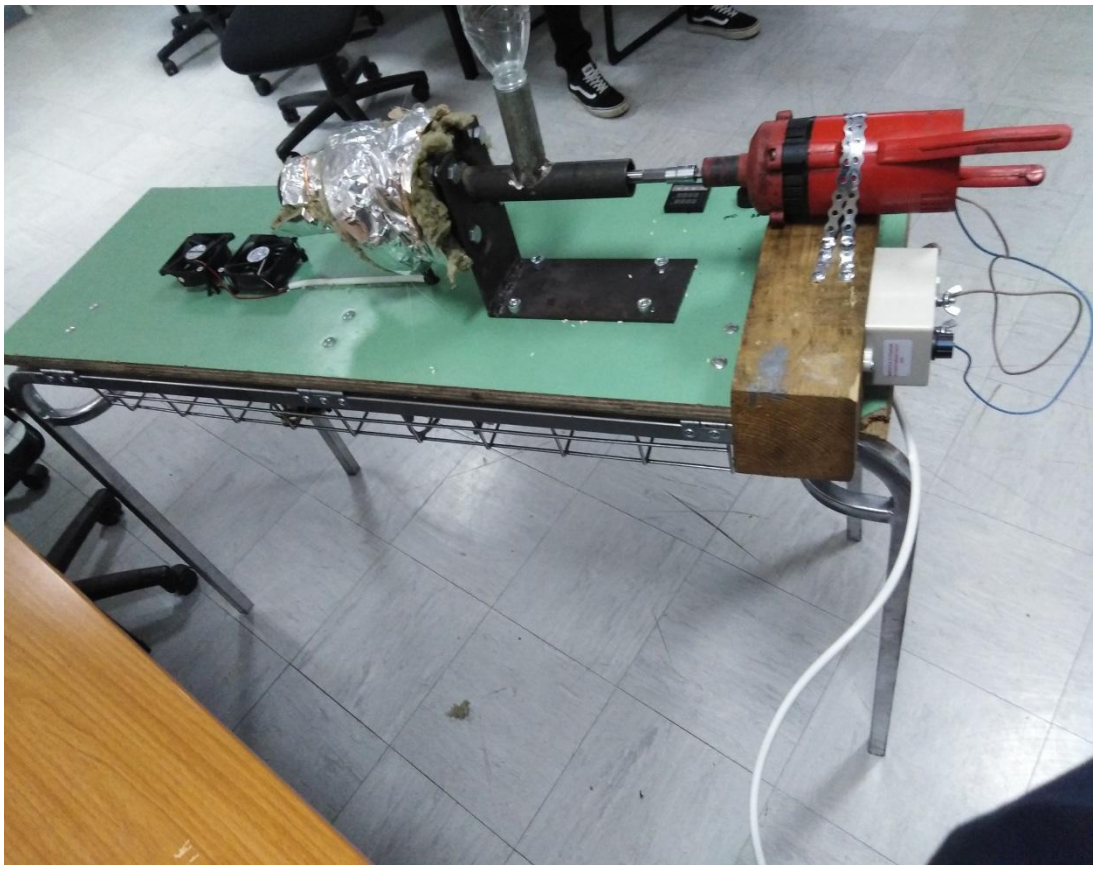
ΧΑΝΙΑ 2020

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗΣ, ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ & ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΕΞΩΘΗΤΗΡΑ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ 3Δ ΕΚΤΥΠΩΣΗ



Φοιτητές
α) Ιωάννου Δημήτριος
β) Κόκκοτας Κωνσταντίνος

Επιβλέπων: Δρ. Μηχ. Μαραβελάκης Εμμανουήλ, Αναπληρωτής Καθηγητής
Νικόλαος Μπολανάκης

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε από τους φοιτητές Ιοάννου Δημήτριος και Κόκκοτα Κωνσταντίνου του ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ – ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗΣ, ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΩΝ & ΑΥΤΟΜΑΤΙΣΜΩΝ κατά το ακαδημαϊκό έτος 2020.

Αρχικά θέλουμε να ευχαριστήσουμε πολύ τους Δρ. Μηχ. Μαραβελάκης Εμμανουήλ, Αναπληρωτής Καθηγητής Νικόλαο Μπολανάκη για την καθοδήγηση τους και τον χρόνο που αφιέρωσαν για την υλοποίηση της κατασκευής.

Ακόμα θέλουμε να ευχαριστήσουμε το ίδρυμα για την παραχώρηση του μηχανολογικού εργαστηρίου που χρειάστηκε για την επεξεργασία κάποιων εξαρτημάτων. Στην συνέχεια τον άνθρωπο που μας βοήθησε με τα ηλεκτρολογικά λόγο το ότι δεν είχαμε τις απαραίτητες γνώσεις.

Τέλος να ευχαριστήσουμε τις οικογένειες μας που μας υποστήριξαν σε όλη την πορεία της πτηχειακής.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τοπρώτοκεφάλαιοαναφέρετε στο τι είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση και ποια είναι η ιστορία της μέχρι σήμερα. Υστέρα αναλύθηκαν η τεχνολογίες της τρισδιάστατης εκτυπώσεις. Στην συνεχεία παρουσιάζονται διαφορετικών ειδών εξωθητήρες που μελετήθηκαν και βοήθησαν, ώστε να υλοποιηθεί ο παρακάτω εξωθητήρας. Τέλος αναλύθηκαν πολύ συνοπτικά τα υλικά 3Δ εκτυπώσεις και τα θετικά που έχει η κατασκευή ενός εξωθητή.

Στο δεύτεροκεφάλαιοπαρουσιάστηκαν όλα τα μηχανολογικά και ηλεκτρολογικάμέρη του εξωθητήρα που χρησιμοποιήθηκαν. Ακόμααναλύθηκαν το καθένα από αυτά πολύ συνοπτικά για τον λόγο που διαλέχτηκε. Τέλος έγινε περιγραφή της διαδικασίας κατασκευής του μηχανολογικοί και ηλεκτρολογικού σκέλους.

Στο τρίτο κεφάλαιο αναλύθηκε η αρχή λειτουργιάς του συγκεκριμένου εξωθητήρα και στην συνεχεία έγιναν η πρώτες δόκιμες παράγωγης νήματος για 3Δ εκτυπωτές.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρθηκαν τα σφάλματα και η δυσκολίες που εμφανίστηκαν κατά την διαδικασία υλοποίησης του και μετέπειτα αναφέρθηκαν προτάσεις για την μελλοντική χρήση που μπορούν να βοηθήσουν για την καλύτερη λειτουργία του εξωθητήρα.

ABSTRACT

The first chapter mentions what 3D printing is and what its history is to date. The technologies of 3D printing are then analyzed. The following are different types of extruders that were studied and helped to implement the following extruder. Finally, the 3D printing materials and the positive aspects of the construction of an extruder are analyzed very briefly.

The second chapter presents all the mechanical and electrical parts of the extruder that were used. You also analyze each of them very briefly for the reason chosen. Finally, the construction process of the mechanical and electrical part was described.

