

Εγχειρίδιο

**Πρόγραμμα σπουδών και εκπαιδευτικό υλικό για την
τρισδιάστατη εκτύπωση με βάση το ECVET στην
εκπαίδευση στον τομέα της τεχνολογίας της
αυτοκινητοβιομηχανίας**

που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο του έργου με τίτλο

**Εκπαιδευτικές ενότητες τρισδιάστατης εκτύπωσης για τις
τεχνολογίες της αυτοκινητοβιομηχανίας συμβατές με το ECVET**

Ακρωνύμιο

3D4AUTO

Η παρούσα έκδοση πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου "3D4AUTO" του ευρωπαϊκού προγράμματος Erasmus Plus KA220-VET. Το έργο αυτό χρηματοδοτήθηκε με την υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Η παρούσα δημοσίευση αντικατοπτρίζει τις απόψεις μόνο του συγγραφέα και η Επιτροπή και η Διαχειριστική Αρχή δεν φέρουν καμία ευθύνη για οποιαδήποτε χρήση των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτήν.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	1
1.1	Ιστορία της τρισδιάστατης εκτύπωσης	1
1.2	Τρισδιάστατη εκτύπωση στην αυτοκινητοβιομηχανία	5
1.3	Χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην εκπαιδευτική διαδικασία	7
1.4	Πιθανή ανάπτυξη της ικανότητας του σπουδαστή κατά την προετοιμασία για εξάσκηση	9
2	ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΕΚΤΥΠΩΤΗ	12
2.1	Μηχανικά εξαρτήματα	12
2.1.1	Εξωθητής	12
2.1.2	Κλίνη εκτύπωσης	13
2.1.3	Θερμά άκρα	14
2.1.4	Νήματα	16
2.1.5	Γρανάζια	18
2.1.6	Κασέτα θέρμανσης	19
2.1.7	Θερμοστάτης	20
2.1.8	Ακροφύσιο	21
2.1.9	Ανεμιστήρας ψύξης	22
2.1.10	Άξονας X-Y-Z	23
2.1.11	Τερματικά (End stops)	23
2.1.12	Βίδες μολύβδου	24
2.1.13	Ιμάντες	25
2.1.14	Μηχανισμός βηματικού κινητήρα	27
2.2	Ηλεκτρικά εξαρτήματα	28
2.2.1	Τροφοδοσία ρεύματος	28
2.2.2	Μητρικές πλακέτες	29
2.2.3	Υποδοχές κάρτας SD	29
2.2.4	Οδηγοί βηματικών κινητήρων	30
2.2.5	Οθόνη και περιβάλλον εργασίας χρήστη	31



BDC4AUTO



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

3	ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΣΕ ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	31
3.1	Εισαγωγή	31
3.2	3D Drawing	32
3.3	OnShape Λογισμικό	33
3.4	Δημιουργία ενός τμήματος/αντικειμένου στο OnShape	33
3.5	Τεχνικές Σχεδίασης	42
3.5.1	Στρογγυλές γωνίες σε 2D και 3D σχέδια	43
3.5.2	Σχεδιασμός Κυκλικού Μοτίβου	47
3.6	Εισαγωγή στο STL	52
3.7	Λογισμικό Ultimaker Cura	54
3.8	Εισαγωγή του αρχείου STL στο Ultimaker Cura και κοπή σε μέρη	55
3.9	Συμπέρασμα	58
4	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΥ	60
4.1	Ομοιόμορφος τεμαχισμός	61
4.2	Φαινόμενο κλίμακας	64
4.3	Τεμαχισμός με προσαρμογές	66
4.4	Τεμαχισμός καμπύλων στρωμάτων	69
4.5	Άμεσος τεμαχισμός	70
5	ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΕΚΤΥΠΩΤΗ	72
5.1	Εισαγωγή	72
5.2	Τεχνολογίες εκτύπωσης: Εκτύπωση σε υγρή βάση	73
5.2.1	Φωτοπολυμερισμός- Στερολιθογραφία	73
5.3	Πολυμερισμός: Συσκευές στερεολιθογραφίας	74
5.3.1	Βάση ειδικής μηχανής	74

5.3.1.1	στερεολιθογραφία με λείζερ	74
5.3.1.1.1	Αρχή της δημιουργίας στρώματος	75
5.3.2	Πλεονεκτήματα της στερεολιθογραφίας	80
5.3.3	Μειονεκτήματα της στερεολιθογραφίας	81
5.4	Τεχνολογίες εκτύπωσης: Εκτύπωση με βάση κόλλα σε σκόνη	83
5.4.1	Λιώσιμο και στερεοποίηση σκόνης και κόκκων: Πυροσυσσωμάτωση με λέιζερ (LS)	83
5.4.2	Αρχή της δημιουργίας στρώματος	84
5.4.2.1	ΣΧΕΔΙΑΣΗ	85
5.4.2.2	μεταγενεστερή επεξεργασία	86
5.4.2.3	διαδικασίες που επονται	88
5.5	Τεχνολογίες εκτύπωσης: Εκτύπωση με βάση την εξώθηση	89
5.5.1	Διαδικασίες εξώθησης	89
5.5.1.1	ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΞΩΘΗΣΗΣ	89
5.5.2	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΕΞΩΘΗΣΗΣ	91
5.5.2.1	ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	91
5.5.2.2	ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	92
5.5.3	Περιγραφή Διαδικασίας	92
5.5.3.1	ΑΡΧΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ	93
5.6	Βιβλιογραφία	96
6	ΥΛΙΚΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ	97
6.1	Εισαγωγή	97
6.2	Πλαστικό	97
6.2.1	Πολυελαστικό οξύ (PLA)	98
6.3	Ακρυλονιτρίλιο βουταδιένιο στυρόλιο (ABS)	99
6.3.1	Πλαστικό πολυβινυλικής αλκοόλης (PVA)	100
6.3.2	Πολυανθρακικό (PC)	101
6.4	Υλικά σε σκόνη	102
6.4.1	Πολυαμίδιο (νάιλον)	102
6.5	Αλουμίδιο	103
6.6	Ρητίνες	103



ΕΡΧΑΥΤΟ



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

6.7	Μέταλλο	105
6.8	Ανθρακονήματα	106
6.9	Γραφίτης ή Γραφένιο	107
6.10	Ξύλο	108
6.11	Πολυστυρένιο υψηλής αντοχής (HIPS)	109
6.12	Τερεφθαλικό πολυαιθυλενίο τροποποιημένο με Γλυκόλη (PETG)	110
6.13	Σύγκριση υλικών τρισδιάστατης εκτύπωσης	111
6.14	Αναφορές	113
7	ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΩΔΙΚΩΝ STL ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ	113
7.1	Εργαλείο αφαίρεσης φίλτρου λαδιού	113
7.1.1	Ρυθμίσεις εκτύπωσης	114
7.2	Πινέζες/Πριτσίνια	115
7.2.1	Ρυθμίσεις εκτύπωσης	115
7.3	Διορθωτήρες	116
7.3.1	Ρυθμίσεις εκτύπωσης	117
7.4	Μετρητής βάθους αύλακα	119
7.4.1	Ρυθμίσεις εκτύπωσης	119
7.5	Υποδοχέας ρελέ	120
7.5.1	Ρυθμίσεις εκτύπωσης	121
7.6	Εργαλείο επιδιόρθωσης και αφαίρεσης	121
7.6.1	Ρυθμίσεις εκτύπωσης	122
7.7	Ασφάλεια	122
7.7.1	Ρυθμίσεις εκτύπωσης	123
7.8	Κιβώτιο ταχυτήτων	124
7.8.1	Εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν:	124
7.8.2	Ρυθμίσεις εκτύπωσης	125



7.9	Διαφορικό αυτοκινήτων	126
7.9.1	Ρυθμίσεις εκτύπωσης	127
7.10	Αναφορές	128
8	TEST ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ	130
8.1	Αξιολόγηση, Ενότητα 1	130
8.2	Αξιολόγηση, Ενότητα 2	132
8.3	Αξιολόγηση, Ενότητα 3	134
8.4	Αξιολόγηση, Ενότητα 4	137
8.5	Αξιολόγηση, Ενότητα 5	140
8.6	Αξιολόγηση, Ενότητα 6	142
8.7	Αξιολόγηση, Ενότητα 7	145

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

1.1 Ιστορία της τρισδιάστατης εκτύπωσης

Η στερεολιθογραφία, ευρέως γνωστή ως τρισδιάστατη εκτύπωση, υπάρχει από τη δεκαετία του 1980. Οι πρώτοι πρωτοπόροι την αποκαλούσαν τεχνολογία ταχείας πρωτοτυποποίησης, οπότε γεννήθηκε ο όρος τρισδιάστατη εκτύπωση. Αν και η εκτύπωση είναι μόνο ένα μέρος της διαδικασίας, οι περισσότεροι προτιμούν να χρησιμοποιούν τον όρο "τρειςδιάστατη εκτύπωση" όταν μιλάμε για τεχνολογία γενικά.

Στις αρχές της δεκαετίας του 1980, λίγοι άνθρωποι ήταν σε θέση να συνειδητοποιήσουν τις πλήρεις δυνατότητες αυτής της εκπληκτικής τεχνολογίας. Για πρώτη φορά, χρησιμοποίησαν αυτή την πρώιμη διαδικασία ως έναν προσιτό τρόπο για την κατασκευή πρωτοτύπων προϊόντων σε ορισμένες βιομηχανίες.

Ο Ιάπωνας δικηγόρος Dr. Hideo Kodama ήταν ο πρώτος που κατέθεσε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την τεχνολογία ταχείας πρωτοτυποποίησης. Δυστυχώς γι' αυτόν, οι αρχές απέρριψαν το αίτημά του. Γιατί; Επειδή ο Kodama έχασε την προθεσμία του ενός έτους, δεν μπόρεσε να καταθέσει εγκαίρως πλήρεις αξιώσεις διπλώματος ευρεσιτεχνίας. Ήταν ακόμα ο Μάιος του 1980. Δεδομένου ότι ο Dr Kodama ήταν δικηγόρος διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, η παράβασή του ήταν λυπηρή.

Τέσσερα χρόνια μετά η γαλλική ομάδα μηχανικών του Dr Kodama αποφάσισε να χρησιμοποιήσει την τεχνολογία. Αν και ενδιαφέρονταν πολύ για τη στερεολιθογραφία, σύντομα αναγκάστηκαν να εγκαταλείψουν την αποστολή τους. Παρά τις καλύτερες προθέσεις τους, δεν υπήρχε εμπορικό ενδιαφέρον για την τρισδιάστατη εκτύπωση. Αλλά αυτό δεν ήταν το τέλος.

Η μαζική εξάπλωση της τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να χρονολογηθεί από το 2009. Προκλήθηκε μόνο από τη λήξη της τεχνολογίας τρισδιάστατης εκτύπωσης στην αυτοκινητοβιομηχανία, την προστασία της τεχνολογίας πατεντών FDM (FFF), τη βελτίωση της υπολογιστικής ισχύος των υπολογιστών και του λογισμικού και την ανάπτυξη νέων υλικών.

Το 1986, ο Charles Hull κατοχύρωσε με επιτυχία το πρώτο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για τη στερεολιθογραφία (μία από τις τεχνολογίες τρισδιάστατης εκτύπωσης όπου η φωτοευαίσθητη ρητίνη σκληραίνεται με υπεριώδες φως). Ήταν επίσης ο πρώτος που εφηύρε μια λειτουργική μηχανή για την τεχνολογία αυτή το 1992. Το μηχάνημα αυτό ήταν σε θέση να εκτυπώνει φυσικά αντικείμενα με βάση ένα ψηφιακό πρότυπο. Αυτό ήταν ίσως το πιο σημαντικό ορόσημο για την τρισδιάστατη εκτύπωση. Ο Charles ίδρυσε αργότερα την 3D Systems Corporation. Ένα χρόνο αργότερα, κατασκευάστηκε ο πρώτος τρισδιάστατος εκτυπωτής για την τεχνολογία SLS (laser sintering).

Το 1989, ο Scott Crump και η σύζυγός του Lisa Crump εφηύραν την πιο ευρέως χρησιμοποιούμενη σήμερα τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης FFF (FDM), όπου το πλαστικό σύρμα λιώνει και εφαρμόζεται σε στρώματα. Είναι ενδιαφέρον πώς προέκυψε αυτή η ιδέα. Προσπάθησε να φτιάξει έναν πλαστικό βάτραχο για την κόρη του με πιστόλι τήξης με μείγμα πολυαιθυλενίου και κεριού. Μετά από ανεπιτυχείς προσπάθειες, αποφάσισε να αυτοματοποιήσει τη διαδικασία παραγωγής έτσι ώστε να εφαρμόζονται λεπτά στρώματα το ένα πάνω στο άλλο. Ο Crump ίδρυσε αργότερα την εταιρεία Stratasys.

Το 2004, ο Adrian Bowyer, καθηγητής Μηχανολογίας στο Πανεπιστήμιο του Bath στην Αγγλία, ίδρυσε το πρόγραμμα ανοικτού κώδικα RepRap, του οποίου η ιδέα ήταν η εκτύπωση ανταλλακτικών, γεγονός που επιτάχυνε σημαντικά την ανάπτυξη των τρισδιάστατων εκτυπωτών. Η τσεχική εταιρεία Prusa Research δημιουργήθηκε επίσης με βάση αυτή την ιδέα.



Εικόνα 1-1 - xyzprint.eu

Το 2009, έληξε η ισχύς των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας για την τεχνολογία FDM (FFF), γεγονός που επέτρεψε την απότομη πτώση των τιμών και, συνεπώς, τη μαζική εξάπλωση αυτής της τεχνολογίας για τους τελικούς χρήστες.

Η μετάβαση στη 2η χιλιετία ήταν συναρπαστική, διότι στον άνθρωπο εμφυτεύθηκε το πρώτο όργανο που κατασκευάστηκε με τρισδιάστατη εκτύπωση. Οι ερευνητές του Ινστιτούτου Αναγεννητικής Ιατρικής του Wake Forest εξήγαγαν μια συνθετική εκδοχή της ανθρώπινης ουροδόχου κύστης και την επικάλυψαν με ανθρώπινα κύτταρα. Ο νεοσχηματισμένος ιστός στη συνέχεια εμφυτεύτηκε σε ασθενείς με ελάχιστες έως καθόλου πιθανότητες, ότι το ανοσοποιητικό τους σύστημα θα τον απέρριπτε, επειδή ήταν φτιαγμένος από τα δικά τους κύτταρα. Από ιατρικής άποψης, ήταν μια σπουδαία δεκαετία στην ιστορία της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Μέσα σε δέκα σύντομα χρόνια, επιστήμονες από διάφορα ιδρύματα και νεοφυείς επιχειρήσεις δημιούργησαν λειτουργικές μινιατούρες νεφρών, κατασκεύασαν ένα προσθετικό πόδι με πολύπλοκα μέρη που εξώθησαν στην ίδια δομή, ή μια βιοεκτύπωση των πρώτων αιμοφόρων αγγείων που δημιουργήθηκαν χρησιμοποιώντας μόνο ανθρώπινα κύτταρα. Ήταν επίσης μια δεκαετία κατά την οποία η τρισδιάστατη εκτύπωση πέρασε στην κατηγορία των ανοικτών λύσεων. Ο Adrian Bowyer ξεκίνησε το έργο RepRap το 2005 - μια πρωτοβουλία βασισμένη σε ανοικτές λύσεις για τη δημιουργία ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή που θα μπορούσε ουσιαστικά να κατασκευαστεί - ή τουλάχιστον να εκτυπώσει τα περισσότερα από τα μέρη του. Το 2008 παρουσιάστηκε ο αυτοαναπαραγόμενος εκτυπωτής Darwin.

Ξαφνικά, οι άνθρωποι παντού είχαν την ευκαιρία να δημιουργήσουν τα δικά τους πράγματα που επιθυμούσαν. Το πρόγραμμα Kickstarter, το οποίο ξεκίνησε το 2009 και έκτοτε έχει λάβει χρηματοδότηση για σειρά έργων τρισδιάστατης εκτύπωσης, υπήρξε επίσης ενδιαφέρον. Μέχρι τα μέσα του 2000, οι νέες προσεγγίσεις στην παραγωγή αντανάκλουν ήδη τις απαιτήσεις για λύσεις πελατών και υποστήριζαν επίσης την ιδέα της μαζικής προσαρμογής των προϊόντων στους πελάτες. Η πρώτη μονάδα SLS έγινε εμπορικά βιώσιμη το 2006, ανοίγοντας την πόρτα στη βιομηχανική παραγωγή κατά παραγγελία.

Η νεοσύστατη επιχείρηση Object (που σήμερα έχει συγχωνευθεί με την Stratasys) που επικεντρώθηκε στην τρισδιάστατη εκτύπωση δημιούργησε μια μηχανή που μπορούσε να εκτυπώνει από πολλαπλά υλικά, επιτρέποντας την παραγωγή ενός και μόνο προϊόντος σε διαφορετικές εκδόσεις με διαφορετικές ιδιότητες υλικών.

Το αποκορύφωμα των εντατικών δημιουργικών καινοτομιών αυτής της δεκαετίας ήταν η έναρξη της λεγόμενης συνεργατικής συνεργασίας, όπως το Shareways, μια αγορά τρισδιάστατης εκτύπωσης όπου οι σχεδιαστές μπορούν να λαμβάνουν ανατροφοδότηση από τους καταναλωτές και άλλους σχεδιαστές και η κατασκευή των προϊόντων τους.

Αν κοιτάξουμε πίσω στα τελευταία χρόνια και τα συγκρίνουμε με το παρόν, δεν θα απέχουμε πολύ από την αλήθεια αν πούμε ότι ζούμε ήδη στο μέλλον. Σχεδόν. Ενώ η τιμή των τρισδιάστατων εκτυπωτών έχει πέσει ραγδαία και η ακρίβεια της τρισδιάστατης εκτύπωσης έχει βελτιωθεί, οι καινοτόμοι φέρνουν βελτιώσεις που ο Ch. Hull θα μπορούσε μόνο να ονειρευτεί. Οι σχεδιαστές δεν περιορίζονται πλέον στην εκτύπωση με πλαστικό. Σήμερα, μπορείτε να εκτυπώσετε το δαχτυλίδι αρραβώνων των ονείρων σας από χρυσό ή ασήμι. Η KOR Ecologic παρουσίασε το Urbee, ένα αυτοκίνητο με αμάξωμα κατασκευασμένο με τρισδιάστατη εκτύπωση, κατασκευασμένο έτσι ώστε να έχει αυτονομία 85 χιλιομέτρων/λίτρο στον αυτοκινητόδρομο.

Εκτός από τα κοσμήματα και τα αεροσκάφη, η τρισδιάστατη εκτύπωση χρησιμοποιείται πλέον για την παραγωγή οικονομικά προσιτών κατοικιών για τον αναπτυσσόμενο κόσμο- οι οραματιστές άρχισαν να χρησιμοποιούν την τεχνολογία για να προωθήσουν τα πάντα, από έξυπνα ρομποτικά χέρια, προσθετικά οστά, ακόμη και διάφορα εξαρτήματα με πάχος μερικών ατόμων (με αποτέλεσμα ακόμη μικρότερα ηλεκτρονικά και μπαταρίες). Όποιος νομίζει ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση αφορά μόνο την κατασκευή μικρών αντικειμένων πρέπει να αναθεωρήσει, διότι μηχανικοί του Πανεπιστημίου του Σαουθάμπτον στην Αγγλία κατασκεύασαν και δοκίμασαν με επιτυχία το πρώτο λειτουργικό μη επανδρωμένο αεροσκάφος που κατασκευάστηκε με τρισδιάστατη εκτύπωση.

Το συνολικό κόστος ήταν λιγότερο από 7.000 δολάρια.

2013: Γνωρίζατε ότι η τεχνολογία της τρισδιάστατης εκτύπωσης έγινε ανάρπαστη μετά την αναφορά της από τον Πρόεδρο των Ηνωμένων Πολιτειών σε ομιλία του; Στην ομιλία του σχετικά με την κατάσταση της Ένωσης το 2013, ο Μπαράκ Ομπάμα εξήρε την τρισδιάστατη εκτύπωση επειδή έχει "τη δυνατότητα να φέρει επανάσταση σε ό,τι κάνουμε".

Η σουηδική εταιρεία Cellink λανσάρει τον πρώτο τυποποιημένο εμπορικό εκτυπωτή για βιοντίζελ. Είναι κατασκευασμένος από ένα υλικό που λαμβάνεται από φύκια και ονομάζεται νανοαλγινική κυτταρίνη και το βιοντίζελ μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτύπωση ιστικών χόνδρων.

Το πρώτο προϊόν της Cellink κοστίζει 99 δολάρια ανά επαναπλήρωση. Την ίδια χρονιά, η εταιρεία πούλησε επίσης έναν εκτυπωτή στην τιμή των 4.999 δολαρίων. Η τελευταία προσθήκη της εταιρείας είναι ο εκτυπωτής BIO X, ο οποίος κοστίζει 40.000 δολάρια. Χάρη σε αυτά τα προϊόντα, η τρισδιάστατη βιοεκτύπωση γίνεται μια πιο προσιτή τεχνολογία για ένα ευρύ φάσμα ερευνητών σε όλο τον κόσμο. Τρία τυχαία, σπουδαία, απροσδόκητα γεγονότα σχετικά με την τρισδιάστατη εκτύπωση: Η NASA είναι μεγάλος υποστηρικτής της τρισδιάστατης εκτύπωσης - από τα τρόφιμα μέχρι τον πρώτο τρισδιάστατο εκτυπωτή χωρίς βάρος στο διάστημα. Υπάρχει στην αγορά ένας τρισδιάστατος εκτυπωτής (Photonic Professional GT) που μπορεί να δημιουργήσει αντικείμενα που δεν είναι πιο χονδροειδή από την ανθρώπινη τρίχα. Ο Louis DeRosa χρησιμοποίησε ένα 3Doodler - ένα 3D στυλό για να δημιουργήσει ένα λειτουργικό drone με έξι κινητήρες.

1.2 Τρισδιάστατη εκτύπωση στην αυτοκινητοβιομηχανία

Τα επόμενα χρόνια θα φέρουν σίγουρα περαιτέρω πρωτοποριακές ανακαλύψεις και ορόσημα, τα οποία θα οδηγήσουν σε ακόμη ταχύτερη προσαρμογή της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Οι συμβατικές μέθοδοι παραγωγής, όπως η τόννευση, το φρεζάρισμα, η κοπή, η λείανση, η διάτρηση κ.ο.κ. δεν θα εξαφανιστούν τόσο γρήγορα. Μπορεί να είναι ακόμα εδώ για εκατοντάδες χρόνια, αν και τα ποσοστά χρήσης τους θα μειωθούν.

Στην πράξη, η τρισδιάστατη εκτύπωση χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή πλαστικών εξαρτημάτων με διαστάσεις έως 200x200x200mm (τεχνολογία FFF/FDM). Λόγω της χαμηλότερης ακρίβειας και του υψηλού χρόνου παραγωγής, πρόκειται για παραγωγή τεμαχίων ή προϊόντων χαμηλής σειράς.

Σήμερα, η τρισδιάστατη εκτύπωση έχει κερδίσει έδαφος κυρίως στους ακόλουθους τομείς:

- Σχολικές προμήθειες
- Λειτουργικές συσκευές
- Λειτουργικά μεταλλικά εξαρτήματα
- Εξατομικευμένα προϊόντα
- Προϊόντα σχεδιασμού

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι, σε γενικές γραμμές, η προσθετική παραγωγή έχει τους λιγότερους τεχνολογικούς και μορφολογικούς περιορισμούς σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες

παραγωγής. Στην πράξη, αυτό σημαίνει απλώς ότι αυτό που δεν ήταν δυνατό να παραχθεί πριν από 20 χρόνια είναι ήδη δυνατό με την έλευση αυτών των τεχνολογιών, γεγονός που ανοίγει εντελώς νέες δυνατότητες χρήσης. Το κύριο πλεονέκτημα της "ελεύθερης μοντελοποίησης" είναι η λεγόμενη τοπολογική βελτιστοποίηση, μέσω της οποίας επιτυγχάνουμε έναν οργανικό ελαφρύ σχεδιασμό.



Εικόνα 1-2 - nextech.sk

Ένας από τους παράγοντες για την επιλογή της τεχνολογίας παραγωγής θα είναι η οικονομική πτυχή της παραγωγής, αλλά η ευελιξία της παραγωγής κερδίζει επίσης έδαφος. Σε αυτό, η προσθετική παραγωγή είναι σαφής νικητής. Σε σύγκριση με την έγχυση πλαστικού σε καλούπι, όπου παράγουμε το πρώτο κομμάτι μετά από περίπου 8 έως 12 εβδομάδες, η διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας είναι ασύγκριτα μικρότερη. Τα επόμενα χρόνια, θα γίνεται όλο και πιο σημαντικό να παράγουμε γρήγορα, με ποιότητα και με ακρίβεια.

Θεωρούμε ότι η μαζική εξατομίκευση των προϊόντων θα είναι η κύρια χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Ωστόσο, το συνολικό κόστος παραγωγής θα είναι υψηλότερο σε σύγκριση με τις μεγάλες σειρές. Ως εκ τούτου, ο τελικός πελάτης πληρώνει επιπλέον. Το κόστος αυτό είναι κυρίως ο χρόνος του σχεδιαστή για την προετοιμασία του μοντέλου και τη σωστή ρύθμιση των παραμέτρων της μηχανής. Στη συνέχεια, ο χρόνος παραγωγής, η τιμή του υλικού και ενδεχομένως η τελική επεξεργασία του προϊόντος.

1.3 Χρήση της τρισδιάστατης εκτύπωσης στην εκπαιδευτική

διαδικασία

Η τεχνική εκπαίδευση ασχολείται με την εργασία στις τεχνολογίες και τους νέους τομείς της εφαρμοσμένης επιστήμης στην εκπαίδευση. Δίνει έμφαση στην κατανόηση και την πρακτική εφαρμογή των βασικών αρχών της επιστήμης. Η τεχνική εκπαίδευση στοχεύει στην προετοιμασία αποφοίτων επιστημονικών ή τεχνικών επαγγελμάτων. Στην εκπαίδευση, είναι δυνατή η εκτύπωση διαφόρων διδακτικών βοηθημάτων και πόρων μέσω της τρισδιάστατης εκτύπωσης, ώστε να γίνει η διδασκαλία πιο αποτελεσματική και να βοηθηθεί η ίδια η διδασκαλία. Στις δευτεροβάθμιες τεχνικές σχολές, η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι χρήσιμη σε διάφορα μαθήματα, όπως εργαλεία για την εφοδιαστική των προϊόντων, τα οδικά οχήματα και η διάγνυσή τους στην ηλεκτρολογία και την ηλεκτρονική.

Όσον αφορά τη σύνδεση της τρισδιάστατης τεχνολογίας με την εκπαίδευση, στην Αμερική η MakerBot Academy, η οποία προέρχεται ως πρωτοβουλία για την ανάπτυξη της εκπαίδευσης και την ανάπτυξη της γνώσης στις επιστήμες, την τεχνολογία και τα μαθηματικά. Η εν λόγω πλατφόρμα χρησιμεύει για τη δημιουργία ελκυστικού εκπαιδευτικού περιεχομένου για μαθητές σχολείων και για εκπαιδευτικούς που εκπαιδεύονται στην εργασία με την τρισδιάστατη εκτύπωση. Η MakerBot Academy επιθυμεί να παρέχει έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή σε κάθε σχολείο της Αμερικής στο εγγύς μέλλον. Πρόκειται κυρίως για την προετοιμασία των μαθητών για το μέλλον μέσω των εκπαιδευτικών στον τομέα της τεχνολογίας. Οι εκτυπωτές MakerBot έχουν μεταφέρει την τρισδιάστατη εκτύπωση προς το εκπαιδευτικό σύστημα. Το όλο σύστημα σύνδεσης της τρισδιάστατης εκτύπωσης και των σχολείων χρησιμοποιείται για να γνωρίσουν και να μάθουν τα παιδιά να εργάζονται με νέες τεχνολογίες. Πρόκειται για μια σταδιακή διαδικασία εργασίας με τις τεχνολογίες από την απλή εργασία σε τρισδιάστατα έργα μέσω της χρήσης διαφόρων λογισμικών στην τρισδιάστατη εκτύπωση μέχρι τη δημιουργία των δικών σας τρισδιάστατων έργων.

Η εισαγωγή της τρισδιάστατης τεχνολογίας στην εκπαίδευση και την κατάρτιση έχει διάφορες πτυχές. Μία από αυτές είναι αναμφίβολα η προετοιμασία των μαθητών για την απόκτηση και των απαραίτητων δεξιοτήτων για μελλοντική σταδιοδρομία και πιθανή εστίαση σε περαιτέρω σπουδές.

Προκειμένου να συνδυαστεί η εκπαίδευση και η τρισδιάστατη τεχνολογία, είναι απαραίτητο να δημιουργηθεί ένα γενικό πρόγραμμα σπουδών, στόχος του οποίου θα είναι η εξοικείωση με τη

διαδικασία εργασίας με τα παιδιά στο λύκειο. Οι μαθητές θα μάθουν για τον έλεγχο διαφόρων προγραμμάτων λογισμικού, αλλά και με τη διαδικασία εργασίας στην τρισδιάστατη εκτύπωση.

Σύμφωνα με αυτό το πρόγραμμα σπουδών, η προετοιμασία των μαθητών στο γυμνάσιο αφορά μαθητές ηλικίας 14 έως 18 ετών. Το πρόγραμμα σπουδών στο λύκειο θα εστιάζει στις δεξιότητες που απαιτούνται για τον χειρισμό ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή. Για τους μαθητές του λυκείου, είναι επίσης δυνατό να χρησιμοποιηθούν πιο σύνθετες τεχνικές στη διδασκαλία, όπως η χρήση ενός πληρωτικού υλικού ή η εργασία με έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή με διαφορετικές θερμοκρασίες. Το σχέδιο θα επικεντρωθεί επίσης στη δημιουργία τρισδιάστατου περιεχομένου για εκτύπωση.



Εικόνα 1-3 - spsd.ba

Παρόλο που δημιουργούνται διάφορα προγράμματα για την υποστήριξη των σχολείων ώστε να μπορούν να εργαστούν με την τρισδιάστατη εκτύπωση, τα προβλήματα της εισαγωγής στην εκπαίδευση είναι κυρίως οικονομικά. Η ανεπάρκεια στην εργασία με έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή αποτελεί επίσης πρόβλημα. Αυτό δημιουργεί περιορισμούς και επομένως εμποδίζει τη χρήση των τρισδιάστατων εκτυπωτών στην εκπαίδευση. Η τρισδιάστατη εκτύπωση στο σχολικό περιβάλλον είναι ένας από τους καινοτόμους τρόπους για να γίνουν οι σπουδές πιο ελκυστικές και πώς να βοηθηθεί η διδασκαλία να γίνει πιο αποτελεσματική. Η τεχνολογική πρόοδος εξελίσσεται ολοένα και περισσότερο στην επιστήμη και την τεχνολογία για τη δημιουργία νέων προϊόντων στην αυτοκινητοβιομηχανία. Στις μέρες μας, οι τεχνολογίες γίνονται όλο και πιο δημοφιλείς, οπότε γιατί

να μην εκμεταλλευτούμε τις ευκαιρίες που μας φέρνουν σήμερα. Σε λίγα χρόνια, η σύνδεση της παραδοσιακής διδασκαλίας σε σχέση με τις τεχνολογίες και συγκεκριμένα με την τρισδιάστατη εκτύπωση θα αποτελεί κοινό μέρος της διδασκαλίας. Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης στην αυτοκινητοβιομηχανία, θα δημιουργηθεί με την πάροδο του χρόνου ένα τμήμα που θα επικεντρώνεται στις τρισδιάστατες τεχνολογίες, το οποίο θα αναπτύσσει τις γνώσεις σχετικά με την τρισδιάστατη εκτύπωση στα παιδιά και θα τα προετοιμάζει για την ενημέρωση και την εφαρμογή.

1.4 Πιθανή ανάπτυξη της ικανότητας του σπουδαστή κατά την προετοιμασία για εξάσκηση

Η αυτοκινητοβιομηχανία αντιμετωπίζει διαφορετικές απαιτήσεις σε όλα τα μέτωπα: τη ζήτηση για νεότερα και ισχυρότερα οχήματα, καθώς και την ανάγκη βελτιστοποίησης της παραγωγής και εξορθολογισμού των αλυσίδων εφοδιασμού. Μία από τις τεχνολογίες που συμβάλλει στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση. Η βιομηχανική τρισδιάστατη εκτύπωση, με άλλα λόγια η προσθετική παραγωγή, χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο σε διάφορους τομείς της αυτοκινητοβιομηχανίας.

Η τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης προσφέρει αρκετές δυνατότητες, από την παραγωγή γρήγορων πρωτοτύπων έως την ολοένα και πιο διαδεδομένη παραγωγή ανταλλακτικών ή εσωτερικών χώρων. Η ενσωμάτωση της προσθετικής παραγωγής μπορεί να έχει θετική επίδραση, για παράδειγμα, στην ανάπτυξη και την παραγωγή οχημάτων. Προσφέρει γρήγορη διαθεσιμότητα των εξαρτημάτων, την ευέλικτη κατασκευή τους και τη δυνατότητα παραγωγής εξαρτημάτων χωρίς απαιτητικά εργαλεία.

Τα εξαρτήματα τρισδιάστατης εκτύπωσης χρησιμοποιούνται στο αμάξωμα του οχήματος και στον χώρο των επιβατών και μπορούν να χαρακτηρίζονται από υψηλή λειτουργικότητα και αντοχή. Τα μεταλλικά εξαρτήματα παράγονται με τήξη με λέιζερ. Στην παραγωγή, τα μεταλλικά εξαρτήματα που κατασκευάζονται με τρισδιάστατη εκτύπωση προστίθενται στα αμαξώματα των οχημάτων με μια σχεδόν πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία.

Το στάδιο στο οποίο η προσθετική παραγωγή μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή εξαρτημάτων προσδιορίζεται σε πρώιμο στάδιο της ανάπτυξης των αυτοκινήτων. Τόσο οι σχεδιαστές όσο και οι εμπειρογνώμονες ερευνούν εκατοντάδες εξαρτήματα, εστιάζοντας στα

οικονομικά οφέλη της νέας τεχνολογίας και στα πλεονεκτήματα βάρους και σχήματος που προσφέρει σε σύγκριση με τα συμβατικά κατασκευασμένα εξαρτήματα.

Τα εξαρτήματα για τρισδιάστατη εκτύπωση επιλέγονται βάσει διαφόρων κριτηρίων και απαιτήσεων, οι οποίες στη συνέχεια μεταφράζονται σε μηχανοκίνητη γλώσσα.

Εξαρτήματα που δεν μπορούσαν να κατασκευαστούν πριν, δημιουργούνται με τη χρήση παραγωγικού σχεδιασμού, ο οποίος χρησιμοποιεί αλγορίθμους υπολογιστών για την ταχεία ανάπτυξη εξαρτημάτων. Οι ειδικοί και οι υπολογιστές συνεργάζονται για να δημιουργήσουν εξαρτήματα που μπορούν να κάνουν την καλύτερη δυνατή χρήση των υλικών στην παραγωγή. Διάφορες χρήσεις είναι δυνατές μόνο με βάση τον παραγωγικό σχεδιασμό και την τεχνολογία τρισδιάστατης εκτύπωσης, οι οποίες είναι κατάλληλες για τη δημιουργία απαιτητικών σχημάτων και δομών. Τέτοιων που δεν ήταν δυνατόν να παραχθούν με συμβατικές μεθόδους και εργαλεία.

Ο παραγωγικός σχεδιασμός βελτιστοποιεί το σχήμα των λύσεων, ενώ η μορφή και η λειτουργία έχουν βελτιωθεί σημαντικά. Τα εξαρτήματα είναι περίπου 50% ελαφρύτερα από συγκρίσιμα συμβατικά εξαρτήματα. Ως αποτέλεσμα, μπορούν να αξιοποιήσουν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τον διαθέσιμο χώρο, όπως στην περίπτωση της αντηρίδας του καπακιού του χώρου αποσκευών.

Οι παγκόσμιες αυτοκινητοβιομηχανίες ενσωμάτωσαν τους εκτυπωτές HP Metal Jet 3D στο μακροπρόθεσμο σχέδιο σχεδιασμού και κατασκευής τους το 2018. Το αποτέλεσμα της συνεργασίας μεταξύ της HP και της Volkswagen είναι η δυνατότητα ταχείας παραγωγής μεγάλου όγκου προσαρμοσμένων εξαρτημάτων, εξατομικευμένων μπρελόκ και ετικετών με τα ονόματα των σειρών μοντέλων. Ωστόσο, η συνεργασία δεν τελειώνει εδώ. Το μακροπρόθεσμο σχέδιο παραγωγής τους λαμβάνει υπόψη την τεχνολογία HP Metal Jet για την παραγωγή πιο καταπονημένων λειτουργικών εξαρτημάτων με απαιτητικές απαιτήσεις σχεδιασμού, όπως κεφαλές μοχλών ελέγχου και βάσεις καθρεφτών οπισθοπορείας. Με την είσοδο των ηλεκτρικών αυτοκινήτων στην παραγωγή μεγάλης κλίμακας, η HP Metal Jet αναμένεται να βρει περαιτέρω χρήση, για παράδειγμα, στην ελάφρυνση μεταλλικών εξαρτημάτων με πιστοποίηση ασφαλείας.

Ένα αυτοκίνητο αποτελείται από έξι έως οκτώ χιλιάδες εξαρτήματα. Το μεγάλο πλεονέκτημα της προσθετικής τεχνολογίας, όπως η HP Metal Jet, είναι ότι μπορείτε να κατασκευάσετε πολλά από αυτά τα εξαρτήματα χωρίς να χρειάζεται να κατασκευάσετε πρώτα εργαλεία παραγωγής.

Συντομεύοντας τον κύκλο παραγωγής, μπορούμε να επεξεργαστούμε πολύ γρήγορα μεγαλύτερο όγκο εξαρτημάτων. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο η νέα πλατφόρμα HP Metal Jet για ολόκληρη τη βιομηχανία αποτελεί ένα τεράστιο άλμα προς τα εμπρός, ανεβάζοντας τον πήχη και πάλι λίγο ψηλότερα και προσφέροντας στους πελάτες καλύτερα προϊόντα και καινοτομίες.

Σύμφωνα με τον Martin Goede, επικεφαλής τεχνολογικού σχεδιασμού και ανάπτυξης της Volkswagen, "Το όραμά μας για την εκβιομηχάνιση της προσθετικής κατασκευής γίνεται γρήγορα πραγματικότητα με το HP Metal Jet και αλλάζει το παιχνίδι για την αυτοκινητοβιομηχανία. Ο ρυθμός καινοτομίας και οι προηγμένες τεχνολογικές δυνατότητες της HP έχουν ξεπεράσει τις προσδοκίες μας. Επιτυγχάνουμε τους στόχους μας και εντοπίζουμε και αναπτύσσουμε ενεργά λειτουργικά εξαρτήματα για την παραγωγή. "

Είμαστε ακόμα πολύ μακριά από την πλήρη παραγωγή τρισδιάστατων αυτοκινήτων, αλλά οι κατασκευαστές τους θέτουν σταδιακά ορόσημα που συμβάλλουν στην επίτευξη αυτού του στόχου. Το παράδειγμα της BMW και της Volkswagen δεν είναι σαφώς το μοναδικό στην αγορά. Ποιος ξέρει πού θα πάμε σε ένα χρόνο. Τώρα είναι μόνο τα μικρά βήματα που βελτιώνουν τη διαδικασία παραγωγής.

2 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΕΚΤΥΠΩΤΗ

2.1 Μηχανικά εξαρτήματα

2.1.1 Εξωθητής

Για πολλούς, η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι ένα επιτραπέζιο μηχάνημα που χρησιμοποιεί μια διαδικασία που ονομάζεται Fused Filament Fabrication (FFF) ή Fused Deposition Modeling (FDM), ανάλογα με τις διαφορετικές προσεγγίσεις στην τρισδιάστατη εκτύπωση.

Γενικά, η FDM περιλαμβάνει την εξώθηση ενός νήματος υλικού πάνω από ένα μεταλλικό μπλοκ μέσω ενός ακροφυσίου. Το εξωθημένο νήμα λιώνει και η κίνηση του εκτυπωτή δίνει στο υλικό το σχήμα του. Αυτή η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να δημιουργηθεί το σχήμα του τρισδιάστατου έργου.

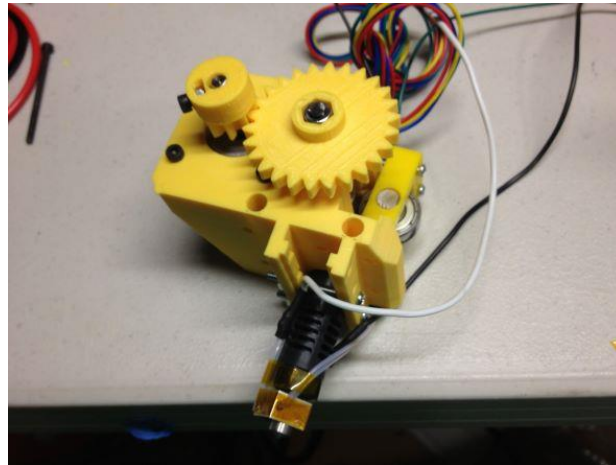
Η τήξη και η εξώθηση του υλικού πραγματοποιούνται μέσω μιας σειράς πολύπλοκων τμημάτων της μηχανής τρισδιάστατης εκτύπωσης, γνωστής ως "εξώθησης". Ο εξωθητής επιτρέπει την ανάπτυξη της προαναφερθείσας διαδικασίας μέσω της χρήσης εξαρτημάτων με συγκεκριμένη σειρά για την εξώθηση του πλαστικού υλικού.

Ο εξωθητής θεωρείται, για πολλούς, ως το σημαντικότερο μέρος των τρισδιάστατων εκτυπωτών, καθώς μεταφέρει, λιώνει και εξωθεί το υλικό στρώμα προς στρώμα στην κλίση εκτύπωσης. Ο εξωθητής διαθέτει διάφορα μέρη που χρησιμοποιούνται για το χειρισμό της κίνησης και την επεξεργασία των πλαστικών νημάτων. Αυτά τα μέρη, με λίγα λόγια, μπορούν να διαχωριστούν σε δύο: Το ψυχρό άκρο και το θερμό άκρο.

Το ψυχρό άκρο: Αυτό το μέρος είναι το ανώτερο τμήμα του εξωθητή και αποτελείται από έναν κινητήρα εξώθησης, οδοντωτό γρανάζι, ελατηριωτό αδρανειακό τροχό και σωλήνες PTFE. Εδώ, το νήμα τροφοδοτείται και μεταφέρεται στο θερμό άκρο (το κάτω μέρος του εξωθητή).

Ο κινητήρας του ψυχρού άκρου ελέγχει την κίνηση του νήματος, ενώ το οδοντωτό γρανάζι στον κινητήρα μεταφέρει την κίνηση. Ο ελατηριωτός αδρανειακός μηχανισμός διατηρεί την πίεση στο νήμα και ο σωλήνας PTFE οδηγεί το νήμα στον προορισμό του.

Το θερμό άκρο: Το θερμό άκρο ενός εξωθητή είναι το σημείο όπου καταλήγει το ωθούμενο και μεταφερόμενο νήμα για τη διαδικασία εξώθησης ώστε να παραχθεί το τελικό προϊόν.



Εικόνα 2-1 – Εξωθητής εκτυπωτή FDM

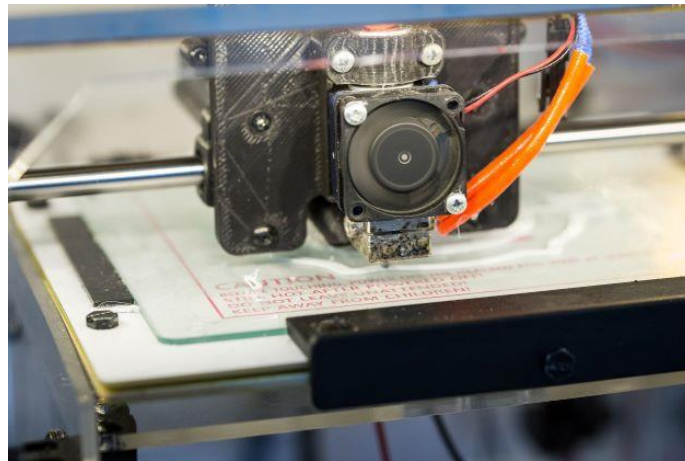
2.1.2 Κλίνη εκτύπωσης

Η κλίνη εκτύπωσης σε μια μηχανή τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι η επιφάνεια όπου πραγματοποιείται η διαδικασία εκτύπωσης και διαμόρφωσης. Για να ολοκληρωθεί με επιτυχία η διαδικασία τρισδιάστατης εκτύπωσης, η κλίνη εκτύπωσης πρέπει να είναι επίπεδη και ευθυγραμμισμένη. Συνήθως, οι κλίνες εκτύπωσης κατασκευάζονται από πλαστικό, αλουμίνιο ή γυάλινα υλικά. Επιπλέον, οι κλίνες εκτύπωσης είναι μερικές φορές επενδεδυμένες με κόλλες για καλύτερα αποτελέσματα. Επομένως, η πρόσφυση μαζί με την απελευθέρωση του υλικού από την κλίνη εκτύπωσης όταν γίνεται η ψύξη, είναι κρίσιμες ιδιότητες των κλινών τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Η πρόσφυση είναι σημαντική για τον καθορισμό της σταθερότητας του πρώτου στρώματος και έχει σημαντικό αντίκτυπο στην επιτυχία της διαδικασίας εκτύπωσης. Εάν το πρώτο στρώμα δεν κολλήσει καλά στο στρώμα της κλίνης, αυτό θα επηρεάσει την τοποθέτηση των άλλων στρωμάτων, με αποτέλεσμα ένα ανεπιτυχές ή χαμηλής ποιότητας τελικό προϊόν. Επίσης, σε περίπτωση ανομοιόμορφης ψύξης των διαφόρων στρωμάτων και τμημάτων του εκτυπωμένου προϊόντος, ορισμένα τμήματα της εκτύπωσης ενδέχεται να παραμορφωθούν. Οι θερμικές κλίνες, σε αυτές τις

περιπτώσεις, διαχειρίζονται τη διαδικασία ψύξης και διατηρούν την πρόσφυση σταθερή για την αποφυγή στρεβλώσεων.

Η απελευθέρωση του προϊόντος από την κλίνη εκτύπωσης μετά την ψύξη είναι επίσης σημαντική, καθώς μπορεί να οδηγήσει σε σπασμένα ή κατεστραμμένα τελικά προϊόντα σε περίπτωση ανομοιόμορφης ψύξης ή πρόσφυσης. Έτσι, είναι σημαντική η χρήση λεπτομερώς ρυθμισμένων συγκολλητικών ουσιών προσαρμοσμένων για τρισδιάστατη εκτύπωση που επιτρέπουν την εύκολη αποκόλληση.



Εικόνα 2-2 – Πρόσφυση στην κλίνη εκτύπωσης

2.1.3 Θερμά άκρα

Όπως εξηγήθηκε παραπάνω, το θερμό άκρο είναι ένα εξάρτημα των εξωθητών στις τρισδιάστατες μηχανές. Σε αντίθεση με πολλά άλλα εξαρτήματα μηχανών τρισδιάστατης εκτύπωσης, το θερμό άκρο δεν μπορεί να εκτυπωθεί τρισδιάστατα και απαιτεί υψηλό επίπεδο βαθμονόμησης. Το θερμό άκρο είναι το σημείο όπου καταλήγει το προωθούμενο και μεταφερόμενο νήμα για τη διαδικασία εξώθησης. Στο θερμό άκρο, το νήμα μεταφέρεται σε ένα θάλαμο θέρμανσης και υγροποιείται. Μετά από αυτό, το λιωμένο νήμα πηγαίνει στο ακροφύσιο της μηχανής τρισδιάστατης εκτύπωσης για να εξωθηθεί. Το ακροφύσιο είναι ένα σημαντικό μέρος του "hot-end", καθώς από εκεί βγαίνει το νήμα για να διαμορφωθεί. Το ακροφύσιο είναι ένα μικρό κομμάτι με μια τρύπα και είναι ως επί το πλείστον εναλλάξιμο. Τα ακροφύσια μπορεί να έχουν διαφορετικά μεγέθη, αλλά το κανονικό μέγεθος είναι 0,4 mm.

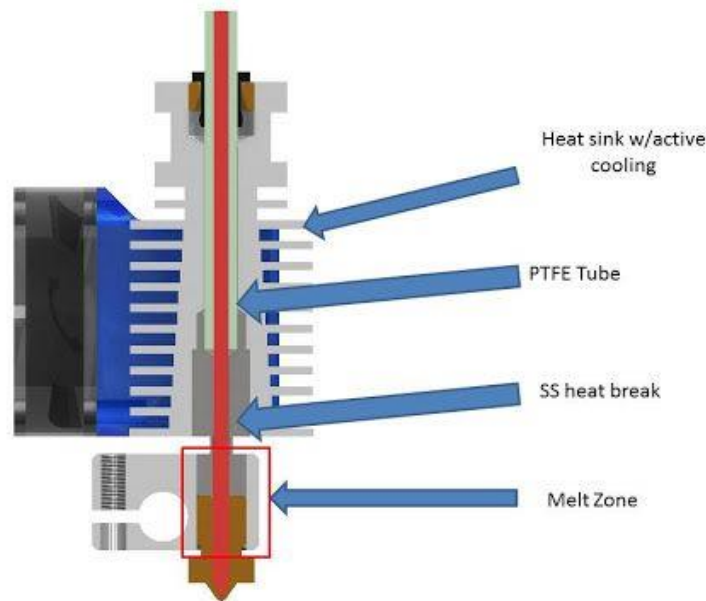


Εικόνα 2-3 – Εξωθητής Hot-end

Υπάρχουν δύο τύποι εξωθητών, δηλαδή οι άμεσοι εξωθητές και οι εξωθητές Bowden, ανάλογα με τη σύνδεση του θερμού άκρου με το ψυχρό άκρο.

Στους άμεσους εξωθητές, τα δύο μέρη του εξωθητή - το ψυχρό άκρο και το θερμό άκρο - είναι βασικά συνδεδεμένα μεταξύ τους και το νήμα πηγαίνει απευθείας από το ψυχρό άκρο στο θερμό άκρο για να εξωθηθεί. Αυτό επιτρέπει μια άμεση διαδρομή στον τρόπο εξώθησης και επιτρέπει πιο καθαρές εκτυπώσεις με λιγότερη διαρροή. Ωστόσο, υπάρχει πιθανότητα το νήμα να κολλήσει γύρω από το ακροφύσιο και να προκαλέσει ζημιές στο θερμό άκρο του εξωθητή.

Στους εξωθητές Bowden, το ψυχρό άκρο και το θερμό άκρο βρίσκονται ξεχωριστά στον εξωθητή και συνδέονται με έναν σωλήνα. Οι εξωθητές Bowden επιτρέπουν ταχύτερη και ακριβέστερη τρισδιάστατη εκτύπωση- ωστόσο, οι εξωθητές Bowden τείνουν να παρουσιάζουν ανασύρσεις και ερισσότερες χορδές σε σχέση με τους εξωθητές Direct Extruders.



