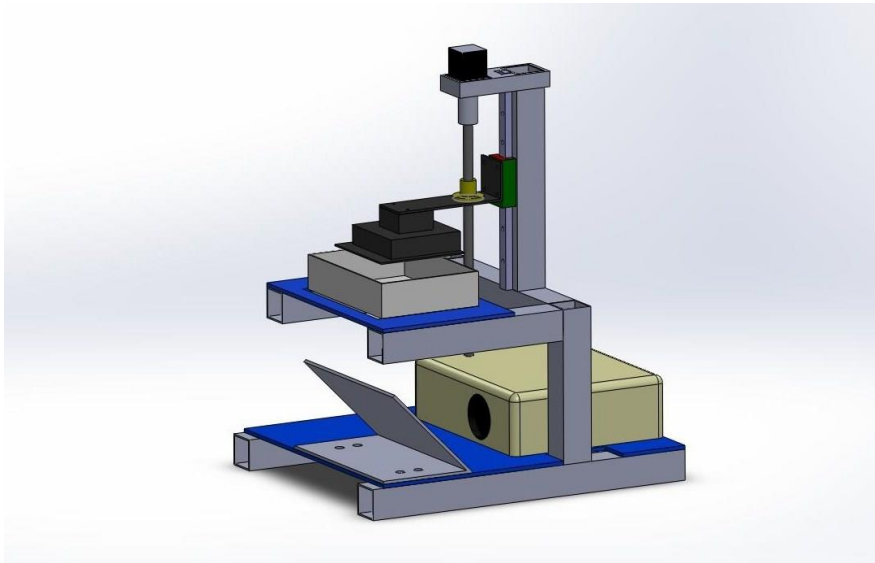


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ-ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ
ΕΝΟΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΕΚΤΥΠΩΤΗ
(3D PRINTER) ΜΕ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΣΤΕΡΕΟΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑΣ (SLA)**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΧΟΥΤΑ ΑΘΗΝΑ (Α.Μ. 5958)

ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ (Α.Μ.5864)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΤΣΙΡΚΑΣ ΣΩΤΗΡΙΟΣ

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΣ ΣΥΝΕΡΓΑΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2015

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, έχει εκπονηθεί στο Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας και αναφέρεται στον τρόπο κατασκευής ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή τύπου SLA. Αναπτύσσεται η διαδικασία της ταχείας πρωτοτυποποίησης, και η ραγδαία εξέλιξη της στον βιομηχανικό κλάδο και παράλληλα παρουσιάζονται οι νέες μέθοδοι κατασκευής πρωτότυπων μοντέλων. Επίσης, μέσω της κατασκευής κατανοούμε σε βάθος τον τρόπο λειτουργίας των μηχανών ταχείας πρωτοτυποποίησης και συγκεκριμένα των SLA 3D Printers.

Ευχαριστούμε θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μας, κύριο Τσίρκα Σωτήριο για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση που μας πρόσφερε για την υλοποίηση της εργασίας. Επίσης το Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Δυτικής Ελλάδας, για την χρηματοδότηση, την παραχώρηση του χώρου εργασίας και των εργαλείων.

A. Χούτα- Γ. Σωτηροπούλου

Πάτρα 2015

ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ

Οι κάτωθι υπογεγραμμένοι σπουδαστές έχουμε επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνουμε υπεύθυνα ότι είμαστε οι συγγραφείς αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, αναλαμβάνοντας την ευθύνη επι ολοκλήρου του κειμένου εξ ίσου, έχουμε δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μας όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποιήσαμε και λάβαμε ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνουμε επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχουμε ενσωματώσει στην εργασία μας προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ή παραφρασμένο, το έχουμε πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχουμε αναφέρει ανελλιπώς το όνομα του και την πηγή προέλευσης.

Οι σπουδάστριες

(Ονοματεπώνυμο)

.....

(Υπογραφή)

.....

(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στόχος της πτυχιακής εργασίας, είναι η κατασκευή και ο σχεδιασμός ενός μηχανήματος ταχείας πρωτοτυποποίησης 3D Printer. Μέσω της διαδικασίας αυτής, θα μελετήσουμε τον τρόπο λειτουργίας των μηχανών αυτών, άλλα και την συμβολή που έχουν στην ανάπτυξη των βιομηχανικών γραμμών παράγωγης. Επίσης, θα παρατηρήσουμε τις διαφορές που παρουσιάζονται σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους ταχείας πρωτοτυποποίησης.

Η ανάλυση του θέματος γίνεται σε 7 κεφάλαια.

Στο πρώτο κεφάλαιο, αναφέρεται η χρήση υπολογιστικών συστημάτων για την ανάπτυξη προϊόντων και αναλύονται σε κατηγορίες ανάλογα με την προσφορά τους στην γραμμές παραγωγής.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, αναφέρεται ο τρόπος κατασκευής πρωτότυπων μοντέλων, με συμβατικές μεθόδους και η εξέλιξη τους με το πέρασμα των χρόνων που μας οδήγησε στον όρο ταχεία πρωτοτυποποίηση.

Στο τρίτο κεφάλαιο, αναλύεται ο όρος της ταχείας πρωτοτυποποίησης, και αναφέρονται οι νέες μέθοδοι κατασκευής πρωτότυπων αντικειμένων, που υπάρχουν στις μέρες μας. Ο διαχωρισμός τους, γίνεται κυρίως με βάση την αρχή λειτουργίας τους.

Στο τέταρτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται, τι είναι το 3d Printer A&G τα βασικά στοιχεία που το επηρεάζουν. Εξετάζονται, οι βασικές του λειτουργίες και οι προδιαγραφές των εξαρτημάτων του ανάλογα με την λειτουργία τους.

Στο πέμπτο κεφάλαιο, αναλύεται, ο τρόπος λειτουργίας, του σχεδιαστικού προγράμματος Solidworks αλλά αναλύουμε και τον σχεδιασμό των εξαρτημάτων της πτυχιακής μας εργασίας.

Στο έκτο κεφάλαιο περιγράφουμε, βήμα-βήμα την διαδικασία κατασκευής του 3D Printer SLA A&G. Μέσω αυτής μελετάται η λειτουργία ενός 3D Printer και γενικότερα των μηχανών εναπόθεσης υλικού. Έτσι μαθαίνουμε για τις βασικές τους λειτουργίες και για τα εξαρτήματα που τις αποτελούν.

Στο έβδομο κεφάλαιο εξετάζονται τα απαραίτητα προγράμματα για το χειρισμό της μηχανής(Creation Workshop). Συγκεκριμένα δίνονται αναλυτικά οι οδηγίες για τον ορθό τρόπο χρήσης και λειτουργίας του.

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ	ii
ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ	iii
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iv
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	4
1.1 ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ	4
1.2 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	5
1.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ C.A.D. (COMPUTER AIDED DESIGN).....	6
1.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ C.A.M. (COMPUTER AIDED MANUFACTURING)	7
1.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ C.A.E. (COMPUTER AIDED ENGINEERING)	8
1.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ C.I.M. (COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING)	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	11
2.1 ΠΡΩΤΟΤΥΠΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ.....	11
2.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ	12
2.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ	12
2.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	13
2.5 ΤΑΧΕΙΑ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	16
3.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΑΧΕΙΑΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	16
3.2 ΣΤΕΡΕΟΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ (STEREOLITHOGRAPHY, SLA).....	17
3.3 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ (3D INK-JET PRINTING).....	19
3.4 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΛΕΠΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ (LAMINATED OBJECT MANUFACTURING, L.O.M.).....	20
3.5 ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΞΗ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ ΛΕΙΖΕΡ (SELECTIVE LASER SINTERING, SLS)	22
3.6 ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ – ΣΥΝΤΗΞΗ ΔΙΑΔΟΧΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ (FUSED DEPOSITION MODELING, F.D.M.)	24
3.7 ΣΤΕΡΕΑ ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (SOLID GROUND CURING, SGC).....	26

3.8 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ	27
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	31
4.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ 3D PRINTER SLA A&G.....	31
4.2 ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ CURL	32
4.3 ΠΑΧΟΣ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	33
4.4 POSTCURING.....	34
4.5 ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΡΗΤΙΝΗ	34
4.6 ΠΡΟΒΟΛΕΑΣ (DLP).....	35
4.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ	36
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	42
5.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ SOLIDWORKS	42
5.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SOLIDWORKS.....	42
5.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ SOLIDWORKS.....	44
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	56
6.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ	56
6.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 3D PRINTER SLA A&G.....	56
6.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΑΞΟΝΑ Z.....	65
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7	67
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ	67
7.2 CREATION WORKSHOP	69
7.3 ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΚΩΔΙΚΑ G.....	70
ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΟ.....	72
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	74
ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ	76
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	78
ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ – ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ.....	79

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Την σημερινή εποχή, η κατασκευή πρωτότυπων μοντέλων από τις βιομηχανίες, έχει καθιερωθεί καθώς μέσα από αυτή την διαδικασία μπορούν να ληφθούν ασφαλή συμπεράσματα για το τελικό προϊόν. Το πρωτότυπο μοντέλο, είναι ένα πρώιμο δείγμα του προϊόντος, το οποίο κατασκευάζεται με σκοπό να δοκιμαστεί υπό ορισμένες συνθήκες. Αυτό χρησιμεύει στην παροχή πληροφοριών και αποδεκτών προδιαγραφών για ένα πραγματικό λειτουργικό σύστημα, και όχι για ένα θεωρητικό.

Η κατασκευή πρωτότυπων αποτελούσε πάντα κύριο μέρος της διαδικασίας σχεδίασης και ανάπτυξης ενός προϊόντος, καθώς σε πολλούς τομείς υπάρχει μεγάλη αβεβαιότητα ως προς το αν ένα νέο σχέδιο στην πραγματικότητα θα κάνει ότι είναι επιθυμητό. Συνήθως νέα σχέδια προϊόντων παρουσιάζουν απροσδόκητα προβλήματα. Αυτή η διαδικασία δίνει την δυνατότητα στον μηχανικό/σχεδιαστή να διερευνήσει το προϊόν να προβεί σε εναλλακτικές λύσεις, να δοκιμάσει νέες τεχνολογίες και καινοτομίες με σκοπό να εξετάσει την αποδοτικότητα του αντικειμένου, πριν από την έναρξη της παραγωγής του. Σε γενικές γραμμές, μια επαναληπτική σειρά κατασκευής πρωτοτύπων βοηθάει στην συνεχή βελτιστοποίηση του τελικού προϊόντος.

Ως πρωτοτυποποίηση ορίζουμε την μετάβαση από τον ιδεατό κόσμο του σχεδίου στον φυσικό κόσμο των αντικειμένων. Παλαιότερα η διαδικασία της κατασκευής πρωτότυπων μοντέλων, ήταν χρονοβόρα και υψηλού κόστους, διότι απαιτούνταν έμπειροι και επιδέξιοι τεχνίτες, καθώς και η χρήση εργαλείων χειρός και μικρών εργαλειομηχανών ακριβείας. Ο παραδοσιακός αυτός τρόπος πρωτοτυποποίησης, ενείχε πάντα ένα στοιχείο ασάφειας, καθώς μεταξύ του σχεδίου και του μοντέλου, μεσολαβούσε σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό το χέρι και η αντίληψη του τεχνίτη. Με την πάροδο των χρόνων και την εξέλιξη της τεχνολογίας, νέες εργαλειομηχανές ελεγχόμενες από ηλεκτρονικούς υπολογιστές οι οποίες βασίζονταν στην ρομποτική, αναβάθμισαν την διαδικασία της πρωτοτυποποίησης καθώς ο ανθρώπινος παράγοντας περιορίστηκε.

Αυτή η ανάπτυξη, μείωσε δραστικά τον χρόνο και το κόστος κατασκευής των πρωτοτύπων και έδωσε την δυνατότητα στους κατασκευαστές, να τελειοποιήσουν τα προϊόντα τους στο πιο κρίσιμο στάδιό τους, αυτό της βασικής σχεδίασης. Οι νέες μηχανές, επέτρεψαν την κατασκευή μοντέλων, μεγαλύτερης ακρίβειας και πιστότητας, απευθείας από ψηφιακά αρχεία C.A.D. (Computer Aided Design), με μικρότερο κόστος και χρονική διάρκεια κατασκευής από ότι απαιτούνταν στις παλαιότερες διαδικασίες.

Με την πάροδο των χρόνων, η τεχνολογία προσφέρει συνεχώς νέες δυνατότητες και ανοίγονται νέοι ορίζοντες για τον τρόπο κατασκευής πρωτότυπων αντικειμένων. Τον Νοέμβριο του 1987, έκανε την εμφάνισή του το πρώτο εμπορικό σύστημα ταχείας πρωτοτυποποίησης στην έκθεση Auto fact του Detroit από την εταιρεία 3D Systems Inc. Μερικά χρόνια μετά, οι τεχνικοί της εταιρίας αεροπορικών κινητήρων Pratt & Whitney χρησιμοποιώντας την μέθοδο της ταχείας πρωτοτυποποίησης, για την κατασκευή χυτών ακριβείας, κατάφεραν να πετύχουν, μείωση του κόστους και του χρόνου κατασκευής της τάξης του 70% έως 90%. Τα αποτελέσματα αυτά, καθιέρωσαν την μέθοδο της ταχείας πρωτοτυποποίησης αναγκαίο στοιχείο, των γραμμών

παραγωγής όλων των βιομηχανιών. Η καθιέρωση αυτή, συντέλεσε στην ανάπτυξη νέων τεχνολογιών και μηχανημάτων, ταχείας πρωτοτυποποίησης.

Οι τεχνολογίες ταχείας πρωτοτυποποίησης που είναι διαθέσιμες στην αγορά σήμερα, περιλαμβάνουν πολλές μεθόδους παραγωγής πρωτοτύπων. Μια από αυτές τις μεθόδους είναι και η τρισδιάστατη εκτύπωση (3D Printing), την οποία και θα εξετάσουμε. Υπάρχουν διάφορων ειδών μηχανές τρισδιάστατης εκτύπωσης, οι οποίες ακολουθούν όλες μια κοινή διαδικασία πρωτοτυποποίησης, με μόνη διαφορά τον τρόπο κατασκευής των μοντέλων. Οι μηχανές αυτές, κατηγοριοποιούνται με βάση την αρχή λειτουργίας τους και την πρώτη ύλη που χρησιμοποιούν.

Διακρίνονται σε:

- Στερεολιθογραφίας (stereolithography, SLA)
- Επιλεκτικής σύντηξης με την χρήση ακτινών λέιζερ (Selective Laser Sintering, S.L.S.)
- Συγκόλλησης λεπτών φύλων (Laminated Object Manufacturing, L.O.M.)
- Εναπόθεσης –Σύντηξης διαδοχικών στρώσεων (Fused Deposition Modeling, F.D.M.)
- Τρισδιάστατης εκτύπωσης ink-jet (3D ink-jet Printing)
- Και μια παραλλαγή της Στερεολιθογραφίας γνωστή ως Solid Ground Curing, SGC.

Ανάμεσα στην σχεδίαση του ψηφιακού πρωτότυπου μοντέλου μέσω ενός λογισμικού C.A.D., και στο στάδιο εκτύπωσής του, ως ένα φυσικό αντικείμενο, παρεμβάλλεται μια σειρά ψηφιακής επεξεργασίας με σκοπό την «κατανόησή» του από την μηχανή. Η επεξεργασία αυτή, είναι κοινή για όλους τους τύπους μηχανών τρισδιάστατης εκτύπωσης και περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- Δημιουργία ψηφιακού μοντέλου C.A.D. (με σχεδίαση, ή σκανάρισμα του αντικειμένου)
- Μετατροπή του μοντέλου C.A.D. σε μορφή STL.
- “Τεμαχισμό” του αρχείου STL σε λεπτές διατομές με την χρήση κατάλληλου λογισμικού.
- Κατασκευή του αντικειμένου με την διαδοχική εναπόθεση των διατομών
- Καθαρισμό και τελικό φινίρισμα του μοντέλου.

Ένα είδος μηχανής τρισδιάστατης εκτύπωσης, η οποία βασίζεται στο φαινόμενο του φωτοπολυμερισμού, είναι το 3D Printer SLA A&G. Με την κατασκευή και την μελέτη του, θα κατανοήσουμε τον τρόπο λειτουργίας των SLA μηχανών πρωτοτυποποίησης, την ψηφιακή δημιουργία και επεξεργασία πρωτότυπων μοντέλων και τέλος την κατασκευή ιδιόμορφων μηχανολογικών εξαρτημάτων των οποίων η συμβατική παραγωγή θεωρείται δύσκολη. Η βασική λειτουργία της, διαφέρει από αυτή των C.N.C. εργαλειομηχανών που ήδη γνωρίζουμε, καθώς έχουμε κίνηση αποκλειστικά σε έναν άξονα (Z). Ο χειρισμός της γίνεται με την βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Επίσης ο τρόπος κατεργασίας της πρώτης ύλης είναι διαφορετικός από αυτόν που χρησιμοποιούν οι C.N.C. μηχανές κατεργασίας. Στις μέχρι τώρα

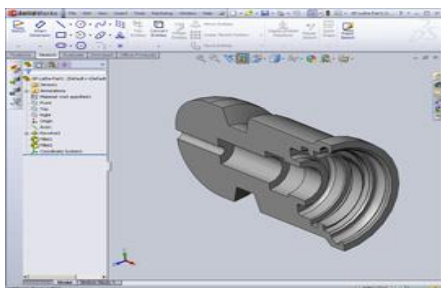
κατεργασίες κατασκευής πρωτοτύπων, η εργαλειομηχανή αφαιρούσε υλικό με σκοπό την διαμόρφωση του επιθυμητού αντικειμένου ενώ με την τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης, το αντικείμενο παίρνει μορφή προσθέτοντας υλικό σε στρώσεις βάση του σχεδίου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

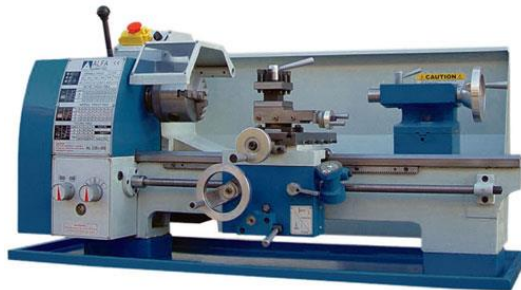
1.1 ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΙΟΝΤΩΝ

Στις διαδικασίες ανάπτυξης προϊόντων έχουν εισαχθεί υπολογιστικά συστήματα διότι παρέχουν πολλές δυνατότητες στους σχεδιαστές. Η διαδικασία αυτή έχει τροποποιηθεί και συνεχίζει να τροποποιείται λόγω της χρήσης τέτοιων συστημάτων σε συνάρτηση με την ανάπτυξη των δυνατοτήτων και της τεχνολογίας που παρέχουν τα συστήματα. Τα υπολογιστικά συστήματα απαρτίζουν τον φορέα σύνδεσης των ιδεών των μηχανικών, που είναι εμπλεκόμενοι στις διαδικασίες ανάπτυξης προϊόντων, με το τελικό προϊόν και ταυτόχρονα αποτελούν το μέσο για την επικοινωνία των μελών της ομάδας ανάπτυξης προϊόντος (Εικόνα 1).

Στο παρελθόν υπήρχαν σε διαφορετική και απλούστερη μορφή τέτοιου είδους εργαλεία. Βασικό χαρακτηριστικό των λογισμικών εργαλείων, που αποτελούν βασικό συστατικό των υπολογιστικών συστημάτων, είναι ότι πληροφορίες στους σχεδιαστές για τα λειτουργικά και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του προϊόντος που αναπτύσσεται, πριν από την παραγωγή του φυσικού πρωτοτύπου και ακόμα περισσότερο προτού το προϊόν προωθηθεί στη γραμμή παραγωγής. Οι πληροφορίες αυτές δεν ήταν εφικτό να προσδιοριστούν με τις συμβατικές μεθόδους ανάπτυξης προϊόντων, που χρησιμοποιούνταν στο πρόσφατο παρελθόν. Η χρήση υπολογιστικών συστημάτων παρέχει πλεονεκτήματα, όπως ευελιξία στο σχεδιασμό, αξιοπιστία κ.α..



(α)



(β)



(γ)

Εικόνα 1: Στάδια κατασκευής α) Σχεδίαση μέσω υπολογιστικών συστημάτων β) Κατεργασία κομματιού σε εργαλειομηχανές γ) Τελικό προϊόν.

1.2 Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΪΟΝΤΟΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Για τη λεπτομερή ανάπτυξη ενός προϊόντος με τη χρήση υπολογιστικών συστημάτων, τα βήματα που ακολουθούνται είναι τα παρακάτω:

- Προετοιμασία του σχεδιασμού, η οποία περιλαμβάνει τον προσδιορισμό της μεθοδολογίας ανάπτυξης του προϊόντος.
- Σχεδίαση των γεωμετρικών μοντέλων του προϊόντος στο σύστημα C.A.D. (συνήθως δημιουργείται παραμετρικό γεωμετρικό μοντέλο).
- Συναρμολόγηση των επιμέρους γεωμετρικών μοντέλων, για τη δημιουργία του συνολικού μοντέλου του προϊόντος.
- Απόδοση χρωμάτων, υλικών και υφής (όχι πάντα) στο προϊόν, για τη ρεαλιστική απεικόνιση του ψηφιακού πρωτοτύπου που αναπτύσσεται, κυρίως για αισθητική αξιολόγηση. Μεταφορά του γεωμετρικού μοντέλου σε σύστημα πεπερασμένων στοιχείων (FEA) για προσδιορισμό των τεχνικών του χαρακτηριστικών.
- Προσδιορισμός των τεχνικών χαρακτηριστικών του αντικειμένου στο σύστημα FEA με τη χρήση μοντέλων πεπερασμένων στοιχείων.
- Τροποποίηση της σχεδίασης, ώστε να ανταποκρίνεται στα τεχνικές, λειτουργικές και αισθητικές προδιαγραφές που έχουν τεθεί.
- Μεταφορά του τελικού γεωμετρικού μοντέλου στο σύστημα Εικονικής Παραγωγής (Virtual Manufacturing), για το σχεδιασμό της μεθοδολογίας παραγωγής του προϊόντος (μπορεί να είναι ένα σύστημα CAM ή κάποιο περισσότερο πολύπλοκο λογισμικό εργαλείο προσομοίωσης παραγωγικών διαδικασιών).
- Κατασκευή φυσικού πρωτοτύπου, το οποίο συνήθως είναι από διαφορετικά υλικά σε σχέση με το πραγματικό προϊόν.

1.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ C.A.D. (COMPUTER AIDED DESIGN)

Η κλασική σχεδίαση σε χαρτί έχει εκλείψει, καθώς τα σχέδια μεταφέρονται δύσκολα, φθείρονται εύκολα, και στην περίπτωση αλλαγών ή λάθους γίνονται από την αρχή. Στη διάρκεια της δεκαετίας του 70 άρχισε η χρήση των υπολογιστών για σχεδίαση με την εμφάνιση των πρώτων σχεδιαστικών προγραμμάτων. Τα προγράμματα αυτά δίνουν τη δυνατότητα στο σχεδιαστή, να κάνει πολύ εύκολα αλλαγές και τροποποιήσεις με μεγαλύτερη ακρίβεια. Εκτός αυτού η δυνατότητα απεικόνισης λεπτομερειών δεν συγκρίνεται με τις παλιές μεθόδους. Η διακίνηση των σχεδίων με ηλεκτρονικό τρόπο γίνεται εύκολα, με την αποθήκευσή τους σε αρχεία, και όσο για το θέμα φθοράς, αυτό είναι ανύπαρκτο. Η ανάπτυξη αυτών των προγραμμάτων οδήγησε στην αυτοματοποίηση ορισμένων ενεργειών όπως η τοποθέτηση διαστάσεων στα σχέδια ή η διαγράμμιση επιφανειών. Με τον καιρό σχηματίστηκαν αρχεία τα οποία περιέλαβαν έτοιμα σχέδια τα οποία είχαν συχνή χρήση και μπορούσαν να τοποθετηθούν σε κάποιο μεγαλύτερο σχέδιο. Έτσι, ο χρήστης δεν χρειαζόταν να τα σχεδιάσει από την αρχή και το μόνο που είχε να κάνει ήταν να καταφύγει σε μια βιβλιοθήκη C.A.D. όπου περιλαμβάνει τυποποιημένες διαστάσεις μηχανολογικών στοιχείων (π.χ. διαμέτρους σωλήνων) και να επιλέξει αυτό που του χρειάζεται, βοηθώντας τον έτσι στη σχεδίαση του τελικού προϊόντος.

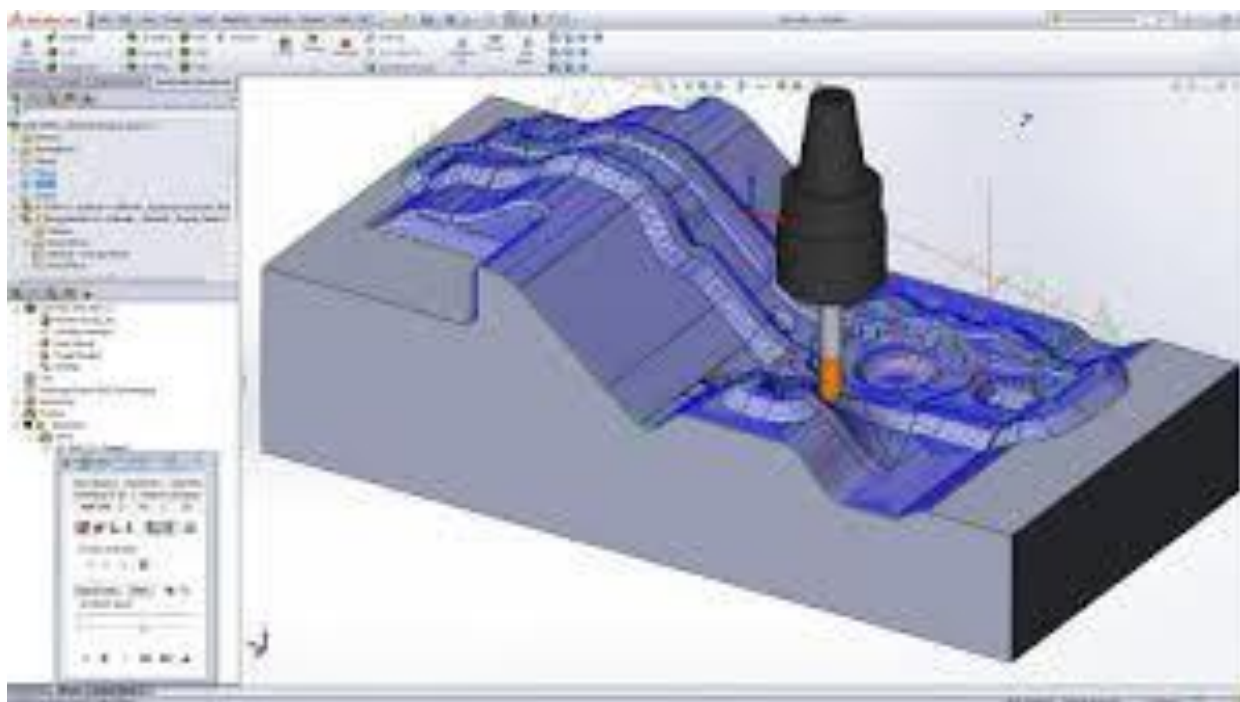
Η τρισδιάστατη γεωμετρική μοντελοποίηση (3D) (Εικόνα 2) με χρήση C.A.D. προσφέρει στον σχεδιαστή, καλύτερη αξιολόγηση και οπτικοποίηση του προϊόντος, περισσότερες πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά του, κάνοντας την διαδικασία παραγωγής πιο γρήγορη καθώς χρειάζονται λιγότερα πρωτότυπα για την ανάπτυξη του τελικού προϊόντος.



Εικόνα 2: Γεωμετρική μοντελοποίηση σε πρόγραμμα C.A.D.

1.4 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ C.A.M. (COMPUTER AIDED MANUFACTURING)

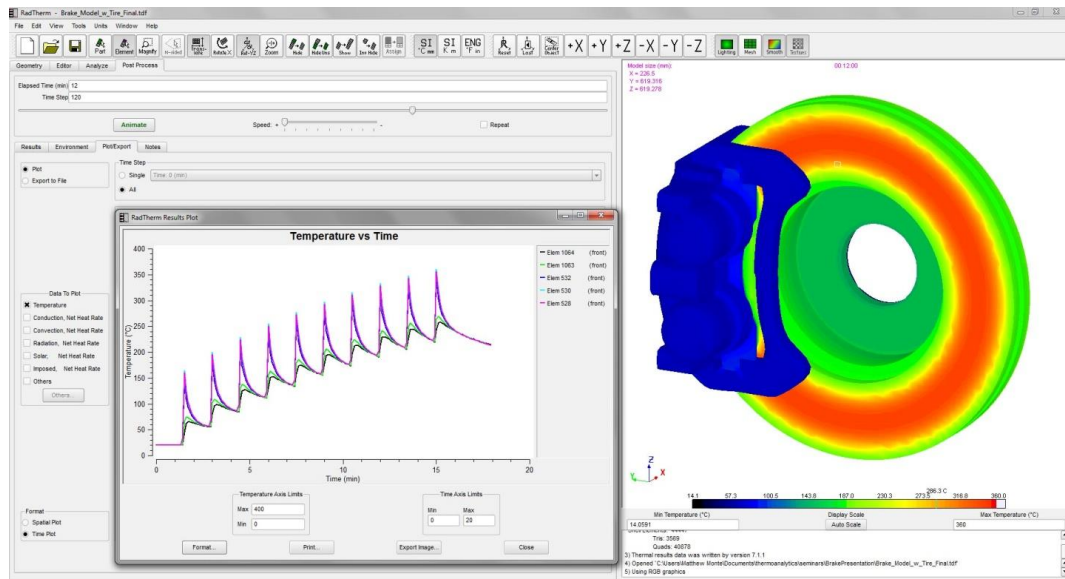
Τα συστήματα C.A.M. χρησιμοποιούνται για σχεδιασμό της διαδικασίας παραγωγής ενός προϊόντος. Σκοπός τους είναι η καθοδήγηση των εργαλειομηχανών, μέσω της δημιουργίας κατάλληλου προγράμματος από το σύστημα C.A.M., το οποίο μεταφέρεται στον ελεγκτή (controller) της εργαλειομηχανής. Ο χρήστης μεταφέρει τη γεωμετρία του αντικειμένου από το σύστημα C.A.D. στο σύστημα C.A.M. Ορίζει τα διαθέσιμα χαρακτηριστικά της κοπής, που παρέχονται από το πρόγραμμα. Έχει την δυνατότητα, προσομοίωσης της διαδικασίας κοπής (Εικόνα 3), στην οθόνη του υπολογιστή, εμφανίζοντας τα αποτελέσματα, σύμφωνα με τις παραμέτρους που έχουν οριστεί. Έτσι γίνεται έλεγχος για λάθη σε σχέση με τις επιθυμητές διαμορφώσεις κάθε αντικειμένου και σε σχέση με τις παραμέτρους της κοπής. Η διαδικασία κοπής εξάγεται από το σύστημα C.A.M. σε μορφή προγράμματος, κατάλληλου για προγραμματισμό εργαλειομηχανών (G κώδικας). Το πρόγραμμα μεταφέρεται στον ελεγκτή της εργαλειομηχανής και ξεκινάει η διαδικασία κοπής.