In the third chapter, the principle of operation of this extruder was analyzed and then the first thread production tests for 3D printers were made.

The fourth chapter reported the errors and difficulties that occurred during the implementation process and then reported suggestions for future use that can help improve the operation of the extruder.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή **9**

1.1 Τι είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση 9

1.2 Ιστορική Ανάδρομη 10

1.3 Τεχνολογίες 3Δ εκτύπωσης 15

1.3.1 Fused Deposition Modeling - FDM 15

1.3.2 Stereolithography - SLA 16

1.3.3 SelectiveLaserSintering - SLS 17

1.3.4 Electron Beam Melting - EBM 18

1.3.5 Digital Light Processing - DLP 19

1.3.6 Binder Jetting - BJ 20

1.3.7 Material Jetting – MJ 21

1.4 Κατασκευές που παράγουν την πρώτη υλη για 3Δ εκτυπωτές 22

1.4.1 Κυρία εξαρτήματα και παράμετροι έλεγχου ενός εξωθητή 22

1.4.2 Υπάρχουσες κατασκευές 23

1.4.2.1 Μοντέλα μηχανών Extrusion και Extrusionpro: 23

1.4.2.2 Μοντέλο μηχανής FelFilEvo: 24

1.4.2.3 Μοντέλομηχανής LYMAN FILAMENT EXTRUDER V3 25

1.5 Υλικά 3Δ Εκτύπωσης 27

1.5.1 Πολυμερή Θερμοπλαστικά 28

1.5.2 Τύποι θερμοπλαστικών για 3Δ Εκτυπωτές 29

1.5.2.1 Πολυολεφίνες (HDPE, LDPE, PP) 29

1.5.2.2 Στυρενικές (PS,ABS,HIPS) 32

1.5.2.3 Βινύλια (PVC) 34

1.5.2.4 Πολυεστέρες (PET, PLA) 35

1.5.2.5 Πολυαιθέρες (PC) 37

1.5.3 Διαφορές PLA και ABS 38

1.5.4 Μορφές πώλησης των πολυμερών θερμοπλαστικών 39

1.5.5 Συνεισφορά εξωθητήρα και ανακύκλωση 40

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Τα μέρη του εξωθητήρα και η κατασκευή του **41**

2.1 Σκοπός της κατασκευής του εξωθητήρα 41

2.2 Μηχανολογικά μέρη εξωθητήρα 41

2.2.1 Αναλυτικά τα μηχανολογικά μέρη του εξωθητήρα 42

2.2.1.1 Βάση στήριξης κατασκευής 42
2.2.1.2 Σιδερένια βάση 43
2.2.1.3 Πλάκες θερμό διακοπής 43
2.2.1.4 Σιδερένιοι σωλήνες 44
2.2.1.5 Τα μέρη της κεφαλής του εμπρόσθιου σωλήνα 44
2.2.1.6 Μέσο μετάδοσης κίνησης 45
2.2.1.7 Τρυπάνι ξύλου 46
2.2.1.8 Χωνί υποδοχής πλαστικού 46
2.2.1.9 Μονωτικό υλικό για την θερμό διακοπή 47
2.1.1.10 Μονωτικό υλικό για την διατήρηση της θερμοκρασίας 47
2.2.1.11 Μεντεσέδες και ροδάκια 48
2.2.1.12 Βίδες, ροδέλες και παξιμάδια 48
2.3 Ηλεκτρολογικά μέρη εξωθητήρα 49
2.3.1 Αναλυτικά τα ηλεκτρολογικά μέρη του εξωθητήρα 49
2.3.1.1 Τροφοδοτικό ρεύματος 49
2.3.1.2 Μοτέρ 50
2.3.1.3 PID (Ελεγκτής θερμοκρασίας) 50
2.3.1.4 Ρελέ 51
2.3.1.5 Ηλεκτρικές αντιστάσεις 52
2.3.1.6 Μειωτήρας στρόφων 52
2.3.1.7 Ηλεκτρική ασφάλεια 53
2.3.1.8 Διακόπτες ρεύματος 53
2.3.1.9 Κουμπί πανικού 54
2.3.1.10 Καλώδιο εναλλασσόμενου ρεύματος 54
2.3.1.11 Θερμοζεύγος K 55
2.3.1.12 Ανεμιστήρες 55
2.4 Σχεδιάγραμμα ηλεκτρικού κυκλώματος 56
2.5 Κατασκευαστικό σκέλος εξωθητήρα 58
2.5.1 Μηχανολογικό σκέλος 58
2.5.1.1 Κατεργασία βάση στήριξης 58
2.5.1.2 Κατασκευή Σιδερένιας βάση 60
2.5.1.3 Επεξεργασία κεφαλής, ακροφύσιο και σιτάκι 62
2.5.1.4 Επεξεργασία Πλακών θερμό διακοπής και σιδερένιων σωλήνων 65

2.5.1.5 Τελικό στάδιο και συναρμολόγηση 70

2.5.2 Ηλεκτρολογικό σκέλος 74

2.5.2.1 Πρώτα σταδία ηλεκτρολογικού σκέλους 74

2.5.2.2 Τελευταία σταδία ηλεκτρολογικού σκέλους 78

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Λειτουργία και παραγόμενο υλικό 3Δ εκτύπωσης **81**