Εικόνα 2-4 – Εξωθητής Bowden

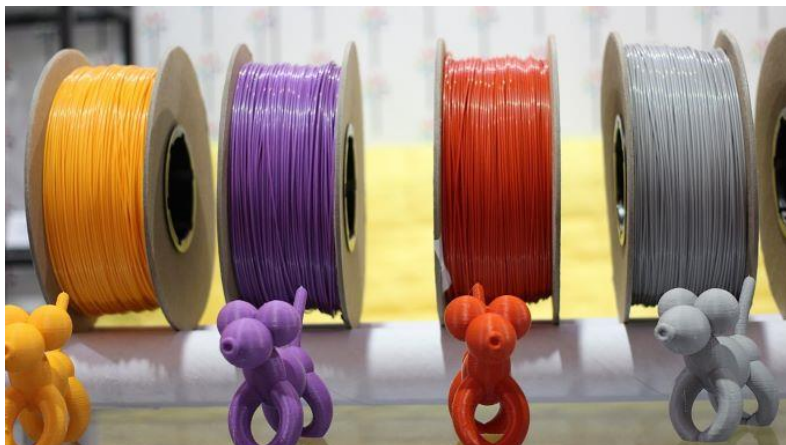
2.1.4 Νήματα

Τα νήματα, ή νήματα τρισδιάστατης εκτύπωσης, είναι υλικά που χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση με τη μέθοδο FFF (fused filament fabrication) των τρισδιάστατων εκτυπωτών. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί τύποι νημάτων με διαφορετικές ιδιότητες που απαιτούν διαφορετικές θερμοκρασίες εκτύπωσης. Συνήθως, τα νήματα διατίθενται σε διάμετρο 1,75 mm ή 2,85 mm. Παρόλο που η σκόνη και η ρητίνη χρησιμοποιούνται επίσης για υλικά τρισδιάστατης εκτύπωσης, το νήμα είναι το πιο συνηθισμένο υλικό που χρησιμοποιείται στους τρισδιάστατους εκτυπωτές. Τα νήματα παράγονται ως λεπτά πλαστικά νήματα μήκους 100 μέτρων και κυκλώνονται σε καρούλι για την αποθήκευση και την τροφοδοσία του εκτυπωτή.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας εκτύπωσης, το νήμα μεταφέρεται σε θαλάμους θέρμανσης στον εξωθητή, όπου στη συνέχεια θερμαίνεται και λιώνει. Στη συνέχεια εξωθείται μέσω ενός ακροφυσίου ενώ ο εξωθητής κινείται πάνω στην κλίση εκτύπωσης για να δημιουργήσει το επιθυμητό αντικείμενο στρώμα προς στρώμα. Παρόλο που χρησιμοποιούνται συνήθως τρισδιάστατοι εκτυπωτές μονής εξώθησης, υπάρχουν επίσης μοντέλα με διπλή εξώθηση που είναι σε θέση να δημιουργήσουν αντικείμενα σε διαφορετικά χρώματα με διαφορετικούς τύπους νημάτων.

Οι πιο συνηθισμένοι τύποι νημάτων που χρησιμοποιούνται στην αγορά είναι τα νήματα ακρυλονιτριλίου βουταδιενίου στυρενίου (ABS) και πολυγαλακτικού οξέος (PLA). Οι περισσότεροι από τους τρισδιάστατους εκτυπωτές που διατίθενται στην αγορά έχουν σχεδιαστεί για να χρησιμοποιούν είτε PLA είτε ABS, παρόλο που υπάρχουν πολύπλοκοι και υψηλού επιπέδου τρισδιάστατοι εκτυπωτές που χρησιμοποιούν διαφορετικά είδη νημάτων για διαφορετικούς σκοπούς.

Τα προϊόντα που εκτυπώνονται με νήμα ABS είναι ανθεκτικά, σκληρά και μη τοξικά. Το ABS έχει σχετικά υψηλότερο σημείο τήξης σε σύγκριση με άλλα, το οποίο κυμαίνεται από 210 έως 250 βαθμούς Κελσίου. Εάν στη διαδικασία εκτύπωσης χρησιμοποιείται μη θερμαινόμενη κλίση εκτύπωσης, υπάρχει πιθανότητα οι γωνίες του εκτυπωμένου αντικειμένου να κατσαρώσουν προς τα πάνω στο νήμα ABS. Επιπλέον, το ABS μπορεί να εκπέμπει δυσάρεστη οσμή κατά τη διαδικασία τήξης, επομένως προτείνεται η χρήση εκτυπωτή κλειστού πλαισίου σε καλά αεριζόμενο χώρο.



Εικόνα 2-5 – Καρούλια νήματος

Το PLA, από την άλλη πλευρά, έχει χαμηλότερο σημείο τήξης σε σύγκριση με το ABS, που κυμαίνεται από 180 έως 230 βαθμούς Κελσίου. Το PLA είναι ένα βιοδιασπώμενο νήμα και είναι πιο σκληρό από το ABS με την έννοια της στιβαρότητας και της ανθεκτικότητας. Το PLA είναι γενικά εύκολο στην επεξεργασία και προκαλεί εμπλοκές στους εξωθητές πολύ σπανιότερα από τα άλλα. Το PLA χρησιμοποιείται ως βασικό υλικό για σύνθετα και εξωτικά υλικά.

Εκτός από το PLA και το ABS, υπάρχουν και άλλα θερμοπλαστικά νήματα που χρησιμοποιούνται σε διαδικασίες τρισδιάστατης εκτύπωσης. Το νάιλον είναι ένα από αυτά τα νήματα που χρησιμοποιούνται στην τρισδιάστατη εκτύπωση με σημείο τήξης περίπου στους 240 βαθμούς

Κελσίου. Τα νάιλον έχουν επίσης την τάση να στρεβλώνονται μετά τη διαδικασία εκτύπωσης, κάτι που μπορεί να αποφευχθεί με τη χρήση θερμαινόμενης κλίνης.

Για την εκτύπωση πιο εύκαμπτων αντικειμένων, οι χρήστες μπορούν να χρησιμοποιήσουν TPEs (θερμοπλαστικά ελαστομερή) που παρέχουν υψηλή ελαστικότητα στα αντικείμενα.

Υπάρχουν επίσης σύνθετα νήματα που έχουν PLA αναμεμειγμένο με σωματίδια, σκόνες και νιφάδες άλλων υλικών. Τα υλικά αυτά μπορεί να κυμαίνονται από μείγματα ξύλου έως ψαμμίτη, ασβεστόλιθο ή μέταλλα, αλουμίνιο, χαλκό ή χαλκό. Αυτά τα νήματα μοιράζονται ορισμένες από τις ιδιότητες των μικτών υλικών με τα οποία αναμειγνύονται. Ωστόσο, τα σύνθετα υλικά είναι σχετικά ακριβότερα από τα αντίστοιχα μη σύνθετα υλικά.

2.1.5 Γρανάζια

Τα γρανάζια χρησιμοποιούνται ως μηχανισμός ελέγχου της ποσότητας νήματος που φτάνει στο θερμό άκρο του εξωθητή των μηχανών τρισδιάστατης εκτύπωσης. Το σύστημα οδοντωτών τροχών ελέγχει την επιφάνεια που αγγίζει το νήμα, περιορίζοντας έτσι την ποσότητα της δύναμης που εφαρμόζεται στο νήμα. Επίσης, υπάρχουν οδοντωτοί εξωθητές που χρησιμοποιούνται σε μηχανές τρισδιάστατης εκτύπωσης που χρησιμοποιούν γρανάζια για να μεταβάλλουν τη ροπή που εφαρμόζεται στο νήμα, γεγονός που επιτρέπει τη χρήση μεγαλύτερης ισχύος με ελαφρύτερους και ασθενέστερους βηματικούς κινητήρες.



Εικόνα 2-6 – Γρανάζια κίνησης

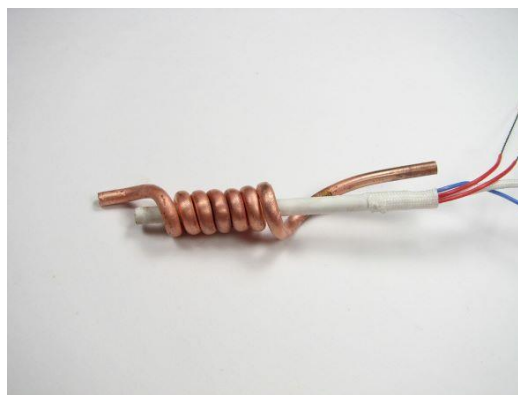
2.1.6 Κασέτα θέρμανσης

Η κασέτα θέρμανσης είναι ένα ωμικό θερμαντικό στοιχείο που έχει σχήμα σωλήνα και χρησιμοποιείται σε τρισδιάστατους εκτυπωτές. Η λειτουργία του είναι να μετατρέπει το ηλεκτρικό ρεύμα σε θερμότητα. Στους τρισδιάστατους εκτυπωτές, οι κασέτες θέρμανσης χρησιμοποιούνται για να λιώνουν το πλαστικό νήμα στο θερμό άκρο.

Τα θερμαντικά φυσίγγια παράγουν θερμότητα καθώς ένα ηλεκτρικό ρεύμα τα διαπερνά. Πρόκειται ουσιαστικά για μεγάλες αντιστάσεις που έχουν διαμορφωθεί ώστε να τοποθετούνται σε βιομηχανικό εξοπλισμό και εκτυπωτές 3D.

Σε μικροεπίπεδο, όταν η ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρονίων κινείται μέσω της αντίστασης, προσκρούει στη δομή της. Καθώς το κάνουν αυτό, χάνουν μέρος της ενέργειάς τους με τη μορφή θερμότητας.

Όσο μεγαλύτερη είναι η αντίσταση του αντιστάτη, τόσο πιο δύσκολο είναι για τα ηλεκτρόνια να περάσουν. Από την άλλη πλευρά, αν υπάρχουν πολλές καθαρές διαδρομές για να περάσουν τα ηλεκτρόνια, η αντίσταση είναι χαμηλή. Τα φυσίγγια θέρμανσης δεν διατίθενται μόνο σε διάφορες ισχύς, αλλά έχουν επίσης μια ονομαστική τάση που τους αντιστοιχεί. Οι τυπικές τιμές ισχύος για τα θερμαντικά φυσίγγια θερμαντήρα θερμού άκρου είναι 25W, 30W, 40W και 50W. Αλλά μπορούν να βρεθούν τόσο χαμηλά όσο 20W και τόσο υψηλά όσο 60W, και ακόμη και 80W για ένα θερμό άκρο SuperVolcano. Οι τάσεις που αναγράφονται στην ετικέτα τους είναι σχεδόν πάντα 12V και 24V, επειδή αυτές είναι οι τάσεις με τις οποίες λειτουργούν οι τυπικοί τρισδιάστατοι εκτυπωτές.



Εικόνα 2-7 – Αντίσταση θέρμανσης

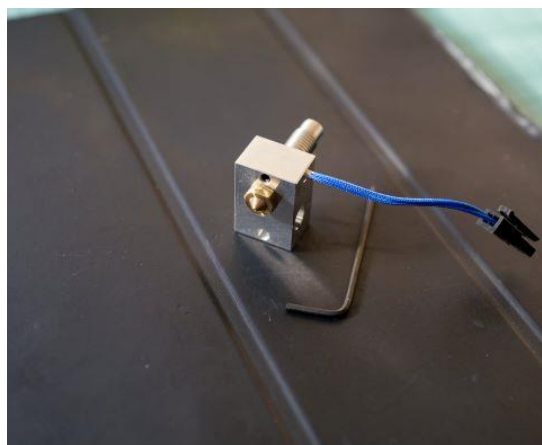
2.1.7 Θερμοστάτης

Ο θερμοστάτης είναι μια συσκευή που χρησιμοποιείται στους τρισδιάστατους εκτυπωτές για τη μέτρηση της θερμοκρασίας. Για επιτυχημένες διαδικασίες εκτύπωσης, ο έλεγχος της θερμοκρασίας του ακροφυσίου και της θερμαινόμενης κλίνης είναι εξαιρετικά κρίσιμος. Ένας αριθμός αισθητήρων μπορεί να παρέχει αυτά τα δεδομένα, όπως θερμοστοιχεία, ανιχνευτές θερμοκρασίας αντίστασης (RTD) και άλλοι. Ωστόσο, οι θερμοστάτες (Thermally Sensitive Resistors) χρησιμοποιούνται κυρίως σε τρισδιάστατους εκτυπωτές, καθώς είναι απλοί, οικονομικά αποδοτικοί και σε μεγάλο βαθμό ενσωματωμένοι με τις πλακέτες ελέγχου στις μηχανές τρισδιάστατης εκτύπωσης.

Οι θερμοστάτες βρίσκονται σε διάφορες θέσεις μέσα σε έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή. Συνήθως, στα θερμά άκρα το ακροφύσιο βρίσκεται σε ένα μεταλλικό μπλοκ που λιώνει το νήμα. Σε αυτό το μπλοκ συνδέονται δύο καλώδια, το ένα από τα οποία τροφοδοτεί και θερμαίνει το μπλοκ, ενώ το άλλο συνδέεται με τον θερμοστάτη μέσα στο μεταλλικό μπλοκ που μετρά τη θερμοκρασία του ακροφυσίου.

Στη θερμαινόμενη κλίνη, ο θερμοστάτης βρίσκεται μεταξύ της επιφάνειας εκτύπωσης και του θερμαντικού στοιχείου της κλίνης.

Σε κάθε περίπτωση, οι θερμοστάτες συνδέονται με την πλακέτα ελέγχου, η οποία ανιχνεύεται και χαρτογραφείται από το υλικολογισμικό του τρισδιάστατου εκτυπωτή για τη βαθμονόμηση του μηχανήματος.



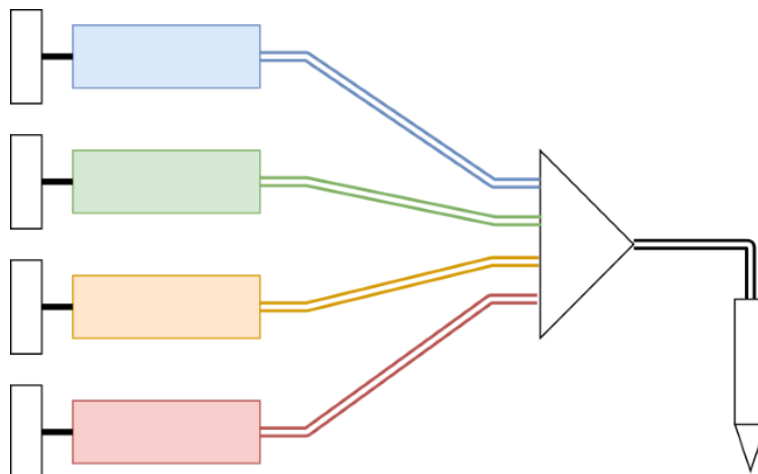
Εικόνα 2-8 – Εξωθητής και ακροφύσιο

2.1.8 Ακροφύσιο

Το ακροφύσιο είναι το τμήμα του εξωθητή που εξωθεί το νήμα. Μεταφέρει τη θερμική ενέργεια που παράγεται από το θερμαντικό φυσίγγιο και το μεταλλικό μπλοκ στο νήμα και λιώνει το υλικό. Υπάρχουν τρία σημαντικά χαρακτηριστικά που αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του σχεδιασμού του ακροφυσίου: το μέγεθος, το υλικό και η εσωτερική διάμετρος.

Όσο μεγαλύτερο είναι το ακροφύσιο, τόσο μεγαλύτερη είναι η διαθέσιμη μάζα και επιφάνεια για τη μεταφορά θερμότητας στο νήμα, καθιστώντας έτσι τη διαδικασία αυτή πιο αποτελεσματική και ικανή για υψηλότερες ταχύτητες εξώθησης. Η μεταφορά θερμότητας σχετίζεται επίσης με το υλικό του ακροφυσίου, καθώς κάθε υλικό μεταφέρει την ενέργεια με διαφορετικό τρόπο ανάλογα με τις ιδιότητές του.

Τέλος, η εσωτερική διάμετρος του ακροφυσίου επηρεάζει την ποσότητα πλαστικού που εξωθείται ανά δευτερόλεπτο, μια ιδιότητα γνωστή ως ροή, η οποία καθορίζει επίσης τη μέγιστη ταχύτητα εξώθησης. Η εσωτερική διάμετρος σχετίζεται επίσης με την ακρίβεια του τελικού τεμαχίου: οι μικρότερες διαμέτροι επιτρέπουν την εκτύπωση λεπτότερων στρωμάτων και τοιχωμάτων.

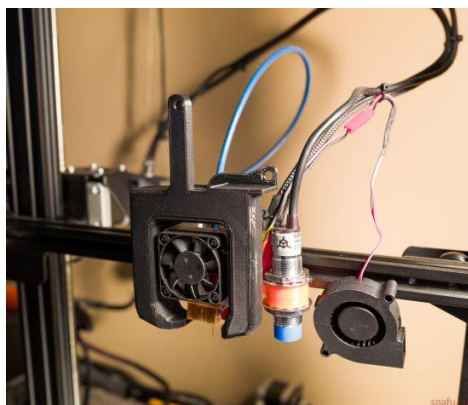


Εικόνα 2-9 – Σύστημα ακροφυσίων πολλαπλών νημάτων

2.1.9 Ανεμιστήρας ψύξης

Υπάρχουν 5 τομείς στους εκτυπωτές 3D στους οποίους χρησιμοποιούνται ανεμιστήρες ψύξης:

- Πίνακας ελέγχου: Ανεμιστήρες στις πλακέτες ελέγχου χρησιμοποιούνται για την ψύξη των κύριων κυκλωμάτων του τρισδιάστατου εκτυπωτή, δηλαδή των οδηγών κινητήρων και του επεξεργαστή. Η διατήρηση αυτών των εξαρτημάτων σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι ζωτικής σημασίας για τη διάρκεια ζωής των εκτυπωτών.
- Θερμό άκρο: Οι ανεμιστήρες ψύξης θα τοποθετηθούν γύρω από το ψυχρό άκρο κοντά στο θερμό άκρο, για να διατηρείται η θερμοκρασία του θερμού άκρου σε χαμηλά επίπεδα. Αυτοί οι ανεμιστήρες χρησιμοποιούνται για να διατηρούν τα πάντα δροσερά εκτός από το μπλοκ θέρμανσης και το ακροφύσιο.
- Τρισδιάστατες εκτυπώσεις: Ορισμένα τμήματα των ανεμιστήρων ψύξης στους τρισδιάστατους εκτυπωτές χρησιμοποιούνται για να ψύχουν τα αντικείμενα που μόλις βγαίνουν από το ακροφύσιο, φυσώντας ένα ρεύμα κρύου αέρα πάνω στα αντικείμενα.
- Τροφοδοσία ρεύματος: Οι ανεμιστήρες ψύξης χρησιμοποιούνται επίσης για να διατηρείται η θερμοκρασία στα τρανζίστορ, τις αντιστάσεις και τους μετασχηματιστές ισχύος στους τρισδιάστατους εκτυπωτές για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση
- Κινητήρας: Αν και δεν είναι πολύ συνηθισμένο, σε ορισμένους τρισδιάστατους εκτυπωτές, οι ανεμιστήρες ψύξης χρησιμοποιούνται στους βηματικούς κινητήρες για να ψύχονται, ώστε να διατηρούνται σε βέλτιστη θερμοκρασία λειτουργίας.



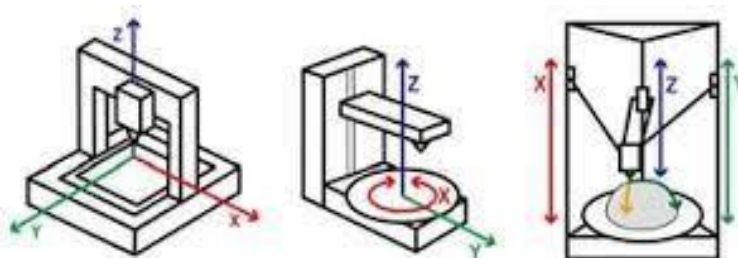
Εικόνα 2-10 – Σύστημα ανεμιστήρα ψύξης

2.1.10 Άξονας X-Y-Z

Ο άξονας X-Y-Z στις μηχανές τρισδιάστατης εκτύπωσης αναφέρεται στη συνολική λειτουργία της εξώθησης των στρωμάτων στους άξονες X, Y και Z. Ανάλογα με το μηχάνημα, μόνο ένας, δύο ή τρεις άξονες μπορούν να είναι κινητοί για τη δημιουργία του αντικειμένου.

Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές που χρησιμοποιούν τον άξονα X-Y-Z είναι γνωστοί ως καρτεσιανοί τρισδιάστατοι εκτυπωτές και είναι οι πιο συνηθισμένοι τρισδιάστατοι εκτυπωτές στην αγορά. Με βάση το καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων, το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί τους τρεις άξονες: x, y και z, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, για να καθορίσει την κατεύθυνση του εξωθητή. Συνήθως, με αυτόν τον τύπο εκτυπωτή, η κλίνη εκτύπωσης κινείται συνήθως μόνο στον άξονα Z, ενώ ο εξωθητής λειτουργεί δισδιάστατα στις κατευθύνσεις X-Y.

Παρόλο που μπορεί να προκαλεί σύγχυση η περιγραφή των κινήσεων στους άξονες, καθώς για τον χειριστή που βλέπει το μηχάνημα, ο άξονας X επιτρέπει την κίνηση από "αριστερά" προς "δεξιά", ενώ ο άξονας Y επιτρέπει την κίνηση "προς τα εμπρός" και "προς τα πίσω". Τέλος, ο άξονας Z επιτρέπει την κίνηση "προς τα πάνω" και "προς τα κάτω".



Εικόνα 2-11 – Αρχιτεκτονικές κινήσεων

2.1.11 Τερματικά (End stops)

Οι τερματικοί αναστολείς μπορούν να περιγραφούν ως τα ηλεκτρονικά κομμάτια που βρίσκονται στα άκρα που οι άξονες συνδέονται με την κεντρική πλακέτα. Χρησιμοποιούνται για να υποδεικνύουν στον εξωθητή πού είναι το τέλος των αξόνων, ώστε ο εξωθητής να μην ξεφεύγει από το όριο του τρισδιάστατου εκτυπωτή. Αυτό εμποδίζει τον εκτροχιασμό ή την εμπλοκή του

αντικειμένου στο τέλος του συγκεκριμένου άξονα. Οι διακόπτες endstop είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος, που χρησιμοποιείται κυρίως από μηχανήματα χαμηλότερου προϋπολογισμού. Ωστόσο, υπάρχουν και άλλοι τύποι endstops που είναι διαθέσιμοι, συμπεριλαμβανομένων των οπτικών και μαγνητικών endstops. Οι διάφοροι τύποι endstops έχουν διαφορετικά πλεονεκτήματα και αδυναμίες, ανάλογα με το απαραίτητο επίπεδο ακρίβειας και τον προϋπολογισμό σας.

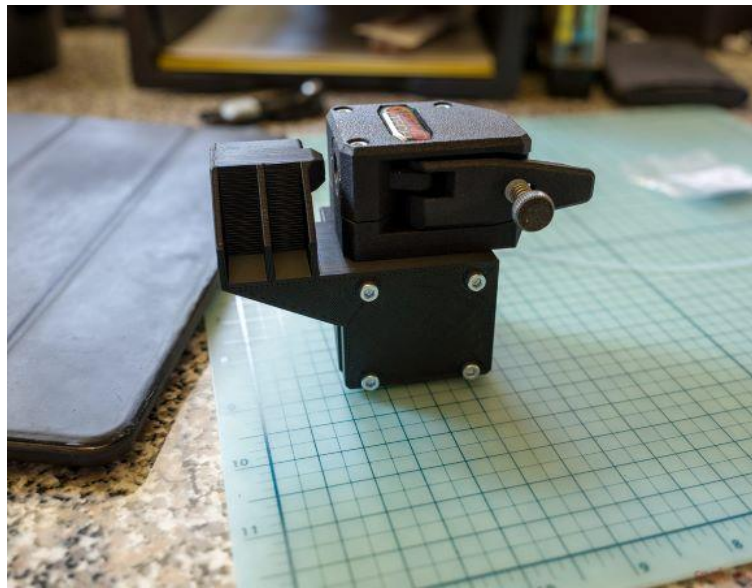
2.1.12 Βίδες μολύβδου

Ο βιδωτός κοχλίας είναι ένας κοχλίας που χρησιμοποιείται ως σύνδεσμος στον τρισδιάστατο εκτυπωτή, για τη μετατροπή της περιστροφικής κίνησης σε γραμμική κίνηση. Λόγω της μεγάλης επιφάνειας της επαφής ολίσθησης μεταξύ του αρσενικού και του θηλυκού μέλους τους, οι βίδες έχουν μεγαλύτερες απώλειες ενέργειας τριβής σε σύγκριση με άλλους συνδέσμους.

Στους τρισδιάστατους εκτυπωτές, οι βίδες συνήθως κινούνται από τον βηματικό κινητήρα και καθοδηγούνται από τους άξονες X και Y. Τα σπειρώματα Acme συνδέονται με τον μηχανισμό του καρτσιού και όλοι οι άξονες ξεκινούν με μια βίδα οδήγησης με βηματικό κινητήρα με σπείρωμα Acme και σπείρωμα Acme με αντιολισθητικό σύστημα και κινούνται κατά μήκος των γραμμικών οδηγών με ρουλεμάν.

Ένα από τα σημαντικά πλεονεκτήματα της διαμόρφωσης βιδωτής ράγας για τον έλεγχο της γραμμικής κίνησης είναι ότι απαιτεί ένα κλάσμα πολλών εξαρτημάτων που είναι απαραίτητα για τους τρισδιάστατους εκτυπωτές με ιμάντα και απαιτεί μικρότερο χρόνο συναρμολόγησης

Σε σύγκριση με τους κινητήρες ιμάντα, που παράγουν γραμμική κίνηση με συχνότητα $\pm 0,1$ mm/m και ύψος στρώματος 100 microns στις πρακτικές 3D εκτύπωσης, οι βίδες προσφέρουν γραμμική κίνηση με συχνότητα $\pm 0,02$ mm/m και ύψος στρώματος 50 microns, γεγονός που τις καθιστά πολύ πιο ακριβείς και ακριβείς για τον έλεγχο της απόδοσης του 3D εκτυπωτή.



Εικόνα 2-12 – Βίδα μολύβδου

2.1.13 Ιμάντες

Για την επίτευξη καλών αποτελεσμάτων, η ακρίβεια είναι σημαντική στην τρισδιάστατη εκτύπωση. Εάν κάτι χαλαρώσει κατά τη διαδικασία εκτύπωσης, θα είναι σαφώς ορατό στην εκτύπωση. Ως εκ τούτου, χρησιμοποιούνται ιμάντες τρισδιάστατου εκτυπωτή για να διασφαλιστεί ότι οι κινήσεις είναι ελεγχόμενες και ακριβείς όσο το δυνατόν περισσότερο. Η χρήση βηματικών κινητήρων μπορεί να βοηθήσει στην παροχή πιο προηγμένου ελέγχου, αλλά είναι άχρηστη αν ο ιμάντας γλιστράει.

Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο οι περισσότεροι ιμάντες τρισδιάστατων εκτυπωτών έχουν σχεδιαστεί για να προσαρμόζονται κατά μήκος οδοντωτών τροχών, έχοντας πολλές μετρημένες εγχοπές στη μία ή και στις δύο πλευρές. Ένα γρανάζι κίνησης συνδέεται με τον βηματικό κινητήρα και ο ιμάντας προσαρμόζεται στις εγχοπές του γραναζιού, εμποδίζοντας την ολίσθηση και επιτρέποντάς του να περιστρέφεται μαζί με τον κινητήρα. Για να διατηρείται ο ιμάντας σφιχτός, μπορεί να τοποθετηθεί πάνω από ένα άλλο τέτοιο γρανάζι, το οποίο λειτουργεί ως τροχαλία. Αυτό το δεύτερο γρανάζι προσαρτάται στη συνέχεια στο πλαίσιο του εκτυπωτή στην αντίθετη πλευρά της αντίστοιχης ράβδου του άξονα.

Διάφορα στοιχεία εκτύπωσης προσαρτώνται στον ιμάντα κατά μήκος του άξονά του. Όταν είναι οριζόντια, μια ράβδος άξονα υποστηρίζει το βάρος ενός ή περισσότερων στοιχείων εκτύπωσης και

η μόνη εργασία του ιμάντα είναι η μετακίνηση αυτών των στοιχείων κατά μήκος του άξονα. Ωστόσο, όταν είναι τοποθετημένοι κάθετα, οι ιμάντες συνήθως εξαρτώνται από τη στήριξη. Μερικές φορές προστίθεται ακόμη και αντίβαρο στον ιμάντα για να μην χρειάζεται να εργάζεται τόσο σκληρά ο κινητήρας.



Εικόνα 2-13 – Ιμάντας και δακτύλιος για την κίνηση του άξονα

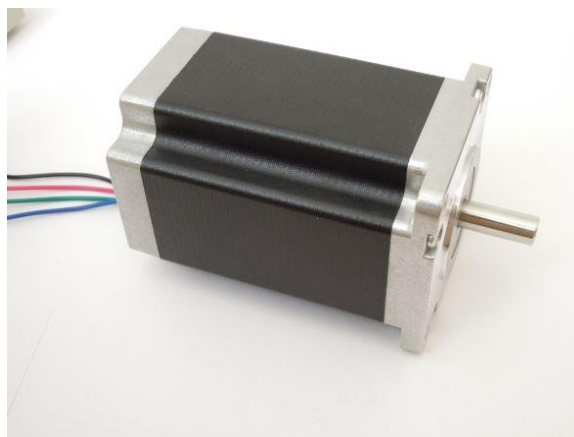
2.1.14 Μηχανισμός βηματικού κινητήρα

Ένας βηματικός κινητήρας αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της μηχανής τρισδιάστατης εκτύπωσης. Οι βηματικοί κινητήρες είναι υπεύθυνοι για όλες τις γραμμικές κινήσεις που πραγματοποιούνται από το μηχάνημα, για παράδειγμα, μια αλλαγή θέσης στον άξονα Y προκαλείται από μια περιστροφή σε έναν βηματικό κινητήρα.

Η διαφορά μεταξύ ενός γενικού ηλεκτροκινητήρα και των βηματικών κινητήρων είναι ότι οι βηματικοί κινητήρες περιστρέφονται επιλεκτικά ένα ορισμένο ποσοστό της περιστροφής, που ονομάζεται βήματα, και μπορούν να ξεκινούν και να σταματούν κατά βούληση, γεγονός που επιτρέπει σε μηχανές όπως οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές να επιτυγχάνουν ακριβείς κινήσεις.

Σε κάθε εκτυπωτή 3D, θα βρείτε βηματικούς κινητήρες προσαρτημένους στους άξονες X, Y και Z. Για τους X και Y μπορεί να χρησιμοποιούν ιμάντες ή βίδες για να μεταφέρουν την περιστροφή σε γραμμική κίνηση και συνήθως χρησιμοποιούν έναν κινητήρα ο καθένας. Στον άξονα Z, μπορεί να βρείτε έναν ή δύο, ανάλογα με τη μηχανή σας, και αυτός (ή αυτοί) θα χρησιμοποιούν συνήθως βίδα, καθώς ο άξονας Z πρέπει να φέρει το βάρος ολόκληρης της κεφαλής εργαλείων.

Επιπλέον, στους τρισδιάστατους εκτυπωτές, υπάρχει ένας ακόμη βηματικός κινητήρας: αυτός που ελέγχει την εξώθηση νήματος. Συνήθως συνδέεται με ένα σύστημα που αποτελείται από ένα ελατήριο, μια τροχαλία και ένα γρανάζι, τα οποία όλα μαζί κάνουν το νήμα να κινείται. Δεν χρησιμοποιείτε έναν για τις ατράκτους στις μηχανές CNC, καθώς χρειάζονται πολύ μεγαλύτερη ροπή, μεγαλύτερη ταχύτητα και διαθέτουν δικό τους ενσωματωμένο ηλεκτροκινητήρα.



Εικόνα 2-14 – Μηχανισμός βηματικού κινητήρα

2.2 Ηλεκτρικά εξαρτήματα

2.2.1 Τροφοδοσία ρεύματος

Τα τροφοδοτικά ή μονάδες τροφοδοσίας (PSU) είναι γενικά μεταλλικά κουτιά με ακροδέκτες ή μια δέσμη καλωδίων στο ένα άκρο και έναν ανεμιστήρα στο πλάι. Οι μονάδες τροφοδοσίας PSU περιέχουν συνήθως έναν μετασχηματιστή (ή μια σειρά μετασχηματιστών), ο οποίος λαμβάνει τα 110 έως 240 βολτ από τον τοίχο και τα μειώνει σε πιο λογικά 12 έως 24 βολτ. Επίσης, μέσα σε ένα τροφοδοτικό υπάρχει ένα κύκλωμα ανορθωτή, το οποίο μετατρέπει το εναλλασσόμενο ρεύμα του τοίχου στο συνεχές ρεύμα που χρειάζεται ένας εκτυπωτής 3D.

Το θερμό άκρο του τρισδιάστατου εκτυπωτή είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την τάση του τρισδιάστατου εκτυπωτή. Τα θερμά άκρα είναι συνήθως διαμορφώσεις 12 ή 24V, επομένως είναι σημαντικό να ελέγξετε την τάση του θερμού άκρου πριν αποφασίσετε για το τροφοδοτικό. Μπορεί να χρειαστεί ένας μετατροπέας υποβιβασμού και μερικά τρανζίστορ MOSFET για τη διασύνδεση με την πλακέτα ελέγχου σας, αλλά ιδανικά θα ταιριάζει με την τάση του θερμού άκρου.



Εικόνα 2-15 – Τροφοδοσία ρεύματος

2.2.2 Μητρικές πλακέτες

Όλες οι ηλεκτρικές μονάδες σε έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή συνδέονται με τη μητρική πλακέτα όπου βρίσκονται οι μικροελεγκτές μέσα σε έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή. Οι μικροελεγκτές υλοποιούν τους κωδικούς που αποστέλλονται από το λογισμικό του τρισδιάστατου εκτυπωτή και επιτρέπουν την παραγωγή των τρισδιάστατων εκτυπωμένων αντικειμένων. Η διαδικασία αυτή δεν περιλαμβάνει μόνο την παραγγελία και την αλληλουχία του χρόνου και της κατεύθυνσης των κινήσεων των βηματικών οδηγών και των κινητήρων, αλλά και τον έλεγχο των δεδομένων που προέρχονται από διάφορους αισθητήρες από όλη τη συσκευή, όπως η θερμοκρασία και η κατάσταση των οριακών διακοπών. Η μητρική πλακέτα παρέχει και εξασφαλίζει την ομαλή επικοινωνία μεταξύ της εισόδου και της επιθυμητής εξόδου. Οι μητρικές κάρτες διαθέτουν συνήθως τα ακόλουθα χαρακτηριστικά: Τάση εισόδου 24V, επεξεργαστή 32 Bit, συνδεσιμότητα στο Διαδίκτυο, εφεδρικές θέσεις IO. Η τάση εισόδου 24V επιτρέπει υψηλότερη απόδοση του κινητήρα, ενώ ο επεξεργαστής 32 Bit επιτρέπει την εκπλήρωση πιο σύνθετων εργασιών. Η συνδεσιμότητα στο Διαδίκτυο, από την άλλη πλευρά, επιτρέπει την εξ αποστάσεως παραγωγή τρισδιάστατων προϊόντων, ενώ οι εφεδρικές θέσεις IO θα επέτρεπαν υψηλότερη προσαρμογή και ποιότητα των εκτυπωμένων προϊόντων.

2.2.3 Υποδοχές κάρτας SD

Ενώ οι μονάδες USB χρησιμοποιούνται σε πολλές από τις σημερινές συσκευές, οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιούν συνήθως υποδοχές καρτών SD. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι οι κάρτες SD είναι ευκολότερο να εφαρμοστούν σε σύγκριση με τις μονάδες USB όσον αφορά τα χαρακτηριστικά του υλικού και του λογισμικού των τρισδιάστατων εκτυπωτών. Επιπλέον, οι μονάδες USB απαιτούν συνήθως πρόσθετο υλικό για να γίνουν αναγνώσιμες από τον τρισδιάστατο εκτυπωτή. Ο εκτυπωτής θα χρειαστεί επίσης ένα πρόγραμμα οδήγησης λογισμικού που θα του επιτρέπει την πρόσβαση σε αυτές τις πληροφορίες. Ως εκ τούτου, οι κάρτες SD είναι πολύ πιο βολική και συχνά χρησιμοποιούμενη μέθοδος αποθήκευσης και εξωτερικής μεταφοράς δεδομένων στους τρισδιάστατους εκτυπωτές.

2.2.4 Οδηγοί βηματικών κινητήρων

Οι οδηγοί βηματικών κινητήρων ελέγχουν την κίνηση των βηματικών κινητήρων, ενεργοποιώντας την περιέλιξή τους και κάνοντας τον άξονα του βηματικού κινητήρα να περιστρέφεται με τον επακριβώς ελεγχόμενο και αναμενόμενο τρόπο. Ορισμένες μητρικές πλακέτες έχουν τους οδηγούς βημάτων ενσωματωμένους στην πλακέτα, ενώ άλλες τους έχουν ως αντικαταστάσιμα plug-in.

Όλοι οι οδηγοί βηματικών κινητήρων διαθέτουν ένα κεντρικό τσιπ που επεξεργάζεται τις εισόδους και τις εξόδους ως κινήσεις σε κάθε άξονα. Οι βηματικοί κινητήρες Nema17 έχουν έναν ορισμένο αριθμό βημάτων ανά περιστροφή (με τα περισσότερα να είναι 200), ο οποίος είναι ακριβώς πόσες αλλαγές στο μαγνητικό πεδίο του πηνίου θα χρειαστούν για να περιστραφεί πλήρως ο άξονας του κινητήρα. Ελέγχοντας προσεκτικά το ρεύμα που εξάγει ο οδηγός, θα μαγνητίσει τη μία πλευρά του κινητήρα, προκαλώντας την περιστροφή του άξονα, και αλλάζοντας συνεχώς και με συνέπεια ποια πλευρά μαγνητίζεται, έτσι περιστρέφεται ο κινητήρας.

Οι οδηγοί μπορούν επίσης να κάνουν κάτι που ονομάζεται "micro-stepping", όπου αντί να μετακινείται αυστηρά ένα δόντι του γραναζιού ή του βήματος κάθε φορά, ο οδηγός μπορεί να εφαρμόσει μόλις αρκετό ρεύμα για να κρατήσει το γρανάζι μεταξύ των βημάτων, αυξάνοντας την ακρίβεια της κίνησης εξόδου. Από σήμερα, το 1/16 του micro-stepping είναι αρκετά συνηθισμένο, και ήταν για αρκετό καιρό, αλλά υπάρχουν μερικοί οδηγοί που μπορούν να πάνε στο 1/32, 1/64, 1/128, ή ακόμα και στο 1/256 του micro-stepping. Όσο περισσότερο micro-stepping βγάζει ένας οδηγός, τόσο περισσότερο ρεύμα θα χρειαστεί για να μπορεί να έχει τη ροπή για να κρατήσει αυτές τις λεπτές θέσεις.



Εικόνα 2-16 – Οδηγός βηματικών κινητήρων

2.2.5 Οθόνη και περιβάλλον εργασίας χρήστη

Η επιφάνεια εργασίας του χρήστη στους τρισδιάστατους εκτυπωτές βρίσκεται συνήθως στο επάνω μέρος των εκτυπωτών, συνήθως με δυνατότητα οθόνης αφής στις μέρες μας. Η επιφάνεια εργασίας χρήστη περιέχει μενού και υπομενού που επιτρέπουν στους χρήστες να εκτελούν μια σειρά λειτουργιών, όπως η πρόσβαση στην πλατφόρμα εκτύπωσης, η έναρξη της διαδικασίας εκτύπωσης, η θέση του εκτυπωτή σε κατάσταση αναμονής, η θέρμανση του εκτυπωτή, η εμφάνιση της τρέχουσας κατάστασης των υλικών, οι πληροφορίες για τα υλικά κ.λπ. Επιτρέπει επίσης την αντιμετώπιση προβλημάτων, την ημερομηνία και τη γλώσσα, τα συνολικά δεδομένα εκτύπωσης και τη συντήρηση του εκτυπωτή.

3 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΩΝ ΣΕ ΕΙΚΟΝΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

3.1 Εισαγωγή

Αυτή η ενότητα θα επικεντρωθεί στη δημιουργία αντικειμένων σε ένα εικονικό περιβάλλον. Αυτό είναι το πρώτο βήμα για να εκτυπώσουμε και να δώσουμε το σχήμα αυτού που χρειαζόμαστε ή θέλουμε να δημιουργήσουμε με τον τρισδιάστατο εκτυπωτή μας.

Μέχρι τώρα, έχουμε δει τις αρχές της τρισδιάστατης εκτύπωσης και τα κύρια εξαρτήματα του τρισδιάστατου εκτυπωτή μας. Έφτασε η ώρα να σχεδιάσουμε τα μέρη μας και μετά από αυτό, να εκτυπώσουμε και να δώσουμε ζωή σε ένα πραγματικό κομμάτι.

Η δημιουργία του σχεδίου μας είναι ίσως η πιο σημαντική στιγμή για να φτάσουμε στην επιτυχία. Ένα λάθος στο σχέδιο μπορεί να είναι καταστροφικό για τη σωστή “συμπεριφορά” του αντικειμένου μας.

Μετά από αυτή την ενότητα, αναμένεται ότι οι εκπαιδευόμενοι θα μπορούν να σχεδιάζουν και να δημιουργούν κομμάτια και εξαρτήματα στο λογισμικό OnShape σε εικονικό περιβάλλον και να αναγνωρίζουν τις βέλτιστες πρακτικές για να το κάνουν αυτό. Στο τέλος αυτής της ενότητας, οι εκπαιδευόμενοι αναμένεται να μπορούν:

- Να γνωρίζουν τις κύριες εντολές για τον σχεδιασμό αντικειμένων με τη χρήση του OnShape,
- Να είναι σε θέση να δημιουργούν ένα τμήμα/αντικείμενο στο OnShape,
- Να γνωρίζουν και να εκτελούν ορισμένες τεχνικές σχεδίασης,
- Να αναγνωρίζουν και να κατανοούν τους διαφορετικούς τύπους αρχείων που παράγονται και χρησιμοποιούνται κατά τη διαδικασία δημιουργίας,
- Να αναγνωρίζουν και να κατανοούν τις λειτουργίες ενός αρχείου STL.

3.2 3D Drawing

Αλλά τι είναι το 3D Drawing;

Η τρισδιάστατη σχεδίαση είναι η ικανότητα σχεδίασης σχημάτων με ύψος, πλάτος και βάθος. Πρόκειται για μια από τις πιο συνηθισμένες τεχνικές που χρησιμοποιούνται ήδη στις κατασκευές, την αρχιτεκτονική και πιο πρόσφατα στον γραφιστικό σχεδιασμό, επειδή αυτό επιτρέπει στους επαγγελματίες αυτών των τομέων να έχουν μια πιο ακριβή αντίληψη του τελικού αποτελέσματος των εργασιών τους. Τα τρισδιάστατα σχέδια γίνονται συνήθως μέσω ελέγχου από υπολογιστή με λογισμικό τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Μετά τη δημιουργία του σχεδίου είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί ένας τρισδιάστατος εκτυπωτής για τη δημιουργία φυσικών αντικειμένων, προσθέτοντας υλικό με επάλληλα στρώματα.

Με την εμφάνιση των τρισδιάστατων εκτυπωτών, αυτές οι τεχνικές και οι γνώσεις έχουν γίνει πιο σημαντικές για τους φοιτητές και τους εργαζόμενους σε καταστήματα και τις ιατρικές υπηρεσίες.

Με τη συγχώνευση αυτών των δύο εννοιών, είναι δυνατόν, για παράδειγμα, να γίνουν απλά πράγματα, όπως η κατασκευή ενός νέου παιχνιδιού, ή πιο σύνθετα, όπως η εκτύπωση ενός νέου οστού που θα χρησιμοποιηθεί σε χειρουργική επέμβαση αντικατάστασης οστών.

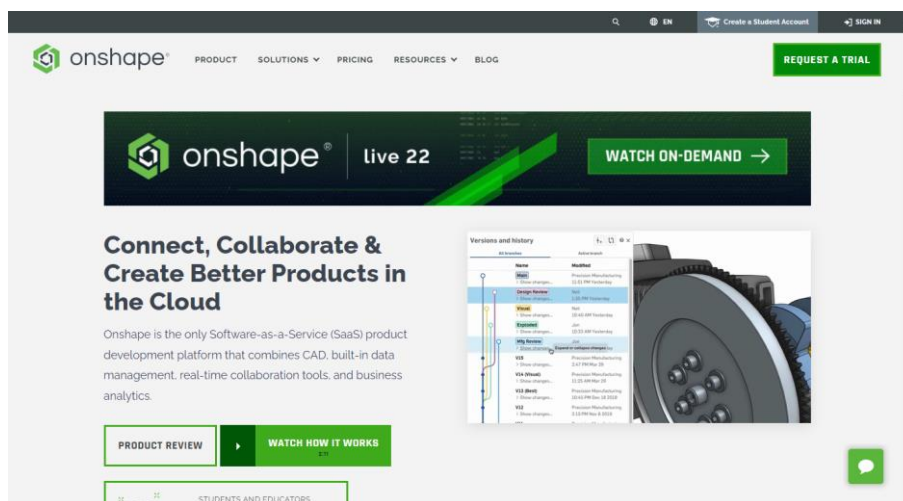
Οι δυνατότητες αυτής της τεχνολογίας δεν έχουν όρια και μόνο η πλήρης κατανόηση και κατανόηση αυτών των εννοιών θα μας επιτρέψει να επωφεληθούμε από αυτές.

3.3 OnShape Λογισμικό

Το OnShape είναι ένα από τα πιο δημοφιλή επαγγελματικά λογισμικά CAD-as-a-Service (SaaS), ικανό να αναπτύσσει τρισδιάστατα σχήματα, αντικείμενα και φόρμες, με πολλά ενδιαφέροντα χαρακτηριστικά, όπως ενσωματωμένη διαχείριση δεδομένων, εργαλεία συνεργασίας σε πραγματικό χρόνο, επιχειρηματικές αναλύσεις και πολλά άλλα.

Με αυτό το λογισμικό, μπορούμε να δημιουργήσουμε διάφορα στοιχεία, και αντικείμενα με πολλά σχήματα, μορφές ή λειτουργίες σε 3D και όταν τελειώσουμε, είναι δυνατή η εξαγωγή τους σε αρχείο STL.

Η εργασία στο OnShape είναι το πρώτο βήμα για τη δημιουργία του τρισδιάστατα εκτυπωμένου αντικειμένου μας.



Εικόνα 3-1 – OnShape Διεπαφή

3.4 Δημιουργία ενός τμήματος/αντικειμένου στο OnShape

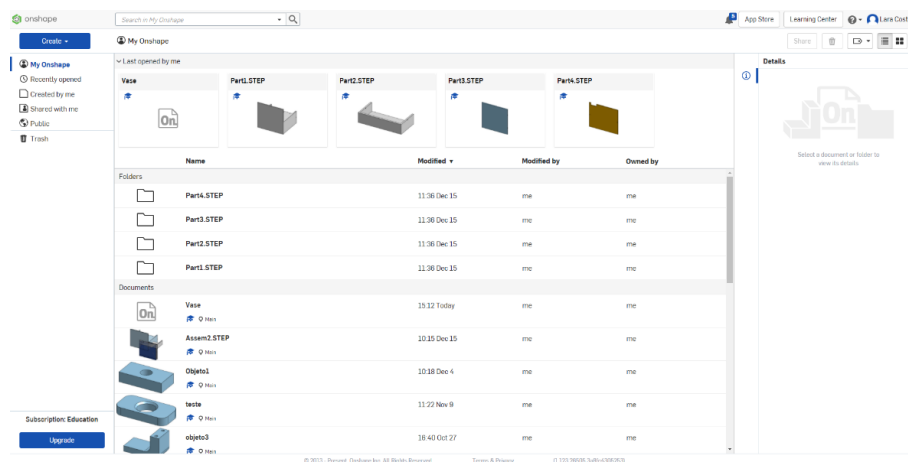
Στις σελίδες που ακολουθούν, θα μπορέσετε να ακολουθήσετε βήμα προς βήμα τη διαδικασία σχεδιασμού ενός τρισδιάστατου εξαρτήματος στο λογισμικό OnShape. Για αυτή την εκπαιδευτική ενότητα, θα σχεδιάσουμε μια μικρή πινακίδα αναγνώρισης με κείμενο επάνω της, χρησιμοποιώντας τα κύρια και βασικά εργαλεία σχεδίασης.

Έχοντας κατακτήσει αυτά τα εργαλεία, στο τέλος της εκπαιδευτικής ενότητας θα πρέπει να είστε σε θέση να σχεδιάζετε οποιοδήποτε κομμάτι με ευκολία.

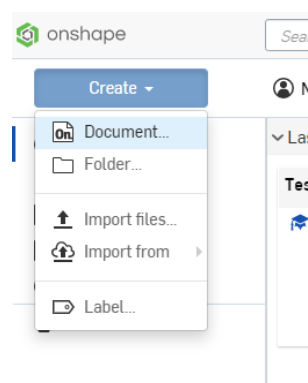
Για την πλήρη κατάκτηση, αυτή η εκπαιδευτική ενότητα δεν αποκλείει την απαραίτητη εκπαίδευση σχετικά με όλα τα εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν.

Στα επόμενα βήματα, θα δούμε πώς να δημιουργήσετε ένα κομμάτι/αντικείμενο χρησιμοποιώντας το λογισμικό OnShape.

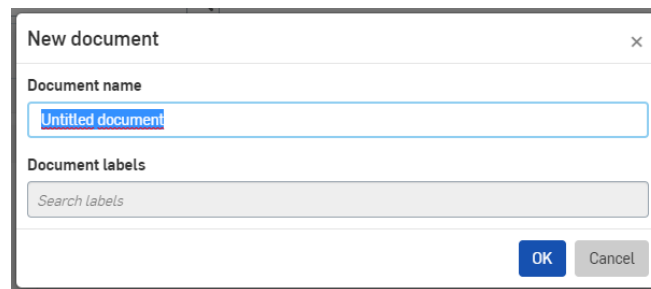
1ο βήμα - Ανοίξτε το OnShape και συνδεθείτε στο λογαριασμό σας.



