι (Khoo et al., 2015).

Οι τρισδιάστατοι μαλακοί ενεργοποιητές είναι μια αναπτυσσόμενη εφαρμογή τεχνολογίας 3D εκτύπωσης που έχει βρει τη θέση της στις εφαρμογές εκτύπωσης 3D. Αυτοί οι μαλακοί ενεργοποιητές αναπτύσσονται για να αντιμετωπίζουν μαλακές δομές και όργανα ειδικά σε βιοϊατρικούς τομείς και όπου η αλληλεπίδραση ανθρώπου και ρομπότ είναι αναπόφευκτη. Η πλειονότητα των υπάρχοντων μαλακών ενεργοποιητών κατασκευάζεται με συμβατικές μεθόδους που απαιτούν χειροκίνητη κατασκευή συσκευών, μετεπεξεργασία / συναρμολόγηση και μακροχρόνιες επαναλήψεις μέχρι την ωρίμανση της κατασκευής. Αντί των κουραστικών και χρονοβόρων πτυχών των τρεχουσών διαδικασιών κατασκευής, οι ερευνητές διερευνούν μια

κατάλληλη κατασκευαστική προσέγγιση για αποτελεσματική κατασκευή μαλακών ενεργοποιητών (Degnan, 2018).

Έτσι, παρουσιάζονται τρισδιάστατοι μαλακοί ενεργοποιητές για να φέρουν επανάσταση στο σχεδιασμό και την κατασκευή μαλακών ενεργοποιητών με προσαρμοσμένες γεωμετρικές, λειτουργικές και ελεγκτικές ιδιότητες σε μια ταχύτερη και φθηνή προσέγγιση. Επιτρέπουν επίσης την ενσωμάτωση όλων των εξαρτημάτων ενεργοποιητή σε μια ενιαία δομή εξαλείφοντας την ανάγκη χρήσης εξωτερικών αρμών, συγκολλητικών και συνδετήρων. Η κατασκευή πλακέτας κυκλώματος περιλαμβάνει πολλαπλά στάδια που περιλαμβάνουν απεικόνιση, διάτρηση, επένδυση, επίστρωση soldermask, εκτύπωση ονοματολογίας και φινιρίσματα επιφάνειας. Αυτά τα βήματα περιλαμβάνουν πολλές χημικές ουσίες όπως σκληρούς διαλύτες και οξέα. Οι πλακέτες τρισδιάστατων κυκλωμάτων εκτύπωσης αφαιρούν την ανάγκη για πολλά από αυτά τα βήματα ενώ παράλληλα παράγουν πολύπλοκα σχέδια. Το πολυμερές μελάνι χρησιμοποιείται για τη δημιουργία των στρωμάτων της κατασκευής ενώ το ασημένιο πολυμερές χρησιμοποιείται για τη δημιουργία των ιχνών και των οπών που επιτρέπουν τη ροή ηλεκτρικής ενέργειας. (Redwood et al., 2017)

Η τρέχουσα κατασκευή πλακέτας κυκλώματος μπορεί να είναι μια κουραστική διαδικασία ανάλογα με το σχεδιασμό. Συγκεκριμένα υλικά συλλέγονται και αποστέλλονται σε επεξεργασία εσωτερικού στρώματος όπου εκτυπώνονται, αναπτύσσονται και χαράσσονται εικόνες. Οι πυρήνες χάραξης τυπικά τρυπήθηκαν για να προσθέσουν εργαλεία ελασματοποίησης. Οι πυρήνες στη συνέχεια προετοιμάζονται για ελασματοποίηση. Η στοίβαξη, η συσσώρευση πλακέτας κυκλώματος, είναι ενσωματωμένη και αποστέλλεται σε ελασματοποίηση όπου συνδέονται τα στρώματα. Στη συνέχεια, οι σανίδες μετρώνται και τρυπιούνται. Πολλά βήματα μπορεί να διαφέρουν από αυτό το στάδιο, ωστόσο για απλούς σχεδιασμούς, το υλικό περνάει από μια διαδικασία επένδυσης για να καλύψει τις οπές και την επιφάνεια. Στη συνέχεια εκτυπώνεται, αναπτύσσεται και χαράσσεται η εξωτερική εικόνα (Degnan, 2018).