3.1 Αρχή λειτουργιάς του εξωθητήρα 81

3.2 Παραγόμενο νήμα 82

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συμπεράσματα **86**

4.1 Προβλήματα/δυσκολίες κατά την διαδικασία κατασκευής 86

4.2 Μελλοντικές προτάσεις για την βελτίωση της κατασκευής. 88

4.3 Συνοπτικά 90

4.4 Οδηγίες χρήσης 92

ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Μοντέλο 3Δ γηπέδου, για την παρακολούθηση αγώνων μπάσκετ από άτομα με πρόβλημα όρασης. 9
Εικόνα 2: Charles hull 10
Εικόνα 3: Ο πρώτος 3Δ εκτυπωτής μαζικής παράγωγης της εταιρίας 3D Systems 10
Εικόνα 4: Carl Deckard 11
Εικόνα 5: Η εταιρεία του ScottCrump 11
Εικόνα 6: Εκτύπωση οργάνων και ιστών στο Wake Forest Institute 12
Εικόνα 7: Ο εκτυπωτής RepRap Έκδοση 1.0 13
Εικόνα 8: Εκτυπωμένο αεροπλανάκι 13
Εικόνα 9: Το αυτ/το Urbee 14
Εικόνα 10: Τρισδιάστατη εκτυπωμένη κάρδια 14
Εικόνα 11: Τεχνολογία FDM 15
Εικόνα 12: Τεχνολογία SLA 16
Εικόνα 13: Τεχνολογία SLS 17
Εικόνα 14: Τεχνολογία EBM 18
Εικόνα 15: Τεχνολογία DLP 19
Εικόνα 16: Τεχνολογία BJ 20
Εικόνα 17:Τεχνολογία MJ 21
Εικόνα 18: Extrusion και Extrusion pro 23
Εικόνα 19: : FELFIL EVO ASSEMBLED και FELFIL EVO COMPLETE KIT 24
Εικόνα 20: Lyman Filament Extruder V3 25
Εικόνα 21: Κατανομή θερμοπλαστικών σε σχέση με τον όγκο παράγωγης ,την τιμή ,τις ιδιότητες και το είδος του θερμοπλαστικού. 28
Εικόνα 22: Εφαρμογές από HDPE 29
Εικόνα 23: Εφαρμογές από LDPE 30
Εικόνα 24: Εφαρμογές από PP 31
Εικόνα 25: Εφαρμογές από PS 32
Εικόνα 26: Εφαρμογές από ABS 33
Εικόνα 27: Εφαρμογές από PVC 34
Εικόνα 28: Εφαρμογές από PET 35
Εικόνα 29: Εφαρμογές από PLA 36
Εικόνα 30: Εφαρμογές από PC 37
Εικόνα 31: Σύγκριση PLA και ABS 38
Εικόνα 32: Μορφή νήματος και μορφή pellet 39
Εικόνα 33: Η διάφορα ανάμεσα σε μορφή νήματος και pellet 39
Εικόνα 34: Ανακύκλωση πλαστικού μετατροπή σε πρώτη ύλη 40
Εικόνα 35: Σχολικό θρανίο 42
Εικόνα 36: Σιδερένια βάση 43
Εικόνα 37: Πλάκες θερμό διακοπής 43

Εικόνα 38: Οπίσθιος και εμπρόσθιος σωλήνας 44
Εικόνα 39: κεφάλι, τάπες διαφορετικής διαμέτρου και σιτάκι 45
Εικόνα 40: Καρυδάκι 45
Εικόνα 41:Τρυπάνι ξύλου 46
Εικόνα 42: Χωνί υποδοχής πλαστικού 46
Εικόνα 43: Πετροβάμβακας 47
Εικόνα 44: Πετροβάμβακας με αλουμίνιο 47
Εικόνα 45: Μεντεσέδες ταφ 48
Εικόνα 46: Βίδες, ροδέλες και παξιμάδια 48
Εικόνα 47: Τροφοδοτικό ρεύματος 50
Εικόνα 48: Μοτέρ 50
Εικόνα 49: PID (Ελεγκτής θερμοκρασίας) 51
Εικόνα 50: Ρελέ και το κύκλωμα SSR 51
Εικόνα 51: Ηλεκτρικές αντιστάσεις 52
Εικόνα 52: Μειωτήρας στροφών 52
Εικόνα 53: Ηλεκτρική ασφάλεια 53
Εικόνα 54: Διακόπτες ρεύματος 53
Εικόνα 55: Κουμπί πανικού 54
Εικόνα 56: Καλώδιο εναλλασσόμενου ρεύματος 54
Εικόνα 57: Θερμοζεύγος K 55
Εικόνα 58: Ανεμιστήρες 55
Εικόνα 59: Λογότυπο FidoCAD 56
Εικόνα 60: Ηλεκτρικό κύκλωμα 56
Εικόνα 61: Αρχική μορφή σχολικού θρανίου 58
Εικόνα 62: Κατά την κατεργασία 59
Εικόνα 63: Τελική μορφή σχολικού θρανίου 59
Εικόνα 64: Αρχική μορφή σιδερένιας βάσης 60
Εικόνα 65: Επεξεργασία κάτω πλακάς 60
Εικόνα 66: Επεξεργασία κατακόρυφης πλακάς 61
Εικόνα 67: Συγκόλληση κάτω πλακάς και κάθετης 61
Εικόνα 68: Κόψιμο συμπιεσμένου σωλήνα 62
Εικόνα 69: Επεξεργασία της κεφαλής στον τόρνο 63
Εικόνα 70: Σπείρωμα οπίσθιου μέρους κεφαλής 63
Εικόνα 71: Εμπρόσθιο μέρος κεφαλής και ακροφύσια 64
Εικόνα 72: Επεξεργασία στο σιτάκι 64
Εικόνα 73: Κόψιμο πλακών 65
Εικόνα 74: Δημιουργία οπών 10mm 66
Εικόνα 75: Δημιουργία οπής 30mm 66
Εικόνα 76: Κόψιμο σωλήνων 67
Εικόνα 77: Συγκόλληση βάσης θερμοζεύγους K 67
Εικόνα 78: Δημιουργία σπειρώματος 68
Εικόνα 79: Δημιουργία οπής για την προώθηση θερμοπλαστικού 68
Εικόνα 80: Συγκόλληση βάσης χωνιού υποδοχής θερμό πλαστικού 69
Εικόνα 81: Συγκόλληση των σωλήνων πάνω στις πλάκες 69

Εικόνα 82: Ολοκλήρωση οπίσθιου και μπροστινού σωλήνα 70
Εικόνα 83: Άνοιγμα όπως στην μελαμίνη 71
Εικόνα 84: Τρόχισμα Κεφαλής τρυπανιού 71
Εικόνα 85: Τοποθέτηση μεντεσέδων 72
Εικόνα 86: Τοποθέτηση πετροβάμβακα 72
Εικόνα 87: Τοποθέτηση πετροβάμβακα αλουμινίου 73
Εικόνα 88: Τελικό αποτέλεσμα του μηχανολογικού σκέλους 73
Εικόνα 89: Εγκατάσταση μοτέρ 74
Εικόνα 90: Τοποθέτηση ροοστάτη 75
Εικόνα 91: Εγκατάσταση ανεμιστήρων 75
Εικόνα 92: Τοποθέτηση ηλεκτρικών αντιστάσεων (MIKA) και θερμοζεύγους K 76
Εικόνα 93: Τοποθέτηση των διακόπτων ρεύματος, το κουμπί πανικού και τον ελεγκτή θερμοκρασίας (PID) 76
Εικόνα 94: Τελικό αποτέλεσμα πάνω όψη ηλεκτρολογικών 77
Εικόνα 95: Τελικό αποτέλεσμα κάτω όψη ηλεκτρολογικών 78
Εικόνα 96: Τοποθέτηση ηλεκτρικής ασφάλειας 78
Εικόνα 97: Τοποθέτηση ρελέ 79
Εικόνα 98: Τοποθέτηση τροφοδοτικού 79
Εικόνα 99: Συνδεσμολογία πρώτο μέρος 80
Εικόνα 100: Συνδεσμολογία δεύτερο μέρος 80
Εικόνα 101: Τελικό στάδιο συνδεσμολογίας 81
Εικόνα 102: Εισαγωγή θερμοπλαστικού PLA 83
Εικόνα 103: Καθαρισμός θαλάμου επεξεργασίας 83
Εικόνα 104: Έλεγχος νήματος κατά την αρχή παράγωγης 84
Εικόνα 105: Έλεγχος νήματος μετά από λίγα λεπτά 84
Εικόνα 106: Επιθυμητή μέτρηση νήματος 85
Εικόνα 107: Παράγωγη νήματος τάξεως 1.71mm 85
Εικόνα 108: Προσπάθεια δημιουργίας οπής 87
Εικόνα 109: Διάλυση τρυπανιού σίδηρου 87
Εικόνα 110: Παράγωγη νήματος κατά της αρχικές δόκιμες 88
Εικόνα 111: Σύγκριση τρυπανιών 89
Εικόνα 112: Μικροελεγκτής τύπου arduino 89
Εικόνα 113: Κατασκευή για το τύλιγμα νήματος 90
Εικόνα 114: Ο εξωθητήρας ολοκληρωμένος 91
Εικόνα 115: Επιθυμητή διαμέτρου νήματος τάξεως 1.71mm 91