Εικόνα 3: Προσομοίωσης της διαδικασίας κοπής στην οθόνη του υπολογιστή με χρήση C.A.M.

1.5 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ C.A.E. (COMPUTER AIDED ENGINEERING)

Με τον όρο αυτόν περιγράφουμε μια σειρά προγραμμάτων τα οποία εξομοιώνουν τη λειτουργία του σχεδιαζόμενου αντικειμένου. Ο σχεδιαστής-μηχανικός μπορεί να διαπιστώσει αν αυτό που σχεδιάζει ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές του και να εντοπίσει προβλήματα που εμφανίζονται κατά τη λειτουργία του. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο εντάσσονται τα προγράμματα ανάλυσης με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων (Finite Elements Analysis). Τα προγράμματα που χρησιμοποιούν τη μέθοδο αυτή βοηθούν το σχεδιαστή να αναλύσει τη συμπεριφορά του αντικειμένου κάτω από τα φορτία λειτουργίας του. Συγκεκριμένα υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού των τάσεων, παραμορφώσεων και δυνάμεων που αναπτύσσονται, σαν παράγωγα της φόρτισης. Ακόμα είναι δυνατός ο υπολογισμός και των τάσεων που αναπτύσσονται λόγω θερμικών φορτίων όπως και η ροή θερμότητας. Για την ανάλυση και μελέτη του, το μοντέλο χωρίζεται σε μικρά τμήματα (κυψέλες) σχηματίζοντας ένα πλέγμα (mesh) (Εικόνα 4). Τα φορτία μπορούν να τοποθετηθούν στους κόμβους, ακμές ή και στην επιφάνεια κάθε κυψέλης. Το μέγεθος της κάθε κυψέλης εξαρτάται από την ακρίβεια η οποία απαιτείται: όσο μικρότερες είναι τόσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια. Στα δεδομένα που εισάγονται στο πρόγραμμα περιλαμβάνονται φυσικές ιδιότητες, όπως πυκνότητα, αγωγιμότητα κ.λπ. Η απεικόνιση των αποτελεσμάτων στην οθόνη του υπολογιστή είναι συνήθως εντυπωσιακή. Ανάλογα με το μέγεθος των αναπτυσσόμενων τάσεων χρωματίζονται οι αντίστοιχες επιφάνειες ενώ υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης των παραμορφώσεων υπό κλίμακα. Επίσης η μέθοδος των πεπερασμένων στοιχείων χρησιμοποιείται για ανάλυση κίνησης ρευστών. Ιδιαίτερα σημαντική είναι η χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων για την κινηματική ανάλυση ενός μηχανισμού ή και ολόκληρου μηχανικού συστήματος. Στην περίπτωση μάλιστα όπου το σύστημα είναι περίπλοκο, δίνεται η δυνατότητα στο μηχανικό να μελετήσει την αλληλεπίδραση των τμημάτων μεταξύ τους. Οι διαδικασίες σχεδιασμού και ανάλυσης ενός μοντέλου είναι δύσκολο να διαχωριστούν εντελώς, αφού τα αποτελέσματα της ανάλυσης τροφοδοτούν με νέα δεδομένα το σχεδιασμό και αντίστροφα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη σύνδεση των προγραμμάτων C.A.D. C.A.E..



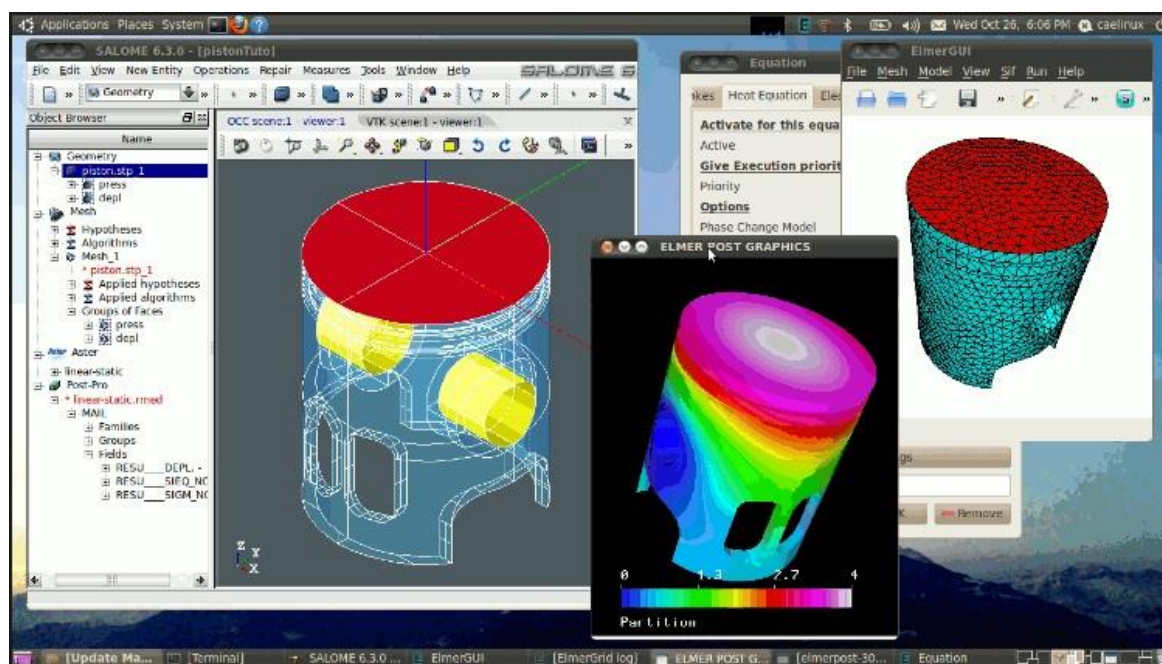
Εικόνα 4: Ανάλυση και μελέτη του μοντέλου σε μικρά τμήματα.

1.6 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ C.I.M. (COMPUTER INTEGRATED MANUFACTURING)

Με τον όρο C.I.M. ονομάζεται η ολοκληρωμένη βιομηχανική παραγωγή με τη βοήθεια υπολογιστή. Η μέθοδος αυτή παρουσιάστηκε πρόσφατα μετά την εμφάνιση πακέτων τα οποία περιλάμβαναν προγράμματα C.A.D.-C.A.M.-C.A.E. Τα πλεονεκτήματα τα οποία παρουσιάζουν τα προγράμματα C.A.D./C.A.M./C.A.E., περιορίζονταν σημαντικά στις περιπτώσεις όπου οι εφαρμογές αυτές ήταν ξεχωριστές και δεν υπήρχε επικοινωνία μεταξύ των προγραμμάτων. Ο σχεδιασμός ενός εμβόλου, για παράδειγμα, ήταν πολύ εντυπωσιακός όταν γινόταν στο πρόγραμμα C.A.D., υποβαθμιζόταν όμως η αξία του από τη στιγμή που για την κατασκευή του πρωτοτύπου χρειαζόταν να προγραμματιστεί η εργαλειομηχανή από την αρχή και δεν ήταν δυνατή η μεταφορά των υπάρχοντων δεδομένων κατευθείαν σε αυτή. Οι πρώτες προσπάθειες είχαν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός προγράμματος I.G.E.S. (Initial Graphics Exchange Specification) το οποίο χρησιμοποιείται για τη μεταφορά δεδομένων ανάμεσα σε διαφορετικά προγράμματα. Η τελική λύση σε αυτό το πρόβλημα δόθηκε με τη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου πακέτου το οποίο περιλαμβάνει προγράμματα C.A.D./C.A.M./C.A.E (Εικόνα 5), και επιτρέπει τη ροή των πληροφοριών από την ώρα του σχεδιασμού μέχρι την τελική παραγωγή του κομματιού. Τέτοιου είδους προγραμματιστικά πακέτα έχουν πλέον παρουσιάσει όλες οι μεγάλες εταιρίες λογισμικού, υποστηρίζοντάς τα με υπολογιστικές μονάδες μεγάλης ισχύος. Φυσικά το υψηλό κόστος αγοράς περιορίζει τη χρήση τέτοιων προγραμμάτων μόνο σε μεγάλες βιομηχανικές εφαρμογές. Από τη στιγμή που άρχισε η χρήση των υπολογιστών στη βιομηχανική παραγωγή οι στόχοι ήταν οι εξής:

1. Μείωση του χρόνου σχεδιασμού και ανάπτυξης του προϊόντος
2. Ελάττωση του συνολικού κόστους
3. Περιορισμός των λαθών.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα της χρήσης C.I.M. είναι η εταιρία Allison Transmission θυγατρική της General Motors. Η εταιρία ειδικεύεται στο σχεδιασμό συστημάτων μετάδοσης κίνησης, από σχολικά λεωφορεία μέχρι και βαριά φορτηγά ή στρατιωτικά οχήματα. Σύμφωνα με την εταιρία ο χρόνος σχεδιασμού και ανάπτυξης ενός συγκεκριμένου προγράμματος μπορεί να μειωθεί από τα πέντε χρόνια στα δύο. Ανάλογα υπολογίζεται ότι το οικονομικό όφελος ανά κύκλο παραγωγής θα είναι από 200.000 μέχρι 400.000 δολάρια. Οι εκτιμήσεις αυτές βασίζονται στο γεγονός ότι θα μειωθεί ο αριθμός των πρωτοτύπων από τρία σε δύο. Οι μηχανικοί της εταιρίας υποστηρίζουν ότι με τη βοήθεια του συστήματος αυτού μπορούν να μελετήσουν μέχρι δέκα διαφορετικές λύσεις στο σχεδιασμό ενός κομματιού μέσα σε διάστημα μόλις τεσσάρων ωρών. Το διάστημα για την ίδια εργασία με την κλασική μέθοδο θα μπορούσε να πάρει μέχρι και δέκα εβδομάδες. Γενικά η χρήση του C.I.M. εκτιμάται ότι μπορεί να αποφέρει κέρδος, σε χρόνο, της τάξης του 27%, ενώ μπορεί να περιορίσει το κόστος κατά 32%. Το κέρδος σε χρόνο επιτρέπει τη ταχύτερη είσοδο του προϊόντος στην αγορά προλαβαίνοντας τους ανταγωνιστές και εκτείνει το διάστημα πώλησης, ενώ η μείωση του κόστους μπορεί να αποφέρει συμπίεση της τελικής τιμής σε πιο ανταγωνιστικά πλαίσια. Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η είσοδος των υπολογιστών άλλαξε εκ βάθρων την αντίληψη περί σχεδιασμού, ανάπτυξης και παραγωγής ενός προϊόντος.



Εικόνα 5: Συνεργασία πακέτου συστημάτων C.A.D.-C.A.D.-C.A.E. για την ανάπτυξη και την κατασκευή ενός προϊόντος.

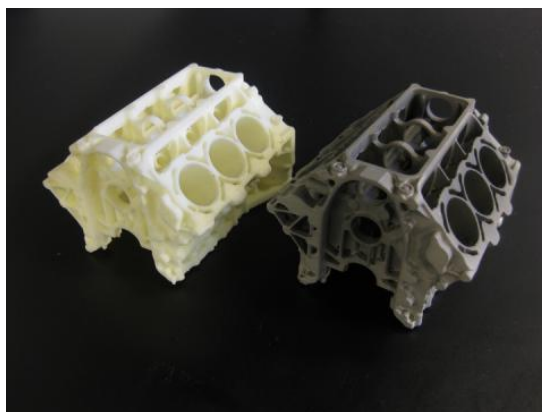
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2.1 ΠΡΩΤΟΤΥΠΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ

Πρωτότυπο ονομάζουμε το αντικείμενο εκείνο το οποίο δημιουργείται με όσο το δυνατόν μεγαλύτερη προσέγγιση του τελικού προϊόντος, σε μια ή περισσότερες από τις διαστάσεις του. Κάθε αντικείμενο που μπορεί να παρουσιάσει ομοιότητα με κάποια χαρακτηριστικά του τελικού προϊόντος, μπορεί να θεωρηθεί ως πρωτότυπο μοντέλο. Η δημιουργία ενός πρωτότυπου, έχει καθιερωθεί στην παραγωγική διαδικασία, των βιομηχανιών λόγω των πληροφοριών που μπορούμε να αντλήσουμε για το τελικό αντικείμενο, καθώς και να γίνει λήψη αποφάσεων από τον μηχανικό για τον καθορισμό του τελικού προϊόντος. Στον ορισμό του πρωτότυπου, δεν περιέχονται, τα τυχόν σκίτσα του, τα μαθηματικά μοντέλα.

Υπάρχουν δύο κατηγορίες πρωτοτύπων. Η πρώτη είναι ο βαθμός στον οποίο το πρωτότυπο είναι φυσικό σε αντίθεση με το αναλυτικό. Τα φυσικά πρωτότυπα είναι δημιουργήματα που προσεγγίζουν το πραγματικό προϊόν και δημιουργούνται για δοκιμές και πειράματα. Τέτοια πρωτότυπα είναι τα μοντέλα που μοιάζουν πολύ με το τελικό προϊόν (look and feel). Πρωτότυπα για την δοκιμή μιας ιδέας που χρησιμοποιούνται για να ελεγχθεί γρήγορα μια ιδέα, και πειραματικά πρωτότυπα που χρησιμοποιούνται για την επικύρωση μιας ιδέας.

Η δεύτερη κατηγοριοποίηση είναι ο βαθμός της περιεκτικότητας σε αντίθεση με την εστίαση. Τα πρώτα περιλαμβάνουν, αν όχι όλα, τα περισσότερα από τα χαρακτηριστικά του προϊόντος και είναι αυτό που θα λεγόταν ότι ανταποκρίνεται περισσότερο στον ορισμό του πρωτότυπου. Ένα τέτοιο λειτουργικό πρωτότυπο είναι αυτό που παραδίδεται σε ορισμένους πελάτες για να ανακαλύψουν τυχόν λάθη σχεδίασης πριν αρχίσει κανονικά η παραγωγή του προϊόντος. Σε αντίθεση με τα περιεκτικά πρωτότυπα υπάρχουν τα εστιακά πρωτότυπα, τα οποία περιέχουν ένα ή λίγα από τα χαρακτηριστικά του προϊόντος. Τέτοια είναι τα πρωτότυπα από μαλακό υλικό (αφρώδες) που χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο της μορφής (look like), ή χειροπιαστά ηλεκτρονικά κυκλώματα και πλακέτες που χρησιμοποιούνται για την ηλεκτρονική απόδοση του προϊόντος (works-like). Συνήθως χρησιμοποιούνται δύο ή τρία πρωτότυπα αυτού του είδους για να εξεταστεί η συμπεριφορά του προϊόντος (Εικόνα 6).



Εικόνα 6: Απεικόνιση πρωτότυπου και τελικού προϊόντος

2.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ

Οι βασικές αρχές πρωτοτυποποίησης είναι οι εξής:

- Τα αναλυτικά πρωτότυπα είναι συνήθως πιο ευέλικτα από τα φυσικά πρωτότυπα.
- Τα φυσικά πρωτότυπα είναι απαραίτητα για τον προσδιορισμό παραμέτρων, οι οποίες δεν μπορούν να εντοπιστούν ή να μελετηθούν κατά τον σχεδιασμό.
- Το πρωτότυπο μειώνει το πλήθος των αλλαγών στον σχεδιασμό.
- Η χρήση πρωτοτύπου διευκολύνει φάσεις της ανάπτυξης του προϊόντος, εκτός από την ανάπτυξη του συγκεκριμένου τμήματος του προϊόντος που μελετάται.
- Το πρωτότυπο αλλάζει την αλληλεξάρτηση των επιμέρους εργασιών για την ανάπτυξη ενός προϊόντος.

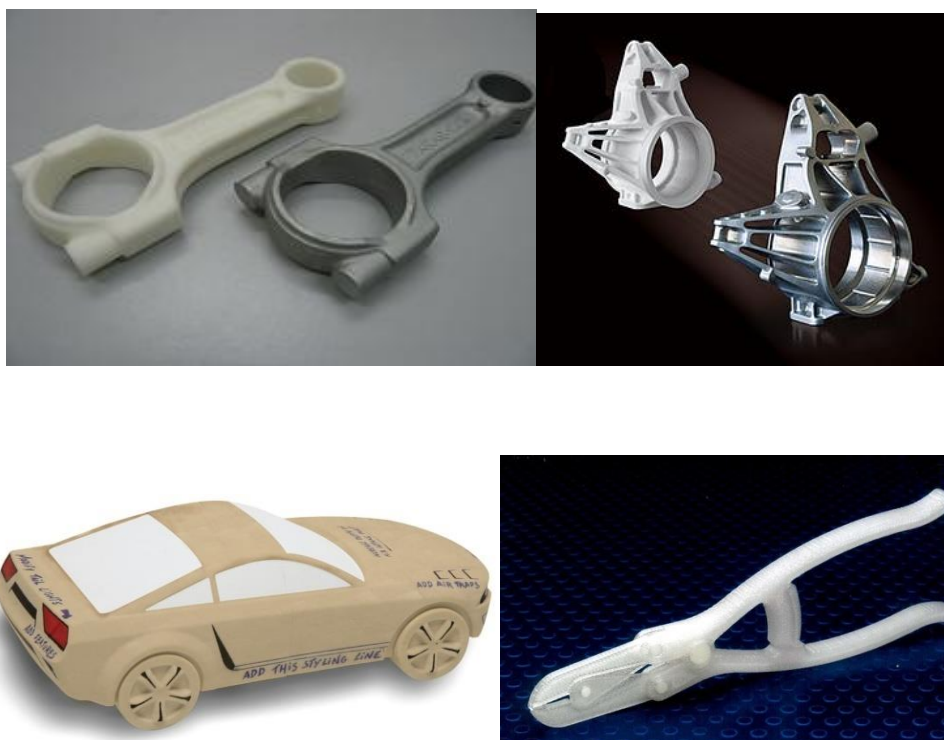
2.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ

Η χρήση των πρωτότυπων αντικειμένων είναι επιτακτική στις βιομηχανικές αλυσίδες παραγωγής καθώς όπως έχουμε αναφέρει, βοηθούν στην μείωση του χρόνου και του κόστους παραγωγής. Ευρεία χρήση έχουμε στους παρακάτω βασικούς κλάδους:

- Αεροναυπηγική.
- Αυτοκινητοβιομηχανία.
- Ιατρική.
- Κατασκευή εργαλείων.
- Ηλεκτρονική.
- Κοσμηματοποιία.
- Κατασκευή καλουπιών.
- Οικιακών συσκευών.

Στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 7) παρατηρούμε μερικά παραδείγματα χρήσης πρωτότυπων στις βιομηχανίες.





Εικόνα 7 : Μερικά παραδείγματα χρήσης πρωτότυπων

2.4 ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΠΡΩΤΟΤΥΠΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Μέχρι τα τέλη της δεκαετίας του 1980 την κατασκευή των πρωτοτύπων πραγματοποιούσαν, κατά τρόπο σχεδόν αποκλειστικό, ειδικευμένοι τεχνικοί χρησιμοποιώντας συμβατικές κατά κύριο λόγο εργαλειομηχανές και πολλή χειρωνακτική εργασία και επιδεξιότητα. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας, και την εμφάνιση εργαλειομηχανών NC, η διαδικασία δημιουργίας πρωτότυπων, έγινε πιο αυτοματοποιημένη, και ο ρόλος του μηχανικού/σχεδιαστή περιοριζόταν κυρίως στον σχεδιασμό/ανάπτυξη του προϊόντος και στον προγραμματισμό των εργαλειομηχανών και όχι στις δεξιότητες του. Το σημαντικότερο όφελος από τις C.N.C. εργαλειομηχανές ήταν η δυνατότητα κατασκευής πολύπλοκων γεωμετριών απευθείας από ψηφιακά αρχεία C.A.D. που ο τεχνίτης δεν μπορούσε να φέρει εις πέρας όπως φαίνεται στην εικόνα 8. Παρόλα αυτά, ο απαιτούμενος χρόνος για την δημιουργία πρωτότυπων μοντέλων, ήταν αρκετά μεγάλος (από ημέρες έως μήνες) και, συνακόλουθα, το κόστος τους υψηλό. Για δύσκολες περιπτώσεις ο χρόνος κατασκευής αποτελούσε μέχρι και το 50% του συνολικού χρόνου και κόστους σχεδιασμού/ανάπτυξης του προϊόντος αντίστοιχα. Για τους λόγους αυτούς ο αριθμός των πρωτοτύπων ήταν κατά κανόνα περιορισμένος και προφανώς οι δυνατότητες επανασχεδιασμού ή τροποποιήσεων ήταν και αυτές κατ' ανάγκη περιορισμένες.

Έκτοτε και μέχρι σήμερα έχει σημειωθεί στην κατασκευή πρωτοτύπων αξιοσημείωτη πρόοδος, ειδικά στο επίπεδο του απαιτούμενου χρόνου και κόστους, ώστε πλέον να χρησιμοποιείται ο όρος Ταχεία Κατασκευή Πρωτοτύπων (TKΠ).



Εικόνα 8: Κατασκευή πρωτοτύπων πολύπλοξης γεωμετρίας με χρήση εργαλειομηχανών C.N.C.

2.5 ΤΑΧΕΙΑ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

Ταχεία πρωτοτυποποίηση είναι μια νέα τεχνολογία κατασκευής μοντέλων στρώμα-στρώμα (layer by layer) που μείωσε το χρόνο κατασκευής μοντέλων κάθε πολυπλοκότητας σε ώρες αντί για ημέρες, εβδομάδες ή ακόμα και μήνες. Αποτελεί πλέον για πολλές εταιρείες έναν απαραίτητο κρίκο στην διαδικασία εξέλιξης των προϊόντων. Η πρώτη εμπορική διαδικασία παρουσιάστηκε στην Έκθεση Autofact στο Detroit, το Νοέμβριο του 1987, από την εταιρεία 3D Systems Inc. Σήμερα υπάρχουν πάνω από 30 διαδικασίες, μερικές από τις οποίες είναι εμπορικές, ενώ άλλες βρίσκονται υπό εξέλιξη σε εργαστήρια έρευνας. Παρ' όλα αυτά, ο όρος RP έχει καθιερωθεί να περιγράφει τις νέες τεχνολογίες που κατασκευάζουν μοντέλα προσθέτοντας υλικό και όχι αφαιρώντας.

Παράγοντες που συνέβαλαν στην ανάπτυξη της Τεχνολογίας Ταχείας Κατασκευής Πρωτοτύπων (RP):

- Ο ανταγωνισμός και οι απαιτήσεις της παραγωγής δημιούργησε την ανάγκη ελαχιστοποίησης του χρόνου.
- Τα σύνθετα, σύγχρονα προϊόντα προϋποθέτουν αυξημένο εξοπλισμό για την υλοποίηση ενός πρωτότυπου μοντέλου.
- Οι συμβατικοί τρόποι κατεργασίας απαιτούν εβδομάδες για την κατασκευή ενός πρωτότυπου.
- Η πολυπλοκότητα της γεωμετρίας στα σημερινά προϊόντα.

Τρόπος λειτουργίας

Από το συστήματα στερεάς μοντελοποίησης λαμβάνεται ένα αρχείο τύπου STL. Αυτό τροφοδοτείται στο σύστημα RP που κόβει λεπτές οριζόντιες διατομές διαμέσου του αρχείου STL, στο επιθυμητό πάχος (πχ. 0.2mm). Το εξάρτημα δημιουργείται σε στρώματα. Το σύστημα RP χειρίζεται τη στοιβα των ψηφιακών διατομών για να παράγει το κάθε επίπεδο υλικού, το έναν πάνω από το άλλο (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Παράδειγμα ταχείας πρωτοτυποποίησης με την χρήση στερεολιθογραφίας (SLA).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3.1 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΤΑΧΕΙΑΣ ΠΡΩΤΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗΣ

Υπάρχουν πάνω από 30 νέες τεχνολογικές μέθοδοι ταχείας πρωτοτυποποίησης μερικές από τις οποίες είναι εμπορικά διαθέσιμες. Χρησιμοποιούνται ευρέως, από τις βιομηχανικές γραμμές παραγωγής αλλά με την συνεχή εξέλιξη και την απλοποίηση των συστημάτων τους, έχουν κατασκευασθεί πλέον, μηχανές ταχείας πρωτοτυποποίησης ικανές για χρήση γραφείου.

Οι μηχανές αυτές διαχωρίζονται ανάλογα με:

- Την αρχή λειτουργίας τους.
- Το μέγεθος του κατασκευαζόμενου αντικείμενου.
- Την ακρίβεια κατασκευής της μηχανής.
- Τον τύπο του υλικού κατεργασίας.
- Τις μηχανικές ιδιότητες του κατασκευαζόμενου εξαρτήματος.

Οι πιο ευρέως διαδεδομένες τεχνολογίες που έχουν αναπτυχτεί και είναι εμπορικά διαθέσιμες για την κατασκευή πρωτότυπων αντικειμένων στις βιομηχανικές γραμμές παραγωγής είναι οι εξής:

- Στερεολιθογραφία (Stereolithography).
- Επιλεκτικής σύντηξης με την χρήση ακτινών λέιζερ (Selective Laser Sintering).
- Συγκόλλησης λεπτών φύλων (Laminated Object Manufacturing).
- Εναπόθεσης –Σύντηξης διαδοχικών στρώσεων (Fused Deposition Modeling).
- Τρισδιάστατης εκτύπωσης ink-jet (3D ink-jet Printing).
- Και μια παραλλαγή της Στερεολιθογραφίας γνωστή ως Solid Ground Curing.

Οι μέθοδοι αυτοί θα αναλυθούν περαιτέρω.

3.2 ΣΤΕΡΕΟΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ (STEREOLITHOGRAPHY, SLA)

Στερεολιθογραφία (SLA) είναι μια διαδικασία με την εναπόθεση πρόσθετης ύλης ή 3D τεχνολογία εκτύπωσης που χρησιμοποιείται για την παραγωγή μοντέλων, πρωτοτύπων και άλλα μέρη παραγωγής βάζοντας ένα στρώμα ρητίνης κάθε φορά σκληραίνοντας την με ένα λέιζερ UV ή άλλη παρόμοια πηγή ισχύος (Εικόνα 10). Είναι επίσης γνωστή και ως οπτική κατασκευή, φωτογραφία-στερεοποίηση, στερεά ελεύθερης μορφής κατασκευής και στερεά απεικόνιση.

Το 1956 η US Patent έκανε γνωστή για διαδικασία για την παραγωγή τρισδιάστατων αναπαραγωγών χρησιμοποιώντας ένα φωτοευαίσθητο "γαλάκτωμα" σε ένα δοχείο. Η διαδικασία αυτή αναφέρεται ως «photo-glyph recording». Στις δεκαετίες του 1950 και του 1960, η DuPont Company απονεμήθηκε με έναν αριθμό διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας για την παραγωγή στερεών πλακών εκτύπωσης χρησιμοποιώντας μια ποικιλία από φωτοπολυμερή. Στη συνέχεια, αρκετοί εφευρέτες προσπάθησαν να κάνουν στερεά αντικείμενα χρησιμοποιώντας φωτοπολυμερή και έκθεση σε UV λέιζερ. Ωστόσο, ήταν ο Charles W. Hull το 1980 που εμπορευματοποίησε την εφεύρεση του με την δημιουργία της 3D Systems.

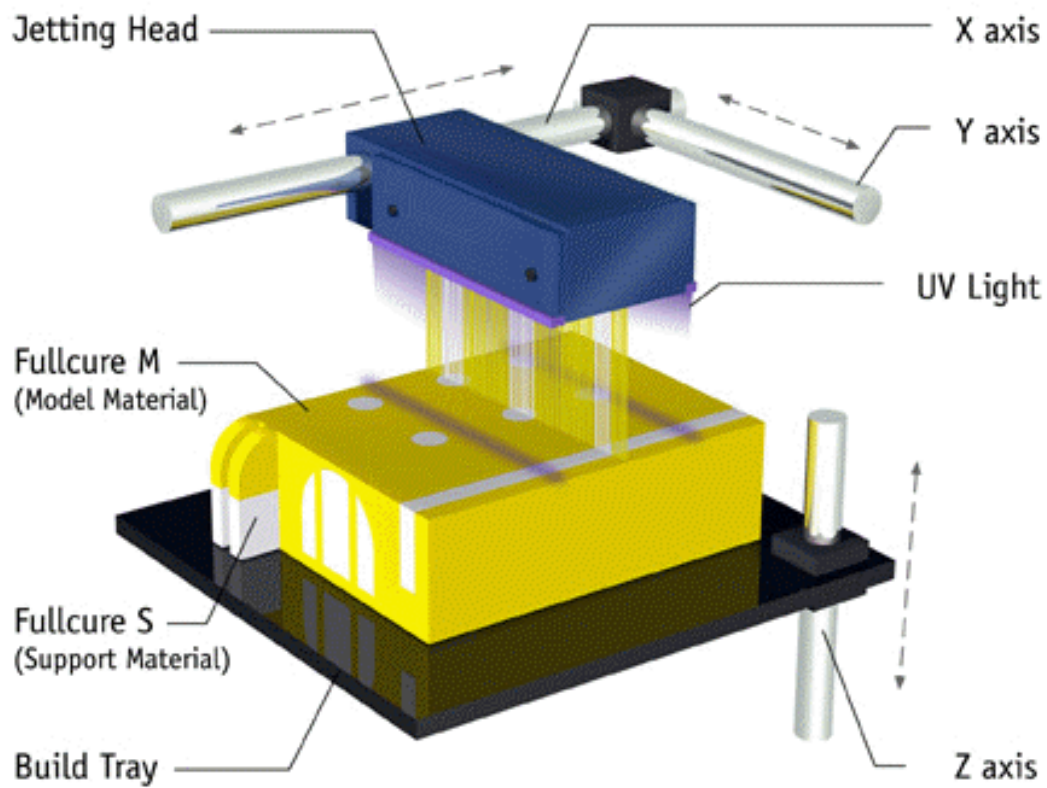
Ωστόσο ο όρος "στερεολιθογραφία" επινοήθηκε από τον Charles W. Hull το 1986, που την κατοχύρωσε με δίπλωμα ευρεσιτεχνίας ως μία μέθοδο και συσκευή για την κατασκευή στερεών αντικειμένων με διαδοχική εκτύπωση σε λεπτές στρώσεις ενός υπεριώδους σκληρυμένου υλικού η μια πάνω στην άλλη. Η ευρεσιτεχνία του Hull περιγράφεται ως μια συγκεντρωμένη δέσμη υπεριώδους φωτός η οποία εστιάζεται πάνω στην επιφάνεια μιας δεξαμενής γεμάτης με υγρό φωτοπολυμερές. Η δέσμη φωτός τραβά το αντικείμενο πάνω στην επιφάνεια του υγρού από στρώση σε στρώση και χρησιμοποιώντας πολυμερισμό δημιουργούμε ένα στερεό αντικείμενο, είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που απαιτεί αυτοματοποίηση (Εικόνα 11). Το 1986, ο Hull ίδρυσε την πρώτη εταιρεία με σκοπό να γενικεύσει και να εμπορευματοποιήσει την διαδικασία αυτή, 3D Systems Inc η οποία βασίζεται κυρίως στην Rock Hill, SC. Προσφάτως έχουν γίνει προσπάθειες να κατασκευαστούν μαθηματικά μοντέλα της διαδικασίας της στερεολιθογραφίας και αλγορίθμων σχεδιασμού για να καθοριστεί αν ένα προτεινόμενο αντικείμενο μπορεί να κατασκευαστεί με αυτήν την μέθοδο.