Αφού οριστεί η εικόνα, το υλικό πρέπει να επικαλυφθεί με soldermask για μελλοντική συγκόλληση. Στη συνέχεια προστίθεται ονοματολογία, ώστε τα στοιχεία να μπορούν να αναγνωριστούν αργότερα. Στη συνέχεια προστίθεται το φινιρίσμα της επιφάνειας. Οι σανίδες οδηγούνται έξω από τη μορφή του πίνακα στη μοναδική τους μορφή ή στη σειρά τους και στη συνέχεια ελέγχονται ηλεκτρικά. Εκτός από τη γραφειοκρατία που πρέπει να συμπληρωθεί, η οποία αποδεικνύει ότι οι σανίδες πληρούν τις προδιαγραφές, οι σανίδες συσκευάζονται και αποστέλλονται (Park and Kim, 2013).

Τα οφέλη της τρισδιάστατης εκτύπωσης θα ήταν ότι το τελικό περίγραμμα ορίζεται από την αρχή, δεν απαιτείται απεικόνιση, διάτρηση ή πλαστικοποίηση και πραγματοποιούνται ηλεκτρικές συνδέσεις με το ασημένιο πολυμερές που εξαλείφει τη διάτρηση και την επίστρωση. Η τελική γραφική εργασία θα μειωθεί επίσης λόγω της έλλειψης υλικών που απαιτούνται για την κατασκευή της πλακέτας κυκλώματος. Τα σύνθετα σχέδια που μπορεί να χρειαστούν εβδομάδες για να ολοκληρωθούν μέσω της κανονικής επεξεργασίας μπορούν να εκτυπωθούν 3D, μειώνοντας σημαντικά τον χρόνο κατασκευής (Degnan, 2018).

Μερικά οπτικά εξαρτήματα ακριβείας έχουν παραχθεί χρησιμοποιώντας τεχνικές κατασκευής πρόσθετων σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη. Ωστόσο, αυτή τη στιγμή περιορίζονται σε μικρούς φακούς και καθρέφτες (Degnan, 2018).

5.7 ΜΟΔΑ

Η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει μπει στον κόσμο των ενδυμάτων, με τους σχεδιαστές μόδας να πειραματίζονται με τρισδιάστατα μπικίνι, παπούτσια και φορέματα. Στην εμπορική παραγωγή, η Nike χρησιμοποιεί τρισδιάστατη εκτύπωση για να δημιουργήσει πρωτότυπο και να κατασκευάσει το παπούτσι ποδοσφαίρου 2012 Vapor Laser Talon για παίκτες του αμερικανικού ποδοσφαίρου και το New Balance είναι παπούτσια 3D προσαρμοσμένα για αθλητές. Η εκτύπωση 3D έχει φτάσει στο σημείο όπου οι εταιρείες εκτυπώνουν γυαλιά ποιότητας καταναλωτή με προσαρμοσμένη εφαρμογή και στυλ κατά παραγγελία (αν και δεν μπορούν να εκτυπώσουν τους φακούς). Η κατ'απαίτηση προσαρμογή των γυαλιών είναι δυνατή με γρήγορο πρωτότυπο (Gohkore et al., 2017).

Η Vanessa Friedman, διευθύντρια μόδας και επικεφαλής κριτικός μόδας στους The New York Times, αναφέρει ότι η εκτύπωση 3D θα έχει σημαντική αξία για τις εταιρείες μόδας στο δρόμο, ειδικά αν μετατραπεί σε εργαλείο εκτύπωσης για τον αγοραστή. Υπάρχει πραγματική αίσθηση ότι αυτό δεν πρόκειται να συμβεί σύντομα όπως αναφέρει η ίδια αλλά θα συμβεί και θα δημιουργήσει δραματική αλλαγή στον τρόπο με τον οποίο η σκέψη τόσο για την πνευματική ιδιοκτησία όσο και για το πώς τα πράγματα βρίσκονται στην αλυσίδα εφοδιασμού είναι διαμορφωμένη. Τέλος προσθέτει πως ορισμένες από τις κατασκευές που μπορούν να χρησιμοποιήσουν οι μάρκες θα αλλάξουν δραματικά από την τεχνολογία (Azimi et al., 2016).

