
**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΊΔΡΥΜΑ
ΚΡΗΤΗΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

**ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΣ ΕΚΤΥΠΩΤΗΣ ΧΑΜΗΛΟΥ
ΚΟΣΤΟΥΣ ΜΕ ΒΕΛΤΙΩΜΕΝΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ
ΣΤΙΒΑΡΟΤΗΤΑΣ**

ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ:

ΑΓΓΕΛΙΔΑΚΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

Α.Μ.: 5917

Επιβλέπων:

Δρ. Πετούσης Μάρκος

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν στην υλοποίηση αυτής της εργασίας, όλο αυτό το χρονικό διάστημα. Πρώτα από όλα θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες στους γονείς μου, Μαρία Μουζουράκη και Μανώλη Αγγελιδάκη αλλά και στα αδέρφια μου, που με στήριζαν ηθικά και οικονομικά όλα αυτά τα χρόνια, δίνοντας μου κουράγιο να φτάσω στο στόχο μου.

Η εκπόνηση της πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε υπό την επίβλεψη του καθηγητή Δρ. Πετούση Μάρκου, τον οποίο ευχαριστώ θερμά για τη βοήθεια, τη συμπαράσταση και την άριστη καθοδήγησή του.

Περίληψη

Στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη και κατασκευή τρισδιάστατου εκτυπωτή χαμηλού κόστους. Αρχικά γίνεται ιστορική αναδρομή στην τρισδιάστατη εκτύπωση και στις κατηγορίες των εκτυπωτών που κατασκευάστηκαν από τον πρώτο μέχρι και σήμερα, στην συνέχεια αναλύονται τεχνολογίες της τρισδιάστατης εκτύπωσης και σε ποιούς τομής βρίσκει εφαρμογή σήμερα.

Έπειτα αναφέρονται η τεχνικές της τρισδιάστατης εκτύπωσης, και συγκεκριμένα οι διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την δημιουργία τρισδιάστατων μοντέλων με την χρήση διαφορετικών υλικών και τεχνικών. Η παρουσίαση αυτή περιλαμβάνει αναλυτική περιγραφή των διαφόρων τεχνικών της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Στη συνέχεια αναφέρονται και αναλύονται άλλα είδη τρισδιάστατων εκτυπωτών χαμηλού κόστους. Αναφέρετε η κοινότητα που έχει αναπτυχθεί γύρω από την ιδέα του ανοιχτού λογισμικού και των τρισδιάστατων εκτυπωτών. Έπειτα γίνεται παρουσίαση όλων των εξαρτημάτων του εκτυπωτή και εκτενής αναφορά στον τρόπο χρήσης για το καθένα από αυτά.

Μετά την παρουσίαση των εξαρτημάτων γίνεται περιγραφή της συναρμολόγησης του τρισδιάστατου εκτυπωτή βήμα βήμα για κάθε άξονα κίνησης ξεχωριστά. Στην συνέχεια παρουσιάζονται τα προγράμματα και η εφαρμογές καθοδήγησης τρισδιάστατου εκτυπωτή, καθώς και ανάλυση των διεργασιών του κάθε ενός ξεχωριστά.

Περιεχόμενα

1	Τρισδιάστατη εκτύπωση	7
1.1	Ιστορική αναδρομή τρισδιάστατης εκτύπωσης	8
1.2	Μοντελοποίηση	9
1.3	Έλεγχος και εκτύπωση	10
1.4	Φινίρισμα εκτυπωμένων μοντέλων	12
2	Μέθοδοι εκτύπωσης	13
2.1	Εναπόθεση-εξώθηση υλικού τρισδιάστατης εκτύπωσης	14
2.2	Τρισδιάστατη εκτύπωση με δέσμευση του κοκκώδους υλικού	17
2.3	Πλαστικοποίηση	20
2.4	Φωτοπολυμερισμός	20
2.5	Powder-fed directed-energy deposition	24
2.6	Διεργασίες μεταλλικού σύρματος	26
3	Τρισδιάστατοι εκτυπωτές	27
3.1	Τρισδιάστατοι εκτυπωτές στην βιομηχανία	27
3.2	Καταναλωτική χρήση τρισδιάστατων εκτυπωτών	28
3.3	Μεγάλοι τρισδιάστατη εκτυπωτές	31
3.4	Τρισδιάστατη εκτυπωτές νάνο-κλίμακας	32
4	Τρισδιάστατοι εκτυπωτές χαμηλού κόστους	34
4.1	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Prusa mendel i1	34
4.2	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Prusa mendel i2	35
4.3	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Prusa mendel i3	36
4.4	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Huxley	36
4.5	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Mendelmax	37
4.6	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Printrbot	39
4.7	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Eventorbot	39
4.8	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Wallace	40
4.9	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Mix g1	41
4.10	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Mendel rostock	41
4.11	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Wilson	42
4.12	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Wilson 2	43

4.13	Τρισδιάστατος εκτυπωτής Wilson TS	44
4.14	Τρισδιάστατος εκτυπωτής ord bot.....	45
5	Αρχική ιδέα και επιλογή τρισδιάστατου εκτυπωτή	46
6	Εξαρτήματα τρισδιάστατου εκτυπωτή	49
6.1	Προφίλ αλουμινίου	49
6.2	Coupler 5 χιλιοστά έως 8 χιλιοστά	52
6.3	MK8 προωθητήρας.....	53
6.4	Τερματική διακόπτες	53
6.5	Ρουλεμάν 608Z – 8mm	54
6.6	Εξοθίρας E3D V6	55
6.7	Πλάκα εκτύπωσης	55
6.8	Ράουλα κίνησης.....	56
6.9	Υλικό εκτύπωσης.....	57
6.10	Ραβδί με σπείρωμα	58
6.11	Σπιράλ περίδεσης καλωδίων	58
6.12	Σωλήνας τεφλόν.....	59
6.13	Ιμάντας χρονισμού.....	60
6.14	Τροχαλία ιμάντα	60
6.15	Pulley gear	61
6.16	Βίδες και περτσίνια	61
7	Κατασκευάσιμα μέρη τρισδιάστατου εκτυπωτή	62
7.1	Κοπή πλάσμα.....	64
7.2	Πόδι εκτυπωτή A.....	65
7.3	Πόδι εκτυπωτή B.....	65
7.4	Γωνίες στηρίξεως.....	66
7.5	Βάσης βηματικών κινητήρων	66
7.6	Πλάκα άξονα Y	67
7.7	Πλάκα εκτύπωσης	68
7.8	Βάση εξωθητηρα.....	69
7.9	Πλάτη εκτυπωτή.....	69
7.10	Δεξιά βάση άξονα X.....	70
7.11	Βάση τροχαλίας.....	71
7.12	Αριστερή βάση άξονα X.....	71

7.13	Στήριξη σπυρωτού ράβδου	72
8	Συναρμολόγηση	73
8.1	Συναρμολόγηση Υ άξονα.....	73
8.2	Συναρμολόγηση Ζ άξονα.....	76
8.3	Συναρμολόγηση Χ άξονα.....	78
8.4	Τελική μορφή εκτυπωτή.....	82
9	Προγράμματα και εφαρμογές καθοδήγησης.....	84
9.1	Κώδικας μικροεπεξεργαστή	84
9.2	Βαθμονόμηση εκτυπωτή.....	87
9.3	Πρόγραμμα καθοδήγησης εκτυπωτή.....	90
9.4	Πρόγραμμα εξαγωγής κώδικα G	91
10	Χρήση του εκτυπωτή.....	93
11	Συμπεράσματα	96

1 Τρισδιάστατη εκτύπωση

Ο όρος τρισδιάστατη εκτύπωση αναφερόταν αρχικά σε μια διαδικασία που μπορεί να χαρακτηριστεί παρόμοια με αυτή των εκτυπωτών χάρτου εκτόξευσης μελάνης (ink jet). Μια ειδική κεφαλή, η οποία μετακινείται ελεύθερα στο επίπεδο εκτύπωσης, αποθέτει τόσο το ειδικό υλικό από το οποίο κατασκευάζεται το μοντέλο, όσο και το υλικό υποστήριξης, πάνω στο οποίο θα τοποθετηθεί η επόμενη στρώση.



ΕΙΚΟΝΑ 1: ένας από τους πρώτους τρισδιάστατους εκτυπωτές

Όταν η διαδικασία εναπόθεσης ενός στρώματος τελειώσει, το δάπεδο της εκτύπωσης βυθίζεται ελάχιστα και ξεκινά η εναπόθεση νέου. Αυτή η διαδικασία εναπόθεσης στρωμάτων συνεχίζεται μέχρι να σχηματιστεί το επιθυμητό τρισδιάστατο μοντέλο. Αφού τελειώσει η διαδικασία της τρισδιάστατης εκτύπωσης, το αντικείμενο καθορίζεται από το υλικό υποστήριξης και είναι έτοιμο για χρήση.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση, αναφέρεται σε διαδικασίες που χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση ενός τρισδιάστατου αντικειμένου, στο οποίο τα διαδοχικά στρώματα του υλικού που σχηματίζονται υπό τον έλεγχο του υπολογιστή για να δημιουργήσει ένα αντικείμενο. Τα αντικείμενα μπορούν να έχουν σχεδόν οποιοδήποτε σχήμα ή γεωμετρία και παράγονται με τη χρήση ψηφιακών δεδομένων μοντέλο από ένα τρισδιάστατο μοντέλο ή άλλη ηλεκτρονική πηγή δεδομένων.

1.1 Ιστορική αναδρομή τρισδιάστατης εκτύπωσης

Η τρισδιάστατη εκτύπωση αναπτύχθηκε στη δεκαετία του 1980. Το 1981 ο Hideo Kodama επινόησε δύο κατασκευαστικές μεθόδους ένα τρισδιάστατο πλαστικό μοντέλο με πολυμερές φώτο-σκλήρυνση, όπου είναι μια διαδικασία κατασκευής πρόσθετης ύλης που λειτουργεί με την έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία (UV).



ΕΙΚΟΝΑ 2: Ο Chuck Hull με τον πρώιμο τρισδιάστατο εκτυπωτή

Με τη βοήθεια του υπολογιστή, το λέιζερ UV χρησιμοποιείται για να σχεδιαστεί ένα προγραμματισμένο σχεδιασμό ή ένα σχήμα, στην επιφάνεια μιας δεξαμενής με φωτοπολυμερές. Επειδή τα φωτοπολυμερεί είναι φωτοευαίσθητα υπό το υπεριώδες φως, η ρητίνη στερεοποιείται και σχηματίζει ένα ενιαίο στρώμα του τρισδιάστατου αντικείμενου. Η διαδικασία αυτή επαναλαμβάνεται για κάθε στρώμα του σχεδιασμού μέχρι το τρισδιάστατο αντικείμενο να είναι πλήρες.

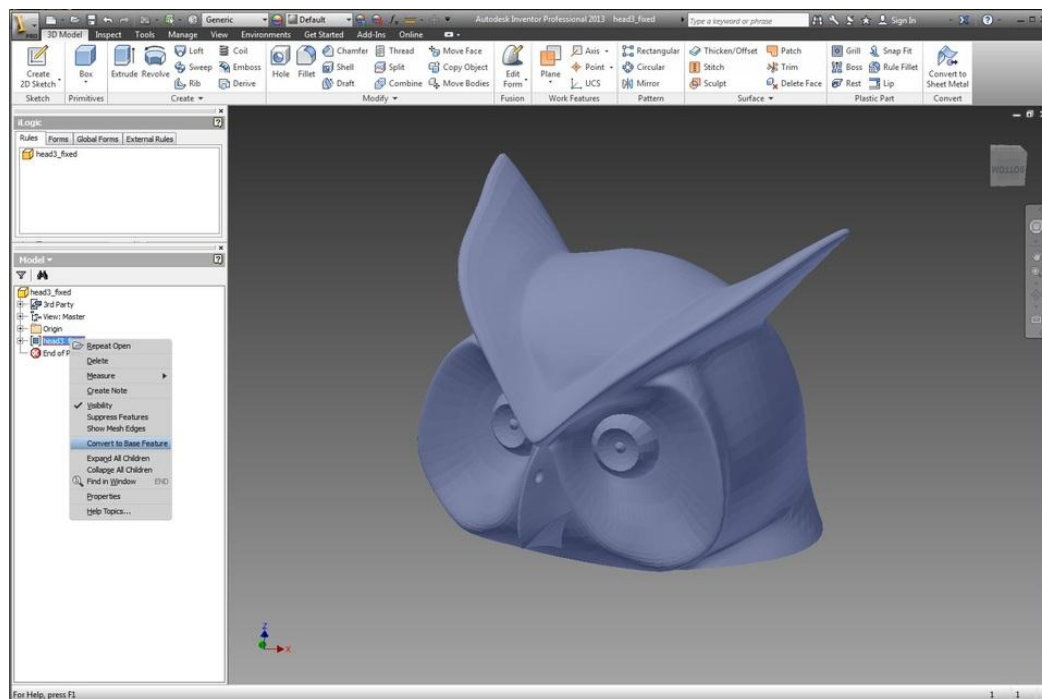
Στις 16 Ιούλ, 1984 ο Alain Le Méhauté, ο Olivier de Witte και ο Jean Claude André κατάθεσαν δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την στερεολιθογραφία. Ήταν τρεις εβδομάδες πριν από τον Chuck Hull κατέθεσε τη δική του πατέντα για στερεολιθογραφία.

Στην οποία οι στρώσεις έχουν προστεθεί από σκλήρυνση φώτοπολυμερών με υπεριώδες φως λέιζερ, αλλά αυτό είχε ήδη εφευρεθεί από τον Kodama. Η συνεισφορά Hull είναι ο σχεδιασμός της μορφής STL αρχείο ευρέως αποδεκτή από το λογισμικό τρισδιάστατης εκτύπωσης, καθώς και τις πλατφόρμες CAD.

Έτσι με την πάροδο των ετών με βάση την ίδια λογική, των διαδοχικών στρώσεων για την κατασκευή αντικειμένων. Εξελίχτηκε από φωτοπολυμερεί και πήξη τους, σε λιώσιμο του υλικού και στην εναπόθεση του σε διαδοχικές στρώσεις.

1.2 Μοντελοποίηση

Τρισδιάστατα εκτυπώσιμα μοντέλα μπορούν να δημιουργηθούν με μία πλατφόρμα CAD (computer-aided design), μέσω ενός τρισδιάστατου scanner. Όπου η πλατφόρμα CAD τα μετατρέπει σε λεπτές γραμμές και στη συνέχεια δημιουργεί διαδοχικές στρώσεις μέχρι το μοντέλο να είναι πλήρες.



ΕΙΚΟΝΑ 3: τρισδιάστατο κεφάλι κουκουβάγιας σε πλατφόρμα CAD

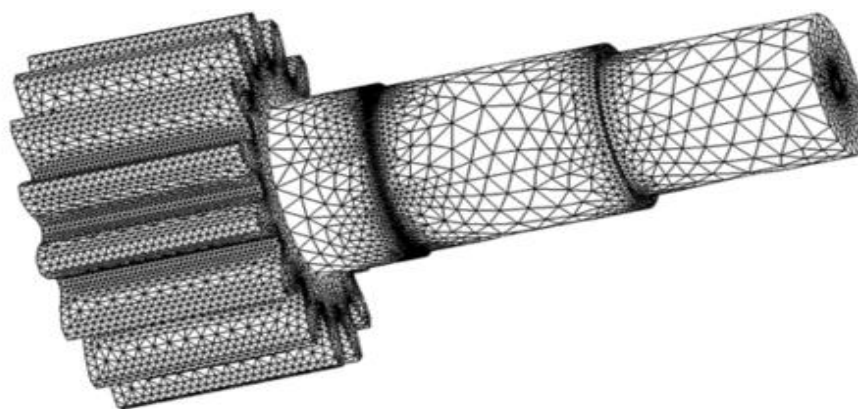
Είναι μια διαδικασία όπου το μοντέλο που προκύπτει από την πλατφόρμα CAD και το αντικείμενο το πραγματικό είναι σχεδόν ίδια. Το πλεονέκτημα για την κατασκευή

τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η ικανότητά της να δημιουργήσει σχεδόν οποιοδήποτε σχήμα.

Τα δεδομένα του λογισμικού CAD μετά την επεξεργασία τους βγαίνουν σε μορφή STL όπου ο εκτυπωτής δεν μπορεί να τα διαχειριστεί έτσι πρέπει πρώτα να μετατραπούν με άλλο πρόγραμμα σε μορφή κώδικα G-code, όπου αυτή την μορφή αρχείων δουλεύει ο εκτυπωτής. Ένα αρχείο STL απεικονίζει το σχήμα που θα εκτυπωθεί με τριγωνικές πλευρές (τριγωνοποίηση αντικειμένου). Οι μικρότερες γωνίες παράγουν καλύτερη ποιότητα εκτύπωσης.

1.3 Έλεγχος και εκτύπωση

Πριν εκτυπωθεί ένα τρισδιάστατο μοντέλο από STL αρχείο, πρέπει πρώτα να εξεταστεί για τυχόν λάθη. Οι περισσότεροι CAD εφαρμογές παράγουν λάθη στα αρχεία STL όπως: τρύπες, εγκοπές, εξογκώματα ή και πολλαπλά λάθη. Ένα βήμα πριν την παραγωγή STL αρχείου είναι η διαδικασία της επισκευής (repair), διορθώνει τέτοια προβλήματα στο αρχικό μοντέλο.

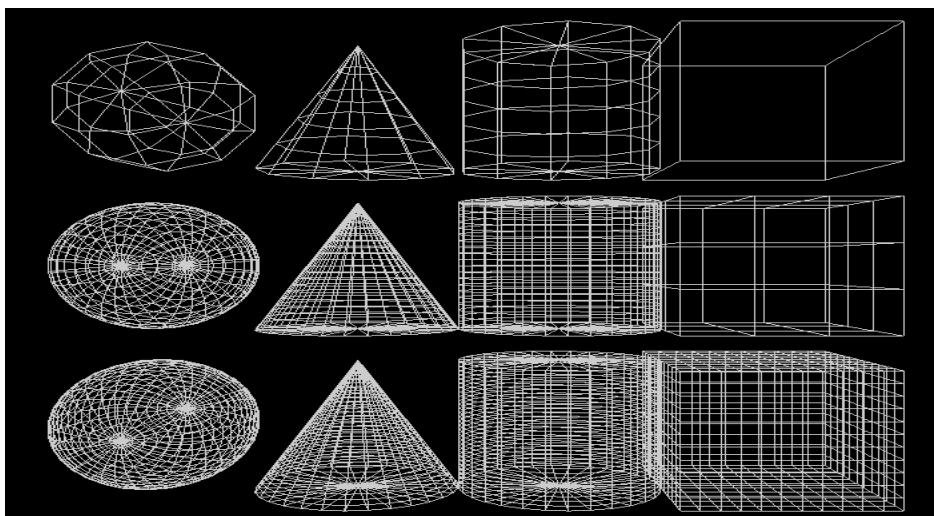


ΕΙΚΟΝΑ 4: απεικόνιση STL αρχείου

Γενικά τα STL αρχεία που έχουν παραχθεί από ένα μοντέλο που λαμβάνονται μέσω τρισδιάστατης σάρωσης, συχνά έχει περισσότερα από τα προαναφερθέντα λάθη. Αυτό οφείλεται στο πώς η τρισδιάστατη σάρωση λειτουργεί. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα περισσότερα σφάλματα βρίσκονται από στρώση σε στρώση, εκεί όπου η μία στρώση υποδέχεται την άλλη.

Μόλις ολοκληρωθεί, το αρχείο STL χρειάζεται να υποβληθεί σε μια επεξεργασία, από ένα κομμάτι του λογισμικού που ονομάζεται τεμαχιστής (slicer), το οποίο μετατρέπει το μοντέλο σε μια σειρά από λεπτές στρώσεις και παράγει ένα κώδικα G, που περιέχει οδηγίες προσαρμοσμένες σε ένα συγκεκριμένο τύπο τρισδιάστατου εκτυπωτή. Αυτό το αρχείο G μπορεί στη συνέχεια να εκτυπωθεί με ένα τρισδιάστατο λογισμικό, από την πλακέτα του εκτυπωτή η οποία φορτώνει το G-κώδικα, και τον χρησιμοποιεί για να δώσει εντολή στους κινητήρες του εκτυπωτή κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκτύπωσης του αντικειμένου.

Η ανάλυση του τρισδιάστατου εκτυπωτή περιγράφεται με το πάχος του στρώματος και η ανάλυση των αξόνων XY, σε κουκκίδες ανά ίντσα (dpi) ή μικρόμετρα (μm). Τυπικό πάχος του στρώματος είναι περίπου 100 μm (250 DPI), αν και μερικοί εκτυπωτές μπορούν να εκτυπώσουν το στρώμα τόσο λεπτό όσο 16 μm (1.600 DPI). Ανάλυση των αξόνων XY είναι συγκρίσιμη με εκείνη των εκτυπωτών λείζερ. Τα σωματίδια είναι περίπου 50 έως 100 μm (510 να 250 DPI) σε διάμετρο.



ΕΙΚΟΝΑ 5: τα στάδια της απεικόνισης του σχεδίου σε πλέγμα

Η κατασκευή ενός μοντέλου με σύγχρονες μεθόδους μπορεί να διαρκέσει από μερικές ώρες έως μερικές ημέρες, ανάλογα με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται και το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του μοντέλου. Πρόσθετα συστήματα μπορούν να μειώσουν το χρόνο και η εκτύπωση να γίνει σε λίγες ώρες, αν και αυτό ποικίλλει ευρέως ανάλογα με τον τύπο του μηχανήματος που χρησιμοποιείται, το μέγεθος και τον αριθμό των μοντέλων που παράγονται ταυτόχρονα.

Οι παραδοσιακές τεχνικές όπως η χύτευση, με έγχυση μπορεί να είναι λιγότερο ακριβή για την παραγωγή προϊόντων πολυμερούς σε υψηλές ποσότητες, αλλά η μέθοδος διαδοχικών στρώσεων είναι ταχύτερη, πιο ευέλικτη και λιγότερο δαπανηρή κατά την παραγωγή σε σχετικά μικρές ποσότητες. Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές δίνουν την δυνατότητα οι σχεδιαστές και οι ομάδες ανάπτυξης να παράγουν ανταλλακτικά και μοντέλα έννοια, χρησιμοποιώντας έναν εκτυπωτή μέγεθος της επιφάνειας εργασίας.

1.4 Φινίρισμα εκτυπωμένων μοντέλων

Αν και η ανάλυση του εκτυπωτή που παράγεται, είναι επαρκής για πολλές εφαρμογές, εκτυπώνοντας μια ελαφρώς υπερμεγέθη έκδοση του επιθυμητού αντικειμένου σε τυπική ανάλυση και στη συνέχεια αφαίρεση υλικού με μια υψηλότερης ανάλυσης αφαιρετική διαδικασία μπορεί να επιτύχει μεγαλύτερη ακρίβεια.

Μερικά εκτυπώσιμα πολυμερή όπως το ABS , στο τελείωμα της εκτύπωσης η επιφάνεια που πρόκειται να λειανθεί και να βελτιωθεί με τη χρήση διαδικασιών χημικού ατμού με βάση την ακετόνη ή παρόμοιους διαλύτες.

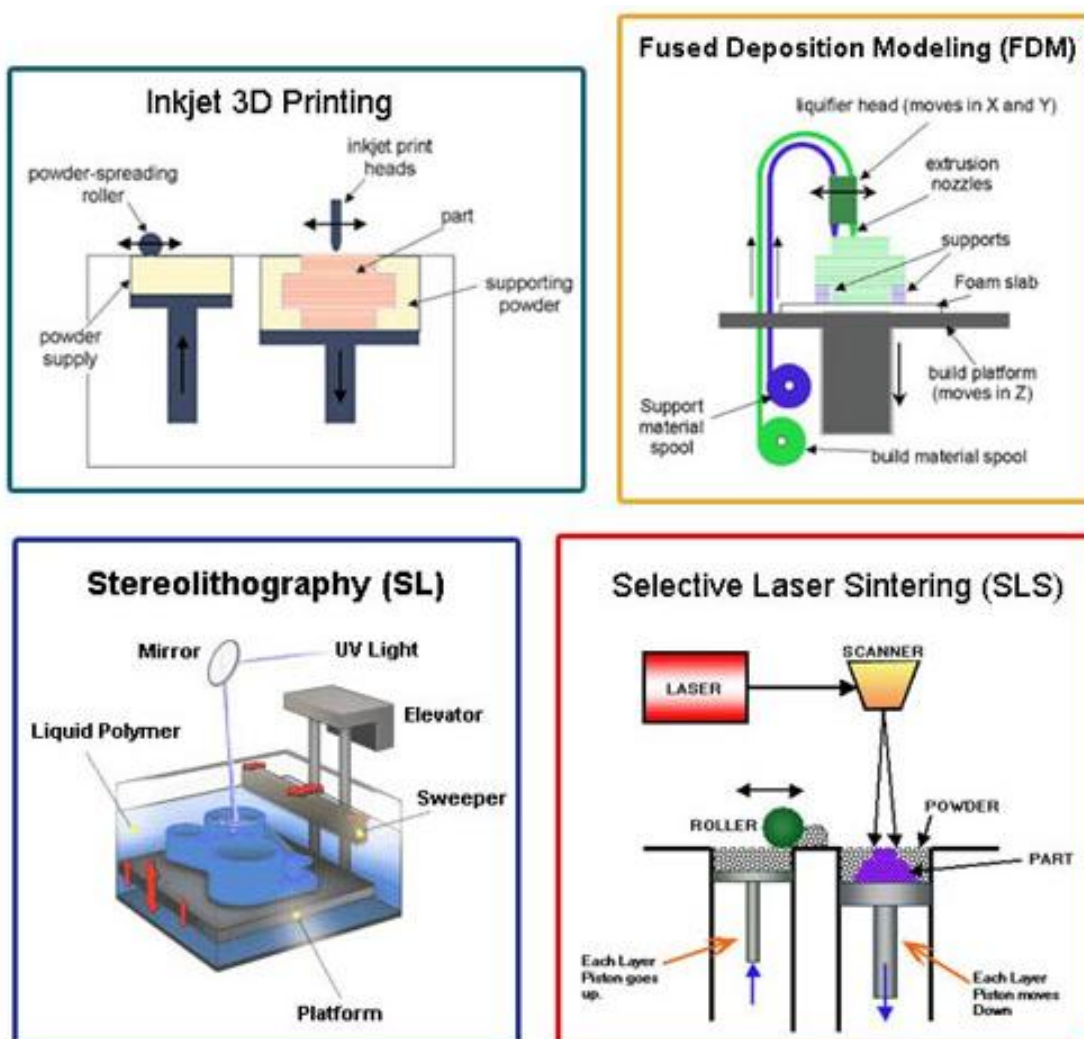
Μερικές τεχνικές εκτύπωσης είναι σε θέση να χρησιμοποιούν πολλά είδη υλικών κατά τη διάρκεια της κατασκευής εξαρτημάτων. Οι τεχνικές αυτές είναι σε θέση να εκτυπώσουν ταυτόχρονα σε πολλαπλά χρώματα και συνδυασμούς χρωμάτων, και δεν απαιτούν απαραίτητα τη ζωγραφική μετά το τελείωμα της εκτύπωσης.

Ορισμένες τεχνικές εκτύπωσης απαιτούν εσωτερικά στηρίγματα που θα κατασκευαστούν για προεξέχοντα χαρακτηριστικά κατά τη διάρκεια της κατασκευής. Αυτά τα υποστηρίγματα πρέπει να είναι μηχανικά αφαιρούμενα ή να διαλύονται μετά την ολοκλήρωση της εκτύπωσης.

Όλα τα εμπορευματοποιημένα μέταλλα τρισδιάστατης εκτύπωσης περιλαμβάνουν, την κοπή του μεταλλικού συστατικού έξω από το μεταλλικό υπόστρωμα μετά την εναπόθεση. Μια νέα μέθοδος για την τρισδιάστατη εκτύπωση επιτρέπει τροποποιήσεις επιφάνειας υποστρώματος για την απομάκρυνση του αργιλίου ή του χάλυβα.

2 Μέθοδοι εκτύπωσης

Αρκετοί μέθοδοι τρισδιάστατης εκτύπωσης έχουν εφευρεθεί από τα τέλη της δεκαετίας του 1970. Οι εκτυπωτές ήταν αρχικά μεγάλοι, ακριβοί, και ιδιαίτερα περιορισμένοι σε ό, τι θα μπορούσαν να παράγουν. Ένας μεγάλος αριθμός διαδικασιών εκτύπωσης είναι πλέον διαθέσιμος. Οι κύριες διαφορές μεταξύ διεργασιών είναι στον τρόπο εναπόθεσης των υλικών, που χρησιμοποιούνται για την δημιουργήσουν της διάφορες λεπτές στρώσης έτσι ώστε να ολοκληρωθεί το μοντέλο.



ΕΙΚΟΝΑ 6: τέσσερις διαφορετικοί μέθοδοι εκτύπωσης

Ορισμένοι μέθοδοι τήξης ή μαλακώματος του υλικού για την παραγωγή των στρωμάτων είναι: η επιλεκτική τήξη λέιζερ (SLM) ή πυροσυσσωμάτωση λέιζερ απευθείας εναπόθεσης μέταλλου (DMLS), η επιλεκτική πυροσυσσωμάτωση λέιζερ

(SLS), η συγχωνευμένη μοντελοποίηση (FDM), η συγχωνευμένη κατασκευή νήματος (FFF), ενώ άλλα υγρά υλικά χρησιμοποιούν διαφορετικές εξελιγμένες τεχνολογίες, όπως η στερεολιθογραφία (SLA).

Με απανωτές στρώσεις κατασκευής αντικείμενο (LOM), οι λεπτές στρώσεις κόβονται και ενώνονται μεταξύ τους. Κάθε μέθοδος έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά, όπου είναι ο λόγος για ορισμένες εταιρείες να προσφέρουν μια επιλογή ανάμεσα από σκόνη και πολυμερούς υλικού που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του αντικειμένων.

Οι κύριες θεωρήσεις στην επιλογή ενός μηχανήματος τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι γενικά η ταχύτητα, το κόστος του τρισδιάστατου εκτυπωτή, η επιλογή και το κόστος των υλικών, καθώς και τις δυνατότητες χρωμάτων που μπορεί να προσφέρει. Η τρισδιάστατη εκτυπωτές που λειτουργούν άμεσα με μέταλλα είναι γενικά ακριβοί. Ωστόσο λιγότερο ακριβοί εκτυπωτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να κάνουν ένα καλούπι, το οποίο στη συνέχεια χρησιμοποιείται για να κάνει τα μεταλλικά μέρη.

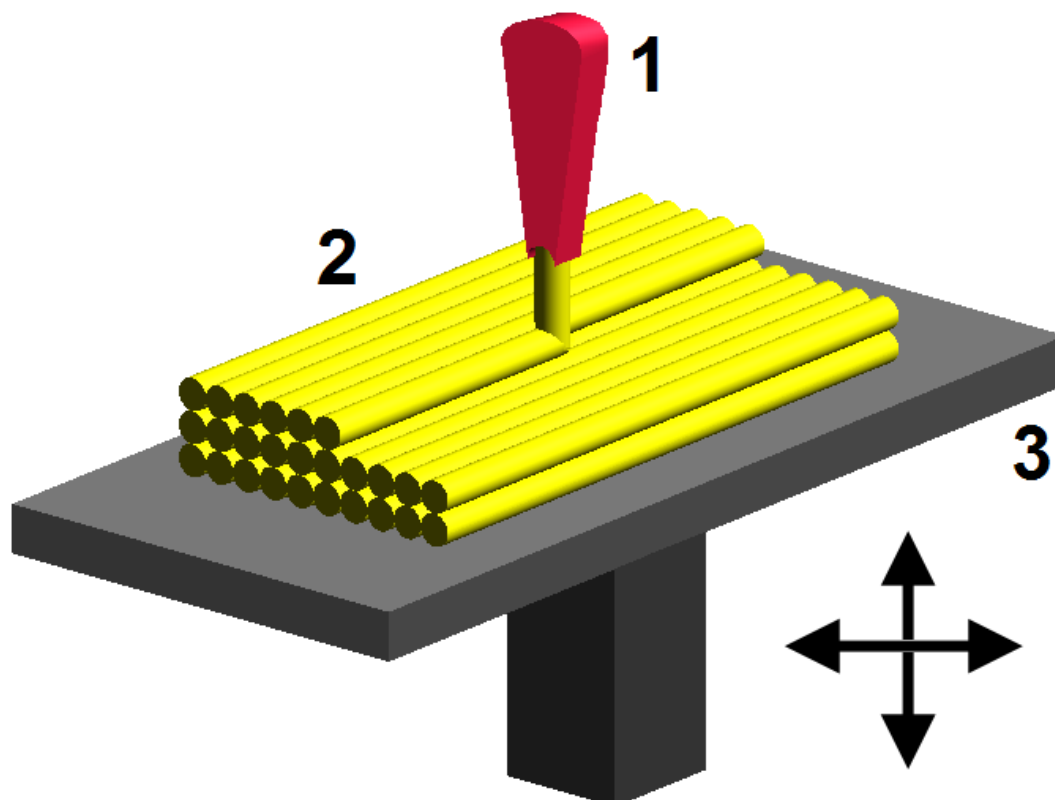
2.1 Εναπόθεση-εξώθηση υλικού τρισδιάστατης εκτύπωσης

Η Συντηγμένη μοντελοποίηση εναπόθεσης (FDM), προέρχεται από το αυτόματο σύστημα συγκόλλησης ζεστού αέρα, κόλλα θερμής τήξης και αυτόματη εναπόθεση φλάντζας. Η αρχή έχει αναπτυχθεί περαιτέρω από τον S. ScottCrump, στα τέλη της δεκαετίας του 1980 και βγήκε στο εμπόριο το 1990 από το Stratasys.

Μετά την λήξη αυτής της ευρεσιτεχνίας, μια μεγάλη open-source κοινότητα ανάπτυξης άρχισε να αναπτύσσεται και τόσο το εμπόριο όσο και το DIY άρχισαν να χρησιμοποιούν αυτό το είδος του τρισδιάστατου εκτυπωτή. Ως αποτέλεσμα, η τιμή αυτής της τεχνολογίας έχει μειωθεί κατά δύο τάξεις μεγέθους από τη δημιουργία της, και έχει γίνει η πιο κοινή μορφή της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Στη συντηγμένη μοντελοποίηση εναπόθεσης (FDM), το μοντέλο ή μέρος παράγεται από την εξώθηση με μικρές χάντρες ή ροές του υλικού που σκληραίνουν αμέσως για να σχηματίσουν στρώματα. Ένα νήμα του θερμοπλαστικού, μεταλλικό σύρμα, ή άλλο υλικό τροφοδοτείται σε μια κεφαλή εξώθησης ακροφυσίου, το οποίο θερμαίνει το υλικό με ροή προς τα έξω ή προς τα μέσα.

Συνήθως οι βηματικοί κινητήρες ή κινητήρες σέρβο χρησιμοποιούνται για να μετακινήται το κεφάλι εξώθησης και να ρυθμίζετε τη ροή. Ο εκτυπωτής έχει συνήθως τρεις άξονες κίνησης. Μια κατασκευή με τη βοήθεια υπολογιστικού πακέτου λογισμικού (CAM) χρησιμοποιείται για να παράγει τον G-κώδικα που αποστέλλεται σε ένα μικροελεγκτή που ελέγχει τους κινητήρες.