Χαρακτηριστικά:

- Κομμάτι από ρητίνες(τοξικά, αποφεύγεται η επαφή με το ανθρώπινο δέρμα).
- Δυνατότητα πολύπλοκης γεωμετρίας με μεγάλη ακρίβεια.
- Υψηλό κόστος υλικών, μηχανής κ.α..
- Μικρή αντοχή κομματιών.
- Μικρή δυνατότητα επεξεργασίας επιφανειών.
- Κομμάτια 25x25x25 cm.

Αρχή λειτουργίας: η ρητίνη σε υγρή μορφή στερεοποιείται με την βοήθεια ακτίνας laser. Τελικά μένει μόνο το πρωτότυπο με τα supports. Η υπόλοιπη ρητίνη απομακρύνεται αφού παραμένει σε υγρή μορφή.

From Computer Desktop Encyclopedia
Reproduced with permission.
© 2007 Objet Geometries Ltd.



Εικόνα 10: Αρχή λειτουργίας Στερεολιθογραφίας



(α)

(β)

Εικόνα 11: (α) Βιομηχανικού τύπου μηχάνημα Στερεολιθογραφίας, (β) Πρωτότυπο μοντέλο

3.3 ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ (3D INK-JET PRINTING)

Η διαδικασία 3D Printing είναι μία διαδικασία Ταχείας Πρωτοτυποποίησης η οποία αναπτύχθηκε από την IBM και στη συνέχεια πουλήθηκε στην εταιρεία Stratasys Inc. Και αυτή η διαδικασία κατασκευάζει μοντέλα χτίζοντας layer by layer (Εικόνα 12).

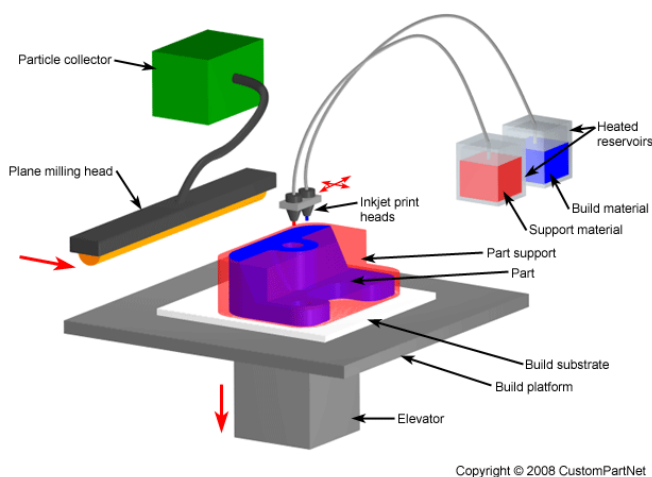
Αρχικά, στρώνεται ένα μικρό στρώμα από σκόνη στην επιφάνεια του εμβόλου. Από ένα μοντέλο σχεδιασμένο σε σύστημα C.A.D, υπολογίζονται οι απαραίτητες πληροφορίες για τα στρώματα, μέσω ενός αλγορίθμου. Χρησιμοποιώντας τεχνολογία παρόμοια με αυτή των ink-jet εκτυπωτών, ένα υλικό ενοποιεί τα σωματίδια στα σημεία εκείνα όπου το αντικείμενο πρέπει να είναι ένα σώμα. Το έμβολο τότε, χαμηλώνει τόσο ώστε να απλωθεί η νέα σκόνη και να ενοποιηθεί επιλεκτικά. Αυτή η διαδικασία, στρώμα-στρώμα επαναλαμβάνεται μέχρι να ολοκληρωθεί το μοντέλο. Με μία κατάλληλη θερμική διαδικασία, αφαιρείται η ελεύθερη σκόνη αφήνοντας πίσω το μοντέλο (Εικόνα 13).

Πολλοί επιμένουν πως η διαδικασία 3D Printing είναι πιο ευέλικτη από όλες τις τεχνολογίες.

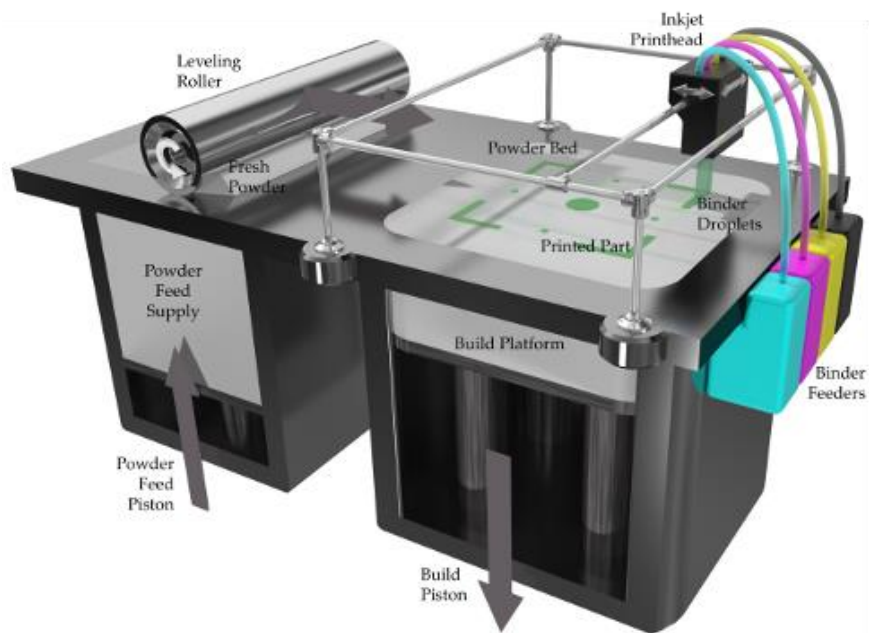
Χαρακτηριστικά:

- Κομμάτια από πλαστικό σε επιτραπέζια σχήματα.
- Παρόμοια χαρακτηριστικά με τις FDM, αλλά με πιο χαμηλή ακρίβεια και κόστος.
- Μεγάλη ταχύτητα κατασκευής κομματιών και μέτρια ακρίβεια.
- Κομμάτια με τραχεία επιφάνεια.
- Δυνατότητα χρήσης χρωμάτων
- Μεγάλη αντοχή κομματιών

Αρχή λειτουργίας: χαμηλή ακρίβεια και ποιότητα επιφάνειας.



Εικόνα 12: Αρχή λειτουργίας 3D ink-jet Printing



Εικόνα 13: Πρωτότυπο Μοντέλο

3.4 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΛΕΠΤΩΝ ΦΥΛΛΩΝ (LAMINATED OBJECT MANUFACTURING, L.O.M.)

Είναι ένα σύστημα ταχείας πρωτοτυποποίησης, που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Helisys Inc. Σε αυτή την μέθοδο, τα στρώματα δημιουργούνται με κόλλα και

χαρτί, πλαστικό, ή μεταλλικά ελάσματα, που συγκολλούνται μεταξύ τους και κόβονται στο επιθυμητό σχήμα, με ακτίνα λέιζερ ή κάποιου είδους λεπίδα.

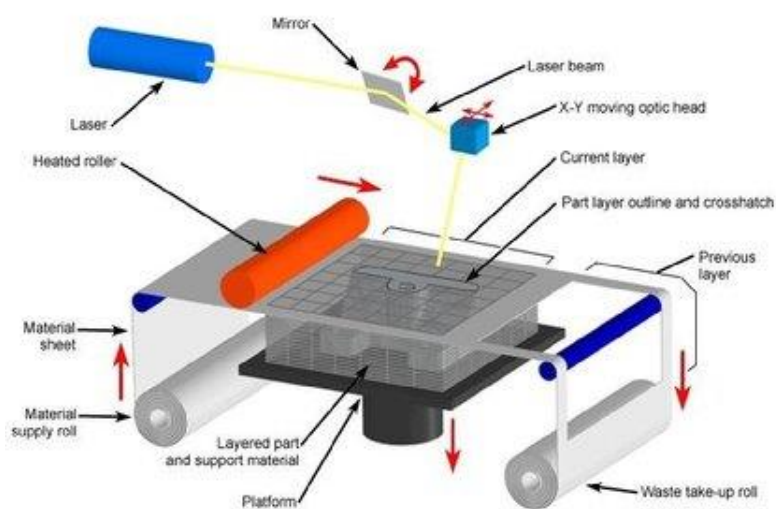
Η διαδικασία ξεκινάει από ένα θερμαινόμενο κύλινδρο, ο οποίος προσκολλά το φύλλο σε ένα υπόστρωμα (τράπεζα), και στην συνέχεια το λέιζερ χαράζει τις επιθυμητές διαστάσεις του πρωτότυπου. Στην συνέχεια, χαράζει εγκοπές, για την πιο εύκολη απομάκρυνση του αποβλήτου. Η πλατφόρμα με το ολοκληρωμένο πια στρώμα, κατεβαίνει προς τα κάτω, για να λάβει θέση η επόμενη στρώση, και πλέον ένα νέο απλώνεται πάνω, και η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου ολοκληρωθεί το πρωτότυπο μοντέλο (Εικόνα 14).

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου αυτής, είναι το χαμηλό κόστος, τα απλά υλικά κατεργασίας, και τα μεγάλα εξαρτήματα που μπορούμε να κατασκευάσουμε. Δεν χρειάζονται κάποια χημική επεξεργασία όπως σε άλλες μεθόδους, και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του δοκιμίου, μοιάζουν με αυτά του ξύλου. Ένα μειονέκτημα που έχει η μέθοδος αυτή, είναι ότι έχουμε μικρότερη ακρίβεια σε σχέση με άλλες τεχνικές.

Χαρακτηριστικά:

- Κομμάτια από χαρτί (το τελικό αντικείμενο φαίνεται ότι είναι από ξύλο, αφού το χαρτί προέρχεται από το ξύλο).
- Χαμηλή ακρίβεια.
- Δυνατότητα επιφανειακής κατεργασίας.
- Καλή τραχύτητα.
- Χαμηλό κόστος.
- Αρκετά γρήγορη κατασκευή κομματιού.
- Κομμάτια 25x25x25 cm.

Αρχή λειτουργίας: το χαρτί βρίσκεται σε μορφή ρολού με κόλλα στην πάνω και την κάτω επιφάνεια. Το ρολό ξετυλίγεται και κόβεται με την βοήθεια Laser στο σχήμα της τρέχουσας διατομής. Κάθε διατομή που κόβεται εναποτίθεται πάνω από την προηγούμενη διατομή που έχει κοπεί. Το τελικό πρωτότυπο έχει την μορφή ξύλου.



Σχήμα 14: Αρχή λειτουργίας LAMINATED OBJECT MANUFACTURING

3.5 ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΗ ΣΥΝΤΗΞΗ ΜΕ ΤΗΝ ΧΡΗΣΗ ΑΚΤΙΝΩΝ ΛΕΙΖΕΡ (SELECTIVE LASER SINTERING, SLS)

Η επιλεκτική σύντηξη με την χρήση ακτινών λέιζερ (S.L.S.), αναπτύχθηκε και καταχωρήθηκε από τον Dr. Carl Deckard, στο πανεπιστήμιο του Τέξας στο Όστιν, στα μέσα της δεκαετίας του 1980. Σε αντίθεση με άλλες μεθόδους κατασκευής πρωτοτύπων, όπως η στερεολιθογραφία και η εναπόθεση –σύντηξης διαδοχικών στρώσεων (F.D.M.), η μέθοδος αυτή, δεν απαιτεί δομές υποστήριξης και αυτό οφείλεται στο γεγονός, ότι το εξάρτημα που κατασκευάζεται περιβάλλεται από μη λιωμένη σκόνη καθ' όλη την διάρκεια κατασκευής (Εικόνα 15).

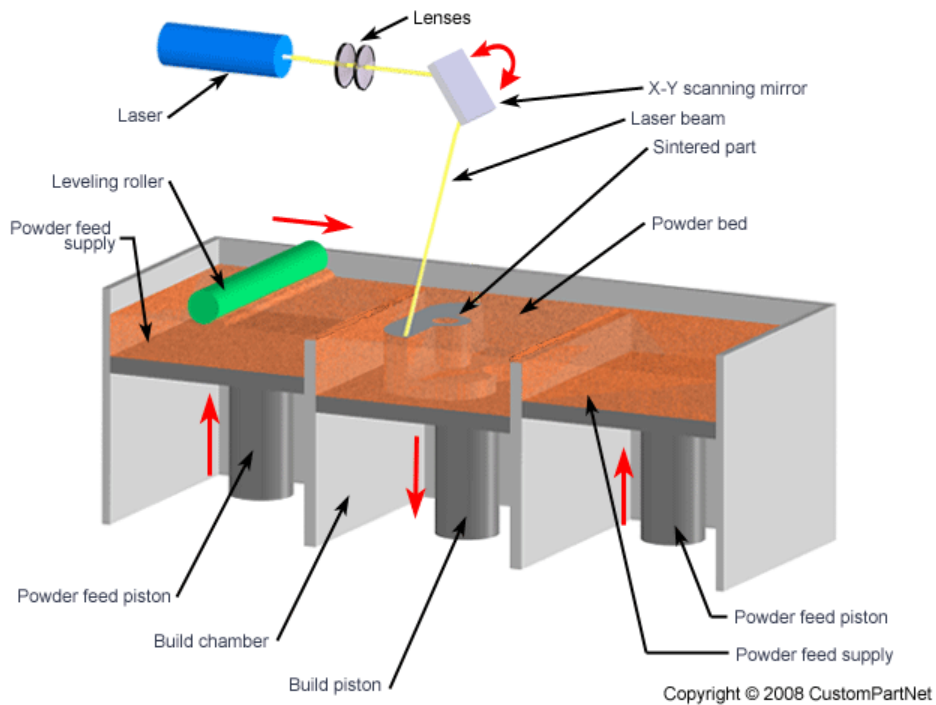
Είναι μια τεχνική κατασκευής πρωτότυπων, που χρησιμοποιεί ένα λέιζερ υψηλής ισχύος, (π.χ. CO₂) για να λιώσει μικρά σωματίδια από πλαστικό, μέταλλο, κεραμικό και σκόνη γυαλιού στο επιθυμητό σχήμα. Το λέιζερ λιώνει επιλεκτικά, κονιοποιημένο υλικό, με σάρωση σε εγκάρσιες τομές από ένα ψηφιακό 3D αρχείο. Αφού, μια εγκάρσια διατομή έχει σχεδιασθεί, η επιφάνεια της σκόνης χαμηλώνει κατά ένα μήκος όσο το πάχος του στρώματος, και επαναλαμβάνεται η διαδικασία, έως ότου ολοκληρωθεί το εξάρτημα. Επειδή, η πυκνότητα του τελικού εξαρτήματος, εξαρτάται από την μέγιστη ισχύ του λέιζερ και όχι από την διάρκεια της ακτινοβολίας, η μηχανές S.L.S. χρησιμοποιούν συνήθως παλμικό λέιζερ. Η μηχανή προθερμαίνει το κονιοποιημένο υλικό λίγο κάτω από το σημείο τήξης του, ώστε να καταστεί ευκολότερο για το λέιζερ να αυξήσει την θερμοκρασία των επιλεγμένων περιοχών στο σημείο τήξης του (Εικόνα 16). Μερικά μηχανήματα S.L.S., χρησιμοποιούν σκόνη ενός συστατικού, (π.χ. άμεση συσσωμάτωση μετάλλου με λέιζερ), ωστόσο οι περισσότερες μηχανές χρησιμοποιούν σκόνη δύο συστατικών, συνήθως είτε επικαλυμμένης σκόνης είτε ένα μείγμα σκόνης. Σε ενός συστατικού σκόνης, το λέιζερ λιώνει μόνο την εξωτερική επιφάνεια των σωματιδίων, (τήξη επιφανείας) ενώνοντας τους στερεούς μη λιωμένους πύρινες μεταξύ τους και με το προηγούμενο στρώμα. Σε σύγκριση με άλλες μεθόδους παραγωγής με πρόσθεση υλικού, οι μηχανές αυτές μπορούν να παράγουν εξαρτήματα από ένα ευρύ φάσμα εμπορικά διαθέσιμων υλικών σε σκόνη. Μερικά από αυτά είναι το νάιλον, το καθαρό γυαλί, πολυστυρόλιο, ή μέταλλα συμπεριλαμβανομένου του τιτανίου, του χάλυβα, μείγμα κράματος και σύνθετα. Η φυσική διαδικασία, μπορεί να είναι μερική τήξη, ή υγρής φάσης πυροσυσσωμάτωση. Ανάλογα με την πυκνότητα του υλικού (100%), μπορούμε να πετύχουμε μηχανικές ιδιότητες, ανάλογες με αυτές από τις συμβατικές μεθόδους παραγωγής. Σε πολλές περιπτώσεις, μεγάλος αριθμός εξαρτημάτων, μπορεί να τοποθετηθεί μέσα στην σκόνη επιτρέποντας έτσι πολύ μεγάλη παραγωγικότητα.

Χαρακτηριστικά:

- Μεγάλη γκάμα υλικών κυρίως νάιλον.
- Βασικό χαρακτηριστικό η δυνατότητα κατασκευής μεγάλων κομματιών.
- Δεν απαιτούνται στηρίγματα.
- Κομμάτια με τραχεία επιφάνεια στην οποία μπορεί να γίνει κατεργασία για την βελτίωση της ποιότητας της.

- Μεγάλη αντοχή κομματιών, ακρίβεια και κόστος.
- Δυνατότητα συναρμολόγησης εξαρτημάτων.
- Μεγαλύτερος χρόνος κατασκευής κομματιού.
- Δυνατότητα κατασκευής σχετικά μεγάλων αντικειμένων(μέχρι 0,5m).

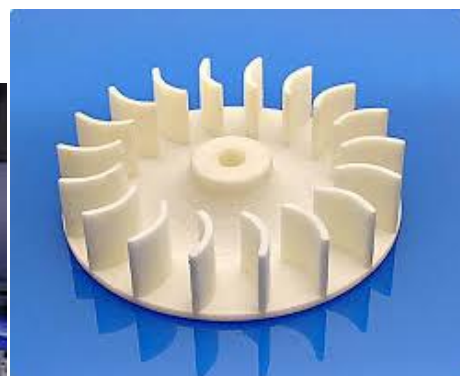
Αρχή λειτουργίας: Η σκόνη στερεοποιείται με την βοήθεια ακτίνας laser. Τελικά μένει μόνο το πρωτότυπο και το υπόλοιπο υλικό απομακρύνεται αφού παραμένει σε μορφή σκόνης.



Εικόνα 15: Αρχή λειτουργίας Selective Laser Sintering



(α)



(β)

Εικόνα 16: (α) Βιομηχανικού τύπου μηχάνημα SLS, (β) Πρωτότυπο μοντέλο.

3.6 ΕΝΑΠΟΘΕΣΗ – ΣΥΝΤΗΞΗ ΔΙΑΔΟΧΙΚΩΝ ΣΤΡΩΣΕΩΝ (FUSED DEPOSITION MODELING, F.D.M.)

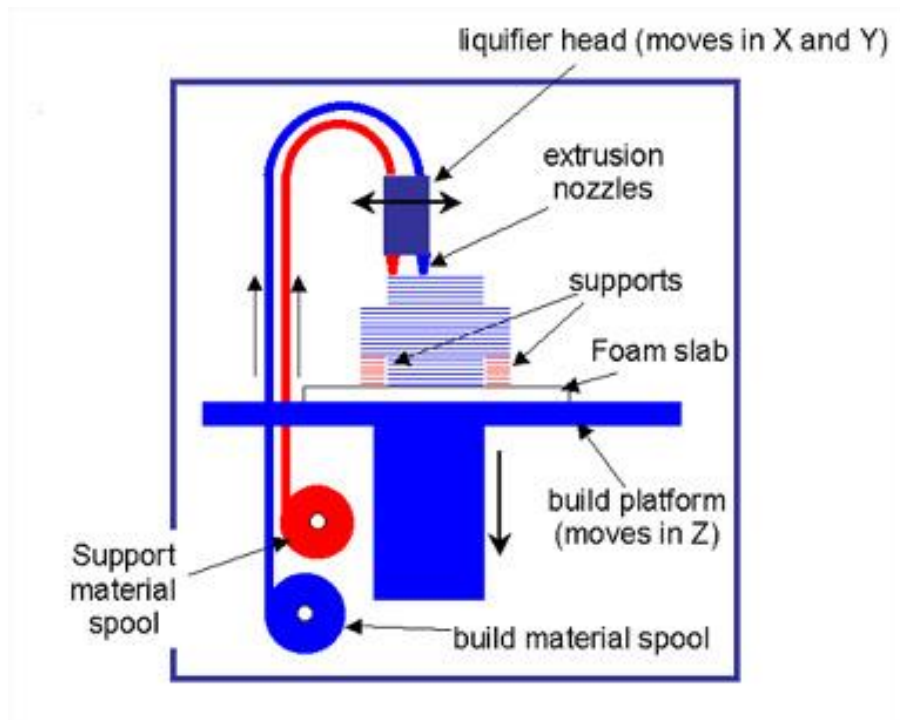
Είναι μια τεχνολογία κατασκευής, πρόσθεσης υλικού, που χρησιμοποιείται κυρίως για την μοντελοποίηση, την πρωτοτυποποίηση και την παραγωγή εφαρμογών. Το F.D.M., λειτουργεί σε μια αρχή πρόθεσης υλικού, απλώνοντας το υλικό σε στρώματα. Ένα πλαστικό νήμα, ξετυλίγεται από ένα ρολό, το οποίο προωθείται σε ένα ακροφύσιο εξώθησεως (hot end). Το ακροφύσιο, λιώνει το υλικό και μπορεί να κινείται σε οριζόντια και κάθετη διεύθυνση, με ένα ελεγκτή αριθμητικού ελέγχου (N.C. Controller). Το μοντέλο ή εξάρτημα, παράγεται, με εξώθηση υλικού, σε εύπλαστη μορφή, από ένα θερμοπλαστικό υλικό, για τον σχηματισμό στρωμάτων, καθώς το υλικό σκληραίνει αμέσως μετά από την εξώθησή του από το ακροφύσιο (Εικόνα 17). Η κίνηση του Hot end, γίνεται με βηματικούς κινητήρες ή σερβοκινητήρες, και η τεχνολογία αυτή αναπτύχθηκε από τον S. Scott Crump, στα τέλη του 1980, και εμφανίστηκε στο εμπόριο το 1990. Ο όρος F.D.M., είναι εμπορικό σήμα της Stratasys Inc, και ακριβός ισοδύναμος όρος, είναι το F.F.F. (Fused Filament Fabrication) που επινοήθηκε, από τα μέλη των RepRap Project, για να δώσει μια φράση που θα μπορούσε να είναι νόμιμο χωρίς περιορισμούς.

Η μέθοδος F.D.M., ξεκινάει με μια διαδικασία λογισμικού, που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Stratasys Ltd, το οποίο επεξεργάζεται ένα αρχείο STL μέσα σε λίγα λεπτά, και με μαθηματικό τρόπο τεμαχίζει, και προσανατολίζει το μοντέλο, για την διαδικασία κατασκευής, του και δημιουργούνται αυτόματα δομές υποστήριξης εάν απαιτούνται. Το θερμοπλαστικό υλικό υγροποιείται, και εναποτίθενται μέσω ενός ακροφυσίου, το οποίο ακολουθεί μια διαδρομή η οποία καθορίζεται από το αρχείο C.A.D. του σχεδίου. Το υλικό αποτίθενται, σε στρώματα λεπτού πάχους, έως 0,01mm, και το εξάρτημα φτιάχνεται από κάτω προς τα πάνω, ένα στρώμα κάθε φορά (Εικόνα 18). Τα υλικά που χρησιμοποιεί, είναι το ABS, (ακρολονονιτρίλιο βουταδιαίνιο στυρόλιο) πολυμερές, PLA, (πολυγαλακτικό οξύ), πολυανθρακικά, πολυκαπρολακτόνη, πολυφαινισουλφόνες και κερί με διαφορετικές αντοχές και θερμοκρασιακές ιδιότητες.

Χαρακτηριστικά:

- Κομμάτια από πλαστικό.
- Μεγάλη αντοχή κομματιών.
- Μέση ακρίβεια.
- Μέσο κόστος κομματιών.
- Τραχεία επιφάνεια κομματιών.
- Μικρή δυνατότητα επεξεργασίας επιφανειών.
- Δυνατότητα συναρμολόγησης κομματιών και ελέγχου δυναμικών χαρακτηριστικών.
- Κομμάτια 25x25x25 cm.
- Δυνατότητα χρήσης σε περιβάλλον γραφείου.

Αρχή λειτουργίας: Το πλαστικό βρίσκεται σε θερμοκρασία 1-2 πάνω από τη θερμοκρασία τήξης οπότε είναι οριακά σε υγρή μορφή. Γίνεται έκχυση από ακροφύσιο, οπότε η θερμοκρασία πέφτει και στερεοποιείται το πλαστικό, χτίζοντας το πρωτότυπο.



Εικόνα 17: Αρχή λειτουργίας Fused Deposition Modeling



(α)

(β)

Εικόνα 18: (α) Βιομηχανικού τύπου μηχάνημα FDM, (β) Πρωτότυπο μοντέλο

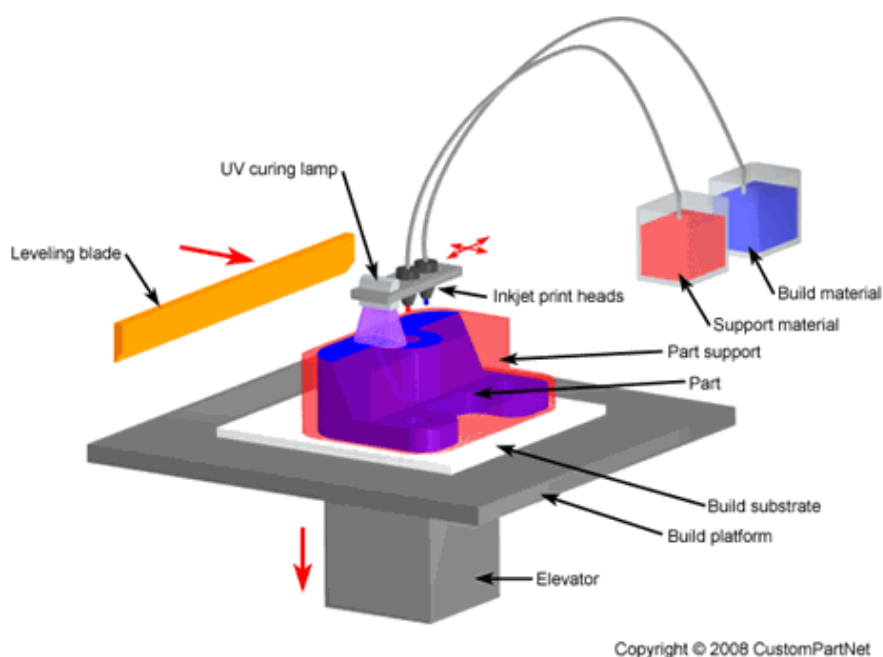
3.7 ΣΤΕΡΕΑ ΣΚΛΗΡΥΝΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (SOLID GROUND CURING, SGC)

Το σύστημα SOLIDER αναπτύχθηκε από την εταιρεία Cubital. Έχει την ίδια αρχή λειτουργίας με την στερεολιθογραφία, με όμως διαφορετική διαδικασία.

Υπάρχουν τρεις βασικές διαφορές:

- Το διάλυμα μετακινείται και οριζόντια μεταφέροντας τον ενεργό χώρο διαδικασίας σε διαφορετικούς σταθμούς στη μηχανή.
- Η πηγή φωτός και η διαδικασία. Χρησιμοποιείται λάμπα υπεριώδους φωτός που φωτίζει το θάλαμο και στερεοποιείται όλη η στρώση. Για να διαλέξουμε την περιοχή που πρέπει να στερεοποιηθεί, δημιουργείται μία μάσκα σε μία γυάλινη επιφάνεια και σβήνεται διαδοχικά μετά τη χρήση της. Η γυάλινη πλάκα με τη μάσκα τοποθετείται μεταξύ της λάμπας και της επιφάνειας του χώρου εργασίας (Εικόνα 19).
- Τα μοντέλα χτίζονται περικυκλωμένα από κερί, περιορίζοντας την ανάγκη χρήσης κατασκευών για υποστήριξη. Μόλις μία στρώση έχει εκτεθεί στο υπεριώδες φως της λάμπας, οι περιοχές που δεν έχουν στερεοποιηθεί, αυτές που γεμίζουν με υπολείμματα, αντικαθίστανται με κερί.

Αυτό επιτυγχάνεται με εξάλειψη των καταλοίπων και στρώνοντας έναν layer από κερί. Πετυχαίνουμε την σκλήρυνση του κεριού με μία παγωμένη μεταλλική πλάκα και διαδοχικά ο layer επεξεργάζεται στο σωστό ύψος (Εικόνα 20). Οι τελευταίες βελτιώσεις που ανακοινώθηκαν από την Cubital είναι η δυνατότητα να αλλάζει το μέγεθος του χώρου κατεργασίας και μία επιπλέον λάμπα υπεριώδους φωτός. Το σύστημα αυτό της Cubital μπορεί να πετύχει πάχος layer ίσο με 0.1-0.2 mm, μπορεί να κατασκευάσει έναν layer σε 70 seconds και κοστίζει 470.000 \$



Εικόνα 19: Αρχή Λειτουργίας Solid Ground Curing



(α)

(β)

Εικόνα 20: (α) Βιομηχανικού τύπου μηχάνημα SGC, (β) Πρωτότυπο Μοντέλο

3.8 ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ

Η σύγκριση των μεθόδων, που αναπτύχθηκαν παραπάνω, στηρίζεται στο κόστος, στον χρόνο κατασκευής και τη λειτουργικότητα. Όλες οι τεχνικές έχουν περιορισμούς που επιβάλλονται από το κόστος, την ακρίβεια, τα υλικά, τη γεωμετρία και το μέγεθος του μοντέλου.

Στον πίνακα 1, δίνεται μια περίληψη των διαφορών μεταξύ των διαδικασιών που αναφέρθηκαν στα προηγούμενα. Η σύγκριση είναι ελλιπής γιατί λείπουν αρκετά σημαντικά στοιχεία όπως οι τιμές των εξοπλισμών, το κόστος υποστήριξης και το κόστος των υλικών, παρόλα αυτά είναι ενδεικτική.

Διαδικασίες	Μέγεθος μοντέλου mm	Πάχος στρώματος	Ταχύτητα	Ακρίβεια	Υλικά
STL	254x254x254	0,1-0,9	Εξαρτάται από τη γεωμετρία	0.2 mm	Ρητίνες φωτοπολυμερείς
SLS	305x381x305	0,13	Εξαρτάται από τη γεωμετρία	0.05-0.25mm	PVC, Nylon, abs, κερί
LOM	330x2540x381	0,005-0,05	10mm/ώρα	(+/-) 0.127 mm	Πολυεστέρας (στερεός)
3D Print	508x508x355	-	101mm/δευτ.	(+/-) 0.127 mm	Πολυεστέρας (στερεός)
SGC	508x508x355	0,05-0,15	60-100 στρώμα /ώρα	0.1%	Ρητίνες πολυμερείς , κερί
FDM	600x500x600	0,1	Εξαρτάται από τη γεωμετρία	0.1 mm	Ρητίνες πολυμερείς

Πίνακας 1: Σύγκριση μεθόδων.