Εικόνα 8: 3d εκτύπωση στη μόδα



Πηγή: www.elwikipaedia.org

5.8 ΜΑΓΕΙΡΙΚΗ ΚΑΙ ΖΑΧΑΡΟΠΛΑΣΤΙΚΗ

Τα πρώτα αποτελέσματα της εκτύπωσης τροφίμων 3D, ωστόσο, δεν ήταν θεαματικά. Τα τυπωμένα αντικείμενα κατασκευάστηκαν από πάστα ζάχαρης και συχνά δεν ήταν επιθυμητά για κατανάλωση. Όμως, η ανάπτυξη της τεχνολογίας, ειδικά το FDM, βοήθησε στην τελειοποίηση της διαδικασίας,

ώστε να μπορείτε τώρα να φτιάξετε σοκολάτα, γλυκά ή ακόμη και πραγματικά γεύματα. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα είναι αναμφίβολα η ελευθερία του σχεδιασμού, η οποία χρησιμοποιείται ήδη ευρέως σε άλλους τομείς. Πράγματι, οι εκτυπωτές 3D μπορούν να δημιουργήσουν πολύπλοκα σχήματα που είναι δύσκολο να επιτευχθούν με παραδοσιακές μεθόδους. Αυτό ισχύει και για την εκτύπωση τροφίμων 3D. Αρχικά, τα περισσότερα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τροποποιημένοι εκτυπωτές FDM. Σήμερα έχουμε ήδη τρισδιάστατους εκτυπωτές τροφίμων που ειδικεύονται στην παραγωγή νόστιμων και εκλεπτυσμένων πιάτων (Degnan, 2018).

Τόσο η τεχνολογία όσο και οι άνθρωποι δεν είναι ακόμη έτοιμοι να έχουν έναν εκτυπωτή τρισδιάστατου φαγητού στην κουζίνα, αλλά όσοι την ενδιαφέρουν πραγματικά συμφωνούν ότι είναι μόνο θέμα χρόνου. Κάθε έργο που συνεπάγεται αλλαγή συμπεριφοράς, ειδικά σε σχέση με το φαγητό, χρειάζεται πολύ χρόνο για να γίνει αποδεκτό και να εφαρμοστεί. Ωστόσο, ο στόχος δεν είναι να βγει όλο το φαγητό από τον εκτυπωτή 3D απλά είναι μια συσκευή κουζίνας που μπορεί να χαράξει κάτι καινούργιο και να εξοικονομήσει χρόνο (Barnatt, 2013).

5.9 ΣΤΡΑΤΙΩΤΙΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ

Ο αντίκτυπος της 3D εκτύπωσης στα πυροβόλα όπλα περιλαμβάνει δύο διαστάσεις: νέες μεθόδους κατασκευής για καθιερωμένες εταιρείες και νέες δυνατότητες για την κατασκευή πυροβόλων όπλων. Το 2012, η αμερικανική ομάδα Defense Distributed αποκάλυψε σχέδια για να σχεδιάσει ένα πλαστικό τρισδιάστατο τυπωμένο πυροβόλο όπλο που θα μπορούσε να μεταφορτωθεί και να αναπαραχθεί από οποιονδήποτε με τρισδιάστατο εκτυπωτή, σχετικά με τα αποτελέσματα που μπορεί να έχει η εκτύπωση 3D και η ευρεία κατεργασία CNC σε επίπεδο καταναλωτή στην αποτελεσματικότητα του ελέγχου όπλου (Gebler et al., 2014).

Το Υπουργείο Εσωτερικής Ασφάλειας των ΗΠΑ και το Κοινό Περιφερειακό Κέντρο Πληροφοριών κυκλοφόρησαν ένα σημείωμα που δηλώνει ότι "σημαντικές εξελίξεις στις τρισδιάστατες (3D) δυνατότητες εκτύπωσης, η διαθεσιμότητα δωρεάν ψηφιακών 3D εκτυπώσιμων αρχείων για εξαρτήματα πυροβόλων όπλων και η δυσκολία ρύθμισης της κοινής χρήσης αρχείων ενδέχεται να παρουσιάζουν δημόσια ασφάλεια Κίνδυνοι από μη ειδικευμένους αναζητούντες όπλα που αποκτούν ή κατασκευάζουν τρισδιάστατα τυπωμένα όπλα »και ότι« η προτεινόμενη νομοθεσία για την απαγόρευση της εκτύπωσης τρισδιάστατων όπλων μπορεί να αποτρέψει, αλλά δεν μπορεί να αποτρέψει εντελώς, την παραγωγή τους (Degnan, 2018).