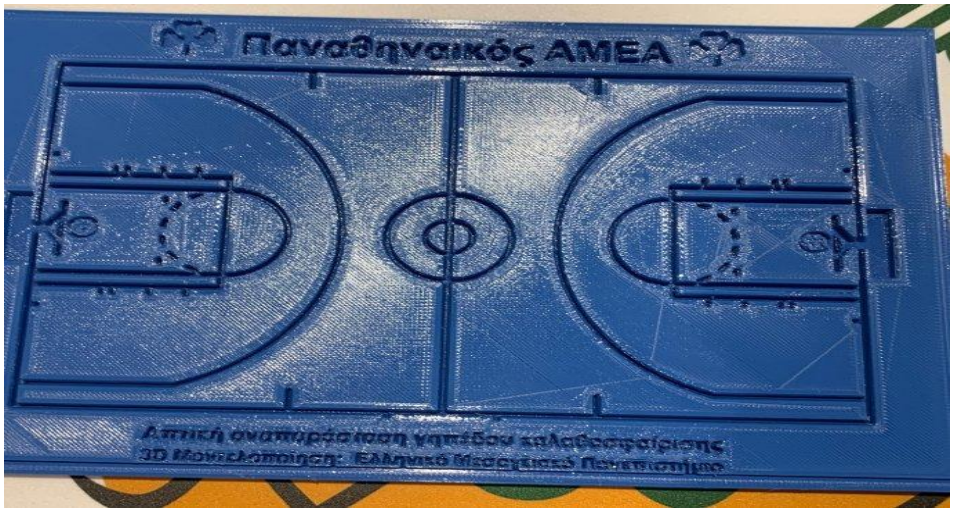
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγή

1.1 Τι είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση

Οι τρισδιάστατη Εκτυπωτές - 3Δ εκτυπωτές, χρησιμοποιήθηκαν για την τρισδιάστατη εκτύπωση και την κατασκευή τριών διαστάσεων στερεών αντικειμένων, που θα προέλθουν από ένα ψηφιακό αρχείο. Στον κλάδο του 3Δ εκτυπωτών υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι κατασκευής, με την πιο διαδεδομένη στην κατηγορία των οικιακών εκτυπωτών την μέθοδο της κατασκευής λιωμένου νήματος ή αλλιώς εναπόθεσης υλικού σε διαδοχικές στρώσεις (FusedFilamentFabrication).

Σύμφωνα με αυτή την μέθοδο ο 3Δ εκτυπωτής είναι ελεγχόμενος από έναν υπολογιστή που εκτελεί μια σειρά κινήσεων οι οποίες βασίστηκαν στο τρισδιάστατο σχέδιο του χρήστη. Το σχέδιο αυτό γίνεται σε προγράμματα σχεδίασης τρισδιάστατων αντικειμένων. Έτσι το υλικό που έχει τοποθετηθεί (πλαστικό, νάιλον κ.α) θερμαίνεται μέχρι να λιώσει και ο εκτυπωτής να μπορέσει να εναποθέσει μια λεπτή στρώση υλικού και να κατασκευάσει το αντικείμενο. Η κάθε στρώση που τοποθετείται, στερεοποιείται άμεσα. Η διαδικασία συνεχίζεται από το κάτω μέρος του αντικειμένου μέχρι και την κορυφή και στο τέλος υπάρχει ένα ανθεκτικό αντικείμενο το οποίο είναι η ακριβής εκτέλεση του τρισδιάστατου σχεδίου.

Στην (Εικόνα 1: Μοντέλο 3Δ γηπέδου, για την παρακολούθηση αγώνων μπάσκετ από άτομα με πρόβλημα όρασης.παρουσιάζετε ένα 3Δ μοντέλο γηπέδου,που σχεδιάστηκε στο εργαστήριο Σχεδομελέτης και Κατεργασιών του τμήματος Ηλεκτρονικών Μηχανικών του Ελληνικού Μεσογειακού Πανεπιστήμιου,και εκτυπώθηκε σε 3Δ εκτύπωση,ώστε να βοηθήσει άτομα με πρόβλημα στην όραση τους να “παρακολουθήσουν” έναν αθλητικό αγώνα μπάσκετ.



Εικόνα 1: Μοντέλο 3Δ γηπέδου, για την παρακολούθηση αγώνων μπάσκετ από άτομα με πρόβλημα όρασης.
Πηγή : https://www.ethnos.gr

1.2 Ιστορική Ανάδρομη

Ο 3Δ εκτυπωτής εφευρέθηκε στα 1982 από τον CharlesHull (Εικόνα2: Charles hullΤότε ο Hullείχε την ιδέα ότι αν μπορούσε να τοποθετήσει χιλιάδες λεπτά στρώματα πλαστικού το ένα πάνω από το άλλο και στη συνέχεια να χαράξει το σχήμα τους, χρησιμοποιώντας το φως, τότε θα ήταν σε θέση να σχηματίσει τρισδιάστατα αντικείμενα.
Μετά από ένα χρόνο, πειραματιζόμενος με τις ιδέες αυτές, ανέπτυξε ένα σύστημα όπου μια συμπυκνωμένη ακτίνα υπεριώδους φωτός, κινούμενη υπό τον έλεγχο ενός υπολογιστή, «χτυπά» την επιφάνεια ενός κάδου γεμάτο με υγρό φωτοπολυμερές και όπου «χτυπά», το υγρό αυτό μετατρέπεται σε έναν τύπο πλαστικού με σταθερή μορφή.



Εικόνα2: Charles hull
Πηγή: https://www.epo.org/learning-events/european-inventor/finalists/2014/hull.html

Το 1986 με 1987 αφούέχειαπόκτηση το δίπλωμαευρεσιτεχνίας, ίδρυσε την εταιρία“3DSystems” και δημιούργησε την πρώτη εμπορική μηχανή 3Δ εκτύπωσης (Εικόνα 3: Ο πρώτος 3Δ εκτυπωτής μαζικής παράγωγης της εταιρίας 3D Systems.Ακόμα την εποχή εκείνη ο όρος 3Δεκτυπωτής δεν χρησιμοποιούταν από το μηχάνημα και ονομαζόταν μόνο ως συσκευή στερεολιθογραφίας.



