

Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Θεσσαλονίκης
Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών
Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής



Πτυχιακή εργασία με θέμα

Μελέτη και Κατασκευή Τρισδιάστατου Εκτυπωτή
(A Study and Construction of a 3D Printer)

του σπουδαστή: ΗΛΙΑ ΓΟΥΣΙΟΠΟΥΛΟΥ ΑΜ:011445

Επιβλέπων καθηγητής : ΗΛΙΟΥΔΗΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ

Θεσσαλονίκη, Μάιος 2017

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	Σελ.- 4 -
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	Σελ.- 5 -
ABSTRACT	Σελ. - 6 -
ΓΛΩΣΣΑΡΙ	Σελ. - 7 -
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	
1.1 Περίληψη	Σελ. - 7 -
1.2 Κίνητρο	Σελ. - 7 -
1.3 Σκοπός και Στόχος της Εργασίας	Σελ. -9-
2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ	Σελ. - 9 -έως σελ.-12-
3. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΗΣ	
3.1 Το Φάσμα των τεχνολογιών	Σελ - 12 - έως σελ. -13-
3.2 Material extrusion	Σελ. - 13 -έως σελ.-15-
3.3 VAT photopolymerization	Σελ - 15 -έως σελ. -16-
3.4 Material jetting	Σελ.- 16 -έως σελ. -17-
3.5 Binder jetting	Σελ- 17 -έως σελ. -18-
3.6 Μέθοδος Powder bed fusion	Σελ.- 18 -έως σελ. -19-
3.7 Directed energy deposition	Σελ.- 19 -
3.8 Μέθοδος Sheet lamination	Σελ.- 19 -έως σελ. -
20-	
3.9 Ταχεία 3D εκτύπωση πρωτοτύπων	Σελ - 20 - έως σελ.-21-
3.10 3D Εκτύπωση καλουπιών και άλλα εργαλεία	Σελ - 21 -έως σελ. -22-
3.11 Άμεση Ψηφιακή Βιομηχανία (DDM)	Σελ - 22 - έως σελ -24-
3.12 Προσωπικές Κατασκευές	Σελ - 23 -
4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3D PRINTING	Σελ. -25-
- 24 -	
4.1 Οπτικοποίηση - Visualization	Σελ - 24 -έως σελ. -26-
4.2 Πρωτοτυποποίηση - Prototyping	Σελ - 25 -

4.3 Digital Manufacturing	Σελ - 25 -έως σελ -27-
4.4 Pre-Production	Σελ. - 27 -
4.5 Hobbyist	Σελ. - 27 -
4.6 Χαρακτηριστικά απόδοσης 3D Printer	Σελ. - 28 -
4.7 Ταχύτητα εκτύπωσης	Σελ. - 28 -
4.8 Transfer Imaging.	Σελ. - 28 -
4.9 Κόστος	Σελ - 28 -έως σελ. -31-
4.10 Λεπτομέρεια - Ανάλυση	Σελ. - 30 -
4.11 Ακρίβεια	Σελ. - 30 -έως σελ. -32-
4.12 Ιδιότητες υλικών	Σελ. - 31 - έως σελ. -34-
4.13 Χρώμα	Σελ. - 33 -
5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 3D PRINTER	Σελ. - 34 - έως σελ. -36-
5.1 Αξονες Ελέγχου Y,X,Z	
5.1.1 Σκελετός	Σελ. -37- έως σελ. -41-
5.1.2 Stepper Motors	Σελ.- 46 -έως σελ. -43-
5.2 Μηχανικά Κομμάτια	
5.2.1 Headed Bed	Σελ.- 56 -έως σελ. -45-
5.2.2 Extruder	Σελ.- 56 - έως σελ.-47-
5.3 Electronics	
5.3.1 Τροφοδοτικό	Σελ.- 56 -
5.3.2 Motherboard	Σελ.- 56 -
5.3.3 Stepper Motor Drivers	Σελ.- 56 - έως σελ.-50-
5.3.4 Οριακοί Διακόπτες	Σελ.- 56 - έως σελ.-52-
6. ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ	Σελ.- 56 - έως σελ.-54-
6.1 Μελλοντικές Βελτιώσεις	Σελ.- 56 -
6.2 Συμπεράσματα	Σελ.- 56 - έως σελ. -56-
7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	Σελ.- 56
-	

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί προϊόν σκληρής μελέτης και προσπάθειας για την επίτευξη αυτού του αποτελέσματος. Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την στήριξη όλα αυτά τα χρόνια και για τον άνθρωπο που είμαι τώρα, τον αδερφό μου που ήταν πάντα κοντά μου. Τους φίλους μου για τις ιδέες και τις παρατηρήσεις του. Ένα ξεχωριστό ευχαριστώ στη γυναίκα μου που με ανέχτηκε όλον αυτό τον καιρό σιωπηρά και μου έδινε δύναμη. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κο Ηλιούδη για την υπομονή του για τις πάντα στοχευόμενες κατευθύνσεις του και για την καθοδήγηση του καθ' όλη τη διάρκεια μέχρι και την ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της πτυχιακής αυτής είναι η μελέτη, η σχεδίαση και η κατασκευή ενός εκτυπωτή τρισδιάστατων αντικειμένων (3d printer). Για το λόγο αυτό και στα πλαίσια της υλοποίησης της, ερευνήθηκαν όλες οι δυνατές επιλογές όσον αναφορά το είδος του οικιακού εκτυπωτή που θα κατασκευαστεί, το μέγεθος του εκτυπωτή, το είδος των υλικών εκτύπωσης και τέλος τα ηλεκτρονικά και ηλεκτρολογικά κομμάτια που θα χρησιμοποιηθούν. Στην εργασία αυτή παρουσιάστηκε εκτενώς η διαδικασία κατασκευής του εκτυπωτή κομμάτι- κομμάτι βήμα- βήμα για να μπορέσει να γίνει κατανοητή η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε καθώς επίσης και να αναδειχθεί η πολυπλοκότητα της κατασκευής και ο βαθμός δυσκολίας του εγχειρήματος.

Λέξεις κλειδιά : Εκτυπωτής τρισδιάστατων αντικειμένων, κατασκευή, filaments, αρχεία .STL

ABSTRACT

The purpose of this essay is the study, the design and the build of a 3d printer. For the purpose of this essay, all the possible choices as far as the kind and the size of the 3d printer, the materials that will be used for the printed items and the electronics that will be used, were carefully searched and examined. In this essay the building process was extensively shown, bit by bit in order for the reader to understand the methodology of the process, the complexity and the degree of difficulty of the project.

Keywords: 3d printer, build, filament, .stl files

ΓΛΩΣΣΑΡΙ

3d printer	Εκτυπωτής τρισδιάστατων αντικειμένων
Extruder	Εξοθητής υλικού
Heated bed	Θερμαινόμενο κρεβάτι εκτύπωσης
Stepper motor	Βηματικός κινητήρας
Stepper motor driver	Οδηγός βηματικού κινητήρα
Heater cartridge	Θερμαινόμενη αντίσταση
Thermistor	Θερμίστορ
Threaded rod	Ανοξείδωτη σπειροειδή βέργα
Lead screw nut	Ορειχάλκινα παξιμάδια
Motherboard	Μητρική πλακέτα ελέγχου
Igus bearings	Έδρανα Τριβής Igus

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της πτυχιακής αυτής είναι η κατασκευή και η μελέτη ενός εκτυπωτή τρισδιάστατων εκτυπώσεων (3d printer). Στο πλαίσιο της κατασκευής του εκτυπωτή, ασχοληθήκαμε με τρόπους και μεθοδολογίες οι οποίες θα μας βοηθούσαν να ολοκληρώσουμε την κατασκευή πιο σύντομα και με λιγότερες απώλειες. Εξαιτίας του ότι το αντικείμενο είναι αρκετά ξένο, έγιναν κάποια λάθη στην αρχή όσον αφορά τα εξαρτήματα αλλά και στην κατασκευή με αποτέλεσμα να χρειαστεί χρόνος για να διορθωθούν.

Αφού ολοκληρώθηκε η κατασκευή, το επόμενο δύσκολο κομμάτι ήταν η παραμετροποίηση του εκτυπωτή έτσι ώστε να λειτουργεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο και από άποψη ποιότητας εκτύπωσης (ανάλυσης) , αλλά και από άποψη χρόνου εκτύπωσης. Η ολοκλήρωση της διαδικασίας αυτής ήταν αποτέλεσμα λεπτομερών μετρήσεων και χρήση του κατάλληλου λογισμικού (Pronterface)

Τέλος, η διαδικασία ολοκληρώθηκε με τους ελέγχους της ορθής λειτουργίας όλων των εξαρτημάτων του εκτυπωτή καθώς και με τη πραγματοποίηση κάποιων δοκιμαστικών εκτυπώσεων για να διαπιστωθεί ποιες παράμετροι έπρεπε να διορθωθούν και στο σχέδιο αλλά και στο πρόγραμμα εκτύπωσης (Slic3r).

1.2 ΚΙΝΗΤΡΟ

Κίνητρο για την εκπόνηση της συγκεκριμένης πτυχιακής αποτέλεσε το γεγονός ότι η τεχνολογία της 3d εκτύπωσης είναι ραγδαία αναπτυσσόμενη στην εποχή μας και έχουν γίνει τεράστια άλματα τον τελευταίο καιρό στον τομέα αυτό. Όσο αναφορά το κομμάτι των επιτραπέζιων τρισδιάστατων εκτυπωτών, εξαιτίας του μεγάλου ενδιαφέροντος σε πρώτη φάση από χομπίστες, είχε ως αποτέλεσμα να μειωθεί πάρα πολύ το κόστος τους και από τα περίπου 2000\$ που κόστιζε πριν από 2-3 χρόνια, σήμερα μπορεί κάποιος να αποκτήσει έναν επιτραπέζιο εκτυπωτή με μόλις 200\$.

Επιπλέον κίνητρο αποτέλεσε το γεγονός ότι στη χώρα μας βρίσκεται ακόμα σε εμβρικό στάδιο καθώς πολύ λίγες είναι οι εταιρίες οι οποίες ασχολούνται με τον τομέα αυτό! Εκτός από όλα τα παραπάνω σημαντική ώθηση για την εκπόνηση της πτυχιακής αποτέλεσε και η επιθυμία μου να κατασκευάσω μία μηχανή η οποία θα είχε τη δυνατότητα να δημιουργεί οποιαδήποτε αντικείμενα ανάλογα με τις ανάγκες και τις επιθυμίες μου.

1.3 ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΣΤΟΧΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στόχος λοιπόν της εργασίας με βάση τα όσα έχουν αναφερθεί στις προηγούμενες παραγράφους είναι η μελέτη και η κατασκευή ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή ο οποίος θα μπορεί να δημιουργεί τα αντικείμενα που θα του δίνονται μέσα από ένα πρόγραμμα στην κατάλληλη μορφή με όσο το δυνατόν πιο ακριβή και σύντομο τρόπο. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τα κατάλληλα εργαλεία και εξαρτήματα καθώς επίσης και το ανάλογο λογισμικό το οποίο θα μετατρέπει το σχέδιο μας σε γλώσσα που θα την καταλαβαίνει ο εκτυπωτής (G code). Προσωπικός στόχος μου, ήταν αρχικά η γνωριμία με το αντικείμενο, η ενασχόληση μου καθώς επίσης και η επιθυμία να εξελίσσω συνεχώς τις γνώσεις μου τις ικανότητές μου και τις δυνατότητές μου πάνω σ' αυτόν τον πάρα πολύ ενδιαφέρον τομέα.

2. ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Οι ρίζες της 3D εκτύπωσης εντοπίζονται στη δεκαετία του 80, με τον Dr Hideo Kodama να κάνει την πρώτη αναφορά σε μέθοδο για Rapid Prototyping (RP) με χρήση φωτοπολυμερών υλικών το 1981 στην Ιαπωνία. Ο Kodama δεν πατένταρε την ανακάλυψή του αν και ήταν ο ίδιος δικηγόρος.



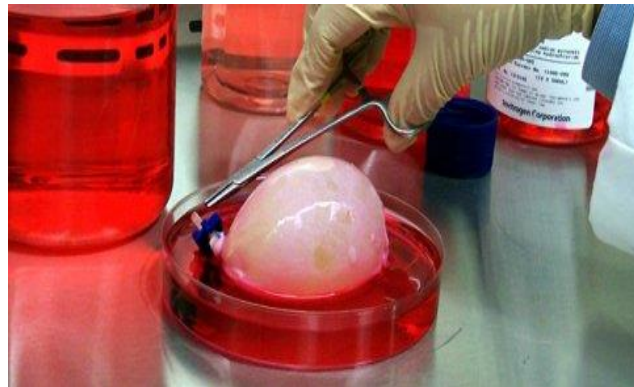
1.Hideo Kodama

Η πρώτη πατέντα για συσκευή RP αποδίδεται στον Charles Hull, ο οποίος επινόησε την τεχνική της στερεολιθογραφίας για την εκτύπωση τρισδιάστατων αντικειμένων με χρήση υπεριώδους ακτινοβολίας, η οποία βασίζεται ουσιαστικά στην ιδέα του Kodama, και θεωρείται ο πατέρας του 3D Printing. Κατασκεύασε την πρώτη συσκευή στερεολιθογραφίας (StereoLithography Apparatus - SLA) το 1983 και το 1987 παρουσιάστηκε το πρώτο σύστημα RP, το SLA-1, στο ευρύ κοινό από την εταιρία 3D Systems την οποία ίδρυσε και αποτελεί μέχρι και σήμερα μια από τις μεγαλύτερες και πιο δημιουργικές εταιρείες παγκοσμίως στον τομέα αυτό!



2.Charles Hull

Τα επόμενα χρόνια υπήρξε μεγάλο ενδιαφέρον για την νέα τεχνολογία και αναπτύχθηκαν πολλές καινούριες μέθοδοι 3D εκτύπωσης από διάφορες εταιρίες. Μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του 2000 η χρήση των 3D εκτυπωτών περιοριζόταν κυρίως σε βιομηχανικές εφαρμογές και, μάλιστα, στην κατασκευή πρωτοτύπων (RP), ώστε να εξετάζεται η καταλληλότητα των προϊόντων πριν αρχίσει η παραγωγή τους. Επίσης, οι συσκευές εκτύπωσης είχαν μεγάλο μέγεθος και κόστος. Σημαντικό γεγονός αποτέλεσε η εφαρμογή της 3D εκτύπωσης στην ιατρική με την επιτυχημένη εκτύπωση ουροδόχου κύστης το 1999, ανοίγοντας τον δρόμο για μια πληθώρα εφαρμογών στην επιστήμη της ιατρικής.



3.Τρισδιάστατα εκτυπωμένη ουροδόχος κύστη

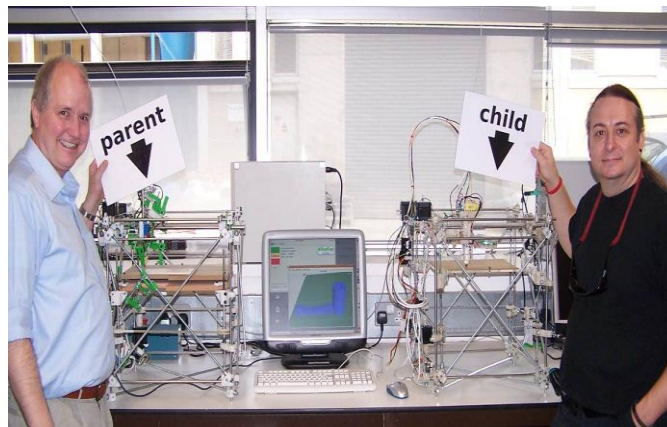
Η δεκαετία του 2000 έφερε αξιοσημείωτες εξελίξεις στον τομέα των 3D εκτυπωτών. Έκαναν, πλέον, την εμφάνισή τους εκτυπωτές που υποστήριζαν τη χρήση διαφορετικών χρωμάτων για τα μοντέλα που κατασκεύαζαν ή διαφορετικών υλικών, ενώ το 2001 κατασκευάστηκε ο πρώτος επιτραπέζιος εκτυπωτής.



4. Επιτραπέζιος Εκτυπωτής

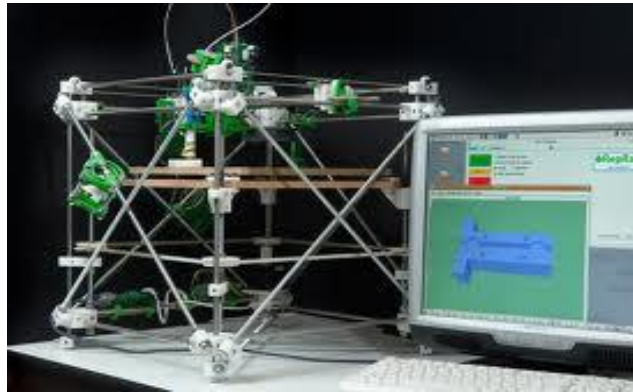
Το 2005 το RepRap Project άλλαξε ραγδαία την πορεία της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Αποτελεί ένα open-source πρόγραμμα με εμπνευστή τον Adrien Bowyer, μέσω του οποίου προσφέρονται δωρεάν οδηγίες κατασκευής ενός 3D

εκτυπωτή και το απαραίτητο software για επικοινωνία με τον υπολογιστή, καθώς και τρισδιάστατα μοντέλα αντικειμένων προς εκτύπωση.



5. Dr Adrian Bowyer και ο Vik Olliver

Το 2008 αρχίζουν να διατίθενται οι οδηγίες κατασκευής του μοντέλου RepRap Darwin, κάνοντας τους 3D εκτυπωτές προσβάσιμους σε κάθε χρήστη. Ο εκτυπωτής αυτός μπορούσε, μάλιστα, να τυπώσει το 50% των τμημάτων του, κάνοντας εύκολη τη κατασκευή και άλλου εκτυπωτή με την προϋπόθεση ότι ο χρήστης έχει στην κατοχή του το μοντέλο αυτό. Την επόμενη χρονιά κυκλοφόρησε το RepRap Kit, το οποίο περιείχε όλα τα κομμάτια που χρειάζεται ο εκτυπωτής και οδηγίες για την συναρμολόγησή του, με πολύ χαμηλό κόστος.