Ακόμα κι αν η πρακτική απαγορεύεται από νέα νομοθεσία, η διαδικτυακή διανομή αυτών των τρισδιάστατων όπλων Τα εκτυπώσιμα αρχεία θα είναι τόσο δύσκολο να ελεγχθούν όσο άλλα παράνομα αρχεία μουσικής, ταινιών ή λογισμικού. Προς το παρόν, δεν απαγορεύεται από το νόμο η κατασκευή πυροβόλων όπλων για προσωπική χρήση στις Ηνωμένες Πολιτείες, αρκεί να μην υπάρχει όπλο παράγεται με σκοπό την πώληση ή τη μεταβίβαση και πληροί ορισμένες βασικές απαιτήσεις. Απαιτείται άδεια για την κατασκευή ή διανομή πυροβόλων όπλων. Ο νόμος απαγορεύει σε ένα άτομο να συναρμολογεί ένα μη αθλητικό ημιαυτόματο τουφέκι ή κυνηγετικό όπλο από 10 ή περισσότερα εισαγόμενα μέρη, καθώς και πυροβόλα όπλα που δεν μπορούν να ανιχνευθούν από ανιχνευτές μετάλλων ή μηχανές ακτινών X. Επιπλέον, η κατασκευή ενός πυροβόλου όπλου NFA απαιτεί καταβολή φόρου και προκαταβολή από την ATF (Horvath, 2014).

Εικόνα 9: Όπλα με 3d εκτύπωση



Πηγή: www.elwikipaedia.org

Η προσπάθεια περιορισμού της διανομής σχεδίων όπλων μέσω του Διαδικτύου παρομοιάστηκε με τη ματαιότητα της αποτροπής της ευρείας διανομής του DeCSS, το οποίο επέτρεψε την αντιγραφή DVD. Μετά την αφαίρεση των σχεδίων από την κυβέρνηση των ΗΠΑ για την Άμυνα, διατέθηκαν ευρέως μέσω του Pirate Bay και άλλων ιστότοπων κοινής χρήσης αρχείων. Οι λήψεις των σχεδίων από το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Γερμανία, την Ισπανία και τη Βραζιλία ήταν βαριές. Ορισμένοι νομοθέτες των ΗΠΑ έχουν προτείνει κανονισμούς για τρισδιάστατους εκτυπωτές για να τους

εμποδίσουν να χρησιμοποιηθούν για την εκτύπωση όπλων. Οι υποστηρικτές της τρισδιάστατης εκτύπωσης πρότειναν ότι τέτοιοι κανονισμοί θα ήταν άχρηστοι, θα μπορούσαν να καταστρέψουν τη βιομηχανία εκτύπωσης 3D και θα μπορούσαν να παραβιάσουν τα δικαιώματα ελεύθερης έκφρασης, με τον πρώην πρωτοπόρο της 3D εκτύπωσης καθηγητής Hod Lipson να προτείνει ότι η πυρίτιδα θα μπορούσε να ελεγχθεί αντ 'αυτού (Degnan, 2018).

Σε διεθνές επίπεδο, όπου οι έλεγχοι των πυροβόλων όπλων είναι γενικά πιο αυστηροί από ό, τι στις Ηνωμένες Πολιτείες, ορισμένοι σχολιαστές δήλωσαν ότι ο αντίκτυπος μπορεί να γίνει πιο έντονος, καθώς τα εναλλακτικά πυροβόλα όπλα δεν είναι τόσο εύκολα προσβάσιμα. Αξιωματούχοι στο Ηνωμένο Βασίλειο σημείωσαν ότι η παραγωγή τρισδιάστατου τυπωμένου όπλου θα ήταν παράνομη σύμφωνα με τους νόμους ελέγχου όπλων. Η Ευropole δήλωσε ότι οι εγκληματίες έχουν πρόσβαση σε άλλες πηγές όπλων, αλλά σημείωσε ότι καθώς η τεχνολογία βελτιώνεται, οι κίνδυνοι μιας επίδρασης θα αυξηθούν (Degnan, 2018).