Όταν το κομμάτι δε χωρά στον χώρο της μηχανής, μπορεί να χωριστεί σε τμήματα, τα οποία κατασκευάζονται ξεχωριστά και συναρμολογούνται στο τέλος. Τα δεδομένα παρέχονται σε τριγωνοποιημένα μοντέλα, STL format. Όλοι οι προμηθευτές παρέχουν εργαλεία λογισμικού για την επιβεβαίωση, διόρθωση και τεμάχισμα των μοντέλων. Η αρχιτεκτονική του λογισμικού και η ποιότητα τους ποικίλει σημαντικά.

Επιλογή της κατάλληλης τεχνικής

Όλα τα συστήματα ταχείας πρωτοτυποποίησης είναι ικανά να παράγουν φυσικά αντικείμενα. Έτσι όταν μια εταιρία θέλει να διαλέξει ποια τεχνική θα ακολουθήσει για την κατασκευή του μοντέλου που επιθυμεί και την εφαρμογή της, πρέπει να ακολουθήσει το εξής σκεπτικό. Εάν επιθυμεί να κατασκευάσει μικρού ή μεσαίου μεγέθους αντικείμενα έχοντας την μέγιστη ακρίβεια και καλά φινιρισμένη επιφάνεια σε ένα αρκετά στερεό πλαστικό, όπως είναι η εποξική ρητίνη, τότε θα πρέπει να επιλέξει την τεχνολογία της Στερεολιθογραφίας. Από την άλλη εάν επιθυμεί απλότητα, οι μηχανές μικρού μεγέθους, η αρχή συμβατότητας και η επιμέρους δύναμη είναι τα κυρίαρχα στοιχεία, τότε θα πρέπει να επιλέξει την τεχνολογία FDM και το δικό της ABS πλαστικό υλικό.

Πρόσθετα εάν η επιμέρους δύναμη είναι βασική αρχή και προτεραιότητα μιας εταιρίας, η τεχνολογία που θα πρέπει να επιλέξει είναι η SLS με πολυεστερικό υλικό με ίνες γυαλιού (the glass-filled nylon), διαθέσιμη είναι η άμμος SLS για την παραγωγή καλουπιών και πυρήνων, καθώς επίσης το μέταλλο για την παραγωγή πρωτοτύπων σε θερμοπρεσαριστά καλούπια. Όσον αφορά την τεχνολογία 3D Printing αναφέρεται στην κατασκευή περίπλοκων μοντέλων, ενώ η LOM ενδείκνυται για κομμάτια που αποτελούνται από πολλά υλικά και είναι μεγάλα και ογκώδεις. Τέλος εάν η εταιρία επιθυμεί πολλά πρωτότυπα σε σύντομο χρόνο, θα πρέπει να επιλέξει την τεχνολογία SGC, καθώς η τεχνολογία αυτή είναι δυνατό να παράγει τα περισσότερα πλαστικά κομμάτια σε λιγότερο χρόνο.

Στον παρακάτω πίνακα (πίνακα 2) βλέπουμε κατασκευαστές 3D Printer ανά τον κόσμο.

Αμερική	Γερμανία	Ολλανδία	Υπόλοιπος κόσμος
3D Systems	Arburg	Cartesio	3D Stuffmaker, Australia
Afinia	EnvisionTEC	Leapfrog	3D Robotics, Singapore
Airwolf 3D	F&S Stereolithographietechnik	Mauk Custom Creations	3Dfactories, Czech Republic
Asiga	Realizer	Ultimaker	Arcam, Sweden
Aleph Objects	SLM Solutions		Azuma Machinery, Japan
botObjects	Voxeljet		Beeverycreative, Portugal
Cubic Technologies	Concept Laser		Beijing Tiretime Technology, China
Deezmaker	Sintermask		BluePrinter, Denmark
DeltaMaker			bq witbox, Spain
ExOne			CMET, Japan
Formlabs			D-MEC, Japan
Hyrel			LayerWise, Belgium
Isis 3D			Makism 3D Corp., UK
MakerBot			Marcha Technology, Spain
MakiBox			Mcor Technologies, Ireland
Organovo Holdings			Omni3D, Poland
Optomec			PP3DP, China
Pirate3D			Prodways, France
Pop Fab			Rapide 3D, Hong Kong
Printrbot			Renishaw, U.K
QU-BD			Robot Factory, Italy
RepRap			Sharebot, Italy
RoBo 3D			Solido 3D, Israel
SeeMeCNC			WASP, Italy
Solidoodle			Witbox, Spain
Stratasys			Ion Core, UK
Type A Machines			
Old World Labs.			

Πίνακας 2. Κατασκευαστές 3D Printer ανά τον κόσμο

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟ 3D PRINTER SLA A&G

Είναι μια διαδικασία κατασκευής, η οποία περιλαμβάνει μια δεξαμενή με φωτοσκληρυνόμενο υγρό (πολυμερής ρητίνη), και ένα υπεριώδες λέιζερ για να χτίζει τις στρώσεις του εξαρτήματος μια-μια κάθε φορά. Για κάθε στρώμα, η δέσμη λέιζερ, σχεδιάζει μια εγκάρσια τομή του σχεδίου στην επιφάνεια της υγρής ρητίνης. Η έκθεση σε υπεριώδες φως, στερεοποιεί το μοτίβο που σχεδιάστηκε, πάνω στην ρητίνη και το ενώνει με το κάτω στρώμα. Αφού το πρωτότυπο, έχει σχεδιαστεί, η πλατφόρμα κατεβαίνει κατά μια απόσταση ίση με το πάχος του κάθε στρώματος (0,05mm έως 0.15mm) . Η διαδικασία αυτή, επαναλαμβάνεται, εφόσον ολοκληρωθεί το σχέδιο του τρισδιάστατου κομματιού. Αφού κατασκευασθεί το εξάρτημα, βυθίζεται σε ένα χημικό λουτρό, και στην συνέχεια τοποθετείται σε έναν υπεριώδες φούρνο, για να σκληρύνει περισσότερο.

Με την μέθοδο αυτή, μπορούν να κατασκευασθούν, ταχύτατα πολύπλοκα σχέδια. Ο χρόνος κατασκευής, εξαρτάται από το μέγεθος και την πολυπλοκότητα του σχεδίου. Οι περισσότερες μηχανές, παράγουν κομμάτια με μέγιστο μέγεθος 50x50x60 cm. Τα πρωτότυπα που παράγονται από την Στερεολιθογραφία, έχουν αυξημένη μηχανική αντοχή και μπορούν να επεξεργασθούν από εργαλειομηχανές C.N.C. Τα εξαρτήματα αυτά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως κύρια τμήματα καλουπιών με χύτευση θερμομόρφωσης και χύτευση με εμφύσηση καθώς και διάφορες διαδικασίες χύτευσης μετάλλων. Η στερεολιθογραφία, μπορεί να παράγει ένα μεγάλο εύρος σχημάτων, τα οποία συχνά έχουν μεγάλο κόστος (κόστος φωτοσκληρυνόμενης ρητίνης από 80 έως 210 δολάρια ανά λίτρο).



Εικόνα 21. Εκτυπωμένα αντικείμενα με τεχνολογία στερεολιθογραφίας.

4.2 ΔΙΑΤΑΡΑΧΗ CURL

Η διαταραχή curl είναι πιθανό να εμφανιστεί σε όλες τις διαδικασίες ταχείας πρωτοτυποποίησης που χρησιμοποιούν διαδοχικά στρώματα για την κατασκευή κομματιών, όπου συρρικνώνεται το υλικό που χρησιμοποιείται. Από διάφορα πειράματα έχει αποδειχθεί ότι το πρώτο στρώμα που δημιουργείται δεν θα δείξει κάποια παραμόρφωση προς τα πάνω στην αρχή, για το σχηματισμό μιας μη υποστηριζόμενης προεξέχουσας δοκού. Από την άλλη για το αρχικό στρώμα, ειδικά όταν υπάρχουν μεγάλες εκθέσεις οι δυνάμεις συρρίκνωσης θα τείνουν να το παραμορφώσουν ελαφρά προς τα κάτω. Το στρώμα που μένει χωρίς υποστήριξη, συρρικνώνεται ελεύθερα χωρίς να επιφέρει άλλου είδους παραμορφώσεις. Όμως όλα τα στρώματα που επακολουθούν μετά το δεύτερο επικολλώνται στο πρώτο στρώμα αστραπιαία. Αν μετά την επικόλληση των επικείμενων στρωμάτων υπάρχει κάποια συρρίκνωση, αναπτύσσεται καμπτική ροπή, που είναι πιθανό να προκαλέσει μετατόπιση των μη υποστηριγμένων άκρων των στρωμάτων (Εικόνα 22).

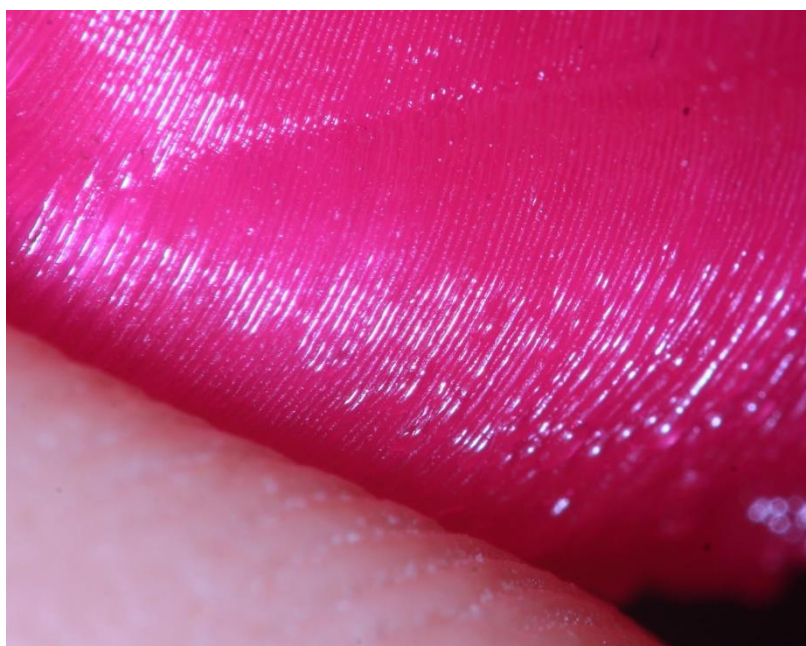


Εικόνα 22. Παραδείγματα διαταραχής Curl

4.3 ΠΑΧΟΣ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Το πρόγραμμα τεμαχισμού που έχουμε επιλέξει μετατρέπει τα τρισδιάστατα αρχεία STL σε διατομές δύο διαστάσεων. Αυτές οι διατομές μπορούν να δημιουργηθούν με βάση οποιουδήποτε από τους άξονες του CAD, δηλαδή τους x , y και z . Εξ ορισμού είναι αναγκαίο ο άξονας τεμαχισμού να είναι κάθετος στα επίπεδα που χρησιμοποιούνται από αυτήν την διαδικασία. Σε αυτή τη διαδικασία επιφορτίζεται ως παράμετρος το πάχος του στρώματος με βάση το οποίο γίνεται η διαίρεση. Με βάση την κίνηση της πλατφόρμας κατά το ίδιο μήκος για κάθε στρώμα δημιουργείται το πραγματικό πάχος των στρωμάτων. Η κίνηση αυτή μετατρέπει τις διατομές δύο διαστάσεων σε στρώματα τριών διαστάσεων των πραγματικών πρωτοτύπων.

Το πάχος στρώματος (layer thickness) ξεκινάει από τα 0,1 και φτάνει στα 0,2 mm (Εικόνα 23). Καθώς αυξάνεται το πάχος στρώματος, ο χρόνος κατασκευής ενός κομματιού δεν γίνεται μικρότερος. Ο χρόνος που απαιτείται για να δημιουργηθεί ένα κομμάτι εξαρτάται από την ταχύτητα των καθρεπτών που χρησιμοποιούνται, ορισμένα χαρακτηριστικά της ρητίνης που χρησιμοποιείται, την ισχύ και το μήκος κύματος του προβολέα, την ταχύτητα του περάσματος της δέσμης φωτός στο δοκίμιο που εξαρτάται από το ιξώδες της ρητίνης, της τάσεις που υπάρχουν και γενικά από τα χαρακτηριστικά του συστήματος.

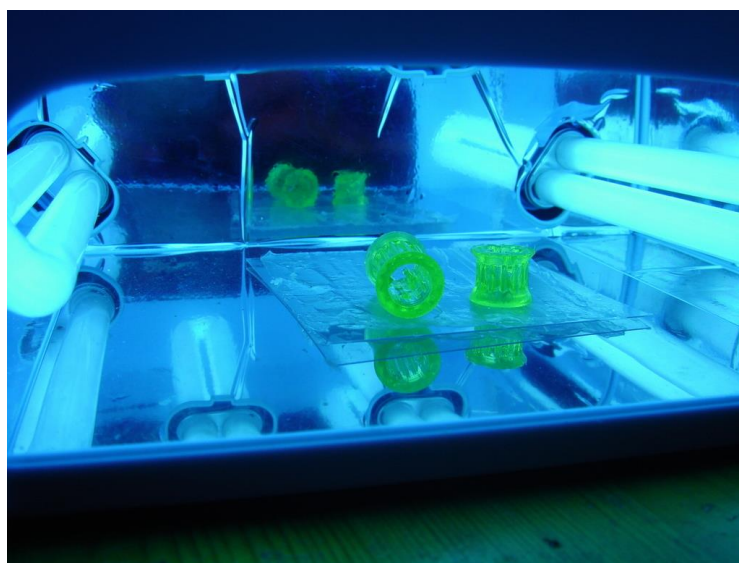


Εικόνα 23. Πάχος στρώματος 0.04 mm.

4.4 POSTCURING

Το μοντέλο κατά την έξοδο του από την μηχανή της στερεολιθογραφίας, δεν είναι πολυμερισμένο σε επαρκή βαθμό, γι' αυτό το λόγο βρίσκεται σε μια κατάσταση που ονομάζεται «green». Θέτοντας το μοντέλο της στερεολιθογραφίας σε επιπρόσθετες εκθέσεις αποκτάται μεγάλο μέρος της δύναμης του. Έτσι για να ολοκληρωθεί η διαδικασία πολυμερισμού τους και να βελτιώσουν την τελική μηχανική αντοχή του πρωτοτύπου τα “green” μοντέλα υφίστανται μια περαιτέρω επεξεργασία που λέγεται postcuring (Εικόνα 24).

Η διαδικασία αυτή επιτυγχάνεται με τη χρήση συνεχούς υπεριώδους φωτός. Τοποθετείται λοιπόν το μοντέλο σε ειδικό θάλαμο όπου δέχεται υπεριώδη ακτινοβολία για κάποιες ώρες(1-2 για τα μικρά κομμάτια, έως 10 για τα μεγάλα). Επιπρόσθετα το postcuring γίνεται με φυσικό τρόπο αν το κομμάτι αφεθεί σε ηλιακό φως για μία με δύο εβδομάδες.



Εικόνα 24. Ειδικός θάλαμος υπεριώδους ακτινοβολίας.

4.5 ΣΥΝΘΕΤΙΚΗ ΡΗΤΙΝΗ

Οι συνθετικές ρητίνες είναι υλικά με ιδιότητες παρόμοιες με αυτές των φυσικών ρητινών που προέρχονται από τα φυτά, αλλά χημικώς διαφέρουν μεταξύ τους αρκετά. Είναι ιξώδεις υγρά τα οποία έχουν την ικανότητα μόνιμης σκλήρυνσης.

Οι συνθετικές ρητίνες έχουν διάφορες κατηγορίες. Κάποιες έχουν κατασκευαστεί με εστεροποίηση ή σαπούνισμα των οργανικών ενώσεων. Άλλες είναι θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά στα οποία ο όρος ρητίνη αναφέρεται στο αντιδραστήριο ή στο προϊόν, ή και στα δύο. Η ρητίνη μπορεί να εφαρμοστεί σε ένα από δύο μονομερές, που ονομάζεται συμπολιμερές(το άλλο ονομάζεται σκληρυντικό, όπως στις εποξειδικές ρητίνες). Για τα θερμοσκληρυνόμενα πλαστικά που απαιτούν ένα μονομερές, η ένωση είναι η ρητίνη. Για παράδειγμα, το μεθακρυλικό μεθύλιο αποκαλείται συχνά ως "ρητίνη" ή "χυτευμένη ρητίνη" ενώ είναι σε υγρή κατάσταση, προτού να πολυμεριστεί. Μετά τη ρύθμιση, η προκύπτουσα PMMA συχνά μετονομάζεται σε ακρυλικό γυαλί, ή "ακρυλικό" (Εικόνα 25). Αυτό είναι το ίδιο υλικό που ονομάζεται πλεξιγκλάς και Lucite.



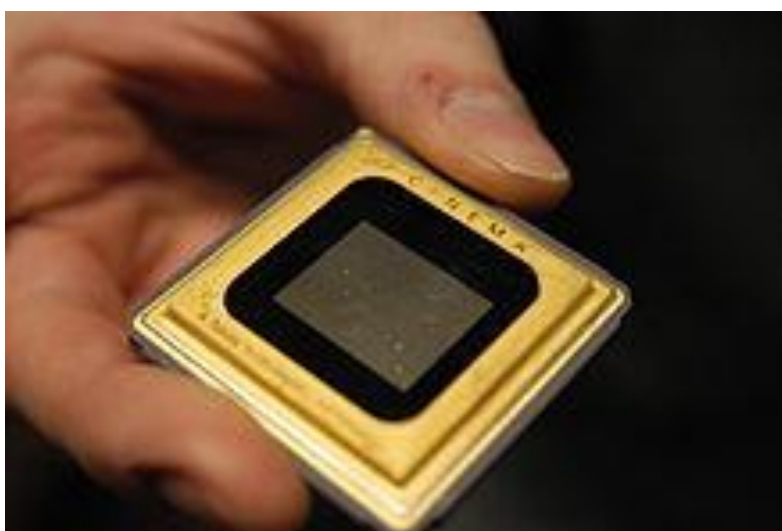
Εικόνα 25. Συνθετικές ρητίνες.

4.6 ΠΡΟΒΟΛΕΑΣ (DLP)

Η τεχνολογία Digital Light Processing (DLP) είναι ένας τύπος της τεχνολογίας MEMS που χρησιμοποιεί ψηφιακή συσκευή μικροκαθρέπτη. Αρχικά αναπτύχθηκε το 1987 από τον Δρ Larry Hornbeck της Texas Instruments. Αν και η συσκευή απεικόνισης DLP εφευρέθηκε από την Texas Instruments, ο πρώτος DLP προβολέας εισήχθη στην αγορά από την Digital Projection Ltd το 1997. Οι DLP προβολείς χρησιμοποιούνται σε μια ποικιλία εφαρμογών απεικόνισης από τις παραδοσιακές στατικές οθόνες σε διαδραστικές οθόνες, αλλά και σε μη παραδοσιακές ενσωματωμένες εφαρμογές, συμπεριλαμβανομένων των ιατρικών, την ασφάλεια, και τις βιομηχανικές χρήσεις.

Η DLP τεχνολογία χρησιμοποιείται σε συσκευές εμπρόσθιας και οπίσθιας προβολής. Επίσης, χρησιμοποιείται σε περίπου 85% του ψηφιακού κινηματογράφου καθώς και ως πηγή ενέργειας σε ορισμένους εκτυπωτές για την σκλήρυνση της ρητίνης που χρησιμοποιείται για την κατασκευή πρωτοτύπων.

Σε έναν DLP προβολέα, η εικόνα δημιουργείται μέσω μικροσκοπικών καθρεπτών οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε μία μήτρα ενός τσιπ ημιαγωγών (Εικόνα 26), που είναι γνωστή ως ψηφιακές συσκευές μικροκαθρεπτών (Digital Micromirror Device). Κάθε κάτοπτρο αντιπροσωπεύει ένα ή περισσότερα εικονοστοιχεία στην προβαλλόμενη εικόνα. Ο αριθμός των κατόπτρων αντιστοιχεί στην ανάλυση της προβαλλόμενης εικόνας. Αυτοί οι καθρέφτες μπορούν να επανατοποθετηθούν γρήγορα για να αντανακλούν το φως, είτε μέσα από το φακό ή σε μια ψήκτρα.



Εικόνα 26. DLP chip

4.7 ΑΝΑΛΥΣΗ ΒΑΣΙΚΩΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Το 3D Printer SLA A&G αποτελείται από τα παρακάτω βασικά κομμάτια:

- Κύριο σώμα

Το κύριο σώμα χρησιμεύει για την στήριξη όλων των εξαρτημάτων. Αυτά είναι ο προβολέας, η πλατφόρμα, η λεκάνη της ρητίνης, καθρέπτης, άξονας μετάδοσης κίνησης, τα ηλεκτρονικά μέρη και ένα γραμμικό ρουλεμάν με την αντίστοιχη ράγα του.

Αποτελείται από βιομηχανικά προφίλ αλουμινίου 40x40 Θέση 10 100 χιλιοστών τα οποία ενώνονται με γωνίες και δημιουργούν τον σκελετό της μηχανής.

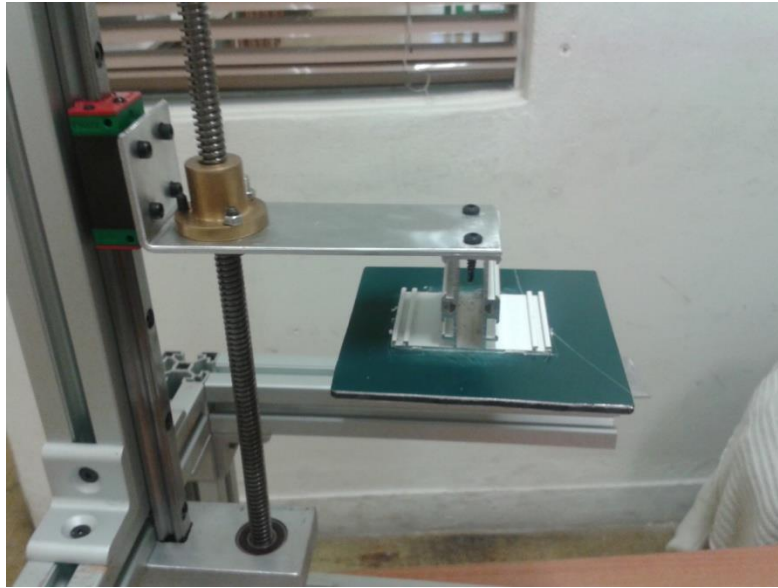
Στο κύριο σώμα βρίσκονται: Μία βάση για την τοποθέτηση του βηματικού κινητήρα η οποία βρίσκεται στο επάνω μέρος της μηχανής και συγκρατεί το ηλεκτρονικό μοτέρ που χρησιμεύει για την κίνηση του άξονα Z. Και μία βάση για την ευθυγράμμιση του άξονα κίνησης στην μέση της μηχανής, έτσι ώστε να κινεί την πλατφόρμα εκτύπωσης. Επίσης στην κάτω βάση έχουν τοποθετηθεί ο προβολέας και ο καθρέπτης σε τέτοια θέση ώστε ο καθρέπτης να προβάλλει την εικόνα που δημιουργείται από τον προβολέα προς τα πάνω και κάθετα στον πάτο της λεκάνης.



Εικόνα 27. Σκελετός 3D Printer.

- Πλατφόρμα

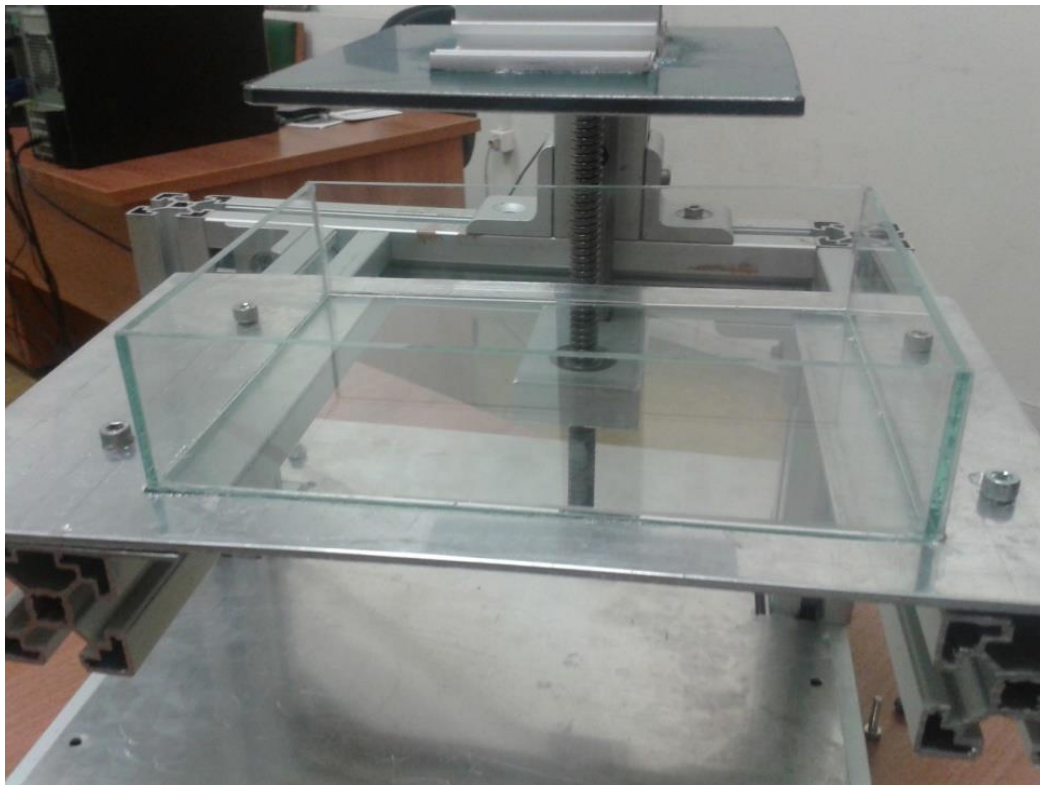
Η πλατφόρμα είναι το κινητό μέρος της μηχανής μας. Είναι κατασκευασμένη στην φρέζα του εργαστηρίου C.N.C από ανοξείδωτο αλουμίνιο. Η χρήση της είναι να βυθίζεται στην λεκάνη με την ρητίνη και να αποτυπώνεται σε αυτήν το πρωτότυπο κομμάτι μέσω του προβολέα.



Εικόνα 28. Πλατφόρμα εκτύπωσης.

- Λεκάνη

Είναι από τα κυριότερα μέρη της μηχανής διότι σε αυτήν περιέχεται το υλικό κατασκευής των προτύπων. Έχει κατασκευαστεί από γυαλί που δεν απορροφά υπεριώδη ακτινοβολία πάχους 2mm.



Εικόνα 29. Λεκάνη ρητίνης από απλό γυαλί.

- Προβολέας

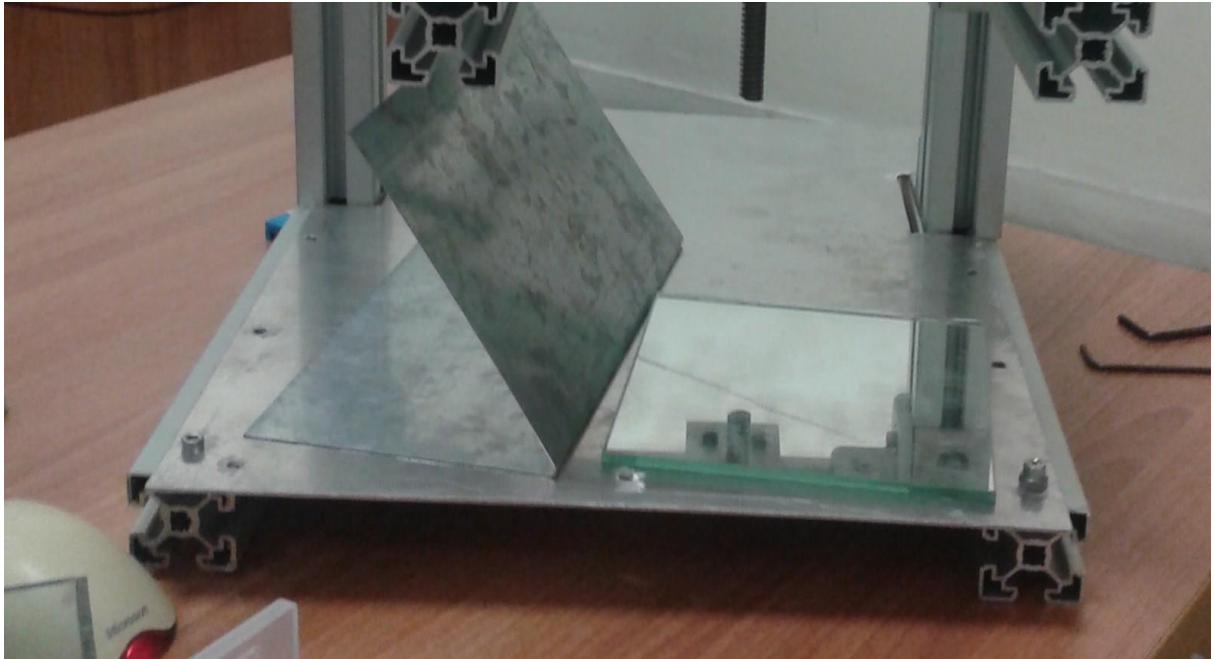
Πρόκειται για έναν προβολέα DLP τεχνολογίας ο οποίος αποτελεί ένα κύριο μέρος της μηχανής μας διότι μέσω αυτού προβάλλονται τα στρώματα του προς εκτύπωση κομματιού. Αυτός ο προβολέας είναι συνδεδεμένος στον υπολογιστή και μέσω του προγράμματος Creation Workshop επεξεργαζόμαστε τις ρυθμίσεις του κομματιού που θα εκτυπωθεί.



Εικόνα 30. Προβολές Acer H6510BD DLP FHD 1080p με 1920x1080pixels

- Καθρέπτης

Χρησιμοποιούμε έναν απλό καθρέπτη διαστάσεων 15x15mm ο οποίος είναι τοποθετημένος σε γωνία 45° ως προς τον προβολέα και την λεκάνη της ρητίνης (Εικόνα 31). Για την στήριξη του έχουμε χρησιμοποιήσει ένα κομμάτι αλουμινίου το οποίο έχουμε λυγίσει στην στράντζα του Μηχανουργείου σε γωνία 45° (Εικόνα 32).