6.Reprap Darwin

Το 2008 επίσης εκτυπώνεται το πρώτο προσθετικό μέλος (πόδι), ανοίγοντας ένα νέο ορίζοντα στον τομέα αυτόν ενώ ταυτόχρονα δίνει ελπίδα σε ανθρώπους που παλιότερα δε μπορούσαν να αποκτήσουν προσθετικό μέλος εξαιτίας του υψηλού κόστους κατασκευής σε αντίθεση με το πλαστικό που είναι πολύ πιο φθηνό αλλά εξίσου ανθεκτικό. Το 2008 είναι επίσης η χρονιά κατά την οποία ξεκινάει το Thingiverse, από την Makerbot's, ένας διαδικτυακός, χώρος για 3d models, τα οποία μπορούν να διακινηθούν δωρεάν και ελεύθερα.

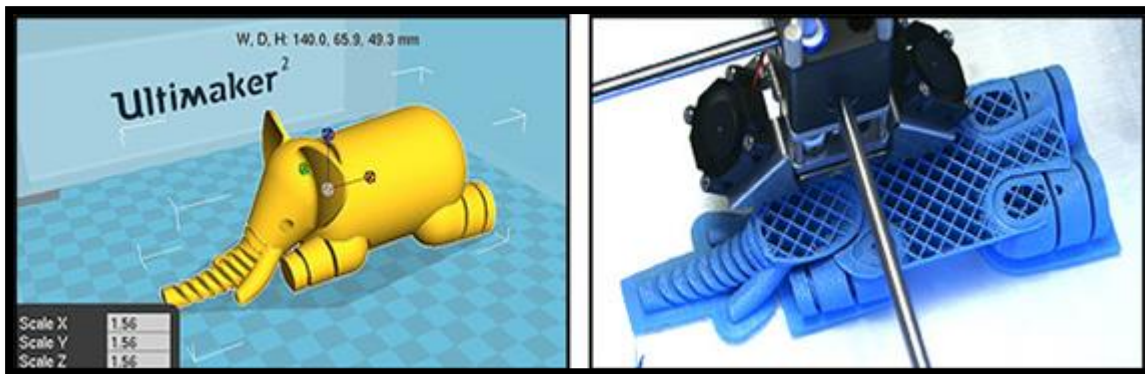
Η εξέλιξη της τεχνολογίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης έφερε και την εξέλιξη στον τομέα της ιατρικής καθώς το 2009 παράγεται το πρώτο εκτυπωμένο αιμοφόρο αγγείο από την εταιρεία Organovo.

Τα επόμενα χρόνια, η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης εξελίχθηκε σημαντικά και εφαρμόστηκε σε μία πληθώρα εφαρμογών σε διάφορες επιστήμες, ενώ το κόστος έπεσε σημαντικά, με έναν οικιακό εκτυπωτή να κοστίζει περίπου 200 δολάρια σε σύγκριση με τις χιλιάδες δολάρια που κόστιζαν τα παλιότερα χρόνια.

3. ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΕΙΔΗ ΤΗΣ

3.1 Το ΦΑΣΜΑ ΤΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ

Η 3D εκτύπωση καλύπτει ένα ευρύ φάσμα των τεχνολογιών «προσθετικής κατασκευής». Κάθε ένα από αυτά χτίζει αντικείμενα σε διαδοχικά στρώματα που είναι συνήθως λεπτό περίπου 0,1 mm. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται διαφέρουν σημαντικά, αλλά όλα ξεκινούν με τη βοήθεια υπολογιστή σχεδιασμού (CAD) μοντέλου ή με μια ψηφιακή σάρωση. Αυτό στη συνέχεια σε επεξεργασία από «slicing software» που χωρίζει το αντικείμενο σε λεπτές κάθετες διατομές εκτυπώνονται το ένα πάνω από το άλλο.



1. Το πρόγραμμα Cura και η τρισδιάστατη εκτύπωση του αντικειμένου

Με βασικούς όρους υπάρχουν τέσσερις κατηγορίες 3D εκτυπωτή. Κατ' αρχάς έχουμε εκτυπωτές που εξωθούν λιωμένο ή άλλως ημι-υγρό υλικό. Δεύτερον, υπάρχουν εκτυπωτές που στερεοποιούν μια φωτοεπεξεργασμένη ρητίνη. Τρίτον, υπάρχουν εκτυπωτές που συγκολλούν ή συντήκουν τους κόκκους ειδικής σκόνης. Τέλος, υπάρχουν εκτυπωτές που κολλούν μεταξύ τους κομμένα φύλλα χαρτιού, πλαστικού ή μέταλλου.

Πολλές εταιρείες κατασκευάζουν πλέον 3D εκτυπωτές, πολλοί από τους οποίους έχουν επενδύσει σημαντικό χρόνο και χρήμα στην ανάπτυξη και τήρηση των διαδικασιών στις οποίες βασίζεται το υλικό τους. Επομένως, υπάρχουν πάρα πολλές 3D τεχνολογίες εκτύπωσης μέσα από τις παραπάνω τέσσερις κατηγορίες. Για εμπορικούς σκοπούς, στις τεχνολογίες αυτές έχουν επίσης δοθεί διάφορες ονομασίες. Αυτό σημαίνει ότι η αγορά 3D εκτυπωτών είναι γεμάτη με ακρωνύμια και ορολογία, με διάφορες εταιρείες να χρησιμοποιούν διαφορετικούς όρους για να αναφέρονται στην ίδια 3D διαδικασία εκτύπωσης.

Σε μια προσπάθεια να παρουσιάσει κάποια σαφήνεια για την αγορά 3D εκτυπωτών, ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) και η Αμερικανική Εταιρεία Δοκιμών και Υλικών (ASTM) έχουν αναπτύξει διάφορα πρότυπα. Η πιο πρόσφατη από αυτές εισήχθη το Δεκέμβριο του 2015 και ονομάζεται ISO / ASTM 52900. Αυτή ορίζει επτά 3D τεχνολογίες εκτύπωσης, οι οποίες συνοψίζονται παρακάτω.

3.2 MATERIAL EXTRUSION

Η εξώθηση υλικού χρησιμοποιεί ένα ακροφύσιο για την εξώθηση ενός ημι-υγρού υλικού για τη δημιουργία διαδοχικών στρωμάτων αντικειμένου. Το υλικό κατασκευής είναι κυρίως ένα θερμοπλαστικό όπως βουταδιένιου ακρυλονιτριλίου στυρολίου (ABS), πολυανθρακικό (PC), νάιλον, ή το βιοπλαστικό πολυγαλακτικό οξύ (PLA). Όποιο και αν είναι το υλικό που χρησιμοποιείται, συνήθως παραδίδεται σε μία κεφαλή εκτύπωσης ως στερεό, λεπτής νηματώδους μορφής το οποίο στη συνέχεια θερμαινόμενο μετατρέπεται σε υγρή μορφή.

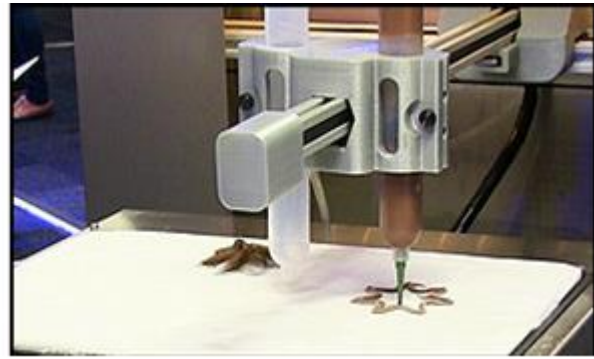
Σήμερα, εξώθηση υλικού είναι η πιο κοινή 3D διαδικασία εκτύπωσης. Η τεχνολογία εφευρέθηκε από τον Scott Crump το 1988, ο οποίος έχει ιδρύσει μια εταιρεία που ονομάζεται Stratasys για να εμπορευματοποιήσει την εφεύρεσή του. Ο Crump επέλεξε να ονομάσει την τεχνολογία «used deposition modelling» ή «FDM», και κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας και εμπορικών σημάτων αυτούς τους όρους. Ως εκ τούτου, ενώ πολλοί άνθρωποι χρησιμοποιούν τη φράση «FDM» για να αναφερθούν σε αυτό το είδος της 3D εκτύπωσης, μόνο ο Stratasys κάνει πραγματικά εκτυπωτές FDM 3D. Οι άλλοι κατασκευαστές αναφέρονται στην ίδια διαδικασία ως «θερμοπλαστική εξώθηση», «εκτύπωση πλαστικών jet» (PJP), η «fused filament method» (FFM) ή «fused filament fabrication» (FFF).

Τα αναλώσιμα υλικά των 3D εκτυπωτών εξώθησης μπορούν τώρα να αγοραστούν για μερικές εκατοντάδες δολάρια. Από την άλλη πλευρά, τα υψηλής ποιότητας και τεχνολογίας βιομηχανικά μηχανήματα - όπως το Stratasys 900mc 3D Production System - εκατοντάδες χιλιάδες δολάρια και μπορεί να παράγει τελικά αντικείμενα με συγκρίσιμη ποιότητα με τα υλικά που παράγονται με τη μέθοδο χύτευσης. Υπάρχουν τώρα επίσης μερικοί πολύ μεγάλοι 3D εκτυπωτές που εξωθούν θερμοπλαστικά, συμπεριλαμβανομένου του Big Rep. ONE και το Big Area Additive Manufacturing Machine (Baam) από Cincinnati Incorporated. Ο τελευταίος είναι αρκετά μεγάλος για την κατασκευή του σασί και το σώμα πλήρους μεγέθους αυτοκίνητου.



2.Ο μεγάλος Rep Rap One και το τρισδιάστατα εκτυπωμένο τραπέζι

Εκτός από τα καθαρά θερμοπλαστικά, υπάρχει ένας αυξανόμενος αριθμός θερμοπλαστικών συνθέτων που μπορούν να εκτυπωθούν 3D, συμπεριλαμβανομένων, θερμοπλαστικά αναμιγνυόμενα με μέταλλα, ίνες άνθρακα και νανοσωλήνες άνθρακα. Όπως απεικονίζεται παρακάτω, είναι επίσης δυνατή η εξώθηση σκυροδέματος, πηλού και πολλά διαφορετικά είδη τροφίμων.



3. Δελτοειδής 3d printer πυλού, κι ένας ρομποτικός 3d printer φαγητού στην υπηρεσία της γαστρονομίας

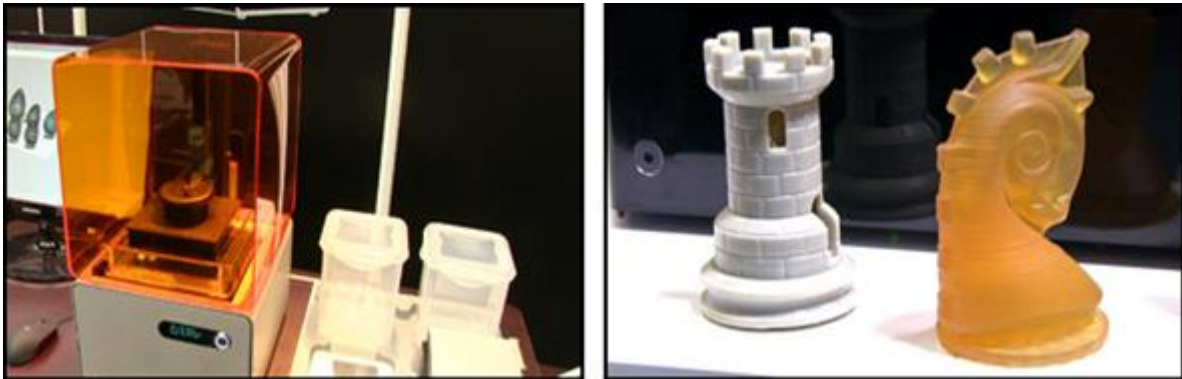
3.3 VAT PHOTOPOLYMERIZATION

Η Μέθοδος «VAT photopolymerization» χρησιμοποιεί ένα λέιζερ ή άλλη πηγή φωτός για να τη στερεοποίηση των διαδοχικών στρεμμάτων στην επιφάνεια ή βάση των υγρών φωτοπολυμερισμένης ρητίνης. Η πρώτη εμπορική 3D εκτύπωση βασίστηκε σε μια τεχνική φωτοπολυμερισμού που ονομάζεται «στερεολιθογραφία». Εφευρέθηκε από τον Charles Hull το 1984, ο οποίος στη συνέχεια ίδρυσε 3D Systems.

Στους Στερεολιθογραφικούς 3D εκτυπωτές (γνωστοί ως SLAs), τοποθετείται μια διάτρητη πλατφόρμα ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του υγρού φωτοπολυμερισμένης ρητίνης. Μία δέσμη λέιζερ UV τότε ανιχνεύει την πρώτη τομή του προτύπου στην επιφάνεια αυτού του υγρού, προκαλώντας ένα πολύ λεπτό στρώμα του φωτοπολυμερούς για να σκληρύνει. Η διάτρητη πλατφόρμα κατόπιν χαμηλώνει πολύ ελαφρά και η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου ολοκληρωθεί η εκτύπωση του αντικείμενου.

Μια άλλη τεχνολογία φωτοπολυμερισμού είναι η «DLP projection». Αυτή χρησιμοποιεί έναν προβολέα για να στερεοποιήσει τα στρώματα υγρού φωτοπολυμερούς μία πλήρη διατομή κάθε φορά έως ότου ολοκληρωθεί η εκτύπωση του αντικείμενου. Ένας από τους κορυφαίους κατασκευαστές αυτού του είδους 3D εκτυπωτή είναι η Envisiontec.

Η λειτουργία των 3D εκτυπωτών φωτοπολυμερισμού είναι δαπανηρή λόγω του κόστους των ρητινών φωτοπολυμερούς, αλλά προσφέρουν πολύ υψηλές αναλύσεις και αποδίδουν ν άριστη ποιότητα επιφάνειας. Μέχρι πριν από λίγα χρόνια, οι 3D εκτυπωτές φωτοπολυμερισμού θεωρούνταν πολύ δαπανηροί. Ωστόσο, υπάρχουν πλέον αρκετοί κατασκευαστές - συμπεριλαμβανομένων FormLabs και Photocentric 3D - που προσφέρουν αυτό το είδος του υλικού για μερικές χιλιάδες ή ακόμα και μερικές εκατοντάδες δολάρια.



4. Ένας προσωπικός 3d printer φωτοπολυμερισμού από τη FormLabs και οι φωτοκεντρικές εκτυπώσεις του.

3.4 MATERIAL JETTING

Χρησιμοποιεί μια κεφαλή εκτύπωσης για να ψεκάζονται τα υγρά στρώματα που συνήθως στη συνέχεια στερεοποιούνται με έκθεση σε υπεριώδες φως . Αυτό προσφέρει και πάλι πολύ υψηλής ανάλυσης 3D εκτύπωση και είναι ακόμα σε θέση να παράγει πολύχρωμες και πολλαπλών υλικών με ψεκασμό πολλών διαφορετικών υλικών από μια κεφαλή εκτύπωσης πολλαπλών ακροφυσίων σε διάφορους συνδυασμούς. .

Η τελευταία μέθοδος Material jetting 3D εκτυπωτή από τη Stratasys - το J750 -μπορεί να κατασκευάζει αντικείμενα από έξι διαφορετικά υλικά (τόσο σκληρά όσοι εύκαμπτα) σε έως και 360.000 χρώματα , και με ένα 0,014 χιλιοστά (14 micron) στρώμα . Η μέθοδος Material jetting παραμένει μια ακριβή τεχνολογία 3D εκτύπωσης , αλλά όπως παρακάτω οι εικόνες αποδεικνύουν , τα αποτελέσματα μπορεί να είναι θεαματικά .



5. Αντικείμενα εκτυπωμένα σε έναν εκτυπωτή ψεκασμού υλικού από την Stratasys

Στο εγγύς μέλλον , μια νέα τεχνολογία Material jetting που ονομάζεται « νανοσωματιδίων (NPJ) αναμένεται στην αγορά . Αναπτύχθηκε από την Xjet (που ανέπτυξε επίσης το παραπάνω υλικό Material jetting τώρα ανήκει στην Stratasys) . Ψεκάζονται στερεά νανοσωματίδια μετάλλου μέσα σε ένα υγρό εναιώρημα , επιτρέ-

ποντας έτσι την τεχνολογία inkjet σε απευθείας 3D εκτύπωση με πολύ λεπτομερή μεταλλικά μέρη .

3.5 BINDER JETTING

Η Τεχνολογία Binder jetting χρησιμοποιεί μια κεφαλή εκτύπωσης που ψεκάζει επιλεκτικά ένα συνδετικό υλικό (ή με άλλα λόγια κόλλα) σε διαδοχικά στρώματα ισχύος. Πολλοί 3D εκτυπωτές Τεχνολογίας Binder jetting ψεκάζουν χρωματιστά μελάνια , καθώς και το συνδετικό υλικό στις στρώσεις πούδρας , έτσι που τους επιτρέπει να παράγουν πλήρες χρώμα εξόδου .

Συνηθέστερη πούδρα που χρησιμοποιείται ως συνδετικό υλικό ψεκασμού είναι ένα σύνθετο με βάση τον γύψο που πρέπει να έχει την επιφάνεια του επικαλυμμένη μετά την εκτύπωση εάν απαιτείται σκληρό αντικείμενο. Ωστόσο , η projet 4500 από την 3D Systems κατασκευάζει έγχρωμα αντικείμενα από ένα ανθεκτικό πλαστικό σε σκόνη .

Ακόμη, άλλα συνδετικά υλικά ψεκασμού μπορεί να φτιάξουν αντικείμενα κολλώντας μεταξύ τους άμμο ή σκόνη μετάλλων . Όταν ένα συνδετικό ψεκάζεται στην άμμο , το τελικό αντικείμενο χρησιμοποιείται σαν άμμο χύτευσης καλούπι ή μοτίβο , στο οποίο χύνεται τηγμένο μέταλλο . Μόλις το μέταλλο έχει ψυχθεί και στερεοποιηθεί , η άμμος κατόπιν αποχωρίζεται.



6. Έγχρωμη εκτύπωση από έναν 3D Systems Project 4500 και μία εκτύπωση από εκτυπωτή της Ex-One

Εκτύπωση με συνδετικό υλικό ψεκασμού από μέταλλο έχει αναπτυχθεί από μια εταιρεία που ονομάζεται ExOne. Εδώ ένα στρώμα από χαλκό, ανοξείδωτο χάλυβα ή σκόνη νικελίου-χρωμίου απλώνεται και μια κεφαλή εκτύπωσης κινείται πάνω σε αυτό ψεκάζοντας επιλεκτικά το διάλυμα συνδετικού υλικού . Μια λάμπα θέρμανσης στη συνέχεια στεγνώνει το στρώμα, ένα φρέσκο στρώμα σκόνης εφαρμόζεται από πάνω του, και η διαδικασία επαναλαμβάνεται. Αφού όλα τα στρώματα έχουν εφαρμοσθεί, το αντικείμενο στη συνέχεια τοποθετείται σε ένα φούρνο για να στεγνώσει πλήρως το συνδετικό υλικό . Σε αυτό το στάδιο το αντικείμενο είναι ακόμη πολύ εύ-

θραυστο, αλλά τοποθετείται σε ένα κλίβανο όπου εμποτίζεται με επιπλέον μεταλλική σκόνη . Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα πολύ στερεό αντικείμενο που είναι τουλάχιστον 99,9 τοις εκατό στερεό μέταλλο .