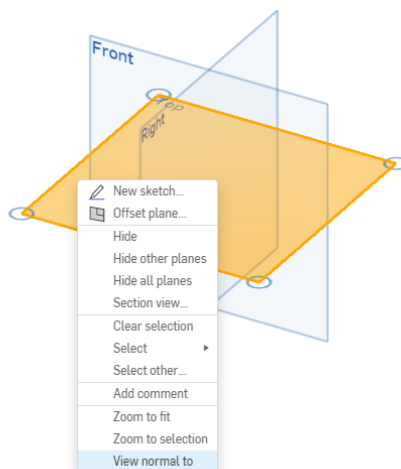
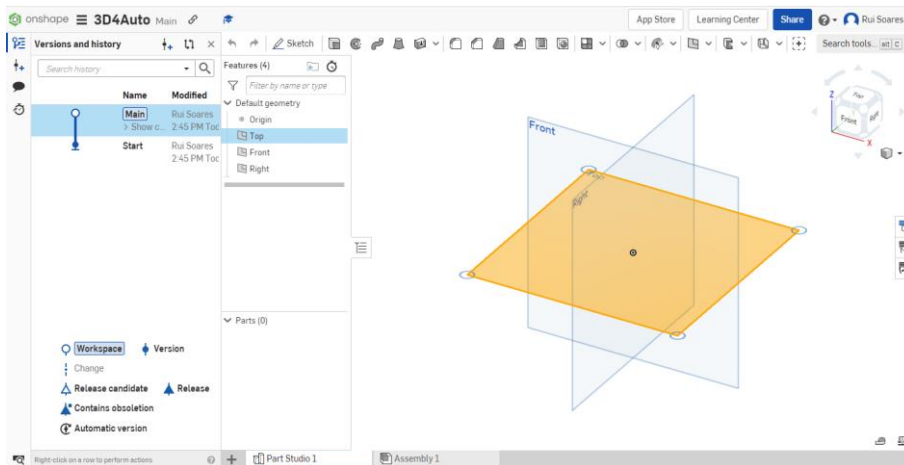
2ο βήμα - Δημιουργήστε ένα νέο έγγραφο.

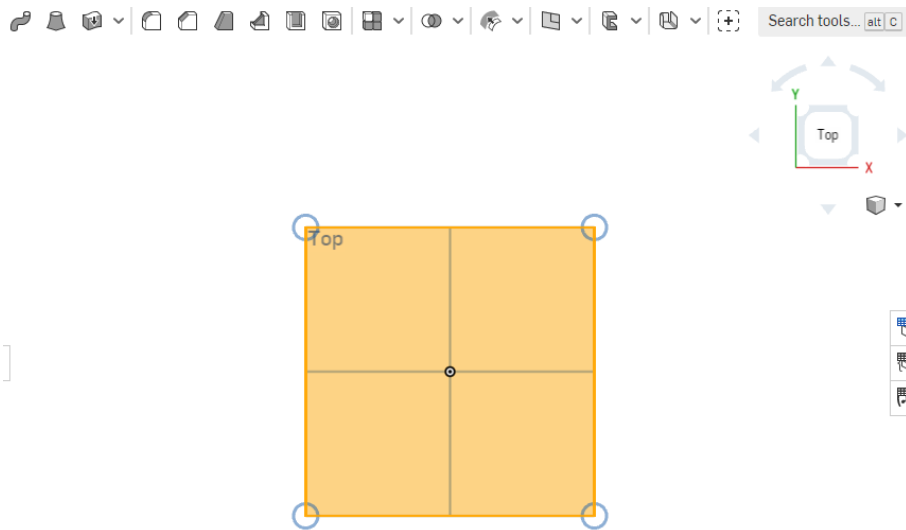


3ο Βήμα - Δώστε ένα όνομα στο έργο σας, όπως "3D4Auto" ή "Example".

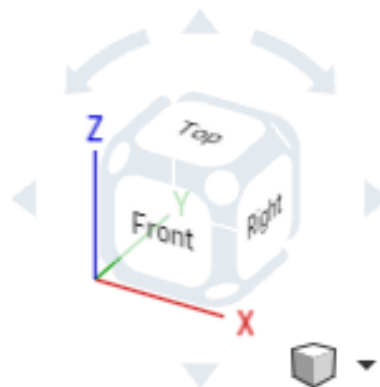


4ο βήμα - Επιλέξτε το επιθυμητό σχέδιο (στην προκειμένη περίπτωση το TOP) και με δεξί κλικ σε αυτό, επιλέξτε "View Normal to".

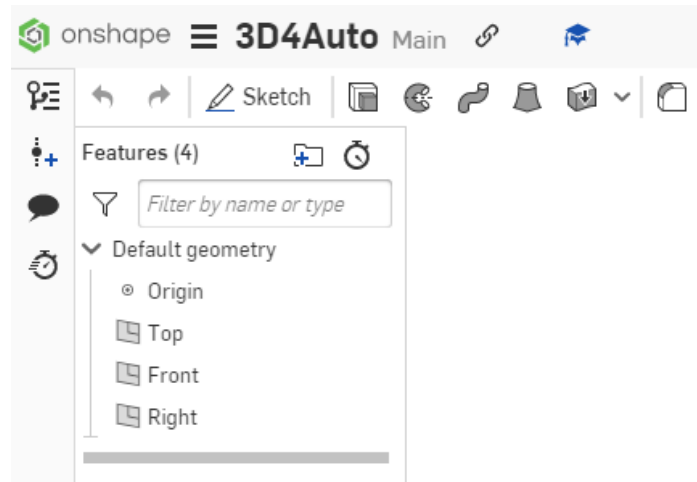




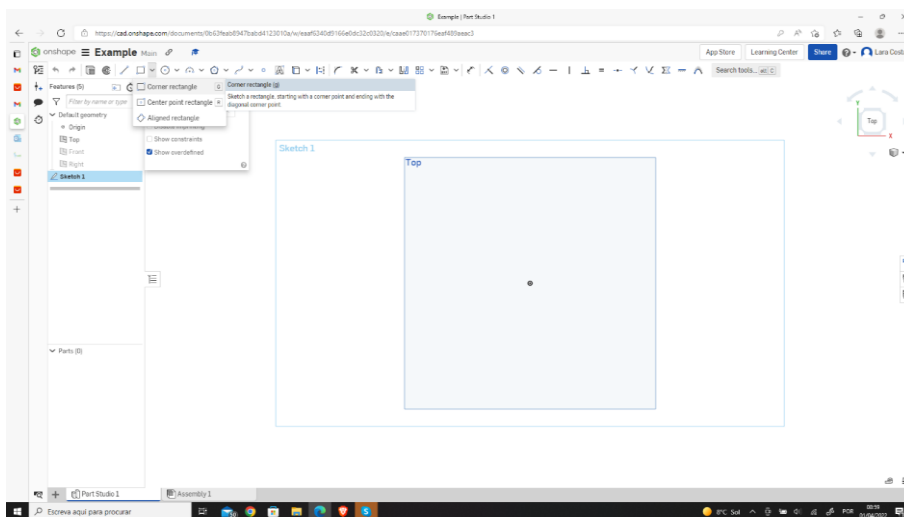
ΣΥΜΒΟΥΛΗ: για ταχύτερη πρόσβαση σε μια επιθυμητή προβολή, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον κύβο προβολής στην επάνω δεξιά γωνία.



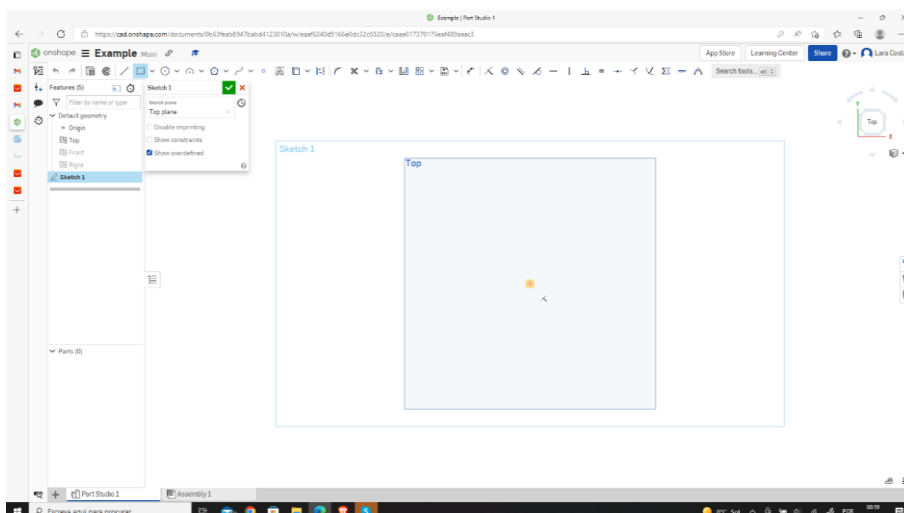
5ο βήμα - Κάντε κλικ στο "Sketch" για να ξεκλειδώσετε τα εργαλεία σχεδίασης.

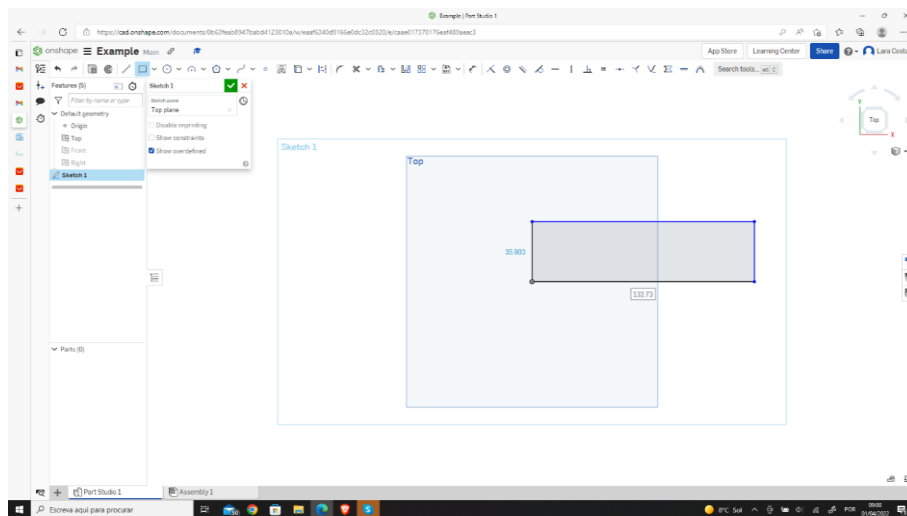


6ο βήμα - Επιλέξτε " corner rectangle " για να σχεδιάσετε.

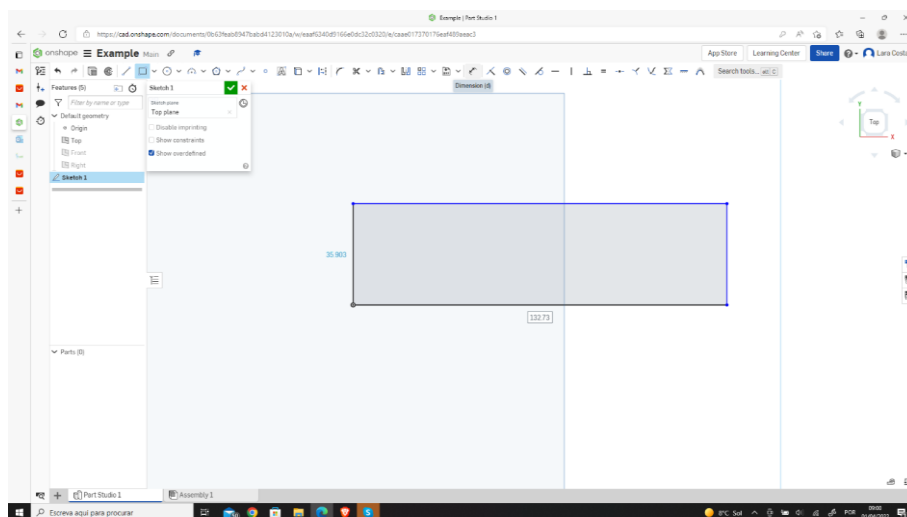


7ο βήμα - Σχεδιάστε το ορθογώνιο ξεκινώντας από το κεντρικό σημείο.

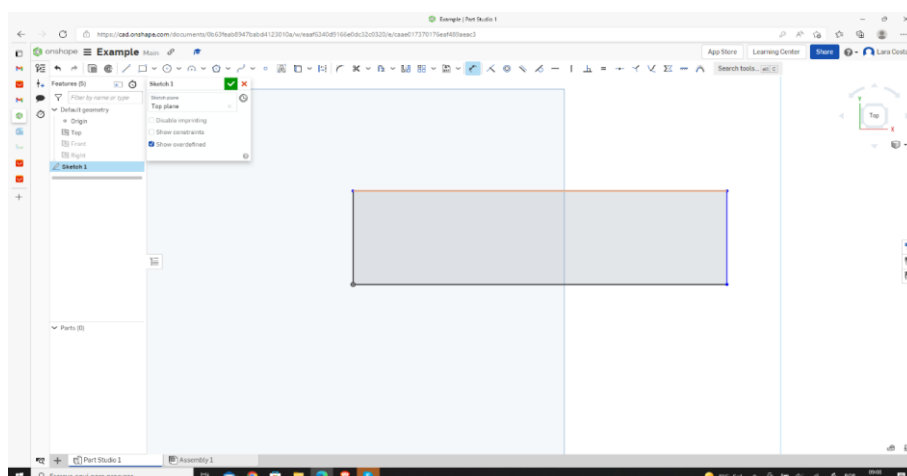




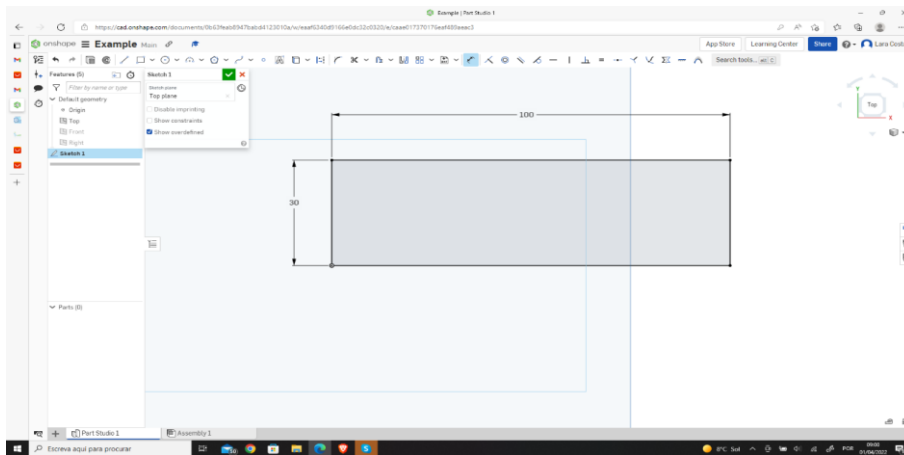
8ο Βήμα - Επιλέξτε " Dimensions" για να ορίσετε τα μέτρα του ορθογωνίου.



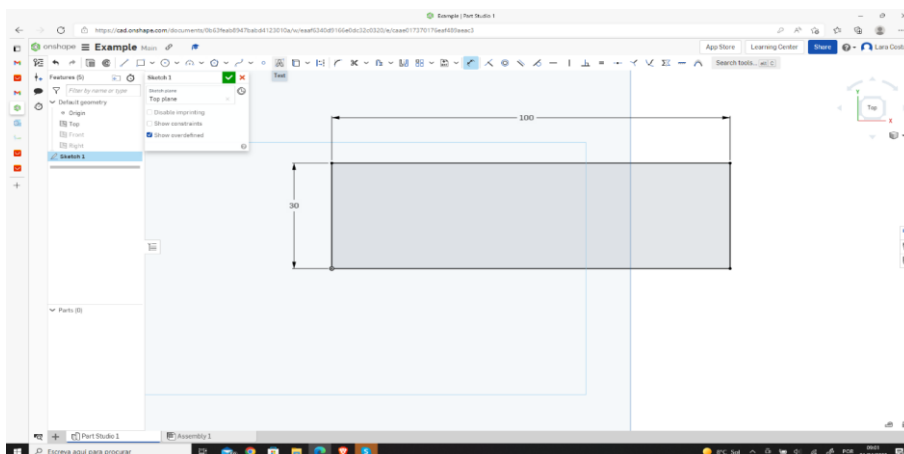
9ο βήμα - Επιλέξτε τη γραμμή TOP (ή BOTTOM) και ορίστε το προβλεπόμενο μέτρο (100mm).



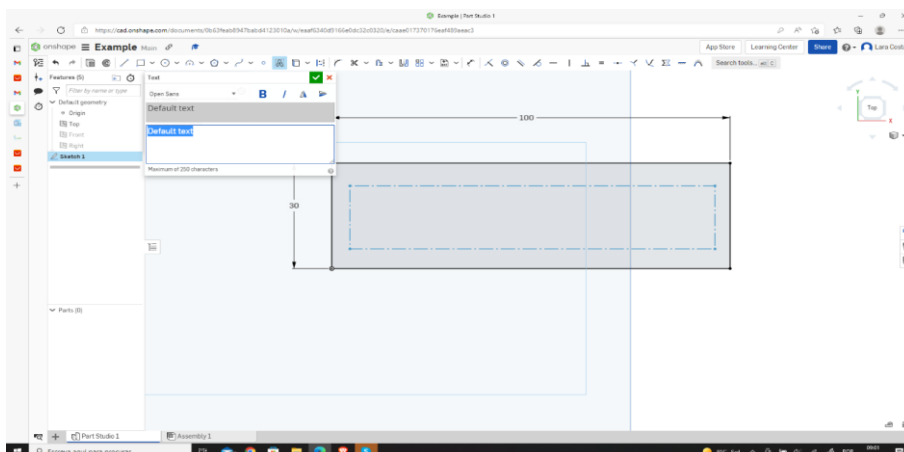
10ο βήμα - Επαναλάβετε την τελευταία διαδικασία για τη δεξιά (ή αριστερή) γραμμή και ορίστε το προβλεπόμενο μέτρο (30mm).



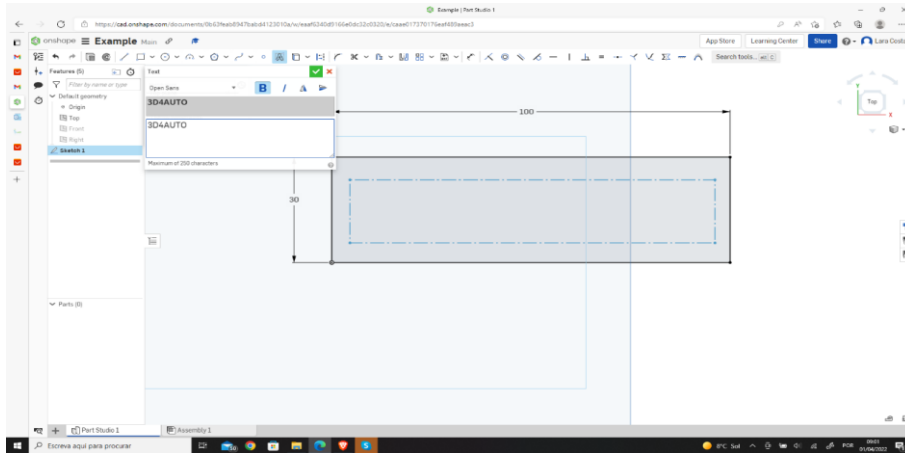
11ο βήμα - Επιλέξτε το εργαλείο " Text ".



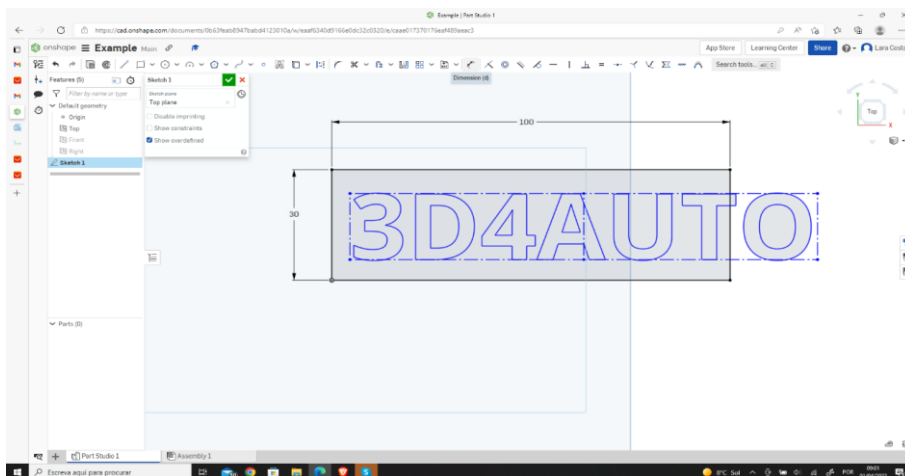
12ο βήμα - Σχεδιάστε ένα ορθογώνιο μέσα στο πρώτο σας ορθογώνιο.



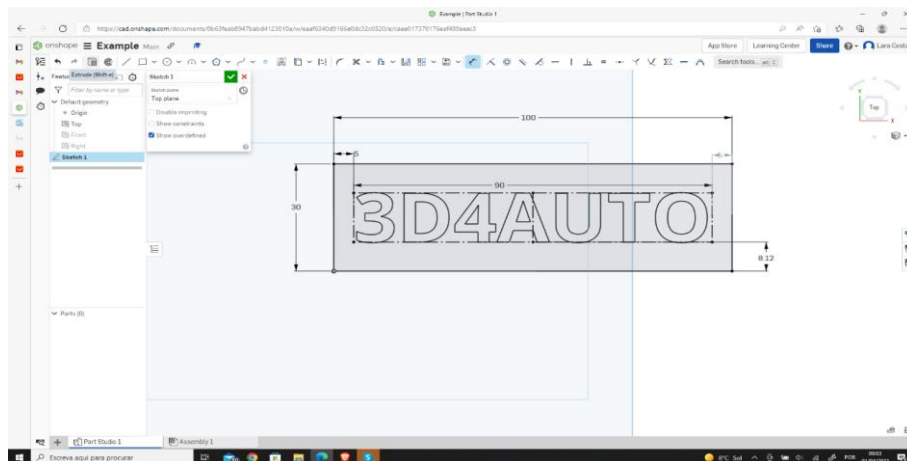
13ο Βήμα - Γράψτε το επιθυμητό κείμενο (σε αυτή την περίπτωση θα είναι "3D4AUTO"), επιλέξτε τη ρύθμιση "Bolt" και επιβεβαιώστε κάνοντας κλικ στο πράσινο σημάδι ελέγχου.



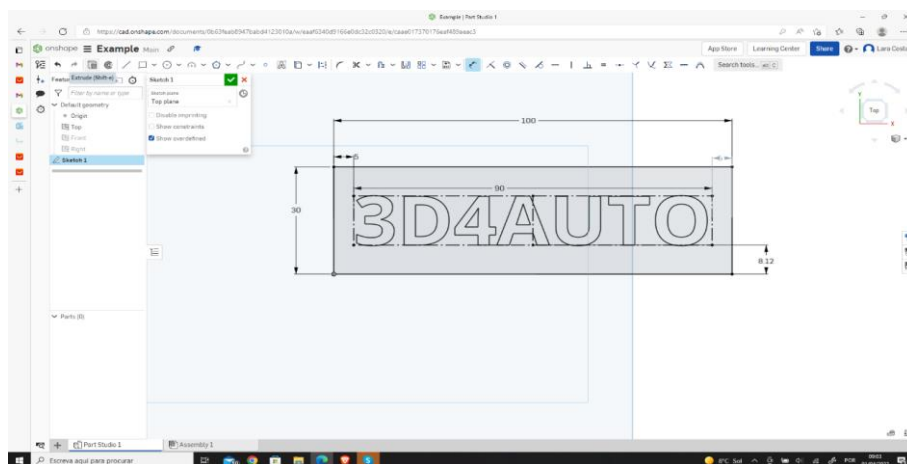
14ο βήμα - Επιλέξτε ξανά το εργαλείο "Dimension".



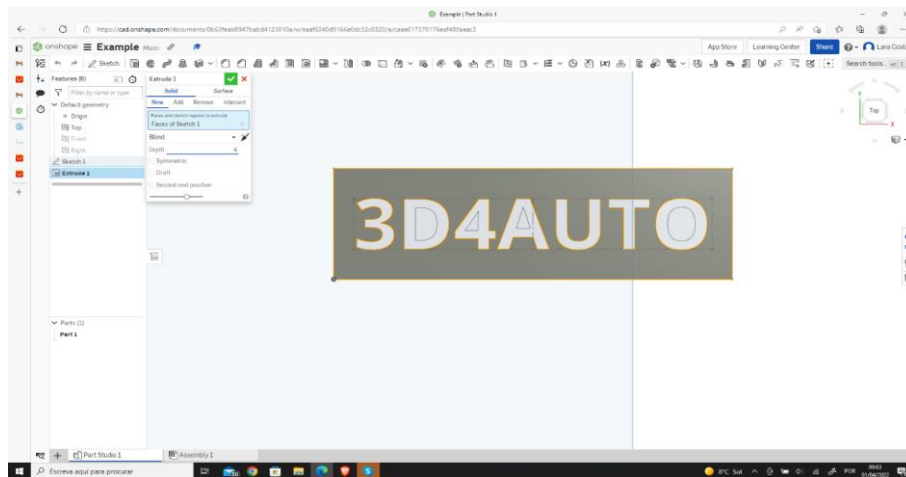
15ο βήμα - Ορίστε τις διαστάσεις όπως στην ακόλουθη εικόνα για να επαναδιαστασιολογήσετε και να κεντράρετε την πλάκα.



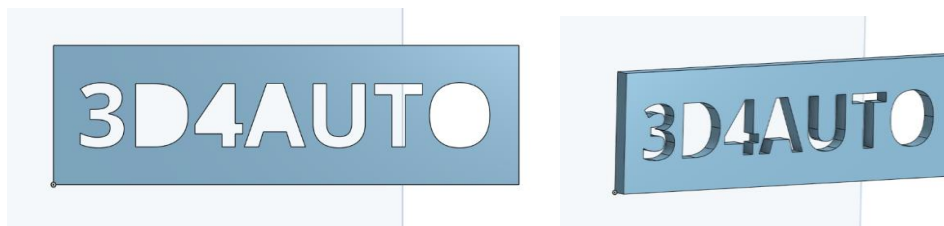
16ο Βήμα - Επιλέξτε το εργαλείο "Extrude".



17ο Βήμα - Αλλάξτε το Βάθος σε 4mm και επιβεβαιώστε κάνοντας κλικ στο πράσινο σημάδι ελέγχου.



18ο Βήμα - Τώρα έχετε ολοκληρώσει το σχέδιο



3.5 Τεχνικές Σχεδίασης

Ορισμένα από τα πιο σύνθετα μέρη απαιτούν τη σχεδίαση πολύπλοκων λεπτομερειών. Μια καλή στρατηγική είναι να σκεφτείτε αν αυτή η λεπτομέρεια μπορεί ακόμα να σχεδιαστεί στο επίπεδο 2D. Εάν είναι δυνατόν, είναι προτιμότερο να το κάνετε. Όσο περισσότερες λεπτομέρειες υλοποιήσετε στο 2D, τόσο πιο εύκολο θα είναι να επιτύχετε το επιθυμητό αποτέλεσμα.

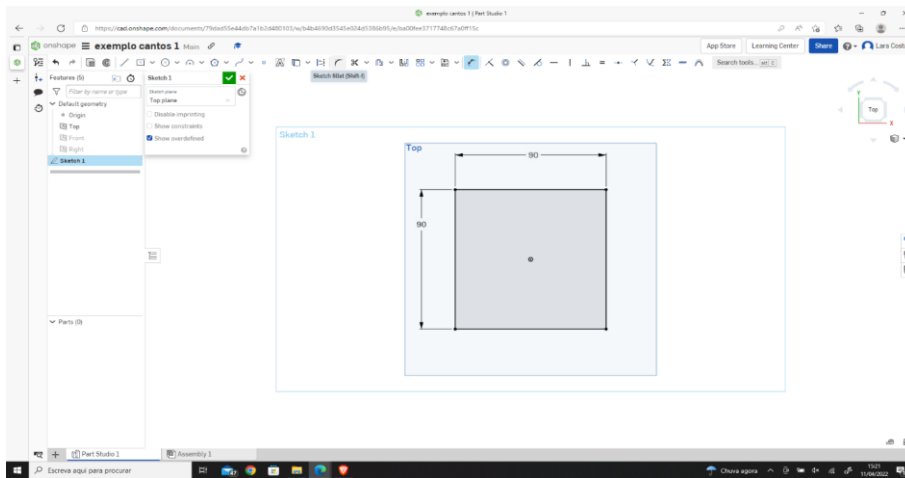
Ωστόσο, δεν είναι πάντα δυνατό να συμπεριλάβετε όλες τις λεπτομέρειες στο επίπεδο 2D. Στην περίπτωση αυτή, η λεπτομέρεια μπορεί να σχεδιαστεί μόνο αφού δοθεί όγκος στο σχέδιο.

Στην επόμενη εικόνα, μπορούμε να δούμε δύο παραδείγματα εφαρμογής και των δύο καταστάσεων στο ίδιο κομμάτι, όπου η λεπτομέρεια εφαρμόζεται σε 2D και 3D για διαφορετικές καταστάσεις.

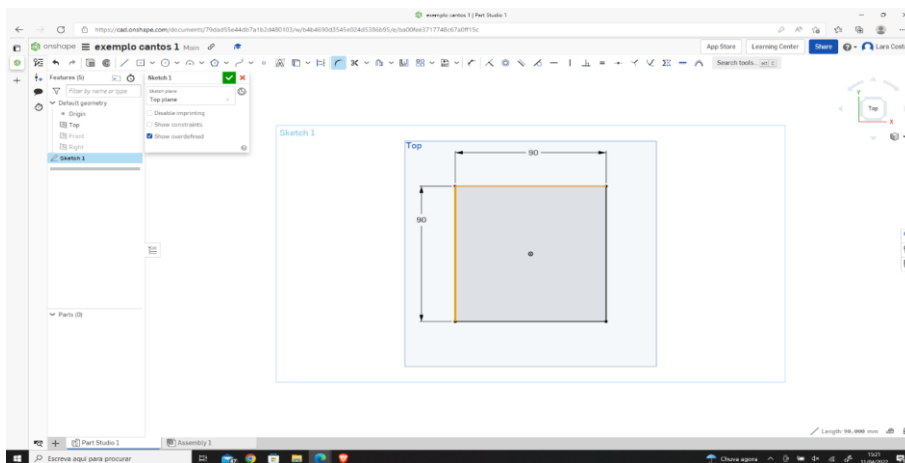
Η κατάρτηση αυτής της έννοιας είναι μία από τις πιο σημαντικές τεχνικές σχεδίασης. Όποτε είναι δυνατόν να σχεδιάσετε τη λεπτομέρεια σε 2D, πρέπει να το κάνετε!

3.5.1 Στρογγυλές γωνίες σε 2D και 3D σχέδια

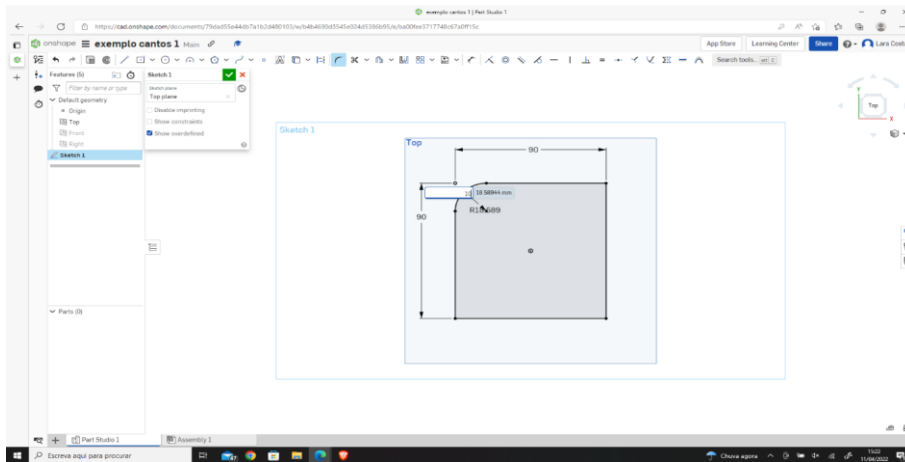
1ο βήμα- Σχεδιάστε ένα ορθογώνιο όπως αυτό του παραδείγματος και επιλέξτε το εργαλείο "sketch filet".



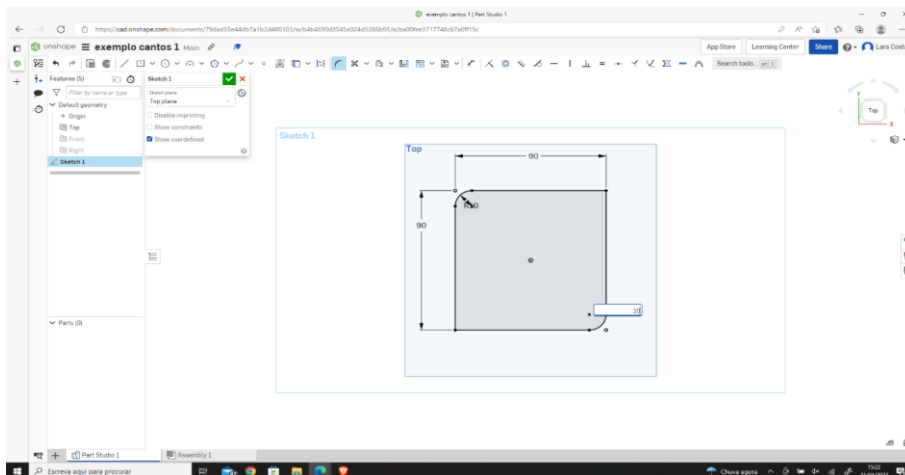
2ο βήμα - Επιλέξτε τις δύο γραμμές με πορτοκαλί χρώμα.



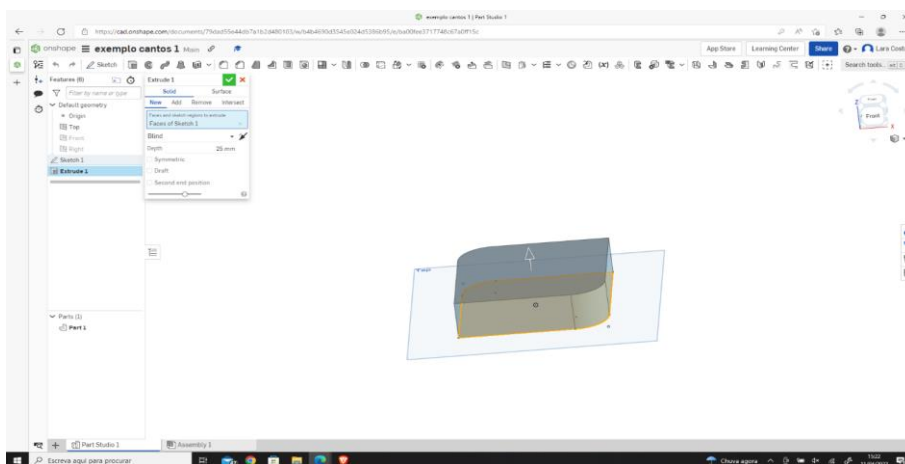
3ο βήμα - Ορίστε το μέτρο ακτίνας (10mm).



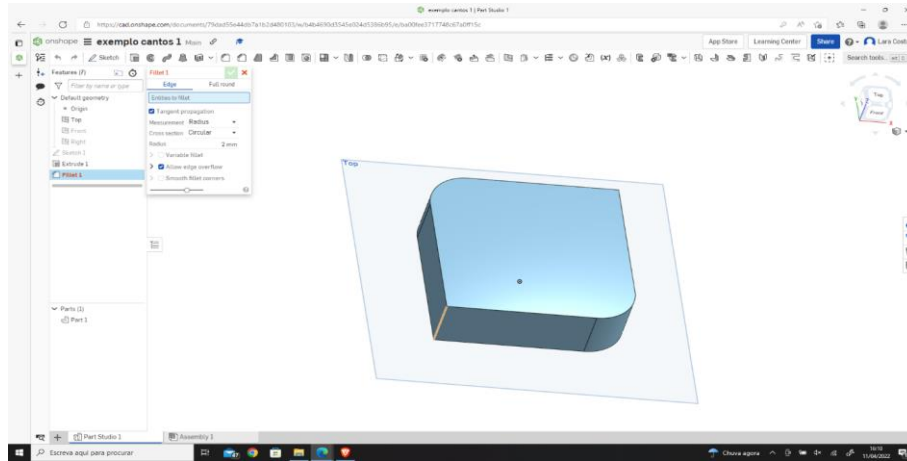
4ο βήμα - Κάντε το ίδιο (από τα βήματα 1 έως 3), αλλά αυτή τη φορά ρυθμίστε το μέτρο ακτίνας στα 20 χιλιοστά.



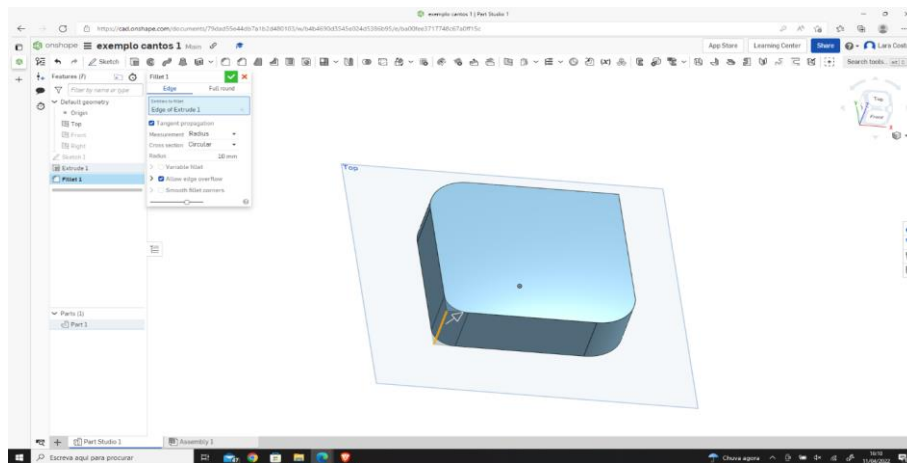
5ο βήμα - Επιλέξτε "extrude", ορίστε το βάθος στα 25 mm και κάντε κλικ στο πράσινο σημάδι ελέγχου.



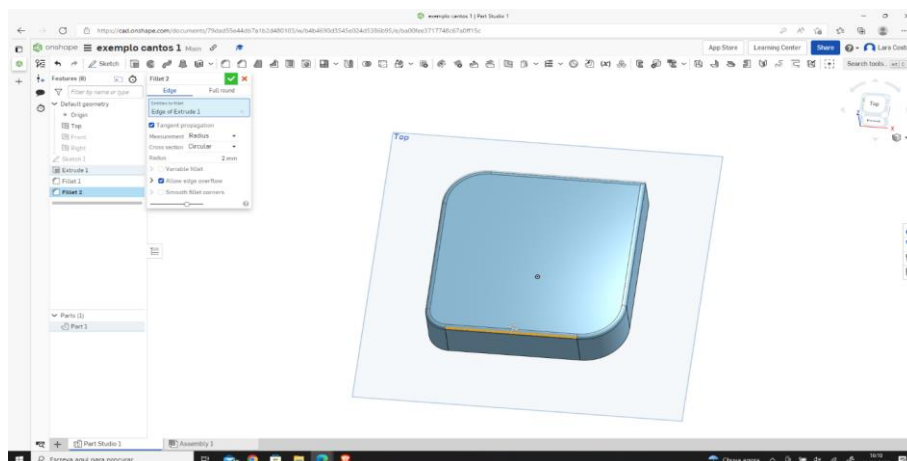
6ο Βήμα - Για να σμιλέψετε (fillet) σε 3D, κάντε κλικ στο " fillet " και επιλέξτε την άκρη, όπως στην εικόνα.



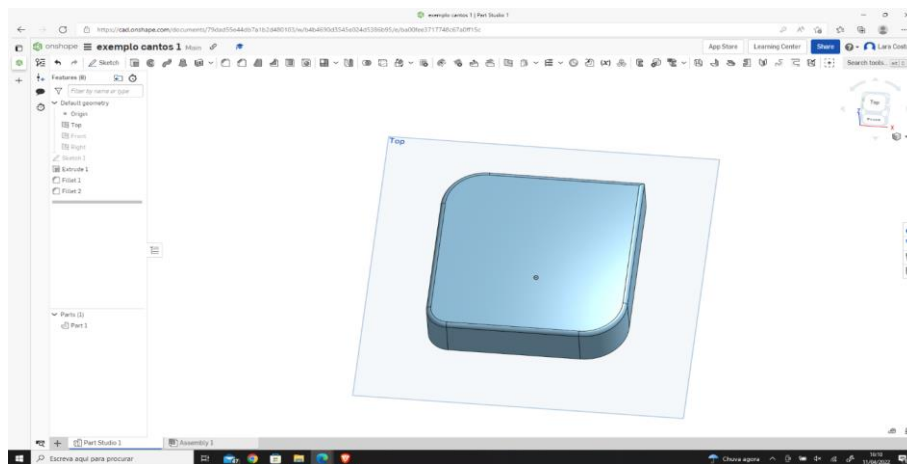
7ο βήμα - Αλλάξτε την ακτίνα σε 10 mm και κάντε κλικ στο πράσινο σημάδι ελέγχου.



8ο βήμα - Επαναλάβετε τις ενέργειες των βημάτων 6 και 7, αλλά αυτή τη φορά ρυθμίστε το μέτρο ακτίνας σε 2 mm και κάντε κλικ στο πράσινο σημάδι ελέγχου.



9ο Βήμα - Αυτό θα πρέπει να είναι το τελικό αποτέλεσμα.



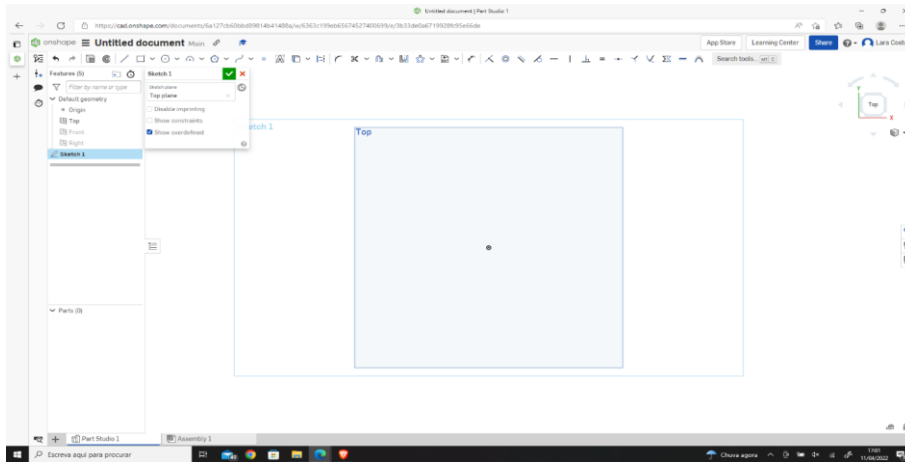
Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να χρειαστεί να επαναλάβουμε μια λεπτομέρεια σε ένα μοτίβο x φορές. Σε αυτές τις περιπτώσεις, μπορεί να είναι χρήσιμο να γνωρίζουμε και να κατέχουμε το εργαλείο "Κυκλικό μοτίβο", το οποίο μας επιτρέπει να επαναλάβουμε μια λεπτομέρεια αρκετές φορές κατά μήκος μιας περιφέρειας.

Αυτό το εργαλείο καθίσταται πολύ χρήσιμο για τη σχεδίαση εξαρτημάτων όπως γρανάζια ή οδοντωτούς τροχούς, για παράδειγμα.

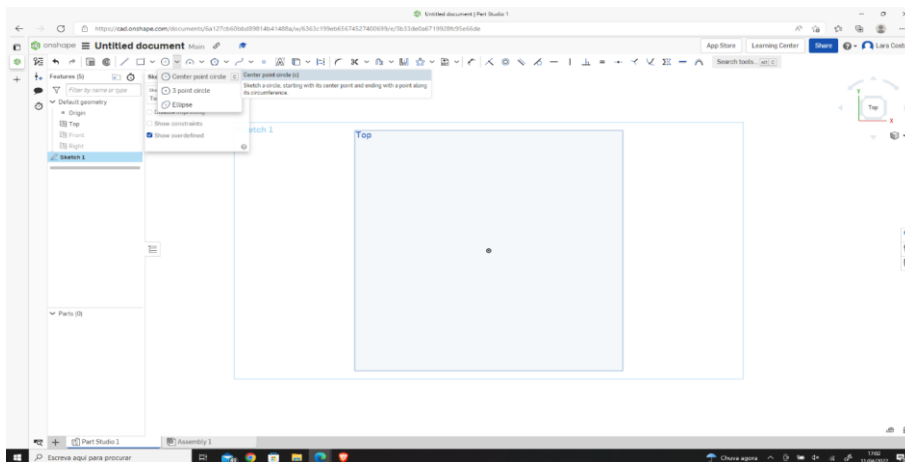
Στις επόμενες εικόνες, θα δούμε μια εφαρμογή αυτού του εργαλείου για την εκτέλεση μιας λεπτομέρειας που επαναλαμβάνεται κατά μήκος της περιμέτρου.

3.5.2 Σχεδιασμός Κυκλικού Μοτίβου

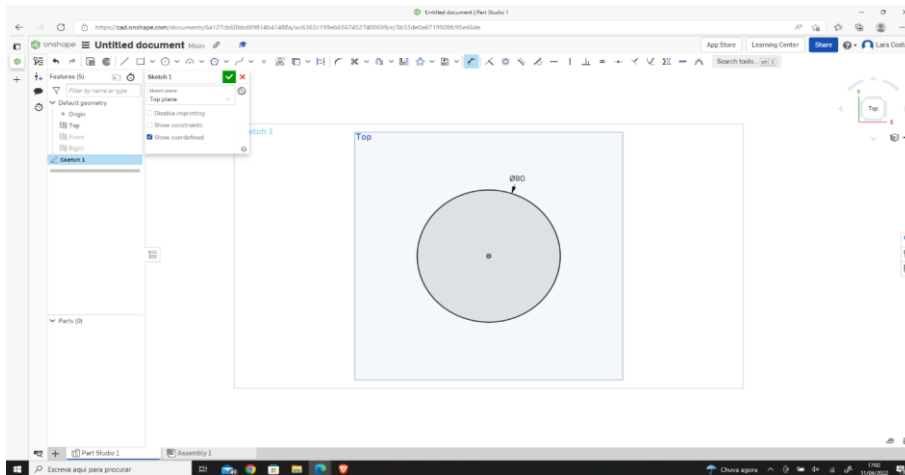
1ο βήμα - Ανοίξτε το προσχέδιο.



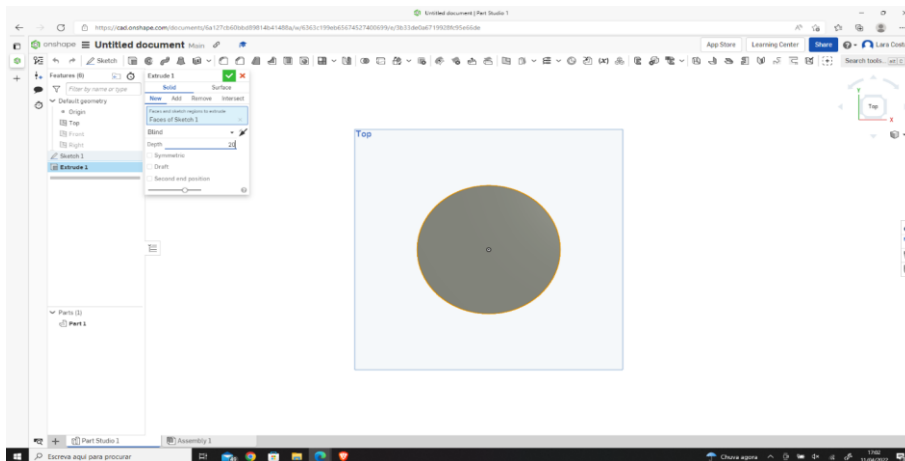
2ο βήμα - Επιλέξτε το εργαλείο σκίτσου " center point circle ".



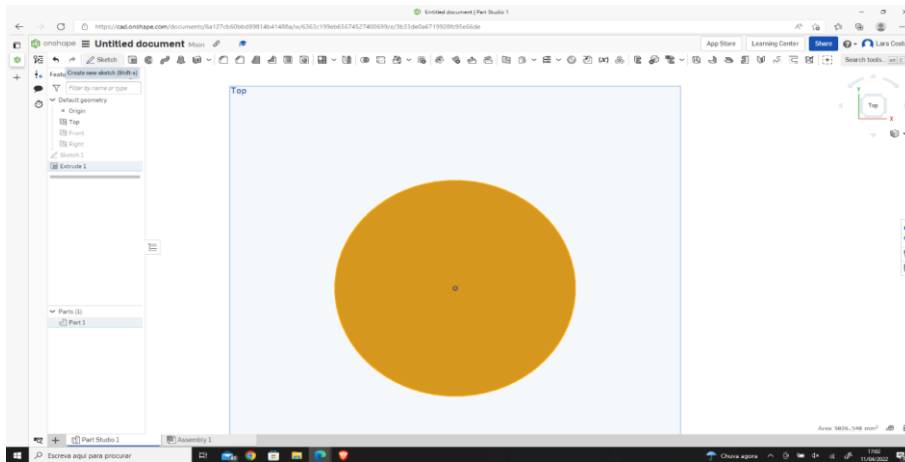
3ο Βήμα - Σχεδιάστε έναν κύκλο ξεκινώντας από το κέντρο και ορίστε τη διάστασή του στα 80 mm.



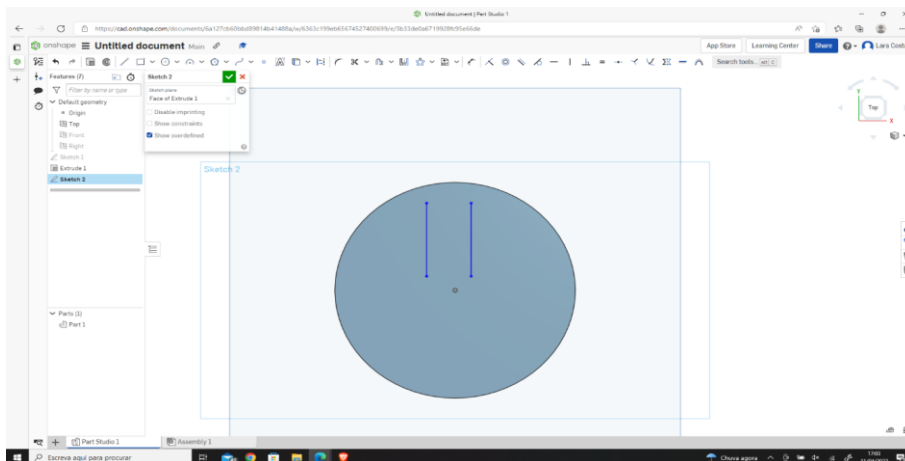
4ο Βήμα - Επιλέξτε το εργαλείο εξώθησης, αλλάξτε το βάθος σε 20mm και κάντε κλικ στο πράσινο σημάδι ελέγχου.