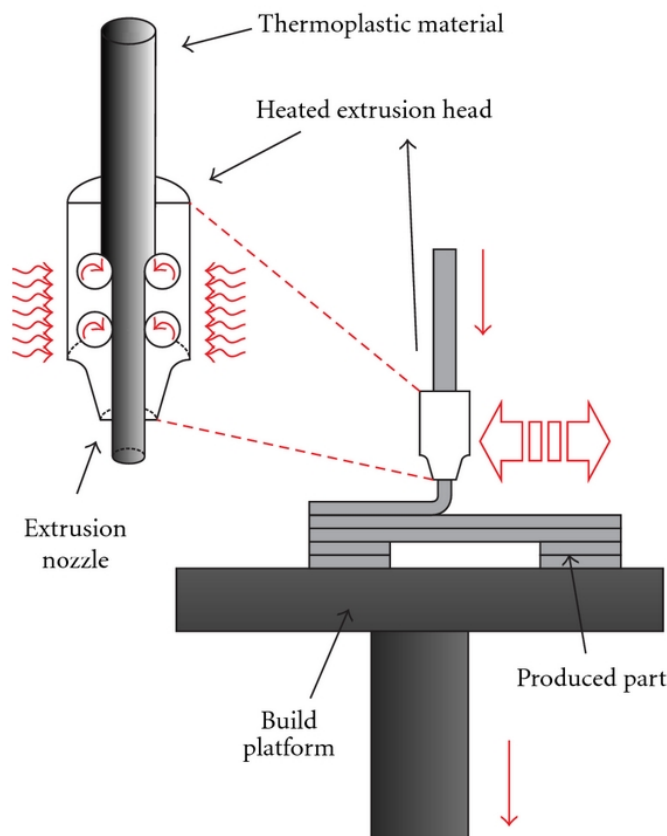


ΕΙΚΟΝΑ 7: μέθοδος εναπόθεση-εξώθηση

Το πλαστικό είναι το πιο κοινό υλικό για τέτοια εκτύπωση. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφορα πολυμερή, συμπεριλαμβανομένων βουταδιενίου ακρυλονιτριλίου στυρολίου (ABS), πολυανθρακικό (PC), πολυγαλακτικό οξύ (PLA), πολυαιθυλένιο υψηλής πυκνότητας (HDPE), PC / ABS, πολυφαινυλοσουλφόνη (PPSU) και πολυστυρένιο υψηλής ανθεκτικότητας (HIPS). Σε γενικές γραμμές, το πολυμερές είναι στη μορφή ενός νήματος που κατασκευάζεται από παρθένες ρητίνες.

Υπάρχουν πολλά έργα στο ανοιχτού κώδικα κοινότητας με στόχο την επεξεργασία των πλαστικών αποβλήτων μετά την κατανάλωση σε νήμα. Αυτές περιλαμβάνουν τις

μηχανές που χρησιμοποιούνται για να τεμαχίσει και να εξωθήσει το πλαστικό υλικό σε νήμα. Επιπροσθέτως, φθοροπολυμερή όπως PTFE είναι σωλήνωση που χρησιμοποιείται στη διαδικασία λόγω της ικανότητας του υλικού να αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες. Αυτή η ικανότητα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στη μεταφορά νημάτων.



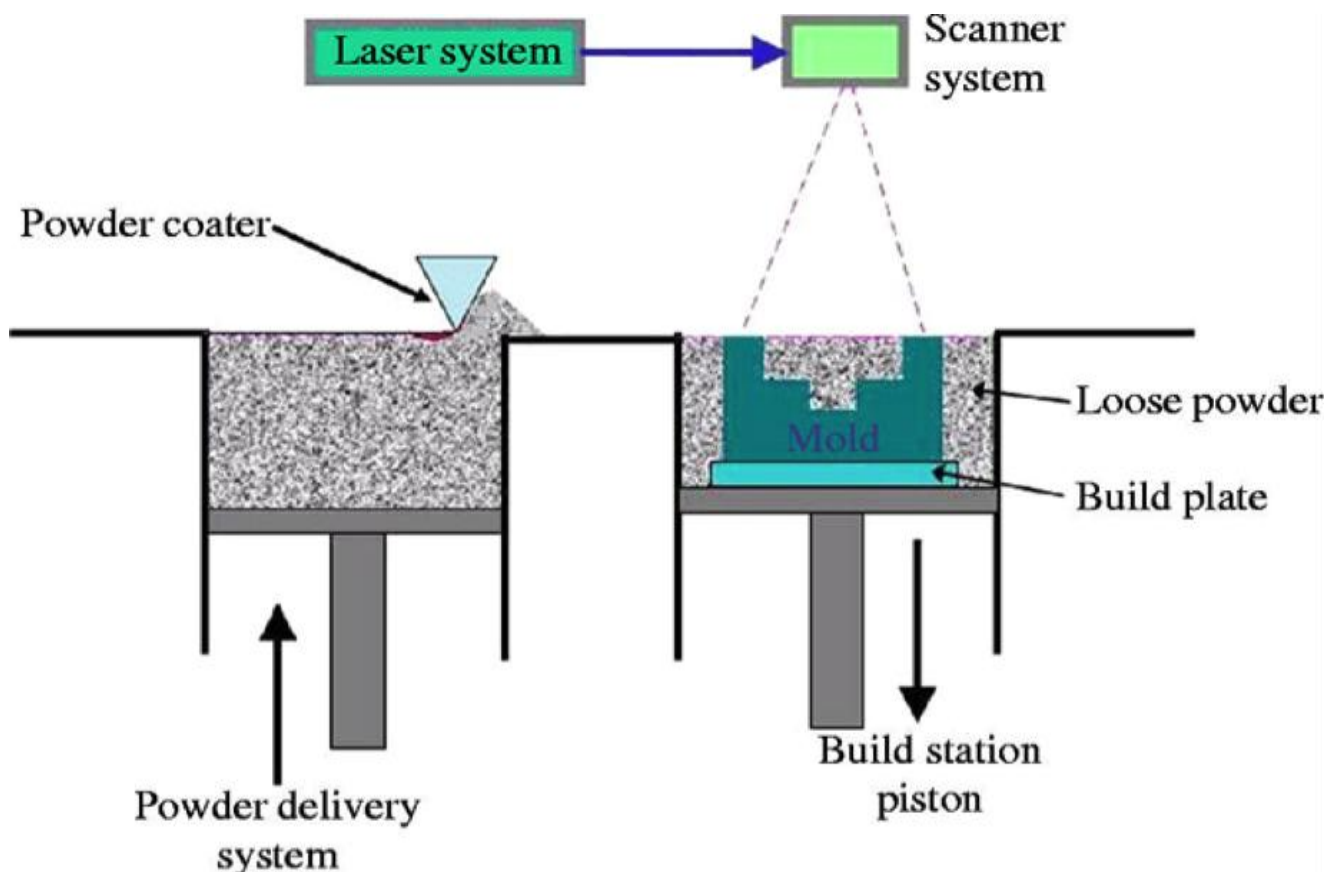
ΕΙΚΟΝΑ 8: ανάλυση εξαρτημάτων εναπόθεσης-εξώθησης

Μέταλλο και γυαλί μπορούν και τα δύο να χρησιμοποιηθούν επίσης, αν και είναι πολύ πιο ακριβά και χρησιμοποιούνται γενικά για έργα τέχνης. Η FDM είναι κάπως περιορισμένη στην παραλλαγή των σχημάτων που μπορεί να κατασκευαστεί. Για παράδειγμα, η FDM συνήθως δεν μπορεί να παράγει με σταλακτίτες όπως δομές, δεδομένου ότι θα σταματήσει να υποστηρίζεται κατά τη διάρκεια της κατασκευής.

Σε αντίθετη περίπτωση, μια λεπτή στήριξη πρέπει να σχεδιαστεί μέσα στην δομή, η οποία μπορεί να σπάσει κατά τη διάρκεια της τελικής επεξεργασίας. Το FDM αναφέρεται επίσης ως λιωμένο κατασκευή νημάτων (FFF) από τις επιχειρήσεις που δεν κατέχουν τα πρωτότυπα διπλώματα ευρεσιτεχνίας, όπως η Stratasys.

2.2 Τρισδιάστατη εκτύπωση με δέσμευση του κοκκώδους υλικού

Μια άλλη τρισδιάστατη εκτύπωση είναι η επιλεκτική τήξη των υλικών σε μία κοκκώδη κλίνη. Η τεχνική συνδυάζει τμήματα του στρώματος και στη συνέχεια κινείται προς τα πάνω στο χώρο εργασίας, προσθέτει άλλο ένα στρώμα κόκκων και επαναλαμβάνει την διαδικασία μέχρι το κομμάτι να δημιουργηθεί. Αυτή η διαδικασία χρησιμοποιεί τα μη συντηγμένα μέσα για τη υποστήριξη στις προεξοχές και τα λεπτά τοιχώματα στο τμήμα που παράγεται, η οποία μειώνει την ανάγκη για προσωρινό βοηθητικό στηρίγματα για το κομμάτι.



ΕΙΚΟΝΑ 9: μέθοδος εκτύπωσης με δέσμευση του κοκκώδους υλικού

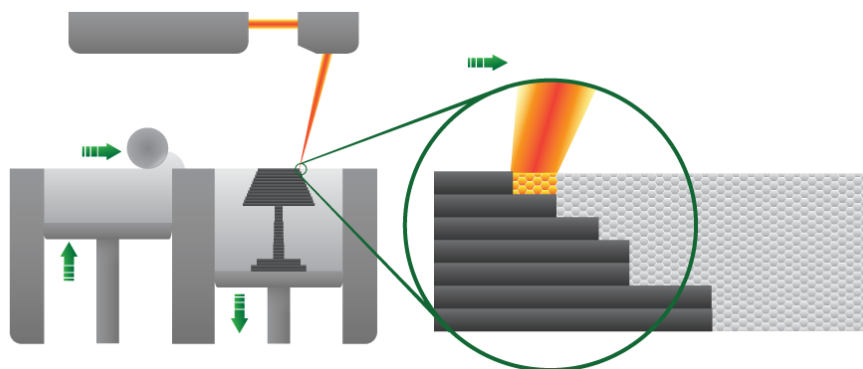
Για παράδειγμα, στην επιλεκτική πυροσυσσωμάτωση θερμότητα, η θερμική κεφαλή εκτύπωσης εφαρμόζει θερμότητα στα στρώματα του κονιοποιημένου θερμοπλαστικού. Όταν ένα στρώμα έχει τελειώσει, η κλίνη πούδρας κινείται προς τα κάτω, και ένα αυτοματοποιημένος κύλινδρος προσθέτει ένα νέο στρώμα υλικού.

Το οποίο πυροσυσσωματώνεται για τον σχηματισμό του επόμενου μοντέλου, χρησιμοποιώντας μια λιγότερο έντονη θερμική κεφαλή εκτύπωσης αντί για ένα λέιζερ, και προσφέρει μια φθηνότερη λύση από τη χρήση λέιζερ, και μπορεί να πάρει το μέγεθος μιας επιφάνεια εργασίας.

selective laser sintering (SLS)

Τεχνικές σύντηξη με λέιζερ περιλαμβάνουν επιλεκτική πυροσυσσωμάτωση λέιζερ (SLS), με τα δύο μέταλλα και τα πολυμερή (π.χ., PA, PA-GF, άκαμπτες GF, PEEK, PS, Alumide , CarbonMide, ελαστομερή), και άμεση σύντηξη με λέιζερ μετάλλων.

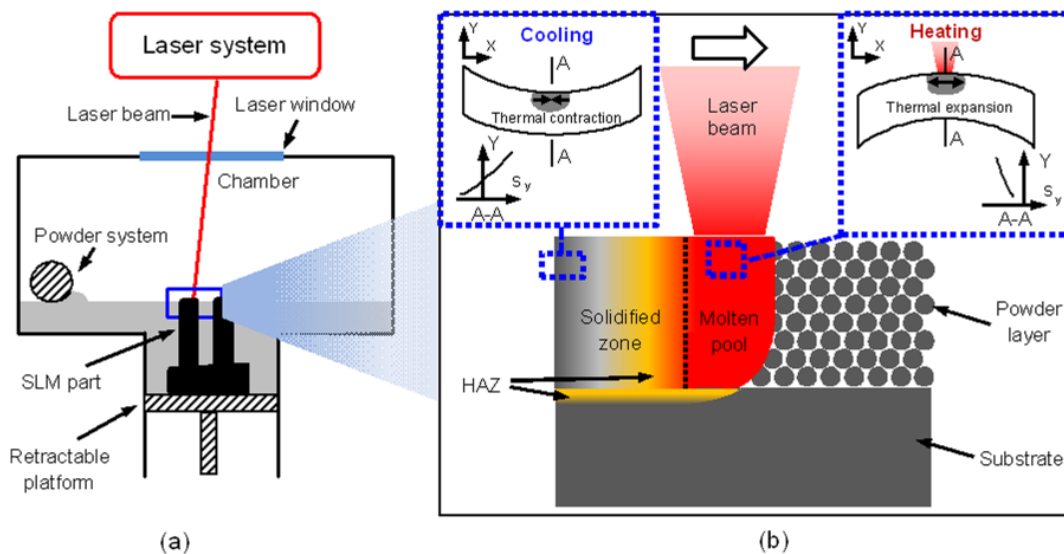
Η Selective Laser Sintering (SLS) αναπτύχθηκε και κατοχυρώθηκε από τον Δρ. Carl Deckard και το Δρ. Joseph Beaman στο Πανεπιστήμιο του Τέξας στο Όστιν, στα μέσα της δεκαετίας του 1980, σύμφωνα με τη χορηγία της DARPA. Μια παρόμοια διαδικασία κατοχύρωσης χωρίς να εμπορευματοποιείται έγινε από τον RF Housholder το 1979.



ΕΙΚΟΝΑ 10: απεικόνιση μεθόδου SLS

Selective laser melting (SLM)

Η Selective laser melting (SLM) δεν χρησιμοποιεί πυροσυσσωμάτωση για τη σύντηξη των κόκκων σκόνης αλλά θα λιώσει τελείως τη σκόνη χρησιμοποιώντας ένα υψηλής ενέργειας λέιζερ για να δημιουργήσει πλήρως πυκνά υλικά σε μια μέθοδο layer-wise που έχει μηχανικές ιδιότητες παρόμοιες με εκείνες των συμβατικών βιομηχανικών μετάλλων.



ΕΙΚΟΝΑ 11: απεικόνιση και ανάλυση μεθόδου SLM

Electron beam melting (EBM)

Η Electron beam melting (EBM) είναι ένα παρόμοιο τύπο πρόσθετου τεχνολογία κατασκευής για τα μεταλλικά μέρη (π.χ. κράματα τιτανίου). Η EBM κατασκευάζει μέρη λιώνοντας το μεταλλικό στρώμα σκόνης από το στρώμα με μία δέσμη ηλεκτρονίων. Σε αντίθεση με τις τεχνικές πυροσυσσωμάτωσης μετάλλων που λειτουργούν κάτω από το σημείο τήξης, τα μέρη του EBM είναι αναπόφευκτα ελεύθερα.



ΕΙΚΟΝΑ 12: δοκίμιο κατασκευασμένο με την μέθοδο EBM

Μία άλλη μέθοδος αποτελείται από ένα τρισδιάστατο εκτύπωση inkjet. Ο εκτυπωτής δημιουργεί ένα στρώμα τη φορά απλώνοντας ένα στρώμα σκόνης και εκτυπώνει ένα συνδετικό υλικό στην διατομή του τμήματος, χρησιμοποιώντας τη διαδικασία inkjet.

Αυτό επαναλαμβάνεται μέχρις ότου έχει τυπωθεί κάθε στρώμα. Η τεχνολογία αυτή επιτρέπει την εκτύπωση πλήρως των πρωτότυπων χρωμάτων, προβόλους, και τα λεπτομερές μέρη. Η δύναμη της εκτύπωσης με σκόνη μπορεί να ενισχυθεί με κερί ή με εμπότισμό θερμοσκληρυντικών πολυμερών.

2.3 Πλαστικοποίηση

Σε ορισμένους εκτυπωτές, το χαρτί μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως υλικό κατασκευής, με αποτέλεσμα χαμηλότερο κόστος στην εκτύπωση. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990, ορισμένες εταιρείες διέθεταν στο εμπόριο εκτυπωτές που έκοβαν εγκάρσιες τομές με ειδική κόλλα επικαλυπτόμενη με χαρτί χρησιμοποιώντας ένα λέιζερ διοξειδίου του άνθρακα και στη συνέχεια ελασματοποιούνταν μαζί.

Το 2005 η Mcor Technologies Ltd ανέπτυξε μια διαφορετική διαδικασία χρησιμοποιώντας ένα συνηθισμένο φύλλο χαρτιού γραφείου, μια λεπίδα καρβιδίου του βολφραμίου για να κόψει το σχήμα, επιλεκτική κόλλα εναπόθεσης και πίεση για να συνδέσει το πρωτότυπο. Υπάρχουν επίσης μια σειρά από εταιρείες που πωλούν εκτυπωτές που τυπώνουν πλαστικοποιημένα αντικείμενα χρησιμοποιώντας λεπτό πλαστικό και μεταλλικά φύλλα.

2.4 Φωτοπολυμερισμός

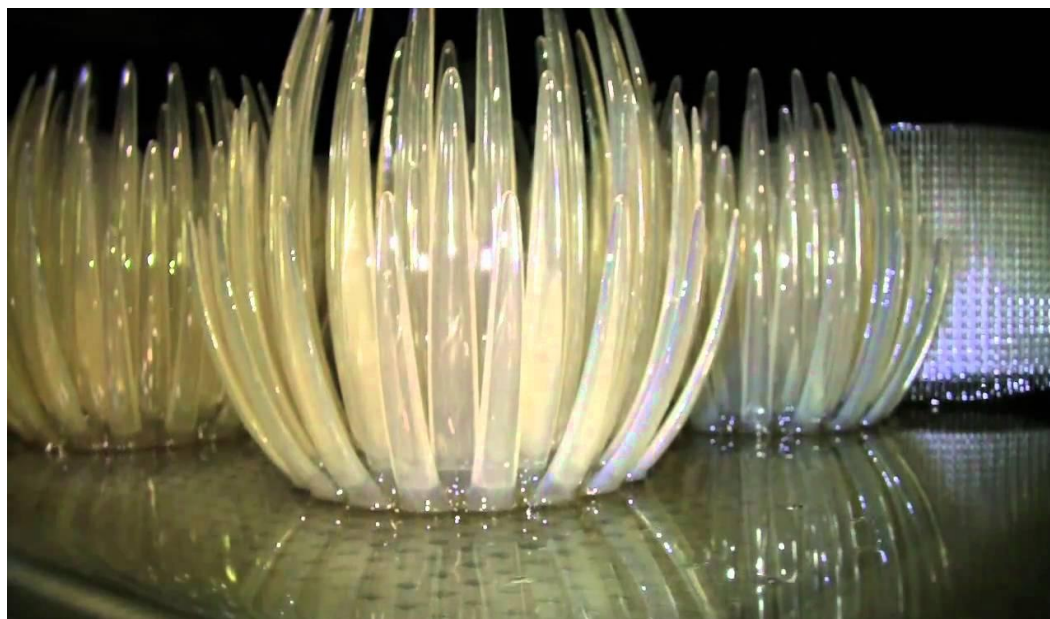
Η Στερεολιθογραφία κατοχυρώθηκε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1986 από τον Chuck Hull. Ο Φωτοπολυμερισμός χρησιμοποιείται κυρίως στη στερεολιθογραφία (SLA) για να παραχθεί ένα στερεό μέρος από ένα υγρό. Η διαδικασία αυτή ήταν μια δραματική αναχώρησης από το photosculpture, μέθοδος του Francois Willeme (1830-1905) που αναπτύχθηκε το 1860 και το φωτοπολυμερισμό της Matsubara της Mitsubishi το 1974.



ΕΙΚΟΝΑ 13: τρισδιάστατος εκτυπωτής στερεολιθογραφίας

Στη μέθοδο "photosculpture" φωτογράφιζαν ένα θέμα από πολλές Ισαπέχουσες γωνίες και τις πρόβαλαν σε μια οθόνη, όπου ένας παντογράφος χρησιμοποιούνταν για να σχεδιάσει το περίγραμμα πάνω στην πλαστελίνη. Στον Φώτο-πολυμερισμό, μια δεξαμενή πολυμερές υγρού εκτίθεται σε ελεγχόμενο φωτισμό κάτω από ασφαλές συνθήκες. Το εκτεθειμένο πολυμερές υγρό σκληραίνει.

Ο πολυμερισμός λαμβάνει χώρα όταν το φωτοπολυμερή εκτίθεται στο φως, όταν τα φωτοπολυμερή περιέχουν χρωμοφόρα, διαφορετικά η προσθήκη των μορίων που είναι φωτοευαίσθητα χρησιμοποιούνται για να αντιδράσει με το διάλυμα και να αρχίσει ο πολυμερισμός. Ο πολυμερισμός των μονομερών οδηγεί σε διασταυρούμενη σύνδεση, η οποία δημιουργεί ένα πολυμερές.



ΕΙΚΟΝΑ 14: αποτέλεσμα μεθόδου φωτοπολυμερισμού

Μέσα από αυτούς τους ομοιοπολικούς δεσμούς, η ιδιότητα του διαλύματος αλλάζει. Η πλάκα κατασκευής στη συνέχεια κινείται προς τα κάτω σε μικρές δόσεις και το υγρό πολυμερές και πάλι εκτίθεται στο φως. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου κατασκευαστεί το μοντέλο. Το υγρό πολυμερές στη συνέχεια αποστραγγίζεται από τον κάδο, αφήνοντας το στερεό μοντέλο. Η Envisiontec Perfactory είναι ένα παράδειγμα ενός συστήματος ταχείας κατασκευής πρωτοτύπων DLP.

Συστήματα εκτύπωσης inkjet, όπως τα Objet Polyjet ψεκάζει τα φωτοπολυμερή υλικά πάνω σε ένα δίσκο κατασκευής σε εξαιρετικά λεπτές στρώσεις (μεταξύ 16 και 30 μm) μέχρι η διαδικασία να ολοκληρωθεί. Κάθε στρώμα φωτοπολυμερούς έχει στερεοποιηθεί με υπεριώδες φως μέσα στην μπανιέρα, παράγοντας πλήρως στερεοποιημένα μοντέλα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν αμέσως, χωρίς να ωριμάσουν. Το υλικό υποστήριξης που μοιάζει με πήγμα, το οποίο έχει σχεδιαστεί για να υποστηρίξει πολύπλοκες γεωμετρίες, αφαιρείται με το χέρι και υδροβολή. Είναι επίσης κατάλληλο για ελαστομερή.

Εξαιρετικά μικρά χαρακτηριστικά μπορούν να γίνουν με την τεχνική της μικρό-κατασκευής που χρησιμοποιείται στον πολυφωτονικό φωτοπολυμερισμό. Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιεί ένα εστιασμένο λέιζερ για να ανιχνεύσει το επιθυμητό αντικείμενο σε ένα μπλοκ του gel. Λόγω της μη γραμμικής φύσεως διέγερσης της

φωτογραφίας, το gel γίνεται στερεό μόνο στα μέρη όπου το λέιζερ ήταν εστιασμένο, ενώ το υπόλοιπο gel αφαιρείται.

Χαρακτηριστικά μεγέθη κάτω από 100 nm παράγονται εύκολα, όπως και οι πολύπλοκες δομές με κινήσεις καθώς και τα συμπλεκόμενα μέρη. Μια άλλη προσέγγιση χρησιμοποιεί μια συνθετική ρητίνη που στερεοποιείται με τη χρήση LED. Στην στερεολιθογραφική βάση που προβάλλεται η μάσκα της εικόνας, ένα τρισδιάστατο ψηφιακό μοντέλο κόβεται από μια σειρά με οριζόντια επίπεδα.

Κάθε φέτα μετατρέπεται σε μια δισδιάστατη μάσκα εικόνας. Η μάσκα της εικόνας στη συνέχεια προβάλλεται σε μια υγρή φωτοσκληρυνόμενη επιφάνεια με ρητίνη και το φως προβάλλεται στην ρητίνη για να σκληρύνει με τη μορφή του στρώματος. Η τεχνική έχει χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει αντικείμενα που αποτελούνται από πολλαπλά υλικά που σκληραίνουν με διαφορετικούς ρυθμούς.

Στα ερευνητικά συστήματα, το φως προβάλλεται από κάτω, επιτρέποντας τη ρητίνη να εξαπλωθεί γρήγορα σε ομοιόμορφες λεπτές στρώσεις, μειώνοντας το χρόνο της παραγωγής από ώρες σε λεπτά. Οι εμπορικά διαθέσιμες συσκευές, όπως Objet Connex εφαρμόζουν τη ρητίνη μέσω μικρών ακροφυσίων.

Παραγωγή Συνεχής υγρού (CLIP) είναι μια άλλη μορφή κατασκευής που χρησιμοποιεί τη DLP βάση φωτο-πολυμερισμού για τη δημιουργία ομαλής όψης στερεών αντικειμένων και ποικιλία σχημάτων. Η συνεχής διαδικασία CLIP αρχίζει με μια δεξαμενή υγρού φωτοπολυμερούς ρητίνης. Μέρος του πυθμένα της πισίνας είναι διαφανές στο υπεριώδες φως.

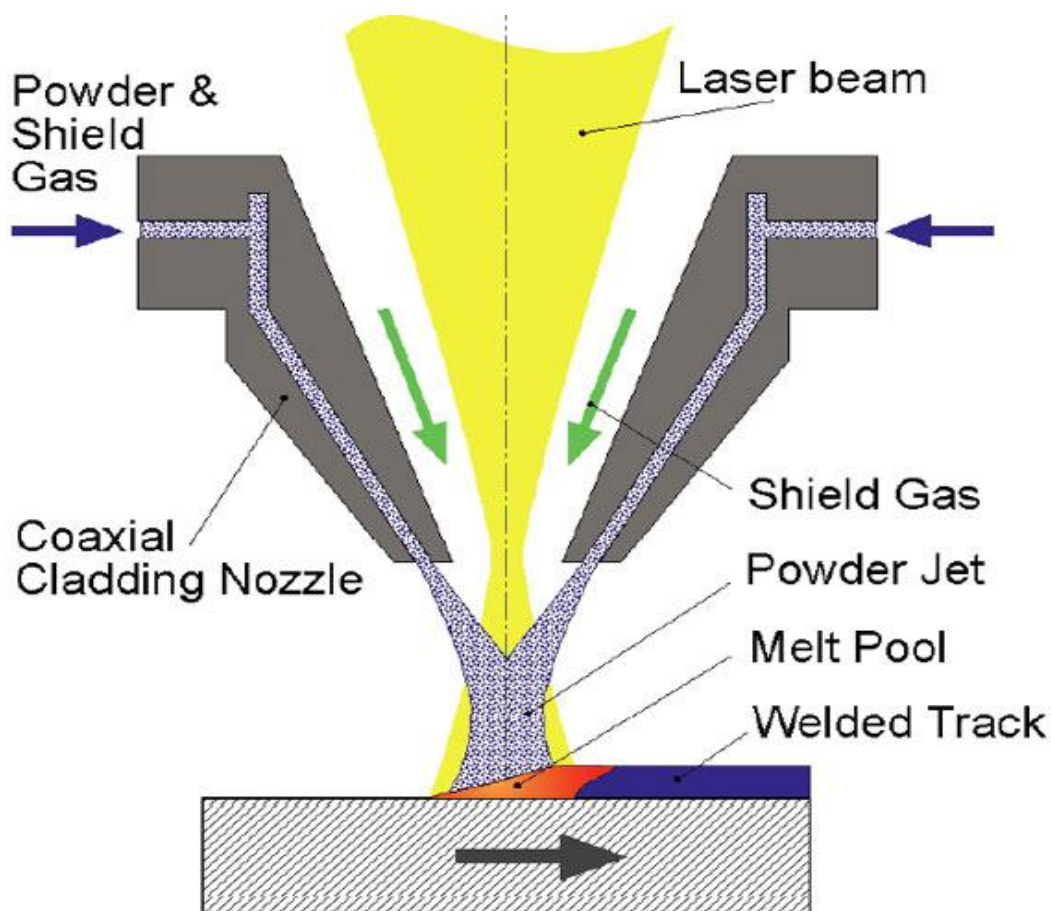
Όπως τα συστήματα DLP πριν, μια δέσμη υπεριώδους φωτός λάμπει μέσα από το παράθυρο, φωτίζοντας την ακριβή διατομή του αντικειμένου. Το φως αναγκάζει τη ρητίνη να στερεοποιηθεί. Το αντικείμενο ανεβαίνει αρκετά αργά για να επιτρέψει τη ρητίνη να ρέει και να διατηρεί επαφή με τον πυθμένα του αντικειμένου.

Η CLIP είναι διαφορετική από τις παραδοσιακές μεθόδους DLP, λόγω μιας διαπερατής μεμβράνης οξυγόνου η οποία βρίσκεται κάτω από τη ρητίνη, δημιουργώντας μια «νεκρή ζώνη» για την πρόσληψη της ρητίνης στην προσάρτηση της στο παράθυρο. Σε αντίθεση με την στερεολιθογραφία, η διαδικασία εκτύπωσης

θεωρείται συνεχής από τους ιδρυτές της και πολύ πιο γρήγορα από τις παραδοσιακές διαδικασίες DLP.

2.5 Powder-fed directed-energy deposition

Στην Powder-fed directed-energy deposition, ένα λέιζερ υψηλής ισχύος χρησιμοποιείται για να λιώσει την μεταλλική σκόνη που παρέχεται στην εστία της δέσμης λέιζερ.

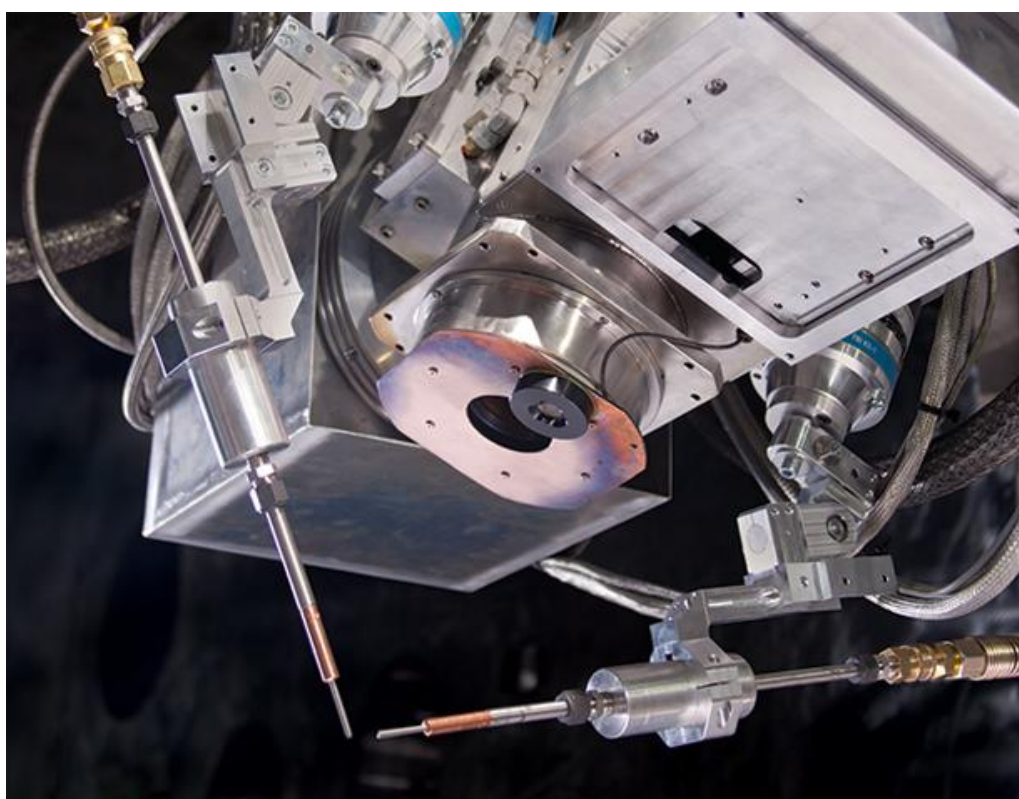


ΕΙΚΟΝΑ 15: ανάλυση μεθόδου Powder-fed directed-energy deposition

Η ακτίνα λέιζερ συνήθως ταξιδεύει μέσα από το κέντρο της κεφαλής εναποθέσεως και εστιάζεται σε ένα μικρό σημείο από έναν ή περισσότερους φακούς. Η κατασκευή παρουσιάζεται σε έναν πίνακα ΧΥ ο οποίος κινείται από ένα μονοπάτι εργαλείου που δημιουργήθηκε από ένα ψηφιακό μοντέλο για την κατασκευή ενός στρώματος αντικειμένου από το στρώμα.

Η κεφαλή εναποθέσεως κινείται κάθετα ωσότου κάθε στρώμα να έχει ολοκληρωθεί. Η μεταλλική σκόνη έχει παραδοθεί και κατανεμηθεί γύρω από την περιφέρεια της κεφαλής ή μπορεί να χωριστεί από μια εσωτερική πολλαπλή σωλήνωση και να παραδίδεται μέσω των ακροφυσίων. Η σωληνώσεις διατάσσονται σε διάφορες διαμορφώσεις γύρω από την κεφαλή εναποθέσεως.

Ένας ερμητικά σφραγισμένος θάλαμος γεμάτος με αδρανές αέριο ή ένα τοπικό αδρανές αέριο κάλυμμα χρησιμοποιείται συχνά για να προστατεύσει την πισίνα τήγματος από το ατμοσφαιρικό οξυγόνο για τον καλύτερο έλεγχο των ιδιοτήτων των υλικών.



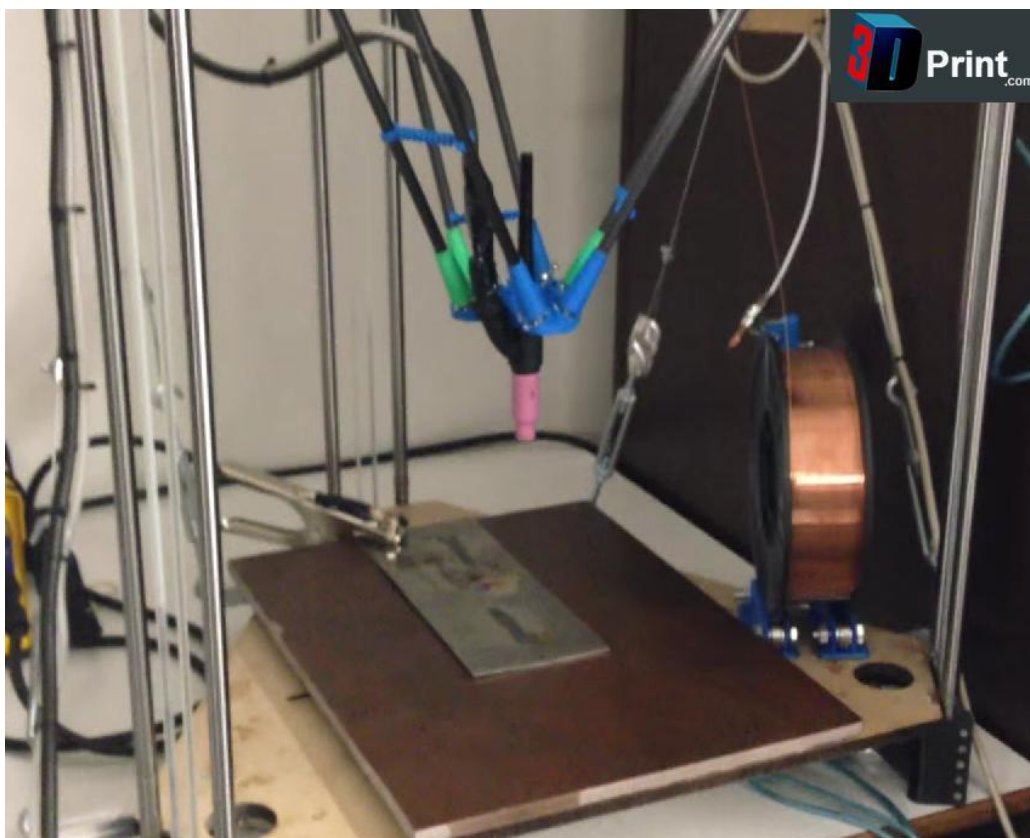
ΕΙΚΟΝΑ 16: τρισδιάστατος εκτυπωτής Powder-fed directed-energy deposition

Η Powder-fed directed-energy deposition είναι παρόμοια με την Selective Laser Sintering, αλλά η μεταλλική σκόνη εφαρμόζεται μόνο στο σημείο που το υλικό προστίθεται εκείνη τη στιγμή. Η διαδικασία υποστηρίζει ένα ευρύ φάσμα υλικών, συμπεριλαμβανομένων τιτάνιο, ανοξείδωτο χάλυβα, αλουμίνιο, και άλλων ειδικών υλικών καθώς και σύνθετα και λειτουργικά υλικά. Η διαδικασία δεν μπορεί παρά να παράγει νέα μεταλλικά μέρη, αλλά μπορούν επίσης να προσθέσουν υλικό σε

υφιστάμενα τμήματα, για παράδειγμα για επιστρώσεις, την επισκευή και εφαρμογές υβριδικών κατασκευών.