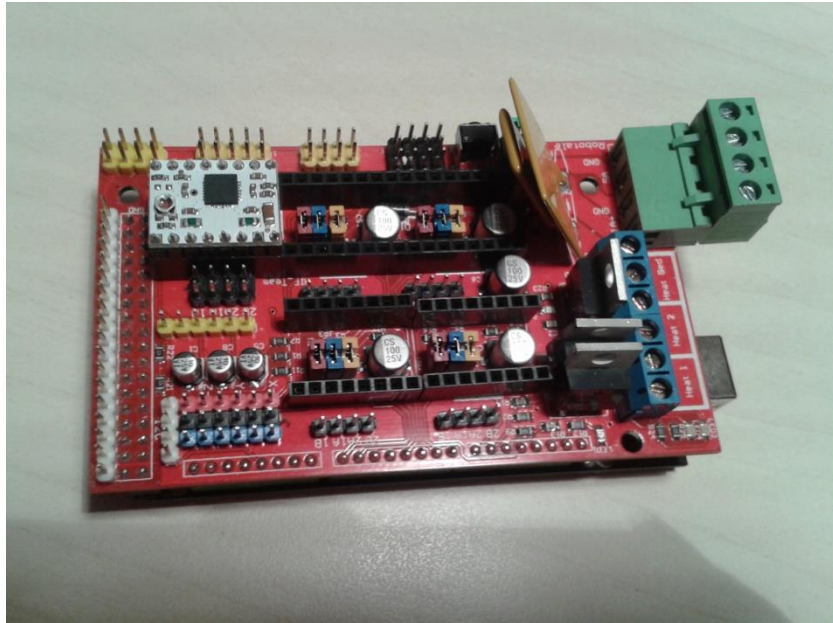
Εικόνα 31. Καθρέπτης και βάση καθρέπτη



Εικόνα 32. Λυγισμός βάσης.

- Πλακέτα

Η πλακέτα αριθμητικού ελέγχου, μαζί με τα ηλεκτρονικά μέρη, αποτελεί τον εγκέφαλο και τα αισθητήρια όργανα της μηχανής. Οποιαδήποτε λειτουργία κάνει, ορίζεται μέσω του κώδικα G, τον οποίο μετατρέπει, σε κίνηση του άξονα και σε λειτουργίες των εξαρτημάτων.



Εικόνα 33. Πλακέτα αριθμητικού ελέγχου.

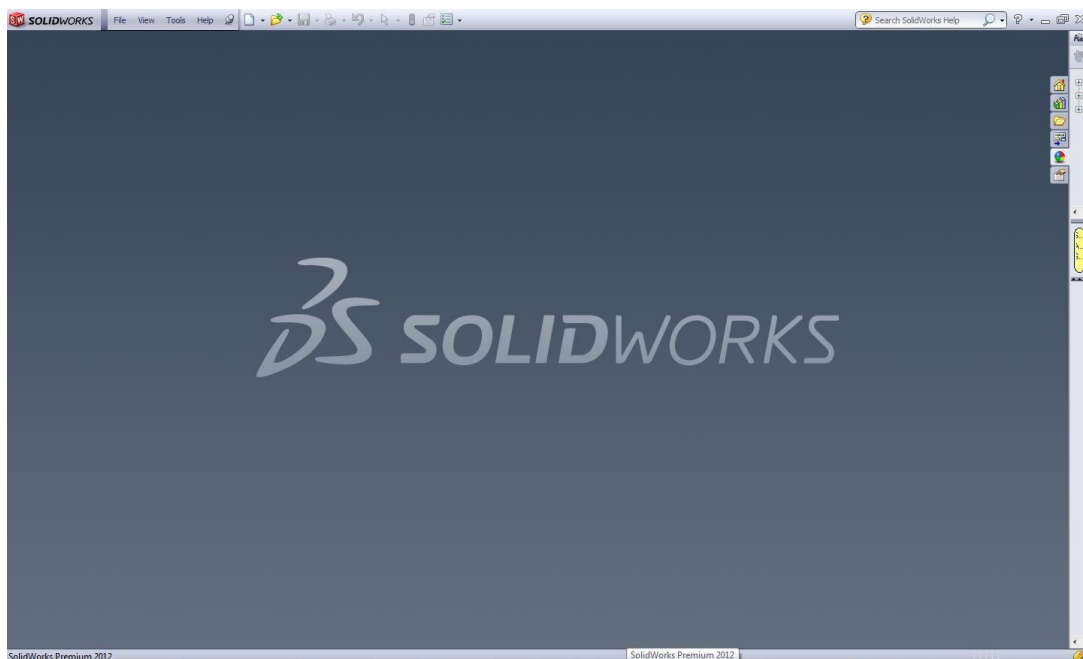
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5.1 ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ SOLIDWORKS

Το πρόγραμμα Solidworks χρησιμοποιείται για τον σχεδιασμό εικονικών μοντέλων από διάφορους σχεδιαστές, μηχανικούς, αρχιτέκτονες κ.α.. Το Solidworks βασίζεται κυρίως στην τρισδιάστατη μοντελοποίηση, η οποία μας παρέχει αρκετές πληροφορίες για το αντικείμενο. Η τρισδιάστατη απεικόνιση είναι απαραίτητη για την παρουσίαση, την ανάλυση της συμπεριφοράς του αντικειμένου και για την παραγωγή του. Τα περισσότερα συστήματα τρισδιάστατης απεικόνισης βασίζονται σε στερεά μοντέλα. Απαραίτητη προϋπόθεση για την χρήση του μοντέλου είναι η μονοδιάστατη απεικόνιση του σε όλες τις φάσεις χρησιμοποίησης του.

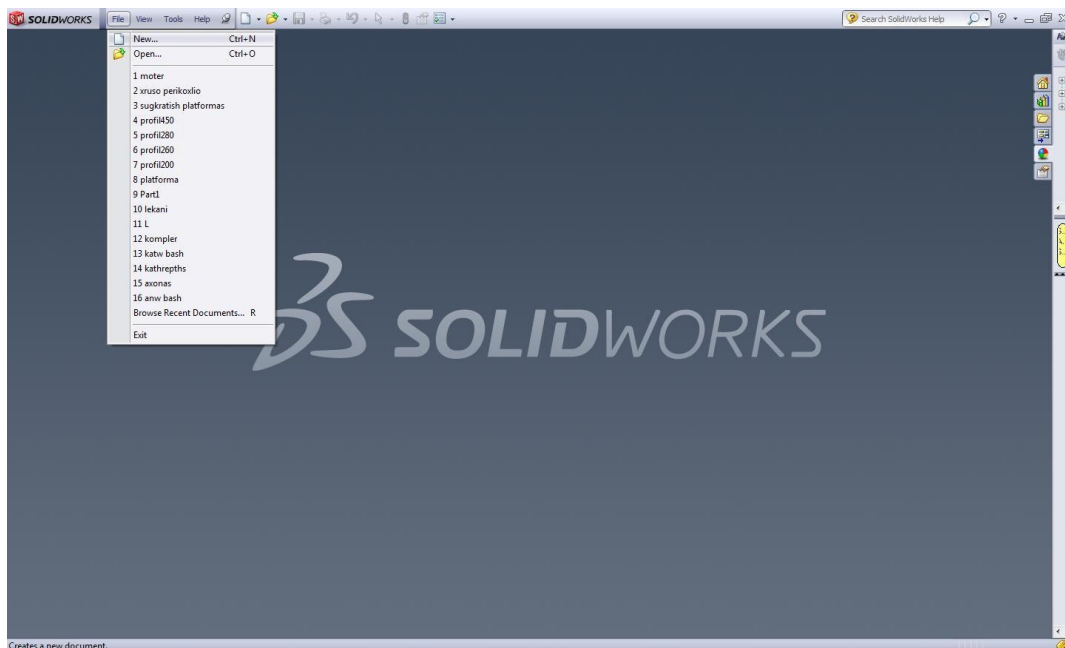
5.2 ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ SOLIDWORKS

Όταν ο χρήστης ανοίγει το πρόγραμμα προβάλετε η παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 34. Αρχική οθόνη Solid works.

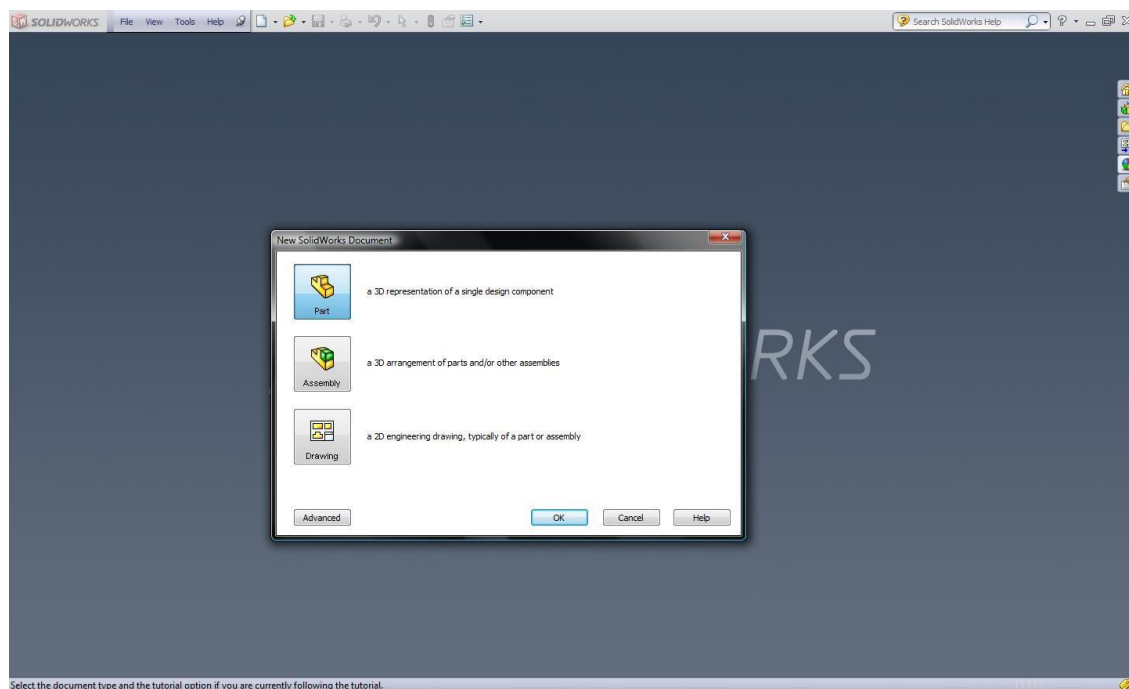
Έπειτα επιλέγουμε την εντολή FILE και στην συνέχεια NEW:



Εικόνα 35. Επιλογή σχεδιασμού νέου κομματιού.

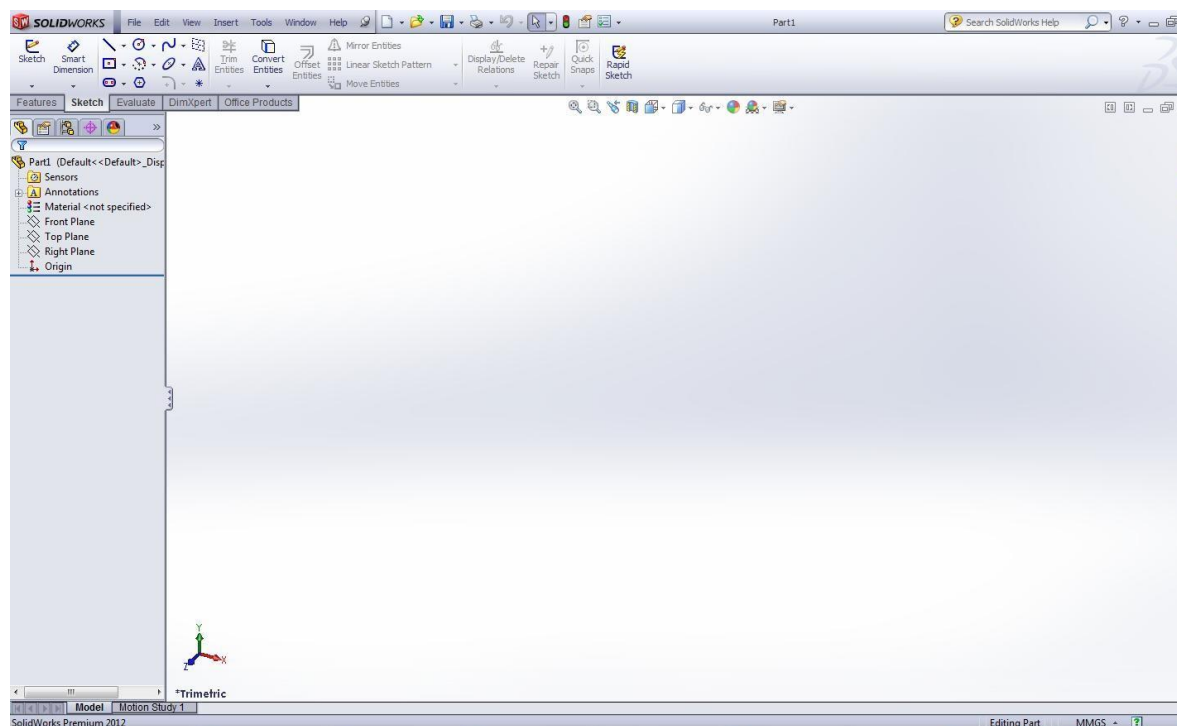
Στην συνέχεια επιλέγουμε μία από τις τρεις επιλογές που διαθέτει το Solidworks:

- Part (3D σχεδίαση)
- Assembly (Συναρμολόγηση)
- Drawing (μηχανολογικά σχέδια)



Εικόνα 36. Διαθέσιμες επιλογές σχεδίασης.

Η αρχική οθόνη του προγράμματος είναι η παρακάτω:



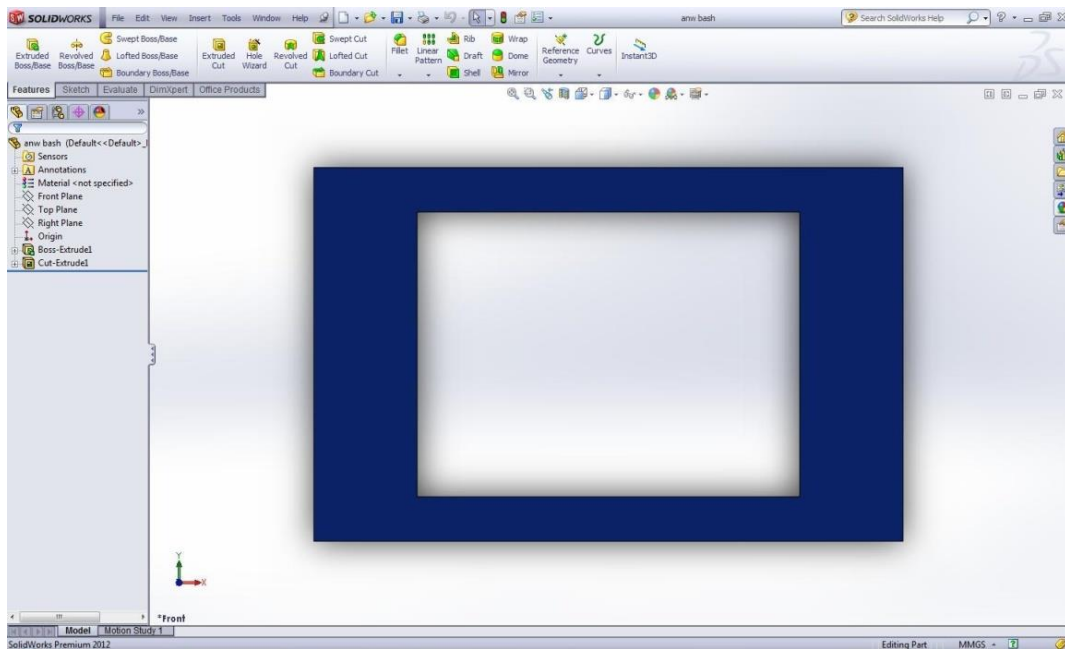
Εικόνα 37. Αρχική οθόνη σχεδίασης.

Και στην συνέχεια είμαστε σε θέση να σχεδιάσουμε το επιθυμητό αντικείμενο ανάλογα με τις διαστάσεις που επιθυμούμε.

5.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΣΩ SOLIDWORKS

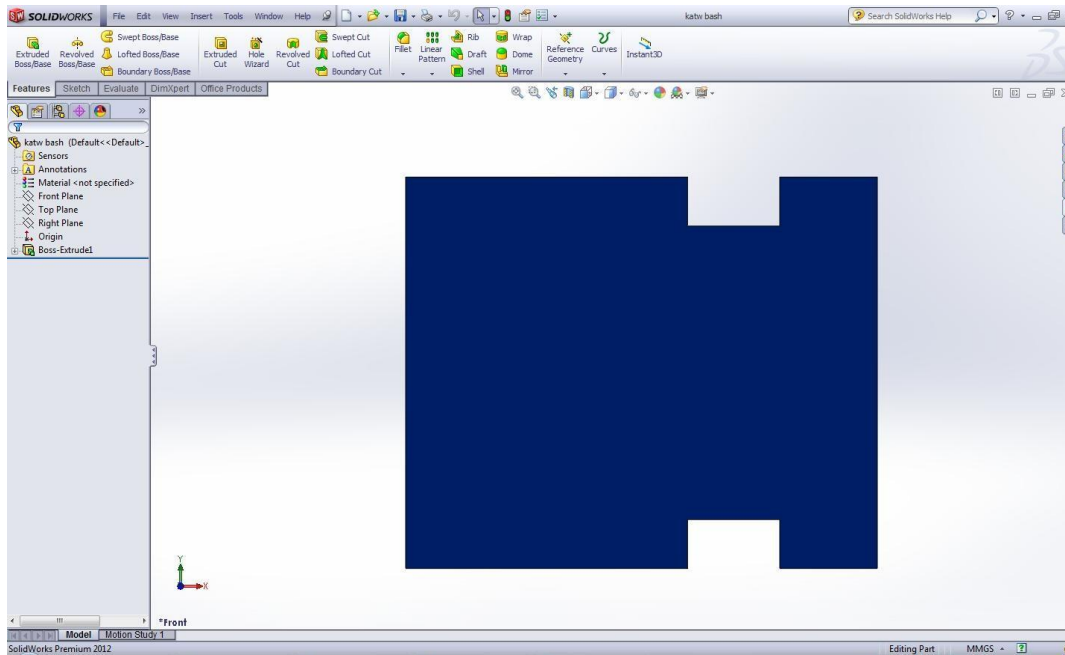
Σχεδιάσαμε όλα τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην πτυχιακή μας εργασία στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Solidworks και είναι τα παρακάτω.

- Άνω βάση.



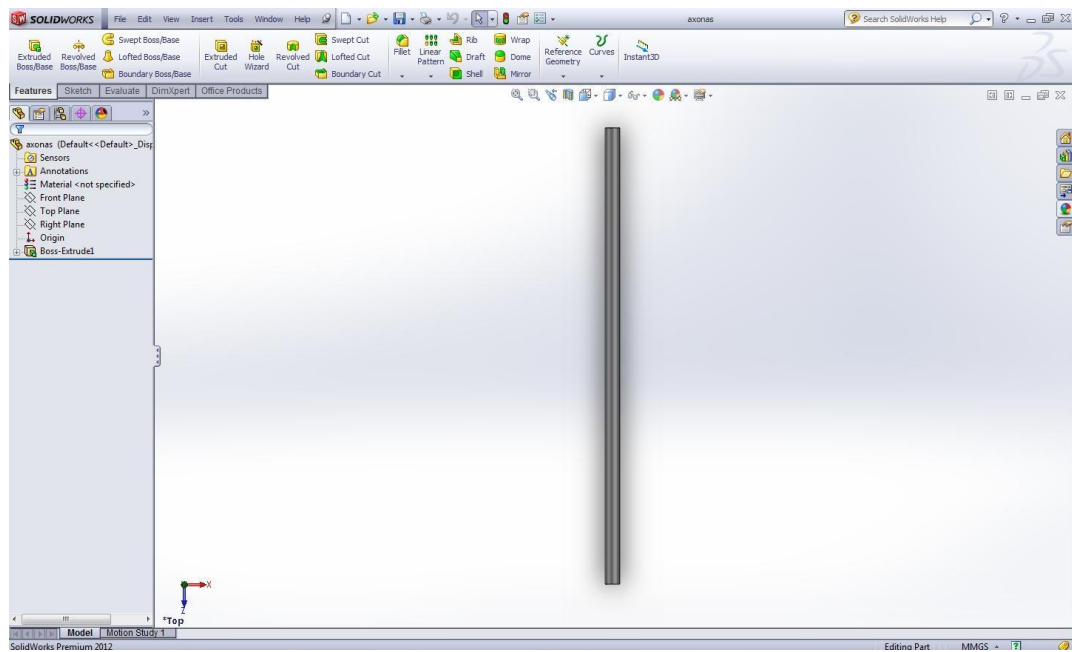
Εικόνα 38. Άνω βάση.

- Κάτω βάση



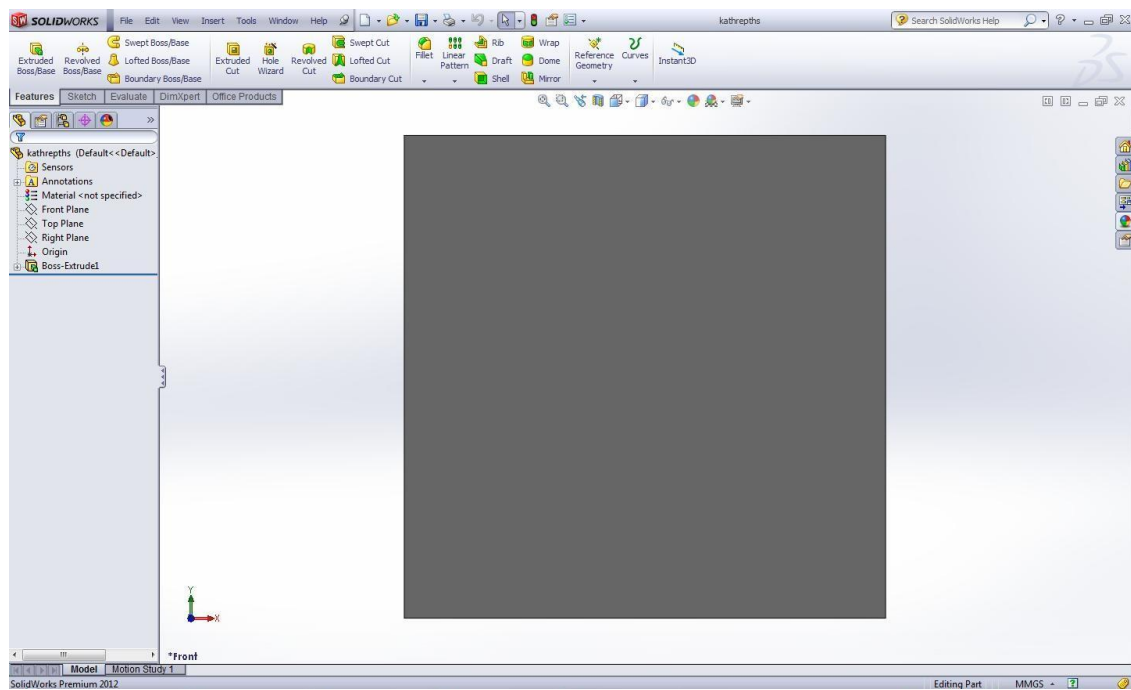
Εικόνα 39. Κάτω βάση.

- Άξονας.



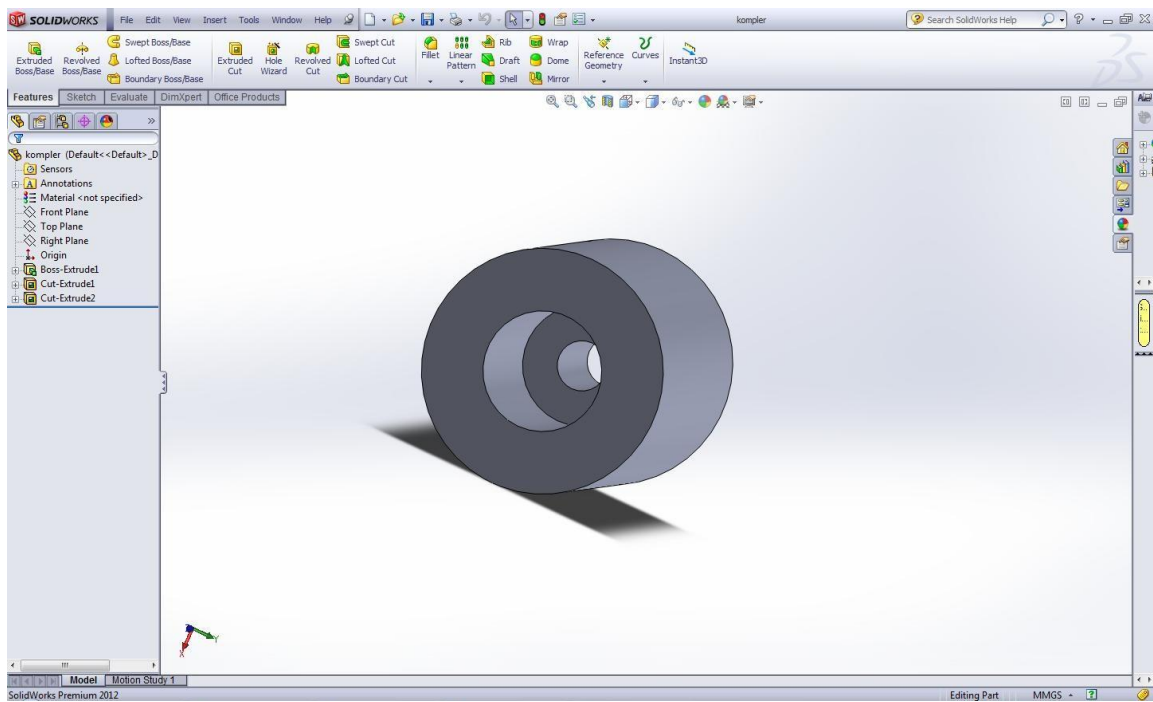
Εικόνα 40. Άξονας.

- Καθρέπτης.



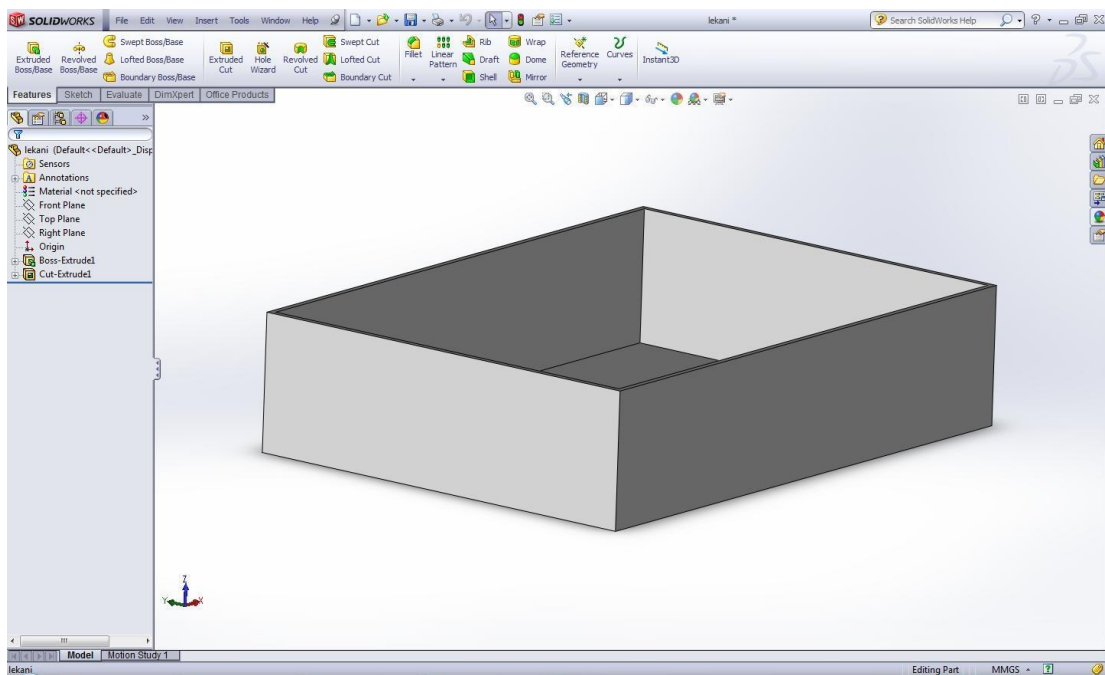
Εικόνα 41. Καθρέπτης.

- Cobbler συγκράτησης άξονα.



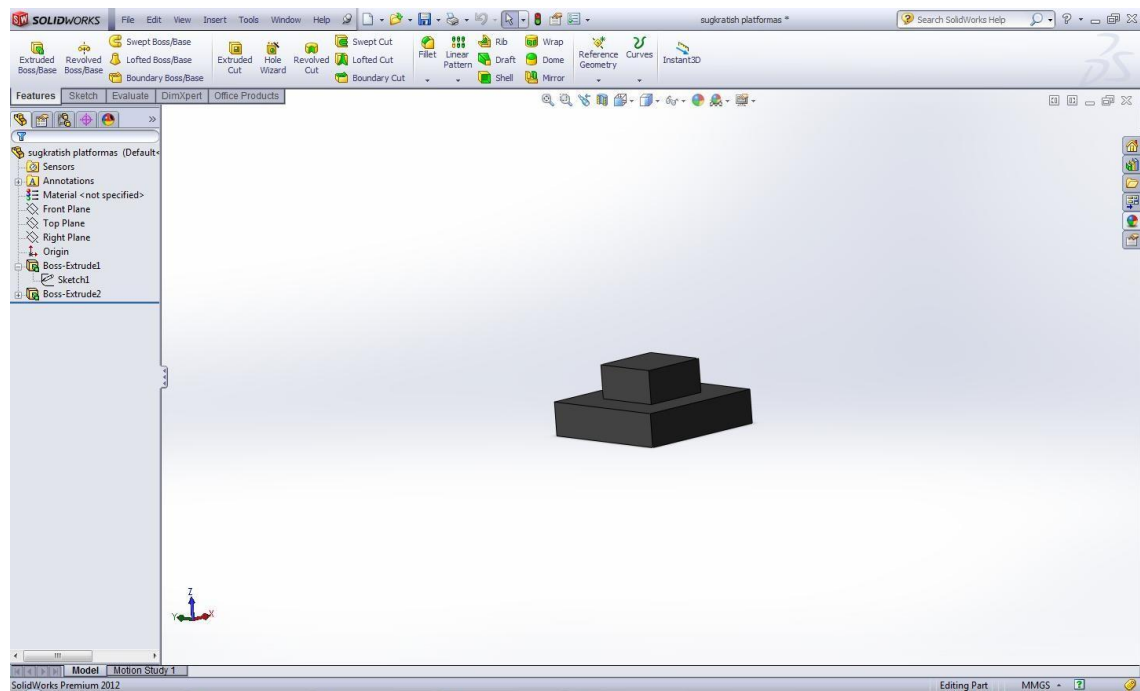
Εικόνα 42. Cobbler.