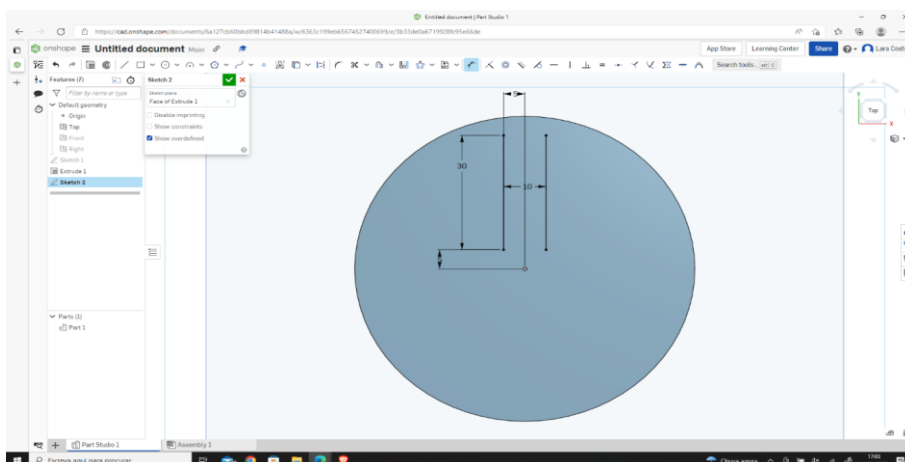
5ο Βήμα - Επιλέξτε την επάνω όψη του κυλίνδρου και κάντε κλικ στο κουμπί Sketch.



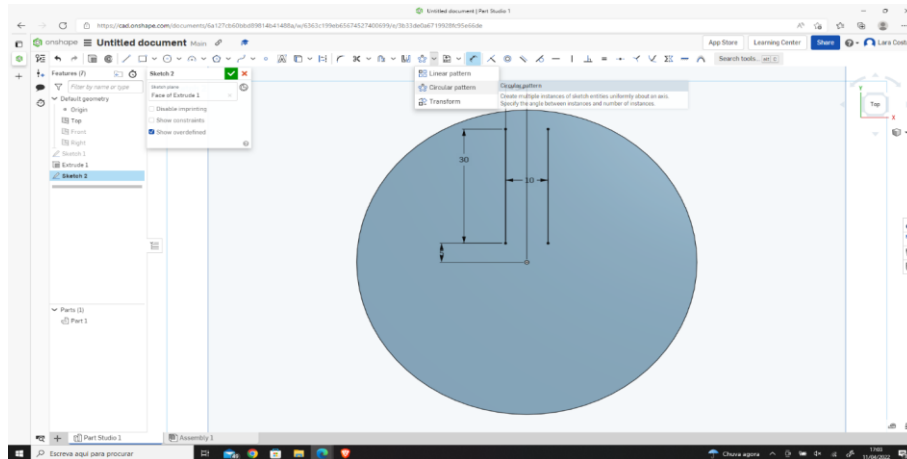
6ο Βήμα - Επιλέξτε το εργαλείο σκίτσου "line" και σχεδιάστε 2 παράλληλες γραμμές (όπως στην εικόνα).



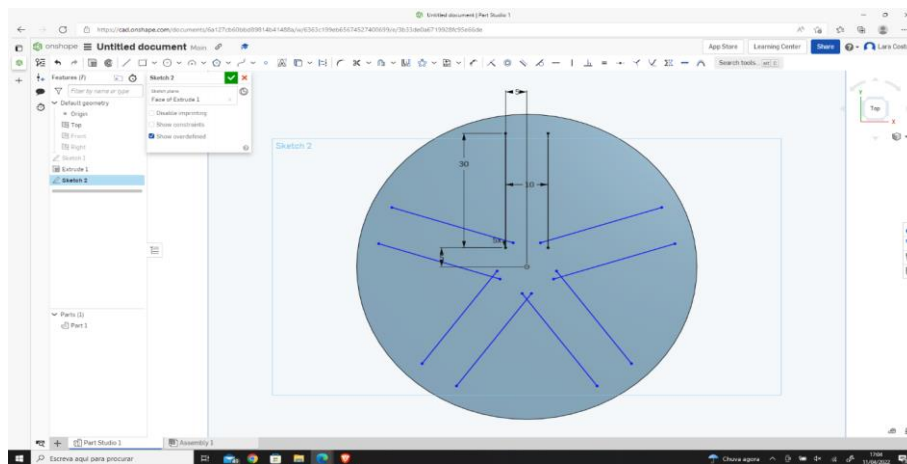
7ο Βήμα - Ορίστε τις διαστάσεις όπως φαίνεται στην εικόνα.



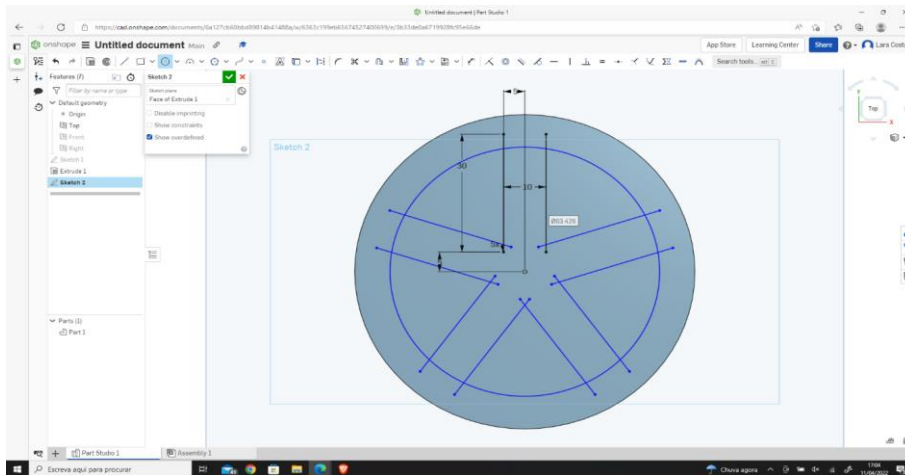
8ο βήμα - Επιλέξτε το εργαλείο σκίτσου "κυκλικό μοτίβο".



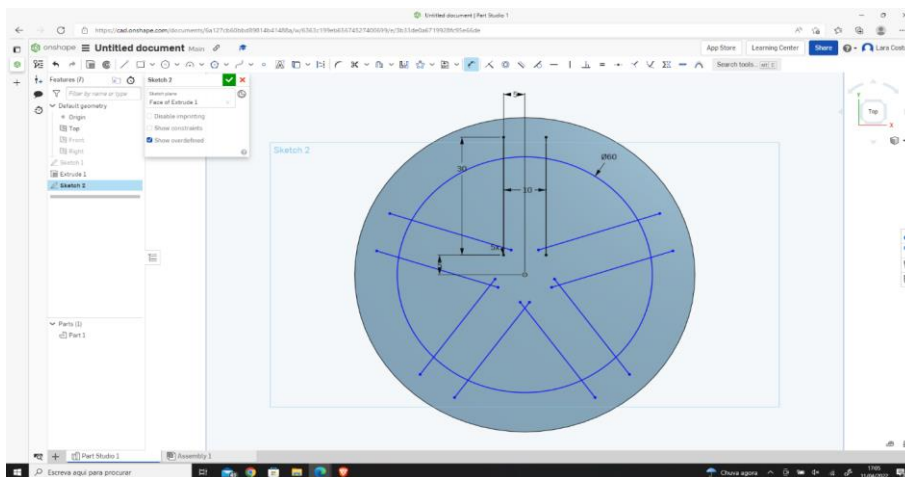
9ο Βήμα - Επιλέξτε τις 2 γραμμές με πορτοκαλί χρώμα και αλλάξτε σε 5x.



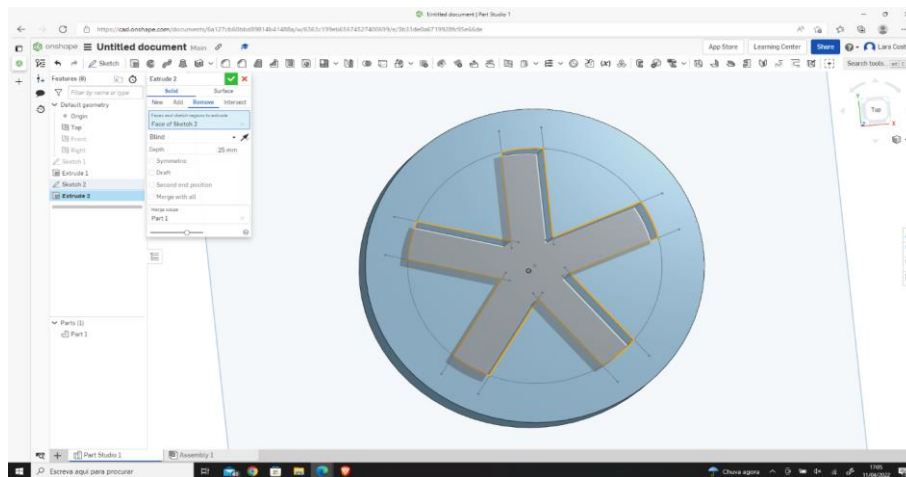
10ο Βήμα - Επιλέξτε το εργαλείο σκίτσου "center point circle" και σχεδιάστε έναν κύκλο ξεκινώντας από το κέντρο.



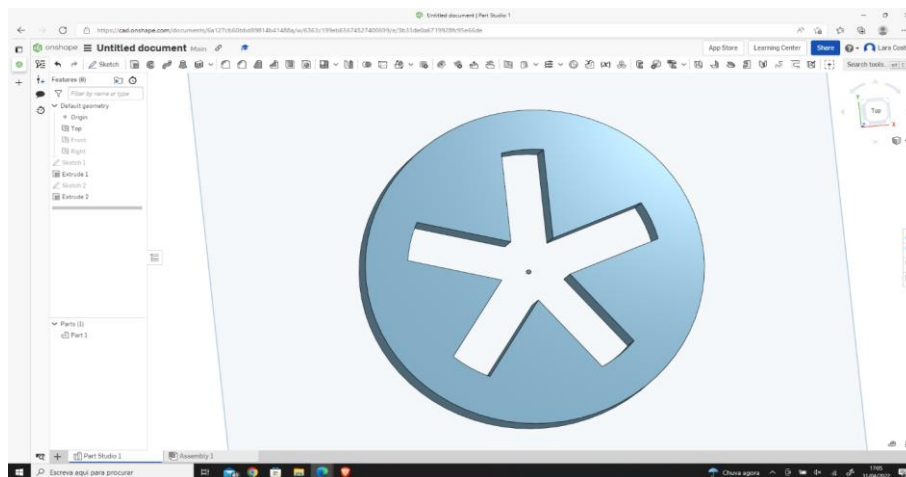
11ο βήμα - Ορίστε τη διάσταση στα 60 mm.



12ο Βήμα - Επιλέξτε "extrude" (εξώθηση), στη συνέχεια επιλέξτε "remove" (αφαίρεση) και κάντε κλικ στο πράσινο σημάδι ελέγχου.



13ο Βήμα - Το αποτέλεσμα θα πρέπει να μοιάζει με την ακόλουθη εικόνα.



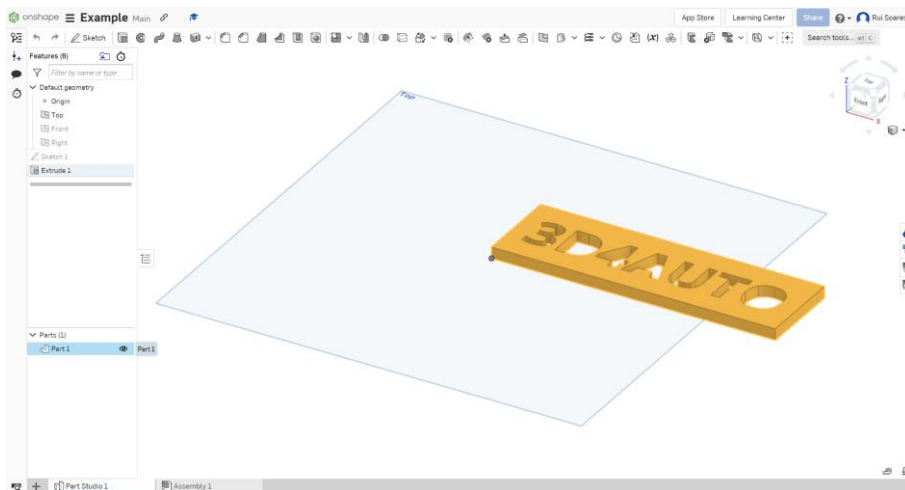
3.6 Εισαγωγή στο STL

Το STL είναι ο πιο δημοφιλής τύπος αρχείου που παράγεται από λογισμικό σχεδίασης 3D.

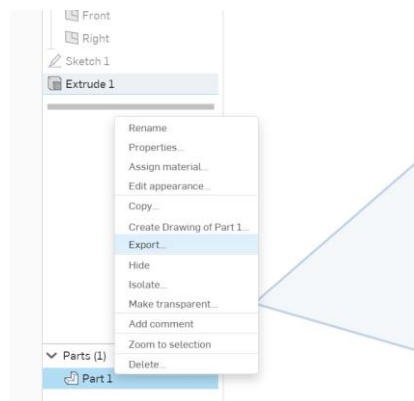
Αυτό το αρχείο χρησιμοποιείται για τη μεταφορά των πληροφοριών του σχεδίου μας στο λογισμικό τεμαχισμού.

Με το λογισμικό τεμαχισμού, θα μετατρέψουμε το σχέδιο σε πληροφορίες για να εκτυπωθεί από έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή.

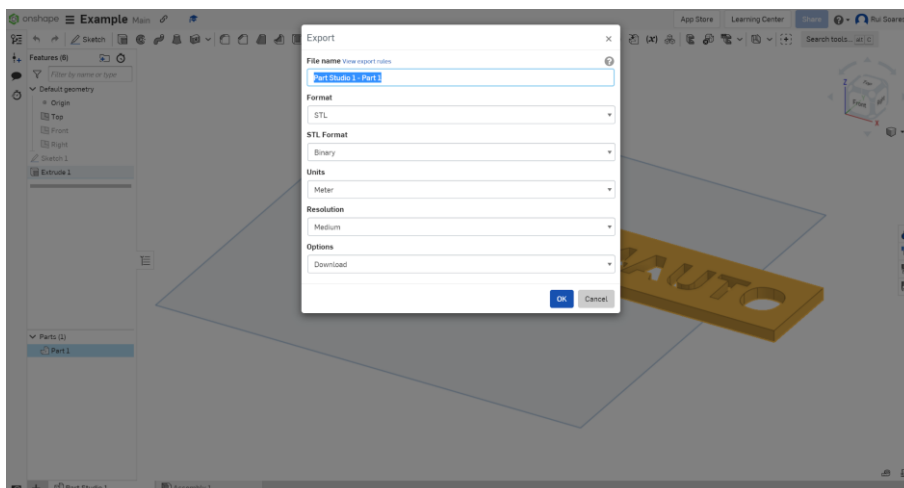
Για να το κάνουμε αυτό, πρέπει να επιλέξουμε το επιθυμητό μέρος και να κάνουμε δεξί κλικ στα επιλεγμένα μέρη.



Επιλέξτε " Export "



Μπορείτε να αλλάξετε το όνομα του εξαγόμενου αρχείου και να διατηρήσετε όλες τις τυπικές ρυθμίσεις.



Συνιστώμενες ρυθμίσεις:

Μορφοποίηση: STL

STL Format: Δυαδικό

Μονάδες: Μέτρα

Ανάλυση: Μέτρια

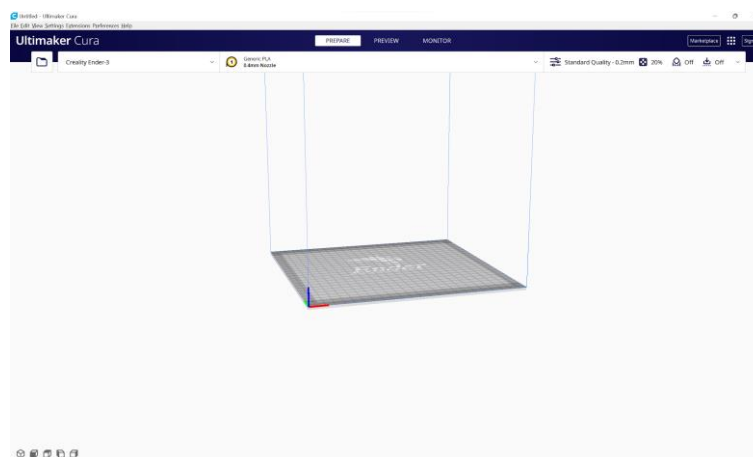
Επιλογές: Λήψη

3.7 Λογισμικό Ultimaker Cura

Το Cura, που δημιουργήθηκε αρχικά από τον David Braam και αργότερα αγοράστηκε από την εταιρεία Ultimaker, είναι ένα λογισμικό τεμαχισμού τρισδιάστατου σχεδιασμού. Είναι ίσως το πιο ισχυρό λογισμικό στην αγορά, που διατίθεται σε ανοιχτό κώδικα για εντελώς δωρεάν χρήση.

Διακρίθηκε ως εργαλείο της χρονιάς 2019 από τα βραβεία Printing Industry Awards στο Λονδίνο.

Το Cura εκτελεί τον τεμαχισμό των τρισδιάστατων σχεδίων και μετατρέπει το σχέδιό μας, αρχικά σε STL, σε GCode, μια μορφή που διαβάζεται από τους τρισδιάστατους εκτυπωτές. Αυτή τη στιγμή είναι το λογισμικό που χρησιμοποιείται περισσότερο στον κόσμο από τη βιομηχανία, τα τμήματα ανάπτυξης προϊόντων ή τους οικιακούς λάτρεις που θέλουν να εκτυπώσουν τα δικά τους εξαρτήματα.



3.8 Εισαγωγή του αρχείου STL στο Ultimaker Cura και κοπή σε μέρη

Στην τρισδιάστατη εκτύπωση, είναι απαραίτητο να έχετε ένα αρχείο με ένα τρισδιάστατο μοντέλο (το σχέδιο σε τρισδιάστατη μορφή). Το πιο συνηθισμένο αρχείο είναι το STL.

Στη συνέχεια, είναι απαραίτητη η μετατροπή του αρχείου σε έναν ειδικό κώδικα (G code) που μπορεί να διαβαστεί από τον τρισδιάστατο εκτυπωτή. Αυτός ο τύπος κωδικοποίησης γίνεται από το λογισμικό τεμαχισμού και η διαδικασία ονομάζεται τεμαχισμός.

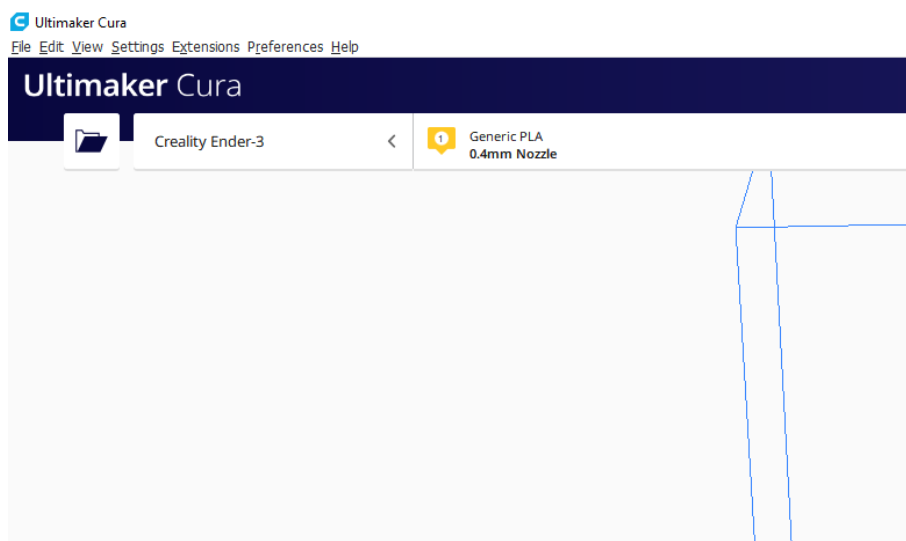
Στο τέλος της διαδικασίας τεμαχισμού, ο χρήστης μπορεί να στείλει το αρχείο απευθείας σε έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή ή να το αποθηκεύσει σε μια κάρτα SD ή μνήμη USB, για παράδειγμα. Στις μέρες μας, μπορούμε επίσης να στείλουμε το αρχείο μέσω wi-fi.

Ο χρήστης έχει πολλές επιλογές για να επιλέξει, καθώς υπάρχουν διάφορα λογισμικά τεμαχισμού για τρισδιάστατη εκτύπωση.

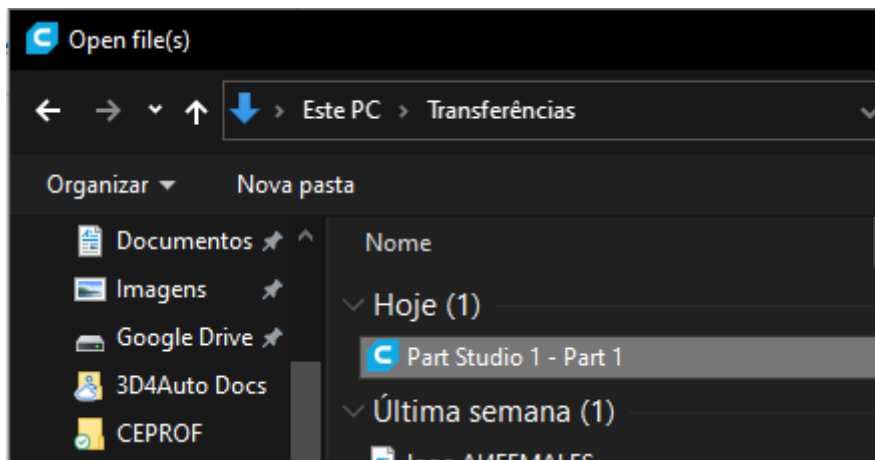
Είναι για το επόμενο μέρος που χρειαζόμαστε το Ultimaker Cura. Είναι ένα από τα πιο διαδεδομένα και ισχυρά λογισμικά τεμαχισμού στην αγορά και είναι δωρεάν!

Έτσι, για να μετατρέψουμε το σχέδιο, πρέπει:

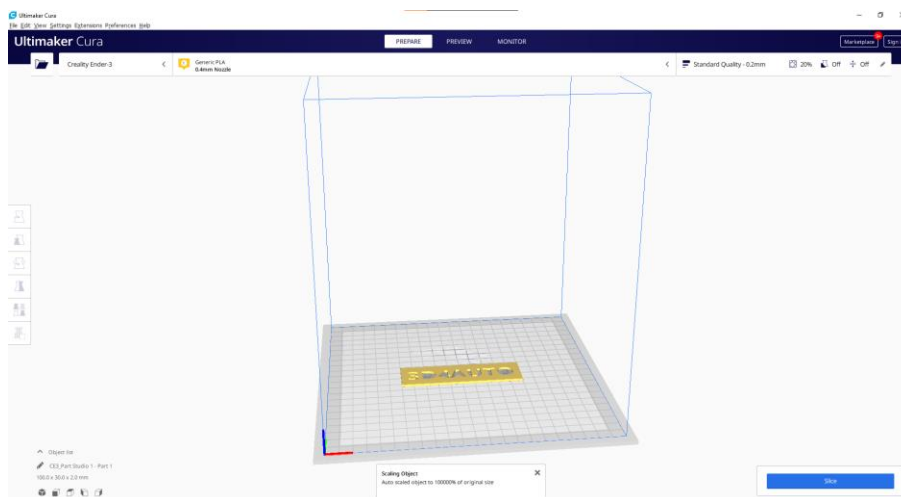
1ο βήμα - Εισαγωγή του αρχείου STL στο Cura κάνοντας κλικ στο κουμπί "open".



2ο Βήμα - Επιλέξτε το αρχείο .stl.

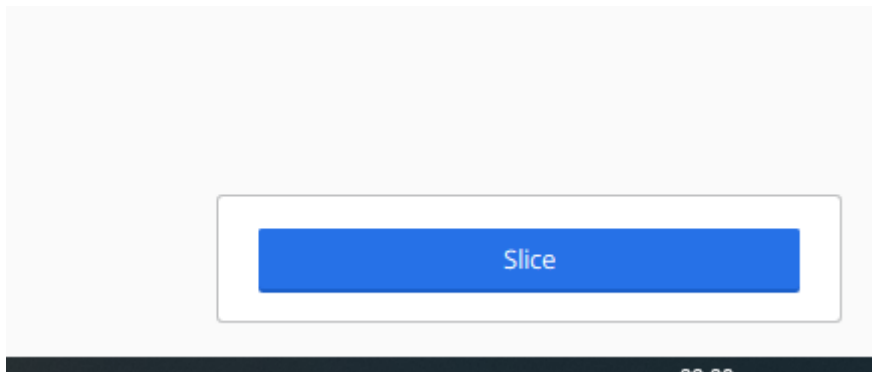


3ο Βήμα - Βεβαιωθείτε ότι το εξάρτημα είναι σωστά τοποθετημένο.

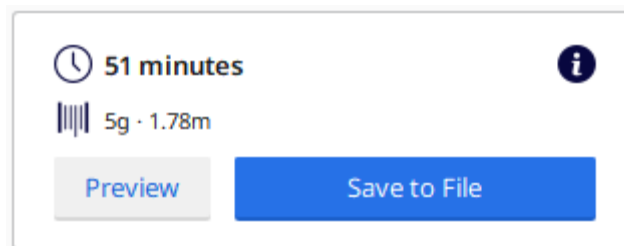


Η τοποθέτηση ενός τεμαχίου/αντικειμένου σε έναν τεμαχιστή είναι μια διαδικασία που απαιτεί προσοχή επειδή, λόγω της βαρύτητας, ένα αντικείμενο δεν μπορεί να εκτυπωθεί σε οποιαδήποτε δεδομένη γωνία. Η βαρύτητα πρέπει πάντα να λαμβάνεται υπόψη, καθώς αυτός ο τύπος εκτύπωσης εναποθέτει το νήμα επάλληλων στρωμάτων και ο επιλεγμένος εκτυπωτής λειτουργεί από κάτω προς τα πάνω.

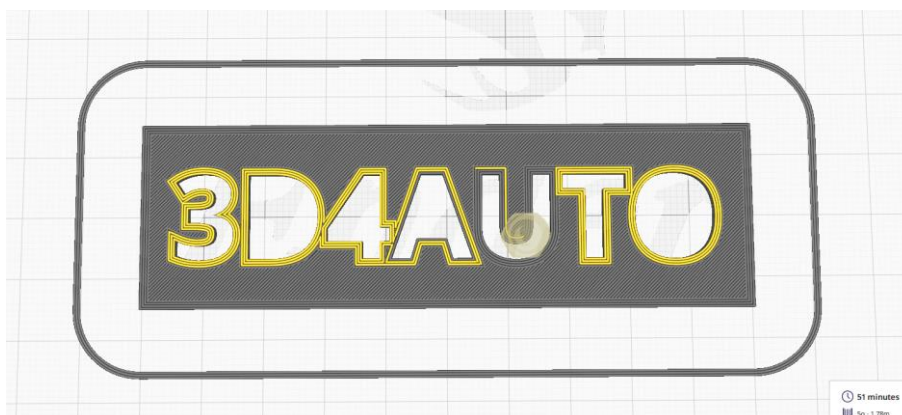
4ο βήμα - Πατήστε το κουμπί "Slice" (τεμαχισμός).

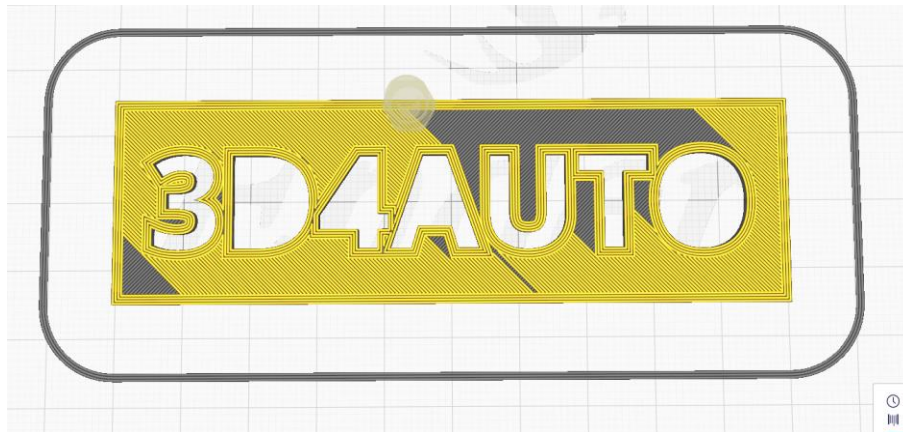


Μετά από αυτό, το πρόγραμμα θα σας δώσει ορισμένες σημαντικές πληροφορίες, όπως τον εκτιμώμενο χρόνο εκτύπωσης και την ποσότητα και το μήκος του PLA που απαιτείται.



Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το κουμπί "Προεπισκόπηση" για να δείτε πώς ο τρισδιάστατος εκτυπωτής θα εκτυπώσει το τεμάχιο σας.





Μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το κουμπί "Αποθήκευση σε αρχείο" για να κατεβάσετε το αρχείο .gcode.

Το αρχείο .gcode περιέχει όλες τις συντεταγμένες και τις γραμμές που πρέπει να ακολουθήσει η εκτύπωση για να εκτυπώσει το αντικείμενο. Είναι σαν μια διαδρομή GPS για να φτάσετε σε κάποιον προορισμό, αλλά στην τρισδιάστατη εκτύπωση, ο προορισμός θα είναι το πλήρως εκτυπωμένο εξάρτημα.

3.9 Συμπέρασμα

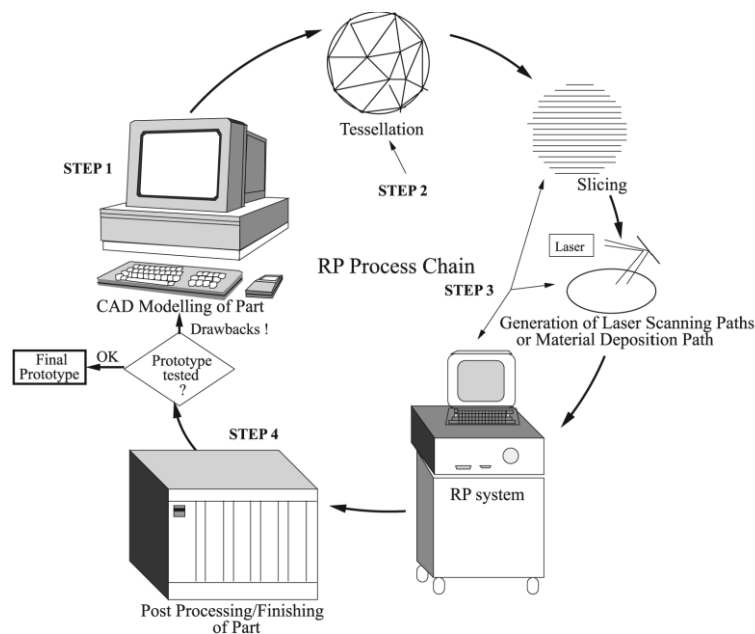
Συνοψίζοντας, σε αυτή την ενότητα, είδαμε πώς να σχεδιάζουμε ένα τρισδιάστατο εξάρτημα χρησιμοποιώντας το λογισμικό OnShape, είδαμε μερικές από τις πιο σημαντικές τεχνικές σχεδίασης, γνωρίσαμε τι είναι τα αρχεία STL και GCode και εξοικειωθήκαμε με το λογισμικό Ultimaker Cura.

Σε αυτή την ενότητα, χρησιμοποιήσαμε το σχεδιασμό μιας μικρής πλάκας αναγνώρισης ως παράδειγμα για μια εργασία. Στην παρακάτω εικόνα, μπορείτε να δείτε το τελικό αποτέλεσμα εκτυπωμένο σε PLA.



4 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΕΜΑΧΙΣΜΟΥ

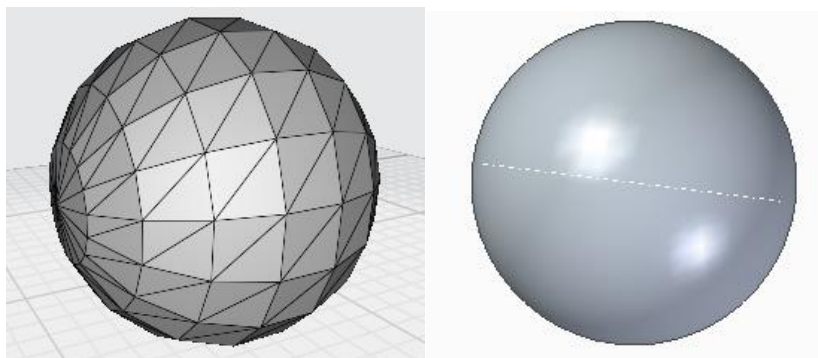
Η ταχεία πρωτοτυποποίηση (Rapid Prototyping, RP) ή η κατασκευή με στρώματα (Layered Manufacturing, LM) ή η προσθετική κατασκευή (Additive Manufacturing, AM) είναι μια διαδικασία κατά την οποία ένα εξάρτημα παράγεται με την προσθήκη υλικού με επάλληλα στρώματα. Ολόκληρη η διαδικασία παραγωγής πρωτοτύπων με ταχεία πρωτοτυποποίηση βασίζεται στη δημιουργία γεωμετρικού μοντέλου σε έναν μοντελοποιητή στερεών, στην τοποθέτηση ψηφίδων, στον τεμαχισμό, στη δημιουργία διαδρομών σάρωσης με λέιζερ ή διαδρομών εναπόθεσης υλικού, στην εναπόθεση επάλληλων στρωμάτων και στη συνέχεια σε εργασίες μετα-επεξεργασίας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 1.



Εικόνα 4-1 - Αλυσίδα διεργασιών RP.

Η ψηφιοποίηση είναι μια διαδικασία προσέγγισης του τρισδιάστατου σχήματος του μοντέλου CAD με επίπεδες τριγωνικές επιφάνειες. Εάν τα τριγωνικά κομμάτια είναι μικρά, το μοντέλο CAD με την ψηφιοποίηση έχει διαστάσεις και σχήμα πιο κοντά στο αρχικό μοντέλο CAD και αντίστροφα εάν τα τριγωνικά κομμάτια είναι μεγαλύτερα.. Οι τεχνικές χρησιμεύουν ως τρόποι για τον υπολογισμό

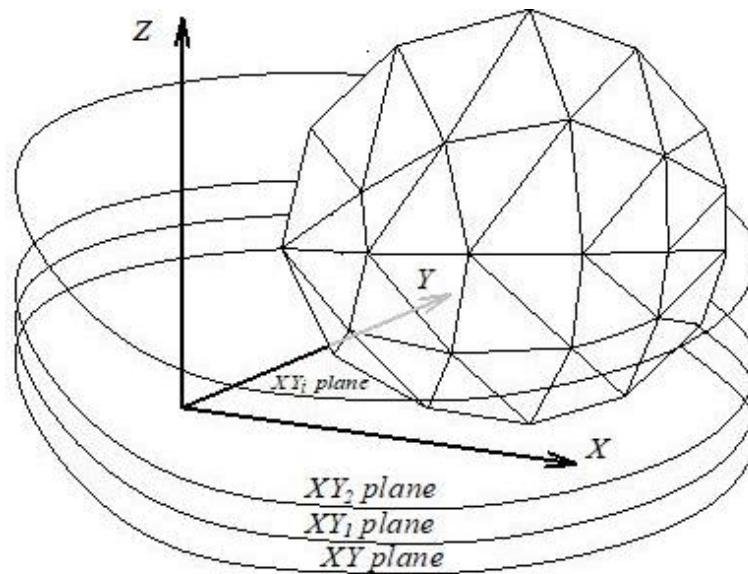
των παραμέτρων του στρώματος. Όταν μιλάμε για τεχνικές τεμαχισμού πρέπει να έχουμε κατά νου ότι στην πραγματικότητα μιλάμε για αλγόριθμους. Οι αλγόριθμοι έχουν ως δεδομένα εισόδου τα δεδομένα του μοντέλου CAD μετά την τοποθέτηση ψηφίδων και υπολογίζουν όλες τις παραμέτρους κάθε τεμαχίου. Ο τεμαχισμός του μοντέλου CAD με ψηφιδωτή διάταξη με πολύ μικρό πάχος φέτας οδηγεί σε μεγάλο χρόνο κατασκευής. Από την άλλη πλευρά, εάν επιλεγεί μεγάλο πάχος, το φινίρισμα της επιφάνειας είναι πολύ κακό λόγω της κλιμάκωσης. Αυτά τα δύο αντιφατικά ζητήματα, δηλαδή η μείωση του χρόνου κατασκευής και η καλύτερη ποιότητα επιφάνειας, αποτέλεσαν μείζον θέμα που οδήγησε στην ανάπτυξη πολλών διαδικασιών τεμαχισμού.



Εικόνα 4 2 - Τρισδιάστατο μοντέλο σφαίρας και ένα αρχείο τύπου STL του ίδιου μοντέλου σφαίρας (ψηφιδωτό)
Τρίγωνα-272 Κατακόρυφες-816.

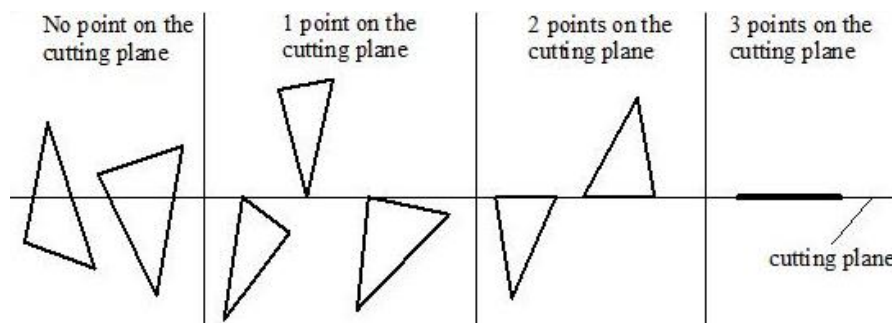
4.1 Ομοιόμορφος τεμαχισμός

Η ομοιόμορφη διαδικασία τεμαχισμού διαχωρίζει το μοντέλο CAD σε στρώματα ομοιόμορφου πάχους από το κάτω μέρος του μοντέλου προς τα πάνω για την εκτύπωση. Ας δεχτούμε ότι το μοντέλο CAD βρίσκεται στο οριζόντιο επίπεδο XY του καρτεσιανού συστήματος συντεταγμένων, Εικόνα 3. Ο άξονας Z δείχνει κάθετα προς τα πάνω το επίπεδο XY. Ας δημιουργήσουμε ένα νέο επίπεδο XY1 παράλληλο προς το κάτω επίπεδο XY και πάνω από αυτό σε απόσταση ίση με ένα πάχος στρώματος. Δημιουργώντας ένα νέο επίπεδο XY2 παράλληλα στο κάτω επίπεδο XY και πάνω από το XY1 σε απόσταση ίση με το πάχος στρώματος από το XY1 θα υπάρχουν δύο κομμάτια του μοντέλου CAD. Συνεχίστε τη διαδικασία με διαδοχικά επίπεδα XY_i παράλληλα προς το κάτω επίπεδο XY με ομοιόμορφο πάχος στρώματος φέτες ολόκληρου του μοντέλου CAD. Για να εξαχθεί το προφίλ κάθε στρώματος, καταγράφεται κάθε γραμμή που σχηματίζεται από τρίγωνο που τέμνει το επίπεδο τεμαχισμού. Η διαδικασία αναζήτησης των τεμνόμενων τριγώνων μπορεί να βελτιστοποιηθεί με την ταξινόμηση των κορυφών των τριγώνων κατά σειρά των αντίστοιχων τιμών Z.



Εικόνα 4 3 - Τεμαχισμός επιπέδων μέσα από το ψηφιδωτό μοντέλο CAD.

Επομένως, η χαμηλότερη κορυφή Z και η υψηλότερη κορυφή Z μπορούν να προσδιοριστούν για κάθε τρίγωνο. Οι τομές υπολογίζονται μόνο για τα τρίγωνα των οποίων το επίπεδο κοπής βρίσκεται μεταξύ της χαμηλότερης κορυφής Z και της υψηλότερης κορυφής Z. Διαφορετικές καταστάσεις της τομής κάθε τριγώνου με το επίπεδο κοπής ταξινομούνται όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 4 4 - Διαφορετικές συνθήκες τεμαχισμού.

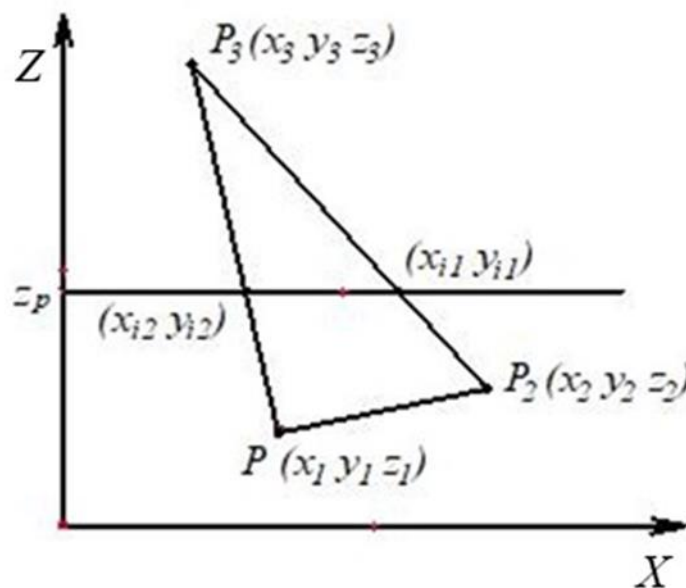
Για κάθε μεμονωμένη όψη τριγώνου:

1. Καμία κορυφή ενός τριγώνου δεν βρίσκεται στο επίπεδο κοπής. Στην περίπτωση αυτή υπολογίζεται η γραμμή μεταξύ των σημείων τομής του επιπέδου κοπής και των ακμών του τριγώνου.
2. Μία μόνο κορυφή βρίσκεται στο επίπεδο κοπής. Δεν υπάρχει σημείο τομής του επιπέδου κοπής και των ακμών του τριγώνου.
3. Δύο κορυφές βρίσκονται στο επίπεδο κοπής. Η ακμή που αντιστοιχεί στις δύο κορυφές είναι η τομή που συμβάλλει στο προφίλ.

4. Τρεις κορυφές βρίσκονται στο επίπεδο κοπής. Ολόκληρο το τρίγωνο βρίσκεται πάνω στο επίπεδο. Οι ακμές που δεν μοιράζονται από δύο τρίγωνα συνεισφέρουν στο προφίλ.

5. Οι κλασικές μέθοδοι τομής γραμμής-τόπου μπορούν να εφαρμοστούν για τον υπολογισμό των τομών για την πρώτη περίπτωση. Η Εικόνα 5 δείχνει ένα γενικό σενάριο εύρεσης της τομής ενός επιπέδου κοπής και ακμών τριγώνου. Οι τύποι δεν συζητούνται εδώ.

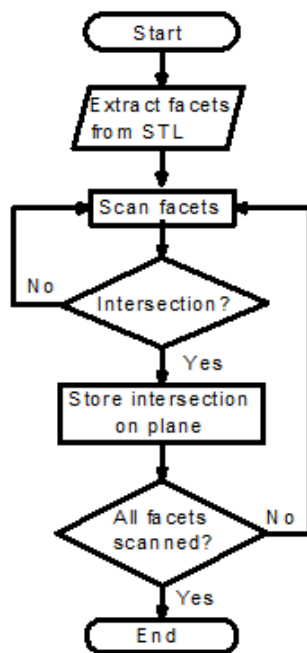
Καθώς τα τρίγωνα που περιέχονται σε ένα αρχείο STL μπορεί να είναι τυχαία κατανομημένα, ο έλεγχος κάθε τριγώνου με κάθε επίπεδο κοπής μπορεί να είναι υπολογιστικά αναποτελεσματικός.



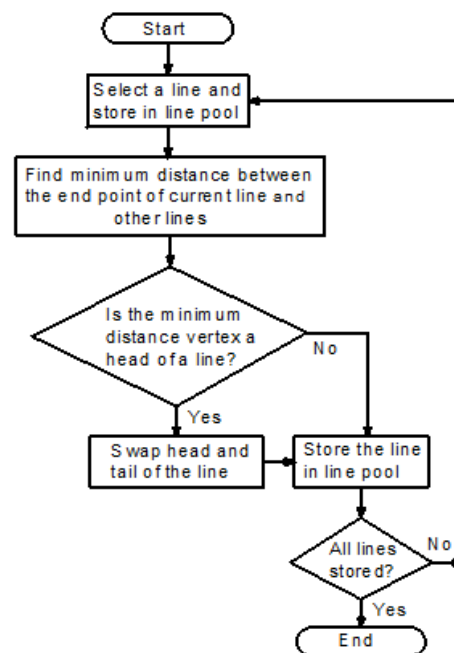
Εικόνα 4 5 - Τομή όψης τριγώνου.

Επομένως, μπορεί να δημιουργηθεί προεπεξεργασία για μεγαλύτερη αποδοτικότητα. Ένας τρόπος για να επιταχυνθεί η αναζήτηση τριγώνων που κόβονται με το επίπεδο κοπής είναι να ταξινομηθούν οι κορυφές των τριγώνων με τη σειρά της τιμής z . Ένας απλός έλεγχος που μπορεί να εφαρμοστεί για κάθε επίπεδο κοπής θα ήταν ο έλεγχος των τιμών z των κορυφών κάθε τριγώνου. Εάν η τιμή z του επιπέδου κοπής είναι μεταξύ της ελάχιστης και της μέγιστης τιμής z του τριγώνου, τότε το τρίγωνο αυτό θα πρέπει να τέμνει το επίπεδο. Οι γραμμές τομής μπορούν να προσδιοριστούν με τη μέθοδο που περιγράφεται παραπάνω. Η διαδικασία παρουσιάζεται στην Εικόνα 6. Αφού υπολογιστούν όλα τα τμήματα των γραμμών τομής, πρέπει να συνδεθούν για να σχηματίσουν πολύγωνα που αναπαριστούν το περίγραμμα των αντικειμένων. Η ιδέα του

αλγορίθμου στην Εικόνα 7 είναι να βρεθεί το πλησιέστερο τμήμα γραμμής από το τρέχον τμήμα γραμμής. Μπορεί να υπάρχει μια ανοχή για να καθοριστεί αν ένα σημείο είναι αρκετά κοντά ώστε να θεωρηθεί ως σημείο σύνδεσης, επειδή τα πλησιέστερα σημεία μπορεί να μην έχουν τις ίδιες συντεταγμένες που προσδιορίστηκαν από τον υπολογισμό της τομής



Εικόνα 4 6 - Αλγόριθμος για τον προσδιορισμό των διασταυρώσεων από δεδομένα STL.



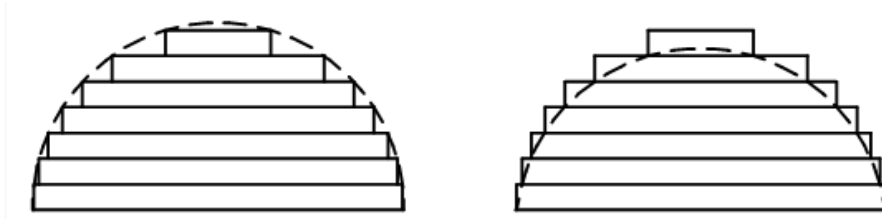
Εικόνα 4 7 - Αλγόριθμος για τη σύνδεση διασταυρώσεων.

4.2 Φαινόμενο κλίμακας

Το φαινόμενο της κλίμακας είναι εγγενές στη διαδικασία ομοιόμορφης κοπής και οφείλεται στην ύπαρξη των κλιμάκων. Υπάρχουν δύο τύποι κλίμακας, οι εξωτερικές και οι εσωτερικές βαθμιδωτές άκρες, όπως φαίνεται στην Εικόνα 8. Σε αυτή την αναπαράσταση, το περίγραμμα των ακμών του στρώματος θεωρείται τετραγωνισμένο. Η παρουσία του φαινομένου της κλίμακας είναι μια από τις σημαντικότερες ανησυχίες για την ποιότητα του πρωτοτύπου. Η μείωση του πάχους του στρώματος θα μπορούσε να βελτιώσει το φινίρισμα της επιφάνειας με κόστος μεγαλύτερο χρόνο κατασκευής.

Το φαινόμενο της κλίμακας έχει μελετηθεί καλά μέχρι σήμερα λόγω πολλών ερευνητικών εργασιών και διαδικασιών μοντελοποίησης. Για παράδειγμα, ένα μοντέλο για το φαινόμενο

κλίμακας στην άμεση πυροσυσσωμάτωση με λέιζερ μετάλλων. Κατά την αξιολόγηση του μοντέλου το φαινόμενο σκαλοπατιών έχει προβλεφθεί με αριθμητική προσέγγιση.



Εικόνα 4.8 - Δύο τύποι κλιμακωτών άκρων: (α) Εσωτερική κλιμακωτή άκρη (β) Εξωτερική κλιμακωτή άκρη

Το περίγραμμα των άκρων του στρώματος θεωρείται κύκλος με διάμετρο το πάχος του στρώματος. Εξετάζεται επίσης η επιφανειακή τραχύτητα στην προσθετική κατασκευή. Ο μέσος όρος τραχύτητας (R_a) υπολογίζεται για 2 διαφορετικά μοντέλα, δηλαδή για τετραγωνισμένη άκρη και στρογγυλεμένη άκρη. Με βάση το R_a , μπορεί να ληφθεί το σταθερό πάχος στρώματος για την επίτευξη των απαιτούμενων ανοχών. Γίνεται προσπάθεια αναπαράστασης της τραχύτητας της επιφάνειας σε αντικείμενα FDM (Fused Deposition Modeling). Στο πλαίσιο αυτής της εξέτασης, προτείνεται και επαληθεύεται ένα θεωρητικό μοντέλο για την αναπαράσταση της κατανομής της επιφανειακής τραχύτητας υπό διαφορετικές γωνίες επιφάνειας. Η εγκάρσια διατομή του εναποτιθέμενου νήματος θεωρείται ελλειπτική. Τα νήματα σε διαδοχικά στρώματα στοιβάζονται και επικαλύπτονται. Το μοντέλο αυτό επικυρώνεται με τη σύγκριση των μετρούμενων δεδομένων και των προβλεπόμενων δεδομένων. Υπάρχει επίσης ανάπτυξη αριθμητικού μοντέλου για την αξιολόγηση της επίδρασης των γεωμετρικών σφαλμάτων στις μηχανικές ιδιότητες με τη χρήση της προσέγγισης μοντελοποίησης voxel. Η έρευνα αυτή εξετάζει το φαινόμενο της κλίμακας ως παράγοντα που επηρεάζει τη μηχανική ιδιότητα. Προτείνεται ένα μοντέλο πεπερασμένων στοιχείων βασισμένο σε voxel και χρησιμοποιείται σε αυτή την προσέγγιση για την προσομοίωση δοκιμών εφελκυσμού. Μια άλλη θεώρηση πρότεινε μια γεωμετρική περιγραφή της τραχύτητας του προφίλ. Ο μέσος όρος τραχύτητας (R_a) σε αυτό το γεωμετρικό μοντέλο μπορεί να υπολογιστεί αριθμητικά από το πάχος στρώματος και τη γωνία διαστρωμάτωσης.