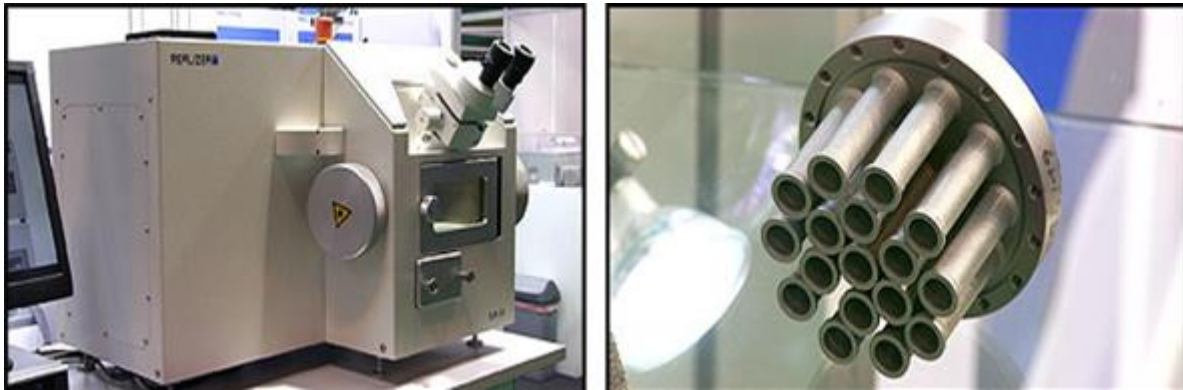
3.6 ΜΕΘΟΔΟΣ POWDER BED FUSION

Χρησιμοποιεί ένα λέιζερ , δέσμη ηλεκτρονίων ή άλλη πηγή θερμότητας για την επιλεκτική σύντηξη των διαδοχικών στρωμάτων σκόνης . Η τεχνολογία χρησιμοποιεί πάρα πολλά ονόματα , συμπεριλαμβανομένων των « σύντηξη με λέιζερ » (LS) , « επιλεκτική πυροσυσσωμάτωση λέιζερ (SLS) « άμεση σύντηξη μετάλλων με λέιζερ (DMLS) , «επιλεκτικής πυροσυσσωμάτωσης θερμότητας» (SHS) , laser CUSING και « δέσμη ηλεκτρονίων τήξης " (EBM) . Τα υλικά κατασκευής προέρχονται από πλαστικά - όπως νάιλον - σε μέταλλα που περιλαμβάνουν αλουμίνιο, χαλκό , χάλυβα, κράματα νικελίου , κοβαλτίου-χρωμίου , σιδήρου, τιτανίου και την υψηλή απόδοση των κραμάτων νικελίου-χρωμίου . Είναι επίσης δυνατό να δημιουργηθούν αντικείμενα χρησιμοποιώντας νέα σύνθετα υλικά όπως « alumide » , η οποία είναι ένα κονιοποιημένο μίγμα νάιλον και αλουμίνιο.



7. Εκτυπωμένα σε τρισδιάστατο εκτυπωτή μεταλλικά κομμάτια με τη μέθοδο powder bed fusion.

Η Μέθοδος Powder bed fusion είναι σήμερα πολύ δαπανηρή και περίπλοκη για να τη διαχειριστεί κανείς. Ακόμη και έτσι , η τεχνολογία έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται για την παραγωγή πολύ υψηλής ποιότητας βιομηχανικών εξαρτημάτων , συμπεριλαμβανομένων των μπεκ καυσίμου και άλλα εξαρτήματα αεροδιαστημικής και πυραύλων . Είναι επίσης ήδη δυνατή η παραγωγή μικρών μεταλλικών εξαρτημάτων στην επιφάνεια εργασίας χρησιμοποιώντας τη [Realizer SLM 50](#) Powder bed fusion εκτυπωτή 3D



8. Επιτραπέζιος 3D printer Realizer SLM 50 με απευθείας εκτύπωση μετάλλου

3.7 DIRECTED ENERGY DEPOSITION

Χρησιμοποιεί ένα λέιζερ ή άλλη πηγή θερμότητας για να συντηχθεί το κονιοποιημένου υλικό κατασκευής καθώς αυτό αποτίθεται . Σε αντίθεση με τη Μέθοδο Powder bed fusion, εδώ το κονιοποιημένο υλικό κατασκευής εναποτίθεται από ένα ακροφύσιο σε ένα υψηλής ισχύος λέιζερ ή με δέσμη ηλεκτρονίων που το συντήκει σε στερεό μέταλλο. Τα υλικά κατασκευής περιλαμβάνουν χάλυβα , χαλκό, νικέλιο και τιτάνιο .

Η τεχνολογία είναι επίσης μοναδική στο ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί όχι μόνο για τη δημιουργία νέων τμημάτων , αλλά επίσης να συντήκονται τα μέταλλα από τα υφιστάμενα τμήματα , όπως φθαρμένα ή κατεστραμμένα πτερύγια αεροστροβίλων.

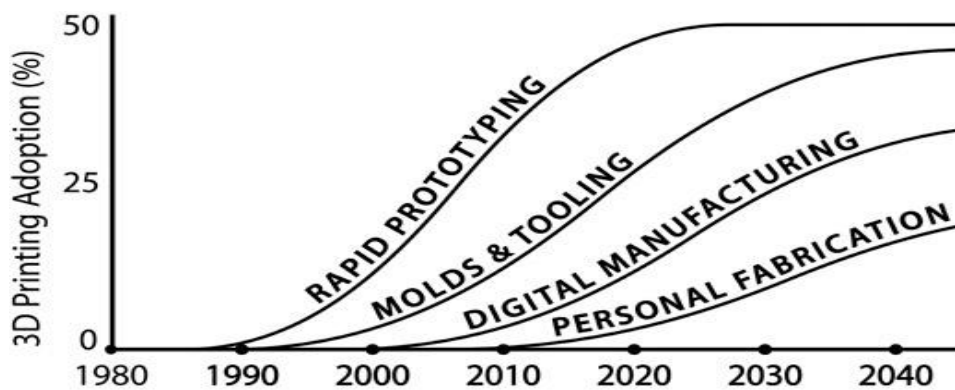
3.8 ΜΕΘΟΔΟΣ SHEET LAMINATION

Κολλάνε μεταξύ τους φύλλα κομμένα χαρτί, πλαστικό ή μέταλλο . Για παράδειγμα , 3D εκτυπωτές που κατασκευάζονται από την Mcor δημιουργούν δεσμίδες χαρτιού αντιγραφής που μπορούν επίσης να ψεκάζονται με έγχρωμα μελάνια για να δημιουργήσει απίστευτα λεπτομερή έγχρωμα μοντέλα , όπως το μπολ με φρούτα που απεικονίζεται παρακάτω . Εν τω μεταξύ, η Fabrisonic χρησιμοποιεί μια διαδικασία συγκόλλησης με χρήση υπερήχων για την κατασκευή αντικειμένων από φύλλα μεταλλικού φύλλου .



9. Το φάσμα των εφαρμογών

Η βιομηχανία εκτύπωσης 3D εξυπηρετεί ήδη τέσσερα αρκετά διακριτά τμήματα της αγοράς, τα οποία βρίσκονται σε διαφορετικά στάδια της ωρίμανσης. Όπως φαίνεται στο διάγραμμα παρακάτω, η πιο ώριμη αγορά για 3D εκτύπωση περιλαμβάνει την παραγωγή των πρωτοτύπων. Στη συνέχεια, και αυξανόμενη πολύ γρήγορα, έχουμε τη χρήση της 3D εκτύπωσης για την κατασκευή των καλουπιών και άλλα εργαλεία από τα οποία είναι κατασκευασμένα τα τελικά προϊόντα. Μετά από αυτό έρχεται απευθείας η ψηφιακή κατασκευή (DDM) - ή με άλλα λόγια, η χρήση του 3D εκτυπωτή για να κάνει τα τελικά προϊόντα ή μέρη αυτών. Και τέλος, έχουμε την πολύ νέα αγορά για την προσωπική παραγωγή.



3D Printing Market Segment Adoption Curves

Reproduced from "3D Printing: Second Edition" by Christopher Barnatt

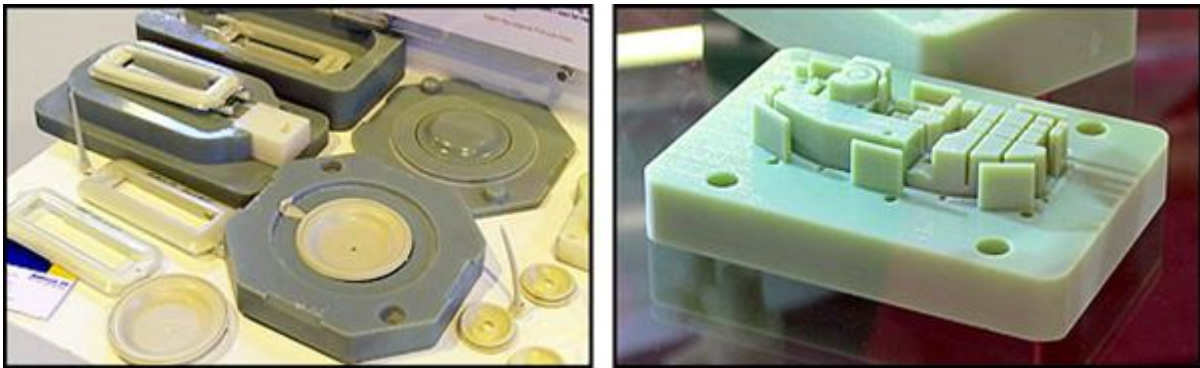
3.9 ΤΑΧΕΙΑ 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ

Από τα τέλη της δεκαετίας του 1980, η 3D εκτύπωση έχει χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία πρωτοτύπων. Αυτά μπορούν να επιταχύνουν σημαντικά ή αλλιώς να βοηθήσουν τις διαδικασίες σχεδιασμού και προ-παραγωγής, και ως εκ τούτου μπορεί να σώσει τις επιχειρήσεις από πολλά χρήματα, καθώς και τη βελτίωση της λειτουργίας των τελικών προϊόντων. 3D Εκτυπωτές υλικού εξώθησης κοστίζουν μερικές χιλιάδες και μερικές φορές ακόμη και μερικές εκατοντάδες δολάρια μπορούν πλέον να κάνουν αξιοπρεπή πρωτότυπα σε πολλές καταστάσεις. Πιο ακριβοί εκτυ-

πρωτές 3D τεχνολογίας είναι οι material jetting or powder bed fusion μπορούν πλέον να παράγουν επίσης, εξαιρετικά λεπτομερή, λειτουργικά πρωτότυπα από ένα ευρύ φάσμα των υλικών, σε πλήρες χρώμα. Υπάρχει ήδη 3D εκτυπωτής – ο [DragonFly 2020](#) - που μπορεί να εκτυπώνει 3D πρωτότυπο πλακετών κυκλωμάτων.

3.10 3D ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΚΑΛΟΥΠΙΩΝ ΚΑΙ ΆΛΛΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Η ταχύτερα αναπτυσσόμενη περιοχή της εφαρμογής εκτύπωσης 3D είναι η προσθετική κατασκευή εργαλείων παραγωγής. Παραδοσιακά, τα καλούπια, τα πρότυπα και άλλα εργαλεία που χρησιμοποιούνται για να κάνουν τελικά προϊόντα είναι χειροποίητα με πολύ σημαντικό κόστος. Για παράδειγμα, τα καλούπια που χρησιμοποιούνται για να δημιουργήσουν τα πλαστικά μέρη κοστίζουν συχνά δεκάδες χιλιάδες δολάρια. Αντίθετα, είναι πλέον δυνατή η χρήση των 3D εκτυπωτών για να παράγουν χύτευση με έγχυση χαμηλού κόστους, μερικές εκατοντάδες δολαρίων, ενώ ο παραδοσιακός τρόπος κατασκευής καλουπιών θα κόστιζε μερικές χιλιάδες. Η επίδραση του 3D εκτύπωση σε παραδοσιακές διαδικασίες παραγωγής μπορεί επομένως να είναι δραματική.



11. Τρισδιάστατα εκτυπωμένα καλούπια και σχέδια

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η μέθοδος binder jetting είναι επίσης δυνατόν τώρα να εκτυπώνει 3D, πυρήνες άμμου χύτευσης και καλούπια. Ο Παραδοσιακός τρόπος χύτευσης με άμμο απαιτεί ξύλινα σχέδια κυκλικά, γύρω από τα οποία είναι η άμμος χύτευσης. Κατόπιν το προκύπτον καλούπι πρέπει να αφαιρεθεί (όχι πάντα εύκολη ή επιτυχής λειτουργία), πριν το λιωμένο μέταλλο χυθεί στο καλούπι.

Με τη χρήση 3D εκτυπωτών (όπως το S-Max + από ExOne) για την κατασκευή καλουπιών χύτευσης, οι εταιρείες κερδίζουν το κόστος κατασκευής των παραδοσιακών καλουπιών χύτευσης. Μπορούν επίσης να φτιάξουν πιο περίπλοκα μέρη από καλούπια άμμου που θα ήταν αδύνατο με παραδοσιακά μέσα. Για άλλη μια φορά το κόστος εξοικονόμησης χρόνου και χρήματος μπορεί να είναι πολύ σημαντικό..

Επίσης, χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε παραδοσιακές μεθόδους χύτευσης μετάλλων 3D τυπωμένα υποκατάστατα των ξεχασμένων κέρινων προτύπων. Εδώ 3D εκτυπωτές βασισμένοι σε υλικά εξώθησης ή φωτοπολυμερισμού πα-

ράγουν αντικείμενα που μοιάζουν με κερί που αργότερα περιβάλλονται από ένα παραδοσιακό υλικό χύτευσης (όπως γύψο του Παρισιού). Το προκύπτον καλούπι στη συνέχεια θερμαίνεται, το υποκατάστατο κεριού τήκεται και αποστραγγίζεται μακριά, και το τηγμένο μέταλλο και πάλι εισάγεται στο καλούπι. Η χρήση των 3D τυπωμένων σχεδίων -υποκατάστατου κεριού είναι ιδιαίτερα δημοφιλής στο κόσμημα ή άλλες βιομηχανίες που κάνουν μικρά, χαμηλού τζίρου, περίτεχνα μεταλλικά μέρη.

3.11 ΆΜΕΣΗ ΨΗΦΙΑΚΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ (DDM)

Σύμφωνα με την Αμερικανική Εταιρεία Παραγωγής Μηχανικών, η απευθείας ψηφιακή κατασκευή (DDM) αναφέρεται στη «διαδικασία της μετάβασης απευθείας από μια ηλεκτρονική ψηφιακή αναπαράσταση ενός μέρους στο τελικό προϊόν μέσω additive manufacturing». Σε μερικές περιπτώσεις, ορισμένα τέτοια τελικά προϊόντα μπορεί να είναι καλούπια ή άλλα αντικείμενα εργαλείων όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Ωστόσο, σε βιομηχανικούς τομείς, συμπεριλαμβανομένων των χώρων, αεροδιαστημικής, την κατασκευή αυτοκινήτων, την υγειονομική περίθαλψη, κατασκευή παιχνιδιών, την τέχνη-και-χειροτεχνία, σχεδιαστών, αγαθών και μόδας, αρχίζουμε να παρακολουθούμε την εφαρμογή της 3D εκτύπωσης για την κατασκευή απευθείας τελικών προϊόντων ή μέρη αυτών.

Οι οδηγοί της DDM Επανάστασης είναι πολυπληθείς, και περιλαμβάνουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει την εκτύπωση 3D για τη βελτιστοποίηση της γεωμετρίας των τελικών τμημάτων (συχνά εξοικονόμηση πρώτων υλών στη διαδικασία), για να κάνουν τα μέρη με γεωμετρίες που δεν θα μπορούσε να δημιουργηθεί μέσω των παραδοσιακών μέσων, και να κάνει χαμηλού κόστους, ιδιαίτερα εξατομικευμένων προϊόντων που δεν θα είναι οικονομικά αποδοτική η κατασκευή τους χωρίς 3D εκτύπωση..

Αυτή τη στιγμή, Εταιρείες που κυριαρχούν την ψηφιακή κατασκευή (DDM) είναι στον τομέα του διαστήματος και της αεροδιαστημικής. Για παράδειγμα, η SpaceX έχει ήδη πετάξει ρουκέτες Falcon 9 με 3D τυπωμένη κύρια οξειδωτική βαλβίδα, και χρησιμοποιεί τη Μέθοδο Powder bed fusion 3D εκτύπωσης των θαλάμων κινητήρα για επικείμενη επανδρωμένη διαστημική κάψουλα πληρώματος.

Στην επικρατούσα αεροπορική τάση, η Airbus τώρα ενσωματώνει 3D τυπωμένα στοιχεία σε αεροσκάφη της, με τα τελευταία XWB A350 της να περιέχουν πάνω από 1.000 3D τυπωμένα εξαρτήματα. Εν τω μεταξύ, στο νέο κινητήρα τζετ CFM LEAP η GE ενσωματώνει αρκετά 3D τυπωμένα μέρη. Πιο συγκεκριμένα, περιλαμβάνουν ένα εξάρτημα που θα ήταν αδύνατο να γίνει με χρήση συμβατικών μεθόδων κατασκευής.

Πάνω στον τομέα της αυτοκινητοβιομηχανίας, η 3D εκτύπωση χρησιμοποιείται ευρέως για να κάνει τα μέρη για την F1. Περισσότερα εκπληκτικά αποτελέσματα παρουσιάζει, μια εταιρεία που ονομάζεται Local Motors. Σκοπεύει να ξεκινήσει ένα

όχημα που ονομάζεται LD3M Swim που θα είναι «περίπου το 75 τοις εκατό 3D τυπωμένο κατ'όγκο».