- Λεκάνη ρητίνης



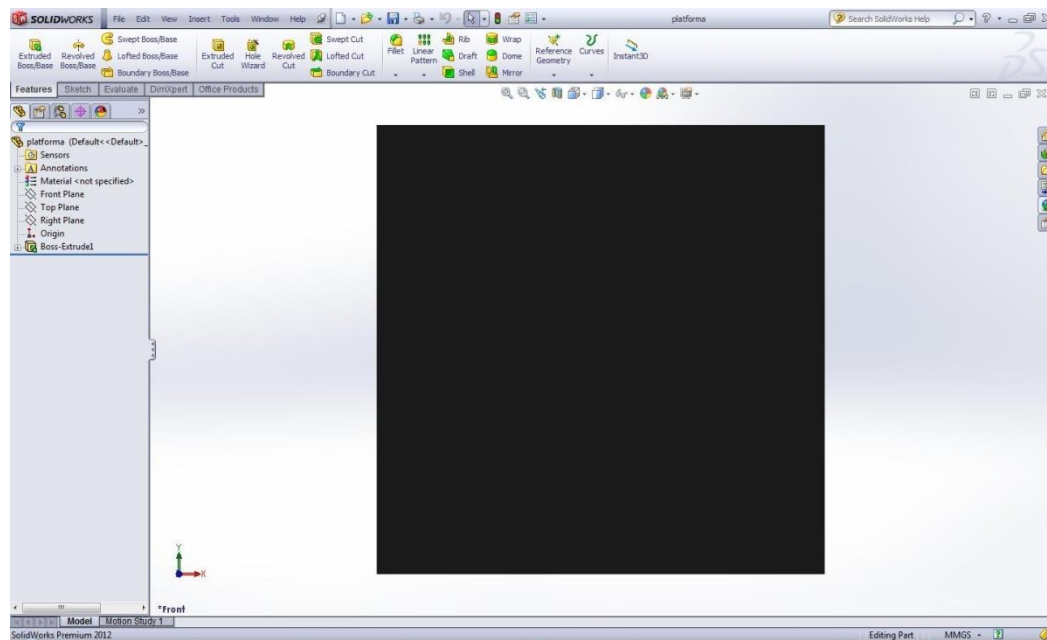
Εικόνα 43. Λεκάνη ρητίνης.

- Συγκράτηση πλατφόρμας.



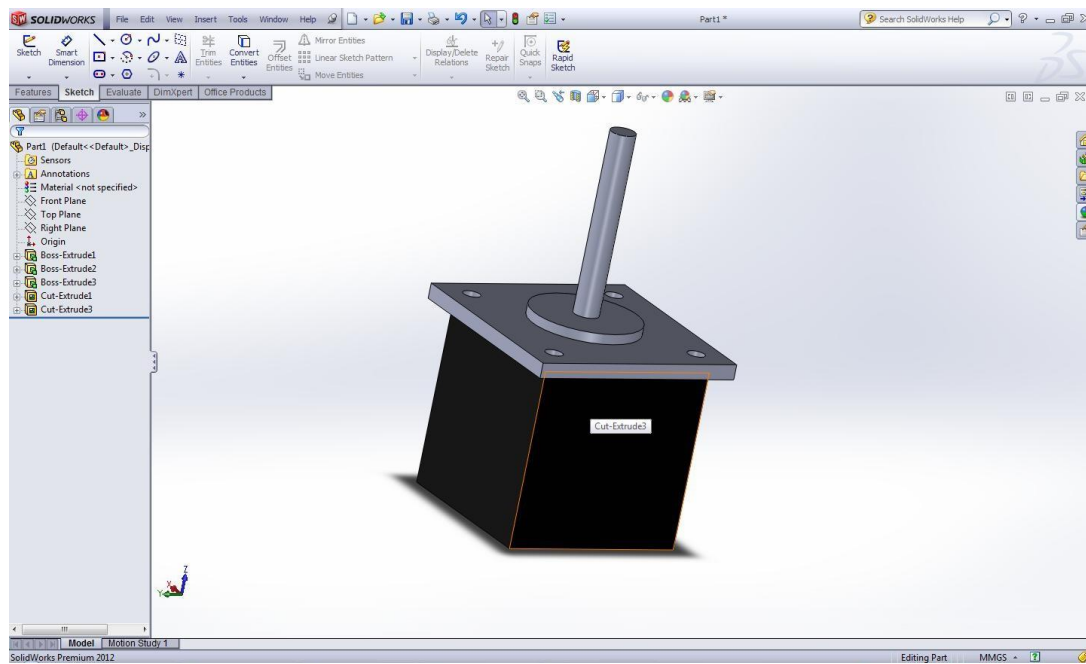
Εικόνα 44. Συγκράτηση πλατφόρμας.

Πλατφόρμα.



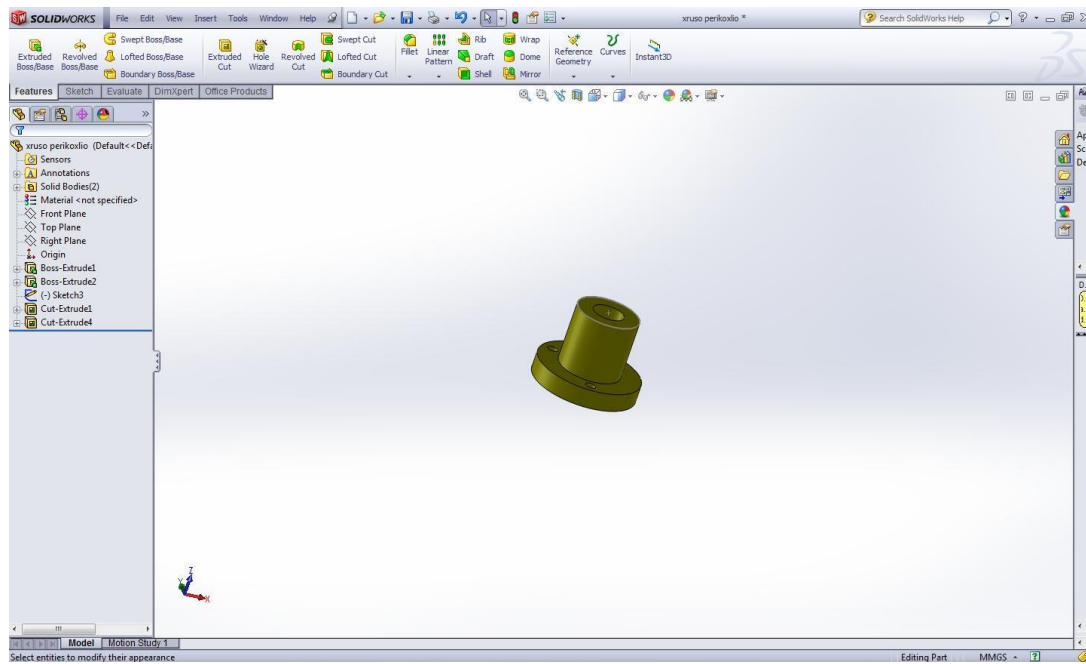
Εικόνα 45. Πλατφόρμα από αλουμίνιο.

- Μοτέρ.



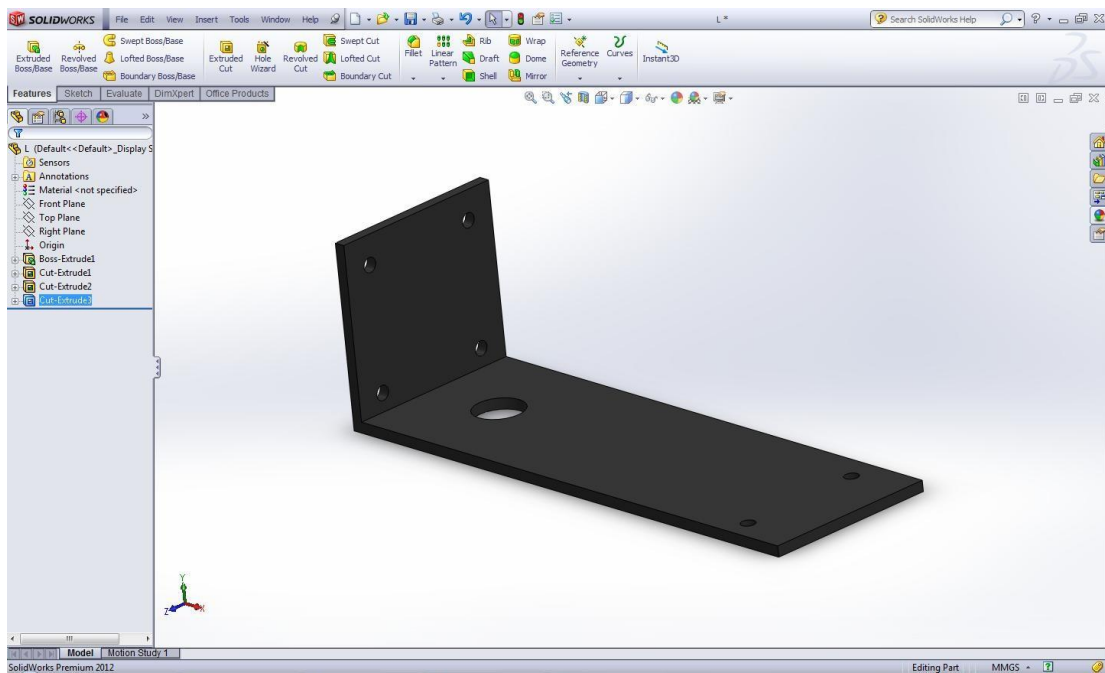
Εικόνα 46. Μοτέρ.

- Περικόχλιο.



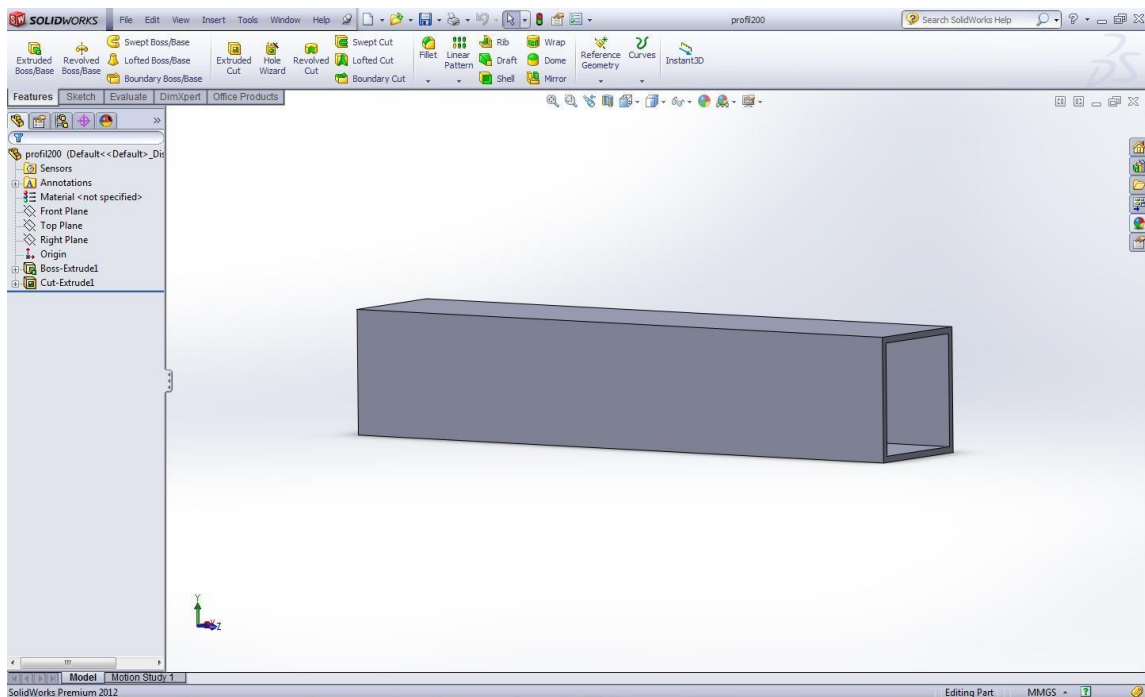
Εικόνα 47. Περικόχλιο.

- Αλουμίνιο συγκράτησης γραμμικού ρουλεμάν, περικογλίου και πλατφόρμας.

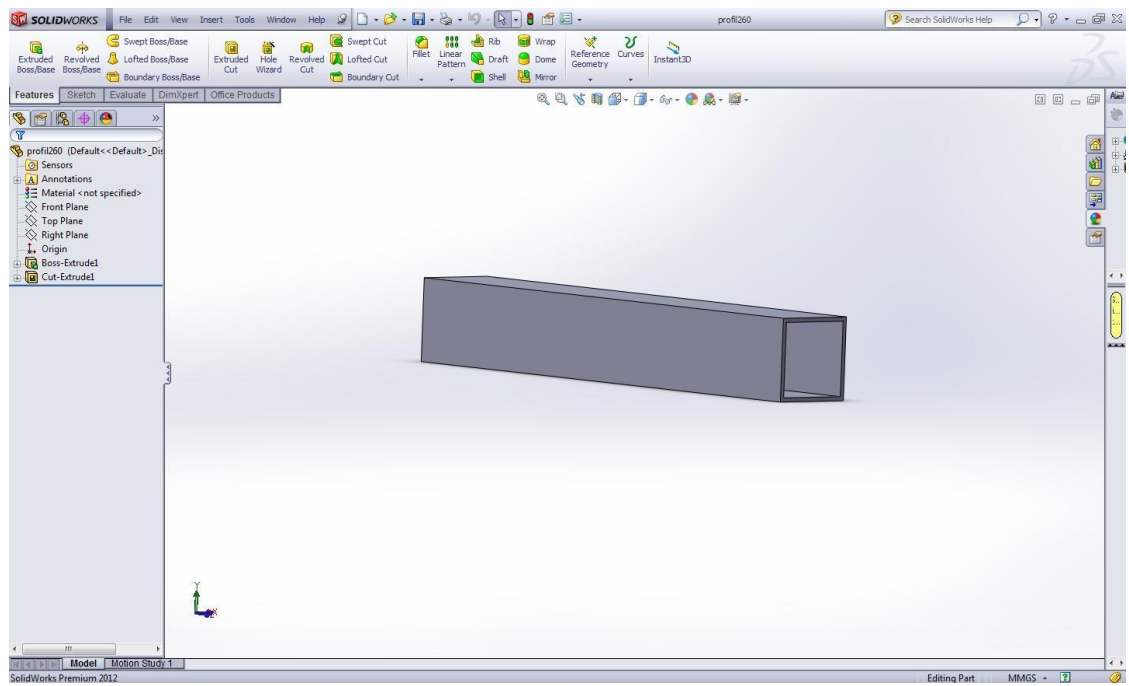


Εικόνα 48. Αλουμίνιο.

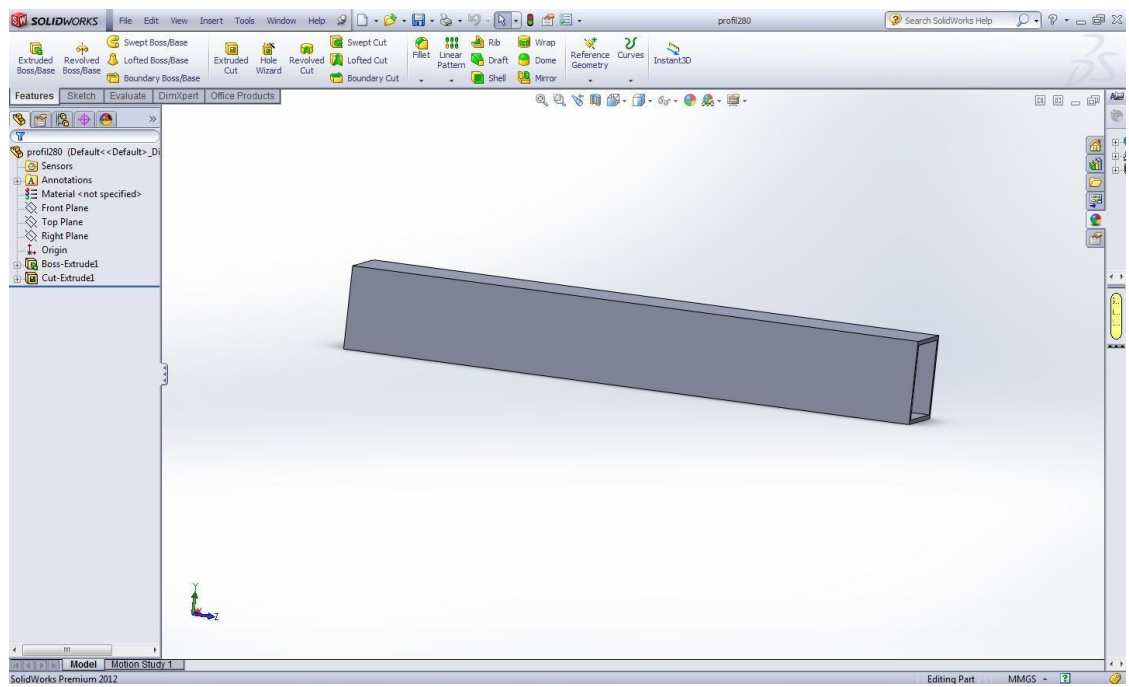
- Προφίλ αλουμινίου διαφόρων διαστάσεων (200mm, 260mm, 280mm, 450mm).



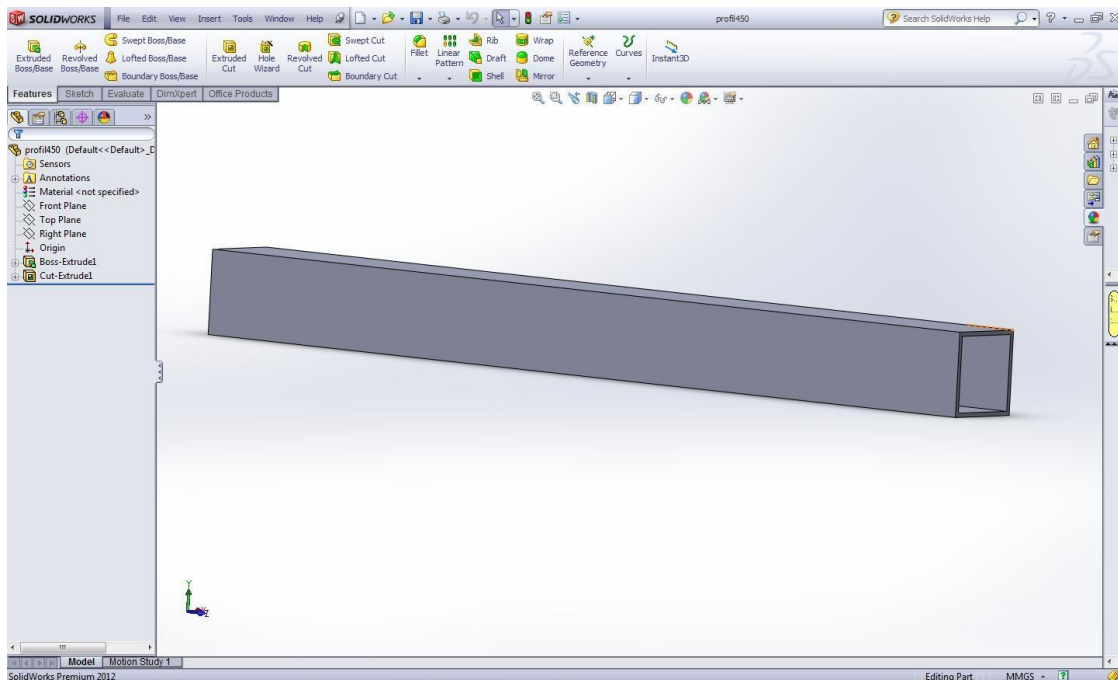
Εικόνα 49. Προφίλ αλουμινίου 200mm.



Εικόνα 50. Προφίλ αλουμινίου 260mm.

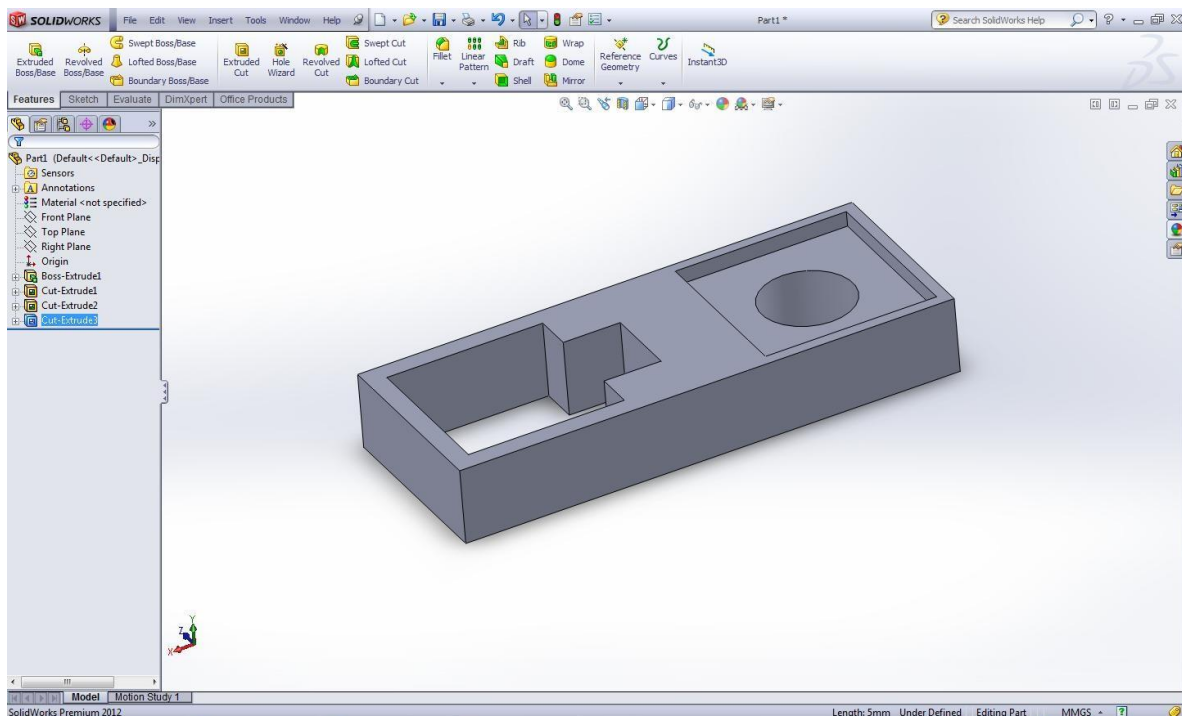


Εικόνα 51. Προφίλ αλουμινίου 280mm.



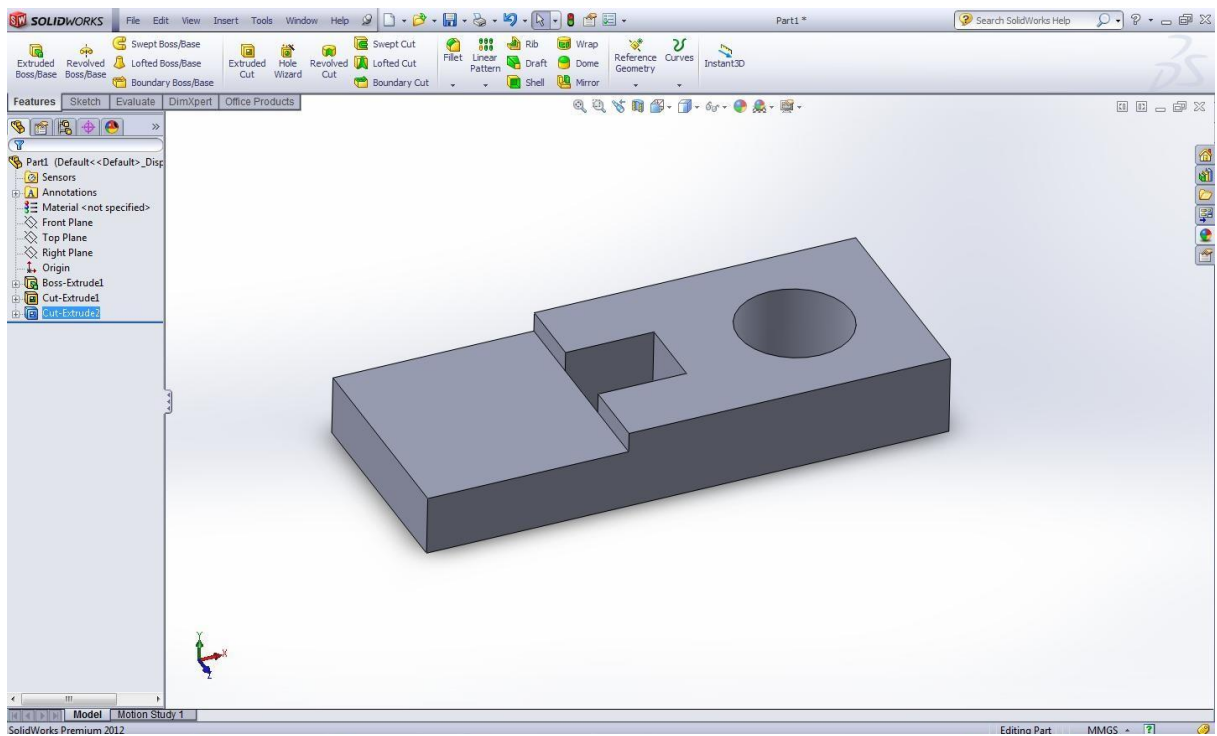
Εικόνα 52. Προφίλ αλουμινίου 450mm.

- Βάση τοποθέτησης μοτέρ και συγκράτησης με τον άξονα.



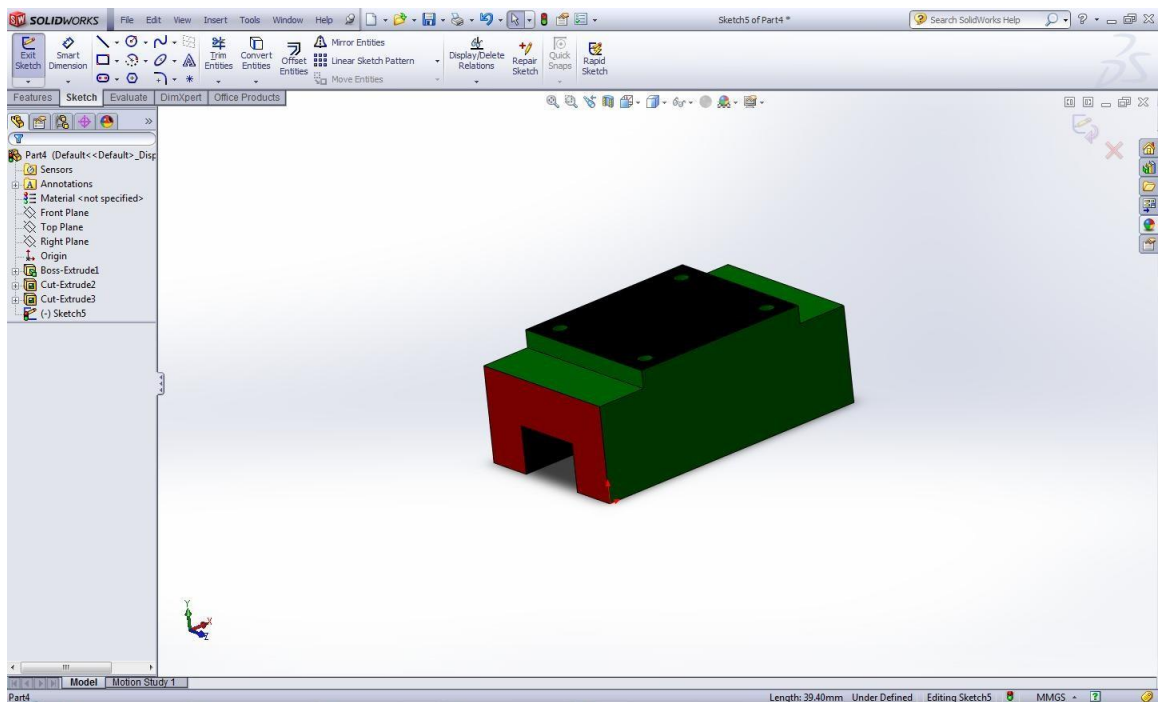
Εικόνα 53. Βάση μοτέρ.

- Κάτω βάση συγκράτησης άξονα.



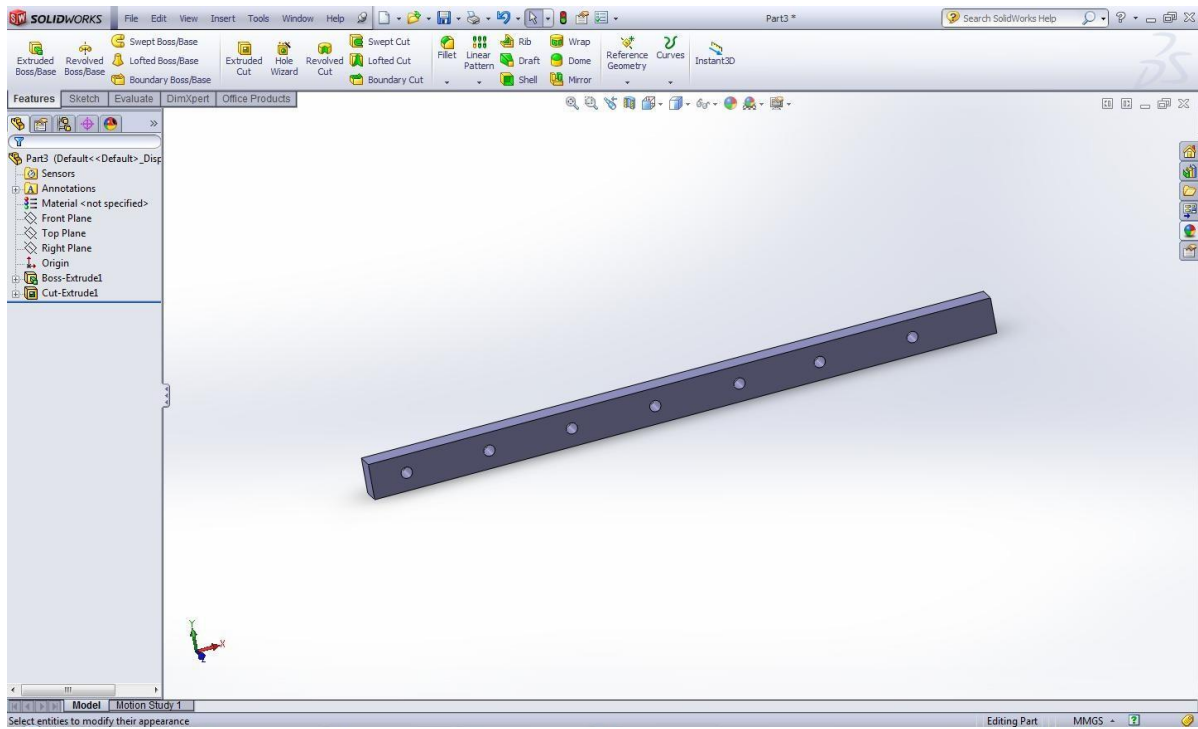
Εικόνα 54.Βάση συγκράτησης άξονα.

- Γραμμικό ρουλεμάν.