2.6 Διεργασίες μεταλλικού σύρματος

Συστήματα τροφοδοσίας λέιζερ, όπως το (LMD-W), τροφοδοτεί μέσω ενός ακροφυσίου που τήκεται από ένα λέιζερ χρησιμοποιώντας αδρανές αέριο θωράκισης είτε σε ένα ανοικτό περιβάλλον (φυσικό αέριο που περιβάλλει το λέιζερ), ή σε ένα σφραγισμένο θάλαμο η δωμάτιο. Η κατασκευής ελεύθερης μορφής δέσμης ηλεκτρονίων χρησιμοποιεί μια πηγή θερμικής δέσμης ηλεκτρονίων μέσα σε ένα θάλαμο κενού.



ΕΙΚΟΝΑ 17: τρισδιάστατος εκτυπωτής μεταλλικού σύρματος

Είναι επίσης δυνατή η χρήση συμβατικών συγκόλλησης τόξου μετάλλου αερίου που συνδέεται με ένα τρισδιάστατο εκτυπωτή μετάλλου, όπως ασάλι και αλουμίνιο. Η χαμηλού κόστους ανοικτού κώδικα εκτυπωτές Rep Rap έχουν εξοπλιστεί με Arduino, με αισθητήρες και αποδεικνύει λογικές μεταλλουργικές ιδιότητες από το συμβατικό σύρμα συγκόλλησης ως πρώτη ύλη.

3 Τρισδιάστατοι εκτυπωτές

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν διάφορα είδη τρισδιάστατων εκτυπωτών που χρησιμοποιούνται σε διάφορες διαδικασίες, από τους πιο μεγάλους μέχρι τους πιο μικρούς.

3.1 Τρισδιάστατοι εκτυπωτές στην βιομηχανία

Από τον Οκτώβριο του 2012 το πρόσθετο σύστημα παραγωγής που βγήκε στην αγορά είχε τιμή από \$ 2.000 έως \$ 500.000 και εργάζονταν σε βιομηχανίες συμπεριλαμβανομένων και των αεροδιαστημικών, την αρχιτεκτονική, την αυτοκινητοβιομηχανία, την άμυνα και την ιατρική αντικαταστάσεις, μεταξύ πολλών άλλων.



ΕΙΚΟΝΑ 18: βιομηχανικός τρισδιάστατος εκτυπωτής Stratasys Fortus 900mc

Για παράδειγμα, η General Electric χρησιμοποιεί το high-end μοντέλο για την κατασκευή εξαρτημάτων για ανεμογεννήτριες. Πολλά από αυτά τα συστήματα χρησιμοποιούνται για την ταχεία προτυποποίηση, πριν αρχίσουν μεθόδους μαζικής παραγωγής.

Η υψηλή εκπαίδευση έχει αποδειχθεί ότι είναι ένας σημαντικός αγοραστής για επιτραπέζιους και επαγγελματικούς τρισδιάστατους εκτυπωτές που οι εμπειρογνώμονες της βιομηχανίας γενικά βλέπουν ως μια θετική ένδειξη.

Οι επιτραπέζιοι τρισδιάστατη εκτυπωτές αγοράζονται από τα Κ-12 και τα πανεπιστήμια να βοηθήσουν να διατηρήσουν το εμπόριο τους που είχε προβλήματα το 2015-2016, ενώ τα πανεπιστήμια πλήρωνουν το σημερινό χάσμα που αναμένεται να ενισχύσει τη βιομηχανία τα επόμενα χρόνια. Οι βιβλιοθήκες σε όλο τον κόσμο έχουν γίνει μέρη για να στεγάσει μικρότερους τρισδιάστατους εκτυπωτές για την εκπαίδευση και την ελεύθερη πρόσβαση.

3.2 Καταναλωτική χρήση τρισδιάστατων εκτυπωτών

Πολλές επιχειρήσεις καταβάλλουν προσπάθειες να αναπτύξουν προσιτούς τρισδιάστατους εκτυπωτές για οικιακή χρήση. Μεγάλο μέρος του έργου αυτού έχει καθοδηγηθεί από την DIY, με επιπλέον δεσμούς με τις ακαδημαϊκές και χάκερ κοινότητες.



ΕΙΚΟΝΑ 19: οικιακός τρισδιάστατος εκτυπωτής

Το Rep Rap project είναι μία από τα μεγαλύτερα τρέχοντα πρότζεκτ. Το Rep Rap έχει ως στόχο να παράγει ένα ελεύθερο και ανοικτού κώδικα λογισμικό (Fosh) τρισδιάστατου εκτυπωτή, των οποίων οι πλήρεις προδιαγραφές που διατίθεται βάσει

της GNU General Public License, που είναι ικανή να αναπαράγει τον εαυτό της εκτυπώνοντας πολλά από τα δικά της (πλαστικό) μέρη για να δημιουργήσει περισσότερες μηχανές.

Οι Rep Raps έχουν ήδη αποδειχθεί ότι είναι σε θέση να εκτυπώσουν πλακέτες κυκλωμάτων και μεταλλικά μέρη. Ο πιο δημοφιλής τρισδιάστατος εκτυπωτής στον κόσμο είναι ο prusa i3, ένας Rep Rap εκτυπωτής. Επειδή η FOSH στοχεύει την Rep Rap , πολλά σχετικά έργα έχουν χρησιμοποιήσει το σχεδιασμό τους για την έμπνευση, τη δημιουργία ενός οικοσυστήματος ή την παράγωγή τρισδιάστατων εκτυπωτών, τα περισσότερα από τα οποία είναι σχέδια ανοιχτού κώδικα.



ΕΙΚΟΝΑ 20: τρισδιάστατος εκτυπωτής prusa i3

Η διαθεσιμότητα αυτών των σχεδίων open-source σημαίνει ότι οι παραλλαγές των τρισδιάστατων εκτυπωτών είναι εύκολο να εφευρεθούν. Η ποιότητα και η πολυπλοκότητα των σχεδίων ,καθώς και η ποιότητα των τελικών προϊόντων, ποικίλλει σημαντικά από σχέδιο σε σχέδιο. Αυτή η ταχεία ανάπτυξη των τρισδιάστατων εκτυπωτών ανοιχτού κώδικα κερδίζει το ενδιαφέρον σε πολλούς τομείς, καθώς επιτρέπει την προσαρμογή και τη χρήση τους σε δημόσιου τομέα.

Αυτή η τεχνολογία μπορεί επίσης να παρέχει πρωτοβουλίες αειφόρου ανάπτυξης δεδομένου ότι οι τεχνολογία είναι εύκολη και οικονομική καθώς μπορεί να γίνει απο

τους διαθέσιμους τοπικούς πόρους. Το κόστος των τρισδιάστατων εκτυπωτών έχει μειωθεί δραματικά από το 2010 περίπου, καθώς τα μηχανήματα που κόστιζαν 20.000 \$ τώρα κοστίζουν λιγότερο από 1.000 \$.

Για παράδειγμα, από το 2013, αρκετές εταιρείες και ιδιώτες που πωλούν εξαρτήματα για την κατασκευή διαφόρων RepRap σχεδίων, με τιμές που ξεκινούν από περίπου 400 € / 500 \$. Η ανοικτή πηγή Fab @ Home project έχει αναπτύξει εκτυπωτές για γενική χρήση με κάτι που μπορεί να εκτοξευτεί μέσα από ένα ακροφύσιο, από σοκολάτα μέχρι σφραγιστικό σιλικόνης και χημικά αντιδραστήρια. Αρκετοί νέοι τρισδιάστατη εκτυπωτές στοχεύουν στη μικρή και φθηνή αγορά, συμπεριλαμβανομένης της mUve3D και Lumifold.

Η Rapide 3D έχει σχεδιάσει μια επαγγελματική τάξη crowdsourced τρισδιάστατου εκτυπωτή που κοστίζει 1499 \$, δεν έχει αναθυμιάσεις ούτε σταθερή κουδουνίστρα κατά τη χρήση. Το στυλό 3d , "στυλό 3D εκτύπωση», ανέβηκε στα 2.3 εκατομμύρια \$ στο Kickstarter με τα στυλό να πωλούνται 99 \$ αν και η 3D Doodler έχει επικριθεί για την ύπαρξη περισσότερων από ένα στυλό χειροτεχνίας από ένα τρισδιάστατο εκτυπωτή.



ΕΙΚΟΝΑ 21: τρισδιάστατος εκτυπωτής M3D mini

Καθώς το κόστος των τρισδιάστατων εκτυπωτών πέφτει, είναι όλο και πιο οικονομικά ελκυστικό να χρησιμοποιείται για την κατασκευή προσωπικών προϊόντων. Επιπλέον, η χρήση τρισδιάστατου εκτυπωτή στο σπίτι, μπορεί να μειώσει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις της βιομηχανικής παραγωγής με τη μείωση της χρήσης πρώτων υλών.

Επιπλέον, αρκετές RecycleBots, όπως το Filastruder έχουν σχεδιαστεί και κατασκευαστεί για να μετατρέπουν τα πλαστικά απόβλητα, όπως δοχεία σαμπουάν και κανάτες γάλα, σε φθηνά Rep Rap νήματα. Υπάρχουν κάποιες ενδείξεις ότι η χρήση αυτής της προσέγγισης της κατανεμημένης ανακύκλωσης είναι καλύτερο για το περιβάλλον.

Η ανάπτυξη και η προσαρμογή του Rep Rap με βάση τους τρισδιάστατους εκτυπωτές έχει δημιουργήσει μια νέα κατηγορία εκτυπωτών κατάλληλοι για τις μικρές επιχειρήσεις και για τους καταναλωτές. Οι κατασκευαστές όπως Solidoodle, Robo 3D, Rep Rap Pro και Pirx 3D εισήγαγαν τα μοντέλα και τις εξαρτήσεις στην χαμηλότερη τιμή των 1.000 \$, αρκετά χαμηλότερο από ό, τι ήταν τον Σεπτέμβριο του 2012.

Ανάλογα με την εφαρμογή, την ανάλυση εκτύπωσης και την ταχύτητα της κατασκευής βρίσκεται κάπου ανάμεσα σε ένα προσωπικό εκτυπωτή και σε έναν βιομηχανικό εκτυπωτή. Μια λίστα των εκτυπωτών με τις τιμές και άλλες πληροφορίες διατηρούνται. Πιο πρόσφατα δέλτα ρομπότ, όπως και η TripodMaker, έχουν χρησιμοποιηθεί για τρισδιάστατη εκτύπωση να αυξήσει περαιτέρω την ταχύτητα κατασκευής.

Για δέλτα τρισδιάστατους εκτυπωτές, λόγω της γεωμετρίας και της διαφοροποίησης κινήσεις του, η ακρίβεια της εκτύπωσης εξαρτάται από τη θέση της κεφαλής του εκτυπωτή. Ορισμένες εταιρείες προσφέρουν επίσης λογισμικό για τρισδιάστατη εκτύπωση, ως υποστήριξη για το υλικό που κατασκευάζονται από άλλες εταιρείες.

3.3 Μεγάλοι τρισδιάστατη εκτυπωτές

Μεγάλοι τρισδιάστατη εκτυπωτές έχουν αναπτυχθεί για τη βιομηχανία και την εκπαίδευση. Ένα μεγάλο δέλτα-style τρισδιάστατου εκτυπωτή χτίστηκε το 2014 από τον See Me CNC. Ο εκτυπωτής είναι ικανός να λάβει ένα αντικείμενο με διάμετρο

έως και 4 πόδια (1,2 m) και μέχρι 10 πόδια (3,0 m) σε ύψος. Επίσης, χρησιμοποιεί πλαστικά σφαιρίδια ως πρώτη ύλη αντί των τυπικών πλαστικών νημάτων που χρησιμοποιούνται σε άλλους τρισδιάστατους εκτυπωτές.



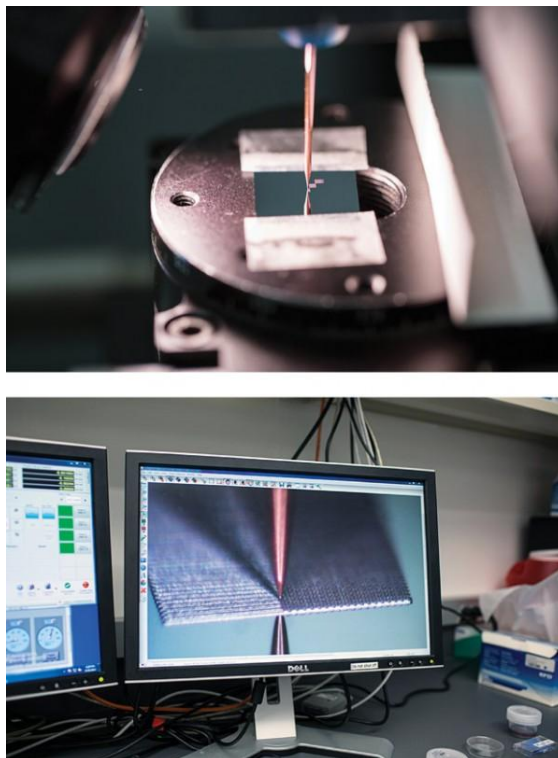
ΕΙΚΟΝΑ 22: μεγάλος τρισδιάστατος εκτυπωτής D-shape

Ένας άλλος τύπος μεγάλου εκτυπωτή είναι το Big Area Additive Manufacturing (Baam). Ο στόχος είναι να αναπτυχθούν εκτυπωτές που μπορούν να παράγουν ένα μεγάλο αντικείμενο σε υψηλή ταχύτητα. Μια μηχανή Baam του Cincinnati Incorporated μπορεί να παράγει ένα αντικείμενο σε ταχύτητες 200-500 φορές πιο γρήγορα από ότι ένας τυπικός τρισδιάστατος εκτυπωτής του 2014. Μια άλλη μηχανή Baam έχει αναπτυχθεί από την Lockheed Martin με στόχο να εκτυπώνει μακριά αντικείμενα έως και 100 πόδια (30 μ) που θα χρησιμοποιηθεί στην αεροδιαστημική βιομηχανία.

3.4 Τρισδιάστατη εκτυπωτές νάνο-κλίμακας

Μεθόδους κατασκευής μικροηλεκτρονικής συσκευής μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκτύπωση τρισδιάστατων αντικειμένων μεγέθους νάνο-κλίμακας. Τέτοια τυπωμένα αντικείμενα καλλιεργούνται σε ένα στερεό υπόστρωμα, π.χ. δίσκο

πυριτίου, στον οποίο προσχωρούν μετά την εκτύπωση καθώς είναι πάρα πολύ μικρή και εύθραυστη να χειραγωγηθεί μετά την κατασκευή.



ΕΙΚΟΝΑ 23: τρισδιάστατος εκτυπωτής νάνο-κίμακας

Οι τρισδιάστατη νάνο-κατασκευής εκτυπωτές μπορούν να εκτυπωθούν από μια φυσική κινούμενη δυναμική μάσκα stencil κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εναπόθεσης υλικού, κάπως ανάλογη με τη μέθοδο της εξώθησης των παραδοσιακών τρισδιάστατων εκτυπωτών.

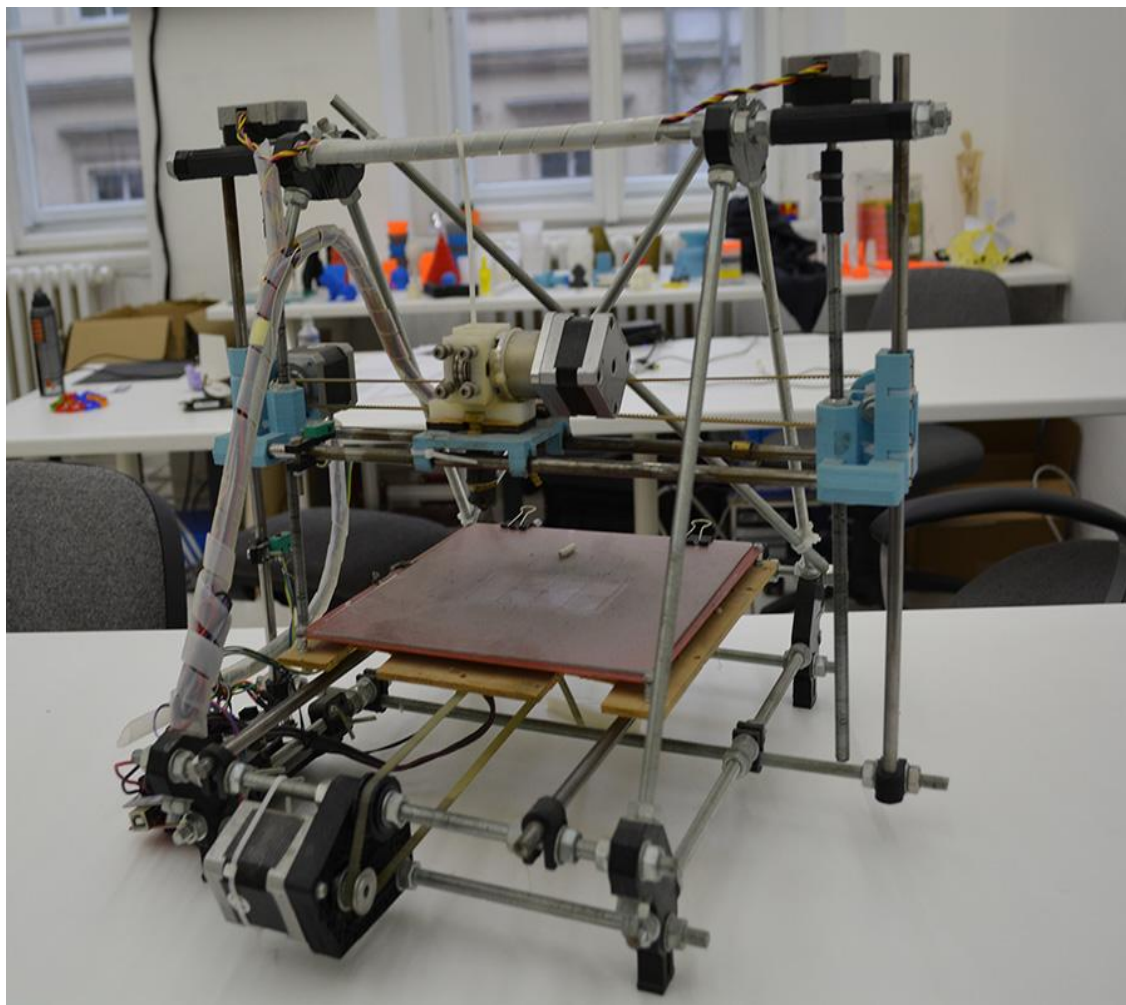
Οι προγραμματισμένοι νάνο-κατασκευής εκτυπωτές με ψηφίσματα τόσο μικρά όσο 10 nm, έχουν παραχθεί με αυτόν τον τρόπο, με μεταλλική εναπόθεση ατμού με φυσική μέθοδο Mechanical piezo που ελέγχεται από την μάσκα στένσιλ με επεξεργασμένους νάνο-πόρους σε μια μεμβράνη νιτριδίου του πυριτίου.

Μια άλλη μέθοδος ενισχύει τη διαδικασία φωτοπολυμερισμού σε πολύ μικρότερη κλίμακα, χρησιμοποιώντας λεπτή εστιασμένη λέιζερ που ελέγχονται από ρυθμιζόμενους καθρέφτες. Η μέθοδος αυτή έχει παράξει αντικείμενα με χαρακτηριστικό ψηφίσματα των 100 nm. Το Micron (μακριά καλώδια χαλκού) έχουν επίσης εκτυπωθεί χρησιμοποιώντας λέιζερ.

4 Τρισδιάστατοι εκτυπωτές χαμηλού κόστους

4.1 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Prusa mendel i1

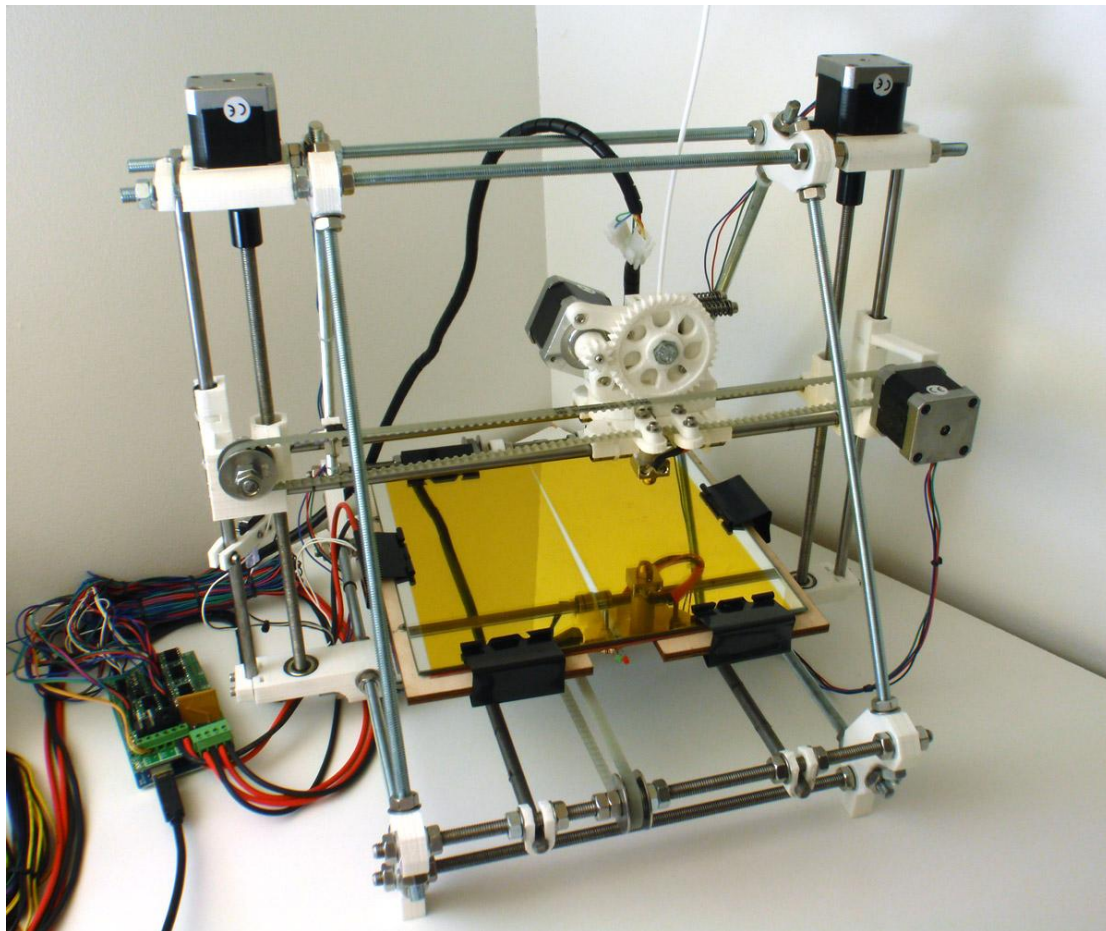
Το Prusa mendel i1 είναι πιο εύχρηστο για την κατασκευή και είναι ένας απλός συνδυασμός του αρχικού mendel. Χρησιμοποιεί τυπωμένους δακτυλίους αντί για ρουλεμάν η έκδοση αυτή χρησιμοποιεί 3 ρουλεμάν 608 ένα για τον άξονα χ και δύο για τον άξονα Υ. Στόχος του Prusa mendel i1 είναι να είναι ο πιο απλός εκτυπωτής που μπορεί να φτιαχτεί. Είναι πολύ εύκολο να τον κατασκευάσεις, να τον τροποποιήσης και να τον ανακατασκευάσεις.



ΕΙΚΟΝΑ 24: τρισδιάστατος εκτυπωτής Prusa mendel i1

4.2 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Prusa mendel i2

Ο Prusa mendel i2 είναι η εξέλιξη του Prusa mendel i1 και κυκλοφόρησε το Νοέμβριο του 2011.



ΕΙΚΟΝΑ 25: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Prusa mendel i2

Μερικές βελτίωσης που έχει είναι:

1. πολλά κομμάτια του είναι κουμπωτά
2. τα μέρη του που έχουν συνδεθεί με M3 βίδες έχουν προστεθεί παξιμάδια
3. η δεύτερη πλάκα έχει αφαιρεθεί
4. η περισσότερες βίδες M4 έχουν αντικατασταθεί από M3
5. ο ιμάντας του άλλαξε σε ιμάντα GT2
6. ο σφικτήρας του ιμάντα επανασχεδιάστηκε
7. ένας τυπωμένος πλαστικός οδηγός του ιμάντα σχεδιάστηκε να αντικαταστήσει της μεγάλες ροδέλες φτερού M8x30

4.3 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Prusa mendel i3

Το Prusa mendel i3 είναι η τρίτη έκδοση ανοικτού λογισμικού τρισδιάστατου εκτυπωτή του Prusa mendel. Η έκδοση αυτή βασίζεται σε αλουμινένιο πλαίσιο και σε σπυρωτούς ράβδους. Η κίνηση των αξόνων γίνεται με βηματικούς κινητήρες ή με ιμάντες και τροχαλίες ή με σπυρωτούς ράβδους.

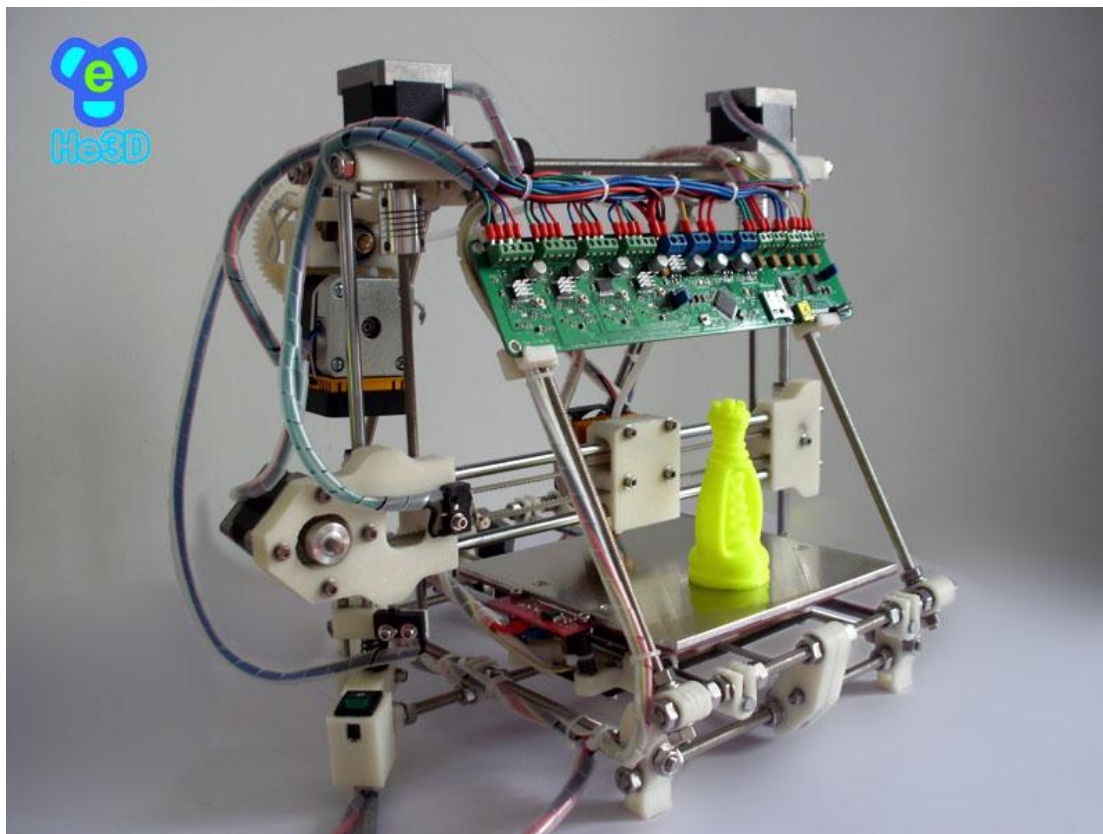


ΕΙΚΟΝΑ 26: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Prusa mendel i3

4.4 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Huxley

Ο Huxley βασίζεται στο αρχικό σχέδιο του mini mendel μαζί με πολλές εργασίες που έχουν προστεθεί και έχει πάρει το όνομα του από τον βιολόγο thomas henry Huxley. Για να διευκρινιστεί το Huxley είναι σαν τον mini mendel με κάποια

επανασχεδιασμένα κομμάτια συν κάποια άλλα αντίγραφα που ορίζονται ηλεκτρονικά καθώς και το λογισμικό υποδοχής. Ο εκτυπωτής χρησιμοποιεί σπυρωτούς ράβδους M6, παξιμάδια M3, μπουλόνια και βηματικούς κινητήρες nema 14.



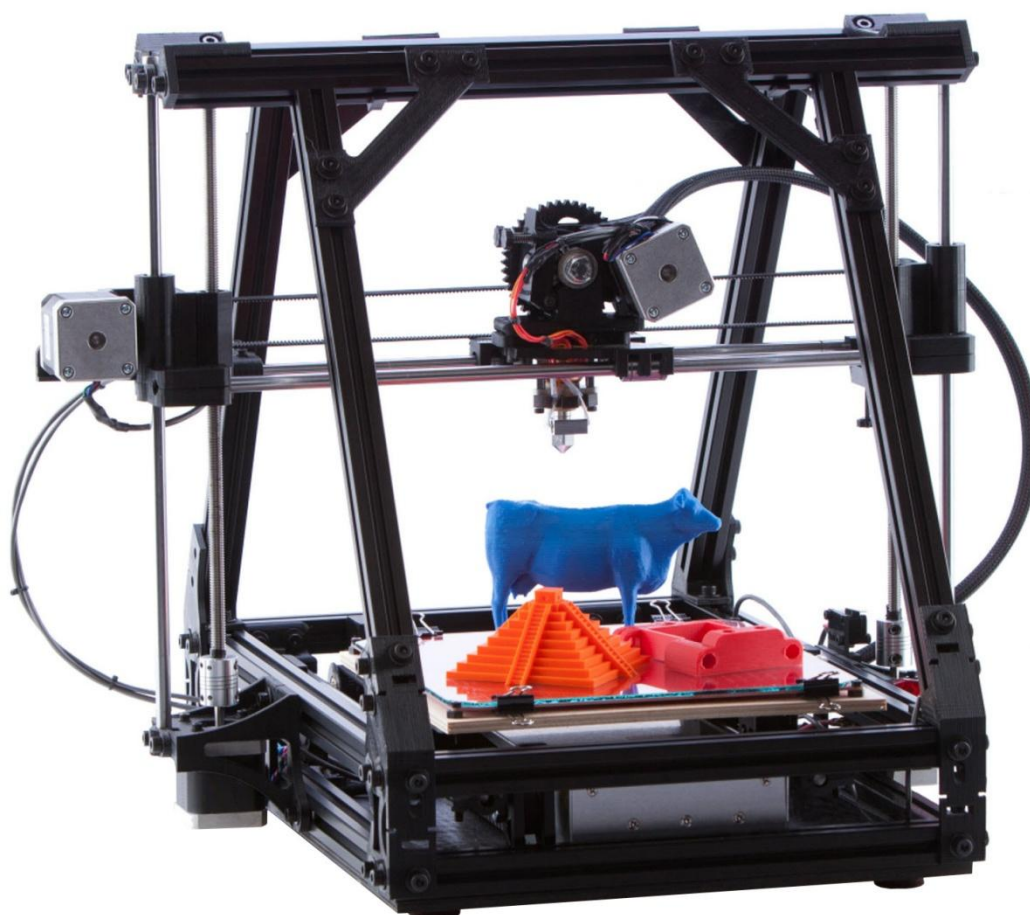
ΕΙΚΟΝΑ 27: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Huxley

Τα reprap μέρη του είναι περίπου 30% του όγκου από εκείνες του mendel, δηλαδή θα μπορούσε να αναπαράγει τρεις φορές πιο γρήγορα. Η ιδέα είναι να αναπτυχθεί ο mendel και ο Huxley παράλληλα, με τον Huxley να είναι ένας απλός εκτυπωτής ενώ ο mendel να έχει φανταχτερές δυνατότητες. Ο Huxley είναι ταχύτερος αντιγραφείας ενώ ο mendel είναι πιο ευέλικτος.

4.5 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Mendelmax

είναι ένας ανοικτού κώδικα reprap τρισδιάστατος εκτυπωτής σχεδιασμένος από τον machbots τον Δεκέμβριο του 2011, χρησιμοποιεί εκτυπωμένα εξαρτήματα και αντί να χρησιμοποιεί ράβδους με σπειρώματα χρησιμοποιεί φθηνά προφίλ αλουμινίου. Αυτό δίνει περισσότερη ακαμψία με χαμηλότερο κόστος.

Το mendelmax βασίζεται στο prusa mendel και έχει πάρει τα καλύτερα μέρη του. Η prusa mendel κράτησε το πλαίσιο sells mendel και έλισσε όλα τα προβλήματα που είχε με τον X,Y και Z άξονα. Το mendelmax δεν βασίστηκε στην διατήρηση του X,Y και Z άξονα αλλά επανασχέδιασε τελείως το πλαίσιο. Εκτός από την ακαμψία του ο εκτυπωτής είναι πολύ πιο εύκολο να κατασκευαστή από ένα prusa.

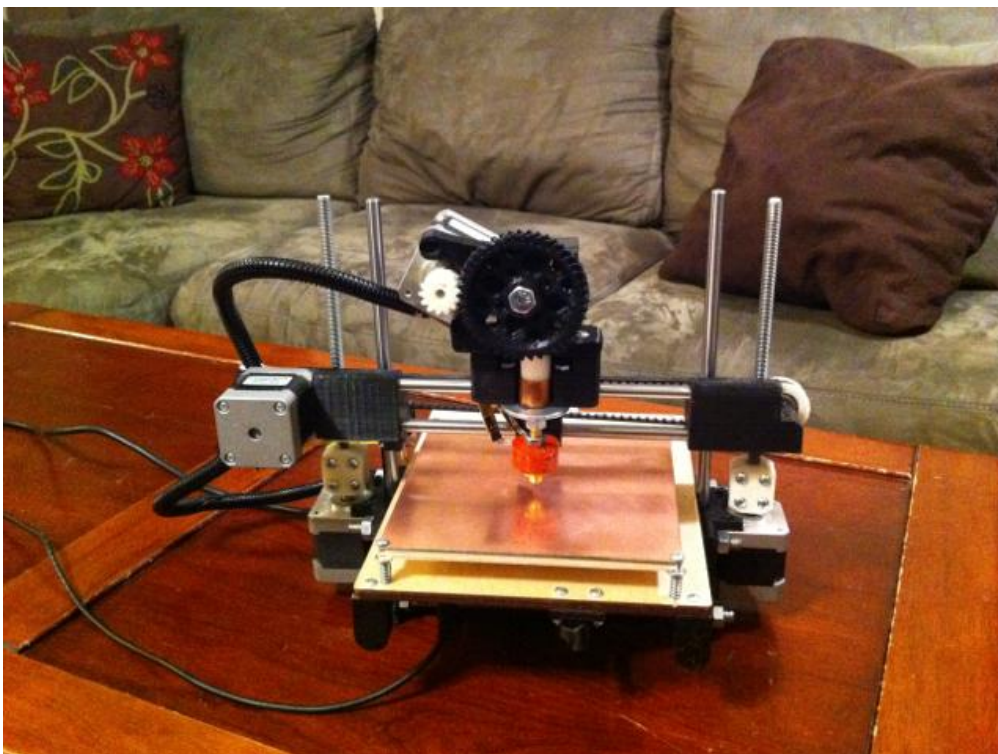


ΕΙΚΟΝΑ 28: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Mendelmax

Σχεδόν κάθε τμήμα του μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα και να αντικατασταθεί. Ο άξονας του X έχει παρθεί από τον prusa mendel και το γεγονός ότι δεν έχει καθοριστεί ένας καθορισμένος σχεδιασμός για τον άξονα X προβάλλει πολλά πλεονεκτήματα συμπεριλαμβανομένου διαφόρων σχεδίων του άξονα X που πολύ άνθρωποι έχουν εξερεύνηση το τελευταίο διάστημα. Επίσης χρησιμοποιεί παρόμοιο Y άξονα με τον prusa με κάποιες απλοποιήσεις.