5.10 ΔΙΑΣΤΗΜΑ

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η FAA προέβλεψε την επιθυμία να χρησιμοποιήσει τεχνικές παρασκευής προσθέτων που να σχετίζονται με το διάστημα και εξέτασε τον καλύτερο τρόπο ρύθμισης αυτής της διαδικασίας. Η FAA έχει δικαιοδοσία για τέτοια κατασκευή, επειδή όλα τα μέρη του διαστημικού αεροσκάφους πρέπει να κατασκευάζονται με έγκριση παραγωγής FAA ή σε άλλες κανονιστικές κατηγορίες FAA. Τον Δεκέμβριο του 2016, η FAA ενέκρινε την παραγωγή ενός 3D τυπωμένου ακροφύσιου καυσίμου για τον κινητήρα GE LEAP (Petersen and Pearce, 2017).

Επίσης προτάθηκε ότι η κατασκευή πρόσθετων είναι απλώς μια μέθοδος παραγωγής και θα πρέπει να ρυθμίζεται όπως οποιαδήποτε άλλη μέθοδος παραγωγής. Τονίστηκε ότι το FAA θα πρέπει να επικεντρωθεί στην καθοδήγηση για την εξήγηση της συμμόρφωσης, παρά στην αλλαγή των υφιστάμενων κανόνων, και ότι οι υφιστάμενοι κανονισμοί και καθοδήγηση επιτρέπουν σε μια εταιρεία να αναπτύξει ένα στιβαρό σύστημα ποιότητας που να αντικατοπτρίζει επαρκώς τις κανονιστικές ανάγκες για διασφάλιση ποιότητας (Redwood et al., 2017).

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η **τρειςδιάστατη εκτύπωση** (3D printing) είναι μια μέθοδος προσθετικής κατασκευής στην οποία κατασκευάζονται αντικείμενα μέσω της διαδοχικής πρόσθεσης επάλληλων στρώσεων υλικού. Στη τρειςδιάστατη εκτύπωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι υλικού, κυρίως κεραμικά και πολυμερή. Σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες και εξοπλισμό προσθετικής κατασκευής, οι τρειςδιάστατοι εκτυπωτές είναι συνήθως ταχύτεροι, φθηνότεροι και ευκολότεροι στη χρήση. Για τον

λόγο αυτό πολλοί πιστεύουν ότι στα επόμενα χρόνια η παγκόσμια παραγωγή αγαθών θα στραφεί προς αυτή την κατεύθυνση, αντικαθιστώντας σταδιακά τις παραδοσιακές τεχνικές. Δεν είναι λίγοι αυτοί που πιστεύουν ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση θα αποτελέσει μία «νέα βιομηχανική επανάσταση», καθώς θα φέρει αποκέντρωση των παραγωγικών διαδικασιών, ανοίγοντας τον δρόμο για παραγωγή τοπική και μικρής κλίμακας, προσαρμοσμένη στις τρέχουσες ανάγκες.

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. Η νέα τεχνολογία διαχείρισης και μετακίνησης υλικών (ως έχουν ή με αναπαραγωγή τους), ονομάζεται (ψηφιακό) MatterNet, κατά αναλογία της τεχνολογίας του internet, που επιτρέπει την διαχείριση και μεταφορά των πληροφοριών (κειμένων, σταθερών ή κινούμενων εικόνων και ήχου).

Η βασική ιδέα πίσω από την τρισδιάστατη εκτύπωση -μια καθομιλουμένη φράση για μία μέθοδο που ονομάζεται «προσθετική κατασκευή» συναντάται στους σχηματισμούς πετρωμάτων σε μεγάλα βάθη κάτω από τη γη (οι σταγόνες του νερού εναποθέτουν λεπτές στρώσεις μετάλλων σχηματίζοντας σταλακτίτες και σταλαγμίτες), ενώ ένα πιο σύγχρονο παράδειγμα είναι ένα κοινός επιτραπέζιος εκτυπωτής. Όπως ακριβώς ένας εκτυπωτής ψεκασμού μελάνης προσθέτει μεμονωμένες κουκίδες του μελανιού για να σχηματίσουν μια εικόνα, ένας 3D εκτυπωτής προσθέτει υλικό μόνο όπου χρειάζεται, ακολουθώντας εντολές από ένα ψηφιακό αρχείο.