Εικόνα 3: Ο πρώτος 3Δ εκτυπωτής μαζικής παράγωγης της εταιρίας 3D Systems
Πηγή: https://www.itnetwork.cz/hardware-pc/3d-tisk/technologie-3d-tisk

OCarlDeckardto 1987 (Εικόνα 4: CarlDeckard, όποιος εργαζόταν στο πανεπιστήμιο του Τέξας, δημοσίευσε μια πατέντα ευρεσιτεχνίας μεθόδου 3Δ εκτύπωσης, την επιλεκτική σύντηξη με χρήση ακτινών λέιζερ (selectiveLaserSintering), η όποια εκδόθηκε το 1989.



Εικόνα 4: CarlDeckard
Πηγή: https://twitter.com/rapappgroup/status/1167107914005405696?lang

Ο ScottCrump το 1988, εφηύρε μία άλλη 3Δ μέθοδο εκτύπωσης, την Μοντελοποίηση εναπόθεσης τηγμένου υλικού (FusedDepositionModeling),η οποία αποτέλεσε το θεμέλιο την εταιρία που ίδρυσαν από κοινού με τη σύζυγό του, τη Λίζα Crump, ένα χρόνο αργότερα δημιουργήθηκε η Stratasys (Εικόνα 5: Η εταιρεία του ScottCrump. Η πατέντα εκδόθηκε το 1992.



Εικόνα 5: Η εταιρεία του ScottCrump
Πηγή: https://www.tctmagazine.com/3d-printing-news/stratasys-defends-3d-printing-patents/

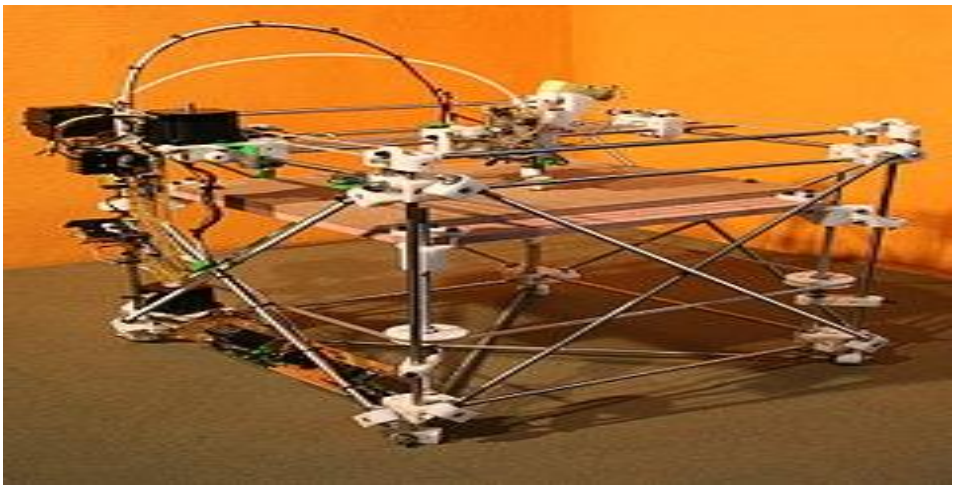
Το 1999 δημιουργείται το πρώτο όργανο που είναι καλλιεργημένο σε εργαστήριο. Ασθενείς νέοι σε ηλικία, υποβάλλονται σε αύξηση της ουροδόχου κύστης με χρήση ενός ικριώματος που έχει εκτυπωθεί τρισδιάστατα και έχει επικαλυφθεί από δικά τους κύτταρα. Η τεχνολογία αυτή αναπτύχθηκε από επιστήμονες στο Ινστιτούτο WakeForest για την αναγεννητική ιατρική και άνοιξε δρόμους για την ανάπτυξη άλλων στρατηγικών για την τρισδιάστατη εκτύπωση οργάνων. Δεδομένου ότι χρησιμοποιούνται τα κύτταρα του ασθενή, ο κίνδυνος της απόρριψης από τον οργανισμό, είναι ελάχιστος έως μηδενικός

Έπειτα, το 2002 κατασκευάστηκε ένα λειτουργικό νεφρό. Το νεφρό αυτό είχε την ικανότητα να φιλτράρει το αίμα και να παράγει αραιωμένα ούρα σε ζώο. Αυτή η εφεύρεση συνετέλεσε στην διεξαγωγή ερευνών στο WakeForestInstitute για την εκτύπωση οργάνων και ιστών.



Εικόνα 6: Εκτύπωση οργάνων και ιστών στο WakeForestInstitute
Πηγή: https://www.pinterest.es/pin/531776668476877270/

Ο Δρ. AdrianBowyerτο 2005 από το Πανεπιστήμιο του Bath ιδρύει την RepRap (Εικόνα 7: Ο εκτυπωτής RepRap Έκδοση 1.0, ένα projectανοιχτού κώδικα για την κατασκευή ενός 3Δ εκτυπωτή χαμηλού κόστους, οποίος θα ήταν σε θέση να εκτυπώσει τα περισσότερα από τα δικά του πλαστικά εξαρτήματα. Στις 13 Σεπτεμβρίου 2006 ο πρωτότυπος RepRap 0.2 εκτύπωσε με επιτυχία το πρώτο εξάρτημα του εαυτού του. Στις 9 Φεβρουαρίου 2008, ο RepRap 1.0 κατασκεύασε με επιτυχία τουλάχιστον πάνω από τα μισά του μέρη.



Εικόνα 7: Ο εκτυπωτής RepRap Έκδοση 1.0
Πηγή: https://all3dp.com/history-of-the-reprap-project/

Το 2011 το Πανεπιστήμιο Southampton κατασκευάστηκε το πρώτο τρισδιάστατο εκτυπωμένο μη επανδρωμένο αεροπλανάκι (Εικόνα 8: Εκτυπωμένο αεροπλανάκισε επτά ημέρες και προϋπολογισμό £5,000. Έχει άνοιγμα φτερών δύο μέτρα, τελική ταχύτητα περίπου 160 χιλιόμετρα την ώρα, πετάει σχεδόν αθόρυβα και διαθέτει έναν μικροσκοπικό αυτόματο πιλότο.