4.6 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Printrbot

Ο printrbot είναι ο πιο απλός, φτηνός reprap τρισδιάστατος εκτυπωτής στον κόσμο. Από τον Απρίλιο του 2014 υπάρχουν 4 εκδοχές του ο simple, ο jr, ο plus και ο go.



ΕΙΚΟΝΑ 29: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Printrbot

4.7 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Eventorbot

Σκοπός του Eventorbot ήταν να δημιουργηθεί ένας άκαμπος και χαμηλού κόστους τρισδιάστατος εκτυπωτής. Χρησιμοποιώντας λιγιστά μέρη, εύκολος στην συναρμολόγηση του και ικανός να αναπαράγει περισσότερα από τα μέρη του. Είναι μια κατασκευή ανοικτού κώδικα και τα σχέδια του είναι διαθέσιμα για όποιον ενδιαφέρεται.

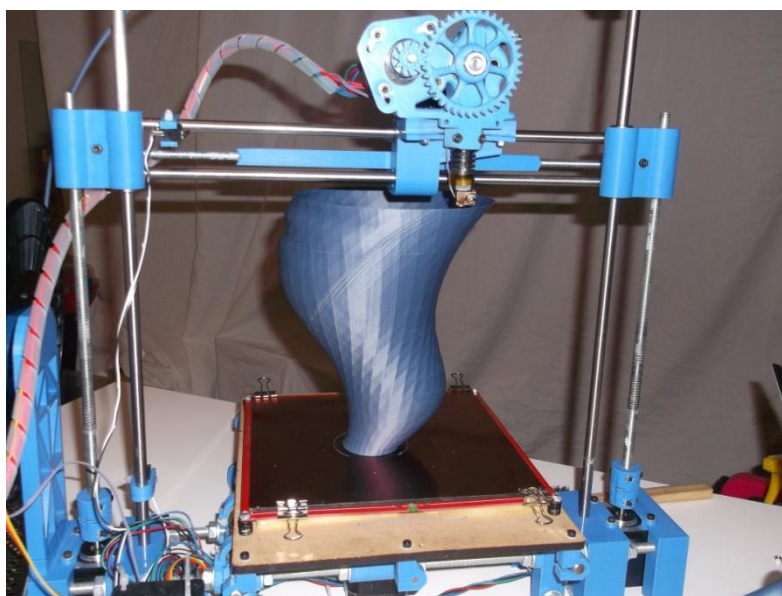
Δεδομένου ότι μεγάλο ποσοστό των τμημάτων του Eventorbot είναι εκτυπώσιμα. Με το ενιαίο μεταλλικό πλαίσιο εξαλείφει το 40% των εξαρτημάτων του με αποτέλεσμα να κοστίζει όσο κοστίζουν κάποιοι εκτυπωτές οικιακής χρήσης. Λόγο του ενιαίου πλαισίου αποφεύγεται ένα μεγάλο μέρος των κραδασμών κατά την εκτύπωση με αποτέλεσμα καλύτερη ποιότητα εκτύπωσης.



ΕΙΚΟΝΑ 30: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Eventorbot

4.8 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Wallace

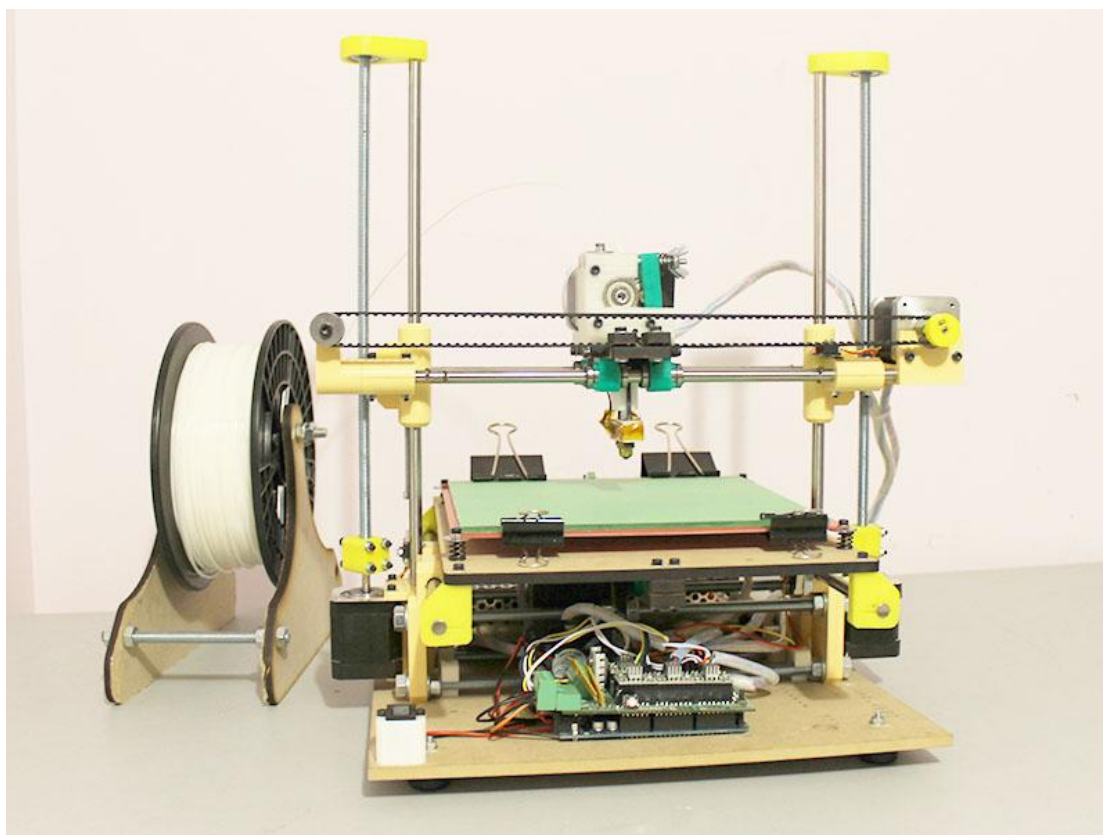
Ο τρισδιάστατος εκτυπωτής Wallace πήρε το όνομα του από τον Alfred rassel Wallace. Βασίζεται στον printbot αλλά είναι πλήρως επανασχεδιασμένος για να είναι πιο ισχυρός και ταυτόχρονα απλός. Σχεδιάστηκε για να χρησιμοποιεί 6mm βέργες με σπείρωμα και κινητήρες nema 17. Ανάλογα με το μέγεθος των ράβδων ο Wallace μπορεί να διαμορφωθεί σε ένα πλήρες μέγεθος 200X200X140 mm.



ΕΙΚΟΝΑ 31: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Wallace

4.9 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Mix g1

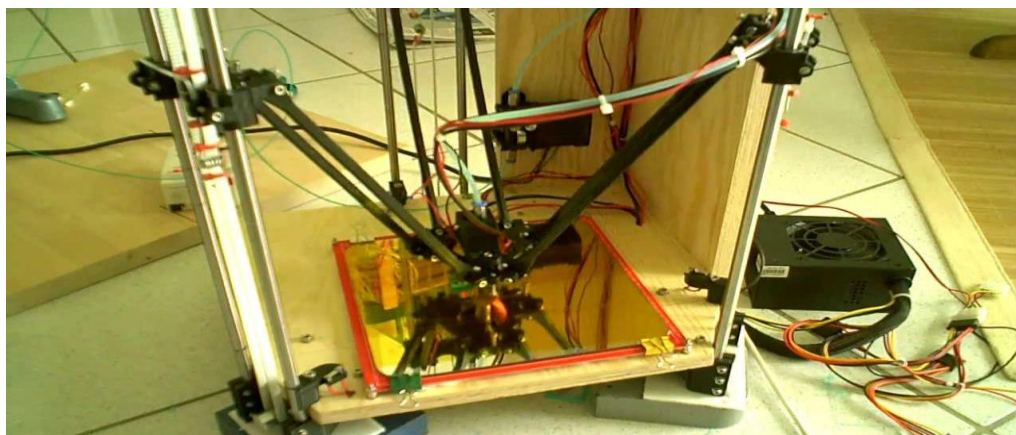
Ο σχεδιασμός του βασίζεται στον Wallace. Το κηρίο πλεονέκτημα του είναι η μηχανική του δομή η οποία είναι κατανοητή εύκολος στην κατασκευή και δεν χρειάζεται πολύ βαθμονόμηση (calibration). Ο Mix g1 έχει ένα από τα μικρότερα μεγέθους ακρωφήσιο (0,34 mm) το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα την καλύτερη ποιότητα εκτύπωσης. Η ταχύτητα εκτύπωσης μπορεί να φτάσει μέχρι και 150 mm το δευτερόλεπτο ενώ το ύψος του στρώματος είναι τόσο λεπτό όσο 0,17 mm.



ΕΙΚΟΝΑ 32: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Mix g1

4.10 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Mendel rostock

Για να κατασκευαστεί ένας τρισδιάστατος εκτυπωτής Mendel rostock πρέπει το πλαίσιο να τοποθετηθεί με τον τελεστή (end-effector). Ξύλινα πάνελ αποτελούν το σώμα του εκτυπωτή, αποτελείται από μια πλάκα βάσης από μια άνω πλάκα και τέσσερα πλευρικά τοιχώματα. Το πρωτότυπο αποτελείται από δύο πλευρικά τοιχώματα αλλά για να είναι πιο σταθερό χρησιμοποιούμε περισσότερα.

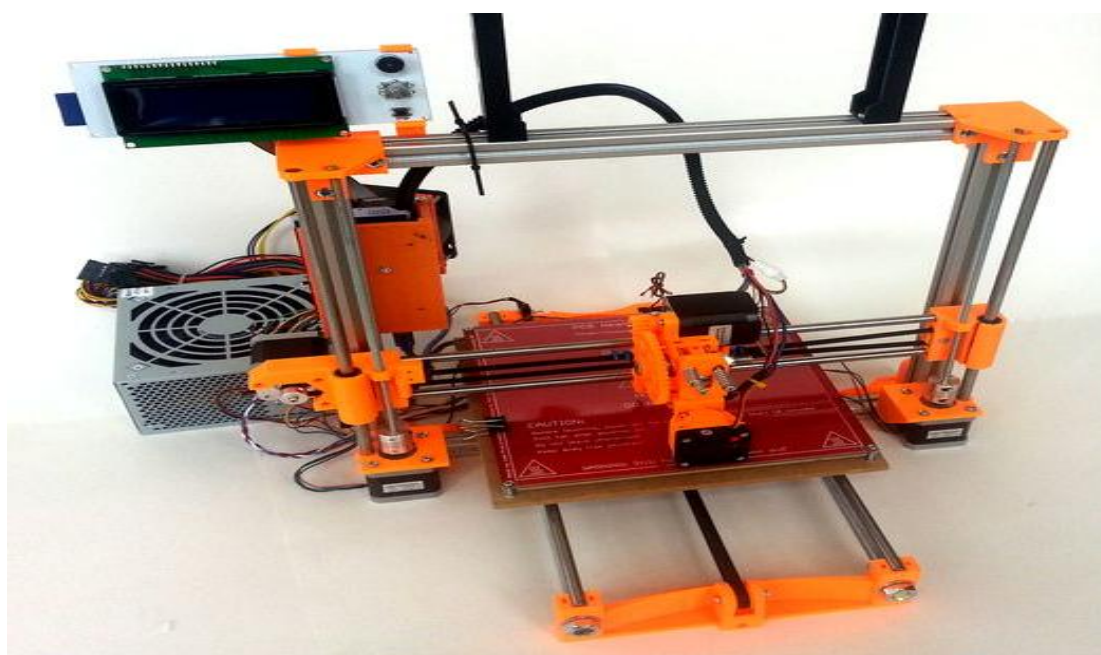


ΕΙΚΟΝΑ 33: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Mendel rostock

Χαλύβδινη ραβδί και εξαρτήματα από ABS αποτελούν τον λεγόμενο πύργο. Η πάνω πλάκα και η πλάκα της βάσης συνδέονται μαζί με τα πλευρικά τοιχώματα. Τα τοιχώματα είναι χρήσιμα για την σταθερότητα και την προσάρτηση των μεταγενέστερων στοιχείων όπως τα ηλεκτρονικά μέρη. Στην συνέχεια τοποθετούνται οι χαλύβδινοι ράβδοι και τα εξαρτήματα από ABS.

4.11 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Wilson

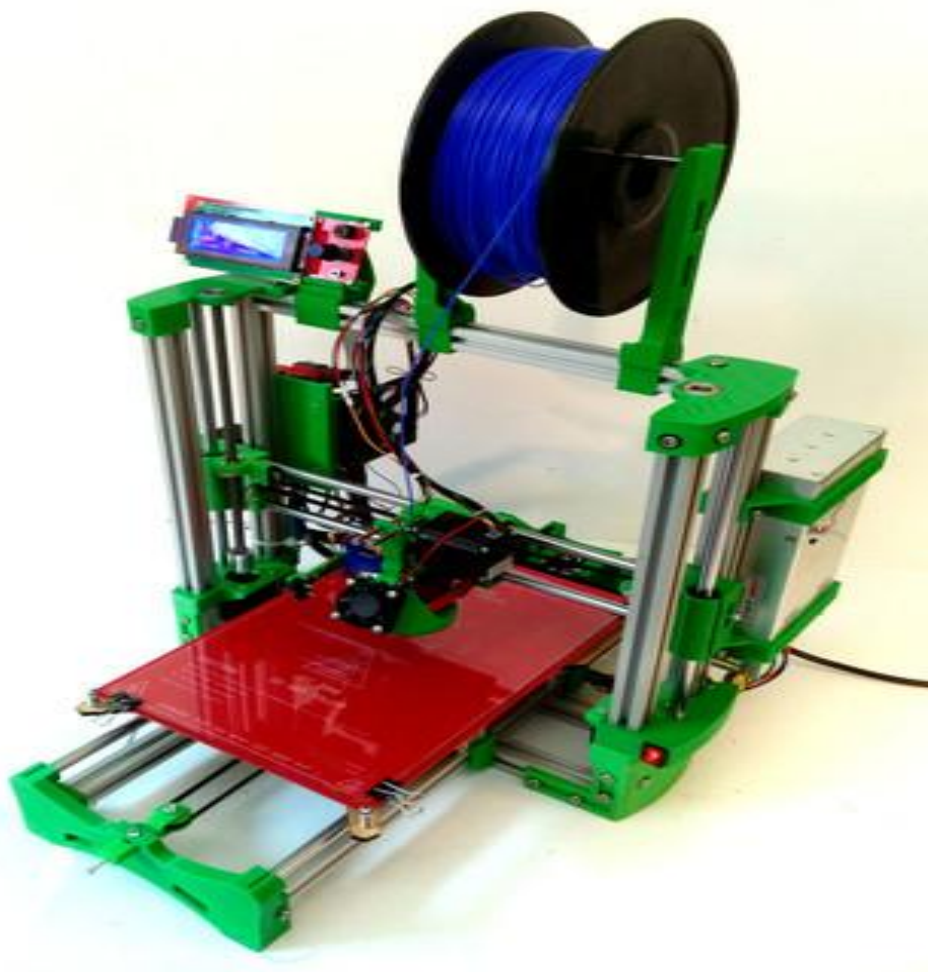
Ο εκτυπωτής Wilson της reprap είναι απόγονος του εκτυπωτή rusa i3 και έχει παρόμοια στοιχεία με την lulzbot taz (ιδιαίτερα ο Wilson 2).



ΕΙΚΟΝΑ 34: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Wilson

Ο κύριος στόχος του Wilson ήταν να αντικαταστήσει το πλαίσιο με ένα ενσωματωμένο εξωθητή αλουμινίου επιπλέον ο σχεδιασμός έχει ένα παραμετρικό χώρο κατασκευής που σημαίνει ότι είναι σχετικά εύκολο να αναβάθμισης τον X,Y και Z άξονα. Υπάρχουν τρις εκδόσεις του Wilson, ο Wilson 2 που είναι και ο πιο καινούργιος, ο Wilson RS και ο Wilson TS.

4.12 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Wilson 2



ΕΙΚΟΝΑ 35: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Wilson 2

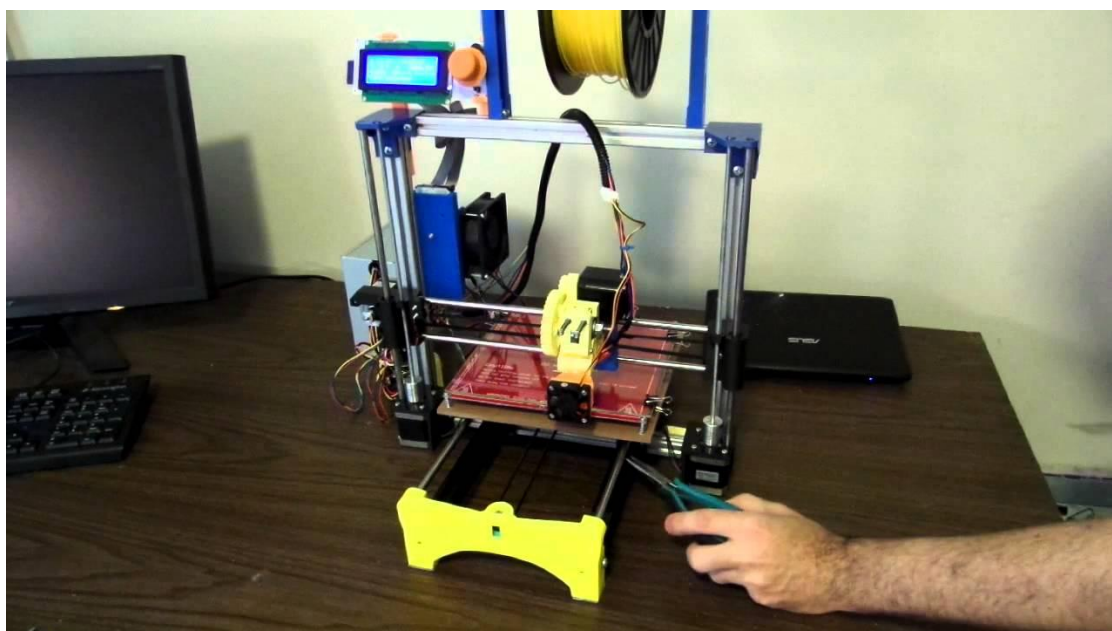
Σε σύγκριση με το πρωτότυπο Wilson έχουμε της εξής διαφορές:

- 1) οι λείοι ράβδοι του είναι 10 mm από 8 mm
- 2) τα προφίλ αλουμινίου είναι 7 από 4
- 3) η πλάκα εκτύπωσης είναι 20X30 cm από 20X20 cm.
- 4) ο Z άξονας χρησιμοποιεί κοχλίες 8 mm από 5 mm.

- 5) σαν αποτέλεσμα από τα παραπάνω η απόσταση μεταξύ των ράβδων δεν είναι πανομοιότυπες με αυτές του prusa i3.
- 6) τα περισσότερα από τα πλαστικά μέρη έχουν επανασχεδιαστεί για λειτουργικές βελτιώσεις και υπάρχουν μερικά νέα εξαρτήματα που μπορούν να εκτυπωθούν συμπεριλαμβανομένου της βάσης του τροφοδοτικού.

4.13 Τρισδιάστατος εκτυπωτής Wilson TS

Ο Wilson TS χρησιμοποιεί προφίλ αλουμινίου T για τον άξονα Y διαφορετικά από τα προφίλ του πρώτου Wilson.



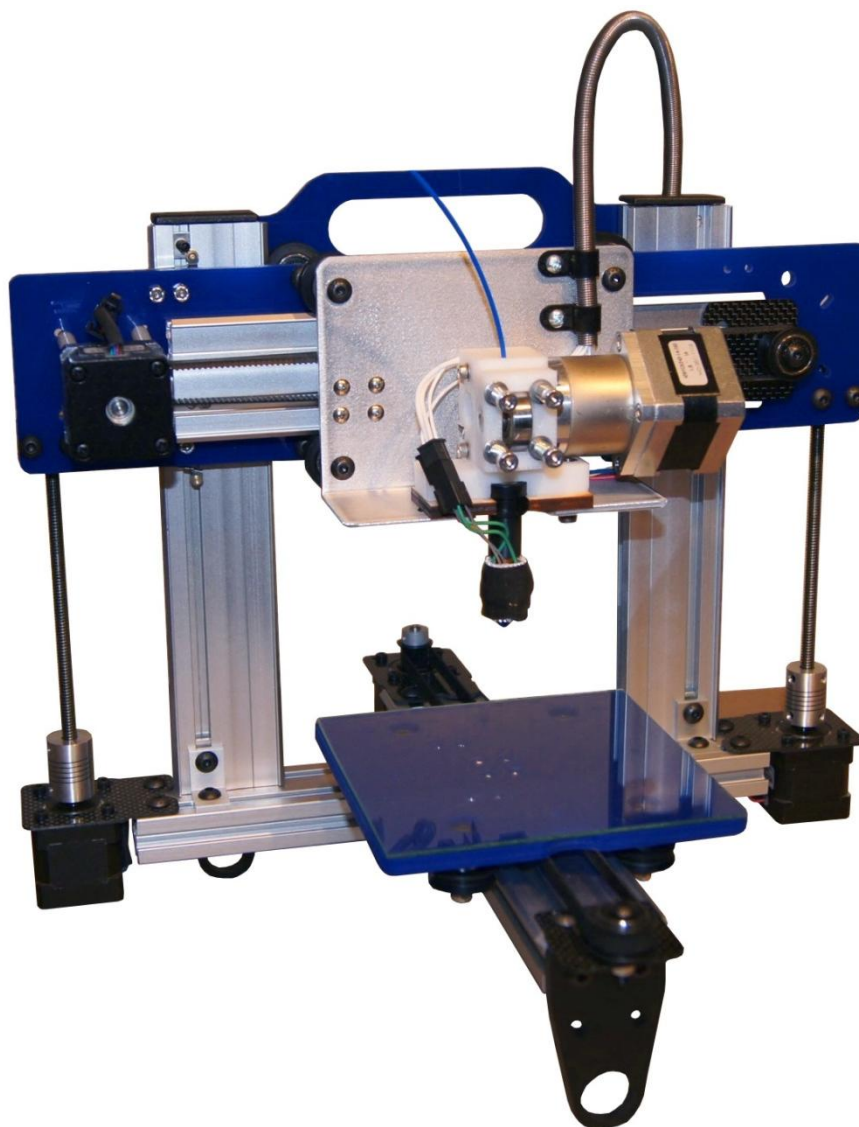
ΕΙΚΟΝΑ 36: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Wilson TS

Τα πλεονεκτήματα του Wilson TS είναι:

- 1) χρησιμοποιείται μόνο ένας τύπος πλαισίου το οποίο απλοποιεί την κατασκευή.
- 2) χρησιμοποιεί μια καταλληλότερη εκδοχή του Y άξονα επειδή το πλαίσιο έχει περισσότερη ακαμψία κατά το μήκος του από ότι έχουν η ράβδοι M10.
- 3) επειδή η πλάκα εκτύπωσης είναι μεγαλύτερη υπαρξή περισσότερος χώρος κάτω από την πλάκα για να τοποθετηθεί το τροφοδοτικό.

4.14 Τρισδιάστατος εκτυπωτής ord bot

ο ord bot είναι μια εκδοχή του σχεδίου Printrbot χτισμένο γύρω από MakerSlide: διαλάσης αλουμίνιου με φέρουσες επιφάνειες φορμαρισμένους σε κάθε πλευρά. Αυτό βελτιώνει την ακαμψία του πλαισίου, μηχανική αξιοπιστία και ταχύτητα εκτύπωσης σε αντάλλαγμα για μια αύξηση του κόστους.



ΕΙΚΟΝΑ 37: Τρισδιάστατος εκτυπωτής ord bot

5 Αρχική ιδέα και επιλογή τρισδιάστατου εκτυπωτή

Η αρχική ιδέα δεν ήταν η επανακατασκευή, ενός άλλου ήδη υπάρχον εκτυπωτή του Eventorbot. Όπου ο Eventorbot είναι μια κατασκευή ανοιχτού κώδικα και τα σχέδια του είναι διαθέσιμα για όποιον ενδιαφέρεται στο διαδίκτυο. Δεδομένου ότι μεγάλο ποσοστό των τμημάτων του Eventorbot είναι εκτυπώσιμα. Με το ενιαίο μεταλλικό πλαίσιο εξαλείφει το 40% των εξαρτημάτων του με αποτέλεσμα να κοστίζω όσο κοστίζουν κάποιοι εκτυπωτές οικιακής χρήσης.



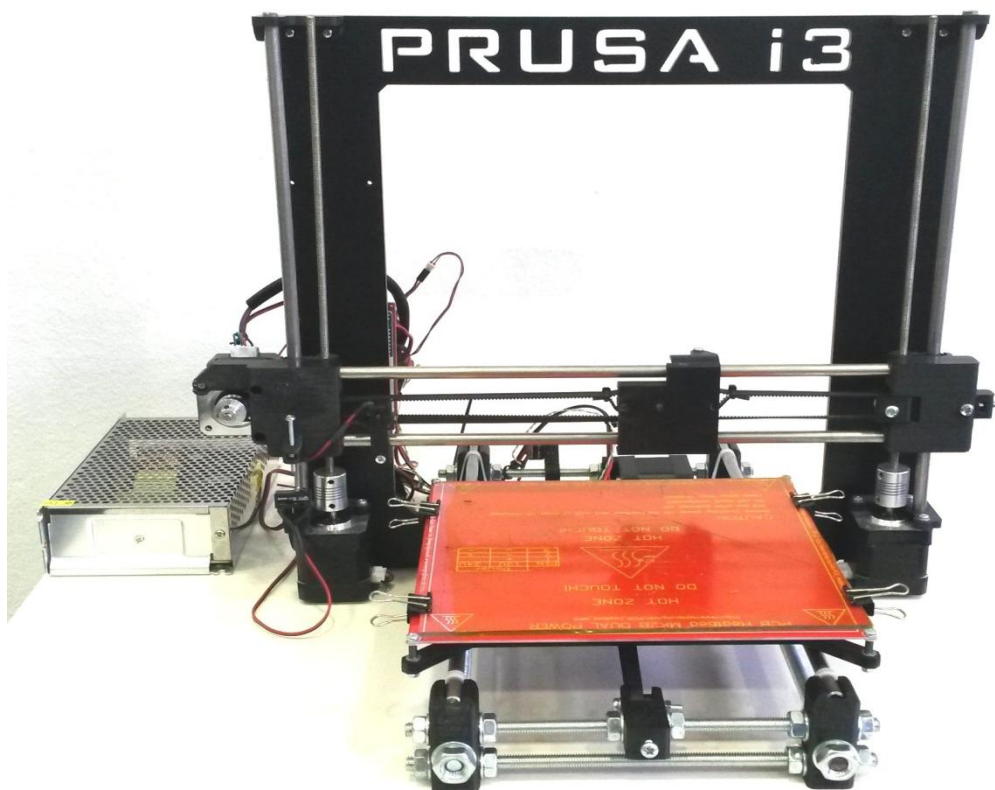
ΕΙΚΟΝΑ 38: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Eventorbot

Λόγο του ενιαίου πλαισίου αποφεύγεται ένα μεγάλο μέρος των κραδασμών κατά την εκτύπωση με αποτέλεσμα καλύτερη ποιότητα εκτύπωσης. Δύστυχος όμως επειδή έχει αρκετά μέρη εκτυπώσιμα, παρά το μεταλλικό πλαίσιο που είναι στιβαρό όλος ο υπόλοιπος εκτυπωτής δεν είναι και τόσο στιβαρός σαν συνολική κατασκευή, αυτό είχε ως αποτέλεσμα μερικά από τα εκτυπωμένα μέρη του εκτυπωτή να σπάσουν και να καταστρίψουν τον εκτυπωτή ανίκανο να εκτύπωσε.

Η πρώτη ιδέα ήταν τα πλαστικά μέρη του Eventorbot να αντικατασταθούν με μεταλλικά μέρη, τα οποία θα κατασκευάζονταν από ψηφιακά καθοδηγούμενη φρέζα, το πρόβλημα όμως ήταν ότι αν γινόταν μία τέτοια ενέργεια το κόστος κατασκευής θα

ήταν πολύ πιο μεγάλο από ότι ήταν στην αρχή με τα πλαστικά μέρη, έτσι η αρχική ιδέα της ανακατασκευής του Eventorbot απορρίφτηκε.

Η δεύτερη ιδέα ήταν η κατασκευή ενός καινούργιου τρισδιάστατου εκτυπωτή του prusa i3, ο Prusa i3 είναι η τρίτη έκδοση ανοιχτού λογισμικού τρισδιάστατου εκτυπωτή του Prusa mendel. Η έκδοση αυτή βασίζεται σε αλουμινένιο πλαίσιο και σε σπυρωτούς ράβδους. Η κίνηση των αξόνων γίνεται με βιωματικούς κινητήρες η με ιμάντες και τροχαλίες.

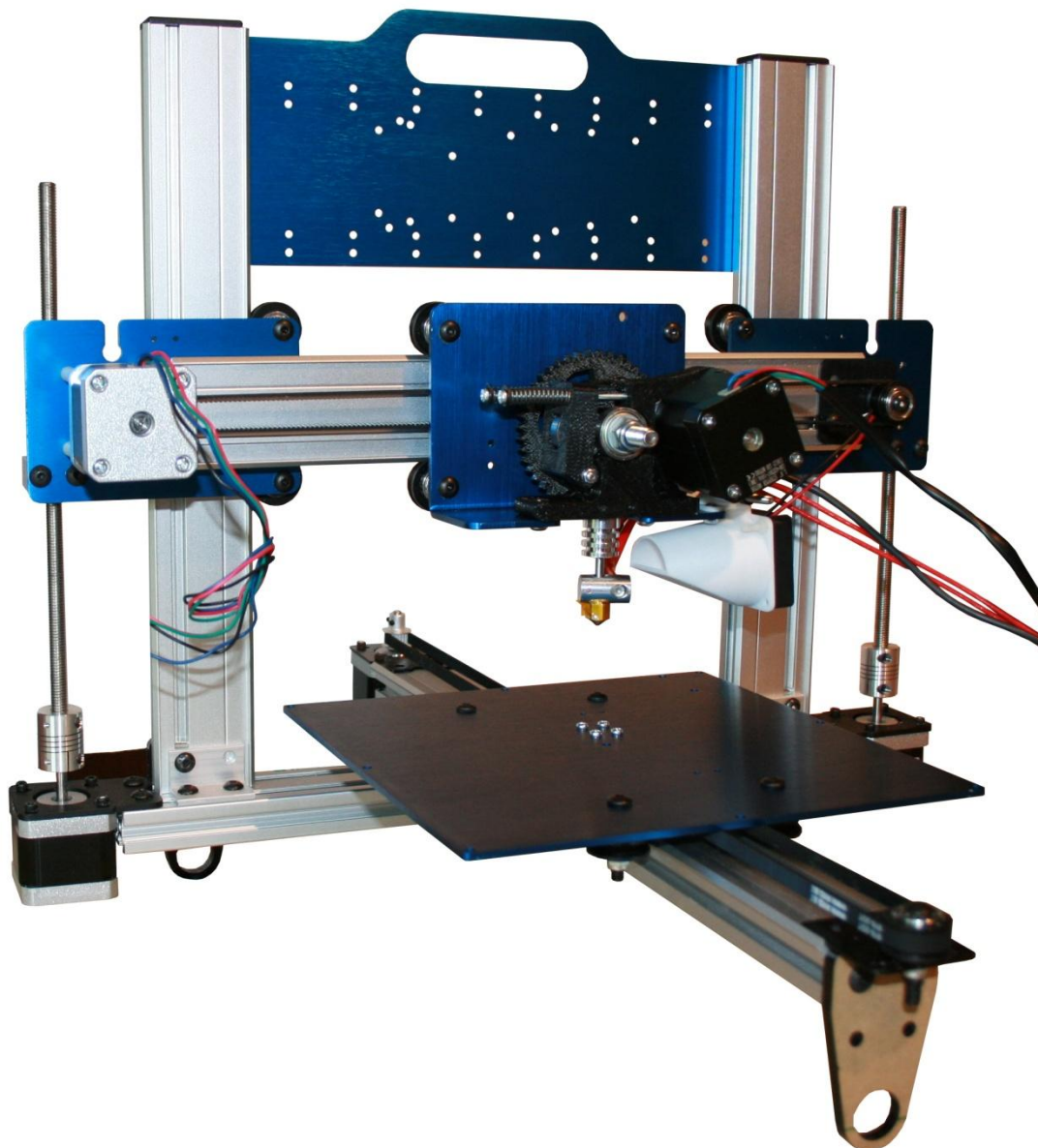


ΕΙΚΟΝΑ 39: Τρισδιάστατος εκτυπωτής Prusa i3

Ο prusa i3 σε γενικά πλαίσια είναι ένας από τους καλύτερους τρισδιάστατους εκτυπωτές χαμηλού κόστους, θα θεωρούταν μία πολύ καλή επιλογή για την κατασκευή του, αλλά δύστυχος και αυτός έχει πολλά μέρη από πλαστικό που είναι εκτυπώσιμα και ίσος να μην ήταν τόσο στιβαρή κατασκευή του. Εάν τα πλαστικά μέρη του prusa i3 γινόντουσαν μεταλλικά, όπως και στην προηγούμενη ιδέα τότε το κόστος θα αυξανόταν κατά πολύ.

Η τρίτη και τελευταία ιδέα είναι η κατασκευή του τρισδιάστατου εκτυπωτή ord bot είναι παρόμοιος με τον prusa i3 και εξίσου καλός όσο και αυτός. Ο ord bot είναι μια

μεταγενέστερη εκδοχή του τρισδιάστατου εκτυπωτή Printrbot. Ο ord bot έχει μια δομή πλαισίου από αλουμίνιο με κωνικές επιφάνειες σε κάθε πλευρά του όπου εκεί εδράζουν η κύλιση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα βελτιώνει την ακαμψία του πλαισίου, μηχανική αξιοπιστία και ταχύτητα εκτύπωσης.



ΕΙΚΟΝΑ 40: Τρισδιάστατος εκτυπωτής ord bot

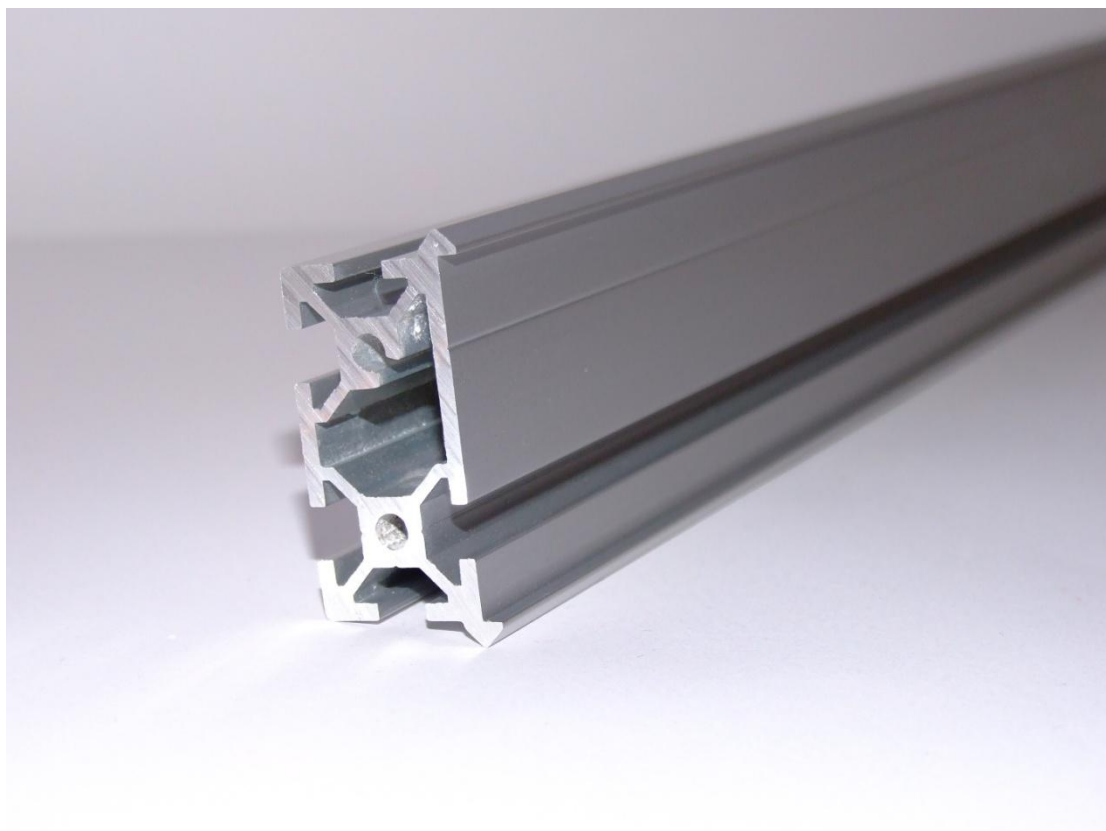
Ακόμα και αυτός ο τρισδιάστατος εκτυπωτής ο ord bot έχει μερικά κομμάτια από πλαστικό, αλλά λόγω της γεωμετρίας των κομματιών αυτόν μπορούν να κατασκευαστούν από σίδηρο αλλά όχι σε ψηφιακά καθοδηγούμενη φρέζα αλλά σε κοπή πλάσμα. Έτσι με αυτόν τον τρόπο ο τρισδιάστατος εκτυπωτής ord bot συνδυάζει χαμηλό κόστος κατασκευής αλλά και μια πολύ στιβαρή κατασκευή.