Ορισμένοι ερευνητές προσπάθησαν να εξαλείψουν το φαινόμενο του σκαλοπατιού εφαρμόζοντας δευτερογενείς εργασίες φινιρίσματος, οι οποίες είναι επίσης γνωστές ως μετα-επεξεργασία. Υπάρχει μια πρόταση για τη βελτίωση της τραχύτητας της επιφάνειας με τη μέθοδο φρεζαρίσματος CNC. Αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι χρονοβόρα, καθώς χρειάζεται ρυθμίσεις και εργασίες μηχανής. Ορισμένα πολύπλοκα αντικείμενα μπορεί να είναι αδύνατο να κατεργαστούν λόγω

απρόσιτων χαρακτηριστικών. Μια άλλη πρόταση είναι η χρήση της προσέγγισης της κατεργασίας ροής λείανσης (AFM) για την τελική επεξεργασία των αντικειμένων που κατασκευάζονται με προσθετική τεχνολογία. Ομοίως, μια μέθοδος απογύμνωσης με λειαντική δέσμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί για το φινιρίσμα αντικειμένων με συσκευή στερεολιθογραφίας. Αυτές οι προσεγγίσεις προσπάθησαν να βρουν την καλύτερη ρύθμιση της μηχανής και τις παραμέτρους της διαδικασίας για την επίτευξη καλύτερου φινιρίσματος επιφάνειας με αποδεκτό χρόνο κατεργασίας. Η μέθοδος φινιρίσματος με βαρέλι (BF) είναι μια άλλη προσέγγιση για τη βελτίωση της επιφανειακής τραχύτητας για αντικείμενα FDM.

4.3 Τεμαχισμός με προσαρμογές

Για την επίτευξη ακριβούς γεωμετρικής επιφάνειας χωρίς καμία δευτερεύουσα διεργασία, πολλές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στην εύρεση του βέλτιστου πάχους στρώματος για κάθε στρώμα ώστε να τεμαχίζεται ένα μοντέλο. Εισήχθη η έννοια της ανοχής ύψους ακμής και έγινε προσπάθεια να περιοριστεί το φαινόμενο της κλιμακωτής βαθμίδας σε μια ανοχή ακμής που καθορίζεται από τον χρήστη. Η Εικόνα 8 παρουσιάζει την ιδέα της προσαρμογής τεμαχισμού. Το πάχος του στρώματος καθορίζεται από μια γεωμετρική ανοχή που ορίζεται από τον χρήστη. Το σφάλμα μεταξύ του μοντέλου CAD και του εναποτιθέμενου τεμαχίου ορίζεται ως ανοχή ύψους ακμής.

Όπως φαίνεται στην Εικόνα 9, οι ακμές κατασκευής θεωρούνται ορθογώνιες και το πάχος στρώματος, t , καθορίζεται από ένα προκαθορισμένο μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος ακμής. Το επιθυμητό πάχος στρώματος μπορεί να υπολογιστεί ως εξής

$$t_d = \min \left\{ L_{max}, \frac{C_{max}}{N_z} \right\} \quad (4.1)$$

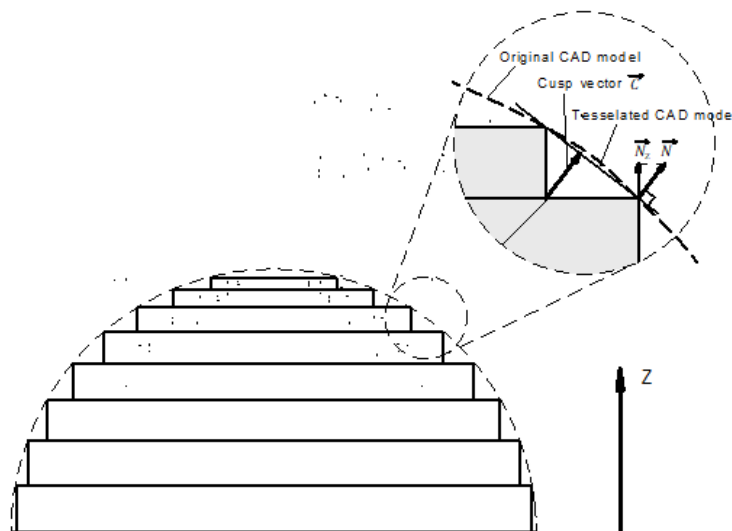
όπου C_{max} είναι το μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος κορυφής, N_z είναι η συνιστώσα z του κανονικού διανύσματος της επιφάνειας και L_{max} είναι το μέγιστο πάχος στρώματος που μπορεί να παράγει η μηχανή AM.

Και το πάχος του στρώματος τεμαχισμού δίνεται από τη σχέση

$$t = \max \{ L_{min}, t_d \} \quad (4.2)$$

όπου L_{min} είναι το ελάχιστο διαθέσιμο πάχος στρώματος.

Η προσαρμοστική διαδικασία τεμαχισμού έχει αποδειχθεί από πολλές ερευνητικές εφαρμογές για τη βελτίωση των τεμαχίων. Προτείνεται μια σταδιακή ομοιόμορφη βελτιωτική προσαρμοστική μέθοδος τεμαχισμού. Πρώτον, το μοντέλο CAD τεμαχίζεται με το μέγιστο διαθέσιμο πάχος στρώματος χρησιμοποιώντας αλγόριθμο ομοιόμορφου τεμαχισμού. Στη συνέχεια, κάθε στρώμα τεμαχίζεται εκ νέου σε επιμέρους στρώματα για να επιτευχθεί η απαιτούμενη ανοχή ακμής. Εισάγεται ένας αλγόριθμος που ονομάζεται τοπικός προσαρμοστικός αλγόριθμος τεμαχισμού. Αυτός ο αλγόριθμος τεμαχίζει δυναμικά το μοντέλο για κάθε τοπικό χαρακτηριστικό. Η προσέγγιση αυτή αυξάνει σημαντικά την αποδοτικότητα της εκτύπωσης αποφεύγοντας τις φέτες που δεν βελτιώνουν την ποιότητα της επιφάνειας. Προτείνεται ένας άλλος αλγόριθμος που ονομάζεται αλγόριθμος προσαρμοστικής κοπής με βάση την περιοχή. Η ιδέα είναι παρόμοια με την προηγούμενη αναφερόμενη, η οποία αντιμετωπίζει διαφορετικές περιοχές στο τεμάχιο με διαφορετικές ανοχές ακμής. Αυτό βελτιώνει τη συνολική απόδοση με έναν άλλο τρόπο που δεν θυσιάζει την ποιότητα της επιφάνειας.



Εικόνα 4 9 Τεμαχισμός με προσαρμογές και ύψος κορυφής

Έγινε προσπάθεια προσαρμογής του τεμαχισμού του μοντέλου με βάση το παραβολικό προφίλ των άκρων του στρώματος αντί του τετραγωνικού. Αυτή η μέθοδος υπολογίζει το πάχος στρώματος σε

πραγματικό χρόνο με βάση το προηγούμενο προφίλ ακμής στρώματος και την ανοχή ακμής. Γίνεται εισαγωγή ενός προσαρμοστικού συστήματος άμεσου τεμαχισμού με βάση το κριτήριο των κεκλιμένων επιφανειών. Αυτή η προσέγγιση περιγράφει τα κλιμακωτά προφίλ ακμών χρησιμοποιώντας επιφάνεια B-spline και αξιολογεί το σφάλμα επιφάνειας μετρώντας την απόσταση μεταξύ της επιφάνειας B-spline και του διανύσματος κοπής. Υπάρχει μια άλλη πρόταση για μια καινοτόμο προσέγγιση για τον τεμαχισμό μοντέλων που βασίζονται σε NURBS χρησιμοποιώντας προσαρμοστική στρατηγική τεμαχισμού και επιλεκτικής χάραξης. Στην πρόταση αυτή, τα χαρακτηριστικά κορυφής αναγνωρίζονται και διατηρούνται κατά τη διαδικασία προσαρμογής του τεμαχισμού. Στη συνέχεια, η μονάδα επιλεκτικής χάραξης υπολογίζει την περιοχή χάραξης για να διαχωρίσει την εσωτερική περιοχή και την περιοχή του δέρματος και να εφαρμόσει διαφορετικό πάχος στρώματος σε αυτές τις δύο περιοχές. Αναπτύσσεται προσέγγιση για μια προσαρμοστική μέθοδο τεμαχισμού για μοντέλα προσθετικής κατασκευής πολλαπλών αξόνων. Η προσέγγιση αυτή βελτιστοποιεί την κατεύθυνση εναπόθεσης για την ελαχιστοποίηση της δομής στήριξης και κατασκευάζει εξαρτήματα σε υβριδικό σύστημα 5 αξόνων. Ο προσαρμοστικός τεμαχισμός εφαρμόζεται σε κάθε κατεύθυνση εναπόθεσης για τη μεγιστοποίηση της αποδοτικότητας. Μια άλλη προσαρμοστική μέθοδος τεμαχισμού είναι η εξής - αντί για το μέγιστο διαθέσιμο πάχος, αυτός ο αλγόριθμος ξεκινά με το ελάχιστο διαθέσιμο πάχος, έτσι ώστε κάθε κοίλη ή κυρτή γωνία στο προφίλ του αντικειμένου να μπορεί να αναπαρασταθεί με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια μετά τον τεμαχισμό. Στη συνέχεια, τα πάχη των στρώσεων προσδιορίζονται με βάση την απόκλιση περιοχής και τις ανοχές περιοχής τριγώνου του περιγράμματος σε άνω και πλευρικές όψεις. Η τελευταία μέθοδος σε αυτή τη σύνοψη των προσαρμοστικών τεχνικών τεμαχισμού είναι ένα προσαρμοστικό σύστημα τεμαχισμού που βασίζεται στην ογκομετρική ανοχή και όχι στην ανοχή της κορυφής 2D. Αυτή η έρευνα κατηγοριοποιεί την απόκλιση της επιφάνειας σε φαινόμενο σκαλοπατιών και επιφανειακή τραχύτητα που προκαλείται από την κλίση της επιφάνειας και το πάχος στρώματος. Τα τελικά πάχη στρώσεων προσδιορίζονται ώστε να διατηρείται η συνολική ογκομετρική απόκλιση εντός της επιθυμητής ανοχής.

4.4 Τεμαχισμός καμπύλων στρωμάτων

Εκτός από τις προσαρμοστικές διαδικασίες τεμαχισμού, πολλές έρευνες έχουν επικεντρωθεί στον τεμαχισμό καμπύλων στρωμάτων για την αντιμετώπιση ορισμένων από τους σημαντικότερους περιορισμούς του τεμαχισμού επίπεδων στρωμάτων, π.χ. το φαινόμενο της κλίμακας και η ασυνεχής πορεία του εργαλείου στην επάνω επιφάνεια. Προτείνεται μια διαδικασία LOM (Laminated Object Manufacturing) καμπύλου στρώματος για την κατασκευή αντικειμένων καμπύλου στρώματος, ιδίως λεπτών εξαρτημάτων καμπύλου κελύφους. Η τιμή z κάθε σημείου στο καμπύλο στρώμα παρεμβάλλεται από ένα "πλέγμα ύψους". Η εικόνα κάθε νέου στρώματος καθορίζεται με μια μέθοδο ανοικτού βρόχου, η οποία μετατοπίζει ένα σημείο του πλέγματος με γειτονικά τρίγωνα μαζί με το κανονικό διάνυσμα κάθε τριγώνου κατά την απόσταση ενός πάχους στρώματος. Στη συνέχεια, προσαρμόζει μια εφαπτομένη επιφάνειας στα επιθυμητά τέσσερα μετατοπισμένα τρίγωνα με ένα πολυώνυμο τρίτου βαθμού. Μια άλλη πρόταση είναι ένας αλγόριθμος δημιουργίας διαδρομής εργαλείων για μια διαδικασία μοντελοποίησης με σύντηξη εναπόθεσης καμπύλων στρωμάτων (CLFDM). Η γεωμετρία της διαδρομής του νήματος διατυπώνεται και προσομοιώνεται σε αυτή την έρευνα. Υπάρχει μια ενσωμάτωση της προσαρμοστικής μέθοδος τεμαχισμού και του τεμαχισμού καμπύλων στρωμάτων με βάση τη μέθοδο τομής τριών επιπέδων για την αντιστάθμιση καμπύλων στρωμάτων. Η μέθοδος αυτή μπορεί να χειριστεί απλά σχήματα για να επιτύχει προσαρμοστική καμπύλη τεμαχισμού. Ορισμένες άλλες έρευνες έχουν επιχειρήσει να μοντελοποιήσουν και να υλοποιήσουν το CLFDM για διάφορες εφαρμογές. Έγινε συζήτηση για τη δυνατότητα εφαρμογής της CLFDM σε πλαστικά εξαρτήματα με αγωγή ηλεκτρονικά ίχνη. Η τεχνολογία CLFDM έχει τη δυνατότητα κατασκευής τέτοιων πλαστικών εξαρτημάτων χωρίς τυπωμένες πλακέτες κυκλωμάτων και καλωδιώσεις. Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας κατασκευάστηκε μια μηχανή απόδειξης της έννοιας για την επικύρωση της υπόθεσης. Πραγματοποιήθηκε μια εφαρμογή της μεθόδου κατασκευής καμπύλων στρωμάτων με τήξη νημάτων σε έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή τύπου δέλτα. Μια παραμετροποιημένη επιφάνεια δέρματος κατασκευάστηκε ως παράδειγμα εξαρτήματος. Η διαδρομή εργαλείων δημιουργείται με τον υπολογισμό της στατικής τιμής z στην επιφάνεια με γνωστές συντεταγμένες x και y . Το φινίρισμα της επιφάνειας βελτιώνεται σημαντικά σε σύγκριση με αυτό ενός τεμαχίου με επίπεδη στρώση. Υπάρχει εφαρμογή μιας προσθετικής κατασκευής καμπύλου στρώματος για μια κατασκευαστική διαδικασία μεγάλης κλίμακας. Σε αυτή την εξέταση,

η διαδρομή εργαλείων παράγεται σε ένα πρόσθετο του Rhinoceros και μετατρέπεται σε κώδικα G. Στη συνέχεια, εκτυπώνεται και αξιολογείται ένα παράδειγμα με τη χρήση του συστήματος εκτύπωσης τρισδιάστατου σκυροδέματος. Τα βασικά βήματα για την ανάπτυξη ενός αλγορίθμου τεμαχισμού καμπύλου στρώματος είναι η συλλογή των κορυφών και των όψεων στην άνω επιφάνεια του τεμαχίου. Μετά την ομαδοποίηση των σημείων θόλωσης της άνω επιφάνειας, οι όψεις και οι κορυφές μετατοπίζονται κατά την κανονική διεύθυνση κατά ένα ποσό ίσο με το πάχος του στρώματος. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, υπάρχουν διαφορετικές τεχνικές για τον προσδιορισμό των κανονικών κατευθύνσεων ανάλογα με την εφαρμογή.

4.5 Άμεσος τεμαχισμός

Παρόλο που η μορφή STL χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία, υπάρχουν και άλλοι τρόποι για τον ορισμό τρισδιάστατων μοντέλων και τη δημιουργία δεδομένων για το κάθε τεμάχιο. Σε ορισμένους ειδικούς τομείς, για παράδειγμα, στη μηχανική ιστών που κατασκευάζουν δομές ικριωμάτων ιστών, τα τελικά μέρη επηρεάζονται σημαντικά από την ακρίβεια της γεωμετρικής αναπαράστασης του μοντέλου CAD. Οι δομές βιομημητικών ικριωμάτων σχεδιάζονται για να αντικαταστήσουν πραγματικές τομές του σώματος, γεγονός που απαιτεί ακριβέστερη αναπαράσταση των μοντέλων CAD από τη μορφή STL. Επίσης, για εφαρμογές που παράγουν μεγάλες αξονοσυμμετρικές ή σφαιρικές γεωμετρίες, τα αρχεία STL είναι συνήθως μεγαλύτερα από το αρχείο CAD λόγω του υψηλού πλεονασμού στη γεωμετρική αναπαράσταση. Ως εκ τούτου, η παραγωγή δεδομένων τεμαχίων απευθείας από εργαλεία CAD με τον υπολογισμό της τομής για ένα επίπεδο με ένα μοντέλο θα ωφελούσε τέτοιες εφαρμογές. Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες για την ανάπτυξη μιας μεθόδου άμεσου τεμαχισμού με βάση ένα από τα πακέτα λογισμικού CAD. Τα εν λόγω λογισμικά CAD παρέχουν πακέτα τεμαχισμού ή υποστηρίζουν εντολές τεμαχισμού με διαφορετικούς τρόπους. Αναπτύχθηκε μια μέθοδος άμεσου τεμαχισμού με βάση το PowerShape, το οποίο είναι ένα λογισμικό CAD για τη μοντελοποίηση σύνθετων τεμαχίων. Τα μοντέλα τεμαχίζονται σε στρώματα με τη συγγραφή ενός αρχείου μακροεντολών, το οποίο περιέχει τις εντολές τεμαχισμού, στο AutoSection, το οποίο είναι ένα ενσωματωμένο πακέτο στο PowerShape. Επίσης, προτάθηκε μια μέθοδος άμεσου τεμαχισμού από στερεά μοντέλα AutoCAD. Αυτή η μέθοδος στέλνει μήνυμα γραμμένο σε VBA στο AutoCAD για να χρησιμοποιηθεί η διεπαφή αυτοματισμού AutoCAD ActiveX, η οποία παρέχει μια εντολή SLICE. Τα δεδομένα για τα τεμαχισμένα επίπεδα αποθηκεύονται σε ένα αρχείο DXF. Ορισμένες ερευνητικές εργασίες

προσπάθησαν να αναπτύξουν μεθόδους τεμαχισμού ανεξάρτητες από οποιοδήποτε λογισμικό CAD. Αναπτύχθηκε μια μέθοδος άμεσου τεμαχισμού για μοντέλα με βάση το STEP που αναπαρίστανται από επιφάνειες NURBS. Αυτή η μέθοδος καθορίζει τη βέλτιστη κατεύθυνση κατασκευής ελαχιστοποιώντας το ύψος κατασκευής- βελτιώνει τις επιφάνειες NURBS προσθέτοντας περισσότερα σημεία ελέγχου χωρίς να αλλάζει την αρχική Εικόνα για να εγγυηθεί ότι η σύγκλιση συμβαίνει εντός του βελτιωμένου υπο-πακέτου- βρίσκει τα σημεία τομής με τη ρουτίνα επανάληψης διχοτόμησης και, στη συνέχεια, κατηγοριοποιεί τα σημεία τομής σε είσοδο και έξοδο. Η μέθοδος αυτή είναι ανεξάρτητη από το λογισμικό CAD, καθώς βασίζεται σε μια τυποποιημένη μορφή (STEP) που υποστηρίζεται από τα περισσότερα λογισμικά CAD. Υπάρχει μια πρόταση για μια προσέγγιση τεμαχισμού με βάση τα σημεία. Αυτός ο αλγόριθμος πρώτα δειγματοληπτεί διακριτά το αρχικό μοντέλο και το μετατρέπει σε αναπαράσταση με βάση τα σημεία. Δεύτερον, το μοντέλο με βάση τα σημεία τεμαχίζεται σε ομάδες σημείων, τα οποία βρίσκονται εντός ενός πάχους στρώματος κατά τη κατεύθυνση z του ύψους του στρώματος. Στη συνέχεια, τα σημεία του στρώματος διαχωρίζονται σε καμπύλες τομής και τα όρια των καμπυλών προσαρμόζονται με καμπύλες B-spline. Η μέθοδος αυτή παρακάμπτει τη δυσκολία τεμαχισμού του μοντέλου NURBS με τη μετατροπή του σε μοντέλο νέφους σημείων. Προηγούμενες εργασίες έχουν επίσης διερευνηθεί στον τομέα της προσαρμοστικής άμεσου τεμαχισμού. Υπάρχει μια εφαρμογή για μια προσαρμοστική μέθοδο άμεσου τεμαχισμού που ενσωματώνει τον προσαρμοστικό τεμαχισμό με τον άμεσο τεμαχισμό. Η μέθοδος αυτή διαβάζει το αρχείο DXF που παράγεται από το AutoCAD, τεμαχίζει το μοντέλο σε 2D περιγράμματα χρησιμοποιώντας προσαρμοστικό τεμαχισμό για να εγγυηθεί την επιθυμητή ανοχή κλιμάκων, και στη συνέχεια παράγει διαδρομές εργαλείων. Μια άλλη εξέλιξη που βασίζεται στη μορφή STEP είναι μια προσαρμοστική μέθοδος άμεσου τεμαχισμού με μη ομοιόμορφα ύψη ακμών. Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να ικανοποιηθούν διαφορετικές απαιτήσεις ποιότητας για διάφορες επιφάνειες εξαρτημάτων.

Το σημαντικότερο μειονέκτημα του άμεσου τεμαχισμού είναι ότι η αναπαράσταση του τρισδιάστατου μοντέλου διαφέρει από σύστημα CAD σε σύστημα CAD. Ακόμη και η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μορφή, π.χ. STEP, υποστηρίζεται μόνο από λίγα λογισμικά CAD. Οι μέθοδοι τεμαχισμού που βασίζονται σε ένα συγκεκριμένο σύστημα CAD δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για άλλα συστήματα CAD.

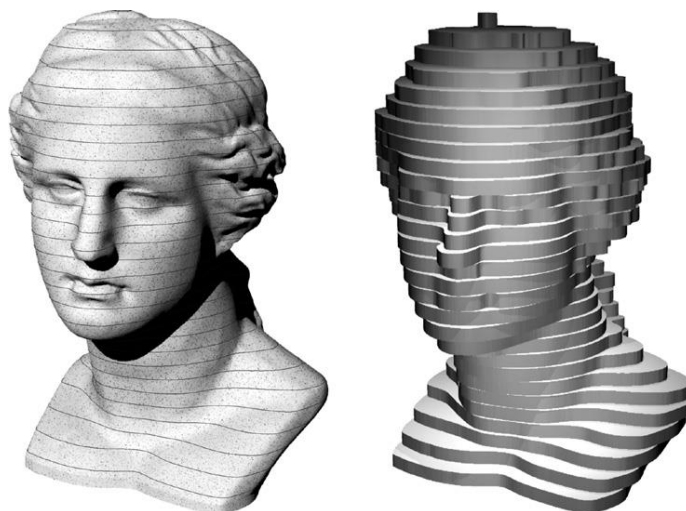
5 ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΟΥ ΕΚΤΥΠΩΤΗ

5.1 Εισαγωγή

Οι μηχανές προσθετικής κατασκευής που κυκλοφορούν σήμερα στην αγορά αναπτύσσονται με μεγάλη ταχύτητα. Νέες διεργασίες που βρίσκονται σήμερα σε εργαστηριακό στάδιο ή υπό ανάπτυξη θα εισέλθουν στην αγορά, ενώ ταυτόχρονα, δοκιμασμένα συστήματα θα αναβαθμιστούν σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα.

Όλα τα μοντέλα προσθετικής κατασκευής (εφεξής AM από το Additive Manufacturing) κατασκευάζονται με την ένωση μεμονωμένων στρωμάτων ίσου πάχους. Το στρώμα διαμορφώνεται (περιγράφεται) σε ένα επίπεδο x-y δισδιάστατα. Η τρίτη διάσταση προκύπτει από τη στοίβαξη μεμονωμένων στρωμάτων το ένα πάνω στο άλλο, αλλά όχι ως συνεχής συντεταγμένη z. Με την αυστηρότερη έννοια, οι διεργασίες προσθετικής κατασκευής είναι επομένως διεργασίες 2½D.

Τα μοντέλα είναι επομένως τρισδιάστατες μορφές που είναι πολύ ακριβείς στο επίπεδο κατασκευής (διεύθυνση x-y) και λόγω της περιγραφόμενης διαδικασίας στη συνέχεια βηματίζονται στη κατεύθυνση z, όπου όσο μικρότερο είναι το βήμα z, τόσο περισσότερο μοιάζει το μοντέλο με το πρωτότυπο. Στην εικόνα 5.1 παρουσιάζεται ένα παράδειγμα τρισδιάστατου μοντέλου ενός πλαστικού και το προκύπτον μοντέλο μετατόπισης, το οποίο χαρακτηρίζεται από το φαινόμενο της κλίμακας.



Εικόνα 5 1 Διαβαθμισμένη επιφάνεια ως αποτέλεσμα της διαδικασίας διαστρωμάτωσης. Τρισδιάστατο στερεό μοντέλο(αριστερά) με σημειωμένες στρώσεις που ισαπέχουν και το μοντέλο στρώσεων. Πηγή FH-Aachen)

Το φαινόμενο της κλίμακας είναι ένα τυπικό χαρακτηριστικό της διαδικασίας προσθετικής κατασκευής, το οποίο δεν μπορεί ποτέ να εξαλειφθεί εντελώς, αλλά μπορεί να μειωθεί με τη μείωση του πάχους του στρώματος [1].

5.2 Τεχνολογίες εκτύπωσης: Εκτύπωση σε υγρή βάση

Στον τομέα της τεχνολογίας κατασκευής προσθέτων, επί του παρόντος χρησιμοποιούνται μονομερή χωρίς ή χαμηλής σταυροειδούς σύνδεσης του τύπου ακρυλικού, εποξειδικού ή βινυλίου ως υγρά πρωτότυπα υλικά σε συνθήκες περιβάλλοντος. Διασυνδέονται τοπικά από την υπεριώδη ακτινοβολία για να σχηματίσουν στερεά στρώματα και συστατικά. Οι διαδικασίες ονομάζονται φωτοπολυμερισμός, στερεολιθογραφία ή στερεογραφία.

5.2.1 Φωτοπολυμερισμός- Στερεολιθογραφία

Όλες οι διεργασίες στις οποίες ο υποκείμενος μηχανισμός στην στερεοποίηση υγρών βασίζονται στην έννοια του (φωτο)πολυμερισμού. Χρησιμοποιούν ένα παχύρρευστο μονομερές με λίγους ή καθόλου σταυροδεσμούς το οποίο παρεμβάλλεται με κατάλληλους φωτοαναστολείς. Η έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία πυροδοτεί έναν αυθόρμητο πολυμερισμό, κατά τη διάρκεια του οποίου το υγρό μονομερές μετατρέπεται σε στερεό πολυμερές. Αυτή η διαδικασία, η οποία λειτουργεί καταρχήν με όλες τις πηγές υπεριώδους φωτός και υπό το φως του ήλιου, προσαρμόζεται στις ειδικές απαιτήσεις των διεργασιών προσθετικής κατασκευής όσον αφορά τη στρατηγική έκθεσης.

Η διαδικασία σάρωσης με λέιζερ είναι η παλαιότερη και εξακολουθεί να είναι η πιο ακριβής διαδικασία. Μια λεπτή δέσμη λέιζερ διαμορφώνει το περίγραμμα της αντίστοιχης διατομής στην επιφάνεια ενός λουτρού ρητίνης και δημιουργεί τοπικά την κρίσιμη πυκνότητα ενέργειας που απαιτείται για τον πολυμερισμό και συνεπώς την επιθυμητή στερεοποίηση. Στις σημερινές βιομηχανικές μεθόδους, μία μόνο δέσμη λέιζερ παρέχει την απαιτούμενη ενέργεια στην εστίαση. Ειδικά στη μικροτεχνολογία, εφαρμόζεται η διαδικασία δύο φωτονίων.

Υπάρχουν δύο μέθοδοι στη διαδικασία επικάλυψης. Κατά τη διαδικασία επικάλυψης με λυχνία απεικονίζεται ολόκληρη η διατομή σε μια διαφανή μάσκα και προβάλλεται με ισχυρούς λαμπτήρες υπεριώδους ακτινοβολίας μέσω αυτής της μάσκας στην επιφάνεια του δοχείου ρητίνης. Στη

διαδικασία προβολής, ένας ισχυρός προβολέας (beamer) εκτελεί και τις δύο λειτουργίες και προβάλλει το στρώμα πληροφορίας απευθείας στην επιφάνεια που πρόκειται να εκτεθεί.

Στη διεργασία ακροφυσίου-λαμπτήρα, το συστατικό παράγεται μέσω ακροφυσίου και στη συνέχεια πολυμερίζεται μέσω λαμπτήρα υπεριώδους ακτινοβολίας.

5.3 Πολυμερισμός: Συσκευές στερεολιθογραφίας

Ο τοπικός πολυμερισμός ως αρχή επιλεκτικής σκλήρυνσης υγρών ή παστωμένων μονομερών πρόδρομων ουσιών εμφανίστηκε τα πρώτα 10 χρόνια μετά την έναρξη των προσθετικών διεργασιών αποκλειστικά ως στερεολιθογραφία με λέιζερ (ακριβέστερα, αλλά συνήθως δεν αναφέρεται ως στερεολιθογραφία με σαρωτή λέιζερ). Εν τω μεταξύ, έχουν αποκτήσει σημασία οι διεργασίες που λειτουργούν με επικαλύψεις (μέθοδος επικάλυψης λυχνίας) ή με κεφαλές εκτύπωσης (διαδικασία εκτύπωσης πολυμερών). Οι μέθοδοι συνυπάρχουν και η καθεμία απαιτεί προσαρμοσμένες διαδικασίες και μηχανήματα.

Η στερεολιθογραφία που κυκλοφόρησε στο εμπόριο το 1987 εξακολουθεί να αποτελεί το σημείο αναφοράς για πολλές άλλες προσθετικές διαδικασίες. Το πιο σημαντικό σε αυτό το σημείο είναι ότι η λεπτομερής περιγραφή της παραγωγής που είναι κατάλληλη για εξαρτήματα στερεολιθογραφίας δίνει μια αίσθηση των προσθετικών διεργασιών στο σύνολό τους και μπορεί να μεταφερθεί σε άλλες μεθόδους από πολλές απόψεις.

5.3.1 Βάση ειδικής μηχανής

Η βιομηχανική εφαρμογή της αρχής της στερεοποίησης υγρών ή παχύρρευστων μονομερών με πολυμερισμό ονομάζεται στερεολιθογραφία. Περιλαμβάνει τη στερεολιθογραφία με σαρωτή λέιζερ, τη στερεολιθογραφία με επικάλυψη λυχνίας, τη μέθοδο εκτύπωσης πολυμερών και τον πολυμερισμό παστών. Στις υποενότητες θα παρουσιαστούν παραλλαγές για τη διαμόρφωση του περιγράμματος και τη στερεοποίηση των στρωμάτων.

5.3.1.1 ΣΤΕΡΕΟΛΙΘΟΓΡΑΦΙΑ ΜΕ ΛΕΙΖΕΡ

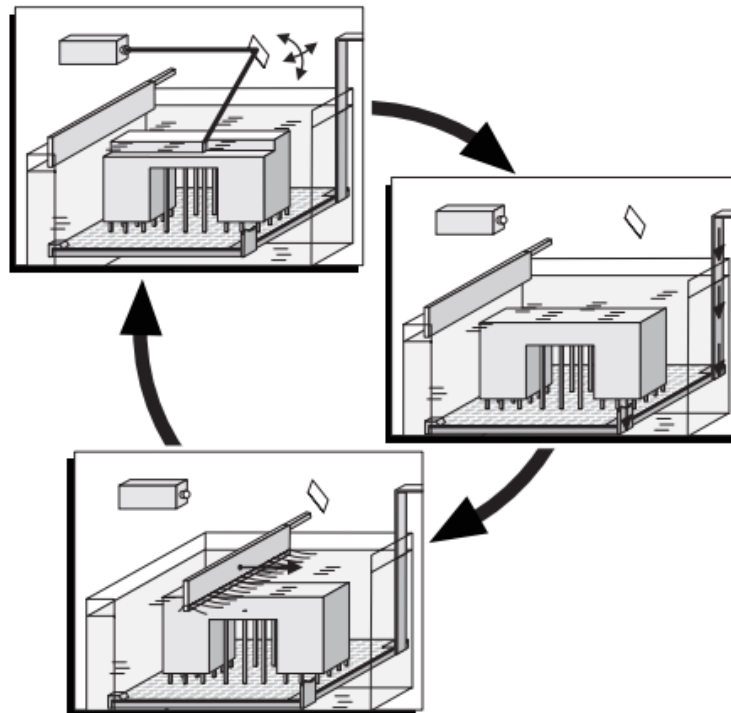
Η εταιρεία 3D Systems ονομάζει τη δική τους μέθοδο στερεολιθογραφίας της Στερεολιθογραφία SLA, ενώ η εταιρεία EOS την ονομάζει στερεογραφία. Οι όροι αποτελούν εμπορικά σήματα ή κατατεθειμένες ονομασίες των αντίστοιχων εταιρειών. Η στερεολιθογραφία με σαρωτή λέιζερ είναι ο πρόγονος όλων των βιομηχανικά προσφερόμενων διαδικασιών προσθετικής κατασκευής

και αντιπροσωπεύεται με 4500 εγκατεστημένα συστήματα παγκοσμίως (στο τέλος του 2006)- μετά τις μηχανές εξώθησης, έχει τις περισσότερες βιομηχανικές εφαρμογές. Η ενότητα που ακολουθεί επικεντρώνεται στη στερεολιθογραφία με λέιζερ, αλλά παρουσιάζει παραλληλισμούς με συναφείς διεργασίες όπου αυτό κρίνεται σκόπιμο.

5.3.1.1.1 Αρχή της δημιουργίας στρώματος

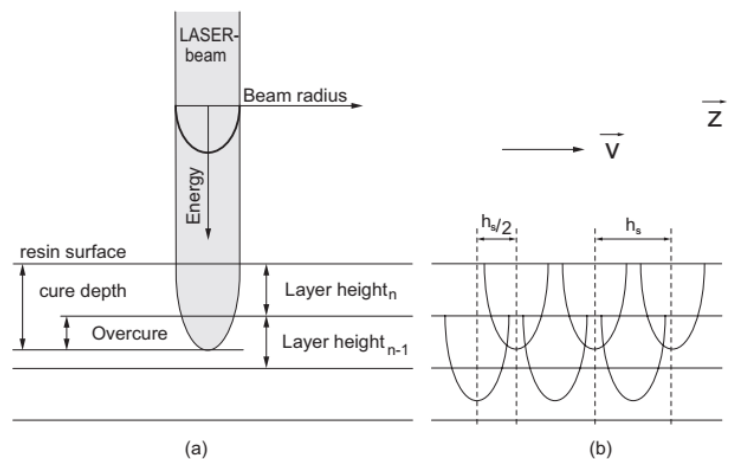
Η στερεολιθογραφία λέιζερ βασίζεται στη σημειακή στερεοποίηση φωτοευαίσθητων μονομερών (πολυμερισμός) με τη χρήση συσκευής έκθεσης σάρωσης λέιζερ (σαρωτής γαίνο).

Οι μηχανές στερεολιθογραφίας που χρησιμοποιούν τη μέθοδο σαρωτή λέιζερ αποτελούνται από ένα δοχείο υγρού μονομερούς, το χώρο εγκατάστασης, ο οποίος χρησιμοποιείται συνήθως και ως δεξαμενή, μια πλατφόρμα κατασκευής, η οποία μετατοπίζεται κατά τη κατεύθυνση z σε αυτό το δοχείο, και μια μονάδα σαρωτή λέιζερ, η οποία γράφει τις τρέχουσες πληροφορίες στρώματος στην επιφάνεια του δοχείου ρητίνης. Η πλατφόρμα στηρίζει το τεμάχιο με δομές στήριξης. Αυτό επιτρέπει την παραγωγή προεξοχών, στερεώνει μη συνδεδεμένα μέρη του μοντέλου και εξασφαλίζει την καθορισμένη δόμηση και την επακόλουθη αφαίρεση της πλατφόρμας κατασκευής. Μετά τη στερεοποίηση μιας στρώσης, η πλατφόρμα κατασκευής χαμηλώνει κατά ένα πάχος στρώσης. Στη συνέχεια, εφαρμόζεται μια νέα στρώση (επανεπίχριση) και η στρώση αυτή εκτίθεται στα δεδομένα της νέας στρώσης και έτσι στερεοποιείται. Στη συνέχεια, η διαδικασία προχωρά στην έκθεση των επόμενων στρώσεων. Με αυτόν τον τρόπο, το τεμάχιο "αναπτύσσεται" σε στρώματα από κάτω προς τα πάνω (Εικόνα 5.2).



Εικόνα 5-1 – Αρχή της δημιουργίας στρώματος με χρήση σαρωτή λέιζερ

Οι διεργασίες στερεολιθογραφίας προσπαθούν να πραγματοποιήσουν τη στερεοποίηση ενός στρώματος με μια σειρά από μεμονωμένες ενοποιήσεις, τα λεγόμενα voxels. Η γεωμετρία των voxels δίνεται από την κατανομή της ενέργειας στη δέσμη λέιζερ και τα χαρακτηριστικά διείσδυσης της ρητίνης. Η ιδανική γεωμετρία έχει το σχήμα ενός παραβολοειδούς περιστροφής. Προκειμένου να επιτευχθεί η απαραίτητη αντοχή του στοιχείου, το λέιζερ διεισδύει και στα δύο voxels μιας στρώσης και στις δύο γειτονικές στρώσεις ("overcure"), έτσι ώστε το πραγματικό βάθος διείσδυσης του λέιζερ να είναι μεγαλύτερο από το πάχος της στρώσης (βλέπε Εικόνα 5.3). Η δημιουργία ενός στρώματος και η οδοντωτή σύνδεση με το υποκείμενο προηγούμενο στρώμα πραγματοποιούνται ταυτόχρονα.



Εικόνα 5-2 - Έκθεση στη δέσμη λέιζερ στην επιφάνεια της ρητίνης: (α) συνθήκες στη μεμονωμένη δέσμη- (β) δομή voxel

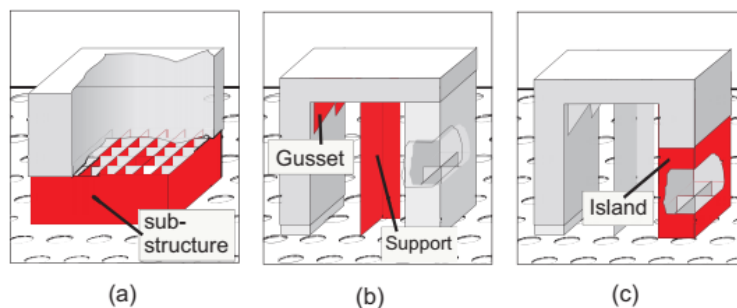
Στην πράξη, ο συντονισμός της ισχύος του λέιζερ, των παραμέτρων της δέσμης, της ταχύτητας σάρωσης και των παραμέτρων του υλικού (τύπος ρητίνης) καθορίζουν εάν προκύπτει πράγματι μια δομή voxel στο στρώμα ή εάν γράφονται ουσιαστικά συνεχείς διαδρομές.

Για γρήγορο και ακριβή πολυμερισμό, κάθε κατασκευαστής χρησιμοποιεί διαφορετικές στρατηγικές έκθεσης. Βασικά, οι περιοχές που πρόκειται να στερεοποιηθούν διαμορφώνονται με καμπύλες ορίων (borders) και τελικά σκληρύνονται στο εσωτερικό τους με κατάλληλες επικαλύψεις (hatches). Για την ακριβή δημιουργία των οριακών καμπυλών, η διάμετρος της δέσμης αντισταθμίζεται. Για το σκοπό αυτό, η διαδρομή του λέιζερ μετατίθεται κατά το ήμισυ του ποσού της διαμέτρου της δέσμης του γεωμετρικά ακριβούς περιγράμματος στο εξάρτημα (αντιστάθμιση εύρους δέσμης ή αντιστάθμιση εύρους γραμμής). Επιπλέον, η διάμετρος της δέσμης μεταβάλλεται σε ορισμένα συστήματα.

Ως αποτέλεσμα του πολυμερισμού, ο όγκος της υγρής ρητίνης μειώνεται και το εξάρτημα συρρικνώνεται. Το πρόβλημα της συρρίκνωσης μετριάστηκε σημαντικά με την αλλαγή των ακρυλικών σε εποξειδικές ρητίνες στο δεύτερο μισό της δεκαετίας του 1990 (γραμμική συρρίκνωση: ακρυλικό = 0,6 % έναντι εποξειδικής ρητίνης = 0,06 %). Ωστόσο, οι εποξειδικές ρητίνες απαιτούν έως και τρεις φορές μεγαλύτερη ενέργεια έκθεσης. Συνεπώς, οι μέθοδοι που χρησιμοποιούν λαμπτήρες για τον πολυμερισμό λειτουργούν σήμερα κατά προτίμηση με ακρυλικά. Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της συρρίκνωσης, υπάρχουν διάφορες

στρατηγικές κατασκευής που μπορούν να χρησιμοποιηθούν εκτός από τη βελτιστοποίηση των παραμέτρων της διαδικασίας. Ένας τρόπος είναι να μην συνδέονται συνεχώς τα απέναντι τοιχώματα αλλά να δημιουργούνται κατά διαστήματα χώροι που εξουδετερώνουν την παραμόρφωση λόγω των εσωτερικών τάσεων (retracted, 3D Systems).

Τα εξαρτήματα που παράγονται με τη διαδικασία σάρωσης με λέιζερ έχουν σχετικά χαμηλή αντοχή (πράσινη αντοχή) κατά τη διαδικασία κατασκευής. Επομένως, μπορούν εύκολα να παραμορφωθούν από τον μηχανισμό επικάλυψης, τις εσωτερικές τάσεις ή από το ίδιο τους το βάρος. Για το λόγο αυτό, τα προεξέχοντα στοιχεία ή οι προεξέχοντες τοίχοι πρέπει να επενδύονται σε μια ορισμένη προεξοχή ή γωνία κλίσης από κατασκευές στήριξης (Εικόνα 5 4).

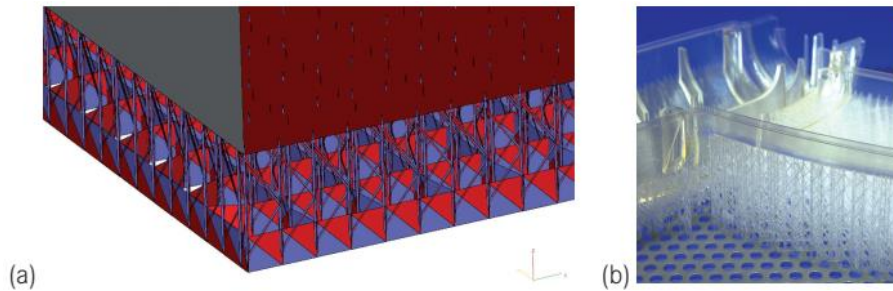


Εικόνα 5 4 - Δομές στήριξης: (α) βάση- (β) στήριξη- (γ) "νησί".

Εκτός από αυτή τη λειτουργία, τα στηρίγματα χρησιμεύουν επίσης για να τραβούν προς τα κάτω τις περιοχές της συσκευής που θέλουν να "κυλήσουν" λόγω διαδικασιών συρρίκνωσης (curl) και για να τοποθετούν και να στερεώνουν το εξάρτημα στην πλατφόρμα κατασκευής. Μέχρι τα τελευταία χρόνια, τα στηρίγματα θεωρούνταν στοιχεία όγκου και σχημάτιζαν έναν τοίχο σαν ένα τετράγωνο από δώδεκα τρίγωνα. Είχαν επίσης ειδικά χαρακτηριστικά. Τα στηρίγματα στην εικόνα 5.4 (β) έχουν σχεδιαστεί ως εξαρτήματα γάμα (γωνίες) για τη στήριξη των συγκεκριμένων κλάδων ορθογωνίας γεωμετρίας. Στην εικόνα 5.4 (γ) παρουσιάζεται μια δομή που ονομάζεται επίσης νησίδα. Χρησιμοποιείται για την τοποθέτηση και τη στήριξη των περιοχών του εξαρτήματος που ξεκινούν σε μεταγενέστερα στρώματα και αργότερα αναπτύσσονται μαζί με το υπόλοιπο εξάρτημα. Οι λαβές των φλιτζανιών, για παράδειγμα, δεν θα μπορούσαν να κατασκευαστούν χωρίς στήριξη, διότι διαφορετικά θα ξεκινούσαν "στον αέρα".

Με τέτοιες δομές στήριξης, ο όγκος των δεδομένων αυξάνεται σημαντικά, ιδίως σε συνθέσεις STL. Ως εκ τούτου, τα τρίγωνα (που φαίνονται από πάνω) δημιουργήθηκαν μόνο σε μία γραμμή και έτσι παράχθηκαν χωρίς όγκο στο CAD. Όμως η τροχιά αποκτά όγκο στη διαδικασία SL λόγω του πλάτους

της παρακολούθησης με λέιζερ. Η εικόνα 5.5 (α) απεικονίζει αυτή την κατάσταση. Το χρώμα των τριγώνων δείχνει την εναλλασσόμενη κατεύθυνση των κανονικών διανυσμάτων. Η εικόνα 5.5 (β) δείχνει τις συνθήκες σε μια πραγματική συσκευή. Διακρίνονται στηρίγματα που κατασκευάστηκαν με τη μέθοδο Fine Point Method (3D Systems). Λόγω της μικρής διαμέτρου τους, μια ιδιαίτερα λεπτή σύνδεση μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα και σχεδόν χωρίς ζημιά στο εξάρτημα.



Εικόνα 5.5 (α) Στήριξη ως στοιχείο όγκου- (β) Πως είναι σε ένα πραγματικό τμήμα

Τα στηρίγματα δημιουργούνται (αυτόματα) κατά την προετοιμασία των δεδομένων, αλλά πρέπει να αφαιρεθούν χειροκίνητα από το τελικό τεμάχιο. Σε ορισμένες μεθόδους, για παράδειγμα FDM ή PolyJet, τα στηρίγματα μπορούν επίσης να ξεπλένονται αυτόματα.

Όσον αφορά τα κοίλα κατασκευασμένα εξαρτήματα στερεολιθογραφίας, όλοι οι κατασκευαστές εφάρμοσαν στρατηγικές κατασκευής για τις διαδικασίες στερεολιθογραφίας με μεγαλύτερο κλάσμα όγκου κοιλότητας λόγω της αυξανόμενης ταχύτητας κατασκευής και της εξοικονόμησης υλικών, αλλά κυρίως για να χρησιμοποιούν τα μοντέλα απευθείας ως χαμένες μορφές στη διαδικασία χύτευσης επενδύσεων (κάψιμο καλουπιών από κεραμική πορσελάνη). Στην πραγματικότητα, τα συμπαγή τοιχώματα σχεδιάζονται ως χωρικά δικτυώματα, δηλαδή ως δύο λεπτά διαχωριστικά τοιχώματα, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με ιστούς. Επιπλέον, πρέπει να εισαχθούν τα λεγόμενα εξωτερικά στρώματα (δέρματα) για να ολοκληρωθεί το μοντέλο ή τα επιμέρους τμήματα του μοντέλου προς τα πάνω και προς τα κάτω (κατά τη κατεύθυνση z).

Τα κοίλα κατασκευασμένα εξαρτήματα στερεολιθογραφίας πρέπει να διαθέτουν ανοίγματα μέσω των οποίων μπορεί να διαρρεύσει το μη διασυνδεδεμένο μονομερές. Τα ανοίγματα αυτά πρέπει να κλείνουν εάν το μοντέλο πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε χύτευση με επένδυση, ώστε η κεραμική μάζα να μην εισχωρήσει στο μοντέλο- με τον τρόπο αυτό αποφεύγονται τα ελαττώματα χύτευσης.

Με την παγίωση της τελευταίας (ανώτερης) στρώσης ολοκληρώνεται η διαδικασία κατασκευής. Η συσκευή, η οποία είναι πλέον πλήρως βυθισμένη στο μονομερές, απομακρύνεται από το δοχείο ρητίνης προς τα πάνω, ώστε η περίσσεια ρητίνης να στραγγίσει και να στάξει πίσω στη δεξαμενή ρητίνης. Από την άποψη της οικονομικής αξιοποίησης της μηχανής, είναι πλεονεκτικό να προβλεφθεί η διοχέτευση του συστατικού σε ξεχωριστό, κατά προτίμηση θερμαινόμενο δοχείο αποστράγγισης. Κάποιοι χρήστες έχουν κατασκευάσει για τον εαυτό τους συσκευές που υποστηρίζουν την αποστράγγιση της ρητίνης με την περιστροφή μιας διαδικασίας φυγοκέντρωσης που σχετίζεται με κηρήθρα. Αυτό είναι ιδιαίτερα πλεονεκτικό για τοίχους με κοίλα κτίσματα.

5.3.2 Πλεονεκτήματα της στερεολιθογραφίας

Η στερεολιθογραφία, γνωστή και ως στερεοογραφία, είναι σήμερα μία από τις πιο ακριβείς από όλες τις διαδικασίες προσθετικής κατασκευής. Η ακρίβειά της περιορίζεται από το μηχάνημα, αλλά όχι από φυσικά όρια. Για παράδειγμα, τα ελάχιστα απεικονιζόμενα πλάτη γαιών είναι κατ' αρχήν συνάρτηση της διαμέτρου της δέσμης λέιζερ. Η λεπτότητα του βήματος z δεν περιορίζεται από τη διαδικασία. Περιορίζεται από τη δυνατότητα διαβροχής ενός στερεού στρώματος από το (επόμενο) στρώμα υγρού μονομερούς, η οποία εκφράζεται ως η σχέση της δύναμης όγκου (ανάλογη του πάχους του στρώματος) και της επιφανειακής τάσης. Τα λεπτά στρώματα τείνουν κατά συνέπεια να "σχίζονται". Υπάρχουν και άλλοι λόγοι που σχετίζονται με το κόστος και είναι καθοριστικοί στην πράξη- για παράδειγμα, τα λεπτά στρώματα παρατείνουν την περίοδο κατασκευής και συνεπώς αυξάνουν το κόστος.

Είναι κατ' αρχήν δυνατό να διαμορφωθεί το όριο των επιπέδων x - y στη κατεύθυνση z με κατάλληλες στρατηγικές ελέγχου (πέντε αξόνων) και έκθεσης (μεταβολή της σχέσης παλμοδιακοπής και της απόδοσης του λέιζερ) και έτσι να επιτευχθεί μια οιονεί συνεχής διαμόρφωση z .

Η στερεολιθογραφία όχι μόνο επιτρέπει την παραγωγή εσωτερικών κοίλων χώρων, όπως σχεδόν όλες οι άλλες διεργασίες AM, αλλά επιτρέπει επίσης την πλήρη εκκαθάρισή τους ως αποτέλεσμα της τεχνολογίας της διεργασίας. Για το σκοπό αυτό, είναι απαραίτητο ένα άνοιγμα αποστράγγισης το οποίο προφανώς πρέπει να είναι πολύ μικρότερο από τη διάμετρο του κοίλου χώρου.

Τα υλικά της στερεολιθογραφίας ήταν παλαιότερα όλα διαφανή ή ημιδιαφανή, και ως εκ τούτου επέτρεπαν την οπτική αξιολόγηση των εσωτερικών κοίλων χώρων. Αυτό είναι χρήσιμο, για

παράδειγμα, σε πολλές μελέτες ροής και ιατρικές εφαρμογές. Σήμερα τα περισσότερα υλικά είναι αδιαφανή και σχεδόν λευκά, όπως το Somos 14120 (DSM), το Accura SI 25 (Systems) και το RenShape SL7580.