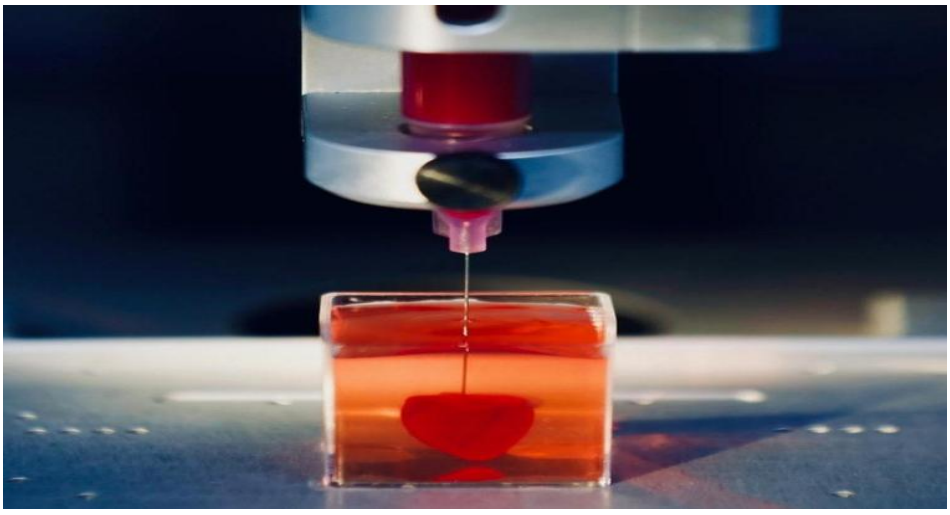
Εικόνα 8: Εκτυπωμένο αεροπλανάκι
Πηγή: https://indianexpress.com/article/technology/social/engineers-test-fly-3d-printed-aircraft-in-uk/

Επίσης την ίδια χρονιά δημιουργήθηκε από την καναδικήεταιρίαkorecologicto πρώτο 3Δόχημα (Εικόνα 9: Το αυτ/το Urbee. Με στόχο να είναι ένα οικονομικό και φιλικό προς το περιβάλλον όχημα για καθημερινοί χρήση. Επιπλέων από μακροσκελή σχεδία της εταιρίας η τιμή του θα κυμαίνετε περίπου στα 15.000$.Τέλος το όχημα μετά από αρκετές δόκιμες που έγιναν έδειξε εντυπωσιακά αποτελέσματα οικονομίας.



Εικόνα 9: Το αυτ/το Urbee
Πηγή: https://www.bbc.com/news/technology-15007018

Το 2014 oRichardArm (MScSmartDesign, ερευνητής στο πανεπιστήμιο του Νοττινγκχαμ της Μεγάλης Βρετανίας) δημιουργεί την πρώτη τρισδιάστατα εκτυπωμένη καρδιά (Εικόνα 10: Τρισδιάστατη εκτυπωμένη κάρδια, προκειμένου να ενισχύσει τη δυνατότητα έρευνας και την πειραματική χειρουργική.



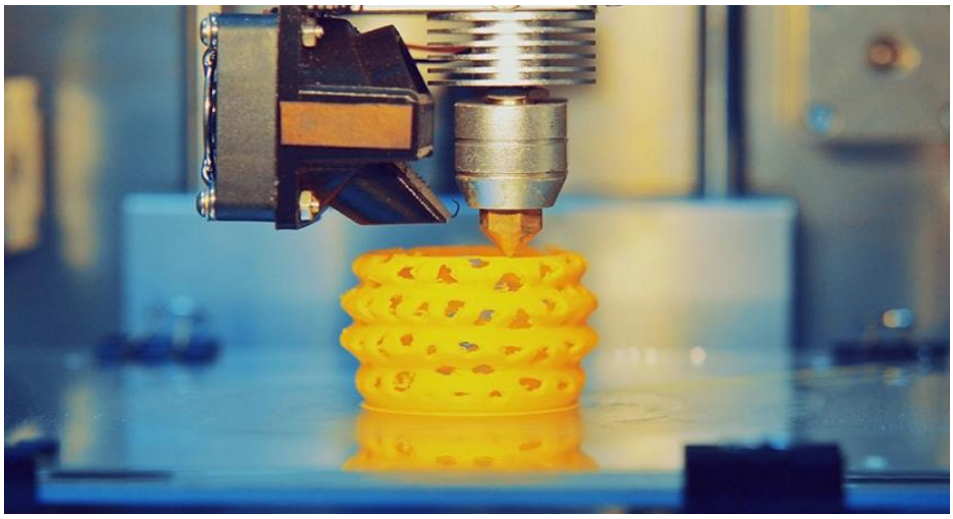
Εικόνα 10: Τρισδιάστατη εκτυπωμένη κάρδια
Πηγή: https://plus.queen.gr/video/story/543/h-proti-3d-printed-kardia

1.3 Τεχνολογίες 3Δ εκτύπωσης

Η λογική της τρισδιάστατης εκτύπωσης παραμένει η ίδια σε όλα τα είδη των τεχνολογιών που υπάρχουν: τα αρχεία (*.stl ή *.obj) δημιουργούνται ή ανοίγονται με τη βοήθεια ενός ειδικού λογισμικού (όπως π.χ. το πρόγραμμα ανοιχτού κώδικα Cura) εισάγονται στον εκτυπωτή και αυτός «τεμαχίζει» το μοντέλο σε οριζόντιες ξεχωριστές διατομές, οι οποίες εκτυπώνονται διαδοχικά – η μία πάνω στην άλλη – για να σχηματίσουν το τελικό αντικείμενο.
Ωστόσο, οι τεχνολογίες της τρισδιάστατης εκτύπωσης διαφέρουν μεταξύ τους ως προς τον τρόπο εναπόθεσης του υλικού και την επεξεργασία του σε στρώματα.
Αυτή τη στιγμή υπάρχουν αρκετές τεχνολογίες όπως (FDM, SLA, SLS, EBM, DLP, BINDERJETTING, MATERIALJETTING).

1.3.1 FusedDepositionModeling- FDM

Η τεχνολογία FDM (**Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.** βασίζεται στην τήξη και την προγραμματισμένη εναπόθεση μιας λεπτής ίνας θερμοπλαστικού υλικού για τον σχηματισμό αλλεπάλληλων στρώσεων, οι οποίες θα δημιουργήσουν το τελικό αντικείμενο. Είναι η πιο ευρέως διαδεδομένη τεχνολογία και για αυτήν αναπτύσσονται συνεχώς νέα υλικά, τα οποία προσδίδουν στα αντικείμενα συγκεκριμένες ιδιότητες και χαρακτηριστικά.
Τα παραγόμενα αντικείμενα διακρίνονται για την ανθεκτικότητά τους και τις περισσότερες φορές είναι έτοιμα προς χρήση, χωρίς να απαιτείται κάποια πρόσθετη επεξεργασία, ωστόσο, υστερούν στο σχηματισμό πολύ λεπτών χαρακτηριστικών και στο βαθμό λεπτομέρειας που μπορούν να αποτυπώσουν.