12.Ο τομέας της ιατρικής είναι σημαντικός τομέας εφαρμογής της ψηφιακής κατασκευής

Στους τομείς, της αεροδιαστημικής και αυτοκινήτων τα βασικά πλεονεκτήματα της 3D εκτύπωσης έχουν βελτιστοποιήσει τη γεωμετρία των εξαρτημάτων, εξοικονομώντας ακριβά υλικά, και μειώνοντας το κόστος παραγωγής. Αντίθετα, στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης πιο σημαντικό όφελος είναι της προσαρμογής. Ήδη, τουλάχιστον στις Ηνωμένες Πολιτείες, 3D εκτύπωση εμπλέκεται στην «ψηφιακή οδοντιατρική», με συσκευές για την οδοντιατρική να είναι συνήθως 3D εκτύπωσης. Η 3D εκτύπωση επιπρόσθετα αρχίζει να χρησιμοποιείται στην παρασκευή προσθετικών μελών..

Αυτή τη στιγμή, άλλοι αξιοσημείωτοι πρωτοπόροι της άμεσης ψηφιακής παραγωγής περιλαμβάνουν την κατασκευή του κοσμήματος, επώνυμα προϊόντα και παιχνίδια..

3.12 ΠΡΟΣΩΠΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Από ορισμένες απόψεις, η αγορά για προσωπική χρήση 3D εκτύπωσης τώρα αναπτύσσεται πολύ γρήγορα, με πάνω από ένα εκατομμύριο 3D εκτυπωτές για προσωπική χρήση ενδέχεται να πωλούνται ετησίως από το 2020. Ωστόσο, τα είδη των αντικειμένων που μπορούν σήμερα να κατασκευαστούν σε προσωπικούς 3D εκτυπωτές είναι εξαιρετικά περιορισμένες. Παρά την εκπλήρωση των ονείρων ορισμένων ενθουσιωδών, οι προσωπικοί 3D εκτυπωτές είναι μια κατηγορία προϊόντων σε ένα πολύ, πρώιμο στάδιο ανάπτυξης, με το υλικό που θα επιτρέψει κανονικά στους καταναλωτές να κατασκευάζουν ένα ευρύ φάσμα προϊόντων είναι απίθανο να φτάσει στην αγορά σε μια δεκαετία ή περισσότερο.

Για εκείνους που θέλουν να πάρουν κάτι εκτυπώνοντας, αλλά που δεν διαθέτουν έναν εκτυπωτή 3D, υπάρχει τώρα μια μεγάλη υπηρεσία που ονομάζεται 3D Hubs. Αυτή συνδέει ιδιοκτήτες 3D εκτυπωτή με άλλους που αναζητούν τοπικά μια εκτύπωση, και επιτρέπει στην τελευταία να μεταφορτώσει τα 3D αρχεία, και ο πρώην για να κερδίσει κάποια χρήματα από την εκτύπωσή τους. Ήδη περίπου 30.000

ιδιοκτήτες 3D εκτυπωτή είναι μέρος του δικτύου 3D Hubs , παρέχοντας έτσι σε πάνω από ένα δισεκατομμύριο ανθρώπους υπηρεσία 3D εκτύπωσης .

4. ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ 3D PRINTING

Η επιλογή του κατάλληλου 3DPrinter, μπορεί να αποδειχτεί δύσκολο έργο. Σήμερα υπάρχουν αρκετές διαθέσιμες τεχνολογίες αλλά και σημαντικές διαφορές, στον τρόπο λειτουργίας και τις δυνατότητες. Οι ανάγκες σε αντοχή και ακρίβεια των μοντέλων, η ύπαρξη χρώματος, η παραγωγικότητα, η ταχύτητα, το κόστος και τα διαθέσιμα υλικά είναι μόνο μερικοί από τους παράγοντες που θα πρέπει να λάβει κανείς υπόψη, επιλέγοντας τον κατάλληλο 3D printer.

4.1 ΟΠΤΙΚΟΠΟΙΗΣΗ - VISUALIZATION

Τα “concept models” επιδρούν από τις αρχικές φάσεις του σχεδιασμού και έχουν σημαντικό αντίκτυπο στα στάδια του design και της παραγωγής που ακολουθούν. Διαλέγοντας κανείς τον σωστό δρόμο, μεταξύ των εναλλακτικών, στο σχεδιασμό, ελαχιστοποιεί δαπανηρές αλλαγές σε μεταγενέστερα στάδια, επιταχύνει τη διαδικασία ανάπτυξης αλλά και την έξοδο στην αγορά στον ελάχιστο δυνατό χρόνο. Κατά το στάδιο του design είναι σημαντικό να μπορεί κάποιος να εξετάσει γρήγορα και οικονομικά εκδοχές των μοντέλων που μοιάζουν με τα τελικά προϊόντα και δεν είναι ανάγκη να είναι πλήρως λειτουργικά. Σημαντικά κριτήρια για εκείνους που θα επιλέξουν έναν 3D Printer για Concept Models είναι η ταχύτητα εκτύπωσης των διάφορων εναλλακτικών λύσεων, το κόστος των μοντέλων, η δυνατότητα έγχρωμων μοντέλων και η πιστότητα σε σχέση με το πραγματικό προϊόν, έστω εμφανισιακά.



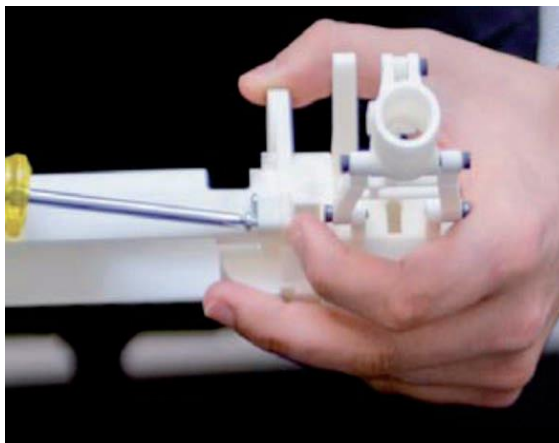
1.Χρήση 3D Printer για ανάγκες οπτικοποίησης του αποτελέσματος



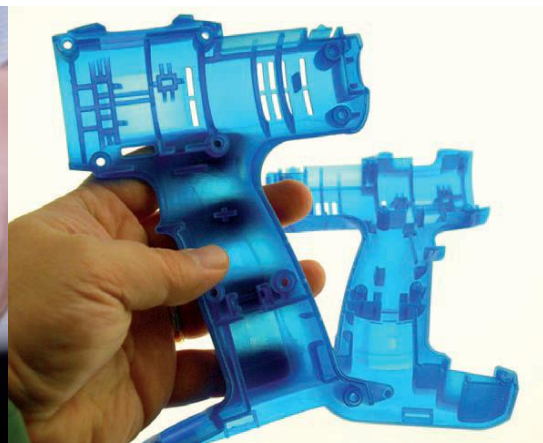
2.Χρήση 3D Printer για έλεγχο ενός έγχρωμου concept model

4.2 ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ - PROTOTYPING

Καθώς η διαδικασία του design εξελίσσεται, οι σχεδιαστές θα πρέπει να επιβεβαιώσουν τη λειτουργικότητα του προϊόντος, όπως αυτό έχει προβλεφθεί. Η ύπαρξη ενός 3D Printer που εξυπηρετεί τέτοιους σκοπούς, εντός της εταιρίας, θα επιτρέψει την έγκαιρη ανίχνευση λαθών και την αναθεώρησή τους. Οι εφαρμογές prototyping μπορούν να αφορούν έλεγχο λειτουργικότητας (functional testing), συναρμολόγησης (assembly), συναρμογών κτλ. Σημαντικά κριτήρια για εκείνους που θα επιλέξουν έναν 3D Printer για πρωτοτυποποίηση είναι η ακρίβεια των μοντέλων, η απόδοση των λεπτομερειών και η συμπεριφορά των υλικών.



3.Χρήση 3D Printer για prototyping



4.Χρήση 3D Printer για έλεγχο assembly

4.3 DIGITAL MANUFACTURING

Κάποιες τεχνολογίες 3D Printing μπορούν να αποδώσουν γεωμετρίες, χωρίς τους περιορισμούς των συμβατικών μεθόδων παραγωγής και κατεργασιών, επιτρέποντας στους σχεδιαστές να απελευθερώσουν όλη τους τη δημιουργικότητα.

Το κόστος παραγωγής μειώνεται αισθητά λόγω του αυξημένου ρυθμού παραγωγής και των περιορισμένων απαιτούμενων πόρων σε σχέση με τις παραδοσιακές μεθόδους. Το τελικό προϊόν μπορεί να παραχθεί απευθείας μέσω πλαστικού μοντέλου (ή ακόμη και μεταλλικού) ή εμμέσως μέσω κέρινου/χυτεύσιμου μοντέλου και παρεμβολής διαδικασίας χύτευσης/καλουπιού. Στη συγκεκριμένη κατηγορία θα μπορούσαν να ενταχθούν και κάθετες αγορές όπως το κόσμημα, οι οδοντοτεχνικές εφαρμογές και κάποιες εξειδικευμένες ιατρικές εφαρμογές εμφυτεύματα, προσθετικά μέλη κτλ) Για εφαρμογές Digital Manufacturing είναι απαραίτητη η υψηλή ακρίβεια αλλά και ειδικά υλικά εκτύπωσης εστιασμένα στις ανάγκες τις εκάστοτε παραγωγής.



5.Χρήση 3D Printer για παραγωγή μεταλλικού εξαρτήματος από κέρινο μοντέλο



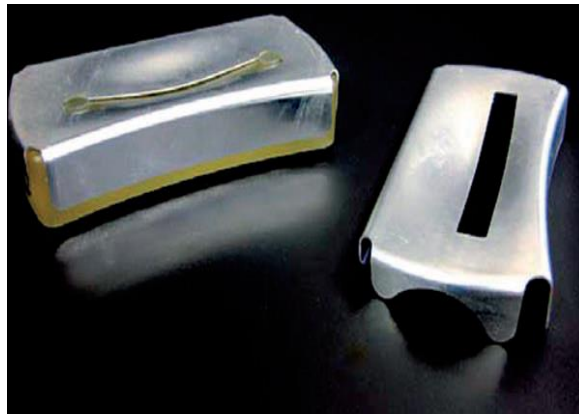
6.Χρήση 3D Printer για παραγωγή οδοντοτεχνικών μοντέλων



7.Χρήση 3D Printer για παραγωγή κοσμημάτων

4.4 PRE-PRODUCTION

Όταν η διαδικασία της ανάπτυξης του προϊόντος ολοκληρωθεί, θα πρέπει να οργανωθεί το ξεκίνημα της παραγωγής. Στο στάδιο αυτό θα απαιτηθούν ιδιοσκευές, custom εξαρτήματα αλλά και καλούπια. Η χρήση ενός 3d printer σε αυτό το στάδιο, θα μπορούσε να λειτουργήσει υποστηρικτικά όταν και αν αυτό χρειαστεί. (εικ. 10) Τα κριτήρια ενός 3d printer που θα βοηθήσουν σε αυτό το στάδιο είναι η ακρίβεια, η λεπτομέρεια και η λειτουργικότητα των προς εκτύπωση βοηθητικών για την παραγωγή τεμαχίων.



8.Χρήση 3D Printer για – Preproduction

4.5 HOBBYIST

Τα τελευταία χρόνια εμφανίστηκαν στην αγορά οικονομικοί 3D Printers που στόχο έχουν να καλύψουν ανάγκες στην εκπαίδευση, τις τέχνες και τα διάφορα χόμπι όπως ο μοντελισμός, μεταξύ άλλων. Τα κριτήρια αγοράς ενός 3d printer της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι η οικονομική τιμή αγοράς μηχανήματος και υλικών και η φιλικότητα χρήσης.



9.Οικιακός 3D Printer

4.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΔΟΣΗΣ 3D PRINTER

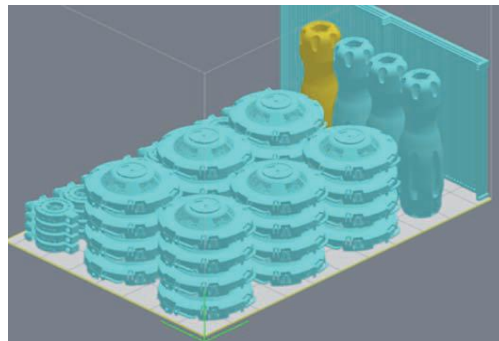
Η επιλογή του κατάλληλου 3D Printer καθορίζεται από αρκετούς παράγοντες. Συνήθως κάποια εταιρία επιλέγει τον 3D Printer που ικανοποιεί τα περισσότερα κριτήρια βάση των αναγκών της. Κάτι πολύ σημαντικό λοιπόν κατά τη διαδικασία επιλογής ενός 3D Printer, είναι να καθοριστούν οι ανάγκες της εταιρίας σαφώς. Εδώ είναι μερικά συγκεκριμένα χαρακτηριστικά τα οποία θα πρέπει να εξεταστούν κατά τη σύγκριση μεταξύ διαφορετικών μοντέλων και τεχνολογιών.

4.7 ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

Ανάλογα με τον κατασκευαστή και την τεχνολογία, η ταχύτητα εκτύπωσης μπορεί να ερμηνεύεται διαφορετικά. Κάποιοι 3D εκτυπωτές τυπώνουν καθ' ύψος. Έχουν, δηλαδή, σταθερές κάθετες ταχύτητες εκτύπωσης ανεξάρτητα από τη γεωμετρία και των αριθμό των μοντέλων που τυπώνονται σε μία εργασία εκτύπωσης. Οι 3D printers αυτοί χαρακτηρίζονται από ιδιαίτερα υψηλή παραγωγικότητα. Ενδεικτικές τεχνολογίες 3D Printing οι οποίες χαρακτηρίζονται από υψηλή παραγωγικότητα είναι οι τεχνολογίες Multijet, Colorjet και Film



10.Multijet



11. Ενδεικτική Τεχνολογία εκτύπωσης καθ' ύψος

4.8 TRANSFER IMAGING.

Μια άλλη μέθοδος για να περιγράψει κανείς την ταχύτητα εκτύπωσης είναι ως προς το χρόνο που απαιτείται για να εκτυπωθεί συγκεκριμένος όγκος υλικού. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την γρήγορη εκτύπωση ενός τεμαχίου, αλλά παρατηρείται σοβαρή καθυστέρηση όταν ο αριθμός των εξαρτημάτων ή η πολυπλοκότητα της γεωμετρίας αυξηθούν.

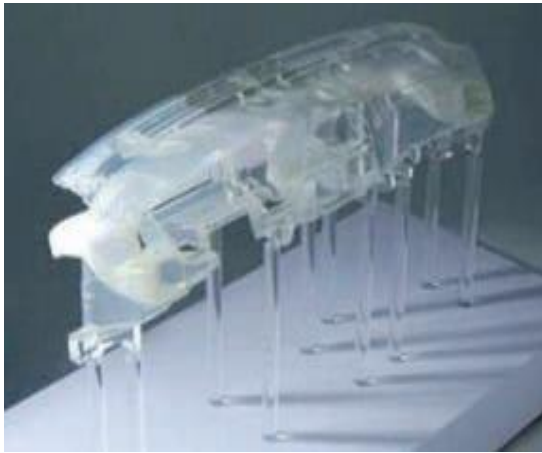
4.9 ΚΟΣΤΟΣ

Το κόστος συνήθως εκφράζεται ανά κυβικό εκατοστό υλικού. Είναι σημαντικό ωστόσο όταν κάποιος προσπαθεί να υπολογίσει το κόστος να λάβει υπόψη όλους τους παράγοντες που το διαμορφώνουν. Το σημαντικότερο κόστος είναι το υλι-

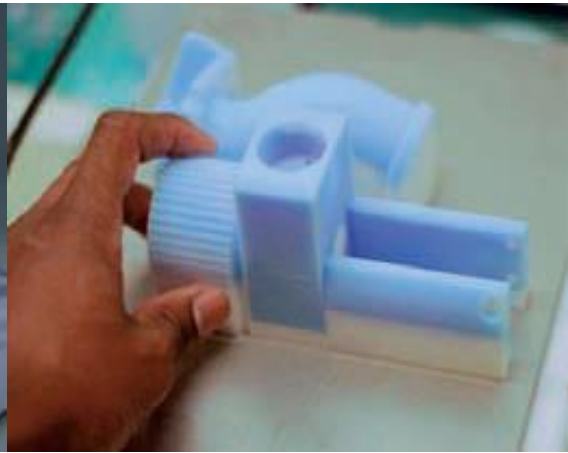
κό. Κάποιες τεχνολογίες χρησιμοποιούν σκόνη σαν πρώτη ύλη. Το αποτέλεσμα μοιάζει αρκετά με γύψο ως προς την υφή. Στις περιπτώσεις αυτές το μη χρησιμοποιούμενο υλικό ανακυκλώνεται κάτι που κάνει τη χρήση της συγκεκριμένης τεχνολογίας ιδιαίτερα οικονομική. Στη συγκεκριμένη τεχνολογία θα πρέπει να συνυπολογιστούν και τα κόστη άλλων αναλώσιμων πλην της σκόνης, όπως κόλλα (binder) και άλλα υλικά για την σκλήρυνση και την προσθήκη μηχανικών αντοχών στα εκτυπωμένα δοκίμια. Άλλες τεχνολογίες χρησιμοποιούν ως υποστήριξη, στηρίγματα από το ίδιο το υλικό, τα οποία αν το επιτρέπει η γεωμετρία αφαιρούνται εύκολα. Πιθανώς σε αυτή την κατηγορία να απαιτηθεί επεξεργασία όπως τρίψιμο με γυαλόχαρτο ή αμμοβολή στην περιοχή του μοντέλου που δέχεται στήριξη. Στις συγκεκριμένες τεχνολογίες θα πρέπει να λάβουμε υπόψη και το κόστος των διαλυτών που συνήθως απαιτούνται για τον καθαρισμό των εκτυπωμένων μοντέλων, το κόστος των οποίων είναι συνήθως χαμηλό. Τέλος υπάρχουν τεχνολογίες όπως η Multijet που χρησιμοποιούν ένα ξεχωριστό, λιγότερο ακριβό υλικό σαν υποστήριξη. Η υποστήριξη σε αυτές τις περιπτώσεις συνήθως αφαιρείται μετά την εκτύπωση είτε απλώς θερμαίνοντας το μοντέλο, είτε με χρήση νερού υπό πίεση, είτε και με κάποιο διαλυτικό. Ως πιο απλή λύση θα προτείναμε την αφαίρεση της υποστήριξης με θέρμανση, μιας και η παροχή νερού υψηλής πίεσης μπορεί να «τραυματίσει» το μοντέλο. Η χημική διεργασία έχει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Γενικά καλό είναι να αποφεύγεται διαδικασία που απαιτεί πολύ διαλύτη, όπως η συνολική αφαίρεση υποστηρικτικού υλικού (όπου αυτό είναι εφικτό). Αντίθετα, τελικό καθαρισμός μπορεί να γίνει πολύ γρήγορα και παραγωγικά με χημικό διαλύτη. Φυσικά, οι διαλύτες πρέπει να είναι ειδικά μελετημένοι, όχι τοξικοί και όχι πτητικοί.