Σε διεργασίες με δοχείο ρητίνης, μόνο μεμονωμένες περιοχές του εξαρτήματος εφοδιάζονται με στηρίγματα. Γενικά, ο όγκος του υποστρώματος είναι σημαντικά μικρότερος από αυτόν του συστατικού και μπορεί να επηρεαστεί από τον χειριστή. Ολόκληρος ο όγκος του εξαρτήματος θα στερεοποιείται πάντα στις διεργασίες εκτύπωσης πολυμερών και στις διεργασίες απεικόνισης με μεταφορά φιλμ (FTI) και θα αποτελείται είτε από το υλικό κατασκευής είτε από το υλικό στήριξης. Συνεπώς, ο όγκος των δομών στήριξης είναι αρκετά μεγάλος. Το υλικό στήριξης είναι απόβλητο.

Τα μη διασυνδεδεμένα μονομερή μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και η πλήρως πολυμερισμένη ρητίνη μπορεί να αντιμετωπιστεί ως οικιακό απόβλητο. Αλλά το υγρό μονομερές είναι επικίνδυνο απόβλητο.

Πολύπλοκα μοντέλα, ή μοντέλα με μεγαλύτερες διαστάσεις από τον θάλαμο κατασκευής, μπορούν να συναρμολογηθούν από μεμονωμένα επιμέρους μοντέλα σε αυθαίρετα, πολύπλοκα, πλήρη μοντέλα. Εάν χρησιμοποιείται η ίδια φωτοευαίσθητη ρητίνη ως συνδετικό υλικό και χρησιμοποιούνται πηγές υπεριώδους ακτινοβολίας για την τοπική σκλήρυνση, τα σημεία των τμημάτων είναι απαρατήρητα όσον αφορά τις μηχανικο-τεχνολογικές τους ιδιότητες, και είναι επίσης αόρατα στο μάτι.

Τα μοντέλα μπορούν να τελειοποιηθούν με αμμοβολή και στίλβωση και, σε κάποιο βαθμό, με μηχανική κατεργασία και επίστρωση.

5.3.3 Μειονεκτήματα της στερεολιθογραφίας

Λόγω της τεχνολογίας διεργασίας της, η στερεολιθογραφία περιορίζεται σε φωτοευαίσθητο υλικό. Στην ανάπτυξη ρητινών η έμφαση δίνεται στη δυνατότητα διασύνδεσης με υπεριώδη ακτινοβολία. Οι συνήθεις πρωταρχικές ιδιότητες, όπως η αντίσταση στην επέκταση, η ελαστικότητα, η σταθερότητα στη θερμοκρασία κ.ο.κ., είναι δευτερεύουσας σημασίας. Επιπλέον, η ανάπτυξη των υλικών περιορίζεται στη στερεολιθογραφική χρήση, επειδή το σχετικό κόστος του προϊόντος το αντισταθμίζει. Η στερεολιθογραφία είναι μια διαδικασία δύο σταδίων κατά την οποία τα μοντέλα στερεοποιούνται πρώτα σε υψηλό ποσοστό (> 95 %) στην πραγματική μηχανή στερεολιθογραφίας-στη συνέχεια το πράσινο προϊόν πρέπει να καθαριστεί με διαλύτες (TPM - μονομεθυλαιθέρας

τριπροπυλενογλυκόλης - ισοπροπανόλη) και τοποθετείται σε φούρνο πολυμερισμού για να δημιουργηθούν περαιτέρω διασταυρώσεις με τη βοήθεια υπεριώδους φωτός μέχρι να σκληρυνθεί πλήρως. Οι διεργασίες εκτύπωσης και επικάλυψης είναι διεργασίες ενός σταδίου. Πολυμερίζουν πλήρως το συστατικό και επομένως λειτουργούν χωρίς διασταυρώσεις μετά τη διαδικασία. Κατά την κατασκευή μοντέλων στερεολιθογραφίας, οι μη υποστηριζόμενες δομές και ορισμένες κρίσιμες γωνίες επικαλυπτόμενων τμημάτων μοντέλων δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν χωρίς υποστήριξη. Επομένως, απαιτούνται στηρίγματα. Αυτές οι δομές στήριξης πρέπει να τοποθετούνται στο πλαίσιο της προετοιμασίας του μοντέλου με τη χρήση κατάλληλων προγραμμάτων. Το εξάρτημα και τα στηρίγματα των διεργασιών που βασίζονται σε λέιζερ αποτελούνται από το ίδιο υλικό. Τα στηρίγματα πρέπει να αφαιρούνται χειροκίνητα από το πράσινο προϊόν ή από το σκληρυμένο μοντέλο. Στις διαδικασίες με εκτυπωτή ή επικάλυψη, τα στηρίγματα κατασκευάζονται συνήθως από θερμοπλαστικό σκληρό κερί που ξεπλένεται μετά τη διαδικασία κατασκευής. Μπορεί επίσης να αφαιρεθεί αυτόματα ή ημι-χειροκίνητα με τη βοήθεια διαλυτών. Επειδή όλες οι περιοχές του όγκου δόμησης που δεν ανήκουν στο εξάρτημα γεμίζουν με υλικό στήριξης, δεν είναι απαραίτητη μια ξεχωριστή δομή στήριξης. Εκτός από τη διαδικασία κατασκευής, η εφαρμογή της στερεολιθογραφίας περιορίζει την αφαίρεση των στηριγμάτων και, ανάλογα με τη διαδικασία, είναι απαραίτητη η αποθήκευση, ο χειρισμός και η απόρριψη των διαλυτών. Σε μικρό βαθμό, τα φωτοευαίσθητα ακρυλικά απορροφούν οξυγόνο, ενώ οι εποξειδικές ρητίνες είναι υγροσκοπικές- αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την αποθήκευση και την επεξεργασία του υλικού. Τα μοντέλα τείνουν να σέρνονται ακόμη και μετά την πλήρη σκλήρυνση. Μετά από λίγες ημέρες ή εβδομάδες, οι μη υποστηριζόμενοι τοίχοι παρουσιάζουν χαλάρωση η οποία εξαφανίζεται εάν το μοντέλο αναποδογυριστεί ή υποστηριχθεί. Οι νεότερες εποξειδικές ρητίνες παρουσιάζουν αυτά τα χαρακτηριστικά λιγότερο έντονα..

5.4 Τεχνολογίες εκτύπωσης: Εκτύπωση με βάση κόλλα σε σκόνη

5.4.1 Λιώσιμο και στερεοποίηση σκόνης και κόκκων: Πυροσυσσωμάτωση με λέιζερ

(LS)

Οι σκόνες ή οι κόκκοι σε μια κλίση σκόνης είναι τα υλικά που χρησιμοποιούνται για τον σχηματισμό ενός καθορισμένου στερεού στρώματος. Λιώνουν μερικώς ή λιώνουν στο αντίστοιχο επίπεδο στρώματος από μια πηγή ενέργειας και στερεοποιούνται μετά την ψύξη σε στερεό σώμα. Οι πηγές ενέργειας μπορεί να είναι ενεργητικές μεμονωμένες ακτίνες, όπως ακτίνες λέιζερ, ακτίνες ηλεκτρονίων, ή ένας θερμαντήρας υπέρυθρων πάνελ.

Οι διεργασίες ονομάζονται διεργασίες πυροσυσσωμάτωσης σε σχέση με τη μη προσθετική κατασκευαστική διεργασία πυροσυσσωμάτωσης ελεγχόμενης από διάχυση. Για πολλά χρόνια, οι διεργασίες που βασίζονται σε λέιζερ ήταν αποκλειστικά εμπορικές και ονομάζονταν πυροσυσσωμάτωση με λέιζερ (LS) ή επιλεκτική πυροσυσσωμάτωση με λέιζερ (SLS). Ονομάζεται τήξη με ομοιόμορφη δέσμη ή απλώς τήξη ως γενικός όρος, επειδή σήμερα χρησιμοποιούνται επίσης ακτίνες ηλεκτρονίων και υπέρυθρες ακτίνες.

Στην κλασική μη προσθετική κατασκευαστική πυροσυσσωμάτωση, δύο γειτονικά σωματίδια ενώνονται με ανταλλαγή ουσιών. Για το σκοπό αυτό απαιτούνται υψηλές θερμοκρασίες και υψηλές πιέσεις για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα. Στη διαδικασία πυροσυσσωμάτωσης κυριαρχεί ο μηχανισμός της επιφανειακής διάχυσης. Ξεκινά με τη μορφή λαϊμού στο σημείο επαφής των σωματιδίων. Με την προοδευτική πυροσυσσωμάτωση λαμβάνει χώρα μια μεταφορά υλικού -κατά προτίμηση κατά μήκος των ορίων των κόκκων- και συνεχίζεται στο εσωτερικό των σωματιδίων (όρια κόκκων, όγκος και διάχυση πλέγματος). Η πυροσυσσωμάτωση που χρησιμοποιείται στην προσθετική κατασκευή δεν απαιτεί τα δύο βασικά συστατικά της κλασικής διαδικασίας πυροσυσσωμάτωσης: υψηλή πίεση και μεγάλο χρονικό διάστημα. Συνεπώς, πρέπει να υποτεθεί ότι η πυροσυσσωμάτωση της προσθετικής κατασκευής δεν πραγματοποιείται ή δεν ελέγχεται από διάχυση. Λαμβάνει χώρα μόνο μια σύντομη θερμική ενεργοποίηση των μη γειτονικών σωματιδίων στην κλίση σκόνης. Όταν αυτά λιώνουν στην επιφάνεια μετά την ψύξη, προκύπτει ένα περισσότερο ή λιγότερο πορώδες εξάρτημα. Όταν τα σωματίδια λιώσουν πλήρως, σχηματίζεται ένα πυκνό συστατικό.

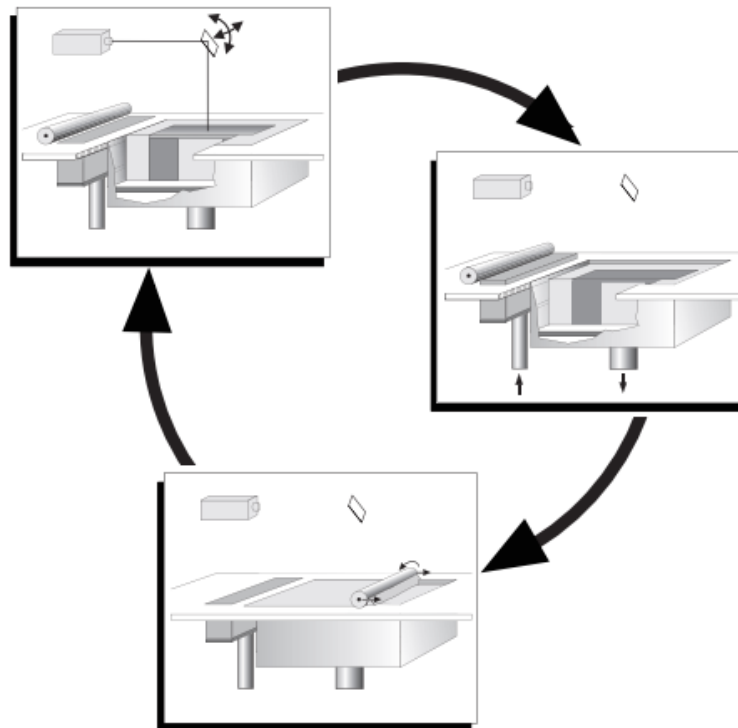
Το αποτέλεσμα είναι συνήθως ελαφρώς πορώδη συστατικά. Για τα πλαστικά, αυτό συμβαίνει συχνά για λόγους διεργασίας που αποσκοπούν στην αποφυγή στρεβλώσεων και εσωτερικών τάσεων. Όμως τα μεταλλικά εξαρτήματα είναι πυκνά. Ως εκ τούτου, οι περισσότερες διεργασίες με μεταλλική σκόνη λιώνουν πλήρως τη σκόνη. Ονομάζεται επίσης τήξη με λέιζερ ή, γενικότερα, τήξη με δέσμη.

Η διαδικασία πυροσυσσωμάτωσης θα περιγραφεί ουσιαστικά από την αλληλεπίδραση μεταξύ του ιξώδους των περιοχών των λιωμένων σωματιδίων και της επιφανειακής τους τάσης. Και οι δύο αυτές (αντίθετες) επιδράσεις εξαρτώνται από τη θερμοκρασία και το υλικό. Συνεπώς, ορισμένες λεπτομέρειες εξετάζονται στις επόμενες ενότητες στο πλαίσιο των υλικών.

Οι θεμελιώδεις μελέτες σχετικά με τους μηχανισμούς της επιλεκτικής πυροσυσσωμάτωσης με λέιζερ, οι οποίες εξετάζουν επίσης την αλληλεπίδραση με την πρακτική εφαρμογή, προέρχονται από τους Alscher [9] και Nöken [10]. Ο Ader [11] αναθεώρησε τη θεωρία με έμφαση στα κεραμικά.

5.4.2 Αρχή της δημιουργίας στρώματος

Στη διαδικασία πυροσυσσωμάτωσης με λέιζερ τα σωματίδια μεγέθους συνήθως 50 έως 100 nm, τα οποία είναι στενά συσκευασμένα μεταξύ τους για να σχηματίσουν ένα στρώμα σκόνης, πιέζονται ελαφρώς, εάν αυτό είναι απαραίτητο για τη διαδικασία. Στη συνέχεια λιώνουν ελαφρώς τοπικά από μια δέσμη λέιζερ, στερεοποιούνται με ψύξη λόγω θερμικής αγωγιμότητας και με τον τρόπο αυτό ενώνονται μεταξύ τους σχηματίζοντας ένα σταθερό στρώμα (βλέπε Εικόνα 4.6). Τα μη λιωμένα σωματίδια παραμένουν στο τεμάχιο ως υλικό στήριξης και απομακρύνονται μετά το τέλος της διαδικασίας. Με το χαμήλωμα αυτού του στρώματος και την εκ νέου επικάλυψή του με σκόνη είναι ανάλογη με το πρώτο στρώμα, το δεύτερο στρώμα στερεοποιείται και συνδέεται με το πρώτο. Στην εικόνα 4.6 παρουσιάζεται η αρχή της διαδικασίας με βάση την πυροσυσσωμάτωση με λέιζερ.



Εικόνα 5-6- Αρχή της πυροσυσσωμάτωσης και τήξης με λέιζερ

5.4.2.1 ΣΧΕΔΙΑΣΗ

Ο θάλαμος διεργασίας προσφέρει χώρο για το κτίσιμο, ο οποίος μπορεί να ενισχυθεί με τη μείωση του πυθμένα του θαλάμου κατά ένα ύψος στρώματος. Είναι σημαντικό για την τεχνική λειτουργία αυτής της διεργασίας να κατασκευάζεται ο θάλαμος διεργασίας με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να προθερμαίνεται σχεδόν μέχρι τη θερμοκρασία τήξης του υλικού πυροσυσσωμάτωσης. Αυτή είναι η απαίτηση για την οιονεί ισόθερμη πυροσυσσωμάτωση των πλαστικών. Η πηγή ενέργειας (λέιζερ ή δέσμη ηλεκτρονίων, υπέρυθη λυχνία) χρειάζεται επομένως να προσθέσει μόνο μια μικρή διαφορική ενέργεια για την πυροσυσσωμάτωση. Η θερμοκρασία της διεργασίας πρέπει να διατηρείται όσο το δυνατόν πιο σταθερή και εντός στενών ανοχών (λίγοι βαθμοί). Επιπλέον, πρέπει να αποφεύγεται η οξειδωση του υλικού, η οποία συνήθως επιτυγχάνεται με την αδρανοποίηση της μηχανής. Αυτό επιτυγχάνεται με τη δημιουργία ατμόσφαιρας αζώτου στο εσωτερικό της μηχανής (0,1 % έως 3,5 % υπολειπόμενο οξυγόνο, ανάλογα με το υλικό).

Η διαδικασία πυροσυσσωμάτωσης με λέιζερ λειτουργεί πάντα χωρίς στηρίγματα, επειδή η μη πυροσυσσωματωμένη σκόνη παραμένει στην κλίση και στηρίζει το μοντέλο. Ανάλογα με τη

γεωμετρία του μοντέλου και το υλικό που χρησιμοποιείται, έχει αποδειχθεί χρήσιμο να κατασκευάζεται και μια πλατφόρμα (βάση) και να χιτίζεται πάνω σε αυτή τη βάση. Οι μεταλλικές διεργασίες μειώνουν την ένταση με τη χρήση δομών στήριξης. Επιπλέον, ή εναλλακτικά, μπορούν να κατασκευαστούν σταθερές υποστυλώματα, εάν απαιτείται, με τη χρήση εξειδικευμένων στρατηγικών κατασκευής. Ξεκινώντας περίπου με τη μισή απόδοση του λέιζερ και τη διπλάσια ταχύτητα σάρωσης, και προσαρμόζοντας την απόδοση του λέιζερ καθώς και την ταχύτητα σάρωσης στις βέλτιστες παραμέτρους εντός αρκετών στρώσεων, δημιουργούνται δομές με χαμηλή παραμόρφωση που ευνοούν την αξιόπιστη κατασκευή μοντέλων.

Για τη διατήρηση ενός ομοιόμορφου πεδίου θερμοκρασίας, είναι χρήσιμο σε ορισμένες περιπτώσεις να τοποθετούνται σκόπιμα χαλαρά εξαρτήματα κοντά στο μοντέλο ή να τοποθετείται ένα πλέγμα γύρω από το εξάρτημα. Οι μεταλλικές διεργασίες λειτουργούν με δομές στήριξης για την τοποθέτηση των εξαρτημάτων στην πλατφόρμα και την αποφυγή παραμορφώσεων.

Ορισμένοι χρήστες προτείνουν την τοποθέτηση του μοντέλου, ιδίως των μακρών τραβηγμένων εξαρτημάτων, υπό τη λεγόμενη γωνία Kodak σε σχέση με τον διαμήκη άξονα του κυλίνδρου. Θεωρείται ότι υπό αυτή τη γωνία μπορούν να παραχθούν ιδιαίτερα εξαρτήματα χωρίς παραμορφώσεις. Ορισμένες πηγές αναφέρουν μια γωνία περίπου 15°, άλλες περίπου 10°.

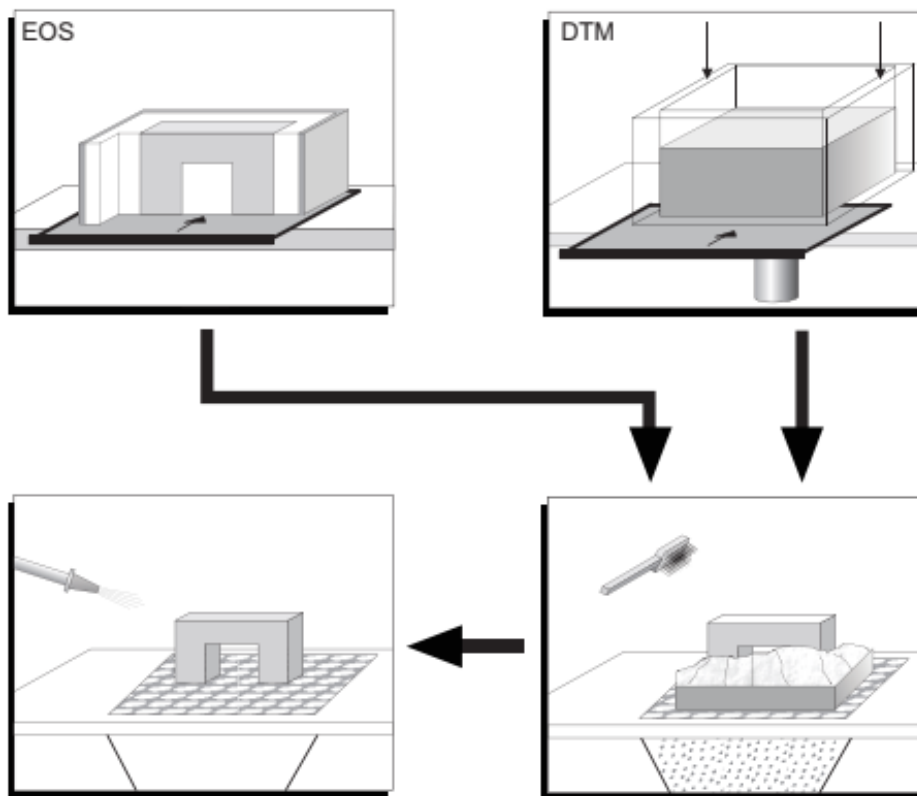
Στην πράξη, σχεδόν όλα τα μοντέλα τοποθετούνται στη μηχανή χωρίς βάση σύμφωνα με τα κριτήρια της ακρίβειας και της οικονομίας. Όταν οι παράμετροι κατασκευής είναι προσεκτικά προσαρμοσμένες, και ιδίως όταν τα πεδία θερμοκρασίας διατηρούνται ομοιόμορφα, τα αποτελέσματα είναι εξαιρετικά.

Για την επίτευξη μοντέλων χωρίς ελαττώματα, είναι απαραίτητο να ρυθμίζεται και να ελέγχεται πολύ προσεκτικά η θερμοκρασία και η κατανομή της θερμοκρασίας στο θάλαμο κατασκευής. Διαφορές θερμοκρασίας μερικών βαθμών μπορεί να προκαλέσουν άχρηστα εξαρτήματα που είτε είναι κακώς πυροσυσσωματωμένα είτε εκτρέπονται λόγω υπερβολικής θερμότητας και ακόμη και αλλάζουν χρώμα, ανάλογα με το υλικό. Ως εκ τούτου, ο έλεγχος της θερμοκρασίας παίζει σημαντικό ρόλο. Οι σημερινές μηχανές διαθέτουν πολύ ακριβή έλεγχο της θερμοκρασίας.

5.4.2.2 ΜΕΤΑΓΕΝΕΣΤΕΡΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Για τα πλαστικά, μετά τη διαδικασία κατασκευής, η ένωση περικλείεται πλήρως σε μια κλίνη σκόνης. Οι περισσότερες διεργασίες πυροσυσσωμάτωσης λαμβάνουν χώρα σε θερμοκρασία

μεταξύ 170 και 200 °C, ιδίως όταν πυροσυσσωματώνονται πλαστικά υλικά. Για να διασφαλιστεί η ομοιόμορφη ψύξη, είναι σημαντικό μετά την τελευταία στρώση να εφαρμόζεται ένα πρόσθετο στρώμα σκόνης πάχους αρκετών εκατοστών. Μετά την πλήρη ψύξη της ένωσης, η οποία μπορεί να διαρκέσει αρκετές ώρες λόγω της κακής θερμικής αγωγιμότητας, η κλινή σκόνης απομακρύνεται προσεκτικά από το εξωτερικό (Εικόνα 5.7). Εάν χρησιμοποιούνται εναλλάξιμες μονάδες θαλάμου δόμησης, η διαδικασία αφαίρεσης και καθαρισμού πραγματοποιείται μισοαυτόματα σε θόνες και με υψηλή πίεση εκτός της μηχανής. Παρόλο που, θεωρητικά, η ένωση είναι απλώς ενσωματωμένη σε μια χαλαρή κλινή σκόνης και χρειάζεται μόνο να αφαιρεθεί και να φυσήξετε την σκόνη, στην πράξη είναι φρόνιμο να προχωρήσετε προσεκτικά. Πρώτον, η ένωση μπορεί εύκολα να καταστραφεί επειδή η θέση της δεν είναι ακριβώς γνωστή- δεύτερον, υπάρχουν, ανάλογα με τον έλεγχο της θερμοκρασίας, ελαφρώς πυροσυσσωματωμένες περιοχές γύρω από το μοντέλο (fleeces) που πρέπει να αφαιρεθούν με μεγάλη προσοχή με τη χρήση ειδικών εργαλείων. Επομένως, απαιτείται υπομονή και επιδεξιότητα στον καθαρισμό των μοντέλων πυροσυσσωμάτωσης, ιδίως εκείνων με εσωτερικούς κοίλους χώρους, γεωτρήσεις και λεπτές λεπτομέρειες. Για να επιδεινωθεί η κατάσταση, τα μοντέλα και η σκόνη έχουν το ίδιο χρώμα.



Εικόνα 5-7 Συσσωμάτωση με λέιζερ, αρχή μεταγενέστερης επεξεργασίας

Για τις μεταλλικές διεργασίες, η μεταγενέστερη επεξεργασία είναι ευκολότερη επειδή ο θάλαμος διεργασίας και η σκόνη παραμένουν σχεδόν κρύα. Το πρόβλημα είναι ότι χρησιμοποιούν δομές στήριξης, οι οποίες πρέπει να αφαιρεθούν. Οι μηχανές άμεσης κεραμικής πυροσυσσωμάτωσης λειτουργούν με υψηλές θερμοκρασίες προθέρμανσης.

Μετά τον καθαρισμό των εξαρτημάτων κατά τη μεταγενέστερη επεξεργασία, η επιφάνεια επεξεργάζεται περαιτέρω με χειροκίνητη στίλβωση ή αμμοβολή. Μέρη μοντέλων ή αποσπασμένα μέρη μοντέλων μπορούν να κολληθούν με κυανοακρυλικές κόλλες ή με εποξειδικές ρητίνες. Για το φινίρισμα των μοντέλων μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν κύλινδροι γεμάτοι με υλικό στίλβωσης. Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι ο τύπος του χρησιμοποιούμενου λειαντικού καθορίζει την ποσότητα του υλικού που αφαιρείται. Υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να στρογγυλοποιηθούν οι γωνίες με αιχμηρά άκρα. Επειδή τα πυροσυσσωματωμένα μοντέλα είναι γενικά πορώδη, μπορούν γενικά να χρησιμοποιηθούν όλες οι διεισδυτικές επιφανειακές σφραγίσεις. Αυτό περιλαμβάνει όλα τα είδη σκληρού κεριού, εποξειδικές ρητίνες, καθώς και αστάρια σε βάση σμάλτου.

Κάθε είδος μεταγενέστερης επεξεργασίας αλλάζει τη γεωμετρία. Αυτό είναι σημαντικό επειδή οι διαδικασίες προσθετικής κατασκευής παράγουν εξαρτήματα απευθείας από τα σύνολα τρισδιάστατων δεδομένων.

5.4.2.3 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΠΟΥ ΕΠΟΝΤΑΙ

Οι διαδικασίες πυροσυσσωμάτωσης με λέιζερ χρησιμοποιούνται κατά προτίμηση για λειτουργικά πρωτότυπα (λειτουργικά εξαρτήματα) ή για άμεση παραγωγή (ταχεία κατασκευή). Ως εκ τούτου, η άμεση εφαρμογή χρησιμοποιείται συχνότερα από τις διαδικασίες χύτευσης. Η χύτευση υπό κενό είναι γενικά δυνατή, αλλά απαιτεί οι επιφάνειες να είναι εξαιρετικά καλά επεξεργασμένες.

Τα μεταλλικά εξαρτήματα θα μπορούσαν να επιτευχθούν είτε με άμεση επιλεκτική τήξη με λέιζερ (SLM) είτε με χύτευση ακριβείας βάσει κύριων μοντέλων που κατασκευάζονται με προσθετική μέθοδο. Είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον να χρησιμοποιηθούν μοντέλα πολυστυρενίου ή πολυκαρβονικού απευθείας για χύτευση ακριβείας. Η διαδικασία αυτή είναι επιτυχής μόνο εάν εφαρμοστεί κατάλληλα προσεκτικός εμποτισμός με κηρί και προετοιμασία της επιφάνειας. Το ίδιο το μοντέλο πρέπει να προθερμανθεί περίπου μέχρι τη θερμοκρασία του υγρού κεριού (μεταξύ 190 και 210 °C). Ο εμποτισμός μπορεί να διαρκέσει έως και 30 λεπτά- αν τα κρίσιμα σημεία πρέπει να επεξεργαστούν χειροκίνητα, μπορεί να διαρκέσει σημαντικά περισσότερο. Τέλος, ξεκινά η κλασική

διαδικασία χύτευσης ακριβείας. Το ενδεδειγμένο ψήσιμο πρέπει να γίνεται με αρκετό οξυγόνο, ώστε να υποστηρίζεται η χημική αντίδραση. Ένας αναπνευστήρας είναι πιθανώς χρήσιμος.

Σε περιοχές με παχιά τοιχώματα μπορεί να συσσωρευτεί στάχτη που είναι δύσκολο να αφαιρεθεί αργότερα. Τέτοιες συσσωρεύσεις υλικού μπορεί να προκαλέσουν ακόμη και τοπική ρηγμάτωση του κελύφους. Ορισμένα χυτήρια χύτευσης ακριβείας, ωστόσο, σε συνεργασία με τους κατασκευαστές μοντέλων, έχουν καταφέρει να ελέγξουν αυτή τη διαδικασία τόσο αξιόπιστα ώστε για κάθε μοντέλο πολυκαρβονικού που παρουσιάζεται, επιστρέφεται ένα μοντέλο χύτευσης. Η έλευση του CastForm PS αναμένεται να λύσει αυτά τα προβλήματα μια για πάντα.

Ακολουθώντας τις βασικές αρχές της πυροσυσσωμάτωσης με λέιζερ, έχουν σχεδιαστεί μηχανές που διαφέρουν ιδιαίτερα στις λεπτομέρειες, στις εφαρμογές-στόχους και, κατά συνέπεια, στα υλικά που χρησιμοποιούνται. Στην αρχή κάποιες από τις κατασκευαστικές λύσεις επινοήθηκαν λόγω της κατάστασης των διπλωμάτων ευρεσιτεχνίας, αλλά αργότερα επικράτησαν και άνοιξαν το δρόμο προς τα εμπρός.

5.5 Τεχνολογίες εκτύπωσης: Εκτύπωση με βάση την εξώθηση

5.5.1 Διαδικασίες εξώθησης

5.5.1.1 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΕΞΩΘΗΣΗΣ

Οι διαδικασίες εξώθησης έχουν γίνει γνωστές ως fused deposition modeling, αλλά αυτό είναι εμπορικό σήμα του κατασκευαστή Stratasys. Η γενική ονομασία είναι διαδικασία εξώθησης ή στα αγγλικά fused layer modeling (FLM).

Οι διεργασίες εξώθησης ανήκουν στις γνωστές διεργασίες θερμικής εξώθησης πλαστικών και περιλαμβάνουν παραλλαγές που λειτουργούν με πάστες ή αφρούς που υφίστανται φυσική ή χημική επεξεργασία από στερεά βασικά υλικά.

Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι διεργασίες θερμικής εξώθησης. Ο εφαρμοζόμενος όγκος στερεοποιείται μέσω θερμικής αγωγής στο εξάρτημα. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για υλικά με χαμηλή θερμική αγωγιμότητα, όπως κεριά και πλαστικά, συμπεριλαμβανομένων υλικών υψηλότερης τήξης, όπως το πολυσουλφίδιο. Θεωρητικά, δεν υπάρχει κανένας περιορισμός στα

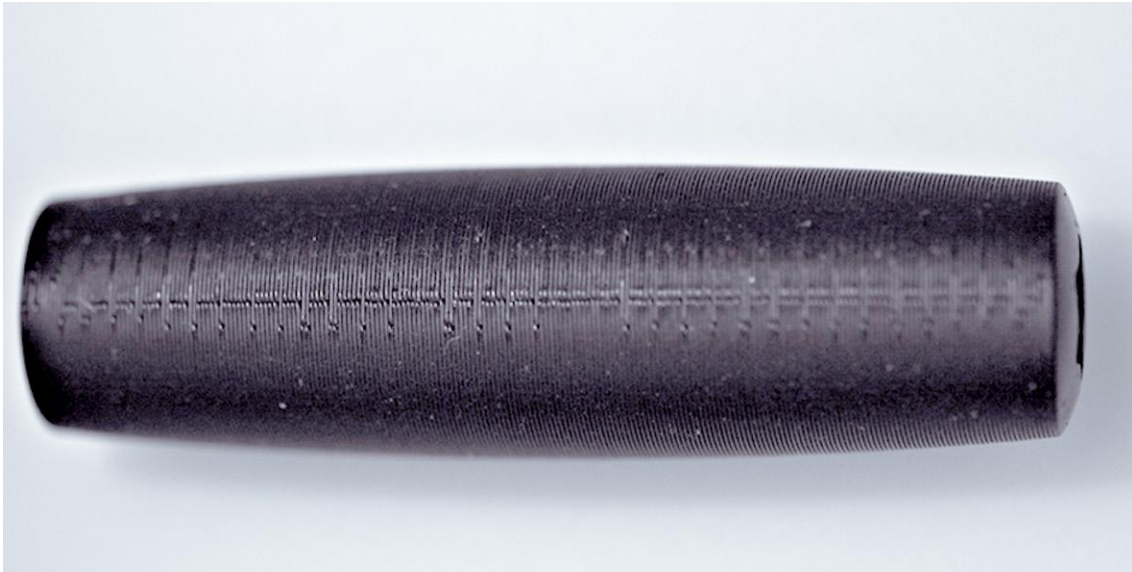
αξιοποιήσιμα υλικά. Πρακτικά απαιτεί υψηλές θερμοκρασίες τήξης, τόσο όσον αφορά την τήξη όσο και τις κλίσεις θερμοκρασίας στο μοντέλο. Η απαιτούμενη προθέρμανση και η απομόνωση του χώρου εργασίας απαιτούν επίσης αντίστοιχα μεγαλύτερη μηχανολογική προσπάθεια. Πρόκειται για μια πλήρως τρισδιάστατη διαδικασία, η οποία εξαρτάται μόνο από τον έλεγχο του ακροφυσίου, επειδή η παροχή και η εφαρμογή του υλικού γίνεται από ένα ακροφύσιο. Η σχετικά μεγάλη διατομή του υλικού περιορίζει τον επιτεύξιμο βαθμό λεπτομέρειας των μοντέλων. Με τον κατάλληλο σχεδιασμό του μηχανήματος, αυτά τα μειονεκτήματα μπορούν να μειωθούν όσο το δυνατόν περισσότερο.

Μια ικανοποιητική σύνδεση μεταξύ του εξηλασμένου θερμού υλικού και του ήδη τελειωμένου τμήματος του μοντέλου πραγματοποιείται μόνο όταν το υλικό "πρεσαριστεί". Η κυκλική διατομή του υλικού εφαρμόζεται σε μια έλλειψη. Τότε μπορεί να ρυθμιστεί η ισορροπία των δυνάμεων όγκου και επιφάνειας έτσι ώστε να είναι εφικτή η ομαλότερη δυνατή σύνδεση. Αυτό απαιτεί ότι ο άξονας του ακροφυσίου πρέπει να βρίσκεται πάντα στο επίπεδο z και περιλαμβάνει επίσης μια συγκεκριμένη διαδικαστική γωνία με το επίπεδο $x-y$.

Η εφαρμογή ενός εξηλασμένου ιξώδους όγκου περιλαμβάνει το πρόβλημα ότι ο εξηλασμένος κλώνος έχει αρχή και τέλος. Όταν το περίγραμμα κλείνει, προκύπτει μια κοινή γραμμή (Εικόνα 4.8). Οι γραμμές είναι ιδιαίτερα αισθητές όταν βρίσκονται σε κάθε στρώμα στην ίδια θέση.

Για τη διαδικασία εξώθησης αναπτύχθηκαν ορισμένα ενδιαφέροντα πλαστικά, τα οποία μοιάζουν με τα πιο συνηθισμένα υλικά κατασκευής, όπως το ABS και η πολυφαινυλοσουλφόνη (PPSF), το πρώτο πλαστικό υψηλής απόδοσης για την προσθετική κατασκευή. Τα υλικά συχνά διατίθενται σε χρώματα, ώστε τα εξαρτήματα να μπορούν να παραχθούν σε διαφορετικά χρώματα.

Οι διαδικασίες απαιτούν στηρίγματα που πρέπει να κατασκευαστούν πάνω στο εξάρτημα και να αφαιρεθούν μετά τη διαδικασία κατασκευής. Υπάρχουν διάφορες φιλικές προς τον χρήστη λύσεις για την αφαίρεση των στηριγμάτων, όπως το σπάσιμο ή η αποκόλληση σε ζεστό νερό. Στην περίπτωση αυτή, το υλικό στήριξης είναι συνήθως ένα υδατοδιαλυτό κερί που αποτελείται από πολυαιθυλενογλυκόλη.



Εικόνα 5-8 Κοινή γραμμή στην επεξεργασία εξώθησης (Πηγή: CP-GmbH/FH-Aachen)

Το μειονέκτημα ορισμένων μηχανών είναι η περίπλοκη τοποθέτηση των προκατασκευασμένων συρμάτων. Οι κασέτες για την τροφοδοσία των συρμάτων και οι ταμπλέτες διευκολύνουν σήμερα αυτή τη διαδικασία.

Για τους κατασκευαστές, υπάρχει μια πολύ μεγάλη γκάμα οικονομικά αποδοτικών υλικών από διάφορους κατασκευαστές, στα οποία περιλαμβάνονται επίσης το νάιλον και το WPC (ξύλινα πλαστικά στοιχεία). Οι κατασκευάστριες εταιρείες χρησιμοποιούν κυρίως τη διαδικασία εξώθησης και τα σύρματα φρεζαρίσματος από ABS ή PLA, με διάμετρο συνήθως 0,175 mm ή 3 mm. Οι περισσότεροι από αυτούς εργάζονται με ακροφύσιο και χωρίς στηρίγματα. Αυτό περιορίζει την κατασκευαζόμενη γεωμετρία, ιδίως σε σχέση με τη γωνία προσέγγισης και τις υποκοπές.

5.5.2 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της διαδικασίας εξώθησης

5.5.2.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Η χρήση διεργασιών εξώθησης με ένα ακροφύσιο επιτρέπει την εφαρμογή σχετικά μεγάλων ποσοτήτων σε σχετικά σύντομο χρονικό διάστημα. Οι προκύπτουσες δομές είναι συμπαγείς. Χρησιμοποιούνται πρότυπα υλικά τα οποία είναι πολύ παρόμοια ή ακόμη και πανομοιότυπα με τις σειρές υλικών που χρησιμοποιούνται στη μετέπειτα παραγωγή. Η τεχνική υλοποίηση είναι σχετικά απλή. Το υλικό χρησιμοποιείται πλήρως, χωρίς απόβλητα. Οι διαλύτες και τα παρόμοια μέσα είναι περιττά. Σε αντίθεση με τις περισσότερες άλλες διαδικασίες ταχείας πρωτοτυποποίησης, είναι

δυνατή η εφαρμογή διαφόρων υλικών στο πλαίσιο μιας κατασκευαστικής διαδικασίας ή ακόμη και ενός στρώματος. Ο αριθμός των ταυτόχρονα εφαρμοζόμενων υλικών περιορίζεται μόνο από το γεγονός ότι ο αντίστοιχος αριθμός κεφαλών εξώθησης πρέπει να προσαρμόζεται γεωμετρικά στη μηχανή και να ελέγχεται με τεχνικές διεργασίας. Η διαδικασία χρησιμοποιεί μόνο το υλικό που είναι απαραίτητο για το εξάρτημα. Το μη επεξεργασμένο υλικό βρίσκεται μέσα στο εξάρτημα, οπότε δεν υπάρχει καμία ζημιά και παραμένει πλήρως αξιοποιήσιμο.

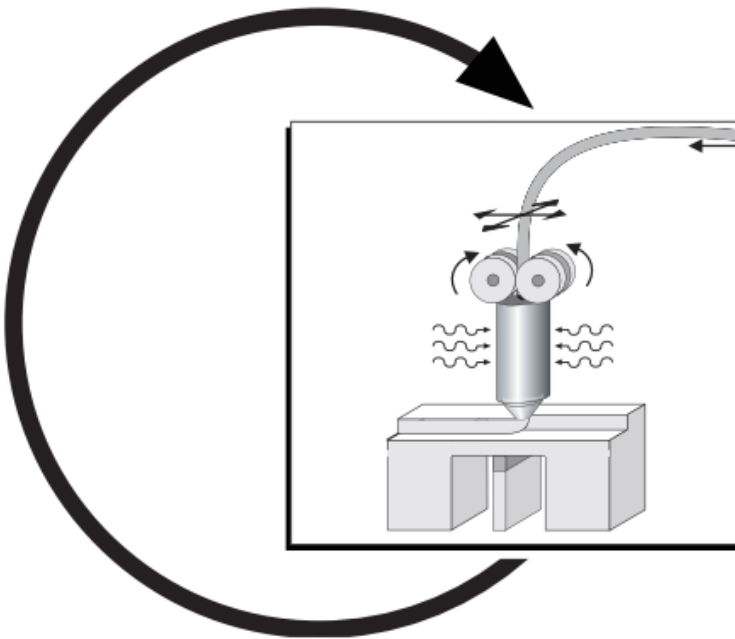
Η διαδικασία είναι εφικτή με μηχανές που μπορούν να ρυθμιστούν και να λειτουργήσουν σε διάφορα περιβάλλοντα.

5.5.2.2 ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Το κύριο μειονέκτημα της εξώθησης με ένα ακροφύσιο είναι ότι δεν μπορούν να παραχθούν δομές λεπτότερες από το πλάτος της εξώθησης. Το ίδιο ισχύει και για τις λεπτομέρειες που, στην ακραία περίπτωση, δεν μπορούν να είναι μικρότερες από το διπλάσιο του πλάτους του κομματιού. Αυτό σημαίνει ότι είναι αδύνατη η παραγωγή πολύ λεπτών αυλακώσεων και ιδιαίτερα λεπτών νευρώσεων. Στην αρχή της εξώθησης δημιουργείται πάντοτε μια κηλίδα που, ανάλογα με το υλικό, παραμένει εξωτερικά ορατή ακόμη και μετά το κλείσιμο του περιγράμματος. Ορισμένα υλικά τείνουν να σχηματίζουν νήματα ή συμπυκνωμένα υμένα. Τα ακροφύσια τείνουν να φράζουν, απαιτώντας την εγκατάσταση κατάλληλου μηχανισμού καθαρισμού. Τα εξαρτήματα είναι πολύ τραχιά και παρουσιάζουν έντονες ανισοροπίες, ιδίως για τις μηχανές και τα μηχανήματα χαμηλής τιμής, λόγω της μεγάλης διατομής των ακροφυσίων.

5.5.3 Περιγραφή Διαδικασίας

Οι μηχανές FDM της Stratasys λιώνουν προκατασκευασμένα θερμοπλαστικά σε σχήμα σύρματος και οδηγούν το παχύρρευστο τήγμα μέσω ενός θερμαινόμενου ακροφυσίου ειδικά για το εξάρτημα. Η διαστρωμάτωση γίνεται με στερεοποίηση λόγω θερμικής αγωγής στο μερικώς έτοιμο εξάρτημα. Η γκάμα των υλικών περιλαμβάνει πλαστικά όπως το πολυκαρβονικό και το ABS, αλλά και θερμοπλαστικά πλαστικά υψηλής απόδοσης όπως οι πολυφαινυλοσουλφόνες (PPSFS). Η αρχή σχεδιασμού φαίνεται στην Εικόνα 5.9.



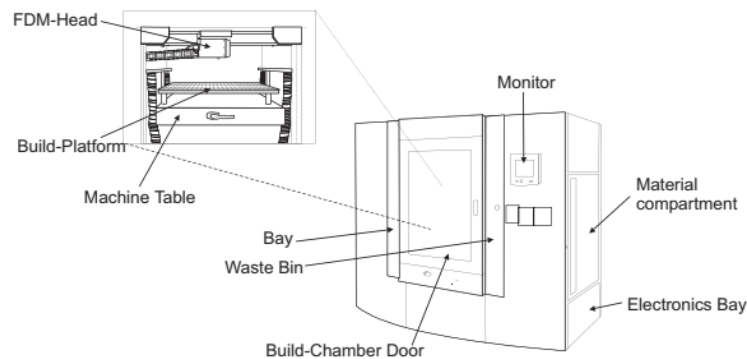
Εικόνα 5-9- Εικόνα μοντελοποίησης με τήξη εναπόθεσης(FDM)

5.5.3.1 ΑΡΧΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ

Στην περίπτωση αυτή, τα θερμοπλαστικά και τα κεριά παρέχονται με τη μορφή σύρματος σε ρολά ή φυσίγγια, λιώνουν μερικώς και εξωθούνται (βλέπε Εικόνα 4.9). Η κεφαλή του ακροφυσίου καθοδηγείται από ένα x-y plotter στο επίπεδο κατασκευής. Μετά την επικάλυψη ενός επιπέδου δόμησης, η πλάκα βάσης με το μοντέλο χαμηλώνει κατά ένα πάχος στρώματος και η διαδικασία αρχίζει εκ νέου με το επόμενο στρώμα.

Η πρώτη ύλη θερμαίνεται σε μια ηλεκτρικά θερμαινόμενη κεφαλή ακροφυσίου λίγο κάτω από τη θερμοκρασία τήξης (περίπου 68 °C για το κεριό χύτευσης επενδύσεων και περίπου 270 °C για το πλαστικό ABS) και ενώνει το ιξώδες υλικό με το προηγούμενο στρώμα (ή το πρώτο στρώμα στην πλάκα βάσης). Λιώνει ελαφρώς, ψύχεται κατά την επαφή λόγω της θερμικής αγωγιμότητας και στερεοποιείται. Η απόσταση μεταξύ της προηγούμενης στρώσης και της κεφαλής εξώθησης, καθώς και η ροή όγκου του ημίρρευστου υλικού, συντονίζονται έτσι ώστε να προκύπτουν διαμέτρους από 0,254 έως 2,54 mm και πάχη στρώσεων από 0,127 έως 0,330 mm. Το διάκενο της κεφαλής του ακροφυσίου ρυθμίζεται στην προηγούμενη στρώση στο μισό περίπου της διαμέτρου του ακροφυσίου. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μια ελαφρώς οβάλ διατομή ρευστού, της οποίας η κύρια διάσταση αναφέρεται ως πλάτος σειράς (RW). Αυτό το πλάτος σειράς που εξάγεται πρέπει να είναι

πάντοτε μεγαλύτερο ή ίσο με το πάχος της στρώσης. Οι βέλτιστες στρώσεις είναι διατομές με λόγο πλάτους προς ύψος μεταξύ 3,5 και 6. Με αυτή την " συμπίεση " του στρώματος, προκύπτουν στερεές δομές και σχετικά λείες επιφάνειες ως συνάρτηση της επιφανειακής τάσης και του ιξώδους (ως συνάρτηση της θερμοκρασίας). Οι σαφώς ορατές δομές που μοιάζουν με λουκάνικα αποδυναμώνονται έτσι στην επίδρασή τους, βλέπε Εικόνα 5.10.



Εικόνα 5 10 FDM Maxxum- Επισκόπηση με λεπτομερή άποψη των θαλάμων επεξεργασίας

Παρόλο που το υλικό στερεοποιείται πολύ γρήγορα, τα στηρίγματα είναι απαραίτητα για την προβολή των τμημάτων και για το μοντέλο ως βάση. Οι πλήρως αυτόματα παραγόμενες κολώνες είναι κατασκευασμένες από ένα πιο εύθραυστο υλικό από το εξάρτημα. Ως εκ τούτου, τα στηρίγματα μπορούν να αφαιρεθούν γρήγορα χωρίς να καταστραφεί το μοντέλο και χωρίς εργαλεία με σπάσιμο με το χέρι. Αυτή η μέθοδος Breakaway Support System (BASS) είναι διαθέσιμη για τις οικογένειες πολυκαρβονικών PC, PC-ISO και πολυφαινυλοσουλφονίων (PPSF). Ένα υλικό στήριξης που ονομάζεται Water Works (WW) μπορεί να αφαιρεθεί αυτόματα σε ένα σταθμό πλύσης. Αυτό το υλικό υποστήριξης είναι για τα ABS, ABSi και PC-ABS και συνεχίζει να εξαπλώνεται, παρά τις όλο και περισσότερες απαιτήσεις ασφαλείας.

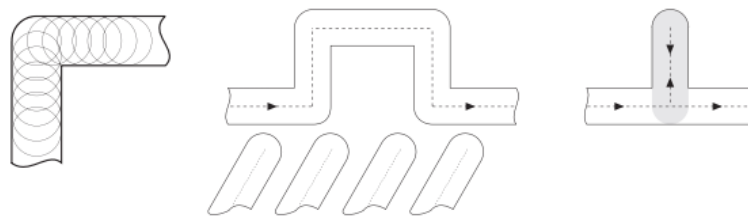
Ολόκληρο το εξάρτημα πρέπει να υποστηριχθεί με στηρίγματα. Η απόσταση μεταξύ των γραμμών για τη δημιουργία των στηρίξεων είναι το μισό του πλάτους τροχιάς του επόμενου συστατικού που δημιουργείται. Οι γωνίες προσδιορίζονται από τον άξονα x προς τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Το σημείο μηδέν του συστήματος βρίσκεται στην αριστερή μπροστινή γωνιακή πλατφόρμα.

Η κεφαλή του ακροφυσίου κινείται στα στοιχεία συνήθως κάτω από μια κύρια κατεύθυνση 45°, όπου η κύρια κατεύθυνση από στρώμα σε στρώμα αλλάζει κατά $\pm 90^\circ$ σε κάθε περίπτωση.

Δεδομένου ότι τα στηρίγματα δημιουργούνται κάτω από το ήμισυ αυτής της γωνίας, η γωνία αυτή είναι συνήθως στις 22,5° περίπου. Όλες οι γωνίες μπορούν να αλλάξουν στο λογισμικό.

Το σημείο εκκίνησης κάθε στρώματος μπορεί να μετακινηθεί αυτόματα από το λογισμικό. Είναι ορατό και δημιουργείται αν βρίσκεται πάντα στην ίδια θέση όπως η ραφή. Ωστόσο, μπορεί να λειανθεί σχετικά εύκολα. Οι παράμετροι κατασκευής είναι ρυθμιζόμενες στην κατεύθυνση z και σε μεμονωμένες περιοχές κάθε στοιχείου.

Κατά τη διάρκεια της κατασκευής, στις εξωτερικές πλευρές του εξαρτήματος, δημιουργείται μια ακτίνα στις εξωτερικές γωνίες. Η ακτίνα δημιουργείται αυτόματα. Στην πράξη, τα εξαρτήματα πρέπει πάντα να είναι εφοδιασμένα με μια οριογραμμή. Η οριογραμμή αποτελείται από κυκλικά στοιχεία που προκύπτουν εκτός ακτίνας για γεωμετρικούς λόγους. Τα εσωτερικά περιγράμματα εμφανίζονται αυτόματα πάντοτε με έντονη ευκρίνεια (Εικόνα 5.11).



Εικόνα 5-11 Μοντελοποίηση με τη μέθοδο της συντηγμένης εναπόθεσης: (α) γωνιακό Εικόνα- (β) περίπλοκη γεωμετρική λεπτομέρεια-(γ) λεπτοί ιστοί

Το πρόβλημα είναι η ζώνη στην οποία η γεωμετρία είναι πολύ ευαίσθητη. Το σύνορο παρεμβάλλεται κατά το μισό πλάτος της σειράς στο εξάρτημα, παρόμοια με την αντιστάθμιση δέσμης στη στερεολιθογραφία, δημιουργώντας περιοχές που δεν μπορούν να περάσουν πλήρως από ένα σύνορο (Εικόνα 5.11(β)). Τα διανύσματα υπολογίζονται μόνο στα όρια, επομένως οι λεπτές δομές δεν εμφανίζονται. Αυτό μπορεί να αλλάξει χειροκίνητα με το σπάσιμο του συνόλου δεδομένων (νησίδα) και τον υπολογισμό του με παραμέτρους.