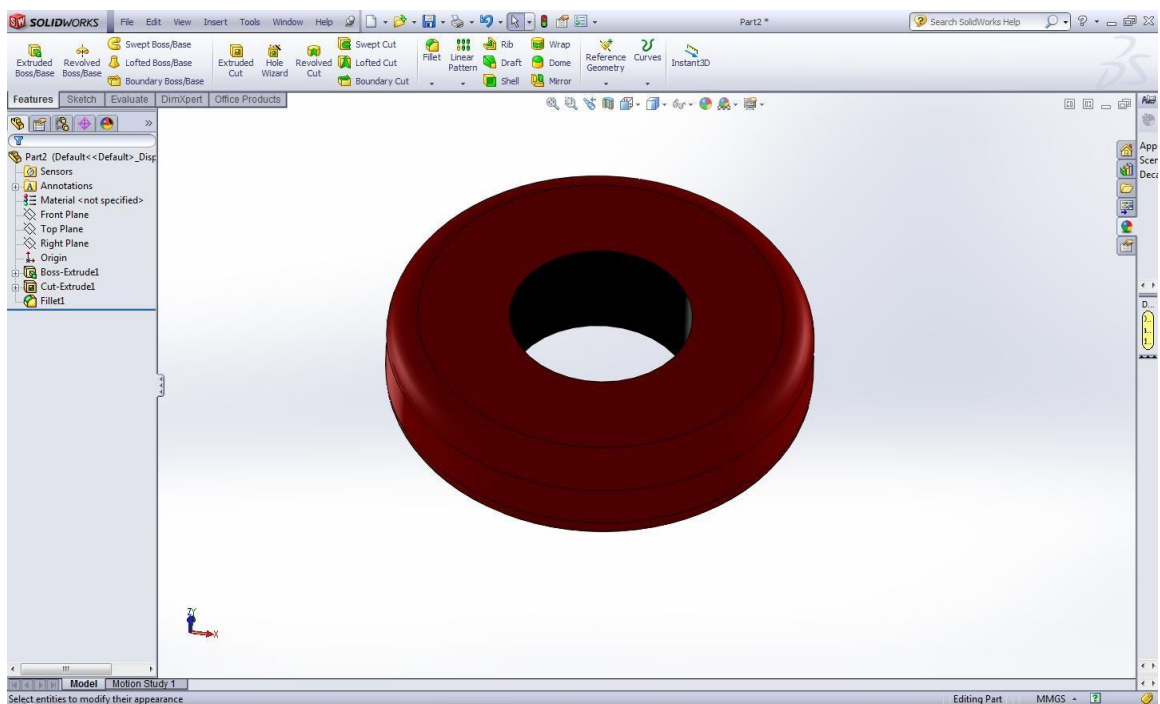
Εικόνα 55.Γραμμικό ρουλεμάν.

- Ράγα γραμμικού ρουλεμάν.



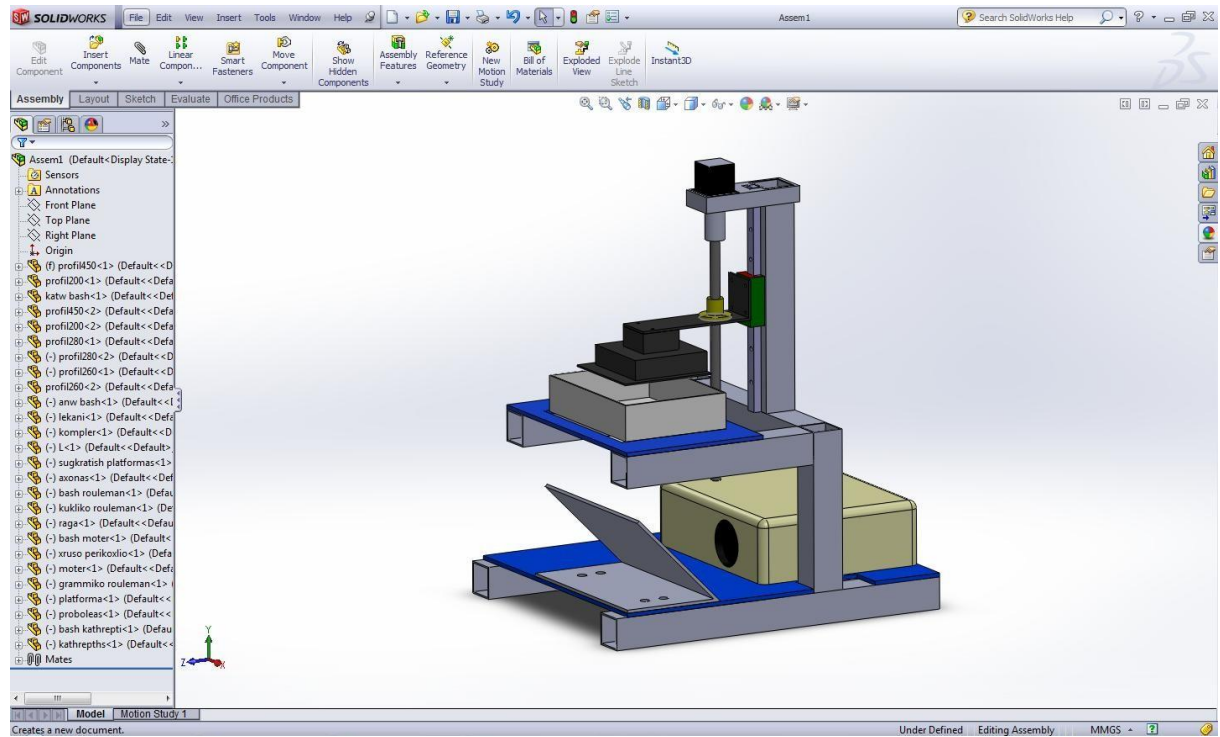
Εικόνα 56. Ράγα.

- Κυκλικό ρουλεμάν.



Εικόνα 57. Κυκλικό ρουλεμάν.

- Τελικό σχέδιο.



Εικόνα 58. A&G 3D Printer.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6.1 ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

Για την κατασκευή του 3D Printer SLA A&G θα χρειαστούμε τα εξής παρακάτω εξαρτήματα:

- Προφίλ αλουμινίου 40x40 Θέση 10 100mm
- Hiwin HGH 15CA γραμμικό ρουλεμάν
- 15mm τετράγωνη ράγα
- 1 κυκλικό ρουλεμάν
- 30 βίδες διαμέτρου 5mm
- 30 ροδέλες M5
- Τραπεζοειδής κοχλίας διαμέτρου 12mm
- Τραπεζοειδές περικόχλιο 12mm
- Cobbler 12mm
- Μοτέρ
- Acer H6510BD Projector.
- Διάφορα κομμάτια αλουμινίου.
- Χειροποίητη γυάλινη λεκάνη.
- Καθρέπτης.
- Γωνιές.
- Τροφοδοτικό.
- Ανεμιστήρας.

6.2 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ 3D PRINTER SLA A&G

Η διαδικασία κατασκευής είναι η εξής:

Βήμα 1^ο: Τα προφίλ αλουμινίου που προμηθευτήκαμε είχαν διαθέσιμα μήκη του 1m, οπότε έπρεπε να κοπούν στο επιθυμητό μέγεθος (Εικόνα 59).

Τα μεγέθη που χρειαζόμαστε είναι: 2x200mm, 2x260mm, 2x280mm, 2x450mm.



Εικόνα 59. Κοπή προφίλ αλουμινίου στο εργαστήριο του C.N.C.

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν είναι: Ηλεκτρικό σιδεροπρίονο, Μέγγενη, Μέτρο.

Βήμα 2°: Αφού κόψαμε τα προφίλ αλουμινίου στα επιθυμητά μήκη ξεκινάμε την διαδικασία συναρμολόγησης του σκελετού της μηχανής. Χρησιμοποιούμε τα προφίλ αλουμινίου 2x450mm και τα 2x200mm, μαζί με τις γωνίες για να δημιουργήσουμε δύο ανάποδα T στα οποία θα στηριχθούν τα υπόλοιπα.

Στην συνέχεια πήραμε το ένα από τα 2x280mm και ενώσαμε τα δύο ανάποδα T με κάποιες γωνίες ακόμα. Έπειτα και μετά από μελέτη τοποθετήσαμε τα δύο προφίλ διαστάσεων 2x260mm σε αυτή την ένωση με κάποιες γωνίες, έτσι ώστε να είναι η βάση στήριξης της λεκάνης με την ρητίνη.

Τέλος το προφίλ 2x280mm μπήκε κάθετα στο άλλο ίδιου μήκους. Αυτό χρησιμεύει στο να μπει η ράγα με τον κοχλία και να έχουμε την κίνηση στον άξονα Z.



Εικόνα 60. Τοποθέτηση προφίλ αλουμινίου σε σχήμα ανάποδου T.

Βήμα 3^ο: Για την κατασκευή του άξονα Z χρησιμοποιήσαμε Hiwin HGH 15CA γραμμικό ρουλεμάν για 15 χιλιοστά τετράγωνη ράγα. Το οποίο τοποθετήθηκε στα προφίλ αλουμινίου όπως φαίνεται στην Εικόνα 61.

Επίσης κατασκευάσαμε δύο βάσεις ίδιων διαστάσεων και ένα κόμπλερ για την στήριξη του άξονα κίνησης και την λειτουργία του μέσω του μοτέρ. Ο άξονας, το περικόχλιο και το γραμμικό ρουλεμάν συνδέονται μεταξύ τους με ένα κομμάτι αλουμίνιο σχήματος L.



Εικόνα 61. Hiwin HGH 15CA γραμμικό ρουλεμάν

Βήμα 4^ο: Για την κατασκευή της λεκάνης που θα τοποθετηθεί η ρητίνη προμηθευτήκαμε κομμάτια γυαλιού στις εξής διαστάσεις: 19x13mm, 2 τεμάχια 13x4mm, 2 τεμάχια 19x4mm και πάχους 2mm. Τα συγκολλήσαμε με κόλλα που χρησιμοποιείται σε ενυδρεία για να έχουμε καλύτερη αντοχή. Κατασκευάσαμε δύο λεκάνες για να δοκιμάσουμε ποια επιδρά καλύτερα στην ακτινοβολία του προβολέα. Η μία κατασκευάστηκε από απλό γυαλί εμπορίου (Εικόνα 62) ενώ η άλλη από γυαλί ειδικό που δεν απορροφάει την ηλιακή ακτινοβολία (Εικόνα 63). Επιλέξαμε το απλό γυαλί γιατί εξυπηρετούσε καλύτερα τις δικές μας ανάγκες.



Εικόνα 62. Λεκάνη από απλό γυαλί.



Εικόνα 63. Λεκάνη από ειδικό γυαλί μη απορρόφησης ακτινοβολίας.

Βήμα 5^ο: Κατασκευάζουμε δύο βάσεις αλουμινίου. Η μία χρησιμοποιείται ως κάτω βάση για την τοποθέτηση του προβολέα και του καθρέπτη και η άλλη ως άνω βάση για την λεκάνη.

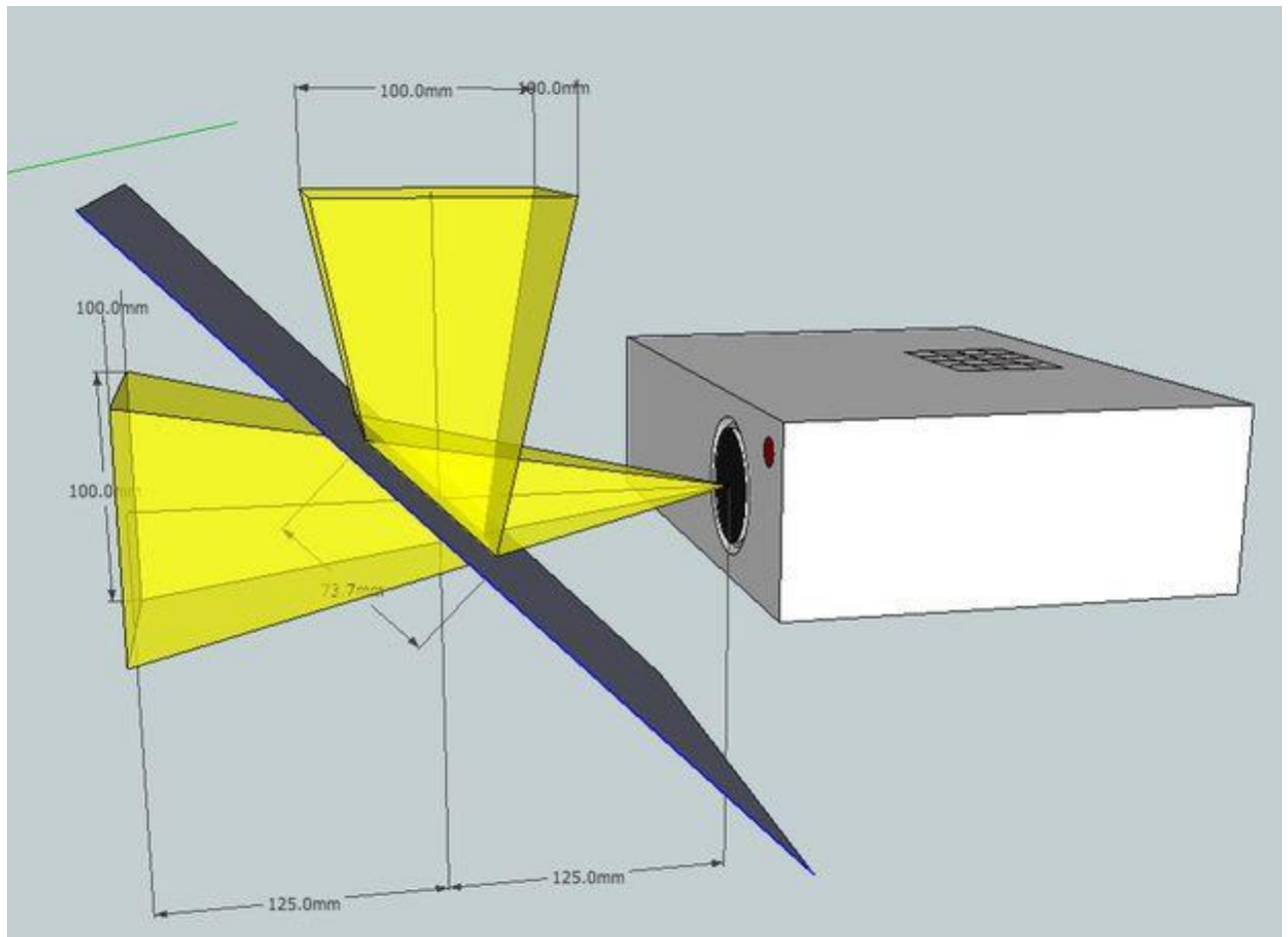


Εικόνα 64. Κάτω βάση.



Εικόνα 65. Άνω βάση.

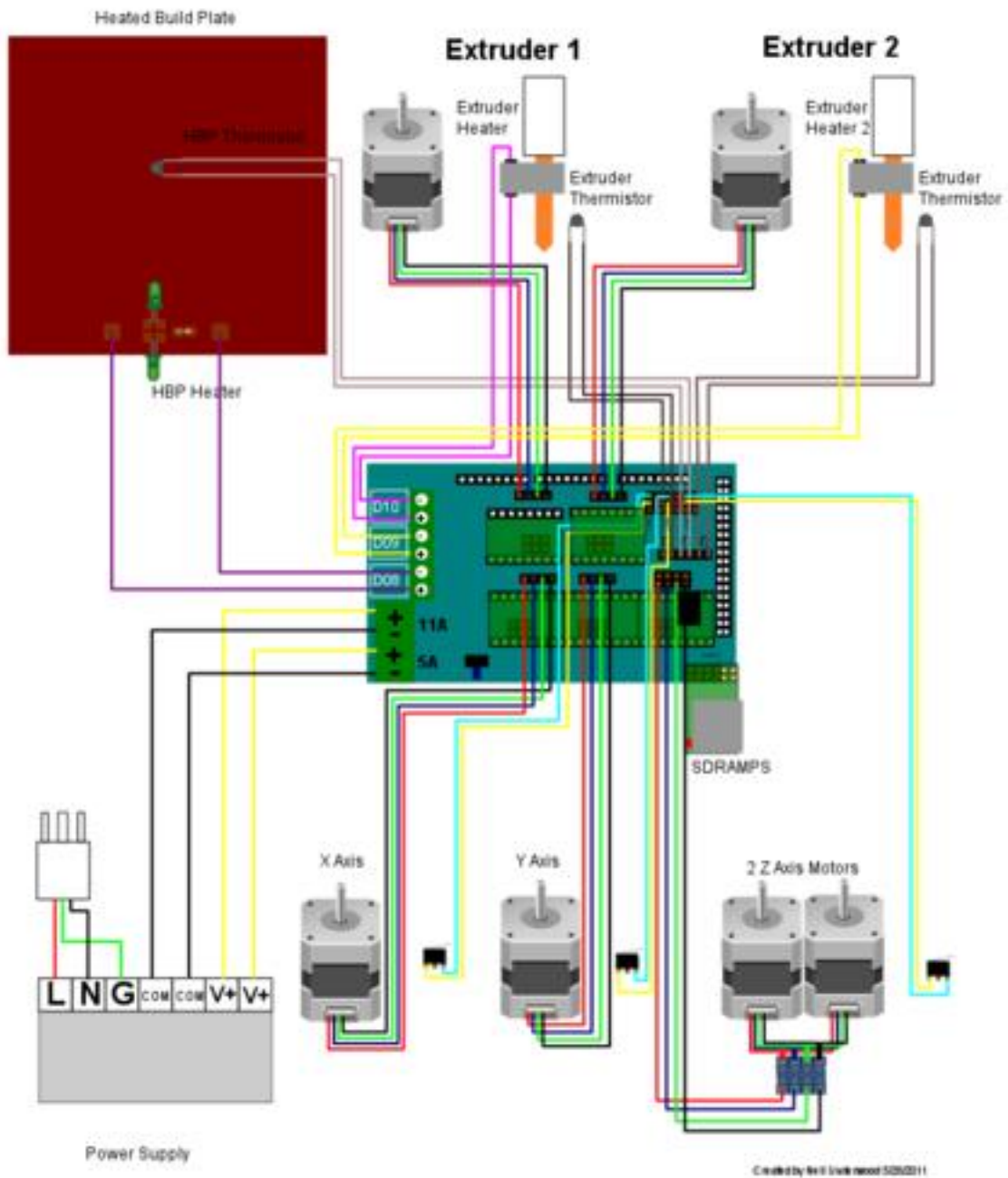
Βήμα 6^ο: Τοποθετούμε σε μια καρέκλα τον προβολέα μπροστά σε έναν λευκό τοίχο. Θέτοντας τον στη μέγιστη δυνατή ανάλυσή του, μετακινούμε την καρέκλα σιγά-σιγά προς τον τοίχο και ρυθμίζοντας την εστίαση προσπαθούμε να πετύχουμε μια εικόνα ευκρινούς προβολής διαστάσεων της επιλογής μας ανάλογα με τον προβολέα που χρησιμοποιούμε. Έπειτα μετράμε την τελική απόσταση από τον προβολέα προς τον τοίχο που προέκυψε ώστε μετά να τοποθετήσουμε τον καθρέπτη στο μέσο της. Τέλος τοποθετούμε τον προβολέα στην κάτω βάση της μηχανής και τον καθρέπτη στην αντίστοιχη απόσταση που μετρήσαμε.



Εικόνα 66. Αποστάσεις μεταξύ προβολέα και καθρέπτη.

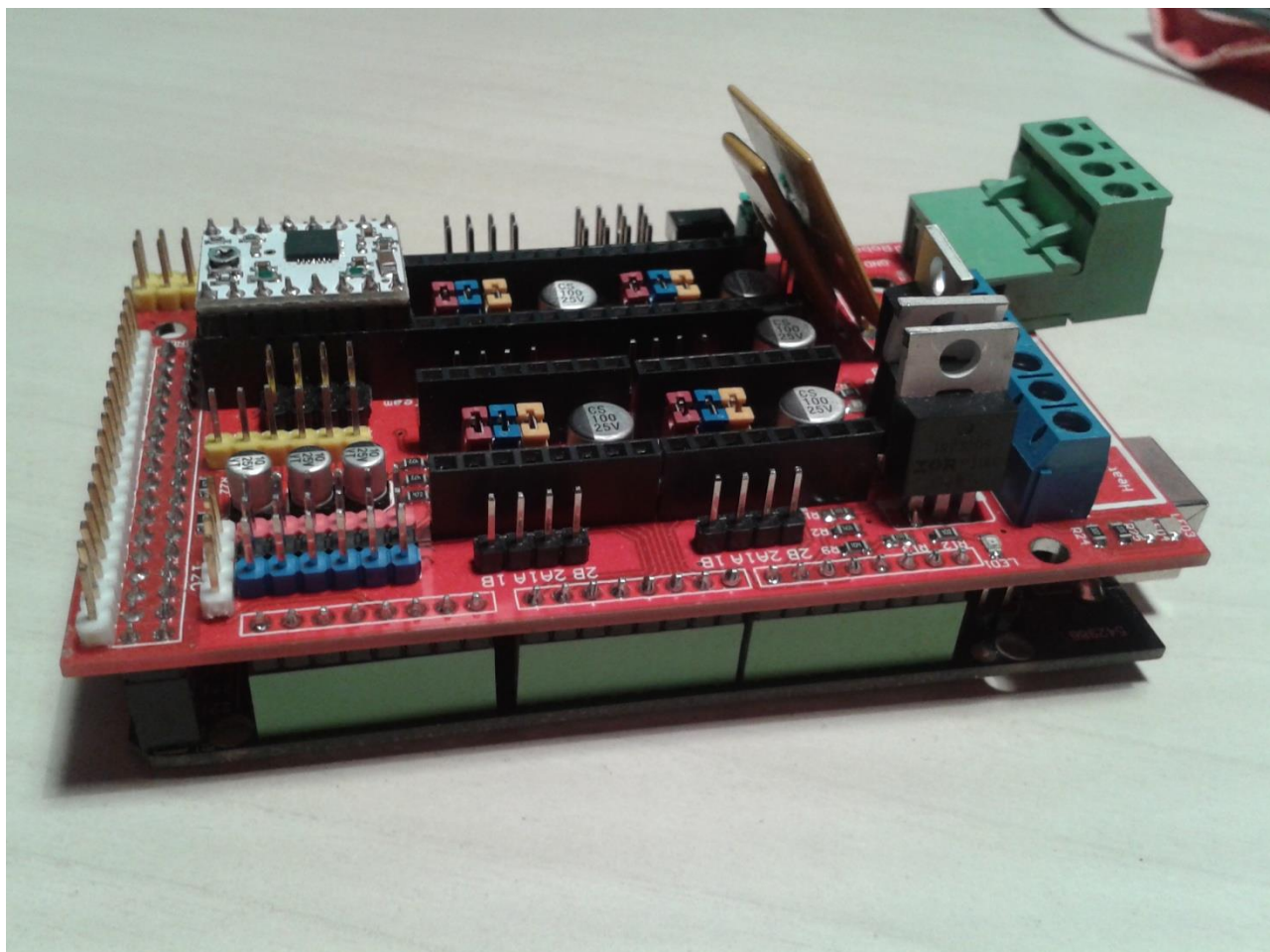
Βήμα 7^ο: Για την ολοκλήρωση της κατασκευής της μηχανής, εφόσον όλα τα μηχανικά μέρη είναι τοποθετημένα, συνδέουμε στην πλακέτα, τις συνδέσεις του μοτέρ και του ανεμιστήρα ψύξης της πλακέτας. Όλες οι συνδέσεις γίνονται με βάση το παρακάτω σχεδιάγραμμα (Εικόνα 67).

RepRap Arduino Mega Pololu Shield 1.4



Εικόνα 67. Συνδέσεις.

Βήμα 8°: Η πλακέτα συνδέεται πάνω στο Df Robot Mega 2560 Version2.0, το οποίο δέχεται όλες τις εντολές και στην συνέχεια οι έξοδοί του χειρίζονται τα ηλεκτρονικά μέρη της μηχανής (Εικόνα 68).



Εικόνα 68. Πλακέτα αριθμητικού ελέγχου.

Βήμα 9°: Για την τροφοδοσία των πλακετών, χρησιμοποιούμε το τροφοδοτικό TURBO-X PSU. Από το τροφοδοτικό αυτό, εξέρχονται 2 διακόπτες. Ο πρώτος παρέχει ρεύμα, και ο δεύτερος θέτει σε λειτουργία την μηχανή. Από την πλακέτα του τροφοδοτικού, κολλήθηκαν οι απαραίτητοι έξοδοι για την τροφοδοσία των πλακετών.



Εικόνα 69. Τροφοδοτικό.

Βήμα 10°: Η ολοκλήρωση της κατασκευής έγινε με την δημιουργία εξωτερικού περιβλήματος για την προστασία της μηχανής και κυρίως της ρητίνης από εξωτερικούς παράγοντες.

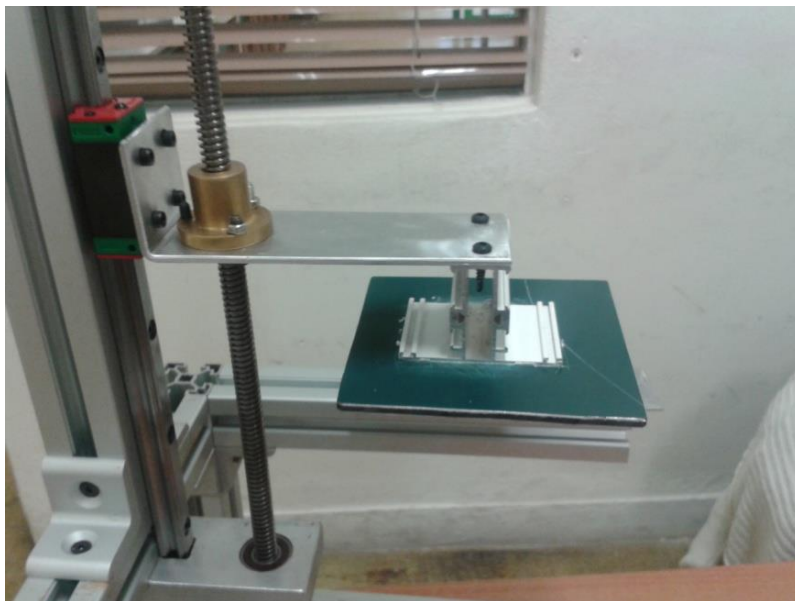
6.4 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΙΣΗΣ ΑΞΟΝΑ Z

Για τη σωστή λειτουργία της μηχανής είναι απαραίτητη η ευθυγράμμιση και η ρύθμιση της καθετότητας και της παραλληλότητας των αξόνων. Για να γίνει αυτό, πρέπει τα προφίλ αλουμινίου να έχουν απόλυτη καθετότητα μεταξύ τους. Γι' αυτόν τον λόγο χρησιμοποιήσαμε τις γωνίες για να εξασφαλίσουμε ότι αυτό θα επιτευχθεί (Εικόνα 70).



Εικόνα 70. Τοποθέτηση γωνιών σε όλες τις επιθυμητές θέσεις.

Για την σωστή εκτύπωση κομματιών, είναι απαραίτητη η απολυτή επιπεδότητα της πλατφόρμας εκτύπωσης (Εικόνα 71). Το σύστημα ευθυγράμμισης, με την χρήση αλφαδιού ρυθμίζεται ώστε να επιτευχθεί η επιπεδότητα αυτή.



Εικόνα 71. Ρύθμιση επιπεδότητας.

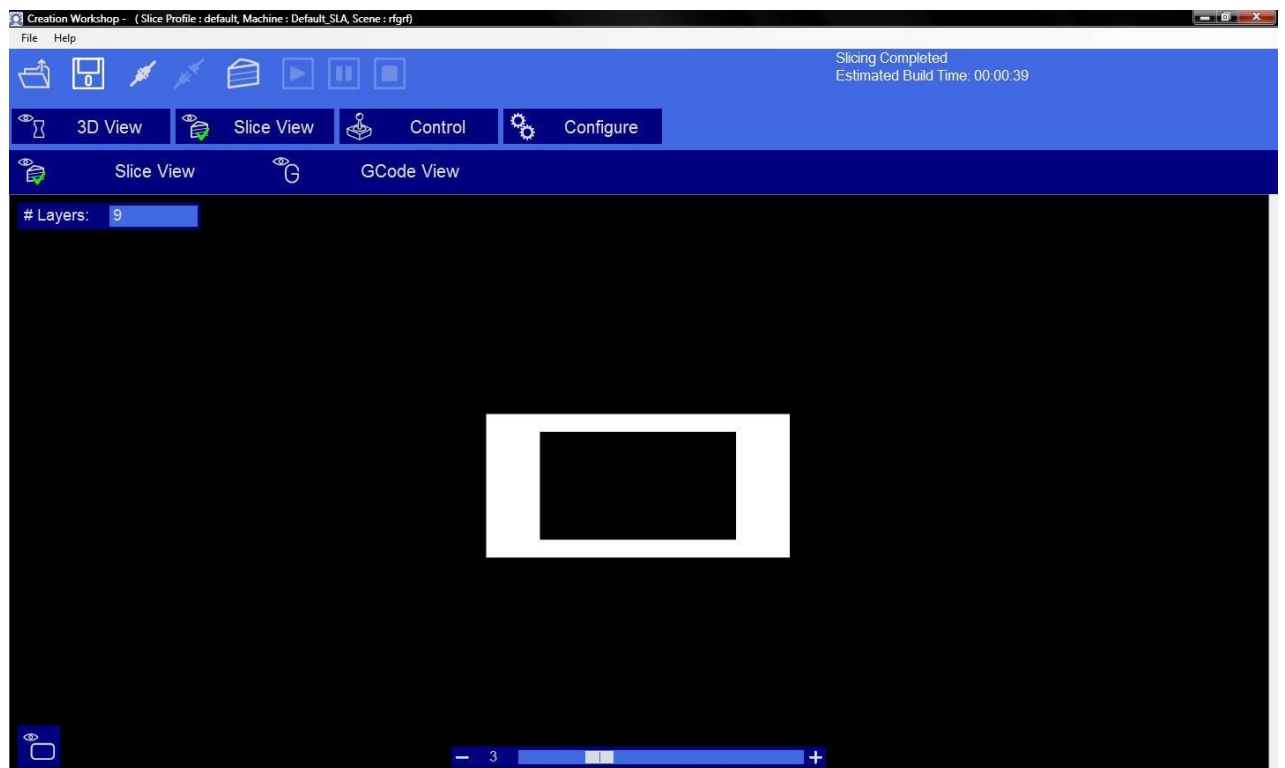
Η απαραίτητη απόσταση της πλατφόρμας εκτύπωσης με την λεκάνη της ρητίνης πρέπει να είναι ίση με 0.08 mm (πάχος κολλάς A4). Αυτό επιτυγχάνεται με την χειροκίνητη ρύθμιση της πλατφόρμας από το πρόγραμμα που χρησιμοποιούμε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

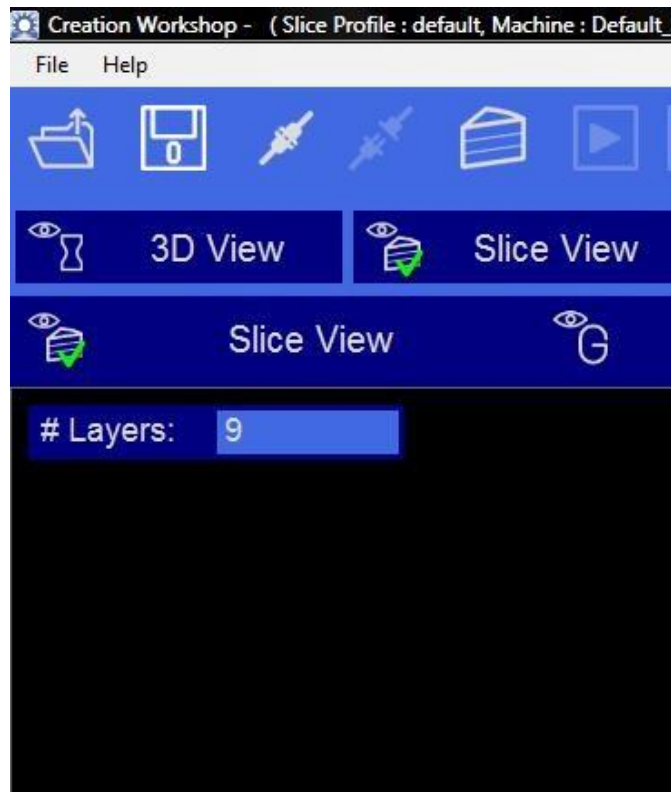
7.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΧΕΙΡΙΣΜΟΥ

Για τον χειρισμό και τον έλεγχο του 3D Printer SLA A&G χρησιμοποιήσαμε το πρόγραμμα Creation workshop και είναι το πρόγραμμα που αναλαμβάνει τον χειρισμό της μηχανής καθώς και την πληροφόρηση του χρήστη με τις απαραίτητες πληροφορίες σχετικά με τις λειτουργίες της μηχανής. Επίσης, το πρόγραμμα περιλαμβάνει Slicer (Εικόνα 72) το οποίο δημιουργεί στο τρισδιάστατο σχέδιο που επιλέγουμε τομές που δείχνουν τον τρόπο (Εικόνα 73) και τον χρόνο εκτύπωσης (Εικόνα 74) και βγάζει τον κώδικα G (Εικόνα 75).