Η τεχνολογία της προσθετικής κατασκευής εφαρμόζεται σε εκτυπωτές με διάφορα μεγέθη και σχήματα· ανεξάρτητα όμως από το είδος του 3D εκτυπωτή ή από το υλικό που χρησιμοποιείται, η διαδικασία της 3D εκτύπωσης ακολουθεί τα ίδια βασικά βήματα. Ξεκινά με τη δημιουργία ενός 3D σχεδίου από το αντικείμενο που θέλει κανείς να εκτυπώσει, χρησιμοποιώντας ψηφιακό λογισμικό CAD (Computer Aided Design). Το ψηφιακό μοντέλο μπορεί επίσης να προκύψει μέσω της χρήσης κάποιου τρισδιάστατου σαρωτή είτε κατεβάζοντας απλώς κάποιο αρχείο από τη διαδικτυακή αγορά.

Υπάρχει η άποψη ότι η πτώση του κόστους αλλά και η αύξηση της αποδοτικότητας και της αποτελεσματικότητας των τρισδιάστατων εκτυπωτών θα σημάνει την ευρεία διαθεσιμότητά τους, που με τη σειρά της ανοίγει νέους ορίζοντες για την επέκταση της παραγωγής στον υλικό κόσμο. Καθώς η 3D τεχνολογία εξαπλώνεται, είναι βέβαιο ότι θα εγείρει και ορισμένα σημαντικά νομικά ζητήματα, ειδικά όσον αφορά την ευθύνη της πνευματικής ιδιοκτησίας.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να αλλάξει τον τρόπο με τον γίνεται πλέον η αγορά και η χρήση προϊόντων, αλλά επίσης θα αλλάξει δραματικά τον πραγματικό ρόλο του καταναλωτή και της ευθύνης που θα έχει, καθώς θα συμμετέχει στο νέο αυτό καθεστώς που αφορά την κατασκευαστική οικονομία. Στο βιβλίο «3D Printing Will Rock the World», ο John Hornick, συγγραφέας και δικηγόρος με εξειδίκευση σε ζητήματα πνευματικής ιδιοκτησίας, συζητά για τις πιθανές απροσδόκητες συνέπειες της 3D εκτύπωσης όσον αφορά το πώς θα επηρεάσει τη νομοθεσία της πνευματικής ιδιοκτησίας, των εμπορικών σημάτων, αλλά και του αντίκτυπου που θα έχει η εδραίωση ενός μικρού εργοστασίου στο μέλλον (μονάδα κατασκευής αντικειμένων) στο σπίτι του ο καθένας από εμάς.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

Αγγελιδάκης, Ι. (2017). Τρισδιάστατος εκτυπωτής χαμηλού κόστους με βελτιωμένα χαρακτηριστικά στιβαρότητας. (Πτυχιακή εργασία). Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Ηράκλειο.

Αναγνωστάκης, Θ. (2015). Σχεδιασμός και κατασκευή δομής πρωτότυπου τρισδιάστατου

εκτυπωτή. (Μεταπτυχιακή εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Γκάρτζου, Ε. (2016). Νέα υλικά για τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D Printing). (Μεταπτυχιακή εργασία). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Παρασκευοπούλου-Κόλλια, Ε. (2008). Μεθοδολογία ποιοτικής έρευνας στις κοινωνικές επιστήμες και συνεντεύξεις. *Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία*. Τομ. 4. Αρ. 1. σ. 72-81

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

Azimi, P., Zhao, D., Pouzet, C., Crain, N. E. & Stephens, B. (2016). Emissions of Ultrafine Particles and Volatile Organic Compounds from Commercially Available Desktop Three-Dimensional Printers with Multiple Filaments. *Environmental Science & Technology*. Vol. 50. Issue: 3. p. 1260-1268

Barnatt, C. (2013). 3D printing: The next industrial revolution. CreateSpace Independent Publishing Platform, ExplainaingTheFuture.com.

Buehler, E., Comrie, N., Hofmann, M., McDonald, S. & Hurst, A. (2016). Investigating the Implications of 3D Printing in Special Education. *ACM TACCESS - Special Issue (Part 2) of Papers from ASSETS 2014*. Vol. 8. Issue: 3. Article No. 11.

Cachon, G. P., & Swinney, R. (2011). The value of fast fashion: Quick response, enhanced design, and strategic consumer behavior. *Management Science*, 57(4), 778–795.

Campbell, T., Williams, C., Ivanova, O. & Garrett, B. (2011). Could 3D Printing Change the World? Technologies, Potential, and Implications of Additive Manufacturing. Strategic Foresight Report. Atlantic Council

Conner, B. P., Manogharan, G. P., Martof, A. N., et al. (2014). Making sense of 3-D printing: Creating a map of additive manufacturing product and services. *Additive Manufacturing*, 1–4, 64–76.