Στην χειρότερη περίπτωση σχηματίζεται ένα τοίχωμα, το οποίο τερματίζει εκτός του στοιχείου, και το πάχος του τοιχώματος είναι το πλάτος της τροχιάς. Η ιδανική γραμμή στη μέση θα διασταυρωνόταν διπλά κατά την πορεία προς τα εκεί και πίσω, με αποτέλεσμα να δημιουργείται μια ακάθαρτη επιφάνεια (Εικόνα 5.11 (β)). Η διαδικασία κατασκευής δεν διακόπτεται σε αυτή την περίπτωση. Στην εικόνα 5.12 παρουσιάζεται ένα λειτουργικό μοντέλο FDM για το υλικό ABS.



Εικόνα 5 12- Μοντελοποίηση με τήξη εναπόθεσης, έγχρωμο λειτουργικό μοντέλο ABS

5.6 Βιβλιογραφία

- [1] Andreas Gebhardt, Jan-Steffen Hötter, “Additive Manufacturing 3D Printing for Prototyping and Manufacturing”, 2016
- [2] Alscher, G.: Das Verhalten teilkristalliner Thermoplaste beim Lasersintern, Dissertation, Univ. of Essen, 2000
- [3] Nöken, S.: Technologie des Selektiven Lasersinterns von Thermoplasten, In: 3rd. ed., e aus der Produktionstechnik, Band 8/97, Shaker Publisher, Aachen, 1997
- [4] Ader, Ch.: Untersuchungen zum Lasersintern, Dissertation, RWTH Aachen, 2006

6 ΥΛΙΚΑ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗΣ ΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

6.1 Εισαγωγή

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την τρισδιάστατη εκτύπωση είναι τόσο διαφορετικά όσο και τα προϊόντα που προκύπτουν από τη διαδικασία. Ως εκ τούτου, η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι αρκετά ευέλικτη ώστε να επιτρέπει στους κατασκευαστές να καθορίζουν το σχήμα, την υφή και την αντοχή ενός προϊόντος. Το καλύτερο από όλα, αυτές οι ιδιότητες μπορούν να επιτευχθούν με πολύ λιγότερα βήματα από αυτά που συνήθως απαιτούνται στα παραδοσιακά μέσα παραγωγής. Επιπλέον, τα προϊόντα αυτά μπορούν να κατασκευαστούν με διάφορους τύπους υλικών τρισδιάστατης εκτύπωσης. Μια πρόσφατα δημοσιευμένη μελέτη για την αγορά τρισδιάστατης εκτύπωσης διαπίστωσε ότι η παγκόσμια αγορά προϊόντων τρισδιάστατης εκτύπωσης αποτιμάται σε 12,6 δισεκατομμύρια δολάρια το 2020 και αναμένεται να αυξηθεί σε 37,2 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2036. Αυτό σημαίνει τεράστια αύξηση των υλικών που χρησιμοποιούν αυτά τα μηχανήματα.

Μία από τις πιο βασικές και σημαντικές γνώσεις που χρειάζονται οι επαγγελματίες ώστε να κατανοήσουν με επιτυχία την αξιοποίηση της τρισδιάστατης εκτύπωσης, είναι οι κατηγορίες των πιο κοινών υλικών τρισδιάστατης εκτύπωσης, τα χαρακτηριστικά τους και η συνιστώμενη χρήση για το καθένα από αυτά. Σε αυτή τη Μαθησιακή Ενότητα οι εκπαιδευόμενοι θα είναι σε θέση να αναγνωρίσουν τα πιο δημοφιλή υλικά που χρησιμοποιούνται στην τρισδιάστατη εκτύπωση, τις εφαρμογές τους, τα ξεχωριστά χαρακτηριστικά τους καθώς και τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα. Στο τελευταίο κεφάλαιο θα αναπτυχθεί μια σύγκριση των ιδιοτήτων των νημάτων και των υλικών τρισδιάστατης εκτύπωσης.

6.2 Πλαστικό

Μαθησιακά αποτελέσματα:

- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι σε θέση να αναγνωρίζουν τα χαρακτηριστικά και την εφαρμογή του πλαστικού στην τρισδιάστατη εκτύπωση.
- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι εξοικειωμένοι με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του πλαστικού

Από όλες τις πρώτες ύλες για τρισδιάστατη εκτύπωση που χρησιμοποιούνται σήμερα, το πλαστικό είναι το πιο διαδεδομένο. Το πλαστικό είναι ένα από τα πιο ποικίλα υλικά για τρισδιάστατα εκτυπωμένα παιχνίδια και οικιακά εξαρτήματα. Τα προϊόντα που κατασκευάζονται με αυτή την τεχνική περιλαμβάνουν σκεύη γραφείου, βάζα και φιγούρες δράσης. Διατίθενται σε διαφανή μορφή καθώς και σε έντονα χρώματα - εκ των οποίων το κόκκινο και το πράσινο λάιμ είναι ιδιαίτερα δημοφιλή - τα πλαστικά νήματα πωλούνται σε καρούλια και μπορούν να έχουν είτε ματ είτε γυαλιστερή υφή.

Με τη σταθερότητα, την ευκαμψία, την ομαλότητα και τη φωτεινή γκάμα χρωματικών επιλογών, η ελκυστικότητα του πλαστικού είναι εύκολα κατανοητή. Ως σχετικά προσιτή επιλογή, το πλαστικό είναι γενικά ελαφρύ για την τσέπη των δημιουργών και των καταναλωτών.

Το πλαστικό εξακολουθεί να κυριαρχεί στην τρισδιάστατη εκτύπωση. Σύμφωνα με μια έκθεση της Grand View Research, το μέγεθος της αγοράς για τα πλαστικά τρισδιάστατης εκτύπωσης παγκοσμίως αποτιμήθηκε σε 638,7 εκατομμύρια δολάρια το 2020 και αναμένεται να αυξηθεί σε 2,83 δισεκατομμύρια δολάρια μέχρι το 2027.

Τα πλαστικά προϊόντα κατασκευάζονται γενικά με εκτυπωτές FDM, στους οποίους τα θερμοπλαστικά νήματα λιώνουν και μορφοποιούνται σε σχήμα, με επάλληλα στρώματα. Οι τύποι πλαστικών που χρησιμοποιούνται σε αυτή τη διαδικασία κατασκευάζονται συνήθως από ένα από τα ακόλουθα υλικά:

6.2.1 Πολυελαστικό οξύ (PLA)

Μία από τις πιο φιλικές προς το περιβάλλον επιλογές για τρισδιάστατους εκτυπωτές, το πολυαμυλικό οξύ προέρχεται από φυσικά προϊόντα όπως το ζαχαροκάλαμο και το άμυλο καλαμποκιού και επομένως είναι βιοδιασπώμενο. Διαθέσιμα σε μαλακές και σκληρές μορφές, τα πλαστικά που κατασκευάζονται από πολυαστικό οξύ αναμένεται να κυριαρχήσουν στη βιομηχανία τρισδιάστατης εκτύπωσης τα επόμενα χρόνια. Το σκληρό PLA είναι το ισχυρότερο και επομένως ιδανικότερο υλικό για ένα ευρύτερο φάσμα προϊόντων. Το PLA είναι ένα εξαιρετικό πρώτο υλικό για να χρησιμοποιήσετε καθώς μαθαίνετε για την τρισδιάστατη εκτύπωση, επειδή είναι εύκολο στην εκτύπωση, πολύ φθινό και δημιουργεί εξαρτήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για μια μεγάλη ποικιλία εφαρμογών. Επειδή το PLA είναι ευκολότερο στην εκτύπωση από το ABS, είναι

συνήθως η προτιμώμενη επιλογή για 3D εκτυπωτές χαμηλού κόστους. Κολλάει καλά σε μια βάση καλυμμένη με λευκή κόλλα ή μπλε ταινία ζωγραφικής, πράγμα που σημαίνει ότι δεν απαιτείται θερμαινόμενη κλίση εκτύπωσης.

Συνήθεις εφαρμογές

- Στοιχεία δοκιμής και βαθμονόμησης
- Συναρμολογήσεις με ακρίβεια διαστάσεων
- Διακοσμητικά μέρη
- Είδη Cosplay



Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Χαμηλό κόστος	Χαμηλή αντίσταση στη θερμότητα
Άκαμπτο και με καλή αντοχή	Μπορεί να στάζει και μπορεί να χρειάζεται ανεμιστήρες ψύξης
Καλή ακρίβεια διαστάσεων	Το νήμα μπορεί να γίνει εύθραυστο και να σπάσει

6.3 Ακρυλονιτρίλιο βουταδιένιο στυρόλιο (ABS)

Το ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) έχει μακρά ιστορία στον κόσμο της τρισδιάστατης εκτύπωσης. Αυτό το υλικό ήταν ένα από τα πρώτα πλαστικά που χρησιμοποιήθηκαν με βιομηχανικούς τρισδιάστατους εκτυπωτές. Πολλά χρόνια αργότερα, το ABS εξακολουθεί να είναι ένα πολύ δημοφιλές υλικό χάρη στο χαμηλό κόστος και τις καλές μηχανικές του ιδιότητες. Το ABS είναι γνωστό για την ανθεκτικότητα και την αντοχή του στην κρούση, επιτρέποντάς σας να εκτυπώνετε ανθεκτικά εξαρτήματα που θα αντέξουν σε επιπλέον χρήση και φθορά. Εκτιμώμενο για τη δύναμη και την ασφάλειά του, το ABS είναι μια δημοφιλής επιλογή για οικιακούς τρισδιάστατους εκτυπωτές. Εναλλακτικά αναφέρεται ως "πλαστικό LEGO", το υλικό αποτελείται από νήματα που μοιάζουν με ζυμαρικά και προσδίδουν στο ABS τη σταθερότητα και την ευελιξία του. Το ABS διατίθεται σε διάφορα χρώματα που καθιστούν το υλικό κατάλληλο για προϊόντα όπως αυτοκόλλητα και παιχνίδια. Όλο και πιο δημοφιλές μεταξύ των χειροτεχνών, το ABS χρησιμοποιείται επίσης για την κατασκευή κοσμημάτων και βάζων.

Συνήθεις εφαρμογές

- Θήκες ή περιβλήματα έργου
- Παιχνίδια ή φιγούρες δράσης
- Υλικό για την αυτοκινητοβιομηχανία



Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Χαμηλό κόστος	Βαριά στρέβλωση
Καλή αντοχή σε κρούση και φθορά	Χρειάζεται θερμαινόμενη κλίση ή θερμαινόμενος θάλαμος
Λιγότερη διαρροή και πέρασμα δίνει στα μοντέλα πιο ομαλό φινίρισμα	Παράγει έντονη οσμή κατά την εκτύπωση

6.3.1 Πλαστικό πολυβινυλικής αλκοόλης (PVA)

Η πολυβινυλική αλκοόλη είναι μια νεότερη κατηγορία υλικού τρισδιάστατης εκτύπωσης που χρησιμοποιείται για την κατασκευή στηριγμάτων που συγκρατούν τις τρισδιάστατες εκτυπώσεις στη θέση τους. Είναι ένα συνθετικό πολυμερές και είναι υδατοδιαλυτό. Λιώνει περίπου στους 200 βαθμούς C και απελευθερώνει μερικές αρκετά δυσάρεστες χημικές ουσίες όταν θερμαίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες. Χρησιμοποιείται σε οικιακούς εκτυπωτές χαμηλού επιπέδου, το PVA είναι ένα κατάλληλο πλαστικό για υλικά στήριξης της διαλυτής ποικιλίας. Αν και δεν είναι κατάλληλο για προϊόντα που απαιτούν υψηλή αντοχή, το PVA μπορεί να αποτελέσει μια επιλογή χαμηλού κόστους για αντικείμενα προσωρινής χρήσης.

Συνήθεις εφαρμογές

- Αφαιρούμενα στηρίγματα ή εξέδρες
- Διαλυτές εφαρμογές
- Διακοσμητικά μέρη



Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<p>Διαλύεται στο νερό</p> <p>Δεν απαιτούνται ειδικοί διαλύτες</p> <p>Δεν απαιτείται πρόσθετο υλικό</p>	<p>Ευαίσθησία στην υγρασία</p> <p>Απαιτούνται αεροστεγή δοχεία αποθήκευσης</p> <p>Μεγαλύτερες πιθανότητες απόφραξης εάν το ακροφύσιο παραμένει ζεστό όταν δεν γίνεται εξώθηση</p> <p>Ακριβό</p>

6.3.2 Πολυανθρακικό (PC)

Χρησιμοποιείται λιγότερο συχνά από τους προαναφερθέντες τύπους πλαστικών, το πολυανθρακικό λειτουργεί μόνο σε τρισδιάστατους εκτυπωτές που διαθέτουν σχέδια ακροφυσίων και λειτουργούν σε υψηλές θερμοκρασίες. Μεταξύ άλλων, το πολυανθρακικό χρησιμοποιείται για την κατασκευή πλαστικών συνδετήρων χαμηλού κόστους και δίσκων χύτευσης. Το πολυανθρακικό (PC) είναι ένα υλικό υψηλής αντοχής που προορίζεται για σκληρά περιβάλλοντα και μηχανολογικές εφαρμογές.

Συνήθεις εφαρμογές

- Μέρη υψηλής αντοχής
- Ανθεκτικές στη θερμότητα εκτυπώσεις
- Θήκες ηλεκτρονικών



Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
<p>Ανθεκτικότητα σε πρόσκρουση</p> <p>Υψηλή αντοχή στη θερμότητα</p> <p>Φυσικά διαφανές</p>	<p>Απαιτεί πολύ υψηλές θερμοκρασίες εκτύπωσης</p> <p>Επιρρεπής σε στρέβλωση</p> <p>Μεγάλη τάση για διαρροή κατά την εκτύπωση</p>

Απορροφή υγρασία από τον αέρα που μπορεί
να προκαλέσει ελαττώματα εκτύπωσης

6.4 Υλικά σε σκόνη

Μαθησιακά αποτελέσματα:

- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι σε θέση να προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά και την εφαρμογή των σκονών στην τρισδιάστατη εκτύπωση.
- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι εξοικειωμένοι με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των σκονών

Οι σημερινοί πιο σύγχρονοι τρισδιάστατοι εκτυπωτές χρησιμοποιούν υλικά σε σκόνη για την κατασκευή προϊόντων. Στο εσωτερικό του εκτυπωτή, η σκόνη λιώνει και διανέμεται σε στρώματα μέχρι να δημιουργηθεί το επιθυμητό πάχος, υφή και σχέδια. Οι σκόνες μπορεί να προέρχονται από διάφορες πηγές και υλικά, αλλά τα πιο συνηθισμένα είναι:

6.4.1 Πολυαμίδιο (νάιλον)

Με την αντοχή και την ευκαμψία του, το πολυαμίδιο επιτρέπει υψηλά επίπεδα λεπτομέρειας σε ένα τρισδιάστατα εκτυπωμένο προϊόν. Το υλικό είναι ιδιαίτερα κατάλληλο για την ένωση τεμαχίων και την αλληλοσύνδεση εξαρτημάτων σε ένα τρισδιάστατα εκτυπωμένο μοντέλο. Το πολυαμίδιο χρησιμοποιείται για την εκτύπωση των πάντων, από συνδετήρες και λαβές μέχρι αυτοκινητάκια και φιγούρες παιχνιδιών.

Συνήθεις εφαρμογές

- Πλαστικά γρανάζια
- Βίδες, παξιμάδια, μπουλόνια
- Δεματικά καλωδίων



Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Σκληρό και μερικώς εύκαμπτο	Επιρρεπές σε στρέβλωση
Υψηλή αντοχή στην πρόσκρουση	Τα ακατάλληλα αποξηραμένα νήματα μπορεί να προκαλέσουν ελαττώματα εκτύπωσης
Καμία δυσάρεστη οσμή κατά την εκτύπωση	Ακατάλληλο για υγρά και βρεγμένα περιβάλλοντα
Καλή αντοχή στην τριβή	Επιρρεπές σε στρέβλωση

6.5 Αλουμίδιο

Αποτελούμενη από ένα μείγμα πολυαμιδίου και γκρι αλουμινίου, η σκόνη αλουμιδίου δημιουργεί μερικά από τα πιο ισχυρά μοντέλα που εκτυπώνονται σε 3D. Αναγνωρισμένη από την κοκκώδη και αμμώδη εμφάνισή της, η σκόνη είναι αξιόπιστη για βιομηχανικά μοντέλα και πρωτότυπα.

6.6 Ρητίνες

Μαθησιακά αποτελέσματα:

- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι σε θέση να προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά και την εφαρμογή των ρητινών στην τρισδιάστατη εκτύπωση.
- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι εξοικειωμένοι με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ρητινών

Ένα από τα πιο περιοριστικά και ως εκ τούτου λιγότερο χρησιμοποιούμενα υλικά στην τρισδιάστατη εκτύπωση είναι η ρητίνη. Σε σύγκριση με άλλα υλικά που μπορούν να εφαρμοστούν στην τρισδιάστατη εκτύπωση, η ρητίνη προσφέρει περιορισμένη ευελιξία και αντοχή. Κατασκευασμένη από υγρό πολυμερές, η ρητίνη φτάνει στην τελική της κατάσταση με την έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία. Η ρητίνη συναντάται γενικά σε μαύρες, λευκές και διαφανείς ποικιλίες, αλλά ορισμένα εκτυπωμένα αντικείμενα έχουν επίσης παραχθεί σε πορτοκαλί, κόκκινο, μπλε και πράσινο χρώμα.

Το υλικό διατίθεται στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

- **Υψηλής λεπτομέρειας ρητίνες:** Χρησιμοποιούνται γενικά για μικρά μοντέλα που απαιτούν περίπλοκες λεπτομέρειες. Για παράδειγμα, τα ειδώλια τεσσάρων ιντσών με πολύπλοκες

λεπτομέρειες της ντουλάπας και του προσώπου συχνά εκτυπώνονται με αυτή την κατηγορία ρητίνης.

- **Ζωγραφική ρητίνη:** Μερικές φορές χρησιμοποιούνται σε τρισδιάστατες εκτυπώσεις με λεία επιφάνεια, οι ρητίνες αυτής της κατηγορίας διακρίνονται για την αισθητική τους. Τα ειδώλια με αποδιδόμενες λεπτομέρειες προσώπου, όπως οι νεράιδες, κατασκευάζονται συχνά από βαφή ρητίνης.

- **Διαφανής ρητίνη:** Αυτή είναι η ισχυρότερη κατηγορία ρητίνης και, ως εκ τούτου, η πλέον κατάλληλη για μια σειρά προϊόντων τρισδιάστατης εκτύπωσης. Χρησιμοποιείται συχνά για μοντέλα που πρέπει να είναι πιο μαλακά στην αφή και διαφανή στην εμφάνιση. Οι διαφανείς ρητίνες των διαφανών και έγχρωμων ποικιλιών χρησιμοποιούνται για την κατασκευή ειδωλίων, σκακιών, δαχτυλιδιών και μικρών οικιακών αξεσουάρ και εξαρτημάτων.

Διακριτά χαρακτηριστικά:

- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές.
- Έχει χαμηλή συρρίκνωση.
- Τα υλικά ρητίνης έχουν υψηλή χημική αντοχή.
- Το υλικό αυτό είναι άκαμπτο και ευαίσθητο.

Μειονεκτήματα:

- Είναι ακριβό.
- Αυτός ο τύπος νήματος λήγει.
- Πρέπει να αποθηκεύεται με ασφάλεια λόγω της υψηλής φωτοαντιδραστικότητάς του.
- Όταν εκτίθεται σε θερμότητα, μπορεί να προκαλέσει πρόωρο πολυμερισμό.

6.7 Μέταλλο

Μαθησιακά αποτελέσματα:

- Οι μαθητευόμενοι να είναι σε θέση να κατανοήσουν τα χαρακτηριστικά και τις εφαρμογές με μέταλλο στην 3D εκτύπωση
- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι εξοικειωμένοι με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του μετάλλου

Το δεύτερο πιο δημοφιλές υλικό στον κλάδο της τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι το μέταλλο, το οποίο χρησιμοποιείται μέσω μιας διαδικασίας γνωστής ως άμεση πυροσυσσωμάτωση με λέιζερ μετάλλων ή DMILS. Η τεχνική αυτή έχει ήδη γίνει αποδεκτή από κατασκευαστές αεροπορικού εξοπλισμού, οι οποίοι έχουν χρησιμοποιήσει την τρισδιάστατη εκτύπωση μετάλλων για να επιταχύνουν και να απλοποιήσουν την κατασκευή εξαρτημάτων. Οι εκτυπωτές DMILS έχουν επίσης κερδίσει τις εντυπώσεις των κατασκευαστών κοσμημάτων, τα οποία μπορούν να παραχθούν πολύ ταχύτερα και σε μεγαλύτερες ποσότητες - και όλα αυτά χωρίς τις πολλές ώρες επίπονης και λεπτομερούς εργασίας - με την τρισδιάστατη εκτύπωση.

Το μέταλλο μπορεί να παράγει μια ισχυρότερη και αναμφισβήτητα πιο ποικιλόμορφη σειρά καθημερινών αντικειμένων. Οι κοσμηματοπώλες έχουν χρησιμοποιήσει χάλυβα και χαλκό για να παράγουν βραχιόλια χαραγμένα σε τρισδιάστατους εκτυπωτές. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα αυτής της διαδικασίας είναι ότι η εργασία χάραξης εκτελείται από τον εκτυπωτή. Ως εκ τούτου, τα βραχιόλια μπορούν να τελειώσουν με τον ενισχυτή σε λίγα μόνο βήματα που δεν περιλαμβάνουν την χειρονακτική εργασία όπως απαιτούσε παλαιότερα η πρακτική της χάραξης.

Η τεχνολογία για την τρισδιάστατη εκτύπωση με βάση τα μέταλλα ανοίγει επίσης τις πόρτες για τους κατασκευαστές μηχανών που θα χρησιμοποιήσουν τελικά το DMILS για να παράγουν σε ταχύτητες και όγκους που θα ήταν αδύνατο με τον υπάρχοντα εξοπλισμό συναρμολόγησης. Πιστεύουν ότι η τρισδιάστατη εκτύπωση θα επιτρέψει στους κατασκευαστές μηχανών να παράγουν μεταλλικά μέρη με αντοχή ανώτερη από τα συμβατικά μέρη που αποτελούνται από εξευγενισμένα μέταλλα.

Το εύρος των μετάλλων που μπορούν να εφαρμοστούν στην τεχνική DMILS είναι εξίσου ποικίλο με τους διάφορους τύπους πλαστικών 3D εκτυπωτών:

- Ανοξείδωτος χάλυβας: Ιδανικό για την εκτύπωση σκευών, μαγειρικών σκευών και άλλων αντικειμένων που θα μπορούσαν τελικά να έρθουν σε επαφή με νερό.
- Μπρούντζος: Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή βάζων και άλλων εξαρτημάτων.
- Χρυσό: Ιδανικό για εκτυπωμένα δαχτυλίδια, σκουλαρίκια, βραχιόλια και περιδέρια.
- Νικέλιο: Κατάλληλο για την εκτύπωση νομισμάτων.
- Αλουμίνιο: Ιδανικό για λεπτά μεταλλικά αντικείμενα.
- Τιτάνιο: Η επικρατούσα επιλογή για ισχυρά, συμπαγή εξαρτήματα.

Συνήθεις εφαρμογές

- Γλυπτά και προτομές
- Αντίγραφα για μουσεία
- Κοσμήματα



Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Ελκυστικό μεταλλικό φινίρισμα	Απαιτεί ακροφύσιο ανθεκτικό στη φθορά
Δεν χρειάζεται πίεση υψηλής θερμοκρασίας	Τα εκτυπωμένα μέρη είναι εύθραστα
Πιο βαρύ από τα συνηθισμένα νήματα	Κακή γεφύρωση και προεξοχές
	Μπορεί να προκαλέσει μερική απόφραξη με τον καιρό
	Ακριβό

6.8 Ανθρακονήματα

Μαθησιακά αποτελέσματα:

- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι σε θέση να αναγνωρίζουν τα χαρακτηριστικά και την εφαρμογή των ανθρακονημάτων στην τρισδιάστατη εκτύπωση.
- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι εξοικειωμένοι με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των ανθρακονημάτων.

Τα σύνθετα υλικά, όπως τα ανθρακονήματα, χρησιμοποιούνται σε τρισδιάστατους εκτυπωτές ως τελική επίστρωση πάνω από πλαστικά υλικά. Σκοπός είναι να κάνουν το πλαστικό ισχυρότερο. Ο

συνδυασμός ανθρακονημάτων πάνω από πλαστικό έχει χρησιμοποιηθεί στη βιομηχανία τρισδιάστατης εκτύπωσης ως μια γρήγορη, βολική εναλλακτική λύση σε σχέση με το μέταλλο. Στο μέλλον, η τρισδιάστατη εκτύπωση ανθρακονημάτων αναμένεται να αντικαταστήσει την πολύ πιο αργή διαδικασία της διαστρωμάτωσης ανθρακονημάτων.

Με τη χρήση του αγώγιμου συνθετικού πλαστικού υλικού (carbomorph), οι κατασκευαστές μπορούν να ελατώσουν τον αριθμό των βημάτων που απαιτούνται για τη συναρμολόγηση ηλεκτρομηχανικών συσκευών.

Συνήθεις εφαρμογές

- Οχήματα R/C
- Λειτουργικά πρότυπα
- Διακοσμητικά κομμάτια
- Ελαφριά στηρίγματα



Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Αυξημένη αντοχή και ακαμψία	Λειαντικό και απαιτεί ακροφύσιο από σκληρυμένο χάλυβα
Πολύ καλή σταθερότητα διαστάσεων Ελαφρύ	Αυξημένη διαρροή κατά την εκτύπωση Αυξημένη ευθραυστότητα του νήματος Υψηλότερη τάση απόφραξης

6.9 Γραφίτης ή Γραφένιο

Μαθησιακά αποτελέσματα:

- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι σε θέση να προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά και την εφαρμογή του γραφίτη και του γραφενίου στην τρισδιάστατη εκτύπωση.
- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι εξοικειωμένοι με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του γραφίτη και του γραφενίου

Το γραφένιο έχει γίνει μια δημοφιλής επιλογή για την τρισδιάστατη εκτύπωση λόγω της αντοχής και της αγωγιμότητάς του. Το υλικό είναι ιδανικό για εξαρτήματα συσκευών που πρέπει να είναι

εύκαμπτα, όπως οι οθόνες αφής. Το γραφένιο χρησιμοποιείται επίσης για ηλιακούς συλλέκτες και οικοδομικά μέρη. Οι υποστηρικτές της επιλογής του γραφενίου ισχυρίζονται ότι είναι ένα από τα πιο εύκαμπτα από τα υλικά που μπορούν να εφαρμοστούν τρισδιάστατα.

Η χρήση του γραφενίου στην εκτύπωση έγινε ευρύτερα γνωστή μέσω μιας συνεργασίας μεταξύ του 3D Group και της Kibarap Resources, μιας αυστραλιανής εταιρείας εξόρυξης. Ο καθαρός άνθρακας, ο οποίος ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά το 2004, έχει αποδειχθεί το πιο ηλεκτρικά αγώγιμο υλικό σε εργαστηριακές δοκιμές. Το γραφένιο είναι ελαφρύ αλλά και ισχυρό, γεγονός που το καθιστά κατάλληλο υλικό για μια σειρά προϊόντων.

6.10 Ξύλο

Μαθησιακά αποτελέσματα:

- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι σε θέση να αναγνωρίζουν τα χαρακτηριστικά και την εφαρμογή του ξύλου στην τρισδιάστατη εκτύπωση.
- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι εξοικειωμένοι με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του ξύλου

Τα νήματα με βάση το ξύλο είναι ένα σύνθετο υλικό που συνδυάζει ένα βασικό υλικό PLA με σκόνη ξύλου, φελλό και άλλα κονιοποιημένα παράγωγα ξύλου. Συνήθως, το νήμα αποτελείται από περίπου 30% σωματίδια ξύλου, αλλά ο ακριβής αριθμός μπορεί να διαφέρει ανάλογα με την μάρκα. Τα σωματίδια αυτά προσδίδουν στα τρισδιάστατα εκτυπωμένα εξαρτήματα την αισθητική του πραγματικού ξύλου. Επίσης, είναι επίσης λιγότερο λειαντικό σε σύγκριση με άλλα σύνθετα νήματα, όπως τα ανθρακονήματα και μέταλλο, καθώς τα σωματίδια ξύλου είναι πολύ πιο μαλακά. Υπάρχουν στην αγορά ορισμένα νήματα που μοιάζουν με ξύλο και περιέχουν μόνο χρωματισμό ξύλου, αλλά όχι πραγματικά σωματίδια ξύλου, οπότε αυτά έχουν συνήθως πολύ διαφορετική εμφάνιση και αίσθηση.

Συνήθεις εφαρμογές

- Διακόσμηση σπιτιού
- Στηρίγματα
- Παιχνίδια



Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Το φινίρισμα με υφή ξύλου είναι αισθητικά ελκυστικό	Επιρρεπές στην διάβρωση
Δεν χρειάζεται ακριβά ακροφύσια ανθεκτικά στη φθορά	Τα μικρότερα ακροφύσια μπορεί να καταλήξουν σε μερική απόφραξη με τον χρόνο
Αρωματική και ευχάριστη μυρωδιά	Μπορεί να απαιτείται μεγαλύτερο μέγεθος ακροφύσιου

6.11 Πολυστυρένιο υψηλής αντοχής (HIPS)

Μαθησιακά αποτελέσματα:

- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι σε θέση να προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά και την εφαρμογή του HIPS στην τρισδιάστατη εκτύπωση.
- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι εξοικειωμένοι με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του HIPS

Το HIPS, ή αλλιώς πολυστερίνη υψηλής αντοχής, είναι ένα διαλυτό υλικό που χρησιμοποιείται συνήθως με το ABS. Όταν χρησιμοποιείται ως υλικό υποστήριξης, το HIPS μπορεί να διαλυθεί σε d-Limonene, αφήνοντας την εκτύπωση απαλλαγμένη από τυχόν σημάδια που προκαλούνται από την αφαίρεση του υλικού υποστήριξης. Το HIPS έχει πολλές από τις ίδιες ιδιότητες εκτύπωσης με το ABS, καθιστώντας το συνεργάτη διπλής πίεσης. Το HIPS δεν είναι μόνο εξαιρετικό για τις εκτυπώσεις από ABS, αλλά είναι επίσης πιο σταθερό ως προς τις διαστάσεις και λίγο ελαφρύτερο από το ABS, καθιστώντας το μια εξαιρετική επιλογή για εξαρτήματα που θα έφθειραν τελικά ή θα χρησιμοποιούνταν σε εφαρμογές που μπορούν να επωφεληθούν από το λιγότερο βάρος.

Συνήθεις εφαρμογές

- Διαλυτό υποστηρικτικό υλικό για ABS
- Στηρίγματα και ενδύματα
- Προστατευτικές θήκες



Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Χαμηλό κόστος	Απαιτείται θερμενόμενο επίπεδο εργασίας
Ανθεκτικό στο νερό και στο χρόνο	Απαιτείται θερμενόμενος χώρος εργασίας
Ελαφρύ	Υψηλή θερμοκρασία εκτύπωσης
Διαλυτό με d-Limonene	Απαιτείται εξαερισμός

6.12 Τερεφθαλικό πολυαιθυλενίο τροποποιημένο με Γλυκόλη (PETG)

Μαθησιακά αποτελέσματα:

- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι σε θέση να προσδιορίζουν τα χαρακτηριστικά και την εφαρμογή του PETG στην τρισδιάστατη εκτύπωση.
- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι εξοικειωμένοι με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα του PETG

Το PETG είναι μια τροποποιημένη με γλυκόλη έκδοση του τερεφθαλικού πολυαιθυλενίου (PET), το οποίο χρησιμοποιείται συνήθως για την κατασκευή μπουκαλιών νερού. Πρόκειται για ένα ημιάκαμπο υλικό με καλή αντοχή στην κρούση, αλλά έχει ελαφρώς μαλακότερη επιφάνεια που το καθιστά επιρρεπές στη φθορά. Το υλικό επωφελείται επίσης από εξαιρετικά θερμικά χαρακτηριστικά, επιτρέποντας στο πλαστικό να ψύχεται αποτελεσματικά με σχεδόν αμελητέα παραμόρφωση. Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές αυτού του υλικού στην αγορά, συμπεριλαμβανομένων των PETG, PETE και PETT. Οι συμβουλές σε αυτή την ενότητα αφορούν όλα αυτά τα νήματα με βάση το PET.

Συνήθεις εφαρμογές

- Αδιάβροχες εφαρμογές
- Μέρη σύνδεσης υλικών
- Γλάστρες



Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Γυαλιστερό και λείο φινίρισμα επιφάνειας	Χαμηλά χαρακτηριστικά ένωσης
Εφαρμόζει καλά στην επιφάνεια με ελάχιστη φθορά	Μπορεί να προκαλέσει χοντρά νήματα στην επιφάνεια
Άοσμο κατά την εκτύπωση	

6.13 Σύγκριση υλικών τρισδιάστατης εκτύπωσης

Μαθησιακά αποτελέσματα:

- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι σε θέση να προσδιορίσουν το καλύτερο υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης με βάση τις ανάγκες τους
- Οι εκπαιδευόμενοι θα είναι εξοικειωμένοι με τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των πιο συνηθισμένων υλικών τρισδιάστατης εκτύπωσης

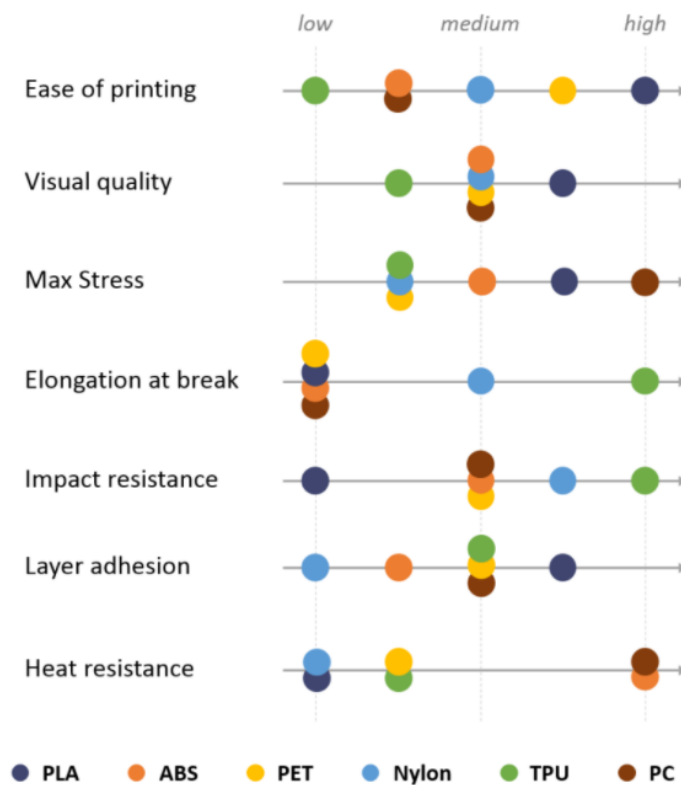
Ο παρακάτω πίνακας συνοψίζει μια μεγάλη ποικιλία ιδιοτήτων και χαρακτηριστικών για κάθε υλικό.

	 ABS	 PLA	 HIPS	 PETG	 Nylon	 Carbon Fiber Filled	 Polycarbonate	 Metal Filled	 Wood Filled	 PVA
	Learn More	Learn More	Learn More	Learn More	Learn More	Learn More	Learn More	Learn More	Learn More	Learn More
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ultimate Strength	40 MPa	65 MPa	32 MPa	53 MPa	40 - 85 MPa	45 - 48 MPa	72 MPa	20 - 30 MPa	46 MPa	78 MPa
Stiffness	5 / 10	7.5 / 10	10 / 10	5 / 10	5 / 10	10 / 10	6 / 10	10 / 10	8 / 10	3 / 10
Durability	8 / 10	4 / 10	7 / 10	8 / 10	10 / 10	3 / 10	10 / 10	4 / 10	3 / 10	7 / 10
Maximum Service Temperature	98 °C	52 °C	100 °C	73 °C	80 - 95 °C	52 °C	121 °C	52 °C	52 °C	75 °C
Coefficient of Thermal Expansion	90 µm/m°C	68 µm/m°C	80 µm/m°C	60 µm/m°C	95 µm/m°C	57.5 µm/m°C	69 µm/m°C	33.75 µm/m°C	30.5 µm/m°C	85 µm/m°C
Density	1.04 g/cm ³	1.24 g/cm ³	1.03 - 1.04 g/cm ³	1.23 g/cm ³	1.06 - 1.14 g/cm ³	1.3 g/cm ³	1.2 g/cm ³	2 - 4 g/cm ³	1.15 - 1.25 g/cm ³	1.23 g/cm ³
Price (per kg)	\$10 - \$40	\$10 - \$40	\$24 - \$32	\$20 - \$60	\$25 - \$65	\$30 - \$80	\$40 - \$75	\$50 - \$120	\$25 - \$55	\$40 - \$110
Printability	8 / 10	9 / 10	6 / 10	9 / 10	8 / 10	8 / 10	6 / 10	7 / 10	8 / 10	5 / 10
Extruder Temperature	220 - 250 °C	190 - 220 °C	230 - 245 °C	230 - 250 °C	220 - 270 °C	200 - 230 °C	260 - 310 °C	190 - 220 °C	190 - 220 °C	185 - 200 °C
Bed temperature	95 - 110 °C	45 - 60 °C	100 - 115 °C	75 - 90 °C	70 - 90 °C	45 - 60 °C	80 - 120 °C	45 - 60 °C	45 - 60 °C	45 - 60 °C
Heated Bed	Required	Optional	Required	Required	Required	Optional	Required	Optional	Optional	Required
Recommended Build Surfaces	Kapton Tape, ABS Slurry	Painter's Tape, Glue Stick, Glass Plate, PEI	Glass Plate, Glue Stick, Kapton Tape	Glue Stick, Painter's Tape	Glue Stick, PEI	Painter's Tape, Glue Stick, Glass Plate, PEI	PEI, Commercial Adhesive, Glue Stick	Painter's Tape, Glue Stick, PEI	Painter's Tape, Glue Stick, PEI	PEI, Painter's Tape
Other Hardware Requirements	Heated Bed, Enclosure Recommended	Part Cooling Fan	Heated Bed, Enclosure Recommended	Heated Bed, Part Cooling Fan	Heated Bed, Enclosure Recommended, May Require All Metal Hotend	Part Cooling Fan	Heated Bed, Enclosure Recommended, All Metal Hotend	Wear Resistant or Stainless Steel Nozzle, Part Cooling Fan	Part Cooling Fan	Heated Bed, Part Cooling Fan

Σχέδιο 6-1 – Πίνακας ιδιοτήτων νήματος <https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/properties-table/?filas=abs,pla,hips,petg,nylon,carbon-fiber-filled,polycarbonate,metal-filled,wood-filled,pva>

Η επιλογή του σωστού τύπου υλικού για την εκτύπωση ενός συγκεκριμένου αντικειμένου γίνεται όλο και πιο δύσκολη, καθώς στην αγορά της τρισδιάστατης εκτύπωσης εμφανίζονται τακτικά νέα υλικά. Στην τρισδιάστατη εκτύπωση FDM, το PLA και το ABS ήταν τα δύο κύρια πρωταρχικά πολυμερή που χρησιμοποιούνται, αλλά η κυριαρχία ήταν κυρίως τυχαία, οπότε δεν θα πρέπει να υπάρχουν σημαντικά εμπόδια για άλλα πολυμερή να διαδραματίσουν βασικό ρόλο στο μέλλον της FDM.

Σήμερα συναντούμε νέα προϊόντα να γίνονται πιο δημοφιλή, καθαρά και σύνθετα πολυμερή. Στην παρούσα μελέτη, εστιάζουμε στα καθαρά πολυμερή που υπάρχουν σήμερα στην αγορά: PLA, ABS, PET, Νylon, TPU (εύκαμπτο) και PC.



Σχέδιο 6-2 – Ιδιότητες υλικών

Με τις κατάλληλες γνώσεις και τη χρήση των κατάλληλων υλικών, η βιομηχανική τρισδιάστατη εκτύπωση μπορεί να γίνει αποτελεσματική και αποδοτική. Καθώς η βιομηχανία τρισδιάστατης εκτύπωσης αναπτύσσεται, όλο και περισσότερα υλικά θα χρησιμοποιούνται για την κατασκευή πρωτοτύπων και θα είναι συμβατά με διαφορετικούς τρισδιάστατους εκτυπωτές. Όπως συμβαίνει

με κάθε νέα διαδικασία και εξοπλισμό, υπάρχει μια απότομη ζήτηση και ανάγκη εκμάθησης και θα αυξάνεται καθώς περνάμε από την πλαστική στην τρισδιάστατη εκτύπωση μετάλλων.

6.14 Αναφορές

<https://www.sharrettsplating.com/blog/materials-used-3d-printing/>

<https://www.simplify3d.com/support/materials-guide/#all>

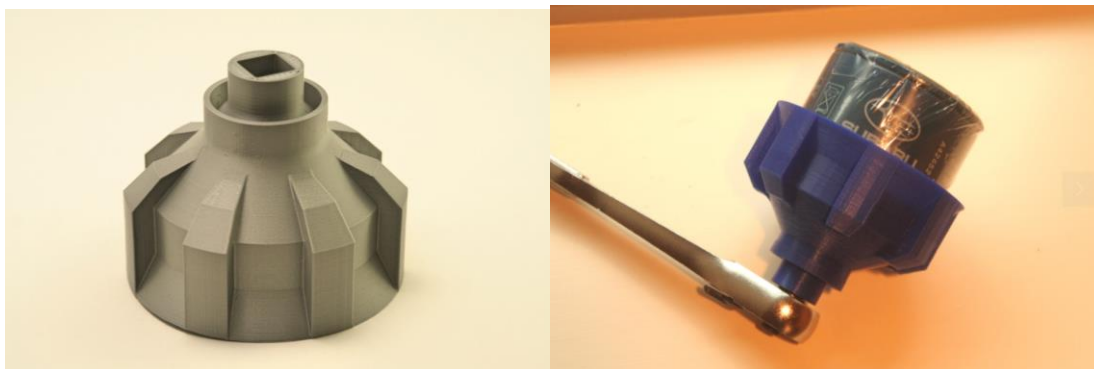
<https://www.cmac.com.au/blog/top-10-materials-used-industrial-3d-printing>

<https://www.makerbot.com/stories/design/3d-printing-materials/>

<https://www.hubs.com/knowledge-base/fdm-3d-printing-materials-compared/>

7 ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΩΔΙΚΩΝ STL ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΣΤΗΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑΣ

7.1 Εργαλείο αφαίρεσης φίλτρου λαδιού



Εικόνα 7-1 – Εργαλείο αφαίρεσης φίλτρου λαδιού

Πρόκειται για ένα εργαλείο αφαίρεσης φίλτρου λαδιού σχεδιασμένο να αφαιρεί και να αποβάλλει το επιπλέον λάδι από το κάτω μέρος. Κατά την αφαίρεση του φίλτρου, το πλεόνασμα λαδιού τρέχει από το πλάι του φίλτρου, γεγονός που δυσκολεύει πολύ το κράτημα και το ξεβίδωμα του φίλτρου

(ειδικά αν το λάδι ήταν ακόμα ζεστό). Αυτό το εργαλείο έχει κανάλια στο πλάι που οδηγούν το περιττό λάδι στο εσωτερικό του εργαλείου και μειώνουν την ακαταστασία.

Τα κανάλια ροής παρέχουν επιπλέον πρόσφυση για την αφαίρεση του φίλτρου.

Η τρύπα του χωνιού στο κάτω μέρος χωράει ένα κλειδί 1/2 σε περίπτωση που το φίλτρο έχει κολλήσει εκεί. Σημείωση: το κλειδί πρέπει να αφαιρεθεί μετά τη χαλάρωση του φίλτρου, καθώς το κλειδί θα μπλοκάρει την οπή αποστράγγισης.

Το εργαλείο λειτουργεί και ως γενική χοάνη. Το άκρο του εργαλείου χωράει άνετα μέσα στο άνοιγμα ενός δοχείου λαδιού 1 λίτρου ή 4 λίτρων. Έτσι το εργαλείο παραμένει σταθερό κατά την επαναφορά του παλιού λαδιού στα δοχεία. Σημείωση: το μέγεθος του ανοίγματος του δοχείου διαφέρει κάπως από μάρκα σε μάρκα, οπότε ενδέχεται να μην ταιριάζει σε όλα τα δοχεία λαδιού.

7.1.1 Ρυθμίσεις εκτύπωσης

Printer: Custom built "PrintrMatic"

Rafts: No

Supports: No

Resolution: 0.2 - 0.25

Infill: 75-100%

STL αρχεία (download)

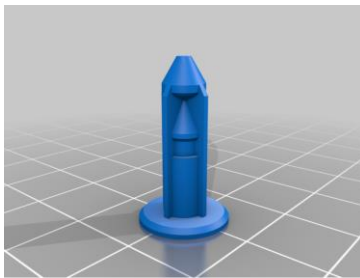
oil_filter_drain_V02.STL

oil_filter_drain_6.35mm_V00.STL

oil_filter_drain_72.5mm_V00.STL

oil_filter_drain_V01-OLD.STL

7.2 Πινέζες/Πριτσίνια



Εικόνα 7-2 – Push Pin clip CAD μοντέλο και εκτύπωση (δεξιά) και Push Rivet CAD μοντέλο και εκτύπωση (αριστερά)

Ανταλλακτικό μέρος για πινέζες. Εκτύπωση με PETG νήματα. Για μία ή ίσως δύο χρήσεις. Υπάρχουν δύο τύποι του τμήματος συγκράτησης του κλιπ. Η μία με εγκοπές για θεωρητικά ευκολότερη κάμψη των γλωττίδων, η άλλη χωρίς εγκοπές. Για νάβιλον, χρησιμοποιήστε οπωσδήποτε τον τύπο χωρίς υποδοχές.

Πρόκειται για τακτοποιημένους συνδετήρες, επίσης γνωστούς ως "Πριτσίνια". Μπορείτε να συναρμολογήσετε το κλιπ πριν από την εγκατάσταση, σπρώχνοντας τον πείρο μέσα μέχρι το πρώτο "κλικ", ή μπορείτε να τοποθετήσετε πρώτα τον συγκρατητήρα στην οπή, στη συνέχεια να τοποθετήσετε τον πείρο και να τον πιέσετε προς τα κάτω στο ίδιο επίπεδο.

Αυτό το κλιπ συγκράτησης έχει μέγεθος για οπή 8 mm και μπορεί να ταιριάζει βάθος 5 mm. Η φλάντζα είναι 20mm. Προστέθηκε μια φλάντζα 16mm για μεγαλύτερη ευελιξία στο μέγεθος/στην κλίμακα.

7.2.1 Ρυθμίσεις εκτύπωσης

Printer: Prusa i3 MK3

Resolution: 0.2

Infill: 100% rectilinear

STL αρχεία (download)

Pin_for20mmFlange.stl

Pin_for16mmFlange.stl

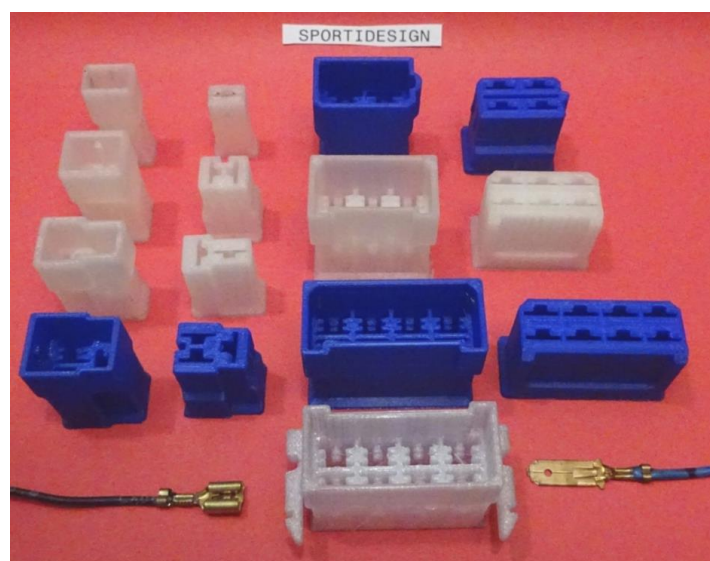
Retainer_20mmFlange.stl

Retainer_16mmFlange.stl

7.3 Διορθωτήρες



Εικόνα 7-3 – Ηλεκτρονικοί Διορθωτήρες CAD models



Εικόνα 7-4 – Ηλεκτρονικοί διορθωτήρες εκτύπωσης

Ηλεκτρικοί σύνδεσμοι αυτοκινήτων 1- έως 8-τρόπων για εφαρμογές 12-24-volt.

Ο σχεδιασμός βασίζεται στους συνδέσμους FASTIN-FASTON της σειράς 250 της TYCO (TE Connections), πρώην AMP.

Χρησιμοποιούνται εδώ και δεκαετίες στα περισσότερα αυτοκίνητα, φορτηγά και τροχόσπιτα και σε πολλές άλλες εφαρμογές μέχρι σήμερα και ήταν από τους πρώτους γωνιακούς ηλεκτρικούς συνδέσμους που σχεδιάστηκαν για το σκοπό αυτό.

Αυτοί οι σύνδεσμοι έχουν σχεδιαστεί για να είναι συμβατοί ως ανταλλακτικά, αλλά επιπλέον βελτιστοποιημένοι για τρισδιάστατη εκτύπωση.

Οι σχετικές επαφές, οι επίπεδες υποδοχές 6.3 (¼ ιντσών) και τα βύσματα 6.3 είναι επίσης μεταξύ των πιο ευρέως χρησιμοποιούμενων επαφών.

Εάν η συναρμολόγηση των επαφών στις κοιλότητες είναι λίγο δύσκολη, μπορείτε να βοηθήσετε με μια επίπεδη πένσα στο καλώδιο / πτύχωση. Οι επαφές πρέπει να ασφαλίζουν με ένα ηχητικό κλικ.

Μπορούν να αφαιρεθούν από την κοιλότητα πιέζοντας προς τα πίσω την προεξοχή ασφάλισης με ένα κατσαβίδι ωρολογιοποιού και τραβώντας την έξω από την κοιλότητα.

Η εφαρμογή για 48 βολτ εξακολουθεί να είναι εφικτή, για 110 βολτ, 240 βολτ και σε καμία άλλη περίπτωση.

Το υλικό που θα χρησιμοποιηθεί θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο ανθεκτικό στη θερμότητα, δεδομένου ότι στον σύνδεσμο μπορεί να παραχθούν υψηλότερες θερμοκρασίες από εκείνες θερμοκρασίες περιβάλλοντος. Δεν πρέπει να χρησιμοποιείται PLA, καλύτερα PETG/ ABS ή καλύτερα NYLON.