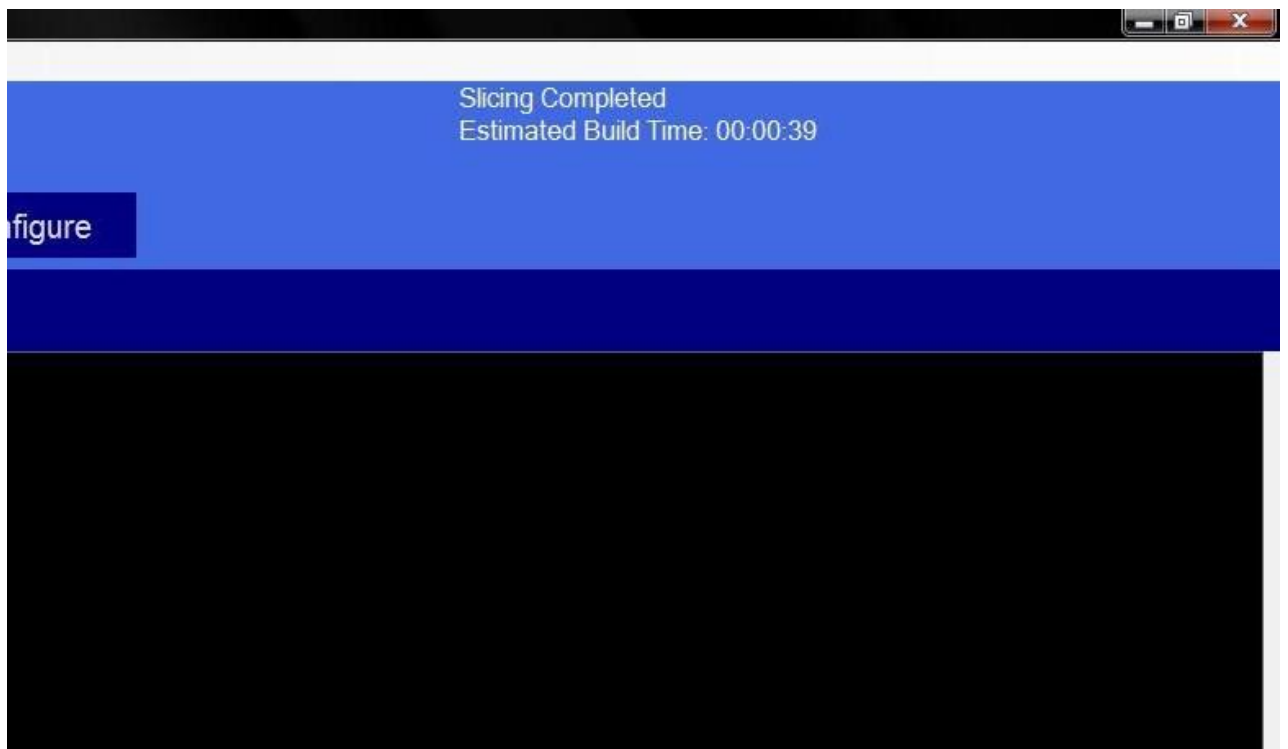
Το πρόγραμμα Creation workshop χρησιμοποιείται σε διάφορες τεχνολογίες τρισδιάστατων εκτυπωτών. Όπως στην στερεολιθογραφία (SLA) αλλά και στην εκτύπωση με την χρήση σκόνης (3D-Ink). Πρόσθετα χρησιμοποιείται και στην εκτύπωση με εναπόθεση υλικού (FDM).



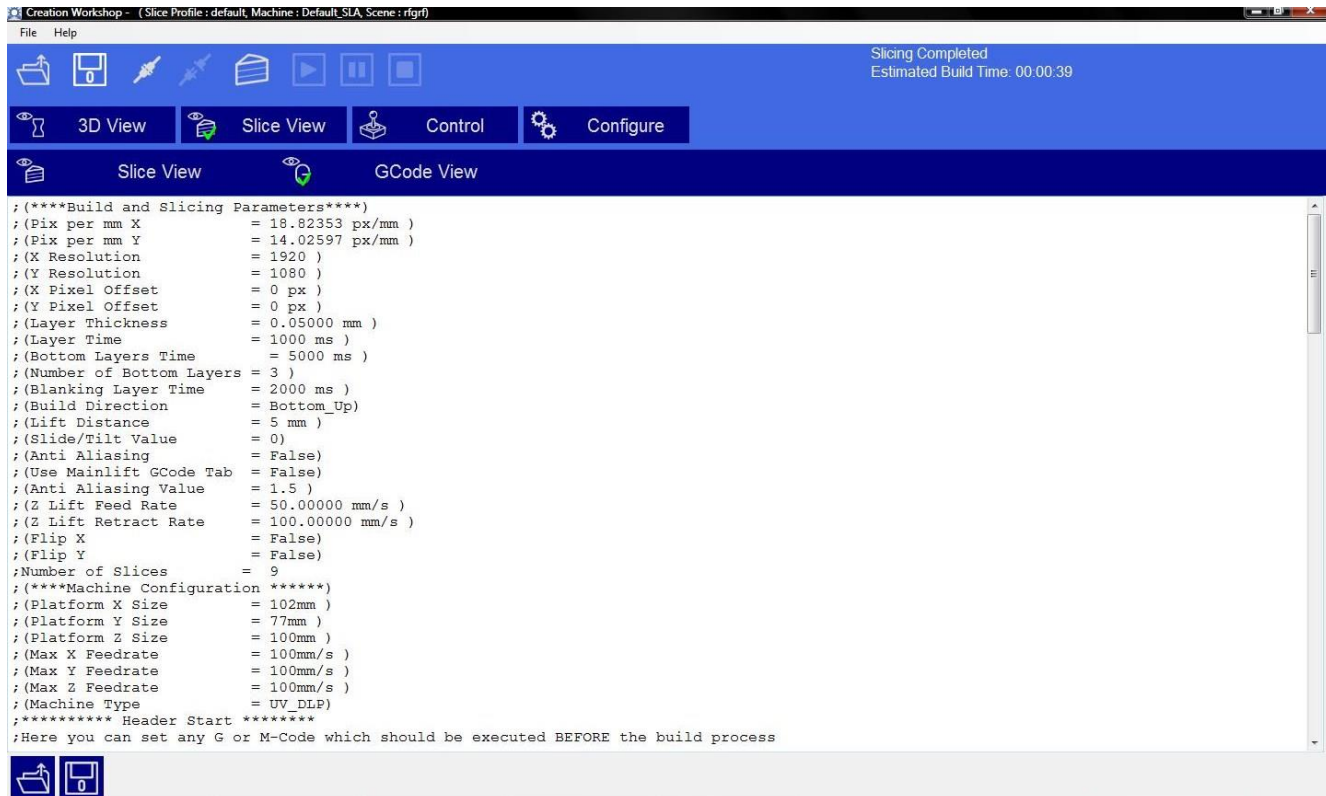
Εικόνα 72. Slicer.



Εικόνα 73. Layers.



Εικόνα 74. Χρόνος εκτύπωσης.



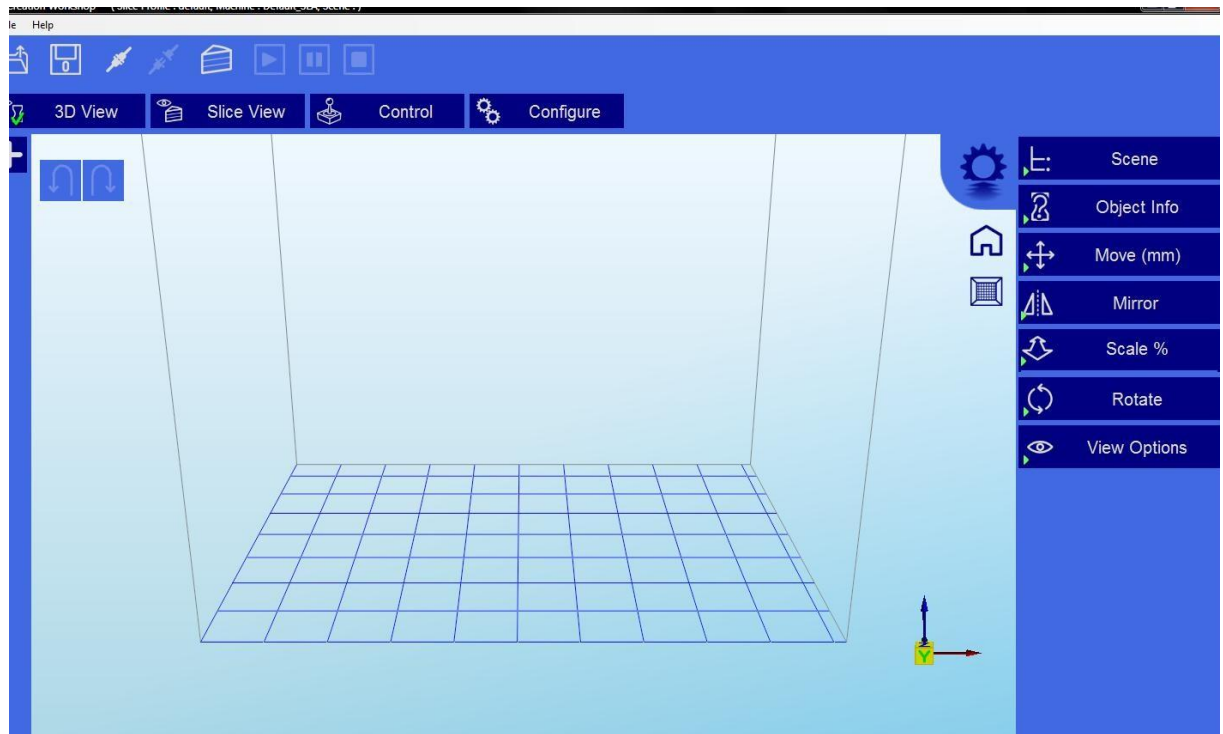
The screenshot shows the Creation Workshop software interface. The title bar indicates the current state: "Creation Workshop - (Slice Profile : default, Machine : Default_SLA, Scene : rfgf)". The top menu bar includes "File" and "Help". A toolbar contains icons for file operations and a status indicator. The main interface has a blue header with tabs for "3D View", "Slice View", "Control", and "Configure". Below this, there are sub-tabs for "Slice View" and "GCode View". The "GCode View" tab is active, displaying a list of G-code parameters and their values. At the bottom left, there are icons for file operations.

```
;(****Build and Slicing Parameters****)
;(Pix per mm X           = 18.82353 px/mm )
;(Pix per mm Y           = 14.02597 px/mm )
;(X Resolution            = 1920 )
;(Y Resolution            = 1080 )
;(X Pixel Offset          = 0 px )
;(Y Pixel Offset          = 0 px )
;(Layer Thickness         = 0.05000 mm )
;(Layer Time              = 1000 ms )
;(Bottom Layers Time     = 5000 ms )
;(Number of Bottom Layers = 3 )
;(Blanking Layer Time    = 2000 ms )
;(Build Direction         = Bottom_Up)
;(Lift Distance           = 5 mm )
;(Slide/Tilt Value        = 0)
;(Anti Aliasing           = False)
;(Use Mainlift GCode Tab = False)
;(Anti Aliasing Value     = 1.5 )
;(Z Lift Feed Rate        = 50.00000 mm/s )
;(Z Lift Retract Rate     = 100.00000 mm/s )
;(Flip X                  = False)
;(Flip Y                  = False)
;(Number of Slices        = 9 )
;(****Machine Configuration *****)
;(Platform X Size         = 102mm )
;(Platform Y Size         = 77mm )
;(Platform Z Size         = 100mm )
;(Max X Feedrate          = 100mm/s )
;(Max Y Feedrate          = 100mm/s )
;(Max Z Feedrate          = 100mm/s )
;(Machine Type            = UV_DLP)
;***** Header Start *****
;Here you can set any G or M-Code which should be executed BEFORE the build process
```

Εικόνα 75. Κώδικας G.

7.2 CREATION WORKSHOP

Το γραφικό περιβάλλον του Creation workshop είναι αρκετά απλό και εύχρηστο. Στο επάνω μέρος, βρίσκονται τα κουμπιά σύνδεσης με την μηχανή, καθώς και τα κουμπιά για την φόρτωση του κώδικα G και την εκτέλεσή του. Όπως επίσης και η επιλογή του τεμαχισμού του επιλεγμένου κομματιού και το κοντρόλ της μηχανής. Στο δεξιό μέρος της οθόνης έχει τις επιλογές για κίνηση του αντικειμένου, την περιστροφή, την κλίμακα που το επιθυμούμε αλλά και πόσο υλικό θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε στο κομμάτι που θα εκτυπώσουμε.



Εικόνα 76 . Γραφικό περιβάλλον Creation Workshop.

7.3 ΕΠΕΞΗΓΗΣΗ ΚΩΔΙΚΑ G

Ο κώδικας G, για 3D Printer, έχει διαφοροποιηθεί από τον κλασσικό κώδικα των C.N.C. εργαλειομηχανών και αυτό οφείλετε στην διάφορα της αρχής λειτουργίας τους. Παρακάτω αναλύονται οι βασικές εντολές.

Αυτό το πρόγραμμα χρησιμοποιεί πληροφορίες από το τεμαχισμένο μοντέλο, και παράγει έναν κώδικα G που ελέγχει τόσο το υλικό του εκτυπωτή αλλά και τον προβολέα ταυτόχρονα. Παρακάτω είναι οι εντολές που χρησιμοποιούνται:

(Pre-Slice GCode)

(<Slice> 2) λέει στον διαχειριστή ότι βρίσκεται στην τομή 2

(<Delay> 5000) λέει στον διαχειριστή ότι σταματάει για 5000 χιλιοστά του δευτερολέπτου (<Slice> Blank)

(Pre-lift GCode)


G1 Z5.00000 F100 (Lift) εντολή κίνησης

G1 Z-4.95000 F100 (End Lift) εντολή κίνησης

(Post-lift GCode)

(<Delay> 2000)

Η επόμενη εντολή κίνησης G1 θα σταλεί στο μηχάνημα όταν οι εντολές Slice και Delay έχουν εκτελεστεί. Αυτό διαφέρει από τα περισσότερα μηχανήματα που χρησιμοποιούν κώδικα G, τα οποία στέλνουν όσο το δυνατόν περισσότερες εντολές στην μηχανή. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η διαδικασία κατασκευής χρησιμοποιεί σχετική κίνηση λειτουργίας αντί για απόλυτη κίνηση.



```
<Delay> 1000
<Slice> Blank
***** Lift Sequence *****
G1 Z5.0 F50.0
G1 Z-4.95 F100.0
<Delay> 2000
***** Lift Sequence *****
***** Pre-Slice Start *****
;Set up any GCode here to be executed before a lift
***** Pre-Slice End *****
<Slice> 5
<Delay> 1000
<Slice> Blank
***** Lift Sequence *****
G1 Z5.0 F50.0
G1 Z-4.95 F100.0
<Delay> 2000
***** Lift Sequence *****
***** Pre-Slice Start *****
;Set up any GCode here to be executed before a lift
***** Pre-Slice End *****
<Slice> 6
<Delay> 1000
<Slice> Blank
***** Lift Sequence *****
G1 Z5.0 F50.0
G1 Z-4.95 F100.0
<Delay> 2000
***** Lift Sequence *****
***** Pre-Slice Start *****
;Set up any GCode here to be executed before a lift
***** Pre-Slice End *****
<Slice> 7
```

Εικόνα 77. Εντολές μέσα στο πρόγραμμα.

ΚΟΣΤΟΛΟΓΙΟ

α/α	Υλικά	Τιμή
1	Προφίλ αλουμινίου	390€
2	Κοχλίας	6€
3	Περικόχλιο	30€
4	Βίδες allen	5€
5	Ροδέλες	5€
6	Προβολέας	700€
7	Μότερ	100€
8	Κυκλικό ρουλεμάν	5€
9	Τετράγωνη ράγα	10€
10	Γραμμικό ρουλεμάν	50€
11	Γυαλί ρητίνης	20€
12	Κόλλα σιλικόνης	10€
13	Df robot mega 2560 v2.0	40€
14	Πλακέτα	10€
15	Τροφοδοτικό	30€
16	Διάφορα κομμάτια αλουμινίου	10€
17	Καλώδιο τροφοδοτικού	3€
18	Καλώδιο USB	5€
19	Καθρέπτης	10€
20	Ρητίνη	100€
21	Γωνιές	20€
22	Κομμάτια ξύλου	30€
	Σύνολο	1589€

Το κόστος της κατασκευής μας ανέρχεται στα 1589€. Αντίστοιχα μοντέλα στην αγορά κοστίζουν περίπου 40% περισσότερα χρήματα από τη δική μας. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι χρησιμοποιούν καλύτερη τεχνολογία εξαρτημάτων και επενδύουν περισσότερα χρήματα στην κατασκευή της μηχανής για ένα πολύ καλύτερο αποτέλεσμα πρωτότυπων μοντέλων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με την δημιουργία της παρούσας πτυχιακής εργασίας, κατανοήσαμε την λειτουργία των μηχανών ταχείας πρωτοτυποποίησης και συγκεκριμένα των μηχανών στερεολιθογραφίας και την σημαντικότητα που έχει η κατασκευή πρωτότυπων μοντέλων. Ο χρόνος κατασκευής ενός πρωτότυπου μειώνεται αρκετά με την χρήση αυτών των μηχανών, με αποτέλεσμα τον ανταγωνισμό της εκάστοτε εταιρίας που τα δημιουργεί. Συνεπώς για αυτή την διαδικασία χρειάζονται λιγότερα και μικρότερου κόστους πρωτότυπα μοντέλα και λιγότεροι ανθρώπινοι πόροι σε σχέση με τις συμβατικές μεθόδους κατασκευής πρωτότυπων.

Σκοπός της συγκεκριμένης πτυχιακής εργασίας ήταν να μελετήσουμε όλες τις σύγχρονες μορφές ταχείας πρωτοτυποποίησης και τις δυνατότητες τους, να σχεδιάσουμε μια νέα συσκευή παραγωγής πρωτότυπων με την χρήση του σχεδιαστικού προγράμματος Solidworks και τέλος να κατασκευάσουμε την συγκεκριμένη μηχανή η οποία λειτουργεί με την μέθοδο της στερεολιθογραφίας.

Η παρούσα μηχανή στερεολιθογραφίας λειτουργεί με τον εξής τρόπο, μέσα σε μία δεξαμενή από γυαλί που δεν απορροφά την ακτινοβολία ρίχνουμε φωτοσκληρυνόμενο υγρό (πολυμερής ρητίνη) το οποίο με την χρήση της ακτίνας UV ενός προβολέα και του κατάλληλου προγράμματος χειρισμού από τον υπολογιστή μας σκληραίνει ανά επίπεδο την ρητίνη δίνοντας της την μορφή που θέλουμε να κατασκευάσουμε (πρωτότυπο μοντέλο). Αφού ολοκληρωθεί η εκτύπωση, το αντικείμενο καθαρίζεται με την χρήση κατάλληλων χημικών και είναι έτοιμο για οποιαδήποτε περαιτέρω κατεργασία του.

Μέσα από την διαδικασία κατασκευής της μηχανής, μας δόθηκε η ευκαιρία να βελτιστοποιήσουμε τις γνώσεις μας σε άλλες μηχανές κατεργασίας όπως παραδείγματος χάρι στον προγραμματισμό εργαλειομηχανών C.N.C. (φρέζα, τόρνος) και σε άλλες χειροκίνητες μηχανές που βρίσκονται στον χώρο του εργαστηρίου όπως δρέπανο, πλάνη, πρέσα κ.τ.λ.. Κατασκευάζοντας το μοντέλο A&G SLA 3D Printer, το οποίο είναι παράδειγμα από την πληθώρα μηχανών που υπάρχουν, καταλήξαμε στο πόσο σημαντικό ρόλο παίζουν οι ακριβείς μετρήσεις που παίρνουμε, και η σωστή αξιοποίηση των διαθέσιμων πόρων που είχαμε στην κατοχή μας.

Επιπρόσθετα, αναπτύξαμε σε σημαντικό βαθμό τις ήδη υπάρχουσες γνώσεις μας, στα σχεδιαστικά προγράμματα που υπάρχουν διαθέσιμα, καθώς και την επεξεργασία ψηφιακών αρχείων C.A.D. για την παραγωγή του αποτελέσματος που επιθυμούσαμε.

Σίγουρα η μηχανή αυτή δεν αντιπροσωπεύει ένα «τέλειο» δείγμα των μηχανών πρωτοτυποποίησης και μπορεί να βελτιωθεί ακόμα περισσότερο παράγοντας πρωτότυπα μοντέλα καλύτερης ακρίβειας, μεγαλύτερων λεπτομερειών και επίσης σε λιγότερο χρόνο. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί αντικαθιστώντας ορισμένα ή και όλα τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν. Όπως για παράδειγμα τον προβολέα που χρησιμοποιήσαμε με έναν καλύτερης ανάλυσης ο οποίος θα είχε μεγαλύτερο κόστος από τον προϋπολογισμό μας. Ακόμα, το γυαλί της λεκάνης της ρητίνης θα μπορούσε να είναι ποιοτικά καλύτερο σε σχέση με τα απλά γυαλιά που κυκλοφορούν στην αγορά. Και αυτό θα είχε μια επιπλέον οικονομική επιβάρυνση. Επίσης, επεμβάσεις μπορούν

να γίνουν και στον σκελετό της μηχανής, κάνοντάς τον πιο στιβαρό, με άμεσο αντίκτυπο στην χρήση της μηχανής, καθώς και σε κύρια μηχανολογικά μέρη όπως ο τρόπος κύλισης στον άξονα, η μετάδοση της κίνησης και άλλα.

Με το πέρας αυτής της πτυχιακής εργασίας, έχουμε διευρύνει τους ορίζοντες σκέψης μας, στην ανάπτυξη νέων εναλλακτικών τρόπων κατασκευής και παραγωγής αντικειμένων, και στην κατανόηση της σημαντικότητας αυτών.

Επιπλέον, η παρούσα εργασία, αποτελεί ένα παράδειγμα της τεράστιας χρήσης μηχανών πρωτοτυποποίησης που γίνεται σε παγκόσμιο επίπεδο, καθώς και τα οφέλη που παρέχουν στις βιομηχανικές γραμμές παραγωγής.

Η αξιοποίηση τέτοιου είδους μηχανών, έχει γίνει πλέον και σε τομείς, που δεν σχετίζονταν σε μεγάλο βαθμό με τις μαζικές γραμμές παραγωγής, όπως η ιατρική, η κοσμηματοποιία, η ζαχαροπλαστική και η κατασκευή μακετών, αφού πρακτικά οι χρήσεις ενός τέτοιου μηχανήματος είναι άπειρες.

Αναμένεται στο μέλλον, να αναπτυχθούν νέα υλικά κατεργασίας των μηχανών ταχείας πρωτοτυποποίησης, βελτιώνοντας περαιτέρω τον χρόνο κατασκευής ενός πρωτότυπου αντικείμενου, καθώς και τις μηχανικές του ιδιότητες σε μεγάλο βαθμό. Εξετάζονται διαφόρων ειδών πολυμερή, καθώς και νέοι τρόποι εκτύπωσης κομματιών από μέταλλο, αλλάζοντας ριζικά την παραγωγή όπως την ξέρουμε μέχρι σήμερα. Η εξέλιξη των υπολογιστικών συστημάτων, και η δημιουργία νέων, γρηγορότερων πρωτοκόλλων επικοινωνίας μεταξύ μηχανής και υπολογιστή, προβλέπεται να βοηθήσει σε μεγάλο βαθμό, την παραγωγή όλων των αντικειμένων και προϊόντων.

ΠΗΓΕΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- http://www.emboridis.gr/images/2_43211.jpg
- <http://www.solution-ware.com/modules/images/solidworks-powercam.jpg>
- http://www.fule-hardware.com/product/precision_parts/big/cncturned03.JPG
- <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSKLghURhCYa49DpCtCVm-E6ve9zdvaWvsQm594bD9wOd3hoXIVNA>
- http://www.tenlinks.com/news/PR/solidcam/072213_sp2.htm
- http://www.thermoanalytics.com/system/files/images/cae_software/radtherm_user_interface.jpg
- http://3dsystems.intercept-corp.com/images/1000_3.jpg
- https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRhYzd5ggKo-PPWiTTOJZJNYnXXe_tMQygBI0eAYuXestLYNqmm
- <https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRQQ7uHzEMB1-S8s05mbSjEKYH8zuvlaPrsYF-abWbm6skyIKrP>
- <http://3dprintheq.com/wp-content/uploads/2013/01/3d-prototyping.jpg>
- <https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSqypQqIDAliMfzYwJOaKZmYnZPWDxL6Dfm-bTQtDclguXEAfz1>
- <http://img.photobucket.com/albums/v31/Bismarck/RS250/SNC00120.jpg>
- <http://www.ares-prototype.com/services/?gclid=CI7DneH5vcECFSXHtAodcwkAzw>
- http://content.answcdn.com/main/content/img/CDE/_3DPOLYJ.GIF
- http://www.utwente.nl/ctw/opm/research/design_engineering/rm/RM%20processes/RM%20processes-4.jpg
- <http://www.custompartnet.com/wu/images/rapid-prototyping/inkjet-printing.png>
- http://3.bp.blogspot.com/-rkDyKSvcQ6s/UgU1d6nF-dI/AAAAAAAAALY/Qp1ZIFIBnII/s1600/L_3DP_Diagram_DREAMS_Scaled.png<http://www.custompartnet.com/wu/images/rapid-prototyping/sls.png>
- <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSblBhvwdp7h1mrOXHmxBTq3IshWeK4dmGkh2tMNuODQYnFxBqWqg>

- <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTxPBPLmLNsTNbm4mWJv2sYAU FazJreYEXC6EOorboqqCWZh4AKq>
- http://www.designerdata.nl/productietechnieken/fused_deposition_modeling.php?lang=en
- <http://www.cruzelabs.com/wp-content/uploads/2014/03/FDM.jpg>
- <https://encrypted-tbn3.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQgviCl64NqDRj1FnUfDfSw9kPcVv LNBSq1LHfViCrk6o6-YwNn>
- <http://www.custompartnet.com/wu/images/rapid-prototyping/jetted-photopolymer-small.png>
- http://portal.tpu.ru/SHARED/k/KSO/Files/TomskCAD/SGC/ris6_8b.JPG
- <http://forums.reprap.org/read.php?262,267088>
- <http://www.instructables.com/id/DIY-high-resolution-3D-DLP-printer-3D-printer/>

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- http://reprap.org/wiki/RAMPS_1.4
- <http://solid3dprint.com/gr/>
- <http://digilib.lib.unipi.gr/dspace/bitstream/unipi/728/1/PD2005-0007.pdf>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Resin_casting
- http://en.wikipedia.org/wiki/Synthetic_resin
- <https://www.indiegogo.com/projects/lumifold-the-foldable-photo-activated-resin-based-3d-printer>
- <http://www.tm.teiher.gr/Portals/23/Shmeioseis/kataskeuastikes%20texnologies/7-RPM.pdf>
- <http://www.cadlab.tuc.gr/courses/prodev/RP.pdf>
- <http://www.tm.teiher.gr/Portals/23/Shmeioseis/cad/cad.pdf>
- http://nefeli.lib.teicrete.gr/browse/stef/mhx/2013/ManiadiAthina/attached-document-1385996143-940500-25116/Maniadi_Athina.2013.pdf
- http://www.wipo.int/wipo_magazine/en/2013/02/article_0004.html
- <http://www.livepedia.gr/content-providers/periskopio/32473D-PRINTING.pdf>
- <http://www.instructables.com/id/DIY-high-resolution-3D-DLP-printer-3D-printer/>
- <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CF%8D%CE%BB%CE%B7:%CE%9A%CF%8D%CF%81%CE%B9%CE%B1>

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ – ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

- RP = Rapid prototyping, Ταχεία πρωτοτυποποίηση
- C.A.D. = Computer Aided Design, Σχεδίαση με την βοήθεια Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.
- C.A.M. = Computer Aided Manufacturing, Κατασκευή με την βοήθεια Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.
- C.A.E. = Computer Aided Engineering, Μηχανική με την βοήθεια Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.
- C.I.M. = Computer Integrated Manufacturing, Παραγωγή με την βοήθεια Ηλεκτρονικού Υπολογιστή
- STL = Stereolithography, Στερεολιθογραφία
- SLS = Selective Laser Sintering, Επιλεκτική σύντηξη με την χρήση ακτινών λέιζερ
- LOM = Laminated Object Manufacturing, Συγκόλληση λεπτών φύλων
- SGC = Ground Curing, Στερεά Σκλήρυνση Επιφανείας
- FDM = Fused Deposition Modeling, Εναπόθεση –Σύντηξη διαδοχικών στρώσεων
- CNC = Computer Numerical Control, Αριθμητικός Έλεγχος Μέσω Ηλεκτρονικού Υπολογιστή.
- ΤΚΠ = Ταχεία Κατασκευή Πρωτότυπων.
- CM = Centimeter, Εκατοστά
- MM = Millimeter, Χιλιοστά.
- PLA = POLYGALA TIC ACID, Πολυγαλακτικό οξύ
- ABS = Ακρολονιτρίλιο Βουταδιαίνειο Στυρόλιο
- PSU = Power Supply Unit, Τροφοδοτικό.