6 Εξαρτήματα τρισδιάστατου εκτυπωτή

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν τα εξαρτήματα του τρισδιάστατου εκτυπωτή που είτε αγοράστηκαν τυποποιημένα είτε κατασκευάστηκαν για την σωστή λειτουργία του εκτυπωτή.

6.1 Προφίλ αλουμινίου

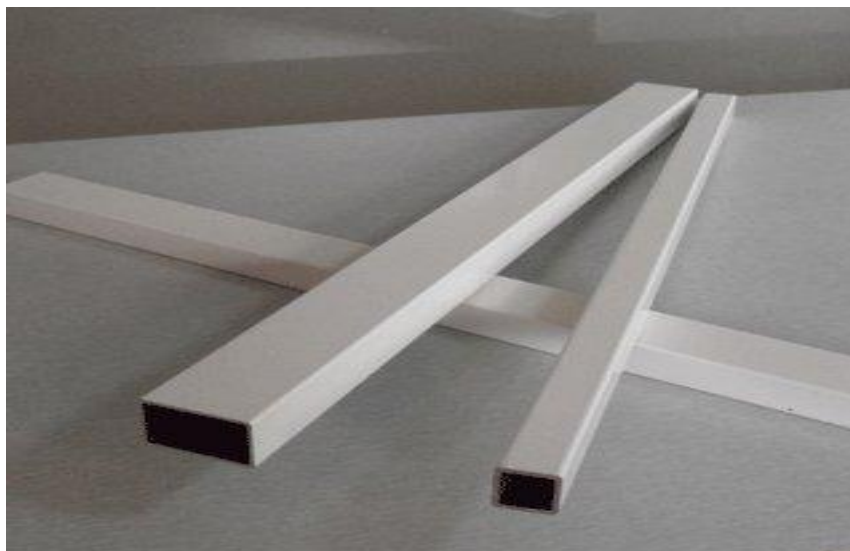
Τα προφίλ αλουμινίου είναι ο σκελετός του εκτυπωτή, που πάνω του θα στηριχθούν όλοι οι άξονες. Τα προφίλ αλουμινίου είναι τυποποιημένα για αυτόν τον εκτυπωτή, αλλά για λόγους κόστους τα προφίλ δεν θα αγοραστούν έτοιμα αλλά θα κατασκευαστούν.



ΕΙΚΟΝΑ 41: προφίλ αλουμινίου για τον τρισδιάστατο εκτυπωτή ord bot

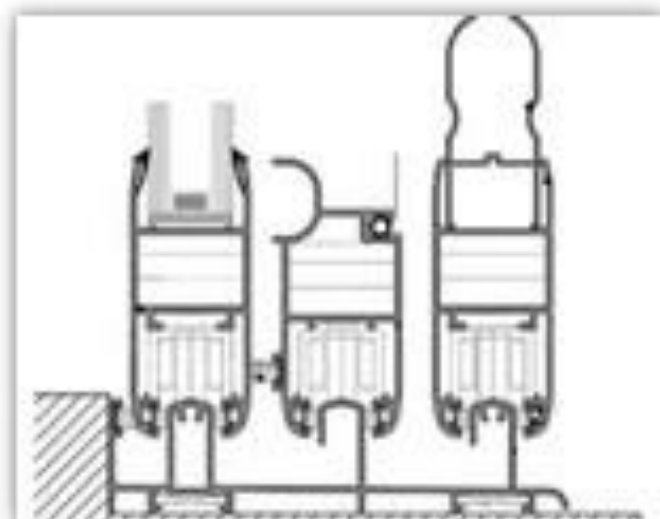
Τα προφίλ του εκτυπωτή θα κατασκευαστούν από ένα συνδυασμό από οδηγό συρόμενης πόρτας της σειράς pr32 και με κωδικό 32-202 και από καρέ αλουμινίου 15X30X3mm. Το καρέ αλουμινίου ουσιαστικά είναι ένας σωλήνας ορθογώνιας διατομής, που χρησιμοποιείται για την κατασκευή πλαισίων αλουμινίου αλλά και σε

κάγκελα αλουμινίου. Η δουλειά του καρέ στον εκτυπωτή είναι να στηρίζει τους οδηγούς για τα ράουλα.



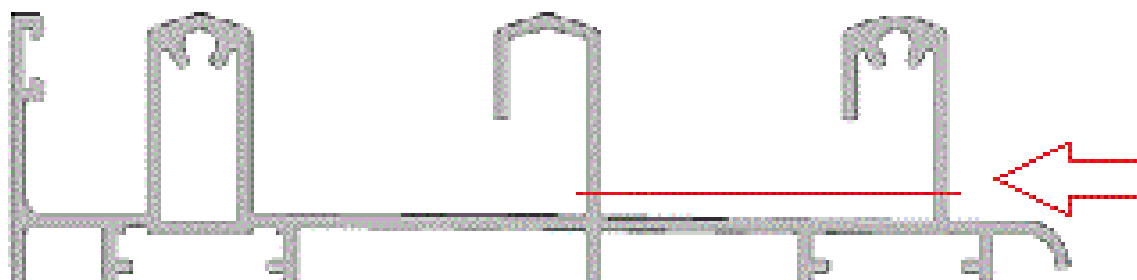
ΕΙΚΟΝΑ 42: διάφορα μεγέθη καρέ αλουμινίου

Ο οδηγός r32 χρησιμοποιείται για την κατασκευή κασομάτων για πόρτες και παράθυρα συρόμενα. Στον εκτυπωτή δεν θα χρησιμοποιηθώ ολόκληρος ο οδηγός r32, θα αφαιρεθούν από αυτόν μόνο η ράγες όπου εφάπτονται τα ράουλα κύλισης, στην συνέχεια αυτές οι ράγες θα τοποθετηθούν στο καρέ αλουμινίου για να κατασκευαστή τελικά το προφίλ του εκτυπωτή.



ΕΙΚΟΝΑ 43: συρόμενο κούφωμα αλουμινίου r32 σε τομή

Η διαδικασία της κατασκευής των προφίλ του τρισδιάστατου εκτυπωτή διακρίνεται σε τρία βασικά βήματα. Πρώτο βήμα είναι να γίνουν οι κοπές στα σωστά μεγέθη που χρειάζονται. Δηλαδή να κοπούν στις κατάλληλες διάστασης ο οδηγός r32 και το καρέ, ανάλογα με το που θα τοποθετηθούν πάνω στον εκτυπωτή.



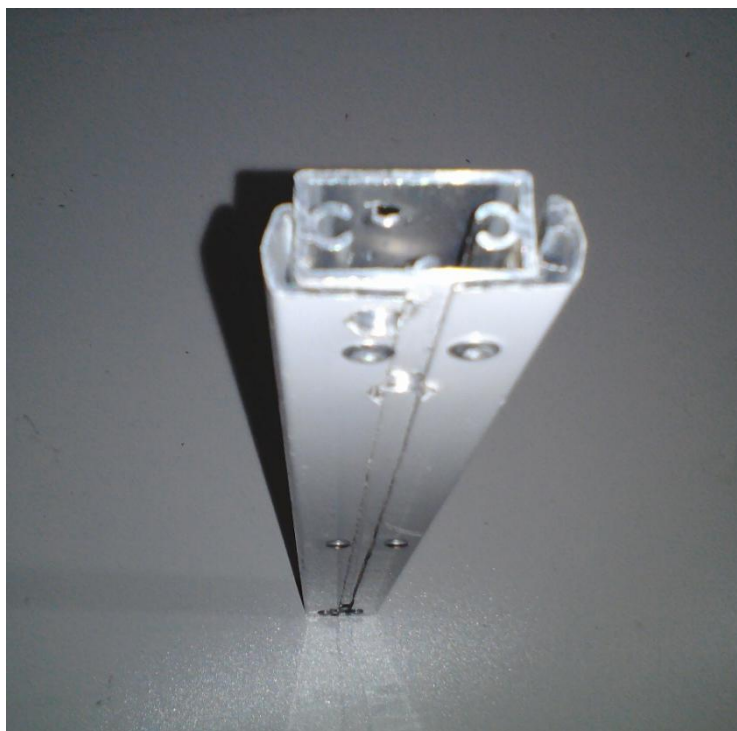
ΕΙΚΟΝΑ 44: προφίλ αλουμινίου r32 με κόκκινη γραμμή να ορίζει το σημείο κοπής

Δεύτερο βήμα είναι να κοπούν από τον οδηγό συρόμενης πόρτας r32 η δύο από τις τρεις ράγες για τα ράουλα.



ΕΙΚΟΝΑ 45: καρέ αλουμινίου με τις κομμένες ράγες από τον οδηγό r32

Τρίτο βήμα είναι να τοποθετηθούν η ράγες του οδηγού r32 που έχουν κοπή, στο καρέ του αντίστοιχου μήκους με της ράγες. Στην συνέχεια να ανοιχτούν τρύπες διαμπερής στο σημείο που εφάπτονται το καρέ με την ράγα και με περτσίνια, να στερεωθούν και τα δύο μαζί έτσι ώστε να δημιουργηθεί το προφίλ του εκτυπωτή.



ΕΙΚΟΝΑ 46: το προφίλ του εκτυπωτή τελειωμένο

6.2 Coupler 5 χιλιοστά έως 8 χιλιοστά

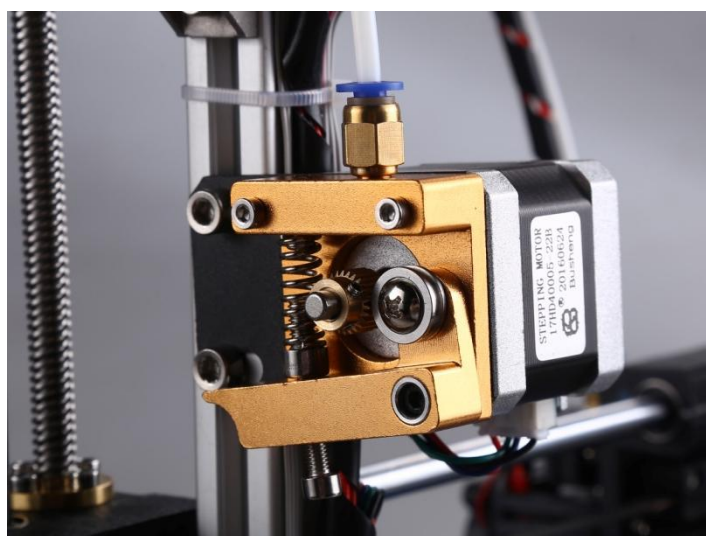
Τα coupler χρησιμοποιούνται για να συνδέουν τους βηματικούς κινητήρες με τους σπυρωτούς ράβδους έτσι ώστε να μεταδίδεται η κίνηση από τον κινητήρα στον σπυρωτό ράβδο. Σε αυτόν τον τρισδιάστατο εκτυπωτή τον ord bot δηλαδή χρησιμοποιούνται δύο coupler που είναι στον άξονα Z και τα δύο, διότι έχει δύο βηματικούς κινητήρες ο άξονας του Z έναν δεξιά και άλλο ένα αριστερά.



ΕΙΚΟΝΑ 47: Coupler 5 x 8mm

6.3 MK8 προωθητήρας

Ο MK8 είναι ένα σετ από αλουμινένια εξαρτήματα που τοποθετούνται σε βηματικό κινητήρα έτσι ώστε να προωθεί το υλικό εκτύπωσης, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι το PLA στον εξωθητήρα. Ο MK8 βγαίνει σε δύο εκδοχές η μία είναι με ενσωματωμένο εξωθητηρα, η άλλη είναι χωρίς εξωθητηρα αλλά να συνδέεται σε αυτόν με κάποιο σωληνάκι όπως και στην συγκεκριμένη περίπτωση.



ΕΙΚΟΝΑ 48: προωθητήρας MK8

6.4 Τερματική διακόπτες



ΕΙΚΟΝΑ 49: τερματικός διακόπτης

Ο τερματικός διακόπτης σε ένα τρισδιάστατο εκτυπωτή χρησιμοποιείται για να ορίζει το πεδίο κίνησης του κάθε άξονα, για να ορίζει δηλαδή το σημείο μηδέν του άξονα αλλά και το μέγιστο σημείο του άξονα. Με τους τερματικούς διακόπτες όλων των αξόνων ορίζετε η περιοχή εκτύπωσης.

Σε αυτόν τον εκτυπωτή χρησιμοποιούνται τερματική διακόπτες μόνο για να οριστεί το σημείο μηδέν του κάθε άξονα, διότι δεν είναι απαραίτητο να ορίζεται το μέγιστο σημείο του άξονα από τους τερματικούς διακόπτες. Μπορεί να οριστεί και από τον κώδικα του προγραμματισμού της πλακέτας και να μην χρησιμοποιηθούν οι τερματικοί διακόπτες για τον ορισμό του μέγιστου σημείου στον άξονα.

6.5 Ρουλεμάν 608Z – 8mm

Το ρουλεμάν 608Z είναι ένα απλό τυποποιημένο ρουλεμάν για διάφορες χρήσεις και κατασκευές. Το συγκεκριμένο ρουλεμάν χρησιμοποιήθηκε για την στήριξη της πλάκας εκτύπωσης, για την αποφυγή κραδασμών αλλά και τυχόν αστάθειες που μπορεί να είχε η πλάκα εκτύπωσης.



ΕΙΚΟΝΑ 50: Ρουλεμάν 608Z – 8mm

6.6 Εξωθητήρας E3D V6

Ο εξωθητήρας η αλλιώς extruder είναι το εξάρτημα εκείνο το οποίο θερμαίνει και λιώνει το υλικό, όπου στην συνέχεια το διοχετεύει στο ακροφύσιο για να πραγματοποιηθεί η εκτύπωση. Σε αυτόν τον εκτυπωτή ο εξωθητήρας που χρησιμοποιείται είναι ο E3D V6 extruder ο οποίος έχει ενσωματωμένο και ανεμιστήρα για την ψύξη του.



ΕΙΚΟΝΑ 51: Εξωθητήρας E3D V6

6.7 Πλάκα εκτύπωσης

Η πλάκα εκτύπωσης είναι το κομμάτι του εκτυπωτή όπου πάνω του τυπώνονται τα διάφορα σχέδια. Σε αυτόν τον εκτυπωτή η πλάκα εκτύπωσης αρχικά ήταν μεταλλική, για καλύτερη λειτουργία του εκτυπωτή αντικαταστάθηκε με plexi class.



ΕΙΚΟΝΑ 52: πλάκα εκτύπωσης plexi class

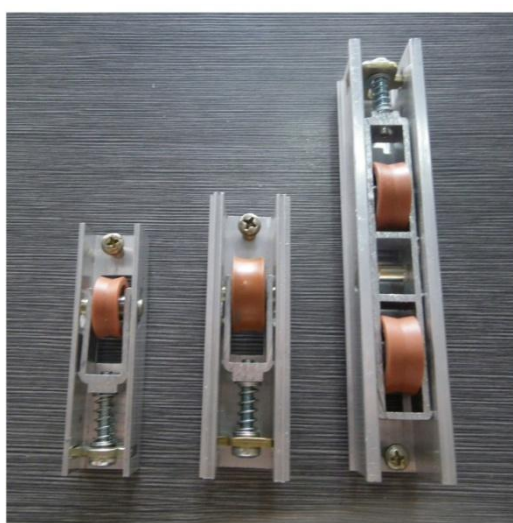
6.8 Ράουλα κίνησης

Τα ράουλα κίνησης είναι αυτά τα οποία στηρίζουν τους άξονες και τους δίνουν την δυνατότητα να κινούνται. Για αυτόν τον εκτυπωτή κανονικά τα ράουλα κίνησης είναι τυποποιημένα και βγαίνουν σε δύο εκδόσεις είτε πλαστικά είτε μεταλλικά και ονομάζονται V-slot Openbuilds.



ΕΙΚΟΝΑ 53: ράουλο V-slot Openbuilds

Σε αυτόν τον εκτυπωτή τα ράουλα που χρησιμοποιήθηκαν δεν είναι τα τυποποιημένα ράουλα V-slot Openbuilds που χρησιμοποιούνται συνήθως. Για λόγο κόστους χρησιμοποιήθηκαν τα ράουλα PROFICCO AA215-035.



ΕΙΚΟΝΑ 54: διάφορα είδη από ράουλα συρόμενης πόρτας

Τα οποία ράουλα PROFICCO AA215-035 η χρήση τους δεν είναι για τρισδιάστατους εκτυπωτές αλλά χρησιμοποιούνται για την στήριξη και την κίνηση σε συρόμενες πόρτες και παράθυρα αλουμινίου. Τα ράουλα αυτά είναι της ίδιας σειράς με τους οδηγούς που πάρθηκαν για να κατασκευαστούν τα προφίλ.



ΕΙΚΟΝΑ 55: ράουλο που χρησιμοποιήθηκε στον εκτυπωτή

6.9 Υλικό εκτύπωσης

Το υλικό εκτύπωσης σε εκτυπωτές χαμηλού κόστους είναι συνήθως κάποιο πλαστικό, ανάλογα τον εκτυπωτή το υλικό διαφέρει σε είδος αλλά και σε πάχος.



ΕΙΚΟΝΑ 56: Υλικό εκτύπωσης PLA 1.75 mm

Τα δύο κυριότερα πλαστικά που χρησιμοποιούνται είναι το PLA και το ABS, αυτά και τα δύο υλικά βγαίνουν και διάφορα μεγέθη όπως 3mm και 1.75mm. σε αυτόν τον εκτυπωτή μπορούν να χρησιμοποιηθούν και τα δύο υλικά σε πάχος 1.75mm.

6.10 Ραβδί με σπείρωμα

Οι ραβδί με σπείρωμα η αλλιώς ντίζες που χρησιμοποιήθηκαν είναι δύο. Μία ράβδος M3 χρησιμοποιήθηκε για στήριξη του βηματικού κινητήρα στον άξονα X και του βηματικού κινητήρα του προωθητήρα.



ΕΙΚΟΝΑ 57: διάφορα μεγέθη ράβδων με σπείρωμα

Η άλλη ράβδος με σπείρωμα που χρησιμοποιήθηκε είναι M8 και τοποθετήθηκε στους δύο βηματικούς κινητήρες στον άξονα Z για την κίνηση του. Παρότι η ράβδος με σπείρωμα για τον άξονα Z βγαίνει τυποποιημένη στο κατάλληλο μέγεθος, πάλι για λόγο κόστους πάρθηκε βέργα του μέτρου και κόπηκε στις κατάλληλες διαστάσεις.

6.11 Σπιράλ περίδεσης καλωδίων

Το σπιράλ περίδεσης καλωδίων είναι ένα κινώ σπιράλ του εμπορίου διαμέτρου 8mm. Σε αυτόν τον εκτυπωτή χρησιμοποιήθηκε για την προστασία των καλωδίων, από τυχόν μάγκωμα τους σε κάποια κύλιση των αξόνων και την φθορά τους.



ΕΙΚΟΝΑ 58: Σπιδράλ περιδέσης καλωδίων

6.12 Σωλήνας τεφλόν

Ο σωλήνας τεφλόν χρησιμοποιείται σε πνευματικά συστήματα ή κατασκευές για την παροχή αέρα. Σε αυτόν τον εκτυπωτή χρησιμοποιήθηκε σωλήνας τεφλόν διαμέτρου 4mm, για την μεταφορά του υλικού εκτύπωσης από τον προωθητήρα προς τον εξωθητήρα.



ΕΙΚΟΝΑ 59: Σωλήνας τεφλόν 4mm

6.13 Ιμάντας χρονισμού

Οι ιμάντες χρονισμού είναι ευρέως γνωστό ότι χρησιμοποιούνται για την μετάδοση της κίνησης. Η ποιότητα, το μέγεθος αλλά και η χρήση ενός ιμάντα χρονισμού ποικίλουν αναλόγως της ανάγκης του καθενός. Σε αυτόν τον εκτυπωτή ο ιμάντας που χρησιμοποιήθηκε είναι τυποποιημένος και ονομάζεται 2GT-6mm. Η χρήση του ιμάντα χρονισμού στον εκτυπωτή αυτόν είναι για την κίνηση του άξονα X και του άξονα Y.



ΕΙΚΟΝΑ 60: Ιμάντας χρονισμού 2GT-6mm

6.14 Τροχαλία ιμάντα

Η τροχαλία ιμάντα είναι το εξάρτημα σε μία ιμαντοκίνηση, το οποίο δίνει την δυνατότητα στον ιμάντα να αλλάξει κατεύθυνση σε ένα επίπεδο με όσο το δυνατόν λιγότερες τριβές. Στον εκτυπωτή αυτόν, τροχαλίες χρησιμοποιούνται στον άξονα X και στον άξονα Y, εκεί δηλαδή όπου υπάρχουν κίνηση με ιμάντα.



ΕΙΚΟΝΑ 61: Τροχαλία ιμάντα

6.15 Pulley gear

Η κίνηση του ιμάντα προέρχεται από τον βηματικό κινητήρα, αλλά χωρίς το 20T-2GT Aluminium δεν θα γινόταν σύμπλεξη. Το 20T-2GT Aluminium είναι ένα γρανάζι όπου η οδόντωση του είναι ίδια με την οδόντωση του ιμάντα. Το 20T 2GT Aluminium στερεοποιείται στον άξονα του βηματικού κινητήρα επιτρέποντας να μεταδοθεί η κίνηση.



ΕΙΚΟΝΑ 62: Pulley gears

6.16 Βίδες και περτσίνια

Η βίδες που χρησιμοποιήθηκαν είναι η εξαγώνες βίδες M6 σε διάφορα μήκη, αλλά και η βίδες με κυλινδρικό κεφάλι σταυρό M3. Τα περτσίνια που χρησιμοποιήθηκαν είναι περτσίνια αλουμινίου με πάχος 4mm και μήκος 10mm.



ΕΙΚΟΝΑ 63: βίδες M6 σε διάφορα μεγέθη

7 Κατασκευάσιμα μέρη τρισδιάστατου εκτυπωτή

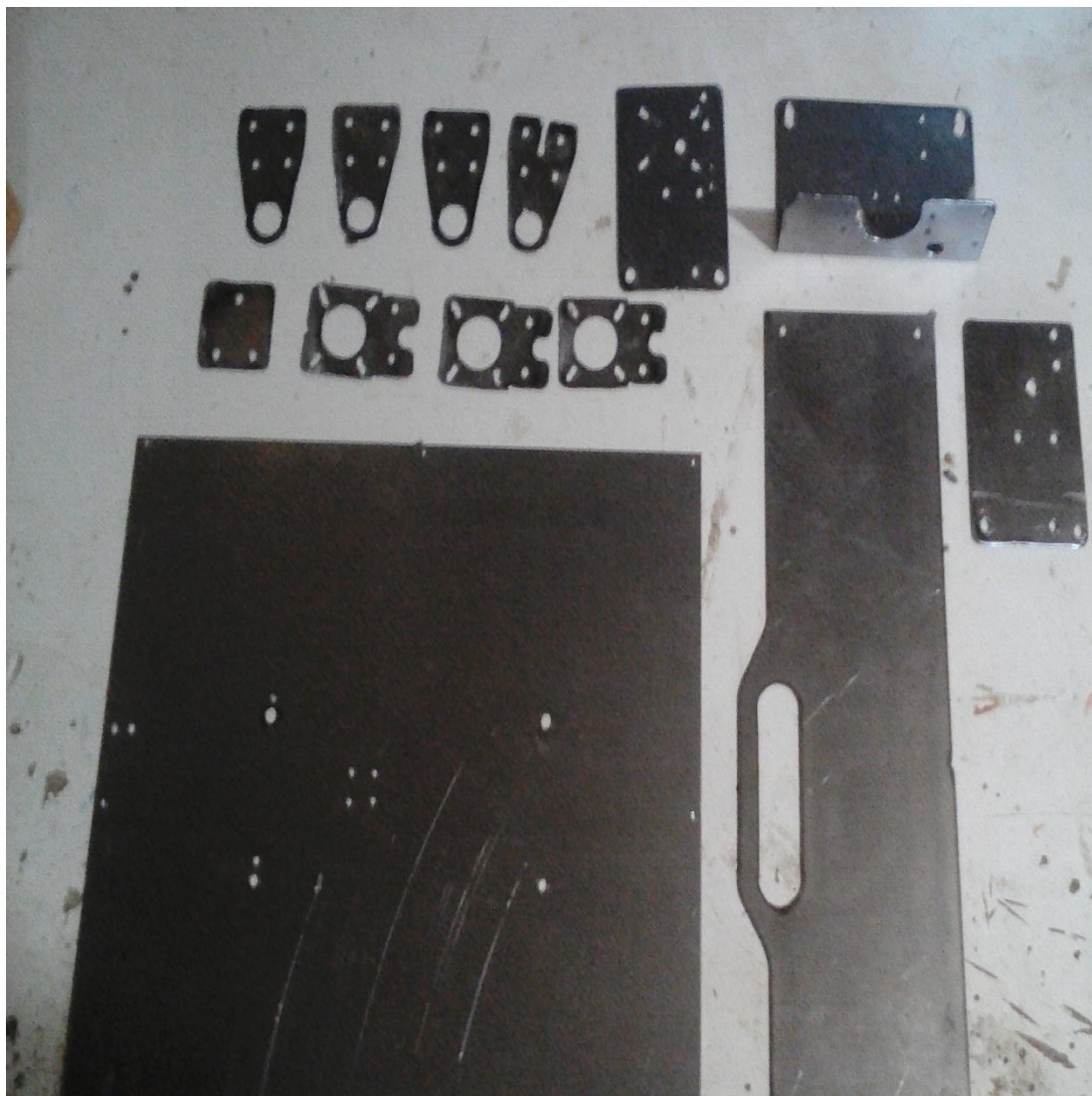
Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν όλα τα μέρη του τρισδιάστατου εκτυπωτή που κατασκευάστηκαν από λαμαρίνα πάχους 1,6mm σε κοπή πλάσμα. Επίσης θα αναφερθεί όλη η διαδικασία κατασκευής του καθενός κομματιού μέχρι την τελική του μορφή, διότι υπάρχουν μερικά στάδια πριν το τελικό στάδιο.

Το πρώτο στάδιο φινιρίσματος των κομματιών είναι να σημαδευτούν με πόντα, τα σημεία όπου θα πρέπει να ανοιχτούν οι τρύπες. Διότι η κοπή πλάσμα δεν έχει μεγάλη ακρίβεια κοπής και για την αποφυγή αστοχιών και κακή κατασκευή των κομματιών. Τα κομμάτια θα κατασκευαστούν χωρίς τρύπες η οποίες θα ανοιχτούν μετά.



ΕΙΚΟΝΑ 64: τα μεταλλικά μέρη του εκτυπωτή πριν τρυπηθούν

Το δεύτερο στάδιο φινιρίσματος των κομματιών του εκτυπωτή είναι να ανοιχτούν τρύπες, με της κατάλληλες διάστασις ανάλογα την χρήση του κάθε κομματιού. Η τρύπες θα ανοιχτούν στα σημεία που είχαν προηγουμένως σημαδευτεί με πόντα.



ΕΙΚΟΝΑ 65: τα μεταλλικά μέρη του εκτυπωτή μετά το τρύπημα

Το τρίτο και τελευταίο στάδιο φινιρίσματος των κομματιών του εκτυπωτή είναι να γίνει βαφή των κομματιών. Αυτό το στάδιο γίνεται κυρίως για την προστασία των κομματιών του εκτυπωτή από την διάβρωση. Εφόσον τα κομμάτια είναι από σίδηρο και έχει μεγάλο βαθμό οξέωσης.



ΕΙΚΟΝΑ 66: τα μεταλλικά μέρη του εκτυπωτή αίτημα για χρήση

7.1 Κοπή πλάσμα

Η κοπή με πλάσμα είναι μια διαδικασία που χρησιμοποιείται για την κοπή χάλυβα και άλλων μετάλλων. Σε αυτή τη διαδικασία, ένα αδρανές αέριο εκτοξεύεται με μεγάλη ταχύτητα από το ακροφύσιο.

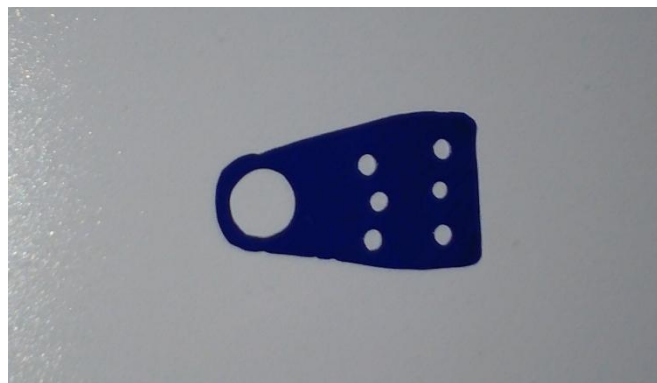


ΕΙΚΟΝΑ 67: μηχανή κοπής πλάσμα

Ταυτόχρονα ένα ηλεκτρικό τόξο που δημιουργείται μέσω των αερίων από το ακροφύσιο προς την επιφάνεια κόβεται, και μετατρέπει ένα μέρος αυτού του αερίου σε πλάσμα. Το πλάσμα είναι αρκετά θερμό έτσι ώστε λιώνει το μέταλλο που κόβεται και κινείται αρκετά γρήγορα για να απομακρύνει το λιωμένο μέταλλο μακριά από την κοπή.

7.2 Πόδι εκτυπωτή A

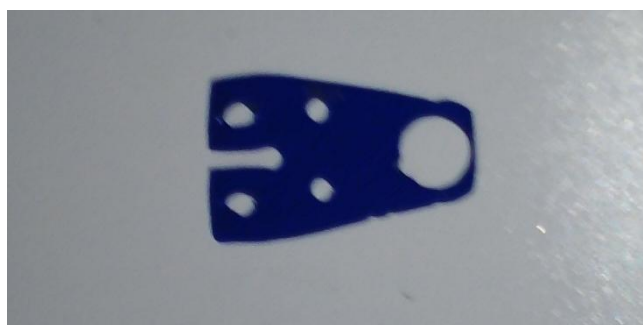
Τα τρία από τα τέσσερα πόδια του εκτυπωτή είναι τα ίδια ακριβώς, σε δομή άλλα και στις τρύπες.



ΕΙΚΟΝΑ 68: πόδι εκτυπωτή

7.3 Πόδι εκτυπωτή B

Το τέταρτο και τελευταίο πόδι του εκτυπωτή έχει και αυτό σχεδόν την ίδια δομή και τρύπες με τα άλλα τρία. Αλλά διαφέρει γιατί έχει μία εγκοπή ανάμεσα στις τρύπες που τα άλλα πόδια δεν την έχουν.



ΕΙΚΟΝΑ 69: πόδι εκτυπωτή

7.4 Γωνίες στηρίξεως

Οι γωνίες στηρίξεως είναι τέσσερις, οι δύο χρησιμοποιούνται για την στήριξη του άξονα Y και οι άλλες δύο για την στήριξη των αξόνων X και Z. Οι γωνίες στηρίξεως αρχικά είχαν την μορφή τετράγωνων ελασμάτων, στην συνέχεια τοποθετήθηκαν σε στράτζα και πήραν το τελικό τους σχήμα. Έπειτα ανοίχτηκαν και σε αυτές τρύπες όπου είχε σημαδευτεί.



ΕΙΚΟΝΑ 70: Γωνίες στηρίξεως

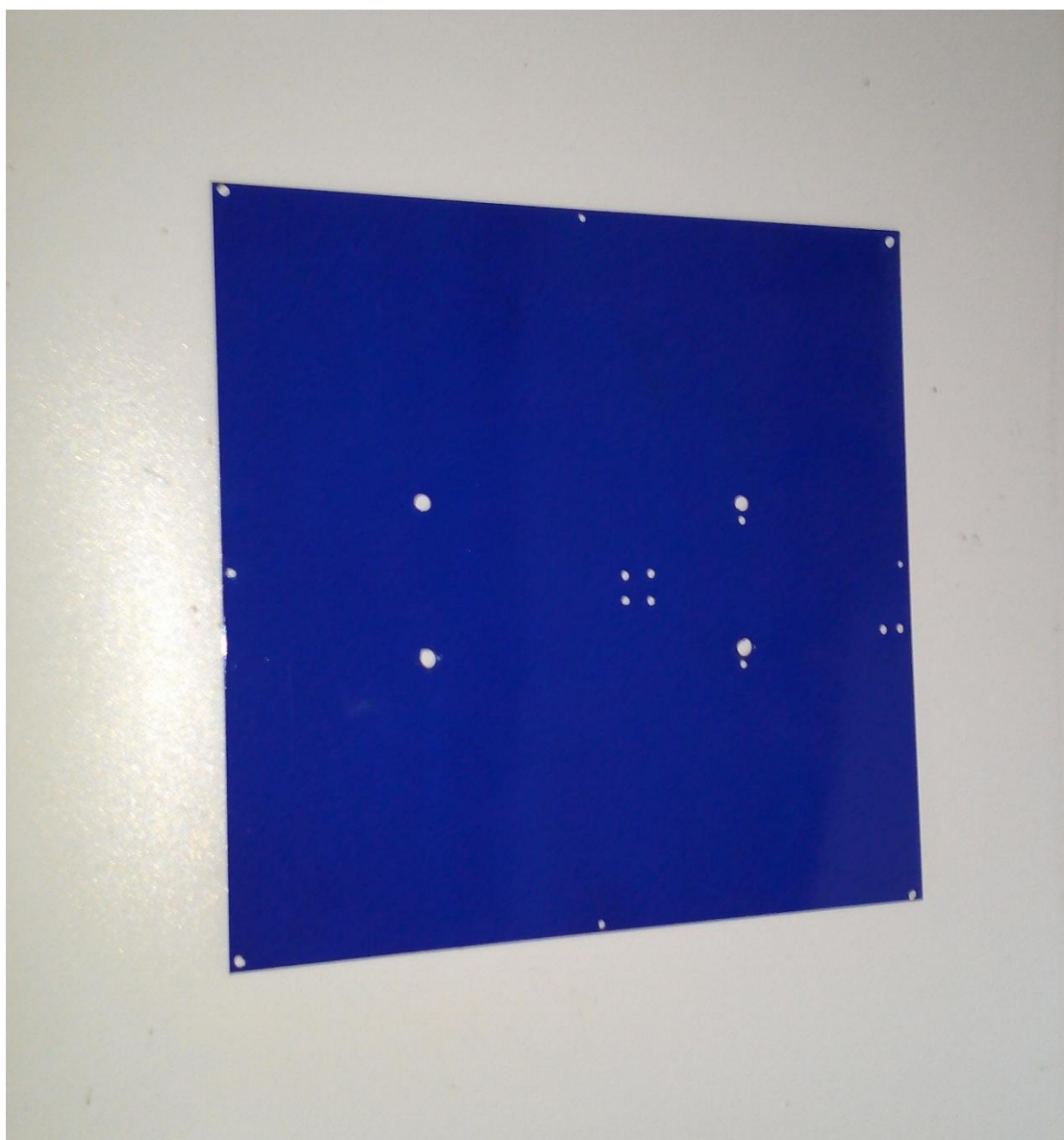
7.5 Βάσης βηματικών κινητήρων



ΕΙΚΟΝΑ 71: βάση βηματικού κινητήρα

Η βάσεις των βηματικών κινητήρων είναι τρείς, χρησιμοποιούνται για την στήριξη των βηματικών κινητικών του άξονα Z αλλά και του άξονα Y. Οι τρύπες που θα πρέπει να ανοιχτούν είναι οκτώ σε κάθε μία από της βάσης. Οι τέσσερις από της οκτώ τρύπες της κάθε βάσης θα πρέπει να γίνουν οβάλ για την σωστή ρύθμιση του βηματικού κινητήρα.