12.Ενδεικτική τεχνολογία 3D Printing με υποστηρικτικό υλικό σκόνη.



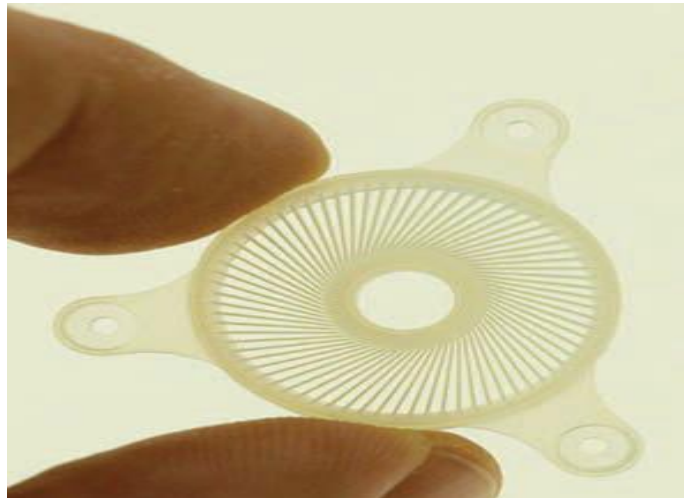
13. Τεχνολογία 3D Printing με στηρίγματα



14. Τεχνολογία 3D Printing Multijet

4.10 ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΑ - ΑΝΑΛΥΣΗ

Η ανάλυση είναι ένα στοιχείο του 3D Printer που θα πρέπει να χρησιμοποιείται με προσοχή. Η ανάλυση μπορεί να αναφέρεται σε κουκκίδες ανά ίντσα (DPI), στρώμα πάχους κατά Z και μέγεθος ρixel για να αναφέρουμε μόνο μερικά. Αν και αυτές οι μετρήσεις μπορεί να είναι χρήσιμες στη σύγκριση 3D Printers ίδιας τεχνολογίας, δεν βοηθούν ιδιαίτερα όταν συγκρίνονται 3D Printers διαφορετικών τεχνολογιών. Το καλύτερο εργαλείο είναι η οπτική επιθεώρηση των εξαρτημάτων. Ελέγξτε τις ακμές και κατά πόσο είναι κοφτές, τα πλευρικά τοιχώματα, λεπτομέρειες όπως μικρές γραμματοσειρές και τρύπες αλλά και την ομαλότητα των επιφανειών.



15. Τεμάχιο εκτυπωμένο σε 3D printer υπερυψηλής ανάλυσης τεχνολογίας multijet

4.11 ΑΚΡΙΒΕΙΑ

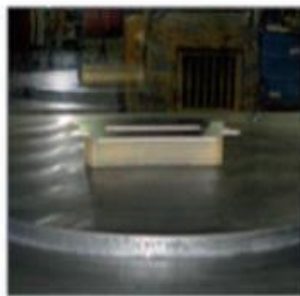
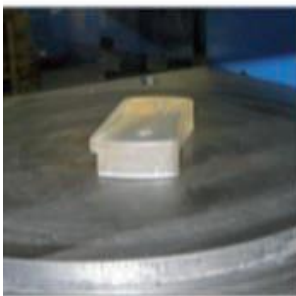
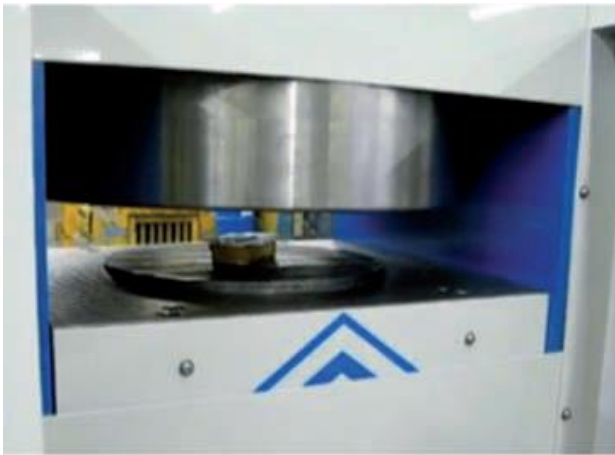
Η 3D εκτύπωση αποτελεί μια προσθετική τεχνολογία στρώσεων και τα υλικά που χρησιμοποιούνται συνήθως αλλάζουν μορφή κατά τη διαδικασία. (πχ υγρό σε στερεό μέσω φωτοπολυμερισμού). Αυτή η διαδικασία μπορεί να απαιτήσει τον

υπολογισμό μεταβλητών όπως η συρρίκνωση των υλικών (shrink compensation). Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν την ακρίβεια της 3D εκτύπωσης αποτελούν το μέγεθος του κομματιού και η γεωμετρία. συνήθως οι αναφορές των κατασκευαστών στην ακρίβεια αφορούν συγκεκριμένες γεωμετρίες και διαστάσεις όπου γίνονται μετρήσεις. Γι' αυτό είναι σημαντική η δοκιμή σύμφωνα με τις απαιτήσεις των εφαρμογών σας, σε κάθε περίπτωση.

4.12 ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΥΛΙΚΩΝ

Η κατανόηση των πραγματικών αναγκών ως προς τα υλικά είναι κάτι πολύ σημαντικό κατά την εξέταση ενός 3D Printer. Καθεμία από τις διαθέσιμες τεχνολογίες 3D Printing διαθέτει πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Επίσης ανάλογα με τις απαιτήσεις της εφαρμογής υπάρχουν διαφορετικά ζητήματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, ως προς τα υλικά. Στις εφαρμογές οπτικοποίησης (Visualisation models) δεν έχουν σημασία οι μηχανικές αντοχές και η αντοχή στο χρόνο σε αντίθεση με το χρώμα που συνήθως είναι σημαντικό στοιχείο. Στις εφαρμογές prototyping τα μοντέλα θα πρέπει να προσομοιώνουν επαρκώς τις ιδιότητες των τελικών αντικειμένων. Μοντέλα που θα χρησιμοποιηθούν ως τελικά εξαρτήματα θα πρέπει να έχουν αντοχή στο χρόνο επιπλέον. Για τις εφαρμογές Digital manufacturing τα αντικείμενα θα πρέπει να έχουν ιδιότητες που να διευκολύνουν την παραγωγή (πχ δυνατότητα χύτευσης κα). Γενικά τα υλικά χωρίζονται σε πλαστικά, μη πλαστικά και κερί. Υπάρχει επίσης και το μέταλλο αλλά η περαιτέρω αναφορά ξεφεύγει από τους σκοπούς της συγκεκριμένης παρουσίασης, καθώς απευθύνεται σε πολύ ειδικές εφαρμογές για την ώρα. Ο κάθε 3D Printer μπορεί να δεχτεί συγκεκριμένα υλικά, ένα ή και περισσότερα. Ποτέ όμως ένας 3D Printer δεν χρησιμοποιεί υλικά διαφορετικής κατηγορίας (πχ πλαστικά και κερί). Η πλήρης κάλυψη όλων των αναγκών σε διαφορετικά υλικά μιας επιχείρησης θα μπορούσε να καλυφθεί με περισσότερα του ενός μηχανήματα ή και με την αγορά ενός μηχανήματος και παράλληλη χρήση υπηρεσιών 3d printing που παρέχουν τρίτοι. Τα μη πλαστικά αναφέρονται κυρίως στην σκόνη που μοιάζει με γύψο και χρησιμοποιείται από τους έγχρωμους 3D Printers τεχνολογίας Colorjet. Τα συγκεκριμένα υλικά απευθύνονται κατά κύριο λόγο, σε εκείνους που ζητούν έγχρωμα μοντέλα οπτικοποίησης της ιδέας (Visualisation). Τα πλαστικά υλικά μπορεί να διακρίνονται από ιδιότητες όπως η ελαστικότητα, η ακαμψία, η αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες, η βιοσυμβατότητα κα. Επίσης, τα πλαστικά υλικά ανάλογα και με τη σύστασή τους μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε εφαρμογές καλουπιών σιλικόνης και άμμου, εφαρμογές vacuum forming, hydroforming κα. Τα πλαστικά επίσης μπορούν σε γενικές γραμμές να τριφτούν, να βαφτούν, να λειανθούν, να κολληθούν, να επιμεταλλωθούν και να επεξεργαστούν ώστε να ανταποκρίνονται στις ανάγκες της κάθε εφαρμογής. Το κερί απευθύνεται σε εφαρμογές χύτευσης (Investment casting και Lost wax). Συναντάται σε κλάδους όπως η κοσμηματοποιία και η παραγωγή εξαρτημάτων μέσω χύτευσης. Κάτι επίσης σημαντικό για τα υλικά είναι ότι σε κάποιες κατηγορίες 3D Printers ψεκασμού με χρήση πολλαπλών ακροφυσίων, η εναλλαγή των υλικών είναι ακριβή διαδικασία, ως προς την κατανάλωση υλικού, η οποία πρα-

κτικά αποφεύγεται. Τεχνικά είναι δυνατή ωστόσο συνεπάγεται υψηλό κόστος για τον ιδιοκτήτη του 3D Printer καθώς προϋποθέτει τον καθαρισμό της κεφαλής εκτύπωσης από το αρχικό υλικό. Η διαδικασία οδηγεί λοιπόν σε σημαντική απώλεια υλικού σε κάποιες τεχνολογίες, ενώ σε άλλες η διαδικασία της αλλαγής υλικών δεν έχει παρά ελάχιστες απώλειες (Plastic Jet Printing, Fused Filament Fabrication). Βεβαίως υπάρχουν και εκείνοι οι 3D Printers που χρησιμοποιούν ένα και μόνο τύπο υλικού. Τέλος ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίδεται στις ιδιότητες των υλικών, καθώς στις περισσότερες των περιπτώσεων τα υλικά που προέρχονται από 3d printer δεν προσομοιώνουν επακριβώς τις ιδιότητες των πραγματικών πλαστικών (πχ injection molded). Εξαιρέση αποτελούν κάποιες hi-end τεχνολογίες όπως η «πατενταρισμένη» Στερεολιθογραφία της 3D Systems. Σε κάθε περίπτωση προτείνεται η δοκιμή εκτύπωσης προκειμένου να διαπιστωθεί το κατά πόσο ο προς εξέταση 3D Printer καλύπτει τις εφαρμογές του ενδιαφερόμενου, ως προς τα υλικά.



16. Hydroforming – Παραγωγή περιορισμένου αριθμού πρεσαριστών μεταλλικών τεμαχίων με καλούπι τυπωμένο σε 3D Printer



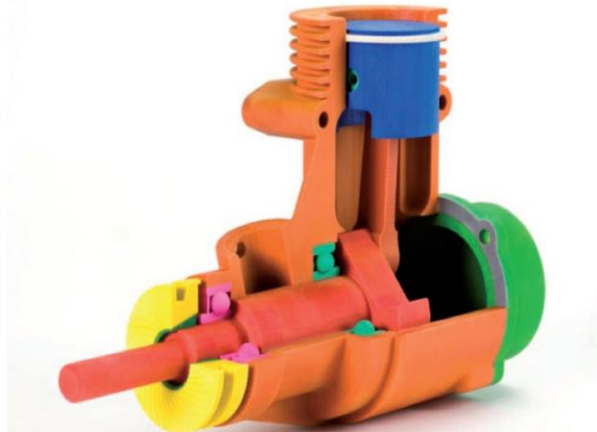
17.Χύτευση κοσμήματος(Lost wax application)
– κοσμηματοποιία)



18.Χυτεύσιμο κέρινο μοντέλο και τελικό
χυτό μεταλλικό εξάρτημα

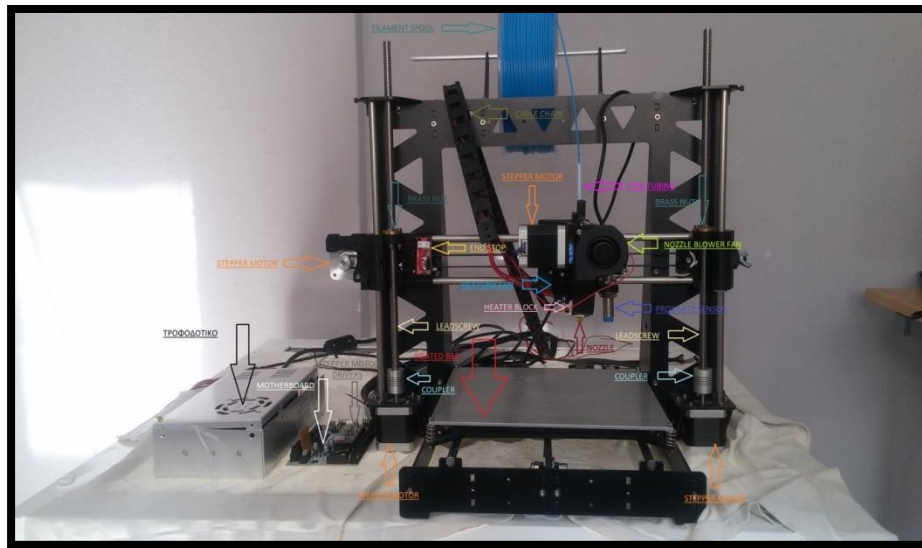
4.13 ΧΡΩΜΑ

Υπάρχουν τέσσερις βασικές κατηγορίες 3D Printers ως προς το χρώμα. Εκείνοι που δεν επιτρέπουν την αλλαγή χρώματος υλικού, εκείνοι που δίνουν επιλογή εκτύπωσης ενός χρώματος τη φορά, εκείνοι που μπορούν να εκτυπώσουν μερικά βασικά χρώματα σε ένα μοντέλο και οι λεγόμενοι “full spectrum” που μπορούν να αποδώσουν εκατομμύρια χρώματα ανά εκτύπωση.

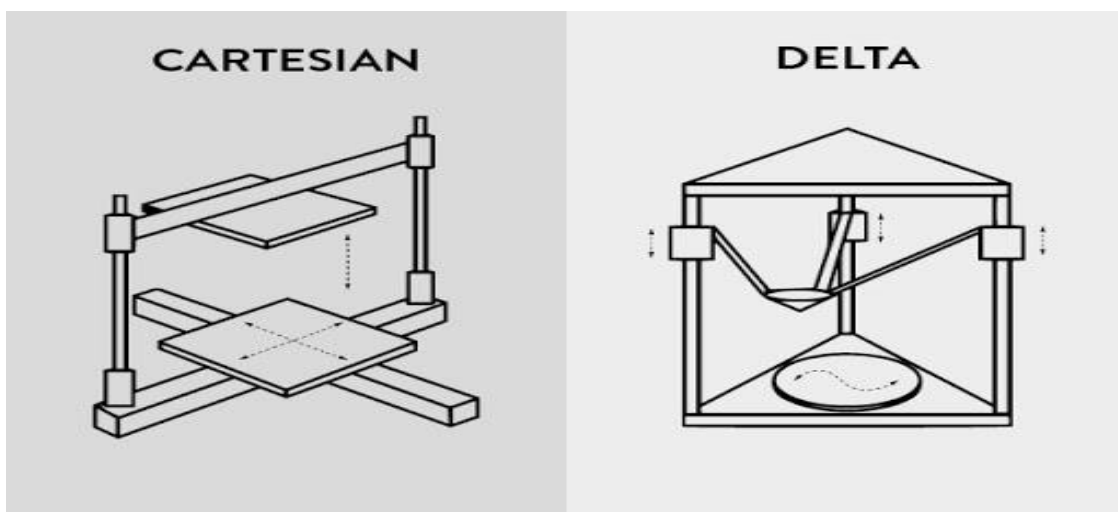


19.Τεχνολογία ColorJet Printing με δυνατότητα εκτύπωσης παλέτας 64 χρωμάτων

5. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 3D PRINTER

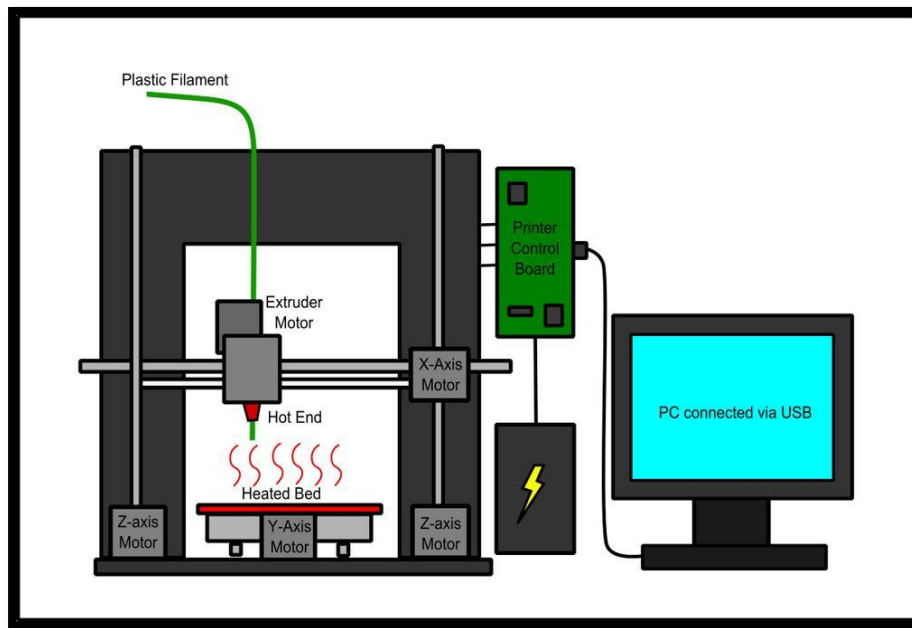


Ο εκτυπωτής που επέλεξα να κατασκευάσω είναι ένας καρτεσιανός FDM Prusa i3 Steel. Το καρτεσιανός αφορά την κίνηση των αξόνων x, y, z καθώς μας δίνεται και η επιλογή της δελτοειδής μορφής η οποία όμως απορρίφθηκε εξαιτίας του υψηλότερου κόστους κατασκευής.