Εικόνα 11: Τεχνολογία FDM
Πηγή: https://www.3dnatives.com/en/fused-deposition-modeling100420174/

1.3.2 Stereolithography - SLA

Η τεχνολογία SLA (**Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.** επιτυγχάνεται μέσω του φωτοπολυμερισμού πολύ λεπτών στρώσεων υγρών ρητινών (εποξικών η ακρυλικών), οι οποίες στερεοποιούνται με την βοήθεια υπεριώδους φωτός.
Παράγει αντικείμενα εξαιρετικής ποιότητας, ακρίβειας και λεπτομέρειας σε τέτοιο βαθμό ώστε τις περισσότερες φορές είναι δύσκολο να διακρίνεις εάν το αντικείμενο είναι κάποιο «τελικό προϊόν» και όχι ένα εκτυπωμένο μοντέλο. Σημαντικό ρόλο παίζει και η επιλογή της ρητίνης που θα χρησιμοποιηθεί, η οποία προσδίδει στο αντικείμενο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά όπως π.χ. αυξημένη αντοχή, ελαστικότητα κ.ο.κ.
Η εκτύπωση μέσω στερεολιθογραφίας γίνεται συνήθως ανάποδα και είναι υψηλότερης ανάλυσης από ότι αυτή ενός κλασικού 3D εκτυπωτή. Με αυτό τον τρόπο παίρνει μορφή και ενσωματώνεται η κάθε μια στρώση πάνω στην άλλη, σχηματίζοντας το φυσικό αντίγραφο του ψηφιακού μοντέλου.
Το μόνο «πρόβλημα» με αυτήν την τεχνολογία είναι ότι είναι ακόμα αρκετά ακριβή. Ανάλογα με τις απαιτήσεις του χρήστη, η τιμή ενός καλού SLA 3D εκτυπωτή ξεκινά από τα 2000 ευρώ και με ευκολία μπορεί να ξεπεράσει ακόμα και τα 5000 ευρώ!



Εικόνα 12: Τεχνολογία SLA
Πηγή: https://formlabs.com/blog/ultimate-guide-to-stereolithography-sla-3d-printing/

1.3.3SelectiveLaserSintering- SLS

Η τεχνολογία SLS (**Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.** χρησιμοποιεί μια κονιοποιημένη πρώτη ύλη, τυπικά ένα πολυμερές. Η σκόνη αποθηκεύεται σε ένα δοχείο, όπου μια λεπίδα επαναβαφής διανέμει ένα λεπτό στρώμα υλικού στην περιοχή κατασκευής. Ένα υψηλής ισχύος λέιζερ συνδέει τα μικρά σωματίδια του υλικού μαζί, για να σχηματίσουν ένα ενιαίο οριζόντιο στρώμα των δεδομένων CAD. Ο περιεκτικότης μετακινείται έπειτα σε ένα κλάσμα ενός χιλιοστού για να ξεκινήσει μια νέα στρώση και μια λεπίδα επαναβαφής μετατοπίζεται στην περιοχή κατασκευής για να αποθέσει ένα νέο στρώμα πρώτης ύλης. Η μη χρησιμοποιημένη σκόνη ανακυκλώνεται με κοσκίνισμα και ανάμιξη της σκόνης που έχει κοσκινιστεί με αχρησιμοποίητη σκόνη. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι να σχηματιστεί ένα πλήρες αντικείμενο.

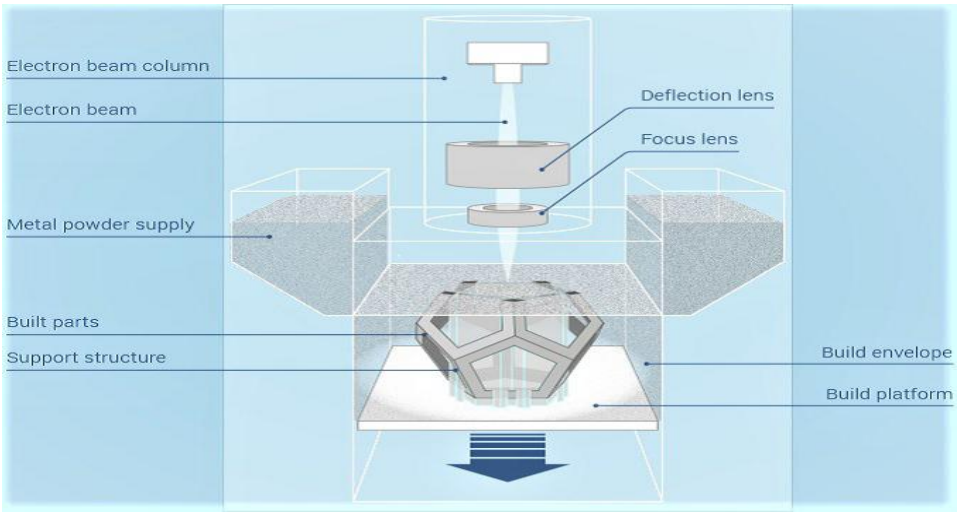


Εικόνα 13: Τεχνολογία SLS
Πηγή: https://thes3d.gr/sls-vs-sla-vs-fff/

1.3.4 ElectronBeamMelting- EBM

Η τεχνολογία EBM (**Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.** χρησιμοποιεί ένα θερμαινόμενο νήμα βολφραμίου εκπέμπει ηλεκτρόνια σε υψηλή ταχύτητα, τα οποία στη συνέχεια ελέγχονται από δύο μαγνητικά πεδία, ένα πηνίο εστίασης (focus coil) και ένα πηνίο εκτροπής (deflectioncoil). Το πηνίο εστίασης ενεργεί ως ένας μαγνητικός φακό και εστιάζει την δέσμη στην επιθυμητή διάμετρο, ενώ το πηνίο εκτροπής εκτρέπει την εστιασμένη δέσμη στο επιθυμητό σημείο σάρωσης του στρώματος σκόνης. Όταν τα υψηλής ενέργειας ηλεκτρόνια χτυπήσουν το στρώμα σκόνης, η κινητική τους ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια η οποία τήκει τη σκόνη. Κάθε στρώμα κρεβατιού σκόνη σαρώνεται σε δύο στάδια, το στάδιο της προθέρμανσης και το στάδιο της τήξης. Στην προθέρμανση, μία υψηλής ενέργειας δέσμης με μια υψηλή ταχύτητα σάρωσης χρησιμοποιείται για την προθέρμανση του στρώματος σκόνης με πολλαπλά περάσματα. Στην τήξη, μια χαμηλή ενέργειας δέσμης με μία χαμηλή ταχύτητα σάρωσης χρησιμοποιείται για την τήξη της σκόνης. Όταν η σάρωση ένα στρώματος ολοκληρωθεί, η πλατφόρμα χτισίματος χαμηλώνει, μια νέα στρώση σκόνης υλικού απλώνεται και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρι τον σχηματισμό του εξαρτήματος.