7.6 Πλάκα άξονα Y

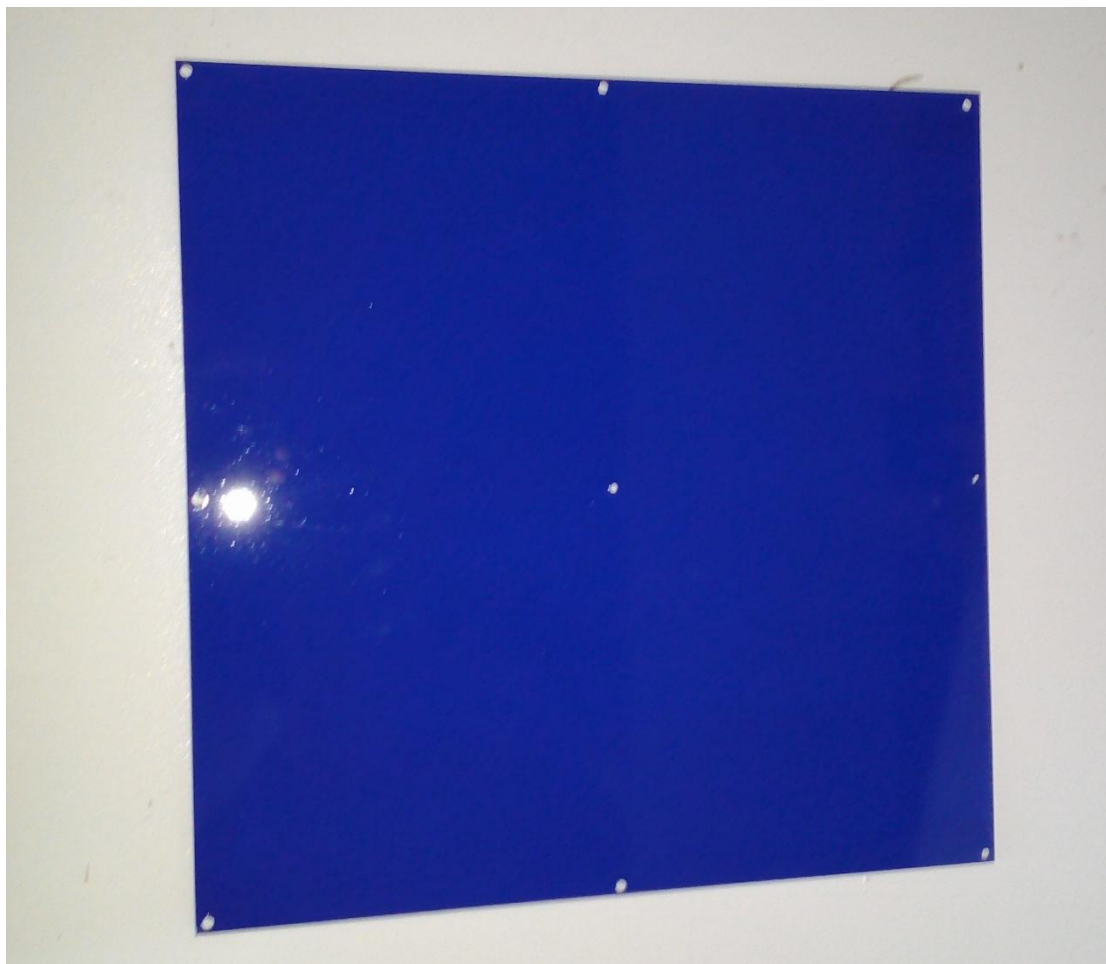


ΕΙΚΟΝΑ 72: Πλάκα άξονα Y

Η πλάκα του άξονα Υ είναι μία τετράγωνη πλάκα, όπου πάνω της θα ανοιχτούν δεκαοκτώ τρύπες. Οι οκτώ θα γίνουν περιμετρικά της πλάκας και θα χρησιμοποιηθούν για την στήριξη της πλάκας εκτύπωσης. Άλλες τέσσερις τρύπες στο κέντρο της πλάκας για την στήριξη της βάσης του ιμάντα, Ακόμα τέσσερις τρύπες όπου θα τοποθετηθούν τα ράουλα για την κίνηση της πλάκας. Η τελευταίες δύο τρύπες θα χρησιμοποιηθούν για το κλείστρο του τερματικού διακόπτη.

7.7 Πλάκα εκτύπωσης

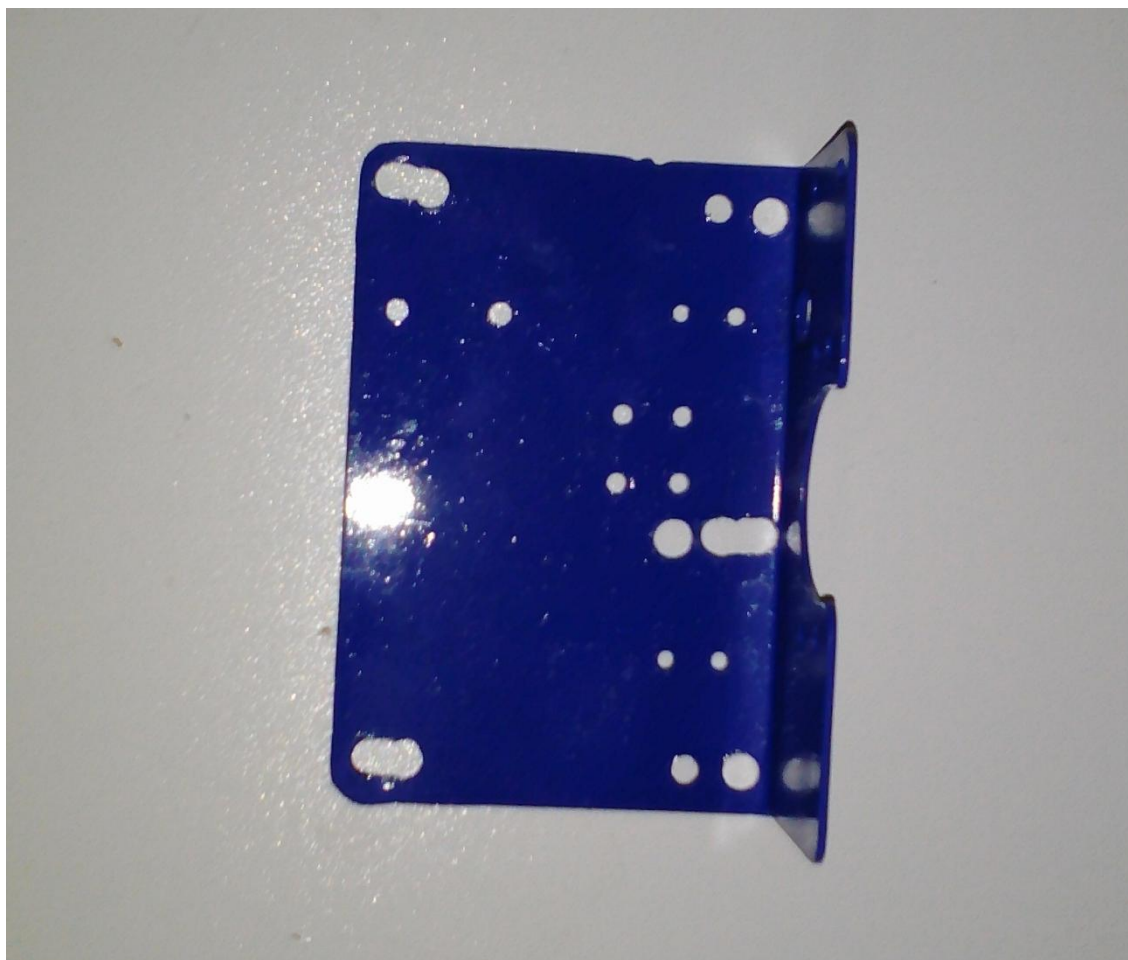
Η πλάκα εκτύπωσης είναι μια τετράγωνη πλάκα ακριβώς ίδια με την πλάκα του άξονα Υ. Οι τρύπες που θα ανοιχτούν στην πλάκα εκτύπωσης θα είναι στις άκρες της και θα χρησιμεύουν για την στήριξη της.



ΕΙΚΟΝΑ 73: Πλάκα εκτύπωσης

7.8 Βάση εξωθητήρα

Η βάση του εξωθητήρα είναι ένα κομμάτι το οποίο βγήκε ευθείο από την κοπή πλάσμα, στην συνέχεια μπήκε στην στράτζα για να πάρει το τελικό του σχήμα. Η βάση του εξωθητήρα εκτός ότι θα στηρίζεται πάνω της ο εξωθητήρας, θα στηρίζεται και η βάση για τον ιμάντα. Επίσης στις άκρες της βάσης του εξωθητήρα θα τοποθετηθούν τα ράουλα για την κίνηση της.



ΕΙΚΟΝΑ 74: Βάση εξωθητήρα

7.9 Πλάτη εκτυπωτή

Η πλάτη του εκτυπωτή τοποθετείται στην κορυφή του εκτυπωτή και στηρίζει τα δύο προφίλ του άξονα Z. Η πλάκα του εκτυπωτή στηρίζει επίσης τον βηματικό κινητήρα του προωθητήρα, αλλά και την θήκη της πλακέτας.



ΕΙΚΟΝΑ 75: Πλάτη εκτυπωτή

7.10 Δεξιά βάση άξονα X

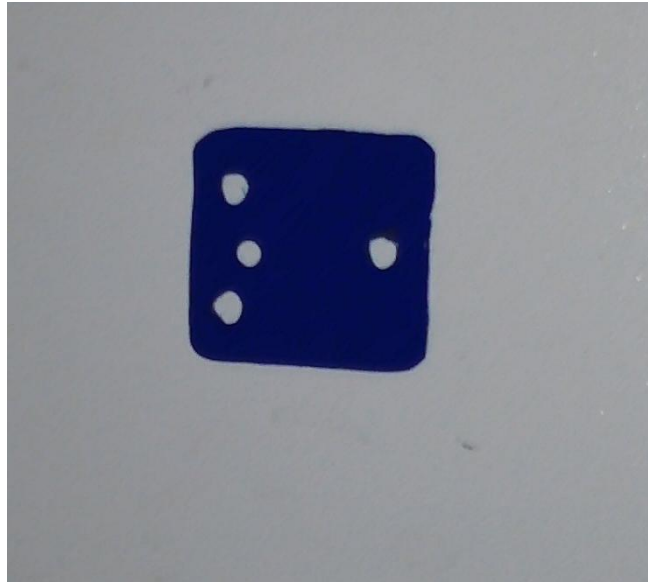
Η δεξιά βάση του άξονα X είναι ένα έλασμα ορθογωνικό το οποίο θα έχει τρία ράουλα για την στήριξη του. Η βάση του άξονα X θα στηρίζει το προφίλ του άξονα X, την τροχαλία του άξονα X και την στήριξη του σπυρωτού ράβδου που μεταδίδει την κίνηση του άξονα Z.



ΕΙΚΟΝΑ 76: Δεξιά βάση άξονα X

7.11 Βάση τροχαλίας

Η βάση της τροχαλίας είναι ένα τετράγωνο έλασμα, που τοποθετείται στο πίσω μέρος του άξονα Y για την στήριξη του.



ΕΙΚΟΝΑ 77: Βάση τροχαλίας άξονα Y

7.12 Αριστερή βάση άξονα X



ΕΙΚΟΝΑ 78: Αριστερή βάση άξονα X

Η αριστερή βάση του άξονα X είναι ίδια με την δεξιά και αυτή στηρίζεται με τρία ράουλα. Στηρίζει επίσης το προφίλ του άξονα X, την σπυρωτή ράβδο του άξονα Z και τον βηματικό κινητήρα του άξονα X.

7.13 Στήριξη σπυρωτού ράβδου

Η στήριξη του σπυρωτού ράβδου γίνεται με ένα έλασμα μεταλλικό που σχηματίζει γωνία, η μία πλευρά βιδώνεται με δύο βίδες στην βάση του άξονα X και η άλλη έχει συγκολλημένο πάνω της ένα παξιμάδι M8 όσο είναι δηλαδή και ο σπυρωτός ράβδος.



ΕΙΚΟΝΑ 79: Στήριξη σπυρωτού ράβδου

8 Συναρμολόγηση

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει παρουσίαση των βημάτων που πραγματοποιήθηκαν για την συναρμολόγηση του τρισδιάστατου εκτυπωτή αυτού, αλλά και η ανάλυση του κάθε σταδίου της συναρμολόγησης του τρισδιάστατου εκτυπωτή.

8.1 Συναρμολόγηση Υ άξονα

Η συναρμολόγηση ξεκινάει πρώτα από το πλαίσιο του εκτυπωτή, το οποίο αποτελείται από την πλάτη του εκτυπωτή, της γωνίες στηρίξεως και από τρία προφίλ αλουμινίου το ένα οριζόντια και τα άλλα δύο κάθετα, που θα χρησιμοποιηθούν για την κίνηση του άξονα Z. Επίσης θα τοποθετηθούν οι βάσεις των κινητήρων του άξονα Z αλλά και τα δύο από τα τέσσερα πόδια στήριξης του εκτυπωτή.



ΕΙΚΟΝΑ 80: πλαίσιο του εκτυπωτή

Μετά την συναρμολόγηση του πλαισίου αρχίζει η συναρμολόγηση του άξονα Υ. Πρώτα τοποθετείται το προφίλ για την στήριξη του άξονα Υ με τις βάσεις για τον κινητήρα και την τροχαλία του ιμάντα αλλά και τα πόδια του εκτυπωτή.



ΕΙΚΟΝΑ 81: πλαίσιο του εκτυπωτή

Έπειτα συναρμολογείται η πλάκα του άξονα Y μαζί με την πλάκα εκτύπωσης. Όπου στην πλάκα του άξονα Y τοποθετείται το σταμάτημα του τερματικού διακόπτη, η στήριξη του ιμάντα και τα ράουλα κίνησης του άξονα Y.



ΕΙΚΟΝΑ 82: τερματικός διακόπτης άξονα Y με το stop

Επίσης στον άξονα Y πρέπει ακόμα να τοποθετηθούν, ο ιμάντας, ο κινητήρας του άξονα Y με το pulley gear.



ΕΙΚΟΝΑ 83: κινητήρας άξονα Y με pulley gear και ιμάντα

Για τελείωμα του άξονα Y θα τοποθετηθεί η τροχαλία του ιμάντα στον άξονα Y.



ΕΙΚΟΝΑ 84: τροχαλία του ιμάντα στον άξονα Y

8.2 Συναρμολόγηση Z άξονα

Η συναρμολόγηση του άξονα Z ξεκινά με την μπάρα του άξονα Z που αποτελείτε από ένα προφίλ αλουμινίου, δύο μεταλλικές στηρίξεις και τα ράουλα για την κίνηση του άξονα.



ΕΙΚΟΝΑ 85: μπάρα του άξονα Z με τις στηρίξεις και τα ράουλα

Έπειτα τοποθετούνται οι στηρίξεις των σπυρωτών ράβδων όπου οφείλονται και για την κίνηση του τρισδιάστατου εκτυπωτή.



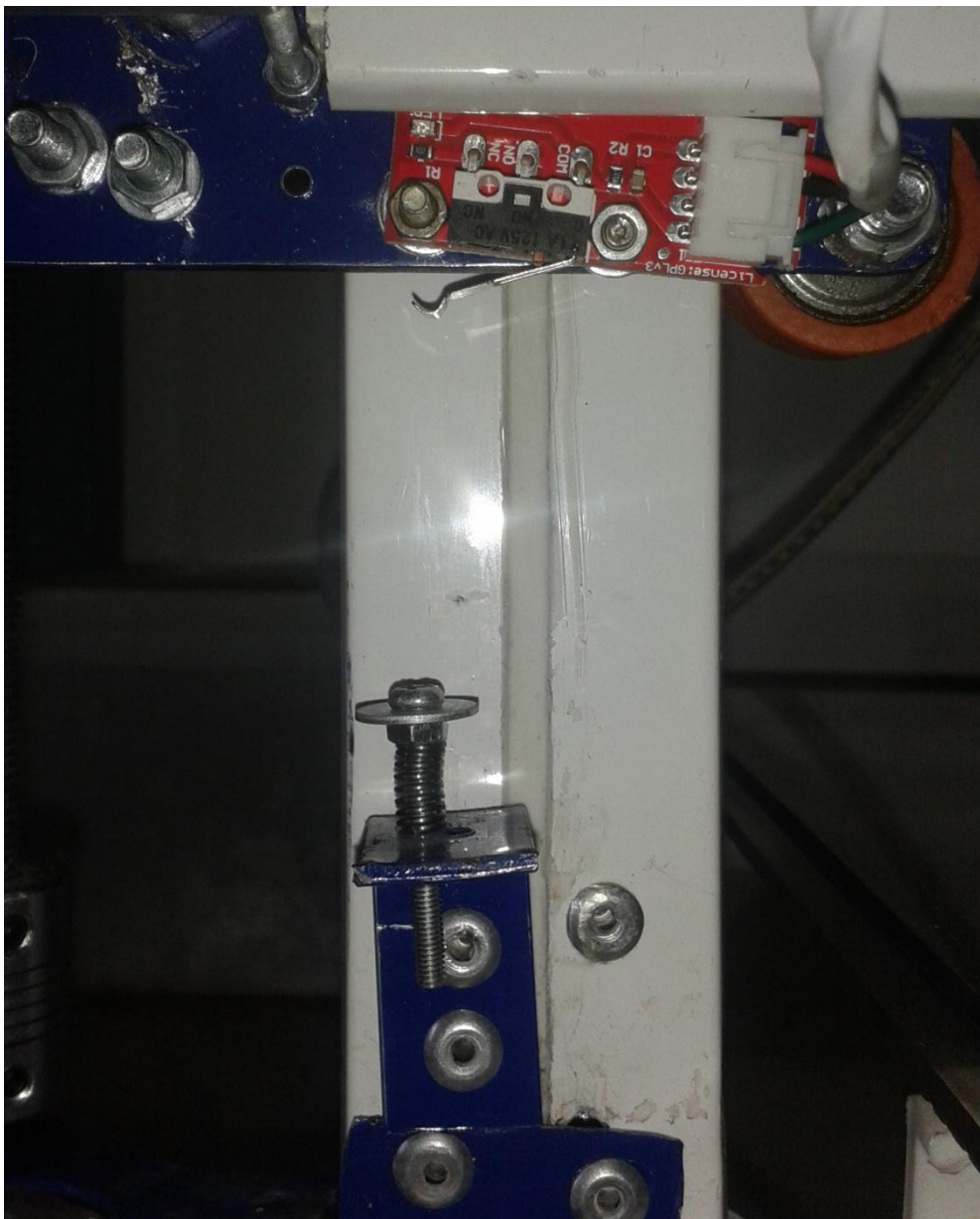
ΕΙΚΟΝΑ 86: μεταλίκι στήριξη σπυρωτού ράβδου

Στην συνέχεια τοποθετούνται η βηματικοί κινητήρες του άξονα Z μετά coupler τους.



ΕΙΚΟΝΑ 87: βηματικοί κινητήρες του άξονα Z

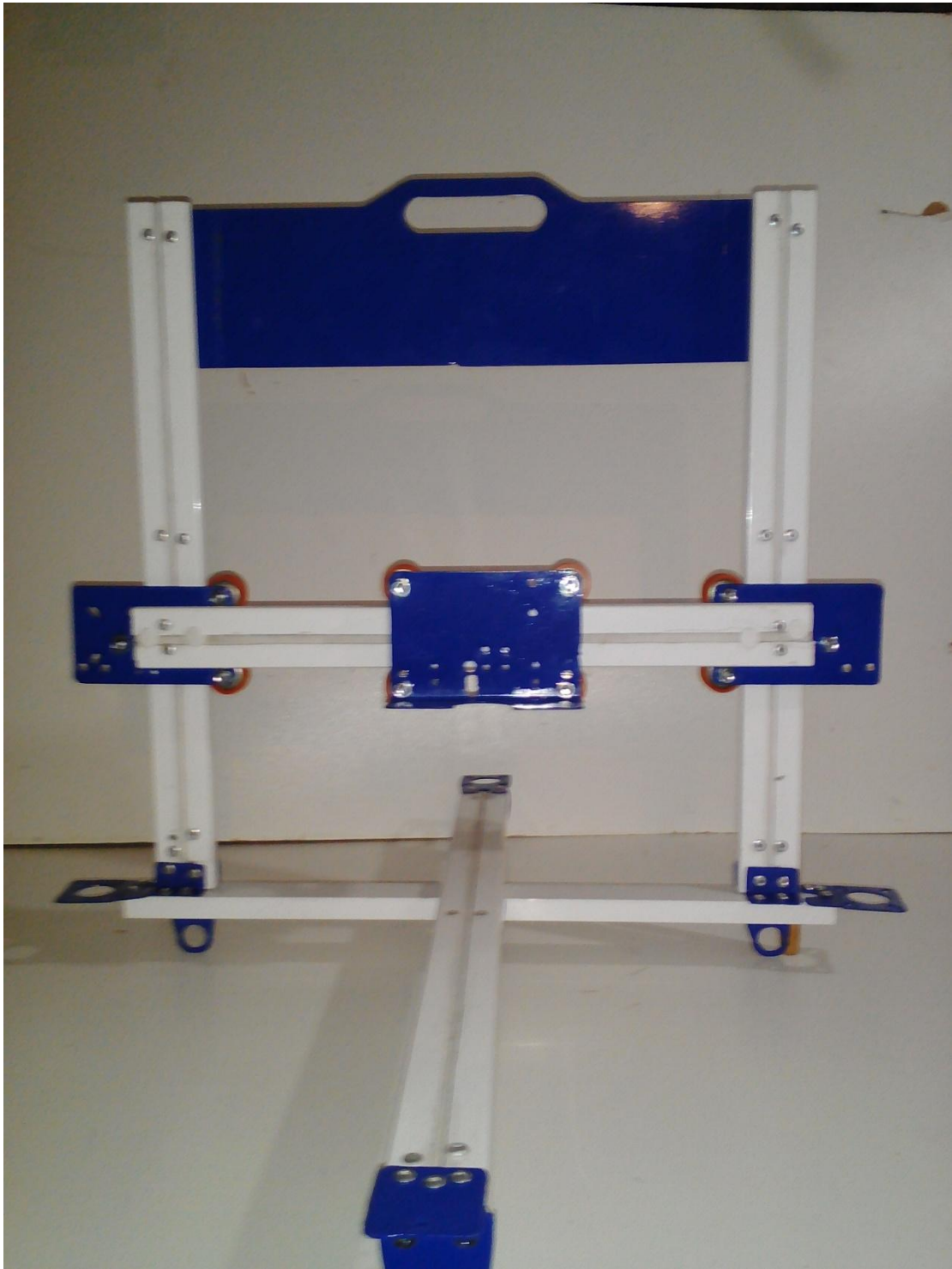
Για το τελείωμα του άξονα Z τοποθετείται ο τερματικός διακόπτης.



ΕΙΚΟΝΑ 88: τερματικός διακόπτης άξονα Z με το stop του

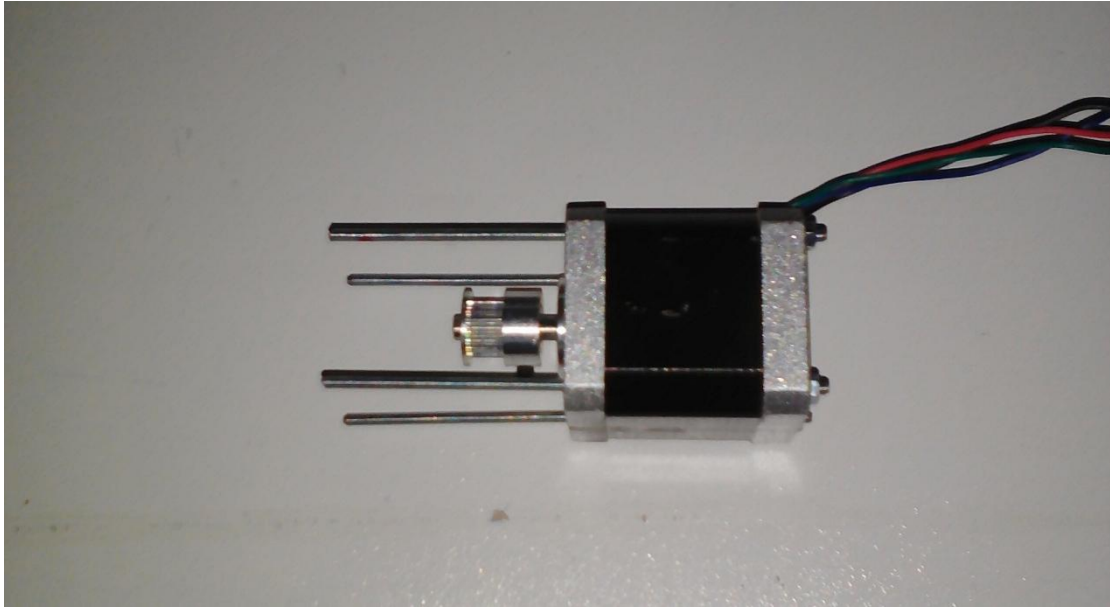
8.3 Συναρμολόγηση X άξονα

Η συναρμολόγηση του άξονα X ξεκινά με την πλάκα του άξονα X όπου πάνω της έχει τα ράουλα για την κίνηση του άξονα και την στήριξη του ιμάντα.



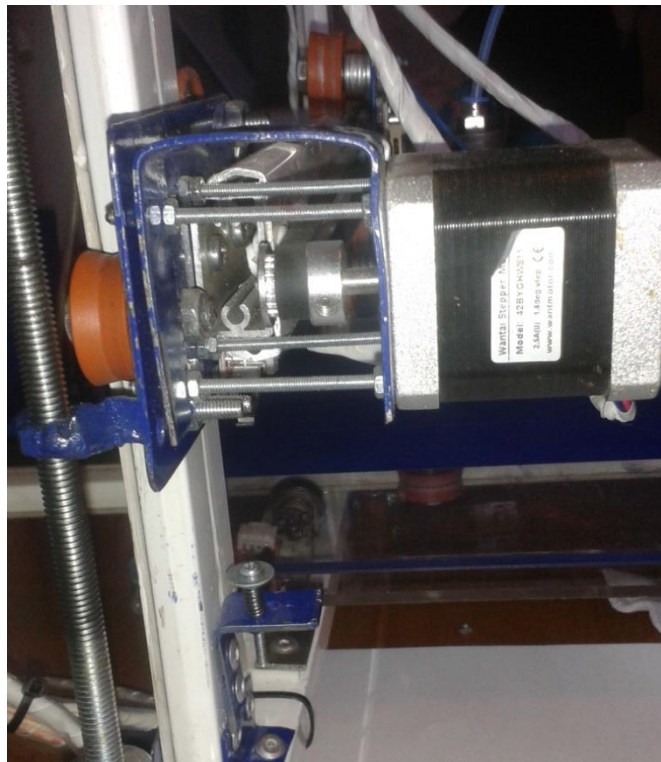
ΕΙΚΟΝΑ 89: σκελετός εκτυπωτή με την πλάκα του άξονα X

Στην συνέχεια τοποθετούνται στον βηματικό κινητήρα οι σπυρωτοί ράβδοι για την στήριξη του, αλλά και το pulley gear για την κίνηση του ιμάντα.



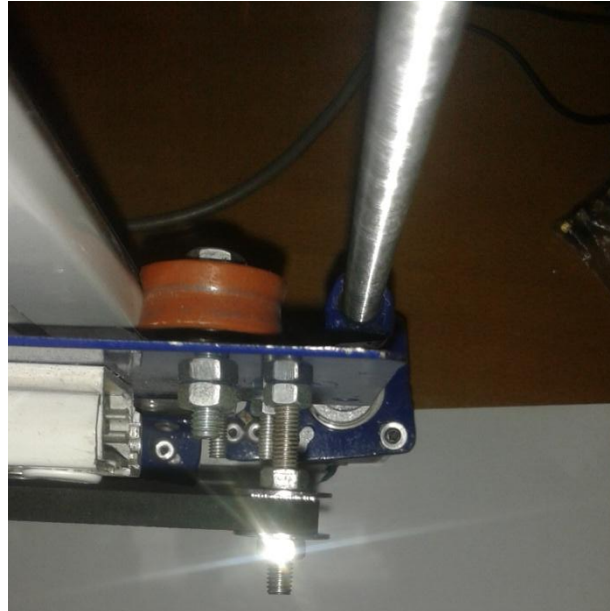
ΕΙΚΟΝΑ 90: κινητήρας του άξονα X

Έπειτα τοποθετείται ο κινητήρας του άξονα X στην θέση του.



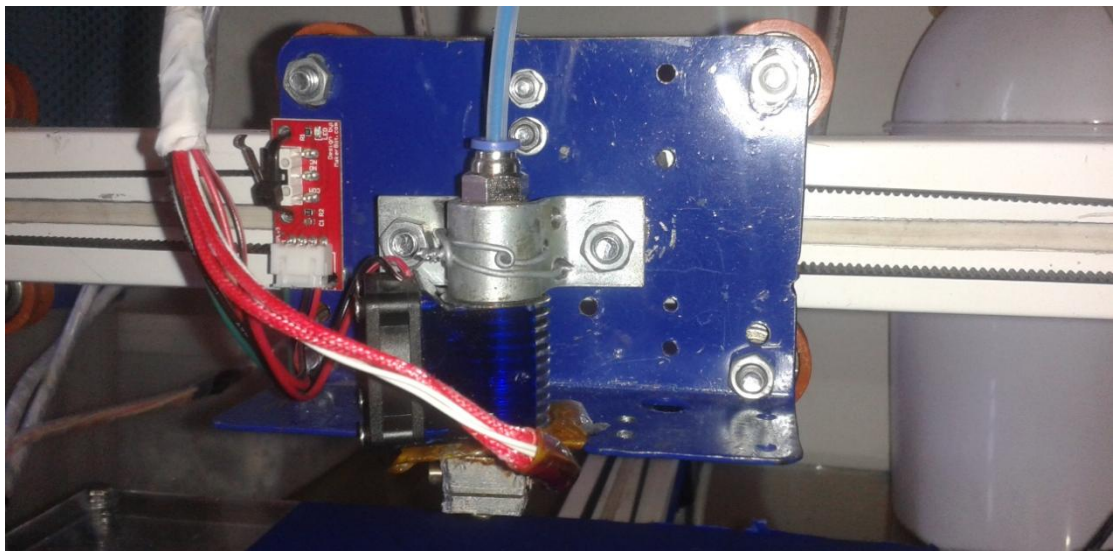
ΕΙΚΟΝΑ 91: βηματικός κινητήρας άξονα X

Μετά τοποθετείτε η τροχαλία του ιμάντα στον άξονα X στην άλλη βάση στήριξης του άξονα X.



ΕΙΚΟΝΑ 92: τροχαλία του ιμάντα στον άξονα X

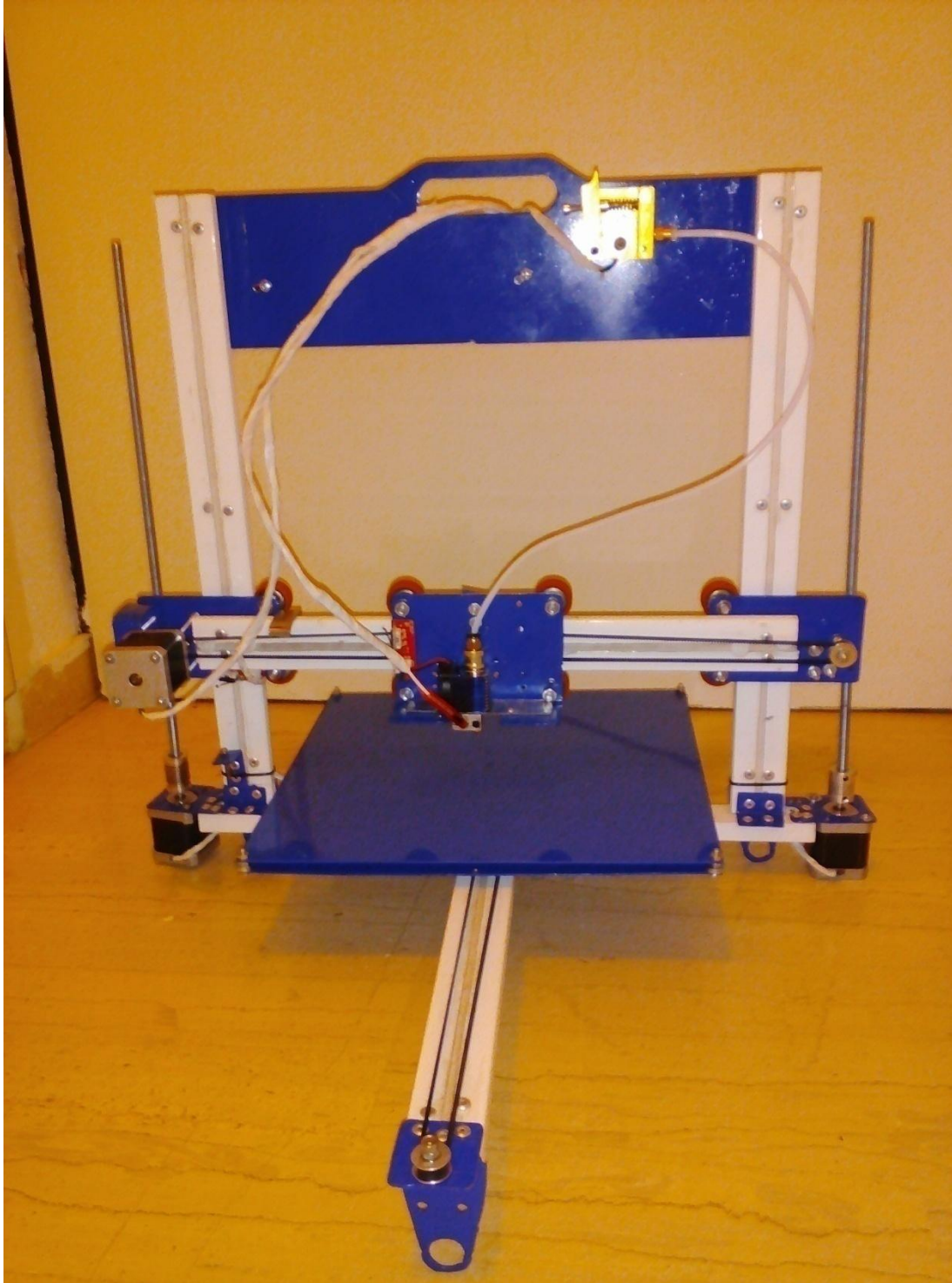
Στην πλάκα του άξονα X τοποθετούνται επίσης, ο εξωθητήρας και ο τερματικός διακόπτης του άξονα X.