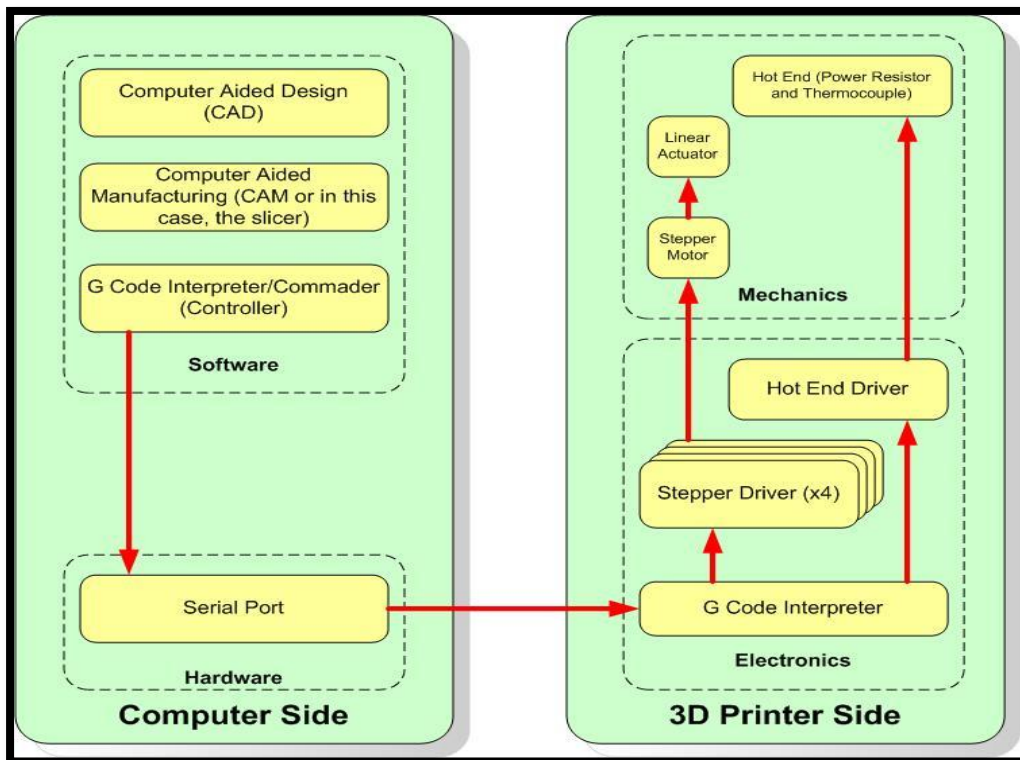
Το fused deposition modeling ή FDM έχει να κάνει με τον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται το αντικείμενο. Υπήρχαν αρκετές επιλογές, (επιλογές οι οποίες αναφέρθηκαν παραπάνω), αλλά όσο αναφορά τον προσωπικό 3d printer ο τρόπος της προσθετικής εναπόθεσης λιωμένου πλαστικού για την κατασκευή του αντικειμένου είναι ο πιο διαδεδομένος και μικρότερου κόστους.

Το “Prusa” είναι το όνομα του Josef Prusa ενός Τσέχου μηχανικού ο οποίος το 2012 κατασκεύασε τη δική του έκδοση 3d printer για προσωπική χρήση. Αυτή τη στιγμή είναι ο πιο διαδεδομένος τύπος εκτυπωτή σε ολόκληρο τον κόσμο.



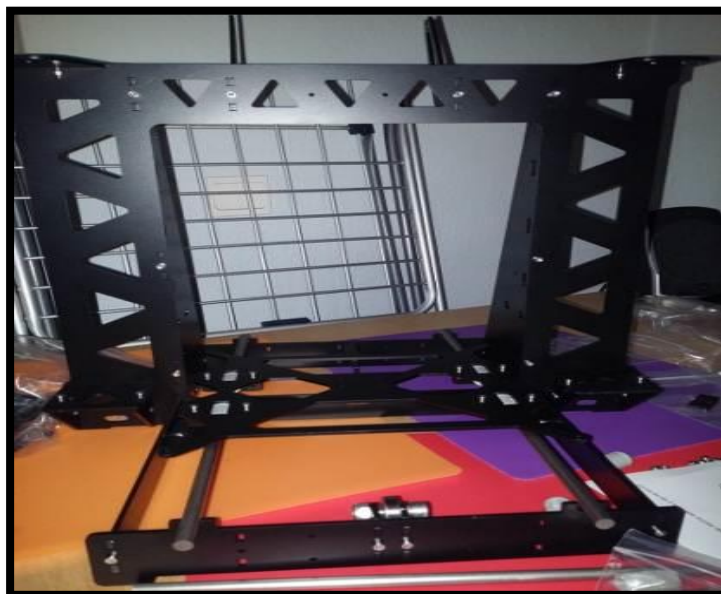
Το i3 αναφέρεται στην 3η βελτιωμένη έκδοση του προτύπου του ενώ το steel αναφέρεται στο είδος του υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του σκελετού του εκτυπωτή, στην περίπτωση μας, ασάλι. Επέλεξα το ασάλι γιατί αυτό κάνει την κατασκευή πιο βαριά και πιο στιβαρή με αποτέλεσμα κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης οι κραδασμοί να μην επηρεάζουν την ποιότητα της εκτύπωσης. Εκτός από γαλβανισμένο ασάλι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή και το ακρυλικό, το ξύλο και το αλουμίνιο, τα οποία, μπορεί να είναι πιο ελαφριά, δεν είναι όμως σταθερά και μπορεί κατά τη διάρκεια της συναρμολόγησης στις ενώσεις να έχουμε σπασίματα ή και ραγίσματα.

Ο 3d printer αποτελείται από 3 βασικά κομμάτια, 1) από τους άξονες ελέγχου κίνησης - X,Y,Z, 2) από τα μηχανικά κομμάτια και 3) από το ηλεκτρικό κομμάτι. Στη συνέχεια θα παρουσιαστεί το κάθε κομμάτι ξεχωριστά καθώς και τα μικρότερα στοιχεία που τα απαρτίζουν όπως και η κατασκευή τους.

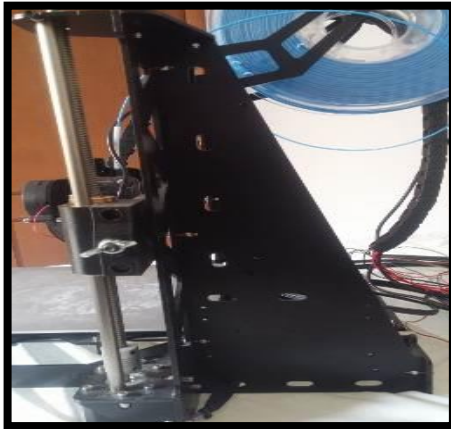


5.1 ΑΞΟΝΕΣ ΈΛΕΓΧΟΥ – X,Y,Z

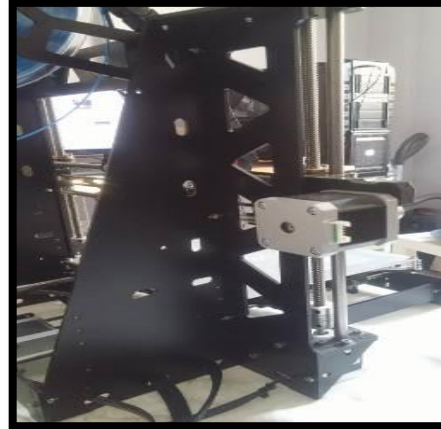
5.1.1 ΣΚΕΛΕΤΟΣ



Η κατασκευή του σκελετού ήταν μια διαδικασία η οποία ήθελε προσοχή ώστε να γίνουν τα βήματα με τη σωστή σειρά ώστε να μη χαθεί χρόνος αλλά και λίγη φαντασία. Πρώτα έπρεπε να συναρμολογηθεί ο βασικός άξονας στήριξης που περιλαμβάνει τις δύο “κολώνες” με τις βάσεις στηρίξεως από πίσω (Εικόνα 1 , Εικόνα 2)



Εικόνα 1



Εικόνα 2

όπως επίσης και τον βασικό πλαίσιο στηρίξεως της βάσης, από πίσω (Εικόνα 3), από αριστερά (Εικόνα 4) , από δεξιά (Εικόνα 5) και από μπροστά (Εικόνα 6) .



Εικόνα 3



Εικόνα 6



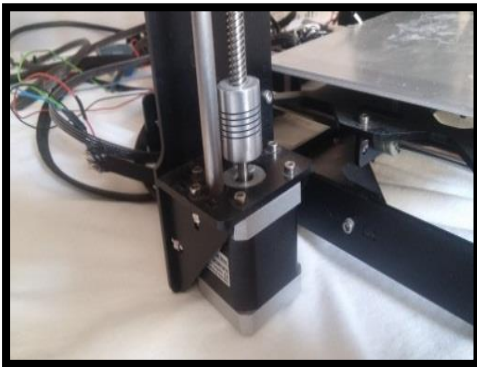
Εικόνα 4



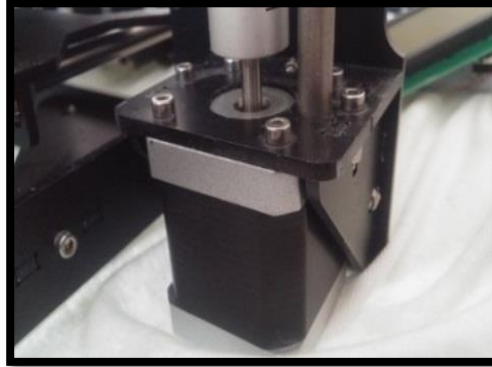
Εικόνα 5

Οι κατασκευαστές των κομματιών του ατσαλένιου σκελετού τα κατασκεύασαν έτσι ώστε σε κάθε ένωση που έμπαινε βίδα έμπαινε και ένα παξιμάδι με σκοπό στην άκρη να σφίξει καλύτερα και να δέσουν καλύτερα τα κομμάτια του σκελετού και να γίνει πιο στιβαρός.

Το επόμενο βήμα ήταν να φτιάξουμε τις “θήκες” στις οποίες θα τοποθετηθούν οι βηματικοί κινητήρες (Εικόνα 6, Εικόνα 7) .

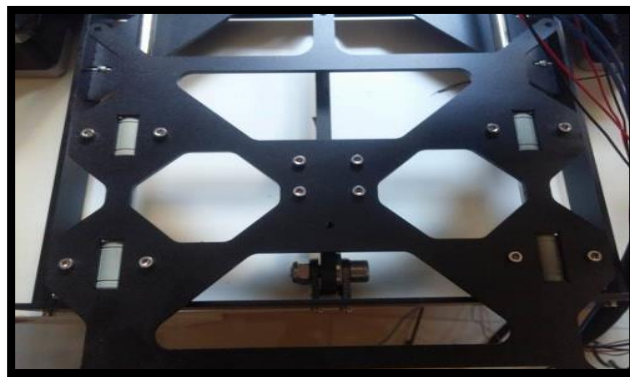


Εικόνα 6



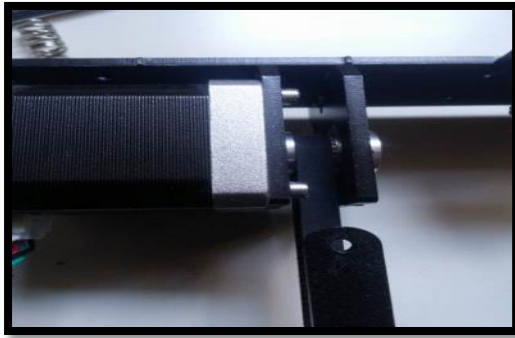
Εικόνα 7

Η ολοκλήρωση της κατασκευής του σκελετού πραγματοποιήθηκε με τη συναρμολόγηση του άξονα γ (Εικόνα 8) .



Εικόνα 8

Ο άξονας γ αποτελείται από ένα βηματικό κινητήρα ο οποίος βρίσκεται στην πίσω πλευρά του εκτυπωτή πάνω στον οποίο τοποθετήθηκε μια τροχαλία (Εικόνα 9), ενώ από την άλλη πλευρά ένα ρουλεμάν τοποθετημένο σε μια θήκη ενδιάμεσα από το οποίο πέρασα μια βίδα με ένα παξιμάδι στην άκρη (εικόνα 10).



Εικόνα 9



Εικόνα 10

Στη συνέχεια πήρα δύο ανοξειδωτους άξονες M8 μήκους 350mm και αφού πρώτα τους λάδωσα πέρασα στον κάθε άξονα από 2 Igus Drylin bearings (Εικόνες 10,11), τα οποία τα προτίμησα από τα LM8W λόγω του ότι κάνουν λιγότερο θόρυβο.

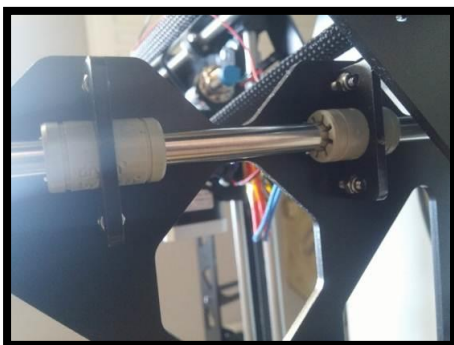


Εικόνα 10

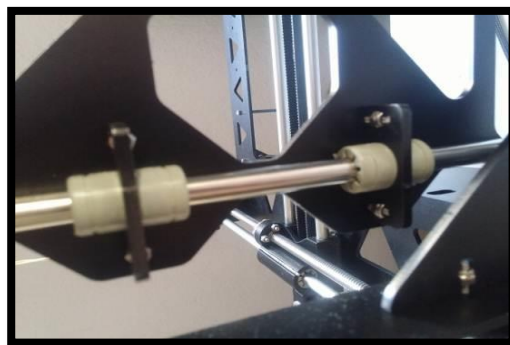


Εικόνα 11

Ύστερα τοποθέτησα τους δύο άξονες στις ειδικές υποδοχές πάνω στο σκελετό. Μετά έπρεπε να στερεώσω τη βάση της heated bed πάνω στα Igus Drylin bearings (Εικόνες 12,13). Για να γίνει αυτό χρησιμοποιήθηκαν 4 ατσαλένιες πλάκες σε σχήμα Π που τοποθετήθηκαν πάνω στα bearings και βιδώθηκαν στη βάση του εκτυπωτή.



Εικόνα 12



Εικόνα 13

Για να μπορέσει να κινείται η βάση της εκτύπωσης θα έπρεπε να περάσω μια ζώνη GT2 με δοντάκια πλάτους 6mm μέσα από το ρουλεμάν στη μία άκρη (Εικόνα 9) και στην τροχαλία στην άλλη (Εικόνα 10), ενώ οι δύο άκρες δένουν πάνω στη κρεβάτι εκτύπωσης σε δύο διαφορετικές θέσεις και ασφαλίστηκε η θέση τους με 2 tire up (Εικόνα 14) . Προσπάθησα να τεντώσω τη ζώνη όσο το δυνατόν περισσότερο για να κινείται καλύτερα το κρεβάτι εκτύπωσης.



Εικόνα 14

5.1.2 STEPPER MOTORS

Σαν stepper motors επιλέχθηκαν οι NEMA 17 της εταιρίας Bq (Εικόνα 15) με τα εξής χαρακτηριστικά (Torque 4,8kg/cm 47,1N/cm, supply voltage 3,1v, stepping angle 1,8 degrees current rating 2,5A, 4 pin male connector) είναι οι πιο διαδεδομένοι και οι πιο αξιόπιστοι (εικόνα 17) . Ο άξονας τους έπρεπε να λειανθεί με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι επίπεδος. Για την κατασκευή του εκτυπωτή χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 5 Stepper motors του ίδιου τύπου. Αλλάζοντας τους stepper motors με κάποιους άλλους μεγαλύτερης ακρίβειας μπορούμε να πετύχουμε μικρότερη ανάλυση εκτύπωσης.



Εικόνα 17

Το επόμενο βήμα περιλαμβάνει τη συναρμολόγηση των αξόνων Z και του X (για τους άξονες Z που βρίσκονται αριστερά και δεξιά του εκτυπωτή χρησιμοποιήσα δύο λείες ασαλένιες βέργες M8 μήκους 320mm που χρησιμεύουν σαν οδηγί). Αρχικά πάνω στον άξονα που κουμπώνει πάνω στους βηματικούς κινητήρες τοποθέτησα κι από ένα ελαστικό αλουμινένιο coupler, (Εικόνα 18) , μήκους 25mm και 5mm διαμέτρου ανοίγματος από την πλευρά του άξονα του κινητήρα και 8mm από την πλευρά που βιδώνει η threaded rod υψηλής ακρίβειας κίνησης (Εικόνες 19, 20).



Εικόνα 18



Εικόνα 19



Εικόνα 20

Στη συνέχεια κατασκευάζουμε τον άξονα X τον άξονα πάνω στον οποίο κινείται η κεφαλή μας. Ο άξονας X είναι αυτός που αποτελείται από τα περισσότερα κομμάτια που είναι εκτυπωμένα σε 3d εκτυπωτή. Αρχικά φτιάχνουμε το κομμάτι στο οποίο τοποθετείται ο κινητήρας. Τοποθετούμε 2 Igus bearings με την απαραίτητη λίπανση στην ανάλογη θέση από όπου θα περάσει ο οδηγός, βιδώνουμε τον κινητήρα και πάνω στον άξονα του κινητήρα βιδώνουμε μια τροχαλία (Εικόνα 21) .



Εικόνα 21

Συναρμολογούμε το δεύτερο κομμάτι του άξονα X. Τοποθετούμε πάλι δύο Igus bearings με την απαραίτητη λίπανση ενώ στο εσωτερικό του κομματιού αυτού χρησιμοποιούμε μια βίδα πάχους 8mm η οποία περνάει μέσα από το πλαστικό κομμάτι πάνω στο οποίο τοποθετείται μια τροχαλία και θα είναι υπεύθυνη για την κίνηση του άξονα X (Εικόνα 22). Η βίδα σε συνδυασμό με ένα παξιμάδι που βάζουμε στην άκρη του κομματιού παίζει το ρόλο του προεντατήρα.



Εικόνα 21

Μετά παίρνουμε δύο λείες ανοξείδωτες ράβδους μήκους 350mm τις λιπαίνουμε και τοποθετούμε 4 Igus bearings (2 για κάθε ράβδο) και τις περνάμε στις 4 εσοχές, 2 από κάθε κομμάτι αριστερά και δεξιά του εκτυπωτή. Αφού έγιναν οι απαραίτητες ρυθμίσεις ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο κάθετες και ίσιες οι ράβδοι, threaded rods και τα lead screws τα οποία τα βιδώνουμε πάνω στα εκτυπωμένα κομμάτια στα αριστερά και στα δεξιά του εκτυπωτή (Εικόνες 22, 23). Τα παξιμάδια αυτά σε συνδυασμό με τις σπειροειδής βέργες προσθέτουν επιπλέον ακρίβεια στην εκτύπωση μας.