Μια στήριξη δεν είναι απαραίτητη, εκτός από τα περιβλήματα συνδετήρων 6 και 8 πόλων με βραχίονες μανδάλωσης για την πλακέτα τυπωμένου κυκλώματος. Οι σχεδίες μπορούν επίσης να παραλειφθούν. Η απόσταση στρώσεων 0,2 λειτουργεί, αλλά το λιγότερο είναι καλύτερο.

7.3.1 Ρυθμίσεις εκτύπωσης

Printer: Dremel Digilab 3D45

Rafts: No

Supports: No



Resolution: 0,2mm max

Infill: 100%

STL αρχεία (download)

Female-Housing-1-way.stl

Male-Housing-3-way.stl

Male-Housing-2-way-Typ-1.stl

Male-Housing-8-way-Typ-2.stl

Male-Housing-4-way.stl

Male-Housing-1-way.stl

Female-Housing-2-way-Typ-1.stl

Female-Housing-3-way.stl

Male-Housing-2-way-Typ-2.stl

Male-Housing-6-way-Typ2.stl

Male-Housing-8-way-Typ-1.stl

Female-Housing-4-way.stl

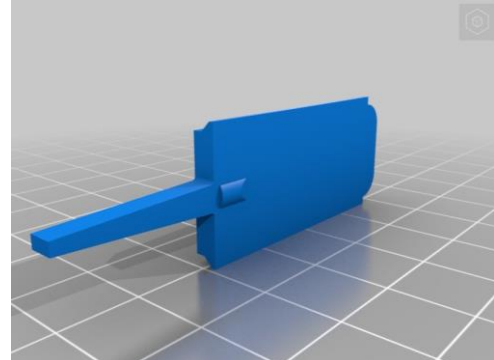
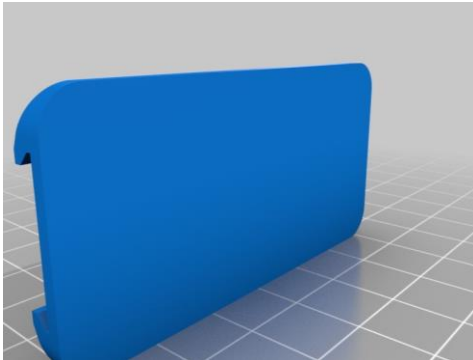
Female-Housing-2-way-Typ-2.stl

Female-Housing-6-way.stl

Male-Housing-6-way-Typ-1.stl

Female-Housing-8-way.stl

7.4 Μετρητής βάθους αύλακα



Εικόνα 7-5 – Μετρητής βάθους αύλακα ελαστικού CAD μοντέλου και εκτύπωσης

7.4.1 Ρυθμίσεις εκτύπωσης

Printer: Zortrax M200

Rafts: Yes

Supports: Yes

Resolution: 0,09 mm

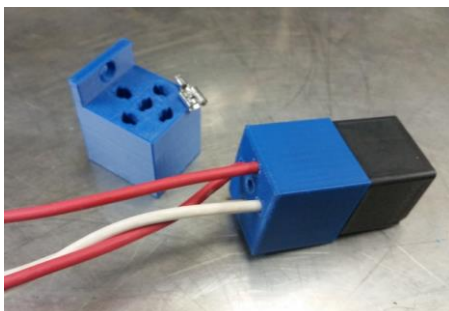
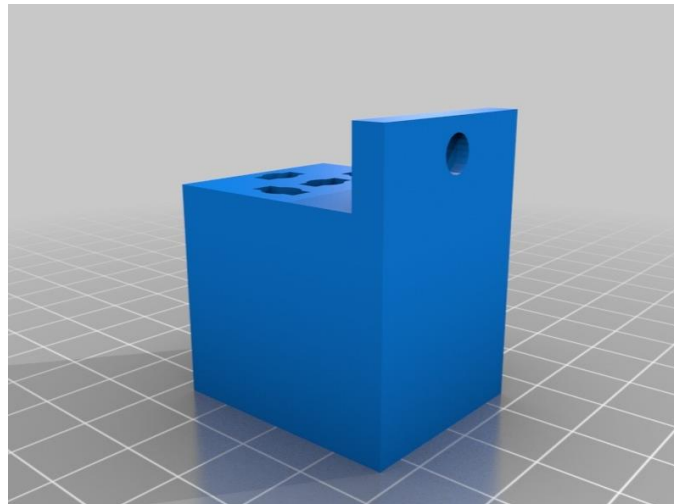
Infill: 100%

STL αρχεία (download)

Based.STL

Measured.STL

7.5 Υποδοχέας ρελέ



Εικόνα 7-6 – Υποδοχέας ρελέ CAD μοντέλου και εκτύπωσης

Ρελέ και καλωδίωση υποδοχής για τυποποιημένο ρελέ αυτοκινήτου 5 ή 4 ακίδων. Τυποποιημένοι γυμνοί θηλυκοί ακροδέκτες λεπίδας μπορούν να πρεσαριστούν σε καλώδια και να ωθηθούν μέσα από το μπλοκ από την κορυφή. Οι λεπίδες μπορεί να χρειάζονται μια μικρή προσαρμογή αφού

πατηθούν για να μπορέσει να χωρέσει εύκολα η λεπίδα στο ρελέ. Μπορεί να είναι δύσκολο να σφραγιστεί στην αρχή, αλλά μόλις προσαρμοστεί θα εγκατασταθεί και θα αφαιρεθεί εύκολα με τους ακροδέκτες να παραμένουν στον υποδοχέα. Περιλαμβάνει επίσης ένα στήριγμα στήριξης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να το στερεώσετε σε οτιδήποτε. Επεξεργαστείτε το αρχείο αν θέλετε και φτιάξτε ένα προσαρμοσμένο κουτί ρελέ.

7.5.1 Ρυθμίσεις εκτύπωσης

Printer: PowerSpec 3D Pro

Supports: No

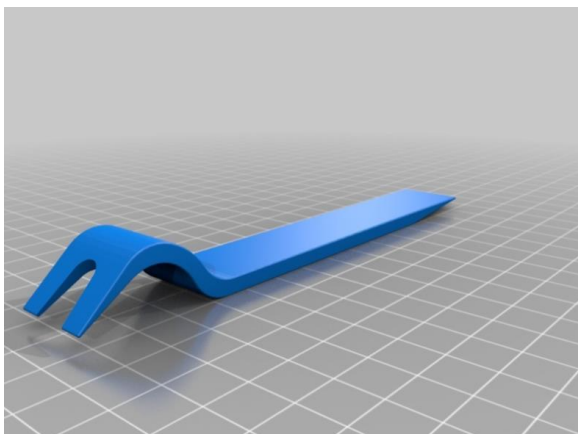
Resolution: 0,09 mm

Infill: 8 to 20%

STL αρχεία (download)

RelaySocketCR.stl

7.6 *Εργαλείο επιδιόρθωσης και αφαίρεσης*



Εικόνα 7-7 – Εργαλείο επιδιόρθωσης και αφαίρεσης CAD μοντέλο και εκτύπωσης

Εργαλείο αφαίρεσης και αποσυναρμολόγησης κλιπ πόρτας αυτοκινήτου. Το εργαλείο έχει πάχος 4mm, ύψος 20mm και μήκος περίπου 145mm. Το άνοιγμα των δοντιών του κλιπ είναι 6,5 mm στο στενότερο σημείο του και περίπου 9 mm στο ευρύτερο σημείο του.

7.6.1 Ρυθμίσεις εκτύπωσης

Printer: Geetech

Supports: Yes

Infill: 99%

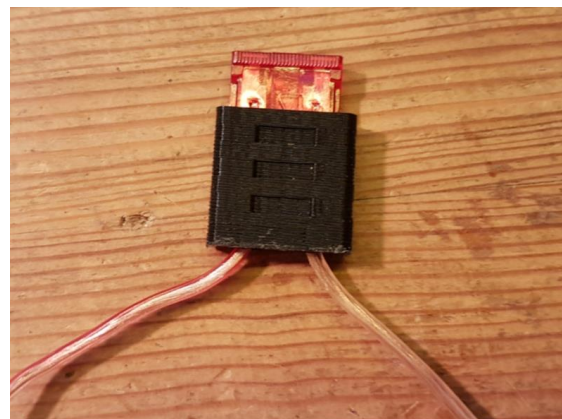
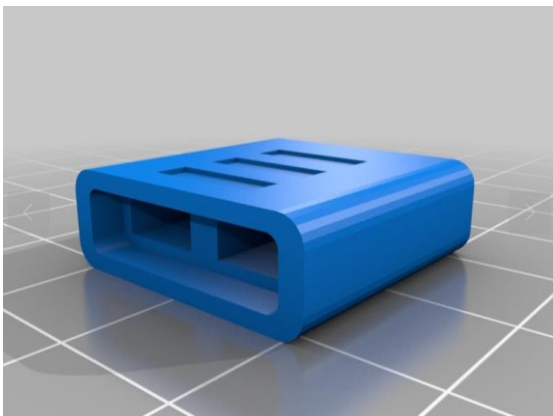
STL αρχεία (download)

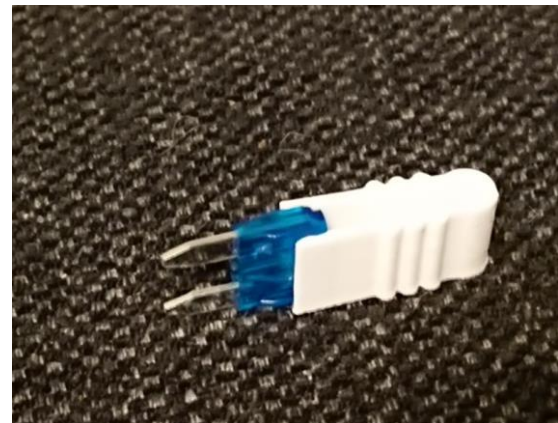
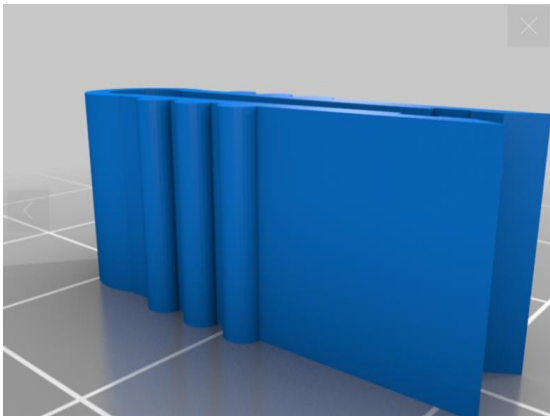
BUM_CAR_TOOLS_6001_upholstery_fork_and_pry.STL

BUM_CAR_TOOLS_6001_upholstery_fork_and_pry_-_smaller_file_size.STL

7.7 Ασφάλεια

Γρήγορη εκτυπώσιμη θήκη ασφάλειας αυτοκινήτου 12V.





Εικόνα 7-8 – Εργαλείας ασφάλειας: CAD μεντέλα στα αριστερα και εκτύπωση στα δεξιά

7.7.1 Ρυθμίσεις εκτύπωσης

Printer: Anet A8

Rafts: Yes

Supports: No

Resolution: 0,20 mm

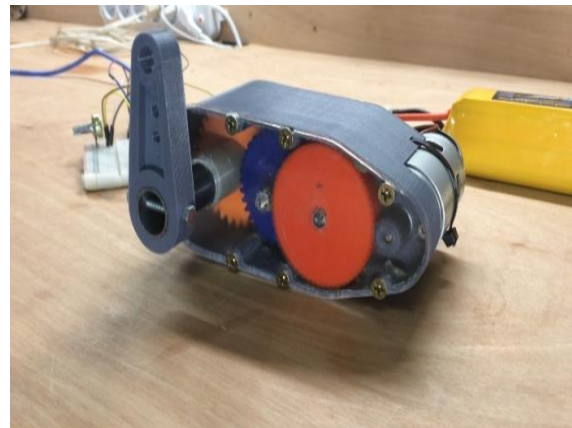
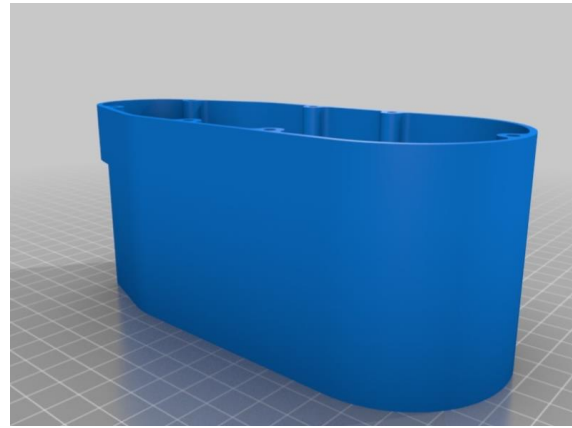
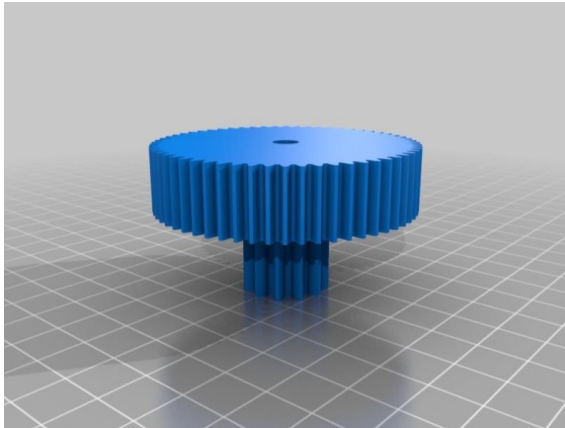
Infill: 30%

STL αρχεία (download)

single_fuse_holder.stl

MiniFuse.stl

7.8 Κιβώτιο ταχυτήτων



Εικόνα 7-9 – Κιβώτιο ταχυτήτων CAD μοντέλα και εκτυπώσεις

Αυτή η μείωση σερβομηχανισμού/εργαλείων χρησιμοποιεί κυρίως τρισδιάστατα εκτυπωμένα εξαρτήματα. Ο σερβοκινητήρας χρησιμοποιεί έναν 775 36V 9000rpm DC-κινητήρα με ψήκτρες, ο οποίος οδηγείται από έναν οδηγό BTS7960B που ελέγχεται από ένα Arduino mega 2560. Η ροπή ακινητοποίησης του σέρβοκινητήρα είναι περίπου 55kg/cm που είναι περίπου 5,39 Nm. το μέγιστο ρεύμα είναι περίπου 18 amps όταν χρησιμοποιείται μια μπαταρία LIPO 6s (περίπου 22-24V). η αναλογία μείωσης είναι 1:30.

7.8.1 Εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν:

1 × 775 Motor DC 12V-36V 3500-9000RPM Motor Large Torque High Power Motor

1 × Arduino nano V3

1 × οδηγός κινητήρα L298N



- 1 × συρρικνώσεις θερμότητας
- 2 × άξονας από ανοξείδωτο χάλυβα
- 2 × μπουλόνι και παξιμάδι M5
- 1 × χαλύβδινος σωλήνας 20 mm
- 2 × βίδες μήκους 15mm
- 5 × βίδες μήκους 35mm

7.8.2 Ρυθμίσεις Εκτύπωσης

Printer: Anet E12

Supports: Yes

Resolution: 0,20 mm

Infill: 35%

STL αρχεία (download)

33mm_spacer_V1.stl

servo_arm_V1.stl

Lid_V2.stl

Spur_Gear_15_teeth_motor_V1.stl

Spur_Gear_30_teeth_output_shaft_V1.stl

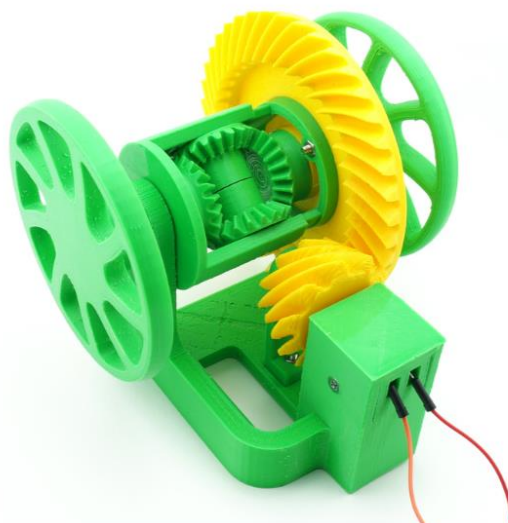
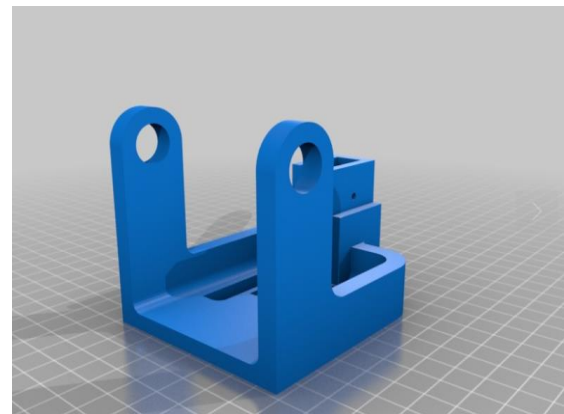
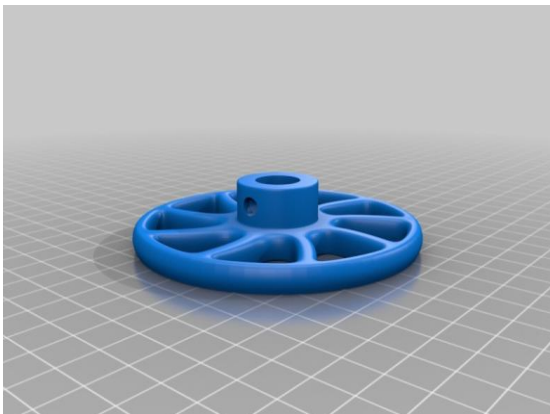
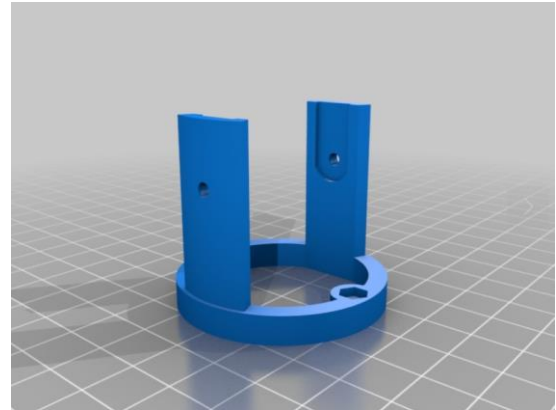
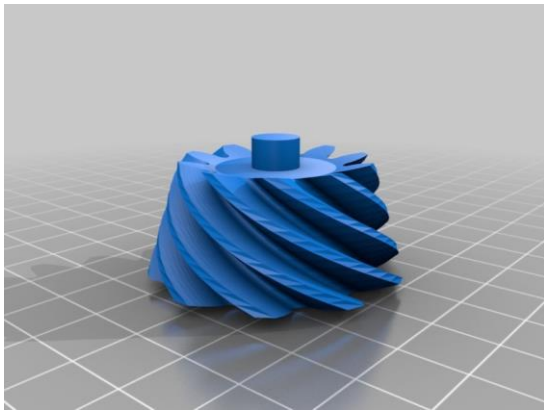
Spur_Gear_60-12_teeth_V1.stl

Spur_Gear_36-12_teeth_V1.stl

775_servo_lid.dxf

Case_V3.stl

7.9 Διαφορικό αυτοκινήτων



Εικόνα 7-10 – Διαφορικό αυτοκινήτων; CAD μοντέλα και εκτυπώσεις

Το διαφορικό αυτοκινήτου είναι κάτι που έχει κάθε αυτοκίνητο: αυτός ο έξυπνος μηχανισμός μεταφέρει την ισχύ από τον άξονα κίνησης σε γωνία 90° στους κινητήριους τροχούς, ενώ παράλληλα τους επιτρέπει να περιστρέφονται με διαφορετικές ταχύτητες όταν το απαιτούν οι συνθήκες οδήγησης, όπως κατά τη διάρκεια μιας στροφής.

Αυτό είναι ένα μηχανοκίνητο μοντέλο του πιο βασικού είδους διαφορικού αυτοκινήτου, γνωστό ως ανοικτό διαφορικό. Σε αντίθεση με τα περισσότερα τρισδιάστατα εκτυπώσιμα μοντέλα διαφορικών που κυκλοφορούν εκεί έξω, αυτό εδώ είναι εξοπλισμένο με ένα ζεύγος γρاناζιών γρاناζιών πινιόν/δακτύλιο υποειδούς και όχι κωνικού σχήματος.

Το μοντέλο τροφοδοτείται από έναν ηλεκτροκινητήρα 6V εξοπλισμένο με μειωτήρα στροφών. Απαιτεί μια εξωτερική πηγή ενέργειας, όπως τέσσερις μπαταρίες AA σε θήκη ή έναν παλιό φορτιστή τηλεφώνου 6V με απογυμνωμένα καλώδια.

Επισκεφθείτε τη διεύθυνση <http://www.otvinta.com/download09.html> για λεπτομερείς και εικονογραφημένες οδηγίες συναρμολόγησης.

Το γρανάζι χρειάζεται ισχυρή στήριξη για να εξασφαλιστεί η ομαλή εμπλοκή με το γρανάζι δακτυλίου. Χρησιμοποιούμε το Simplify3D και έπρεπε να προσθέσουμε υποστήριξη με το χέρι για να καλύψουμε όλα τα δόντια. Κανένα άλλο μέρος δεν χρειάζεται υποστήριξη πέρα από την προεπιλεγμένη ποσότητα.

Πρέπει να εκτυπώσετε 2 τροχούς, 2 πλευρικά γρανάζια, 2 γρανάζια αράχνης και 1 από όλα τα άλλα μέρη.

7.9.1 Ρυθμίσεις εκτύπωσης

Printer: MakerGear M2

Rafts: No

Supports: Yes

Resolution: 0,20 mm

Infill: 35%



STL αρχεία (download)

diff_spider_shaft.stl

diff_leftshaft.stl

diff_carrier.stl

diff_carrier_cover.stl

diff_stand.stl

diff_rightshaft.stl

diff_arm.stl

diff_pinion.stl

diff_motor_cover.stl

diff_side.stl

diff_spider.stl

diff_ring.stl

diff_wheel.stl

7.10 Αναφορές

<https://www.thingiverse.com/thing:1135889>

<https://www.thingiverse.com/thing:3490414>

<https://www.thingiverse.com/thing:5174925>

<https://www.thingiverse.com/thing:2317645>

<https://www.thingiverse.com/thing:1977671>

<https://www.thingiverse.com/thing:1748810>

<https://www.thingiverse.com/thing:3095801>

<https://www.thingiverse.com/thing:4205535>



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

<https://www.thingiverse.com/thing:3292860>

<https://www.thingiverse.com/thing:2116304>

8 TEST ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

8.1 Αξιολόγηση, Ενότητα 1

- 1) Η στερεολιθογραφία είναι ευρέως γνωστή ως
 - a. Εκτύπωση 3D, τριών διαστάσεων
 - b. Εκτύπωση 2D, δύο διαστάσεων
 - c. Τεχνολογία παραγωγής καλουπιών
 - d. Τεχνολογία παραγωγής μοντέλων

- 2) Ο πρώτος που κατέθεσε δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την τεχνολογία ταχείας πρωτοτυποποίησης ήταν ο
 - a. Dr. Hideo Kodama
 - b. Charles Hull
 - c. Scott Crump
 - d. Lis Crump

- 3) Η μαζική εξάπλωση της τρισδιάστατης εκτύπωσης μπορεί να χρονολογηθεί από το
 - a. 2015
 - b. 2009
 - c. 1989
 - d. 2011

- 4) FFF (FDM) είναι μια μέθοδος:
 - a. Όπου το πλαστικό σύρμα νικελίου δεν λιώνει
 - b. Όπου λιώνει το χαλύβδινο σύρμα
 - c. Όπου το πλαστικό σύρμα λιώνει
 - d. Όπου λιώνει το χάλκινο σύρμα

- 5) Τα διπλώματα ευρεσιτεχνίας για την τεχνολογία FDM (FFF) έληξαν το:
- a. 2009
 - b. 2000
 - c. 2010
 - d. 1999
- 6) Αυτή η εταιρεία παρουσίασε ένα αυτοκίνητο Urbee με αμάξωμα κατασκευασμένο με τρισδιάστατη εκτύπωση
- a. Volkswagen
 - b. Chrysler
 - c. KOR Ecologic
 - d. Mercedes
- 7) Οι παγκόσμιοι κατασκευαστές αυτοκινήτων ενσωμάτωσαν τους εκτυπωτές HP Metal Jet 3D το:
- a. 1995
 - b. 2020
 - c. 2000
 - d. 2018
- 8) Ένα αυτοκίνητο αποτελείται από:
- a. 6,000-8,000 κομμάτια
 - b. 1,000-3,000 κομμάτια
 - c. 3,000-4,000 κομμάτια
 - d. 2,000-3,000 κομμάτια
- 9) Ο εκτυπωτής DARWIN είχε τη δυνατότητα για:

- a. Αυτοαναπαραγωγή
- b. Αυτορρύθμιση

10) Το MakerBot Academy είναι μια πλατφόρμα της οποίας το περιεχόμενο είναι:

- a. Εκπαίδευση στην εργασία με τρισδιάστατη εκτύπωση σε σχολεία της Γερμανίας.
- b. Εκπαίδευση στην εργασία με τρισδιάστατη εκτύπωση σε σχολεία στις ΗΠΑ.
- c. Εκπαίδευση για την εργασία με την τρισδιάστατη εκτύπωση σε σχολεία στην Πολωνία
- d. Επαγγελματική κατάρτιση για την εργασία με τρισδιάστατη εκτύπωση σε σχολεία στη Σλοβακία

8.2 Αξιολόγηση, Ενότητα 2

- 1) Ποιο είναι το όνομα του τμήματος του εξώθητή που επιτρέπει στο νήμα να θερμανθεί και να είναι έτοιμο για τη διαδικασία εξώθησης;
 - a. Ψυχρό άκρο
 - b. Κλίνη εκτύπωσης
 - c. Θερμοστάτης
 - d. Θερμό άκρο

- 2) Ποιος τύπος νήματος που παρατίθεται παρακάτω είναι βιοδιασπώμενος και έχει σημείο τήξης σχετικά χαμηλότερο από τα υπόλοιπα;
 - a. Νάιλον
 - b. ABS
 - c. PLA
 - d. TPE

- 3) Ποιο μέρος των τρισδιάστατων εκτυπωτών που δίνονται παρακάτω χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας σε διάφορα μέρη των τρισδιάστατων εκτυπωτών;
 - a. Ψυχρό άκρο

- b. Θερμό άκρο
 - c. **Θερμοστάτης**
 - d. Ακροφύσιο
- 4) Ποιο μέρος του τρισδιάστατου εκτυπωτή που παρατίθεται παρακάτω είναι υπεύθυνο για τη μετατροπή του ηλεκτρικού ρεύματος σε θερμότητα;
- a. **Κασέτα Θέρμανσης**
 - b. Νήμα
 - c. Θερμοστάτης
 - d. Τροφοδοσία Ρεύματος
- 5) Ποιο τμήμα των τρισδιάστατων εκτυπωτών που παρατίθενται παρακάτω είναι υπεύθυνο για την τελική εξώθηση του νήματος;
- a. Θερμοστάτης
 - b. Μητρική πλακέτα
 - c. **Ακροφύσιο**
 - d. Γρανάζια
- 6) Πώς ονομάζεται το σύστημα που επιτρέπει την τρισδιάστατη κίνηση της κεφαλής εκτύπωσης;
- a. Τροφοδοτικό ρεύματος
 - b. **Άξονες X, Y και Z**
 - c. PLA
 - d. Κασέτα Θέρμανσης
- 7) Ποιο μέρος ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή που παρατίθεται παρακάτω ελέγχει τη διαδικασία παραγωγής και συγκεντρώνει τα σχετικά δεδομένα από τα άλλα μέρη;
- a. Ακροφύσιο
 - b. Κασέτα Θέρμανσης
 - c. Τροφοδοτικό Ρεύματος
 - d. **Μητρική πλακέτα**

- 8) Ποιο μέρος που δίνεται παρακάτω είναι η μονάδα ενέργειας του εκτυπωτή 3D που συνήθως διατίθεται σε 12V ή 24V;
- Ακροφύσιο
 - Θερμοστάτης
 - Τροφοδοτικό Ρεύματος**
 - Μηχανισμός βηματικού κινητήρα
- 9) Ποιο τμήμα που δίνεται παρακάτω επιτρέπει στους χρήστες να εμφανίζουν τη διαδικασία εκτύπωσης, να ελέγχουν τον τρισδιάστατο εκτυπωτή, να ενεργοποιούν τη λειτουργία αναμονής και να εκτελούν άλλες λειτουργίες;
- Μηχανισμός βηματικού κινητήρα
 - Κασέτα θέρμανσης
 - Θερμό άκρο
 - Περιβάλλον χρήστη**
- 10) Ποια από τις παρακάτω επιλογές είναι μία από τις λειτουργίες των μηχανισμών βηματικού κινητήρα;
- Έλεγχος της κίνησης των βηματικών κινητήρων**
 - Εξώθηση του νήματος
 - Εμφάνιση των δεδομένων σχετικά με τον τρισδιάστατο εκτυπωτή στην οθόνη
 - Μέτρηση της θερμοκρασίας στο ακροφύσιο

8.3 Αξιολόγηση, Ενότητα 3

- 1) Η ενότητα 3 θα επικεντρωθεί σε...
- Συναρμολόγηση ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή
 - Στη διαδικασία εκτύπωσης
 - Στη δημιουργία αντικειμένων σε εικονικό περιβάλλον.**
 - Εξαγωγή αρχείων τρισδιάστατων αντικειμένων.

- 2) Μετά την ολοκλήρωση της κατάρτισης της ενότητας 3, αναμένεται...
- Να γνωρίζετε τις κύριες εντολές σχεδίασης τρισδιάστατων αντικειμένων.
 - Να μπορείτε να δημιουργήσετε μια εικόνα ενός αντικειμένου.
 - Να γνωρίζετε και να μπορείτε να εκτελέσετε ορισμένες τεχνικές σχεδίασης με το χέρι.
 - Να αναγνωρίζετε και να κατανοείτε τις λειτουργίες του αντικειμένου.
- 3) Το τρισδιάστατο σχέδιο είναι η ικανότητα...
- Της εκτύπωσης ενός τρισδιάστατου αντικειμένου.
 - Της σχεδίασης σχημάτων που καθορίζουν το ύψος, το πλάτος και το βάθος του αντικειμένου.
 - Της αναγνώρισης διαφορετικών τύπων νήματος
 - Τα Α, Β και Γ είναι λάθος.
- 4) Σε ποιους από τους ακόλουθους τομείς βλέπουμε να χρησιμοποιείται σήμερα το τρισδιάστατο σχέδιο;
- Πολιτικές κατασκευές.
 - Αρχιτεκτονική.
 - Σχεδιασμός γραφικών.
 - Τα Α, Β και Γ είναι σωστά.
- 5) Τι είδους λογισμικό είναι το OnShape;
- Είναι ένα λογισμικό διαχείρισης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο.
 - Είναι ένα επαγγελματικό λογισμικό CAD (SaaS).
 - Είναι η πιο δημοφιλής βάση δεδομένων τρισδιάστατων σχημάτων και αντικειμένων.
 - Είναι ένας επεξεργαστής κειμένου.

- 6) Αφού ολοκληρώσουμε το τρισδιάστατο σχέδιό μας στο OnShape, είναι δυνατή η...
- Εξαγωγή σε αρχείο STL.
 - Εξαγωγή σε αρχείο GCode.
 - Εξαγωγή και στις δύο μορφές.
 - Τα Α, Β και Γ είναι λάθος.
- 7) Σε ένα τρισδιάστατο σχέδιο, συνιστάται να ξεκινάτε με...
- Την εξώθηση ενός στοιχείου και διαμόρφωσή του μετά.
 - Εκτέλεση του τρισδιάστατου σχεδιασμού και, στη συνέχεια, προσθήκη 2D λεπτομερειών.
 - Σχεδιασμό ενός δισδιάστατου σκίτσου με όλες τις κύριες και πιθανές λεπτομέρειες και εξώθηση μετά.
 - Σχεδιασμό ενός ορθογώνιου.
- 8) Ποιο είναι το κύριο χαρακτηριστικό ενός αρχείου STL;
- Η μεταφορά των πληροφοριών στον τρισδιάστατο εκτυπωτή μας.
 - Ανάκτηση των πληροφοριών από το Ultimaker Cura.
 - Μεταφορά των πληροφοριών στο OnShape
 - Μεταφορά των πληροφοριών σχεδιασμού του χρήστη στο λογισμικό τεμαχισμού.
- 9) Το Ultimaker Cura είναι...
- Ένα λογισμικό τεμαχισμού.
 - Λογισμικό μετατροπέα.
 - Ένα επαγγελματικό λογισμικό τρισδιάστατης σχεδίασης.
 - Ένα επαγγελματικό και το πιο δημοφιλές λογισμικό εκτύπωσης.

10) Αφού εκτελέσουμε τη διαδικασία τεμαχισμού, πρέπει να...

- a. Κατεβάσουμε το αρχείο STL και να το στείλουμε στον τρισδιάστατο εκτυπωτή.
- b. Κατεβάσουμε το αρχείο GCode και να το στείλουμε στο λογισμικό εκτύπωσης.
- c. Κατεβάσουμε το αρχείο GCode και να το στείλουμε στον τρισδιάστατο εκτυπωτή.
- d. Κατεβάσουμε το αρχείο STL και να το στείλουμε στο λογισμικό εκτύπωσης.

8.4 Αξιολόγηση, Ενότητα 4

1) Τι κάνει η διαδικασία τεμαχισμού;

- a. Μια διαδικασία τεμαχισμού διαχωρίζει το μοντέλο CAD σε στρώματα.
- b. Μια διαδικασία τεμαχισμού διαχωρίζει το μοντέλο CAD σε τριγωνικές πυραμίδες.
- c. Μια διαδικασία τεμαχισμού δημιουργεί αρχείο τύπου STL.
- d. Μια διαδικασία τεμαχισμού δημιουργεί ψηφιδωτό.

2) Τι είναι η διαδικασία δημιουργίας ψηφιδωτού;

- a. Η διαδικασία δημιουργίας ψηφιδωτού είναι μια διαδικασία προσέγγισης του τρισδιάστατου σχήματος του μοντέλου CAD με στρογγυλά τεμάχια.
- b. Η διαδικασία δημιουργίας ψηφιδωτού είναι μια διαδικασία προσέγγισης του τρισδιάστατου σχήματος του μοντέλου CAD με επίπεδα τριγωνικά τεμάχια.
- c. Η διαδικασία δημιουργίας ψηφιδωτού είναι μια διαδικασία προσέγγισης του τρισδιάστατου σχήματος του μοντέλου CAD με ορθογώνια τεμάχια.
- d. Η διαδικασία δημιουργίας ψηφιδωτού είναι μια διαδικασία προσέγγισης του τρισδιάστατου σχήματος του μοντέλου CAD με εξαγωνικά τεμάχια.

3) Ποιος είναι ο τρόπος υπολογισμού των παραμέτρων στρώματος;

- a. Ένας τεχνικός υπολογίζει όλες τις παραμέτρους στρώματος.
- b. Ένας μηχανικός υπολογίζει όλες τις παραμέτρους στρώματος.
- c. Ο αλγόριθμος μιας τεχνικής τεμαχισμού υπολογίζει όλες τις παραμέτρους στρώματος.
- d. Ο διευθυντής μιας εταιρείας υπολογίζει όλες τις παραμέτρους στρώματος.

- 4) Ποια είναι τα δεδομένα εισόδου για τον αλγόριθμο μιας τεχνικής τεμαχισμού;
- Τα δεδομένα του μοντέλου CAD αποτελούν δεδομένα εισόδου για τους αλγορίθμους.
 - Τα δεδομένα εξαρτημάτων από το σχέδιο είναι δεδομένα εισόδου για τους αλγορίθμους.
 - Τα δεδομένα CAM ενός μοντέλου CAD είναι δεδομένα εισόδου για τους αλγορίθμους.
 - Τα δεδομένα του μοντέλου CAD μετά την διαδικασία δημιουργίας ψηφιδωτού είναι δεδομένα εισόδου για τους αλγορίθμους.
- 5) Τι διαχωρίζει μια ομοιόμορφη διαδικασία τεμαχισμού;
- Μια διαδικασία ομοιόμορφου τεμαχισμού διαχωρίζει το μοντέλο CAD σε στρώματα ομοιόμορφου πάχους.
 - Μια ομοιόμορφη διαδικασία τεμαχισμού διαχωρίζει το μοντέλο CAD σε δύο μέρη.
 - Μια ομοιόμορφη διαδικασία τεμαχισμού διαχωρίζει το μοντέλο CAD σε πολλά στρώματα ποικίλου πάχους.
 - Μια ομοιόμορφη διαδικασία τεμαχισμού διαχωρίζει το μοντέλο CAD σε διάφορα κατακόρυφα μέρη.
- 6) Πώς εξάγεται το προφίλ κάθε στρώματος;
- Συνδέοντας κάθε γραμμή που σχηματίζεται μεταξύ των σημείων τομής των ακμών του τριγώνου και του επιπέδου κοπής.
 - Συνδέοντας κάθε ακμή τριγώνου που τέμνει το επίπεδο κοπής.
 - Συνδέοντας κάθε ακμή τριγώνου που δεν τέμνει το επίπεδο κοπής.
 - Συνδέοντας κάθε γραμμή που σχηματίζεται με τη σύνδεση της υψηλότερης κορυφής Z των τριγώνων που τέμνουν το επίπεδο κοπής.

- 7) Γιατί εμφανίζεται το φαινόμενο “της κλίμακας”(stair-step effect);
- Το “Stair-step effect” εμφανίζεται λόγω των διαφόρων περιγραμμάτων κάθε τεμάχιου.
 - Το φαινόμενο “Stair-step effect” εμφανίζεται λόγω του αρχικού σχήματος του μοντέλου CAD.
 - Το “Stair-step effect” εμφανίζεται λόγω της απόδοσης του τρισδιάστατου εκτυπωτή.
 - Το “Stair-step effect ” εμφανίζεται λόγω λανθασμένης θέσης του τρισδιάστατου μοντέλου.
- 8) Ποια αντιφατικά ζητήματα οδήγησαν στην ανάπτυξη διάφορων διαδικασιών τεμαχισμού;
- Μείωση του χρόνου κατασκευής και καλύτερη ποιότητα επιφάνειας.
 - Αρχικό σχήμα του μοντέλου CAD και του μοντέλο CAD με ψηφιδωτό σχήμα.
 - Καρτεσιανό σύστημα συντεταγμένων και πολικό σύστημα συντεταγμένων.
 - Μεταλλικά και πλαστικά υλικά.
- 9) Ποια είναι η έννοια του προσαρμοστικού τεμαχισμού;
- Η έννοια του προσαρμοστικού τεμαχισμού είναι η ανοχή του ύψους των ακμών.
 - Η έννοια του προσαρμοστικού τεμαχισμού είναι ο τεμαχισμός του ψηφιδωτού μοντέλου CAD σε διάφορα πάχη τεμαχίων μεταξύ του μέγιστου και του ελάχιστου διαθέσιμου πάχους.
 - Η έννοια του προσαρμοστικού τεμαχισμού είναι ιστροπική φυσική ιδιότητα.
 - Η έννοια του προσαρμοστικού τεμαχισμού είναι η καλύτερη προβολή του εκτυπωμένου τμήματος.
- 10) Τι είναι ο άμεσος τεμαχισμός;
- Δημιουργία δεδομένων τεμαχίων απευθείας από λογισμικό CAD.
 - Τεμαχισμός του μοντέλου CAD για την αποφυγή του φαινομένου “stair-step effect”.
 - Τεμαχισμός του αρχικού σχήματος του μοντέλου CAD.
 - Παραγωγή του αντικειμένου σε τεμάχια.

8.5 Αξιολόγηση, Ενότητα 5

- 1) Ποια είναι η πηγή που επιτρέπει τη στερεοποίηση της ρητίνης στη στερεολιθογραφία;
 - a. Θερμότητα
 - b. Φλόγα
 - c. Laser
 - d. Αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες

- 2) Όσον αφορά τους εκτυπωτές FDM, η κίνηση της κεφαλής εκτύπωσης γίνεται από ένα plotter που κινείται:
 - a. Μόνο στον άξονα X
 - b. Μόνο στον άξονα Y
 - c. Σε τρεις διαστάσεις (x, y, z)
 - d. Στο Καρτεσιανό επίπεδο X-Y

- 3) Τα εκτυπωμένα αντικείμενα FDM παρουσιάζουν τραχύ (σχετικά) φινίρισμα επιφάνειας- ένα από τα πιο αξιοσημείωτα σημάδια συμβαίνει στην αρχή της διαμόρφωσης του περιγράμματος. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται:
 - a. Joint line (Κοινή γραμμή)
 - b. Interlock (Διακόπτης)
 - c. Scattering (Σκέδαση)
 - d. Αυτό το φαινόμενο δεν είναι αισθητό στη διαδικασία εκτύπωσης FDM

- 4) Η διαδικασία εκτύπωσης FDM είναι μία από τις πιο ευέλικτες- ωστόσο, ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα είναι η συνολική και επιφανειακή ποιότητα εκτύπωσης. Ο κύριος λόγος για αυτό το μειονέκτημα είναι:
 - a. Δεν είναι δυνατή η παραγωγή δομών λεπτότερων από το πλάτος εξώθησης
 - b. Η ποιότητα των υλικών
 - c. Η θερμοκρασία εκτύπωσης

d. Η κίνηση της πλάκας

5) Διαδικασία πυροσυσσωμάτωσης με λέιζερ:

- a. Απαιτεί δομές στήριξης για το εκτυπωμένο τμήμα
- b. **Δεν απαιτεί δομές στήριξης για το εκτυπωμένο τμήμα**
- c. Παράγει δομές στήριξης σε κάθε περίπτωση
- d. Παράγει δομές στήριξης μόνο για κομμάτια σπηλαίου

6) Η στερεολιθογραφία πραγματοποιεί τη στερεοποίηση ενός στρώματος με μια ακολουθία παγωμένων κηλίδων που καλούνται:

- a. Πιξελ
- b. **Βοξελ**
- c. Σημεία Galvo
- d. Θερμά σημεία

7) Στις διεργασίες στερεολιθογραφίας μία από τις φάσεις μετεπεξεργασίας ονομάζεται:

- a. **UV postcure phase (Φάση επακόλουθη της διαδικασίας σκλήρυνσης με υπεριώδη ακτινοβολία)**
- b. Θέρμανση
- c. Φάση καθαρισμού με υπεριώδη ακτινοβολία
- d. Θερμικό φινίρισμα επιφάνειας

8) Στις διεργασίες πυροσυσσωμάτωσης με λέιζερ που βασίζονται σε πλαστικές σκόνες, η πρώτη λειτουργία μετά την επεξεργασία είναι:

- a. Φρεζάρισμα
- b. Πλύσιμο του εξαρτήματος με διαλύτη
- c. **Βγάλτε το εξάρτημα και φυσήξτε το με πεπιεσμένο αέρα ή βουρτσίστε το.**
- d. Ξέπλυμα του εξαρτήματος με νερό

- 9) Για την εκτύπωση κοίλων εξαρτημάτων που επαναλαμβάνονται στη στερεολιθογραφία:
- a. Το μοντέλο πρέπει να διαθέτει ανοίγματα μέσω των οποίων μπορεί να διαρρεύσει το μη διασυνδεδεμένο μονομερές
 - b. Το μοντέλο δεν πρέπει να έχει επιφάνειες διπλής κυρτότητας
 - c. Το μοντέλο πρέπει να είναι επίπεδο
 - d. Δεν είναι δυνατή η εκτύπωση κοίλου μοντέλου με στερεολιθογραφία
- 10) Τα εξαρτήματα που δημιουργούνται με διεργασίες πυροσυσσωμάτωσης με λέιζερ είναι:
- a. Λαμπερό και πυκνό
 - b. Πυκνό
 - c. Πορώδες
 - d. Διαβαθμισμένο

8.6 Αξιολόγηση, Ενότητα 6

- 1) Ποιο υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον;
- a. PVA
 - b. Μέταλλο
 - c. Νάιλον
 - d. PLA
- 2) Ποιο υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης έχει τη μεγαλύτερη αντοχή;
- a. ABS
 - b. PC
 - c. Ξύλο
 - d. PETG

- 3) Ποιο υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης ΔΕΝ είναι ανθεκτικό στη θερμότητα;
- ABS
 - HIPS
 - Νάιλον
 - PVA**
- 4) Η διαδικασία DMLS με ποιο υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης χρησιμοποιείται;
- PC
 - Ίνες άνθρακα
 - Μέταλλο**
 - Γραφίτης
- 5) Πώς μπορούμε να κάνουμε το πλαστικό ισχυρότερο;
- Χρήση θερμαινόμενης βάσης
 - Χρήση ινών άνθρακα ως τελική επίστρωση**
 - Χρήση διαδικασίας θερμοδιαμόρφωσης
 - Βυθίστε το σε νερό
- 6) Εάν το αντικείμενο που θέλετε να αναπτύξετε πρέπει να είναι λεπτομερές, ποιο υλικό είναι καλύτερο να χρησιμοποιήσετε;
- PLA
 - HIPS
 - ABS
 - Νάιλον**

7) Ποιο υλικό τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι σχετικό με την εικόνα



- a. ABS
- b. PVA
- c. PC
- d. HIPS

8) Ποιο από τα υλικά τρισδιάστατης εκτύπωσης είναι συνήθως σύνθετο υλικό;

- a. Πλαστικό
- b. Μέταλλο
- c. Ξύλο
- d. Γραφίτης

9) Ποιο είναι το πιο συνηθισμένο υλικό που χρησιμοποιείται για την τρισδιάστατη εκτύπωση;

- a. Πλαστικό
- b. Μέταλλο
- c. HIPS
- d. Νάιλον

10) Με τη χρήση ποιου υλικού, οι κατασκευαστές μπορούν να μειώσουν τον αριθμό των βημάτων που απαιτούνται για τη συναρμολόγηση ηλεκτρομηχανικών συσκευών;

- a. Αγωγίμο καρβονόμορφο
- b. Γραφίτης
- c. Ανοξείδωτο χάλυβα
- d. Τιτάνιο

8.7 Αξιολόγηση, Ενότητα 7

- 1) Η μορφή STL ορίζει:
 - a. Την υφή ενός αντικειμένου σε τρεις διαστάσεις
 - b. Το χρώμα ενός αντικειμένου σε τρεις διαστάσεις
 - c. Τις διαστάσεις ενός αντικειμένου σε τρεις διαστάσεις
 - d. Την γεωμετρία της επιφάνειας ενός αντικειμένου σε τρεις διαστάσεις

- 2) Το STL είναι μια αριθμητική αναπαράσταση που αποτελείται από:
 - a. Ένα ψηφιδωτό τριγώνων, καθένα από τα οποία έχει γνωστή τη θέση των τριών κορυφών του
 - b. Ένα ψηφιδωτό από κύβους, καθένας από τους οποίους έχει γνωστή τη θέση των τεσσάρων ακμών των κορυφών του.
 - c. Ένα ψηφιδωτό από σφαίρες, καθεμία από τις οποίες έχει γνωστή τη θέση του κέντρου της.
 - d. Ένα ψηφιδωτό από τετράεδρα, καθένα από τα οποία έχει γνωστή τη θέση των τεσσάρων ακμών του.

- 3) Η στρέβλωση είναι ένα συνηθισμένο πρόβλημα στην τρισδιάστατη εκτύπωση- συμβαίνει όταν το πρώτο στρώμα του λιωμένου πλαστικού ψύχεται πολύ γρήγορα και αρχίζει να συστέλλεται προκαλώντας την υποχώρηση των γωνιών του μοντέλου προς τα πάνω. Ποια από τις παρακάτω επιλογές δεν αποτελεί πιθανή λύση του προβλήματος;
 - a. Χρήση θερμαινόμενης κλίνης εκτύπωσης
 - b. Αύξηση της πρόσφυσης του πρώτου στρώματος στην πλάκα εκτύπωσης
 - c. Χρήση θερμαινόμενης κλίνης εκτύπωσης
 - d. Βεβαιωθείτε ότι το επίπεδο της πλάκας δόμησης είναι καλά βαθμονομημένο

- 4) Ποια από τα παρακάτω αποτελούν ενδείξεις ότι η θερμοκρασία εκτύπωσης είναι πολύ χαμηλή:
- Τα κομμάτια που εκτυπώνονται σε PLA έχουν πολύ γυαλιστερή επιφάνεια
 - Κακή πρόσφυση στρώματος**
 - Υπερβολική διαρροή ενώ το ακροφύσιο είναι ακίνητο
 - Φούσκες ή θολότητα σε εξωθημένα νήματα ή επίσης ξηρό νήμα
- 5) Ποιο από τα παρακάτω λογισμικά επιτρέπει την επισκευή αρχείου STL;
- Paint 3D
 - Blender**
 - Netflix
 - Cura
- 6) Τι συνεπάγεται η χρήση του λογισμικού STL;
- Ο ορισμός όλων των παραμέτρων εκτύπωσης ανάλογα με το αντικείμενο και τον εκτυπωτή**
 - Καλύτερη ανάλυση του τρισδιάστατου μοντέλου
 - Καθορίζει το χρώμα του αντικειμένου προς εκτύπωση
 - Καθορίζει το γεωμετρικό σχήμα του αντικειμένου που πρόκειται να εκτυπωθεί.
- 7) Όταν πρέπει να εκτυπώσετε πολλαπλά μέρη, τι πρέπει να ελέγξετε;
- Την θερμοκρασία εξώθησης
 - Την θερμοκρασία της πλάκας
 - Το χρώμα του νήματος
 - Το σχετικό μέγεθος των κομματιών**
- 8) Αυξάνοντας την ταχύτητα εκτύπωσης, παίρνετε ...
- Υψηλότερη ποιότητα του τελικού προϊόντος

b. Χαμηλότερη ποιότητα του τελικού προϊόντος

c. Υψηλότερο ύψος στρώματος

d. Χαμηλότερο ύψος στρώματος

9) Αφού ολοκληρωθούν όλες οι λειτουργίες ρύθμισης, τι αντιπροσωπεύει το παραγόμενο αρχείο G-Code;

a. Μόνο οδηγίες για τη ρύθμιση της θερμοκρασίας εξώθησης

b. Μόνο οδηγίες για την αποθήκευση των στρωμάτων

c. Ολόκληρο το σύνολο των οδηγιών για τη ρύθμιση του εκτυπωτή και την εναπόθεση των στρωμάτων

d. Έναν τρόπο για να εκτελέσετε ένα διαγνωστικό τεστ εκτυπωτή

10) Ποια χαρακτηριστικά του αντικειμένου προς εκτύπωση δεν μπορούν να καθοριστούν από το λογισμικό CURA;

a. Ύψος στρώματος

b. Πάχος εξωτερικού στρώματος

c. Χρώμα

d. Πάχος νήματος