ΕΙΚΟΝΑ 93: πλάκα άξονα X με εξωθητήρα και τερματικό διακόπτη

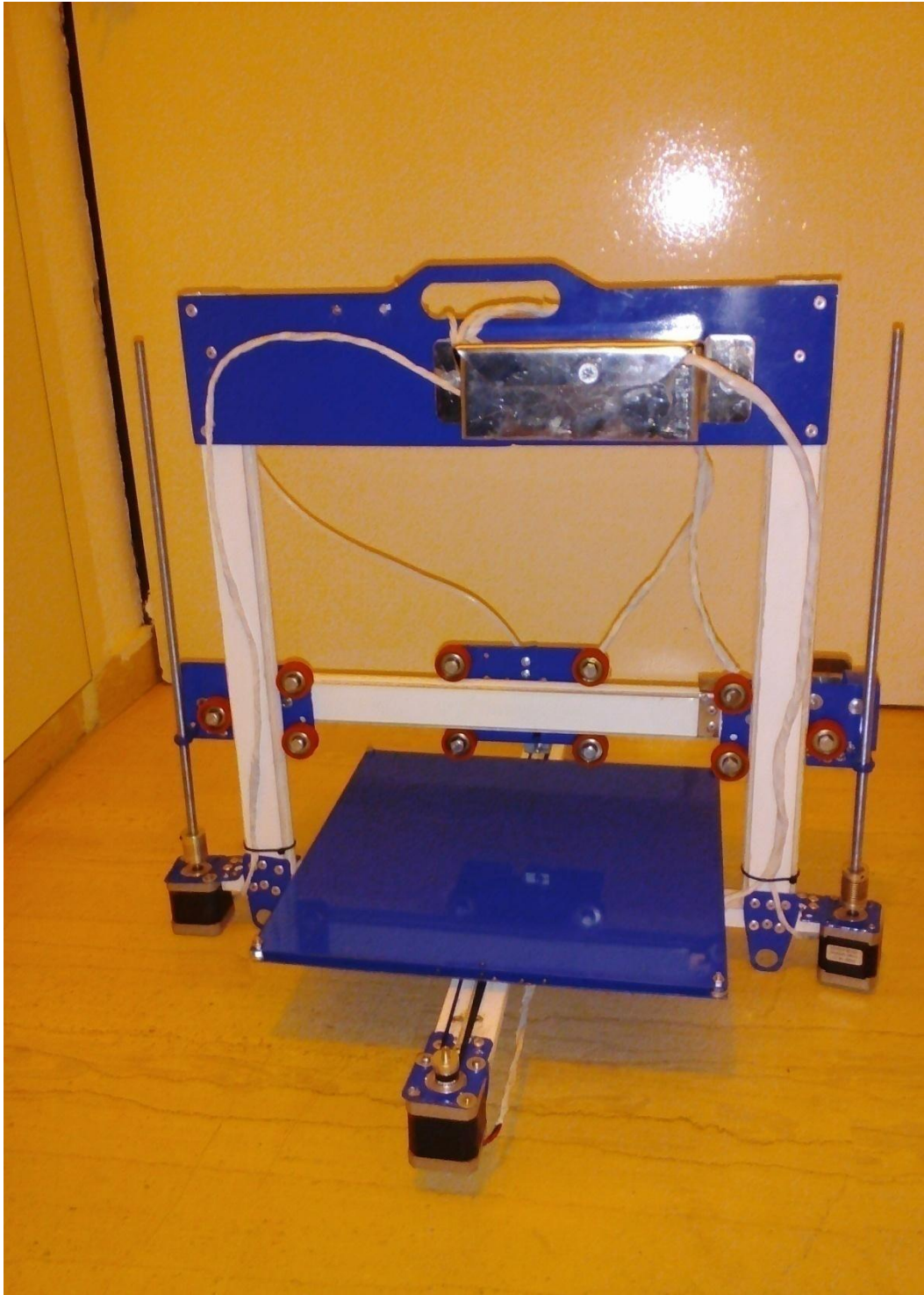
8.4 Τελική μορφή εκτυπωτή

Η τελική μορφή του τρισδιάστατου εκτυπωτή φαίνεται στις παρακάτω φωτογραφίες.



ΕΙΚΟΝΑ 94: τελική μορφή του εκτυπωτή

Η πίσω όψη του εκτυπωτή φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



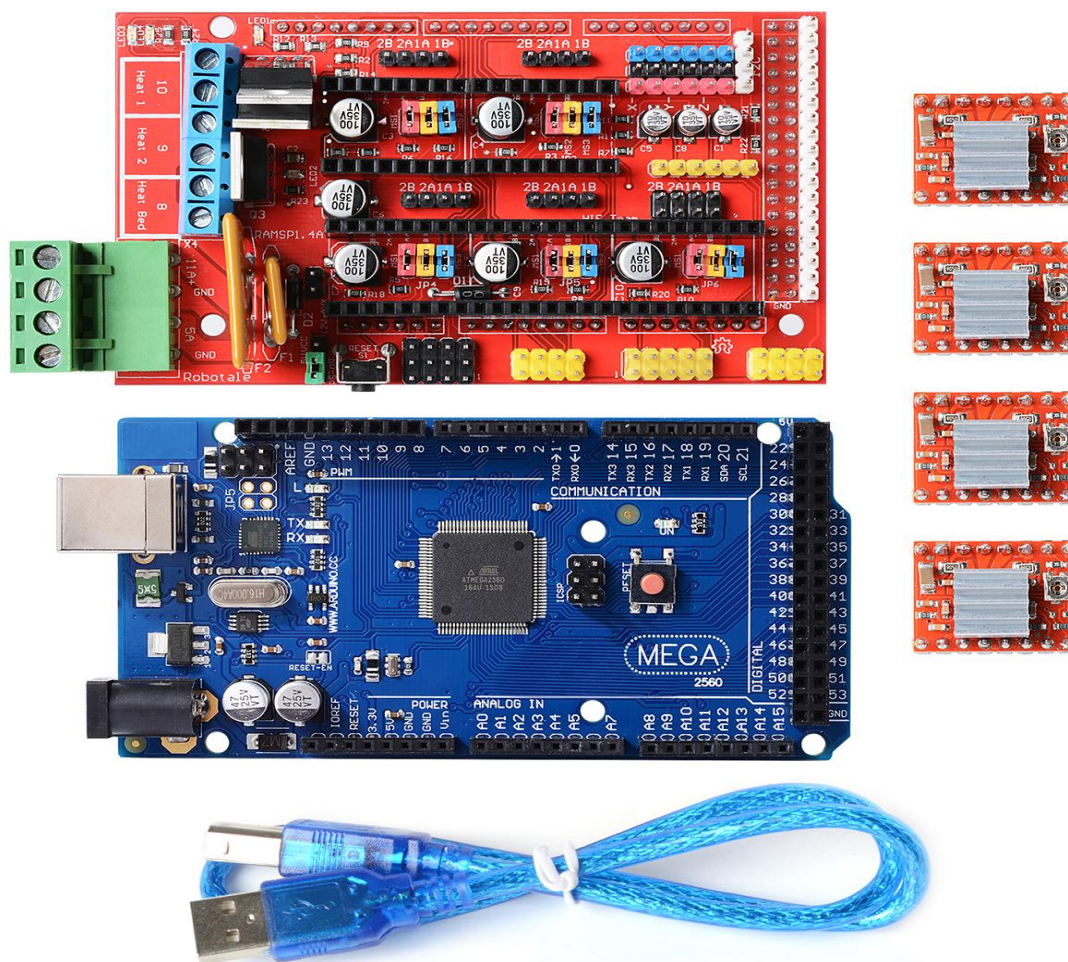
ΕΙΚΟΝΑ 95: πίσω όψη του εκτυπωτή

9 Προγράμματα και εφαρμογές καθοδήγησης

Σε αυτή την ενότητα θα παρουσιαστούν όλα τα λογισμικά, προγράμματα αλλά και ρύθμισεις που χρειάζονται για την σωστή λειτουργία του τρισδιάστατου εκτυπωτή.

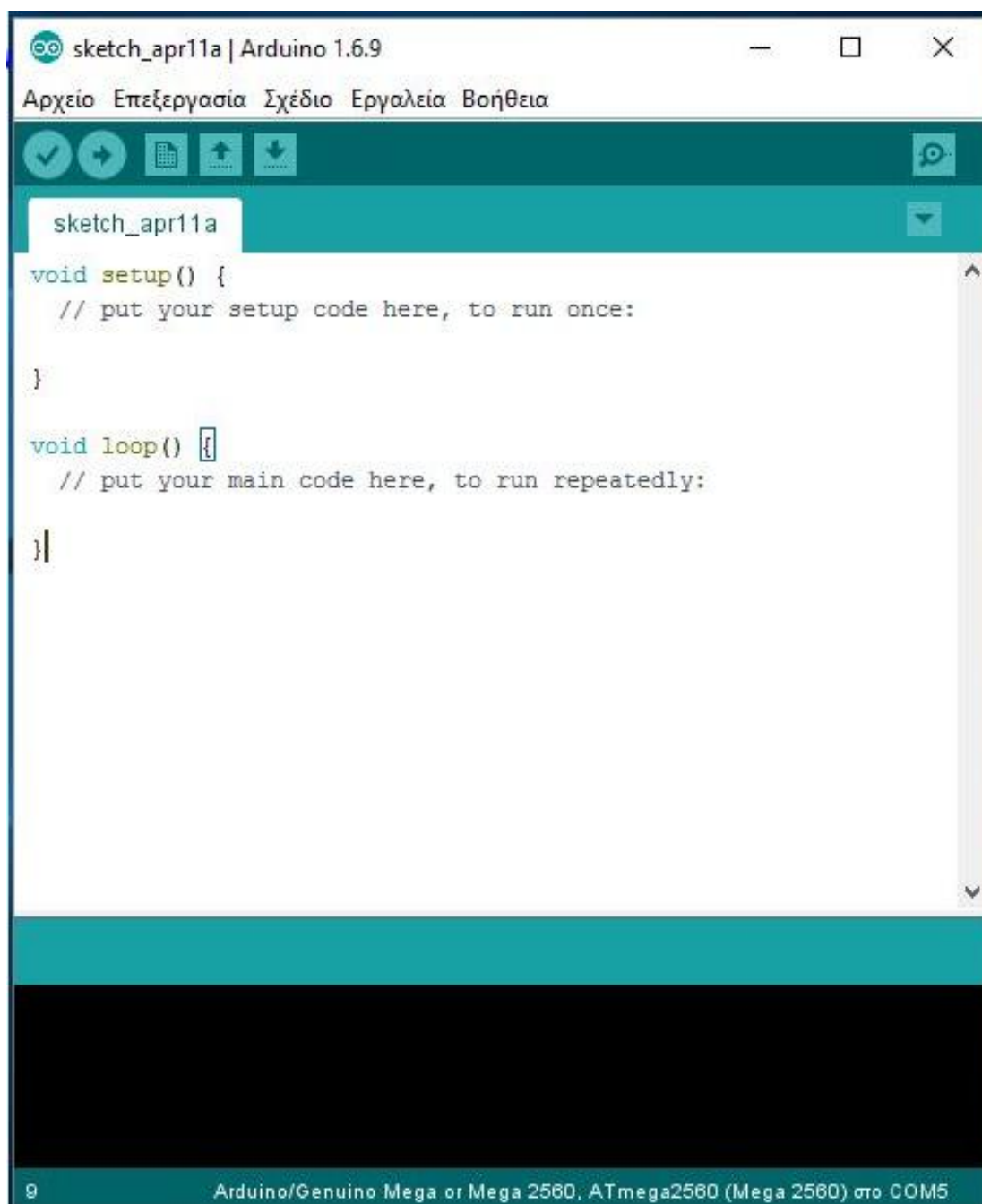
9.1 Κώδικας μικροεπεξεργαστή

Ο μικροεπεξεργαστής που χρησιμοποιείται για τον τρισδιάστατο εκτυπωτή αυτό είναι ο arduino mega 2560. Εκτός τον από τον μικροεπεξεργαστή που δεν μπορεί μόνος του να κινήσει τον τρισδιάστατο εκτυπωτή, χρησιμοποιείται και μία γέφυρα που συνδέεται στο μικροεπεξεργαστή την ramps 1.4.



ΕΙΚΟΝΑ 96: arduino mega 2560, ramps 1.4 και οδηγοί βηματικών κινητήρων

Για να είναι σε θέση ο μικροεπεξεργαστής μαζί με την γέφυρα να καθοδηγήσουν τον τρισδιάστατο εκτυπωτή, πρέπει να γίνει η εισαγωγή του κατάλληλου κώδικα η αλλιώς firmware στον μικροεπεξεργαστή. Η εισαγωγή του firmware στο μικροεπεξεργαστή γίνεται με ένα πρόγραμμα, που το παρέχει η ίδια εταιρεία που κατασκευάζει τους μικροεπεξεργαστές arduino και είναι δωρεάν στο διαδίκτυο στην σελίδα της εταιρείας. Το firmware είναι και αυτό δωρεάν στο διαδίκτυο.



```
sketch_apr11a | Arduino 1.6.9
Αρχείο Επεξεργασία Σχέδιο Εργαλεία Βοήθεια

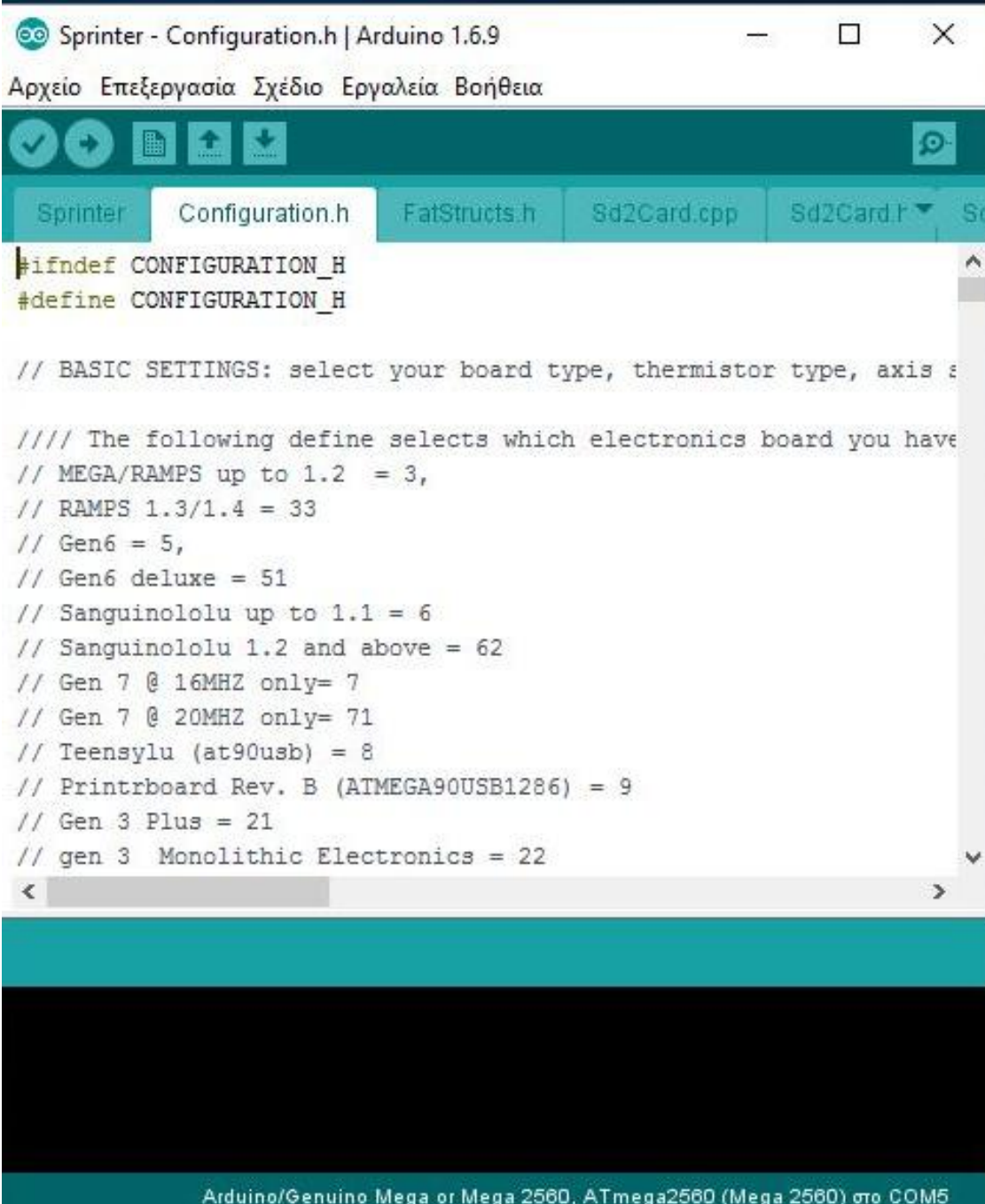
sketch_apr11a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}

9 Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) στο COM5
```

ΕΙΚΟΝΑ 97: Χώρος εργασίας arduino

Το firmware δεν είναι μόνο ένα αλλά υπάρχουν πολλά. Στον συγκεκριμένο τρισδιάστατο εκτυπωτή χρησιμοποιήθηκε το sprinter-master. Για να λειτουργήσει ο τρισδιάστατος εκτυπωτής πρέπει να γίνει η λεγόμενη βαθμονόμηση του εκτυπωτή η αλλιώς calibration. Η βαθμονόμηση του τρισδιάστατου εκτυπωτή γίνεται από το firmware στην καρτέλα configuration.h.



```
Sprinter - Configuration.h | Arduino 1.6.9
Αρχείο Επεξεργασία Σχέδιο Εργαλεία Βοήθεια
Sprinter Configuration.h FatStructs.h Sd2Card.cpp Sd2Card.h Sd
#ifndef CONFIGURATION_H
#define CONFIGURATION_H

// BASIC SETTINGS: select your board type, thermistor type, axis s

//// The following define selects which electronics board you have
// MEGA/RAMPS up to 1.2 = 3,
// RAMPS 1.3/1.4 = 33
// Gen6 = 5,
// Gen6 deluxe = 51
// Sanguinololu up to 1.1 = 6
// Sanguinololu 1.2 and above = 62
// Gen 7 @ 16MHZ only= 7
// Gen 7 @ 20MHZ only= 71
// Teensylu (at90usb) = 8
// Printrboard Rev. B (ATMEGA90USB1286) = 9
// Gen 3 Plus = 21
// gen 3 Monolithic Electronics = 22

Arduino/Genuino Mega or Mega 2560, ATmega2560 (Mega 2560) στο COM5
```

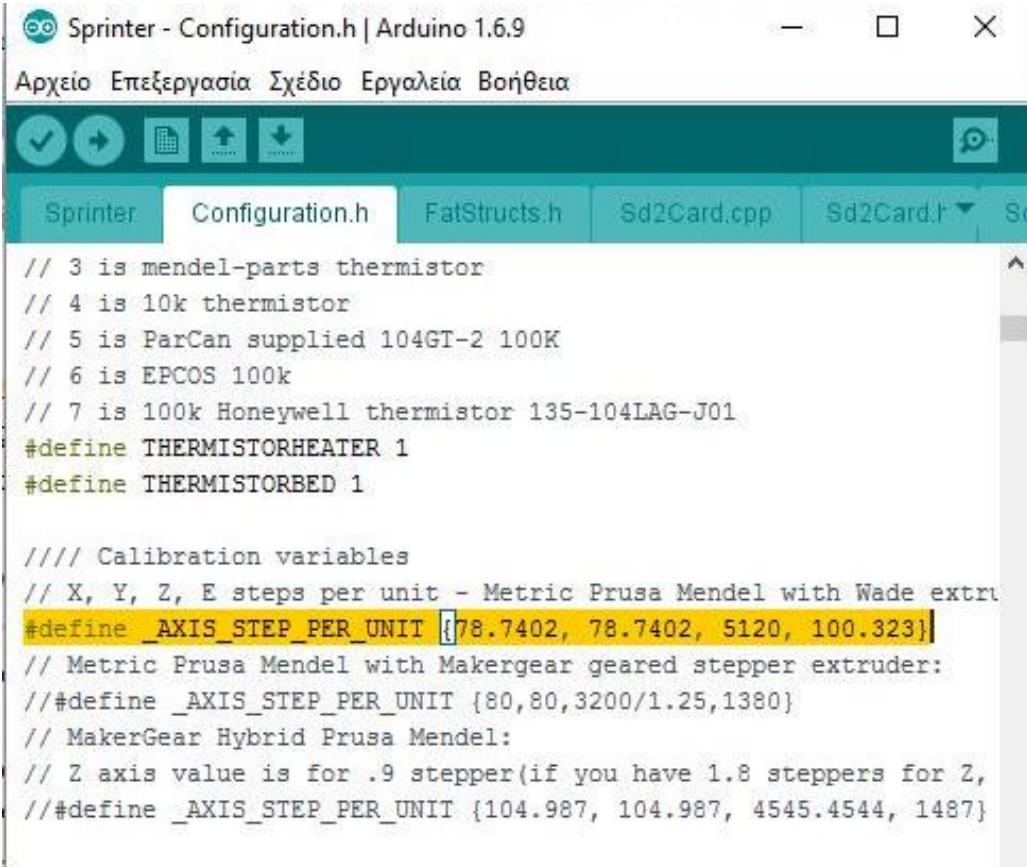
ΕΙΚΟΝΑ 98: Φορτώνοντας το Firmware στον Arduino

9.2 Βαθμονόμηση εκτυπωτή

Η βαθμονόμηση του εκτυπωτή γίνεται στο πρόγραμμα του arduino στο firmware στην καρτέλα configuration.h όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως. Με την διαδικασία της βαθμονόμησης ρυθμίζεται ο εκτυπωτής να κάνει σωστές κινήσεις. Με μία σωστή βαθμονόμηση, ο εκτυπωτής θα κάνει καλύτερες εκτυπώσεις και καλύτερες επιφάνειες.

Για να γίνει σωστή η βαθμονόμηση αλλαγές γίνονται στο Firmware αλλά και στο Host όπως φαίνεται παρακάτω. Το host είναι το πρόγραμμα καθοδήγησης του εκτυπωτή κατά την εκτύπωση σε αυτόν τον εκτυπωτή χρησιμοποιείται το pronterface.

Η βαθμονόμηση διαφέρει από εκτυπωτή σε εκτυπωτή σε αυτόν τον εκτυπωτή η βαθμονόμηση ξεκινά με την γραμμή στην εικόνα που είναι κίτρινή. Αυτές οι τιμές καθορίζουν την απόσταση που θα μετακινηθεί ο κάθε άξονας.



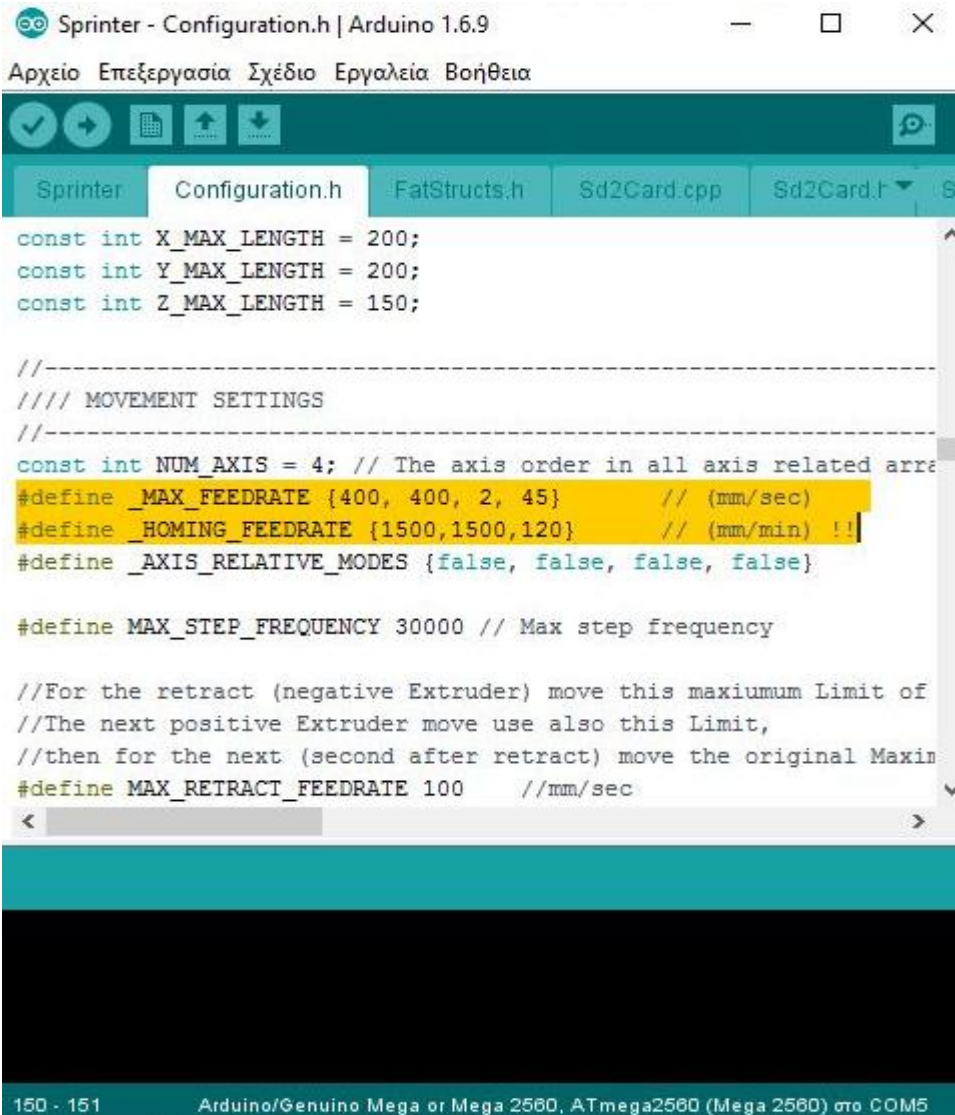
```
// 3 is mendel-parts thermistor
// 4 is 10k thermistor
// 5 is ParCan supplied 104GT-2 100K
// 6 is EPCOS 100k
// 7 is 100k Honeywell thermistor 135-104LAG-J01
#define THERMISTORHEATER 1
#define THERMISTORBED 1

//// Calibration variables
// X, Y, Z, E steps per unit - Metric Prusa Mendel with Wade extruder
#define _AXIS_STEP_PER_UNIT {78.7402, 78.7402, 5120, 100.323}
// Metric Prusa Mendel with Makergear geared stepper extruder:
// #define _AXIS_STEP_PER_UNIT {80,80,3200/1.25,1380}
// MakerGear Hybrid Prusa Mendel:
// Z axis value is for .9 stepper(if you have 1.8 steppers for Z,
// #define _AXIS_STEP_PER_UNIT {104.987, 104.987, 4545.4544, 1487}
```

ΕΙΚΟΝΑ 99: Ρύθμιση του βήματος κάθε άξονα

επιλέγοντας το κουμπί (home) αρχίζουν όλοι οι άξονες να μετακινούνται προς την μηδενική τους θέση, αφού φτάσουν όλοι στο σημείο μηδέν. επιλέγοντας το κουμπί για να κινηθεί κατά 100mm ο άξονα X και αφού ολοκληρώσει την κίνηση αυτή, ο άξονας X πρέπει να μετρηθεί εάν η πραγματική απόσταση που διάνυσε αντί για 100 mm είναι κάποια άλλη, τότε αλλάζονται η τιμές στο παραπάνω πεδίο που αναφέρθηκε.

Ότι έγινε στον άξονα X προηγουμένως γίνεται και στους υπόλοιπους άξονες αλλά και στον εξωθητήρα. Άλλες αλλαγές που γίνονται είναι στις γραμμές της παρακάτω εικόνας που είναι κίτρινες.



```
Sprinter - Configuration.h | Arduino 1.6.9
Αρχείο Επεξεργασία Σχέδιο Εργαλεία Βοήθεια
Sprinter Configuration.h FatStructs.h Sd2Card.cpp Sd2Card.h Sd2Card.t
const int X_MAX_LENGTH = 200;
const int Y_MAX_LENGTH = 200;
const int Z_MAX_LENGTH = 150;

//-----
//// MOVEMENT SETTINGS
//-----
const int NUM_AXIS = 4; // The axis order in all axis related arra
#define _MAX_FEEDRATE {400, 400, 2, 45} // (mm/sec)
#define _HOMING_FEEDRATE {1500,1500,120} // (mm/min) !!
#define _AXIS_RELATIVE_MODES {false, false, false, false}

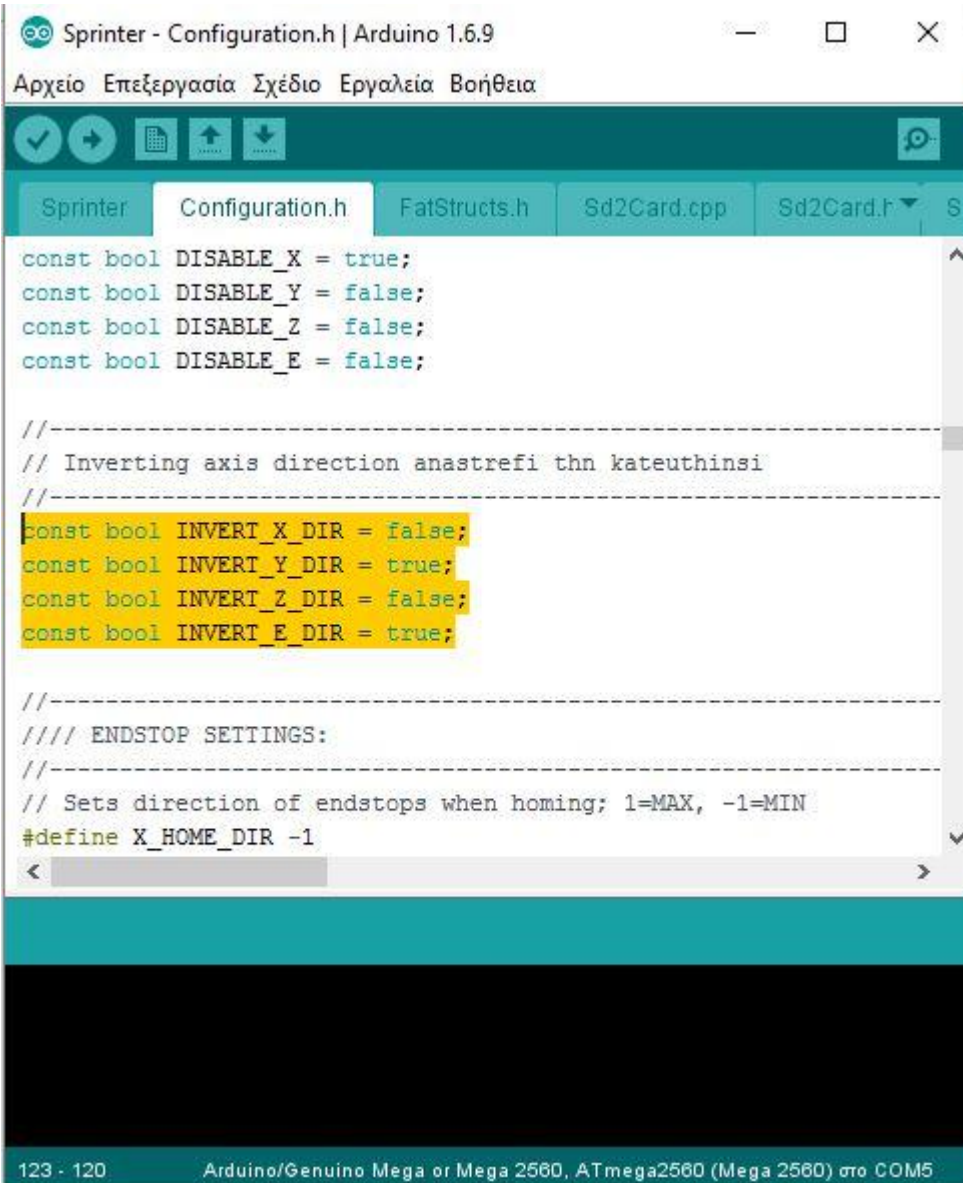
#define MAX_STEP_FREQUENCY 30000 // Max step frequency

//For the retract (negative Extruder) move this maximum Limit of
//The next positive Extruder move use also this Limit,
//then for the next (second after retract) move the original Maxim
#define MAX_RETRACT_FEEDRATE 100 //mm/sec
```

ΕΙΚΟΝΑ 100: Ρύθμιση αξόνων , ταχυτήτων

Η τιμές αυτές που παρουσιάστηκαν προηγουμένως αλλάζονται μόνο όταν οι κινήσεις το κινητήρων δεν είναι σωστές , χάνουν βήματα , κάνουν θόρυβο και τρέμουν. Το Max feedrate είναι οι μέγιστες ταχύτητες που θα παίρνουν οι κινητήρες στις κινήσεις τους εκτός εκτύπωσης. Το Homing feedrate είναι η ταχύτητα που θα πηγαίνουν οι άξονες στο μηδενικό σημείο με την επιλογή home.

Εάν οι κινητήρες περιστρέφονται με λάθος τρόπο, τότε μπορεί είτε να προσαρμοστεί η καλωδίωση ή στο configuration.h να αλλάξουν η εντολές που φαίνονται στην παρακάτω εικόνα με κίτρινο χρώμα.



```
Sprinter - Configuration.h | Arduino 1.6.9
Αρχείο Επεξεργασία Σχέδιο Εργαλεία Βοήθεια

Sprinter Configuration.h FatStructs.h Sd2Card.cpp Sd2Card.h Sd

const bool DISABLE_X = true;
const bool DISABLE_Y = false;
const bool DISABLE_Z = false;
const bool DISABLE_E = false;

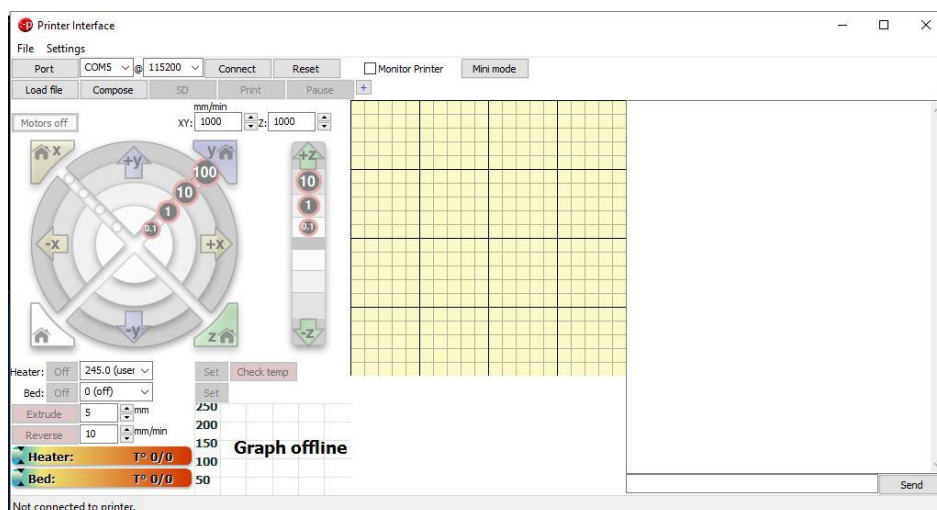
//-----
// Inverting axis direction αναστρεφί τθν kateuthinsi
//-----
const bool INVERT_X_DIR = false;
const bool INVERT_Y_DIR = true;
const bool INVERT_Z_DIR = false;
const bool INVERT_E_DIR = true;

//-----
//// ENDSTOP SETTINGS:
//-----
// Sets direction of endstops when homing; 1=MAX, -1=MIN
#define X_HOME_DIR -1
```

ΕΙΚΟΝΑ 101: Ρύθμιση της φοράς περιστροφής των αξόνων

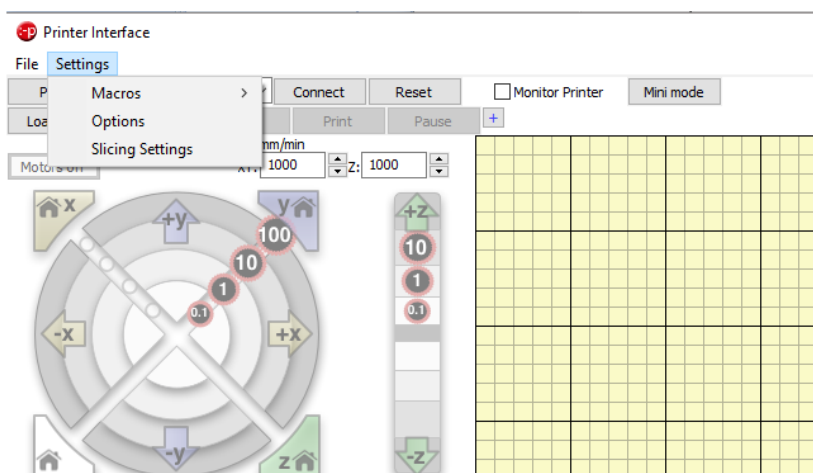
9.3 Πρόγραμμα καθοδήγησης εκτυπωτή

Το Host είναι ένα πρόγραμμα που δίνει τη δυνατότητα χειρισμού του εκτυπωτή ανεξαρτήτως αν γίνεται κάποια εκτύπωση ή όχι. Με το άνοιγμα του προγράμματος εμφανίζονται διάφορα κουμπιά για τον χειρισμό του τρισδιάστατου εκτυπωτή εκτός εκτύπωσης.