Degnan, M. (2018). 3d Printing Techniques and Processes (Project Learning With 3D Printing). New York: Cavendish Square.

Gebler, M., Uiterkamp, A. J. M., & Visser, C. (2014). A global sustainability perspective on 3D printing technologies. *Energy Policy*, 74, 158–167.

Despeisse, M., Baumers, M., Brown, P., Charnley, F., Ford, S. J., Garmulewicz, A. κ.ά. (2017). Unlocking value for a circular economy through 3D printing: a research agenda. Elsevier Editorial System for Technological Forecasting & Social Change.

Gokhare, V. G., Dr. Raut, D. N. & Dr. Shinde, D. K. (2017). A Review paper on 3D Printing Aspects and Various Processes Used in the 3D-Printing. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*

Horvath, J. (2014). *Mastering 3D Printing*. California: Apress

Julius A, Lutz M, Finsterbusch K and Ehrmann, A. (2016) Integration of woven fabrics in 3D printed elements to enhance the mechanical properties *Technical Textiles* **59** E72-E73

Jones, R., Haufe, P., Sells, E., Iravani, P., Olliver, V., Palmer, C. κ.ά. (2011). RepRap – the replicating rapid prototyper. *Robotica*. Vol. 29. Issue: 1. p. 177-191

Khoo, Z. X., Teoh, J. E. M., Liu, Y., Chua, C. K., Yang, S., An, J. κ.ά. (2015). 3D printing of smart materials: A review on recent progresses in 4D printing. *Virtual and Physical Prototyping*. Vol. 10. Issue: 3. p. 103-122

Laplume, A., Anzalone, G. C., & Pearce, J. M. (2016a). Open-source self-replicating 3-D printer factory for small-business manufacturing. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 85(1), 633–642.

Laplume, A. O., Petersen, B., & Pearce, J. M. (2016b). Global value chains from a 3D printing perspective. *Journal of International Business Studies*, 47(5), 595–609.

Lipson, H., & Kurman, M. (2013). *Fabricated: The new world of 3D printing*. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.

Nyman, H. J., & Sarlin, P. (2014). From bits to atoms: 3D printing in the context of supply chain

strategies. In *System Sciences (HICSS), 2014 47th Hawaii International Conference on* (pp. 4190–4199). New York, IEEE.

Park, J. H. and Kim, K. J., (2013). “Optimal Design of Camber Link Component for Light Weight Automobile using CAE(Computer Aided Engineering),” *Int. J. Precis. Eng. Manuf.*, Vol. 14, No. 8, pp. 1433–1437.

Petersen, E. E., & Pearce, J. (2017). Emergence of home manufacturing in the developed world: Return on investment for open-source 3-D printers. *Technologies*, 5(7), 3–15.

Redwood, B., Schöffner, F. & Garret, B. (2017). *The 3D Printing Handbook: Technologies, design and applications*. Amsterdam: 3D Hubs B.V.

Sabantina L, Kinzel F, Ehrmann A. and Finsterbusch, K. (2015). Combining 3D printed forms with textile structures - mechanical and geometrical properties of multi-material systems *IOP Conference Series: Mat. Sci. Eng.* **87** 012005

Srai, J.S., Kumar, M., Graham, G., Philips, W. & Toose, J. κ.ά. (2016). Distributed manufacturing: scope, challenges and opportunities. *International Journal of Production Research*. Vol. 54. Issue: 23. p. 6917-6935

Sung- Hoon A., Caroline S. L. & Woobyok J. (2004). Development of translucent FDM parts by post- processing. *Rapid Prototyping Journal*. Vol. 10. Issue: 4. p. 218-224.

Vanderploeg, A., Lee, S., & Mamp, M. (2016). The application of 3D printing technology in the fashion industry. *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*, 10(2), 170–179.

Winnan, C. D. (2013). *3D printing the next technology gold rush : Future factories and how to capitalize on distributed manufacturing*. Seattle, Amazon Digital Services, Inc.

Workman, J. E., & Ahn, I. (2011). Linear measurement and linear measurement estimation skills in apparel design. *Clothing & Textile Research Journal*, 29(2), 150–164.