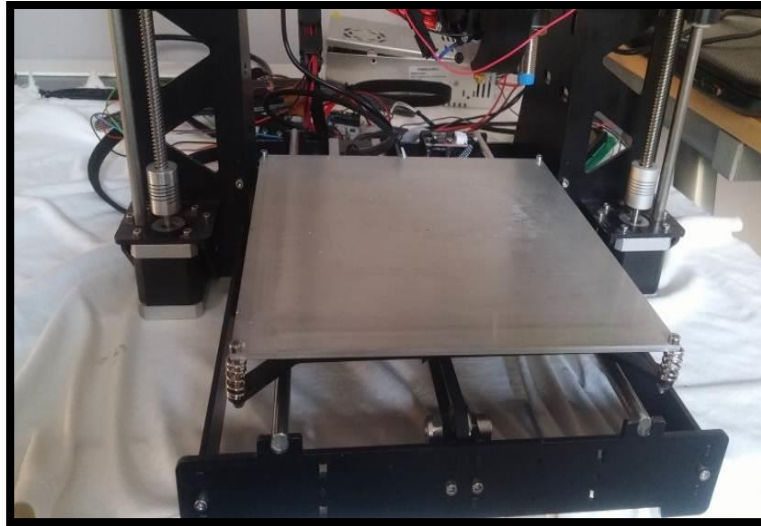
Εικόνα 22



Εικόνα 23

5.2 ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΚΟΜΜΑΤΙΑ

5.2.1 HEATED BED



Εικόνα 24

Το heated bed (Εικόνα 24) , είναι η επιφάνεια πάνω στην οποία τοποθετείται το εκτυπωμένο υλικό. Είναι πολύ σημαντικό η επιφάνεια αυτή να είναι θερμαινόμενη για να μη στερεοποιείται αμέσως το υλικό. Γι' αυτό το λόγο επέλεξα ένα αλουμινένιο heated bed γιατί θερμαίνεται πιο γρήγορα και δε χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί karton tape για να μη χαλάνε τα αντικείμενα εκτύπωσης. Για τον έλεγχο της θερμοκρασίας τοποθέτησα έναν αισθητήρα θερμοκρασίας στο κέντρο του κρεβατιού (Εικόνα 25, 26).



Εικόνα 25



Εικόνα 26

Επίσης κόλλησα στη βάση του κρεβατιού μια αντίσταση και ένα led ένδειξης λειτουργίας (Εικόνα 27).



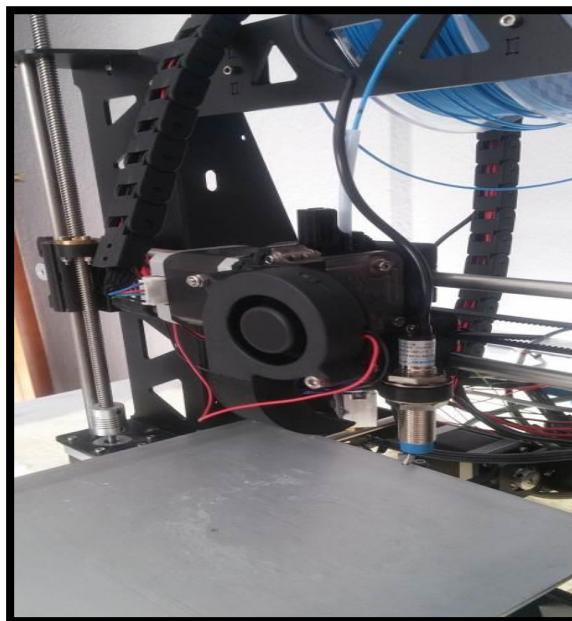
Εικόνα 27



Εικόνα 28

Για να ολοκληρωθεί η βάση εκτύπωσης βιδώθηκε το θερμαινόμενο κρεβάτι πάνω στη βάση σε τρία σημεία με ελατήρια ανάμεσα στις βίδες και στη βάση στήριξης (Εικόνα 28). Τα ελατήρια και οι βίδες παίζουν το ρόλο του ρυθμιστή ύψους τους κρεβατιού ώστε να είναι σε απόλυτη ευθεία.

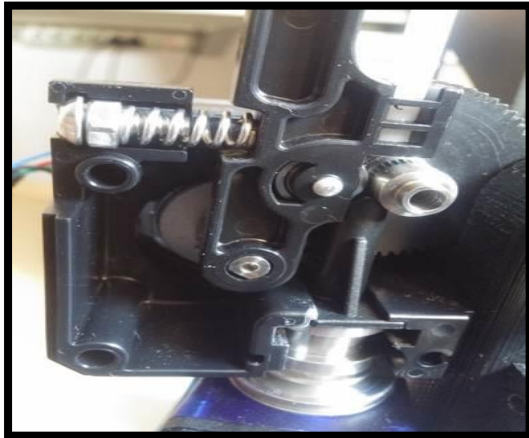
5.2.2 EXTRUDER



Εικόνα 29

Το επόμενο που είχα να κάνω αποτελεί ίσως το σημαντικότερο κομμάτι του εκτυπωτή και είναι η κατασκευή του extruder (Εικόνα 29) της καρδιάς,

ουσιαστικά, του εκτυπωτή. Ο extruder αποτελείται από α) ένα βηματικό κινητήρα, β) από ένα μηχανισμό από γρανάζια ο οποίος εξωθεί το πλαστικό (Titan της E3d (Εικόνα 30,31) και γ) από τη hot end (Volcano) .



Εικόνα 30



Εικόνα 31

Η hot end η οποία χρησιμοποιήσα είναι από την αγγλική εταιρία e3d αποτελείται από τη heatsink αλουμινίου (Εικόνα 32) μέσα στην οποία βιδώνει το heatbreak (ασάλι ανοξείδωτο, Εικόνα 33) ενώ στην άκρη βιδώνεται το heater block (Εικόνα 34), πάνω στο οποίο τοποθετούνται το nozzle (Εικόνα 35), στην περίπτωση μας 1mm, ένα thermistor cartridge Semitec 104 GT (Εικόνα 36), μια θερμική αντίσταση 24V (Εικόνα 37) και ένας ανεμιστήρας ψύξης (Εικόνα 38).



Εικόνα 32



Εικόνα 33



Εικόνα 34



Εικόνα 35

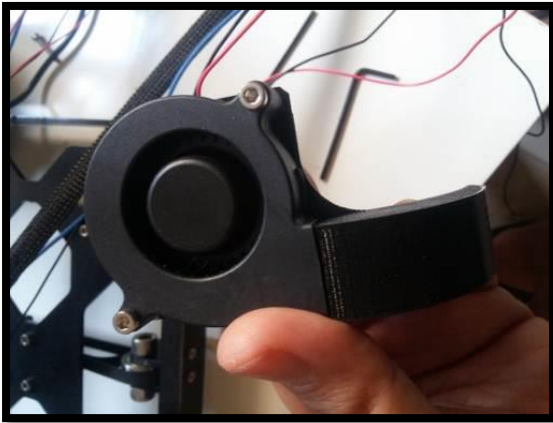


Εικόνα 36



Εικόνα 37

Βέβαια ο extruder για να στερεωθεί χρησιμοποιήθηκε ένα εκτυπωμένο σε 3d printer κομμάτι. Για επιπλέον ψύξη χρησιμοποιήσα και ένα ανεμιστήρα που ψύχει το υλικό αμέσως μόλις βγει από το nozzle για πιο σταθερές εκτυπώσεις (Εικόνα 38). Μέσα στον extruder τοποθετήθηκε και ένα κομμάτι PTFE σωλήνα εξωτερικής διαμέτρου 4mm και εσωτερικής 2mm που χρησιμοποιείται σαν οδηγός για το πλαστικό (εικόνα 39)



Εικόνα 38



Εικόνα 39

5.3 ELECTRONICS

5.3.1 ΤΡΟΦΟΔΟΤΙΚΟ

Αρχικά για να τροφοδοτήσω τον εκτυπωτή αποφάσισα να χρησιμοποιήσω αντί για το συμβατικό 12V τροφοδοτικό 24V (Εικόνες 40, 41) , έτσι οι θερμοκρασίες που χρειάζονται για τη λειτουργία του heated bed και της hot end επιτυγχάνονται γρηγορότερα.



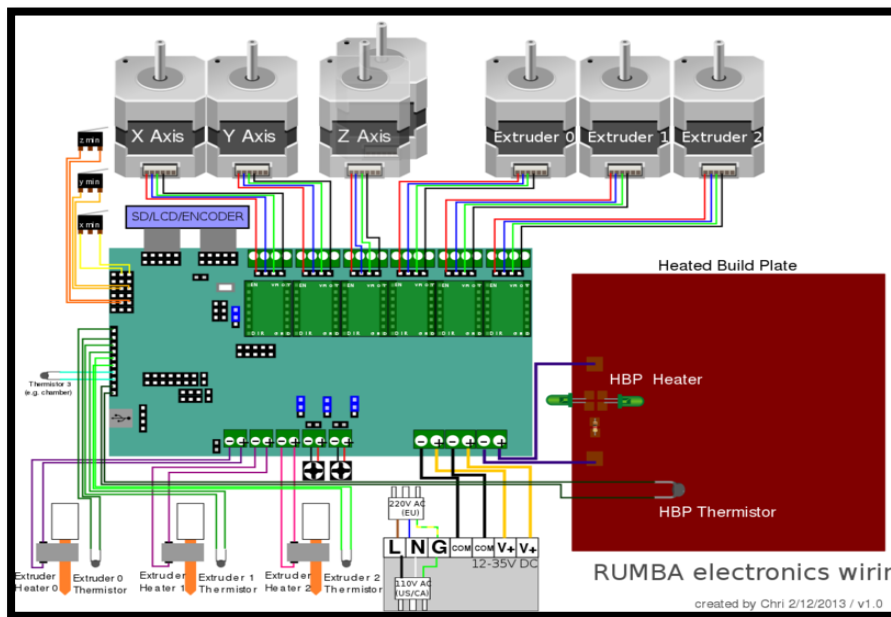
Εικόνα 40



Εικόνα 41

Η επιλογή του 24V τροφοδοτικού με οδήγησε και στην επιλογή της motherboard βασισμένο σε Arduino ο οποίος μπορεί να λειτουργήσει από 12-35V τροφοδοσία.

5.3.2 MOTHERBOARD



Εικόνα 42α

Η motherboard που επέλεξα ήταν η R.U.M.B.A που είναι τα αρχικά από RepRap Universal Mega Board with Allegro driver (Εικόνα 42, 42α). Πάνω στην οποία τοποθετούνται όλα όσα χρειάζονται για να λειτουργήσει ο εκτυπωτής. Επιλέχθηκε η συγκεκριμένη motherboard επίσης για το γεγονός ότι δεν χρειάστηκε επιπλέον shield για τους stepper motors όπως θα χρειαζόταν αν χρησιμοποιούσα έναν απλό Arduino MEGA αφού η συγκεκριμένη motherboard το έχει ενσωματωμένο.



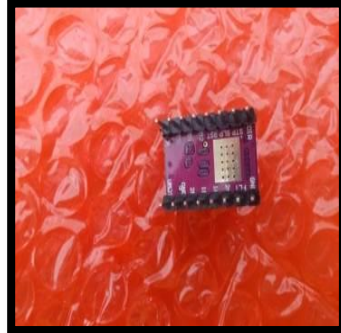
Εικόνα 42

5.3.3 STEPPER MOTOR DRIVERS

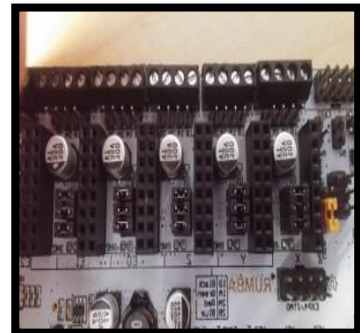
Σαν stepper motor drivers χρησιμοποίησα 4 drv8825 γιατί έτσι λειτουργεί ο κινητήρας σε χαμηλότερα επίπεδα θορύβου (Εικόνα 43,44). Επίσης με τους συγκεκριμένους stepper drivers υπάρχει η δυνατότητα επιλογής του βήματος, ολόκληρο βήμα, μισό βήμα, 1/4 του βήματος, 1/8 του βήματος, 1/16 του βήματος και 1/32 του βήματος το οποίο και επιλέχθηκε για μεγαλύτερη ακρίβεια στην κίνηση των βηματικών μηχανών. Η επιλογή γίνεται 3 jumpers που βρίσκονται κάτω από τη θέση του κάθε stepper motor (Εικόνα 45)



Εικόνα 43

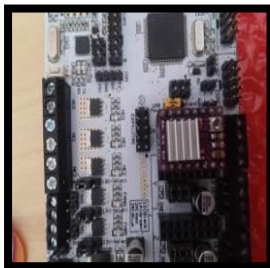


Εικόνα 44

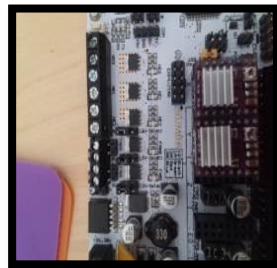


Εικόνα 45

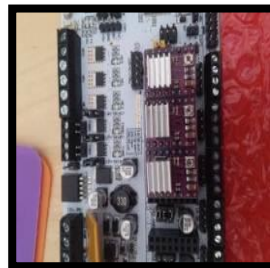
Πρώτα απ' όλα συνέδεσα τους stepper motor driver για τον άξονα X (Εικόνα 46), μετά για τον άξονα Y (Εικόνα 47), για τον άξονα Z (Εικόνα 48) και τέλος για τον extruder (Εικόνα 49).



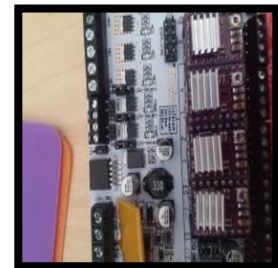
Εικόνα 46



Εικόνα 47



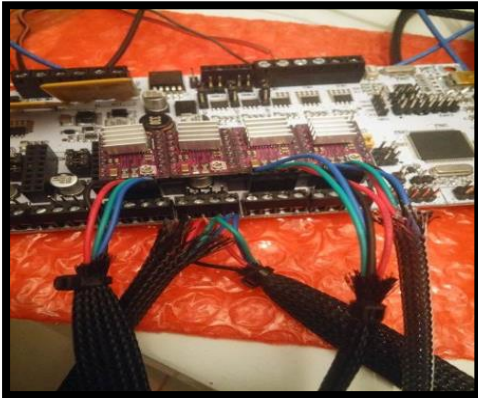
Εικόνα 48



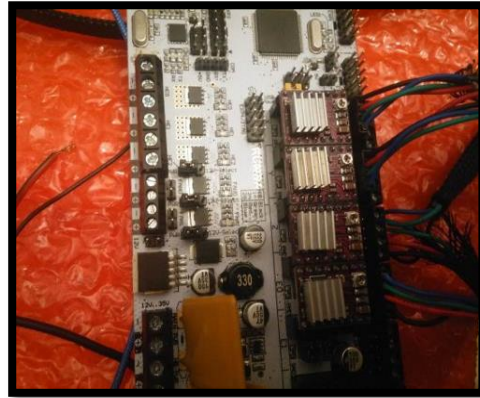
Εικόνα 49

Αφού ολοκληρώθηκε η τοποθέτηση stepper driver, θα έπρεπε να γίνει η ρύθμιση τους έτσι ώστε να δίνουν σωστό V_{ref} στους κινητήρες, τόσο όσο χρειάζεται για να λειτουργούν σωστά και να μην ανεβάζουν θερμοκρασία οι stepper driver. Αυτό γίνεται με ένα ποτενσιόμετρο που βρίσκεται πάνω σε κάθε stepper motor. Το σωστό V_{ref} που θα πρέπει να μετρήσουμε εξαρτάται από το ρεύμα του stepper motor στην, περίπτωση μας 1,25A per phase και το driver continuous current, για τον drv8825, 1.5A. Παίρνοντας τον τύπο $Current\ limit = V_{ref} * 2$ δηλ για current limit 1.25A η $V_{ref} = 0,625V$.

Επόμενο βήμα ήταν η σύνδεση των stepper motors στη motherboard. Οι δικοί μας stepper motors έχουν 2 σπείρες και η κάθε μια έχει από ένα ζευγάρι καλωδίων. Για να βρώ ποιο ζευγάρι ανήκει σε κάθε σπείρα, σύνδεσα ένα led σε κάθε ζευγάρι καλωδίων, γυρνούσα τον stepper motor από τη μία κατεύθυνση και αν άναβε σήμαινε ότι αυτό ήταν το σωστό ζευγάρι. Για τους συγκεκριμένους stepper motors ήταν μαύρο+ κόκκινο, πράσινο+ μπλέ (Εικόνες 50,51). Όπως φαίνεται στις εικόνες όσον αναφορά τον άξονα Z έχουμε 4 ζευγάρια καλωδίων καθώς έχουμε να κάνουμε με 2 βηματικούς κινητήρες που κινούν τον άξονα Z.

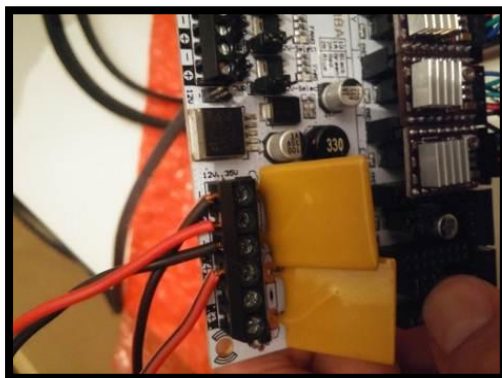


Εικόνα 50

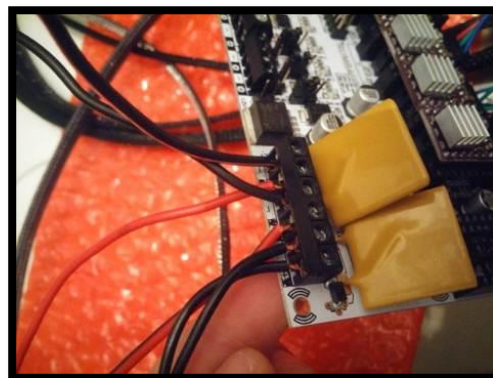


Εικόνα 51

Στη συνέχεια συνδέθηκαν, η τροφοδοσία, που αποτελείται από 2 ζευγάρια καλωδίων, + και - που ξεκινούν από το τροφοδοτικό μας (Εικόνα 52) και τα καλώδια που τροφοδοτούν το heated bed (Εικόνα 53).