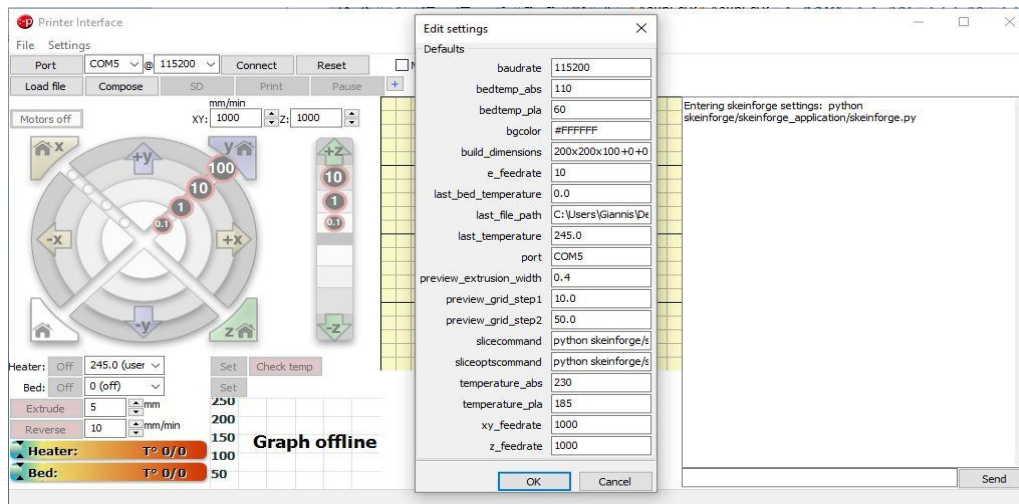
ΕΙΚΟΝΑ 102: Πλατφόρμα Pronterface

Τα κουμπιά που εμφανίζονται για την χρήση του εκτυπωτή εκτός εκτύπωσης χρησιμεύουν κυρίως κατά την βαθμονόμηση του εκτυπωτή. Η ρύθμιση για την που πιθανόν να χρειαστούν για τον εκτυπωτή κατά την διάρκεια της εκτύπωσης βρίσκονται στην καρτέλα settings και στην δεύτερη επιλογή options.



ΕΙΚΟΝΑ 103: settings προγράμματος pronterface

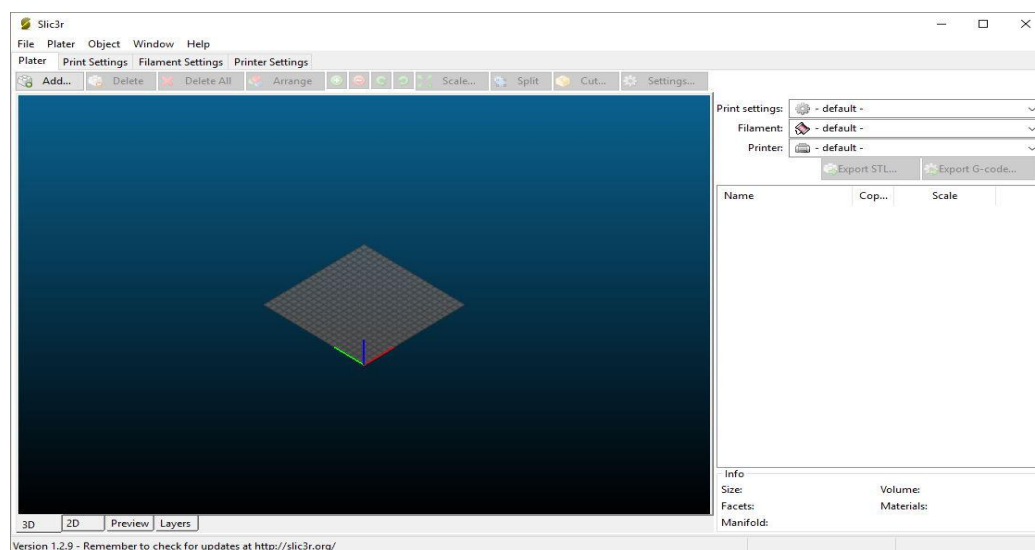
Επιλέγοντας την επιλογή options ανοίγεται ένα παράθυρο όπου εκεί μπορεί κάποιος να κάνει διάφορες ρύθμισης, όπως να επιλέξει διάμετρο ακροφυσίου, υλικό εκτύπωσης, πάχος υλικού εκτύπωσης αλλά και πολλά άλλα.



ΕΙΚΟΝΑ 104: επιλογή options στο πρόγραμμα pronterface

9.4 Πρόγραμμα εξαγωγής κώδικα G

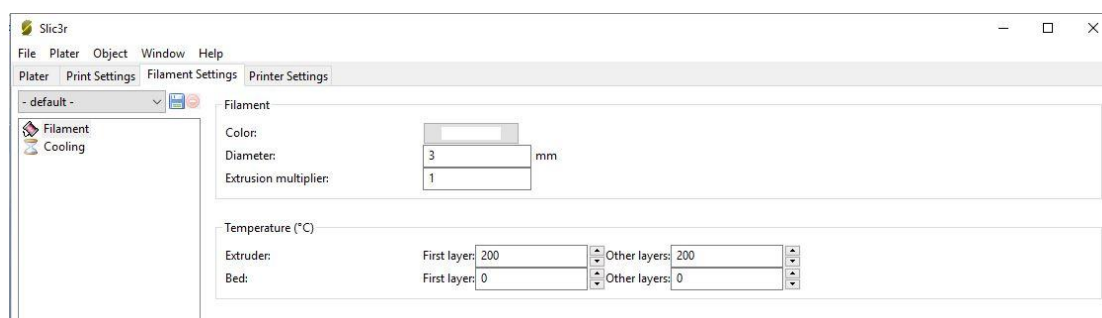
Προγράμματα εξαγωγής κώδικα G υπάρχουν πολλά στο διαδίκτυο και τα περισσότερα από αυτά είναι δωρεάν. Το πρόγραμμα εξαγωγής του κώδικα G που χρησιμοποιήθηκε σε αυτόν τον εκτυπωτή είναι το slic3r, όπου κατεβάστηκε από το διαδίκτυο και είναι δωρεάν.



ΕΙΚΟΝΑ 105: Προγράμματα εξαγωγής κώδικα G slic3r

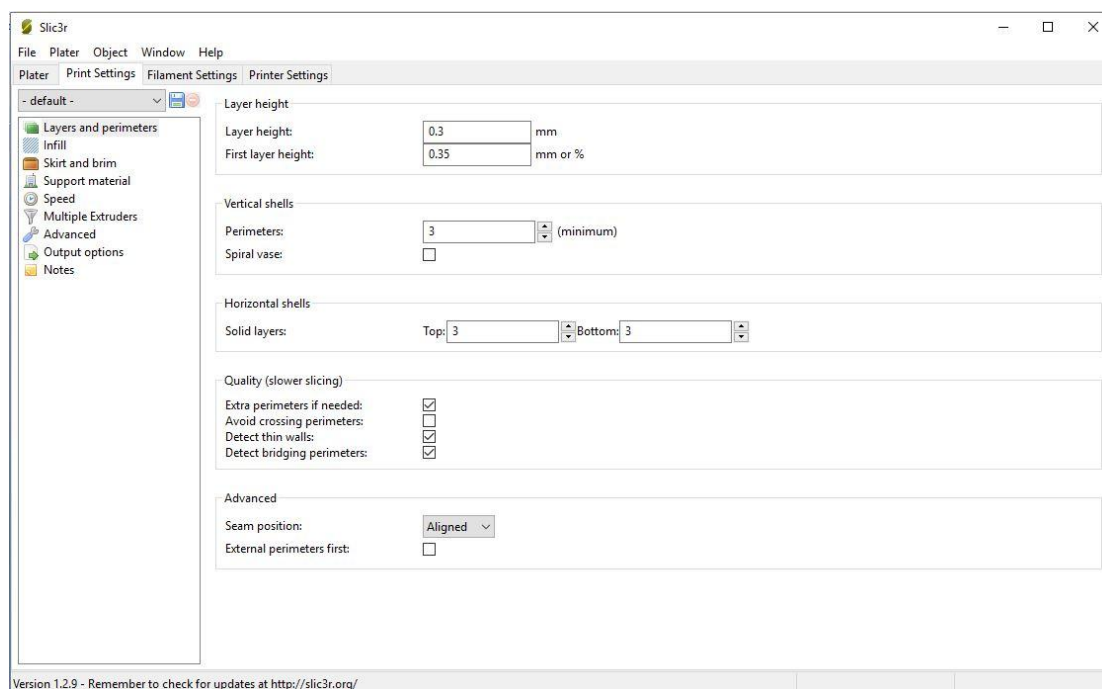
Το slic3r εκτός από τον κώδικα G μπορεί να κάνει και άλλα πράγματα όπως να αλλάξει την κλίμακα ενός σχεδίου, να το κάνει κούφιο από μέσα, να αλλάξει την μέθοδο εκτύπωσης και πολλά άλλα.

Η ρύθμιση για το υλικό εκτύπωσης στο slic3r βρίσκονται στην καρτέλα filament setting. Εκεί μπορεί κάποιος να ρυθμίσει το πάχος του υλικού, την θερμοκρασία του εξωθητήρα, άλλα και την θερμοκρασία της πλάκας εκτύπωσης.



ΕΙΚΟΝΑ 106: filament setting στο πρόγραμμα slic3r

Οι ρυθμίσεις για την εκτύπωση βρίσκονται στην καρτέλα print setting. Εκεί υπάρχουν η περισσότερες ρυθμίσεις του προγράμματος, όπως το πάχος των στρώσεων, την ταχύτητα εκτύπωσης, το πάχος γεμίσματος, αλλά και πολλά άλλα.



ΕΙΚΟΝΑ 107: print setting στο πρόγραμμα slic3r

10 Χρήση του εκτυπωτή

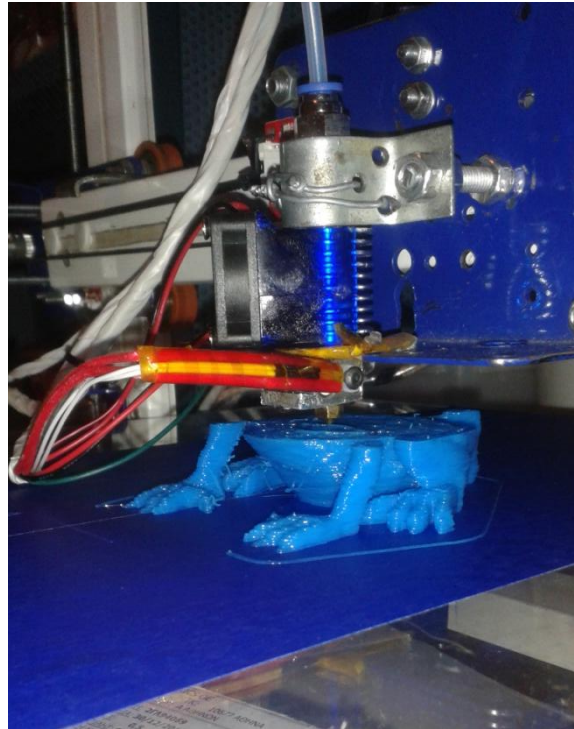
Κατά την χρήση του τρισδιάστατου αντιμετωπίστηκαν δύο σοβαρά προβλήματα. Το πρώτο πρόβλημα εμφανίστηκε στον εξωθητήρα, λόγο ότι είναι ένας χαμηλού κόστους εξωθητήρας και συνεπώς όχι τόσο καλής ποιότητας. Το πρόβλημα που παρουσιαζόταν ήταν να κολλάει το υλικό εκτύπωσης μέσα στον εξωθητήρα και να μην εκτυπώνει. Το πρόβλημα λύθηκε χαμηλώνοντας την θερμοκρασία εκτύπωσης από το πρόγραμμα καθοδήγησης.

Το δεύτερο και σημαντικότερο πρόβλημα που αντιμετωπίστηκε είναι στην γέφυρα του μικροεπεξεργαστή, εκεί επίσης αντιμετωπίστηκαν δύο προβλήματα. Το ένα είχε να κάνει με μερικούς από τους οδηγούς των βιωματικών κινητήρων, που τελικά αντικαταστάθηκαν και λύθηκε το πρόβλημα. Το δεύτερο πρόβλημα στην γέφυρα ήταν ότι δεν δούλευαν τα pin του τερματικού διακόπτη στον άξονα X. το πρόβλημα αντιμετωπίστηκε, ανοίγοντας και σβήνοντας από τον κώδικα G του κάθε σχεδίου της εντολές εκείνες που σχετίζονται με τον τερματικό διακόπτη του άξονα X.

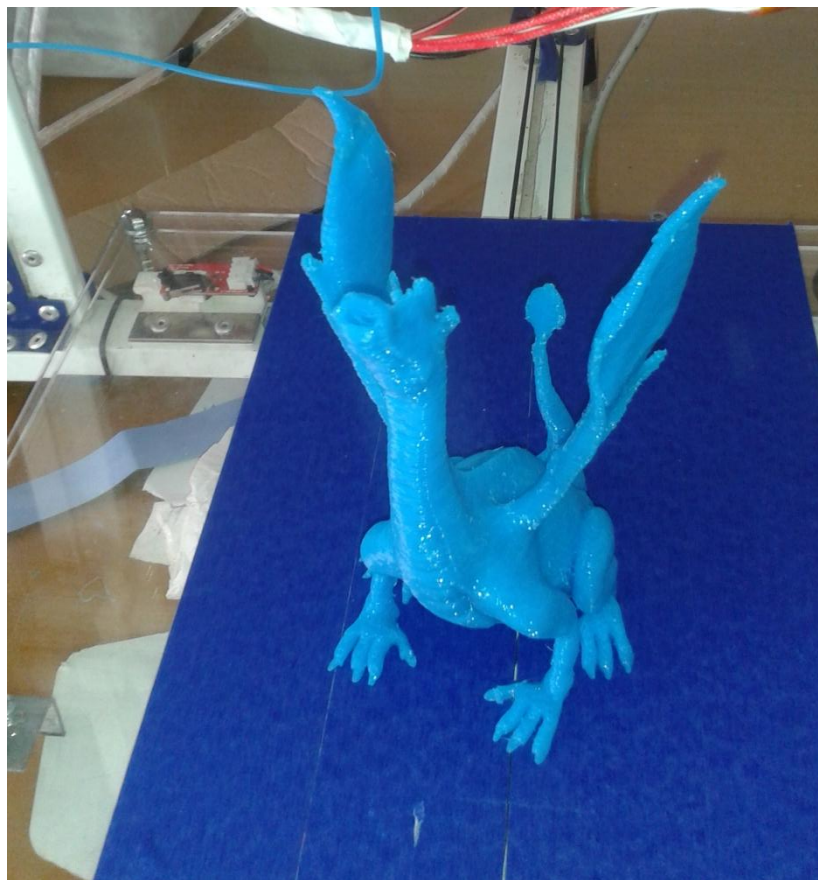
Παρότι σε κάθε σχέδιο πρέπει να σβήνονται εντολές από τον κώδικα G και να γίνεται αλλαγή στην θερμοκρασία εκτύπωσης. Παρόλα αυτά η ποιότητα εκτύπωσης είναι πάρα πολύ καλή σε σχέση με το κόστος κατασκευής του εκτυπωτή και αυτό φαίνεται παρακάτω στις εικόνες.



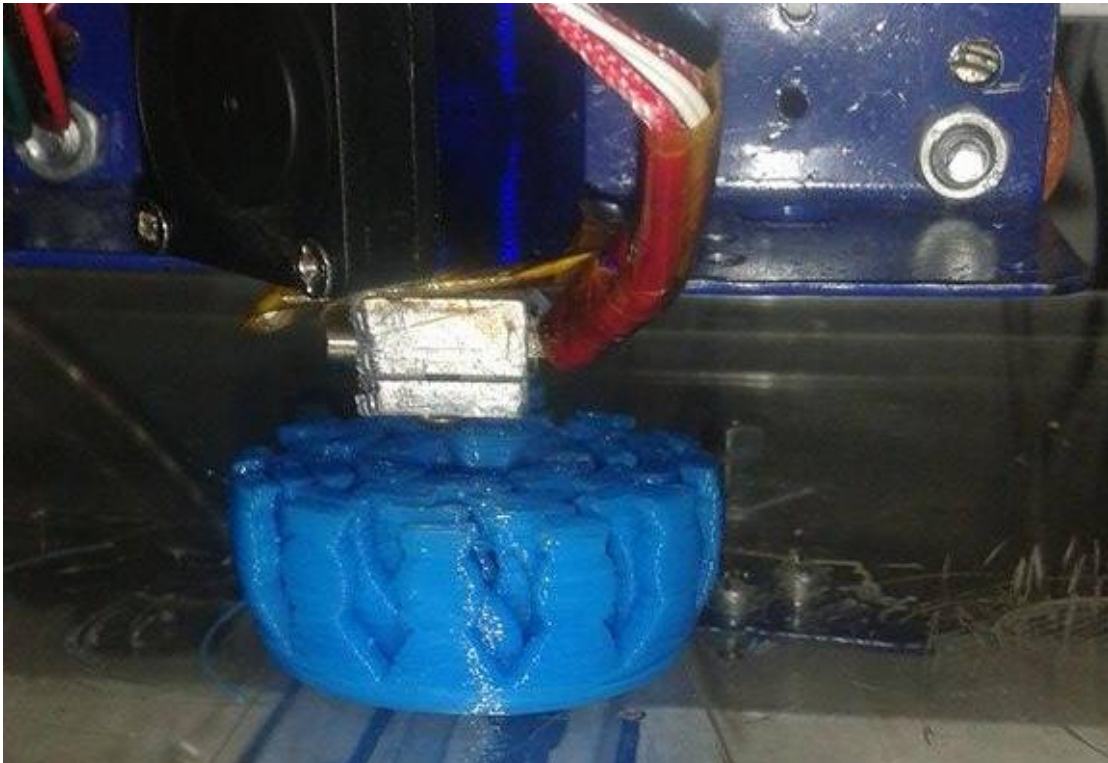
ΕΙΚΟΝΑ 108: εκτυπωμένο κομμάτι



ΕΙΚΟΝΑ 109: κατά την διάρκεια της εκτύπωσης



ΕΙΚΟΝΑ 110: εκτυπωμένο κομμάτι



ΕΙΚΟΝΑ 111: κατά την διάρκεια της εκτύπωσης



ΕΙΚΟΝΑ 112: εκτυπωμένο κομμάτι

11 Συμπεράσματα

Η πτυχιακή εργασία που παρουσιάστηκε παραπάνω, υλοποίησε την κατασκευή ενός ολοκληρωμένου τρισδιάστατου εκτυπωτή που έχει τη δυνατότητα να εκτυπώνει τρισδιάστατα κομμάτια που έχουν σχεδιαστεί από οποιοδήποτε πρόγραμμα τρισδιάστατης σχεδίασης.

Η κατασκευή ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή χαμηλού κόστους είναι μια πολύ δύσκολη δουλειά, διότι αποτελείται από πολλά μηχανικά και μηχανολογικά εξαρτήματα αλλά και αρκετά ηλεκτρολογικά. Όλα αυτά τα εξαρτήματα κάνουν πολύ δύσκολη την διαδικασία της συναρμολόγησης που παίζει σημαντικό ρόλο για την καλή λειτουργία του εκτυπωτή. Διότι και ένα εξάρτημα να μην συναρμολογηθεί σωστά στον εκτυπωτή τότε ο εκτυπωτής δεν θα δουλεύει σωστά.

Ένα από τα δυσκολότερα σημεία που συναντήθηκαν κατά την κατασκευή του τρισδιάστατου εκτυπωτή είναι το κομμάτι της βαθμονόμησης. Όπου σε αυτό το κομμάτι θα πρέπει όλα τα εξαρτήματα, τα μηχανικά και ηλεκτρονικά να δουλέψουν αρμονικά μεταξύ τους για την καλή λειτουργία του τρισδιάστατου εκτυπωτή.

Εκτός του κομματιού της βαθμονόμησης δυσκολίες αντιμετωπίστηκαν και κατά της δοκιμές της εκτύπωσης. Αρκετές εκτυπώσεις δεν είχαν το επιθυμητό αποτέλεσμα και σε αρκετές περιπτώσεις αντιμετωπίστηκαν βλάβες με κατεστραμμένα εξαρτήματα που έπρεπε να αντικατασταθούν.

Έπειτα από αρκετές ρυθμίσεις μέσα από το πρόγραμμα καθοδήγησης του τρισδιάστατου εκτυπωτή, αλλά και αρκετές αλλαγές στις παραμέτρους του κώδικα G ως προς τον τρόπο εκτύπωσης. Τελικά ο εκτυπωτής έφτασε σε ένα αρκετά ικανοποιητικό επίπεδο εκτύπωσης σε σχέση με το κόστος κατασκευής του που είναι πολύ μικρό. Η διαδικασία αυτή βοήθησε να γίνει κατανοητός στο έπακρον ο τρόπος κατασκευής και η λειτουργία ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή.

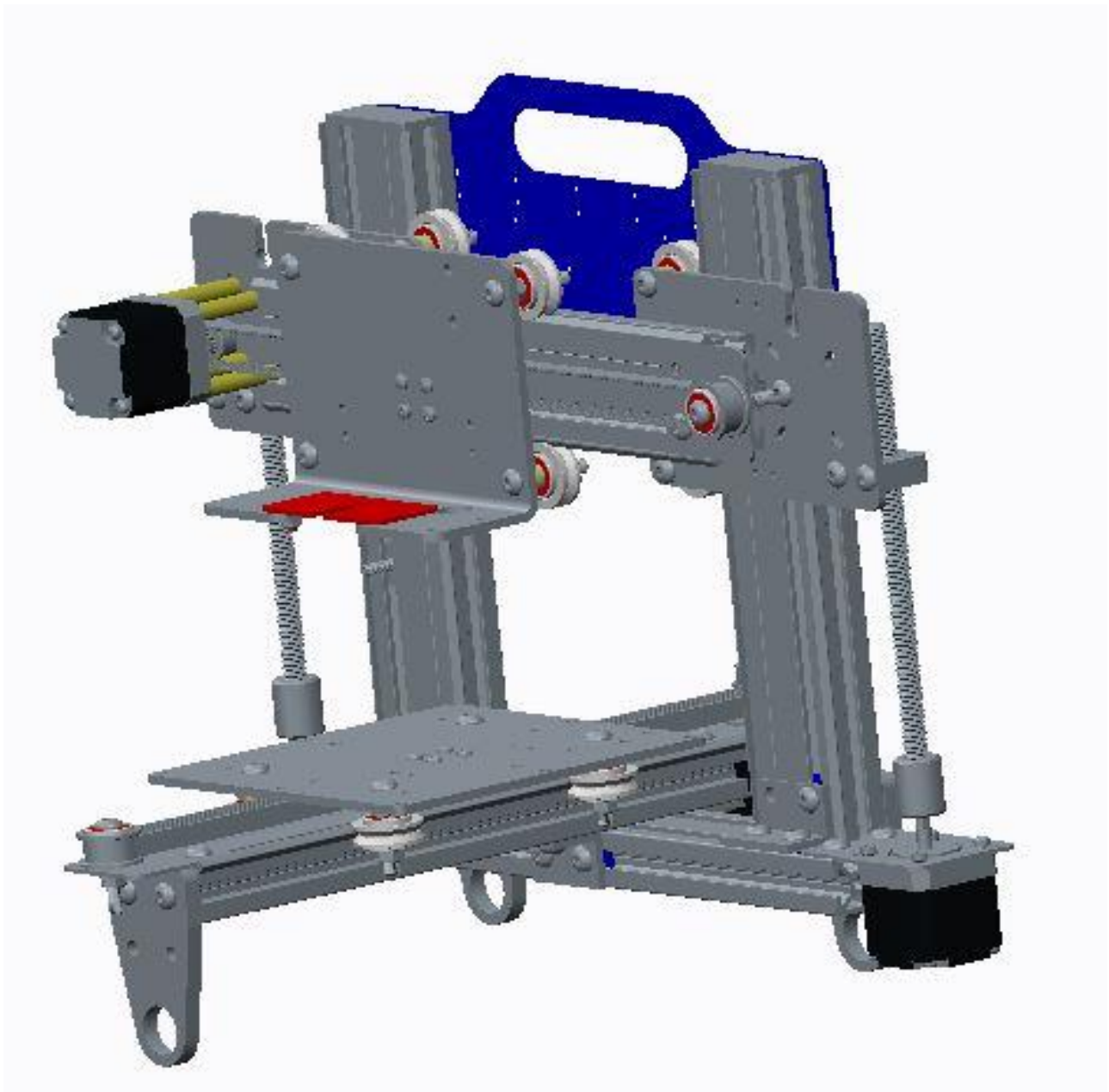
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. <https://3d-innovations.com/blog/hit-rewind-the-history-of-3d-printing/>
2. <http://buildatron.com/history-of-3d-printing>
3. https://en.wikipedia.org/wiki/3D_printing
4. <http://reprap.org/wiki/RepRap>
5. http://www.buildlog.net/wiki/doku.php?id=ord_bot:the_ord_bot
6. http://www.buildlog.net/wiki/doku.php?id=ord:software&#firmware_configuration
7. <https://3dedge.eu>
8. <https://el.wikipedia.org>
9. <https://www.pcsteps.gr>
10. <http://www.livepedia.gr/content-providers/periskopio/32473D-PRINTING.pdf>
11. <http://oloigiaolous.gr/site/esi-xeris-tin-istoria-tis-3d-ektiposis/>
12. http://reprap.org/wiki/Prusa_Mendel
13. http://reprap.org/wiki/Prusa_i3
14. http://reprap.org/wiki/Mix_g1
15. <http://reprap.org/wiki/Huxley>
16. <http://reprap.org/wiki/Eventorbot>
17. <http://reprap.org/wiki/Printrbot>
18. <http://reprap.org/wiki/I3Berlin>
19. <http://reprap.org/wiki/3drag>

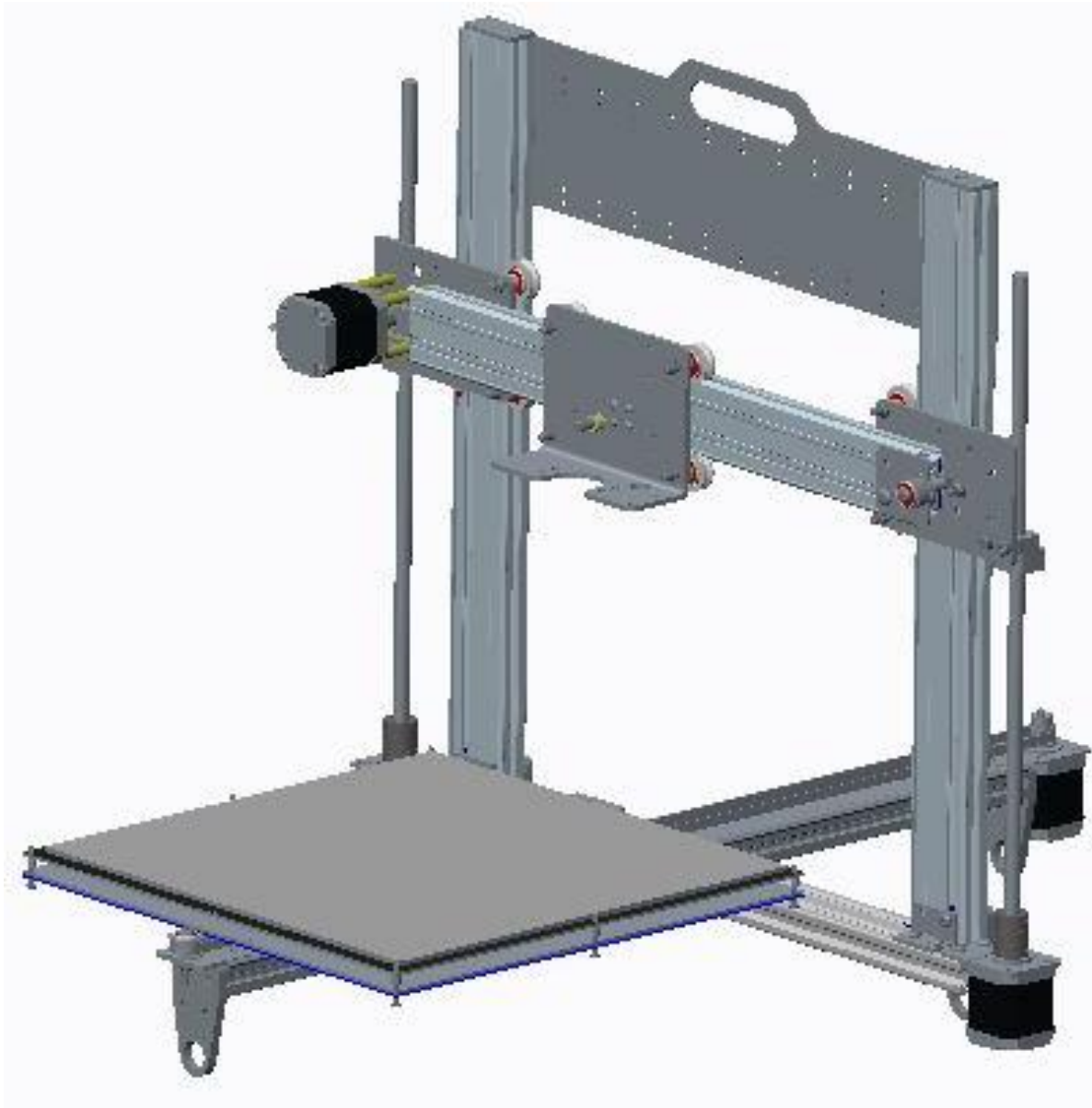
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

Στο παράρτημα Α παρουσιάζονται τα τρισδιάστατα σχέδια του τρισδιάστατου εκτυπωτή ordbot που πάρθηκαν από το διαδίκτυο, που είναι δωρεάν και μπορεί να τα κατεβάσει ο καθένας.



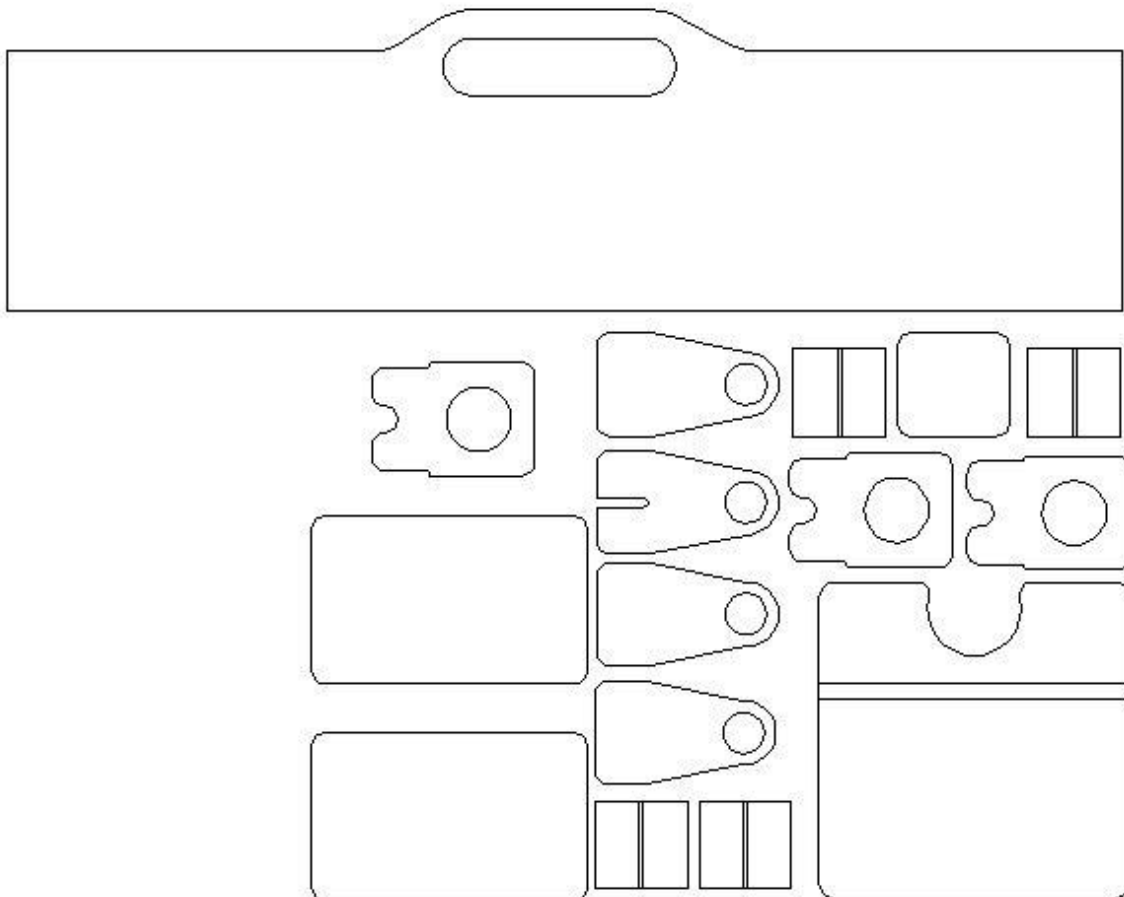
ΣΧΕΔΙΟ Α1: τρισδιάστατο σχέδιο του τρισδιάστατου εκτυπωτή ordbot



ΣΧΕΔΙΟ A2: τρισδιάστατο σχέδιο του τρισδιάστατου εκτυπωτή ordbot

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β

Στο παράρτημα Β παρουσιάζονται τα δισδιάστατα σχέδια των εξαρτημάτων του τρισδιάστατου εκτυπωτή ordbot, έτσι όπως δόθηκαν για την κατασκευή τους σε κοπή πλάσμα.



ΣΧΕΔΙΟ Β1: δισδιάστατο σχέδιο των εξαρτημάτων του ordbot

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

Στο παράρτημα Γ θα παρουσιαστεί ένα σύντομο εγχειρίδιο χρήσης με τα βήματα που ακολουθούνται για την τύπωση ενός τρισδιάστατου σχεδίου.

εγχειρίδιο χρήσης

Για να πραγματοποιηθεί μία εκτύπωση πρέπει πρώτα το τρισδιάστατο σχέδιο να μετατραπεί σε κώδικα G αυτό επιτυγχάνετε με το πρόγραμμα slic3r.

Λειτουργία του slic3r:

Επιλογή διαμέτρου υλικού: filament settings / diameter

Επιλογή πάχους στρώσης: print settings / layer height

Επιλογή πυκνότητας γεμίσματος: print settings / infill / fill density

Εισαγωγή τρισδιάστατου σχεδίου: plater / add

Επιλογή κλίμακας σχεδίου: plater / scale

Εξαγωγή κώδικα G: plater / export G-code

Εάν κάποιος θέλει να επεξεργαστή τον κώδικα G περαιτέρω, ενδεχομένως να σβήσει κάποιες εντολές μπορεί να το κάνει ανοίγοντας τον κώδικα με το πρόγραμμα notepad++. Στην συνέχεια συνδέεται ο εκτυπωτής μέσω USB καλωδίου με τον υπολογιστή, επίσης συνδέεται το τροφοδοτικό του εκτυπωτή. Τελευταίο βήμα πριν την εκτύπωση είναι να ανοιχτή το πρόγραμμα pronterface.

Στο πρόγραμμα pronterface όλες οι ρυθμίσεις που πρέπει να γίνουν είναι στην καρτέλα: settings / options, αυτές οι ρυθμίσεις γίνονται την πρώτη φορά και αποθηκεύονται. Για να γίνει εισαγωγή του κώδικα G στο πρόγραμμα επιλέγονται οι εντολές file / open. Μετά από όλα αυτά μπορεί να ξεκινήσει η εκτύπωση επιλέγοντας την εντολή: print, στο πρόγραμμα pronterface.