Εικόνα 52



Εικόνα 53

5.3.4 ΟΡΙΑΚΟΙ ΔΙΑΚΟΠΤΕΣ

Σειρά είχαν οι οριακοί διακόπτες για τους άξονες X,Y (Εικόνα 54). Σαν οριακούς διακόπτες επέλεξα 3 απλούς Normally Open μηχανικούς διακόπτες.



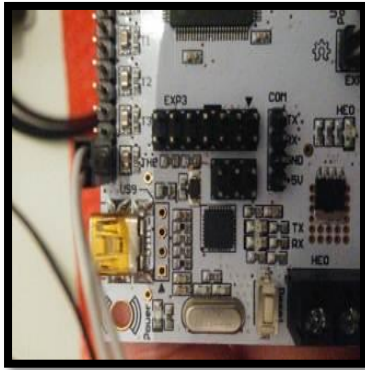
Εικόνα 54

Σαν οριακό διακόπτη για τον Z χρησιμοποίησα έναν proximity sensor LJ12A3-4-Z/BX (Εικόνα 55) πάχους 12mm. Αυτό έγινε για να μπορέσω να εκμεταλλευτώ στο έπακρο ολόκληρη την επιφάνεια εκτύπωσης. Ο οριακός αυτός διακόπτης είναι NPN NO (Normal Open) και τοποθετείται σε μια εκτυπωμένη προέκταση δίπλα στον extruder. Βασική προϋπόθεση για να λειτουργήσει είναι να υπάρχει κάποια μεταλλική επιφάνεια τουλάχιστον 4mm πάχους.



Εικόνα 55

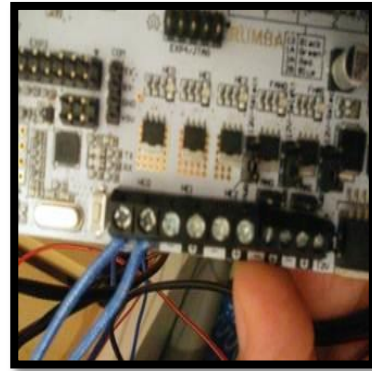
Το επόμενο βήμα περιελάμβανε τη σύνδεση του thermistor του heated bed (Εικόνα 56), του thermistor cartridge του extruder (εικόνα 57), καθώς και την τροφοδοσία του Heater Cartridge (εικόνα 58).



Εικόνα 56



Εικόνα 57



Εικόνα 58

Τέλος τους ανεμιστήρες ψύξης επέλεξα να τους δώσω κατευθείαν τάση γιατί ήθελα να δουλεύουν συνεχώς. Μ' αυτό τον τρόπο ολοκληρώθηκε η κατασκευή του 3d printer

6. ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής του εκτυπωτή και κατά τη χρήση του, παρατηρήθηκαν κάποιες αδυναμίες του αρχικού στησίματος του. Αυτές οι αδυναμίες είχαν να κάνουν είτε με την ταχύτητα εκτύπωσης, είτε με την ευκολία αλλαγής πχ filament, με την ποιότητα της εκτύπωσης, με την ακρίβεια των κινήσεων, κατά κύριο λόγο του άξονα Z, όπως επίσης και με την ακρίβεια των αισθητηρίων κυρίως θερμοκρασίας. Γι' αυτό το λόγο, πριν την ολοκλήρωση της κατασκευής στη μορφή που είναι τώρα, έκανα κάποιες αλλαγές/ βελτιώσεις.

Αρχικά, παρατήρησα ότι κάθε φορά που χρειαζόταν να αλλάξω filament ή όταν για κάποιο λόγο κολλούσε το filament στον extruder, ήταν πολύ δύσκολη και χρονοβόρα διαδικασία. Αυτό οφειλόταν στον παλιό extruder ο οποίος αποτελούνταν κατά κύριο λόγο από εκτυπωμένα κομμάτια (Εικόνα 59) ο οποίος αντικαταστάθηκε από τον Titan. Με τον Titan η αλλαγή του filament έγινε πολύ πιο εύκολη όπως επίσης κι ο έλεγχος σε περίπτωση κάποιου κολλήματος του υλικού



Εικόνα 59

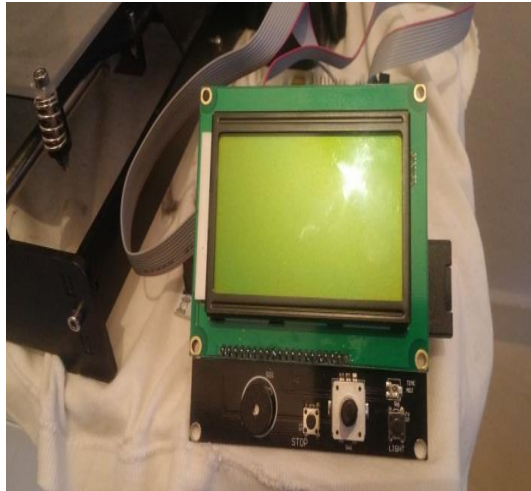
Η αλλαγή αυτή είχε ως αποτέλεσμα να χρειαστεί να αλλάξει ουσιαστικά όλος ο extruder όσον αφορά τα εκτυπωμένα κομμάτια αλλά ακόμα κι έτσι η τοποθέτηση και συναρμολόγηση ήταν πολύ πιο εύκολη. Με την προσθήκη του Titan πρόσθεσα κι ένα ανεμιστήρα που ψύχει το υλικό που εκτυπώνεται για γρηγορότερη στερεοποίηση του υλικού καθώς επίσης και αντικατέστησα το παλιό μηχανικό end stop για τον άξονα Z με έναν proximity sensor.

Επόμενη αλλαγή/ βελτίωση που έκανα ήταν να αλλάξω το hot end V6 με το Volcano πάλι της E3D. Η διαφορά του Volcano έχει να κάνει με την ποιότητα της εκτύπωσης, καθώς έχει τη δυνατότητα να εκτυπώνει πιο στιβαρές κατασκευές και με μεγαλύτερη ταχύτητα με το μειονέκτημα, βέβαια, της όχι τόσο καλής ανάλυσης εκτύπωσης. Μαζί με τον Volcano, αντικατέστησα το παλιό thermistor με ένα thermistor cartridge το οποίο δίνει μεγαλύτερη ακρίβεια θερμοκρασίας (Εικόνα 60).



Εικόνα 60

Η τελευταία προσθήκη που έκανα ήταν η χρησιμοποίηση μίας οθόνης Icd 12864 (Εικόνα 61) με ενσωματωμένο SD card reader. Η οθόνη αυτή δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να χρησιμοποιεί τον εκτυπωτή χωρίς την ύπαρξη Η/Υ φορτώνοντας απλά το σχέδιο σε μια SD κάρτα. Η οθόνη αυτή ελέγχου μας επιτρέπει να κάνουμε όλους τους απαραίτητους χειρισμούς και ελέγχους ακόμα και κατά τη διάρκεια της εκτύπωσης.



Εικόνα 61

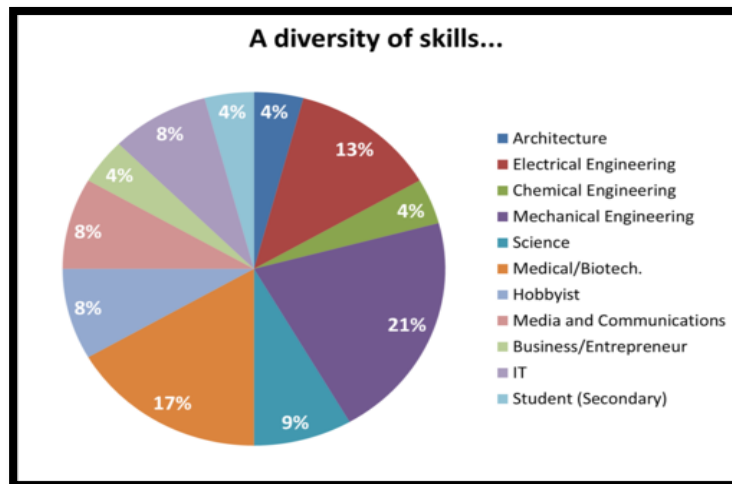
6.1 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΕΙΣ

Οι 3d printers κινούνται περίπου γύρω από την ίδια λογική με τα CNC δηλαδή. έχουμε πάλι 3 άξονες κίνησης X, Y, Z, έχουμε πάλι ένα αρχείο σε μορφή G-code, κώδικας στον οποίο μεταφράζεται κάθε τρισδιάστατο σχέδιο, το μόνο που αλλάζει είναι ο τρόπος δημιουργίας του αντικειμένου. Η μετατροπή του εκτυπωτή σε μια μηχανή CNC μικρού μεγέθους θα μπορούσε να είναι μία βελτίωση του υπάρχοντος εκτυπωτή.

Ένα μειονέκτημα του εκτυπωτή είναι το μικρό μέγεθος αντικειμένων που μπορεί να εκτυπώσει. Υπάρχει όμως η δυνατότητα να γίνουν κάποιες βελτιώσεις, κυρίως στον σκελετό και στο printed bed, ώστε να μεγαλώσει σε μέγεθος ο εκτυπωτής και κατ' επέκταση και τα αντικείμενα εκτύπωσης.

6.2 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Όσο οι τομείς εφαρμογής του 3D printing διευρύνονται, η πρώτη λογική και μεγαλύτερη συνέπεια είναι ότι περισσότερα προϊόντα θα παράγονται εκεί ακριβώς που υπάρχει ανάγκη ή η επιθυμία αγοράς και κατανάλωσης. Ίσως, ακόμα και να φτάσουμε στο σημείο παραγωγής ορισμένων ή αρκετών προϊόντων στο ίδιο μας το σπίτι! Με την προϋπόθεση πάντα ότι έχουμε τα απαραίτητα υλικά και εργαλεία.

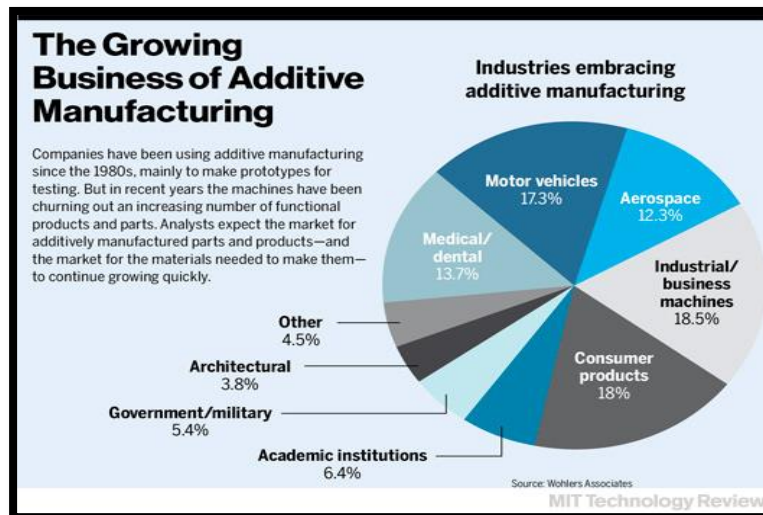


Εικόνα 62

Είναι, δηλαδή, επόμενο να σκεφτούμε ότι για κάποια από τα προϊόντα που σήμερα παράγονται μαζικά σε μεγάλες βιομηχανίες, δεν θα ισχύει το ίδιο στο μέλλον. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν είναι πολλοί εκείνοι που τολμούν να προβλέψουν ότι θα αντικατασταθεί η βιομηχανική παραγωγή. Οι περισσότεροι υποστηρίζουν ότι θα συνεχίσει να υπάρχει, λειτουργώντας παράλληλα με την οικιακή.

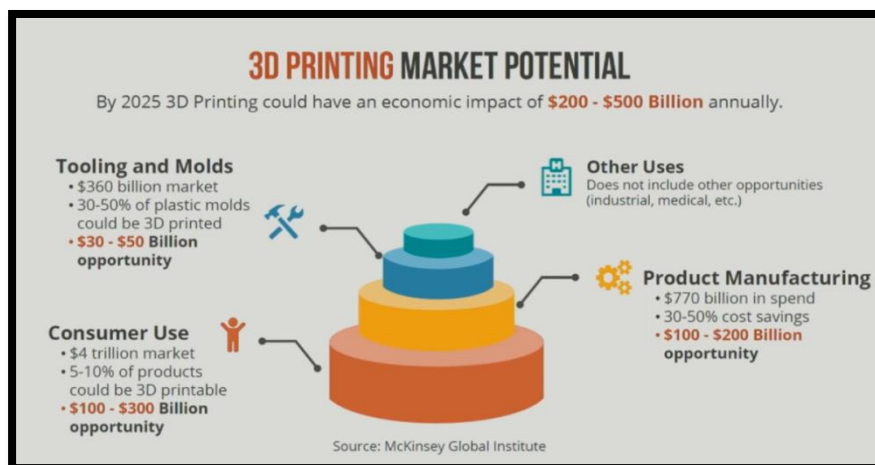
Πέρα από το οικονομικό όφελος, μια ενδεχόμενη επικράτηση του μοντέλου παραγωγής από το σπίτι ή έστω από μικρά, τοπικά και δημόσια κέντρα σε κάθε γειτονιά θα επιφέρει και άλλες σημαντικές αλλαγές. Στη θεωρία, κάθε προϊόν μπορεί να κατασκευάζεται με βάση τα δικά μας εξατομικευμένα γούστα και τις προδιαγραφές που επιθυμούμε. Κατά συνέπεια, οι επιχειρήσεις και οι βιομηχανίες σε κάθε τομέα θα αναγκαστούν να αλλάξουν τις στρατηγικές και τη λειτουργία τους.

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές δίνουν μια πρώτης τάξεως ευκαιρία σε νέους επιχειρηματίες και νεοσύστατες εταιρείες να μετατρέψουν μια ιδέα σε σχέδιο και από εκεί σε προϊόν που φτάνει στο καταναλωτικό κοινό, σχεδόν άμεσα και με κόστος πολύ χαμηλότερο από το σημερινό. Η αγορά μπορεί να κατακλυστεί από νέα προϊόντα που δεν έβρισκαν τον “δρόμο” για το σπίτι μας. Οι πιο αισιόδοξοι υποστηρίζουν ότι η ατομική δημιουργικότητα και η φαντασία του κοινού θα γνωρίσουν μέρες άνθισης και οι καινοτόμες ιδέες θα είναι καθημερινές και άμεσα εφαρμόσιμες.



Εικόνα 63

Τα οφέλη της νέας τεχνολογίας, αναμένεται να είναι αρκετά και για το περιβάλλον. Πρέπει να παραδεχτούμε ότι, με τα σημερινά δεδομένα, όλοι μας αφήνουμε στον πλανήτη ένα αρκετά μεγάλο “αποτύπωμα άνθρακα”. Και από τους πιο επιβαρυντικούς παράγοντες που συνεισφέρουν σε αυτό είναι η παραγωγή, μεταφορά και διάθεση προϊόντων. Με τους τρισδιάστατους εκτυπωτές, οι εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα θα μειωθούν αισθητά, αφού τα τρισδιάστατα εκτυπωμένα αγαθά μπορούν να κατασκευασθούν εκεί που τα θέλουμε και με μία και μόνη διαδικασία. Ξεχνάμε, δηλαδή, μεταφορές με πλοία, φορτηγά, αεροπλάνα και φανταζόμαστε έναν κόσμο με λιγότερες τεραστίων διαστάσεων (και φουγάρων) βιομηχανίες.



Εικόνα 64

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Πνευματικής Ιδιοκτησίας εκτιμά ότι η αγορά τρισδιάστατων εκτυπώσεων θα φτάσει τα 6,5 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2019. Το 1913-1914 ο Χένρι Φορντ εγκαινιάζει την φημισμένη “γραμμή παραγωγής”, η οποία είναι μέχρι σήμερα το κυρίαρχο μοντέλο σε κάθε μεγάλη βιομηχανία. Εκατό

χρόνια μετά, μια νέα καινοτομία – εξατομικευμένη, τοπική και ευέλικτη – φιλοδοξεί να την αντικαταστήσει. Μια εποχή ευκίνητης βιομηχανίας γεννιέται.

7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] 3D Printing: Third Edition – 9 Nov 2016 by Christopher Barnatt
- [2] The A-Z 3D Printing Handbook: The Complete Guide to Rapid Prototyping – 1 Feb 2016 by Sean Aranda
- [3] The Next Big Thing: From 3D Printing to Mining the Moon – 9 Nov 2015 by Christopher Barnatt
- [4] 3D Printing Will Rock the World by John Hornick
- [5] The Zombie Apocalypse Guide to 3D Printing by Clifford Smyth
- [6] Maintaining and Troubleshooting Your 3D Printer by Charles Bell
Mastering 3D Printing by Joan Horvath
- [7] Online κατάστημα που ειδικεύεται στους 3d printers με έδρα την Αθήνα <https://www.fixers.gr/>
- [8] Online κατάστημα που ειδικεύεται στους 3d printers με έδρα την Ισπανία <http://orballoprinting.com/en/>
- [9] Online κατάστημα που ειδικεύεται στους 3d printers με έδρα την Αγγλία <http://ooznest.co.uk/>
- [10] Online κατάστημα το οποίο δέχεται παραγγελίες για σχεδίαση και εκτύπωση τρισδιάστατων αντικειμένων <https://www.3dhubs.com/>
- [11] Το forum της κοινότητας rep rap <http://reprap.org/>
- [12] Είναι μία τεράστια βιβλιοθήκη με αντικείμενα σε μορφή stl <http://www.thingiverse.com/>
- [13] Online πλατφόρμα λογισμικού για 3d printers και όχι μόνο <https://github.com/>
- [14] Ο ιστότοπος από τον οποίο μπορεί κάποιος να κατεβάσει το πρόγραμμα χειρισμού του 3d printer <http://marlinfw.org/>
- [15] Ιστότοπος του software χειρισμού της motherboard <https://www.arduino.cc/>
- [16] Το site μια εκ των μεγαλύτερων κατασκευαστριών επιτραπέζιων 3d printers <https://ultimaker.com/>

[17] Forum που ασχολείται με θέματα 3d printing <http://www.3ders.org>

[15] Κανάλι στο youtube του Thomas Sanladerer που ασχολείται με θέματα 3d printing <https://www.youtube.com/channel/UCb8Rde3uRL1ohROUVg46h1A>