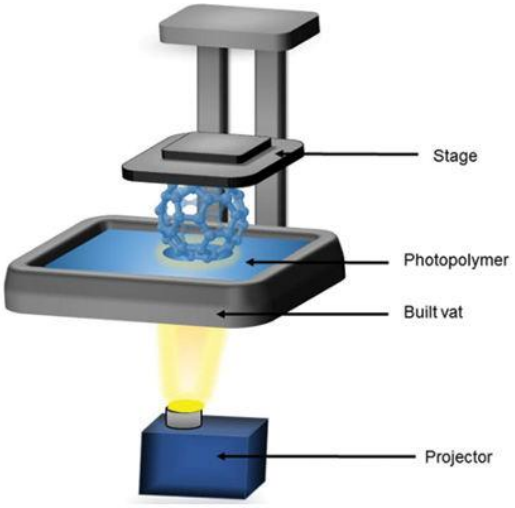
Η μέθοδος αυτή μπορεί να παράγει πλήρως πυκνά μεταλλικά μέρη, με καλές μηχανικές ιδιότητες και να διατηρεί τα χαρακτηριστικά του υλικού. Θεωρείται μια πολύ αποδοτική διαδικασία με μικρότερο ενεργειακό κόστος.



Εικόνα 14: Τεχνολογία EBM
Πηγή:https://www.additively.com/en/learn-about/electron-beam-melting

1.3.5 DigitalLightProcessing - DLP

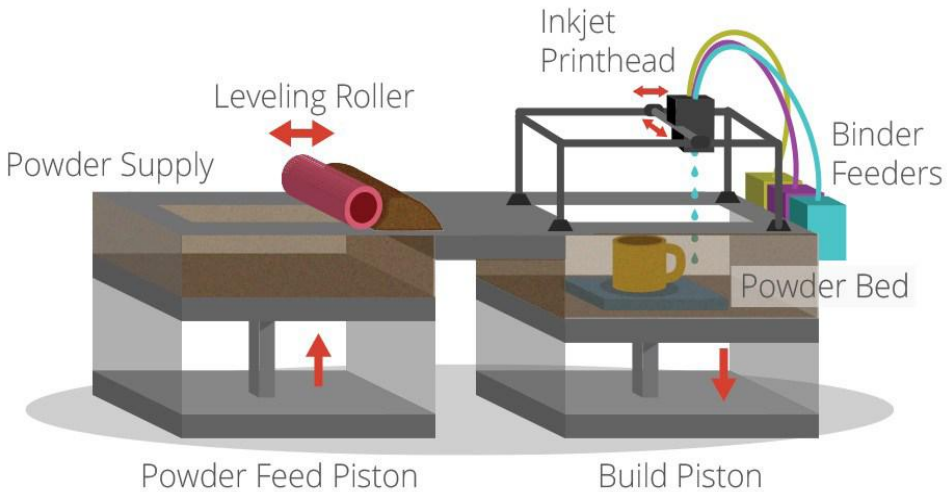
Η τεχνολογία DLP (**Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.** χρησιμοποιεί μια δεξαμενή υγρού πολυμερούς εκτίθεται σε φως από ένα προβολέα DLP υπό ασφαλείς συνθήκες φωτισμού. Ο προβολέας DLP εμφανίζει την εικόνα του μοντέλου 3D πάνω στο υγρό πολυμερές. Το εκτεθειμένο υγρό πολυμερές σκληραίνει και η πλάκα κατασκευής κινείται προς τα κάτω και το υγρό πολυμερές για μια ακόμη φορά εκτίθεται στο φως βάση του ψηφιακού μοντέλου. Η διαδικασία επαναλαμβάνεται έως ότου το μοντέλο 3D είναι πλήρης και η δεξαμενή αποστραγγίζεται από το υγρό, αποκαλύπτοντας το στερεοποιημένο μοντέλο.
Ένα πλεονέκτημα της DLP έναντι της SLA είναι ότι απαιτείται ρηχή δεξαμενή με ρητίνη που διευκολύνει τη διαδικασία, η οποία οδηγεί γενικά σε λιγότερα απόβλητα και χαμηλότερο κόστος λειτουργίας. Η DLP 3D εκτύπωση είναι πολύ γρήγορη διαδικασία λόγω της ενιαίας στρώσης που δημιουργείται με μία μοναδική ψηφιακή εικόνα και μπορεί να εκτυπώσει αντικείμενα με υψηλότερη ανάλυση.
Η DLP χρησιμοποιείται συνήθως για να δημιουργήσει εξαιρετικά λεπτομερή έργα τέχνης, μη λειτουργικά πρωτότυπα, και μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία καλουπιών σε εφαρμογές χύτευσης.



Εικόνα 15: Τεχνολογία DLP
Πηγή:https://3dsourced.com/3d-printing-technologies/digital-light-processing-dlp/

1.3.6 Binder Jetting - BJ

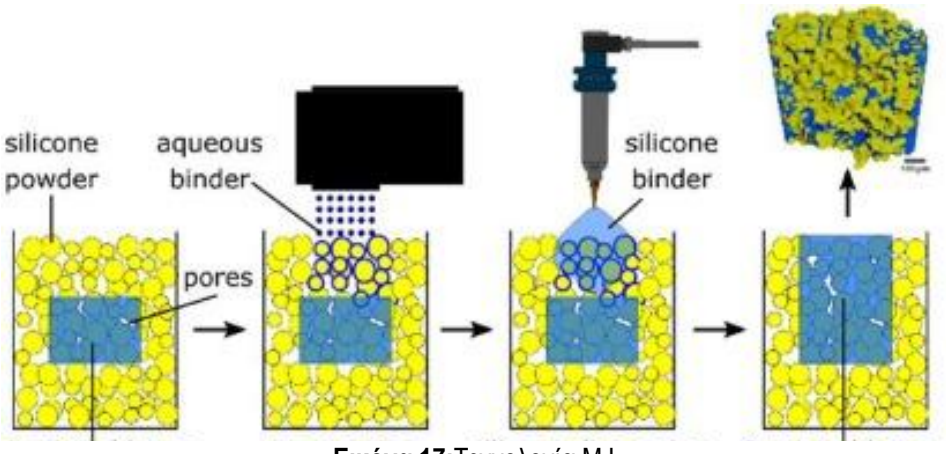
ΗτεχνολογίαBJ (Εικόνα 16: Τεχνολογία BJδιανέμει, χρησιμοποιώντας ρολό, ένα λεπτό στρώμα σκόνης υλικού επάνω σε μια πλατφόρμα κατασκευής. Τα ακροφύσια των κεφαλών εκτύπωσης εφαρμόζουν ένα συγκολλητικό υγρό, όπου απαιτείται, σύμφωνα με το μοντέλο. Η πλατφόρμα κατασκευής χαμηλώνει κατά ένα επίπεδο (όσο και το πάχος στρώματος (layer) του μοντέλου. Το επόμενο στρώμα της σκόνης τοποθετείται στην κορυφή και πραγματοποιείται συγκόλληση των σωματιδίων μεταξύ τους. Επαναλαμβάνοντας τη διαδικασία τοποθέτησης σκόνης και συγκόλληση της, τα τμήματα δημιουργούνται μέσα σε πισίνα σκόνης υλικού. Το κομμάτι χτίζεται στρώμα πάνω από το προηγούμενο στρώμα. Η μέθοδος αυτή είναι παρόμοια με το παραδοσιακό χαρτί εκτύπωσης. Το συνδετικό υλικό λειτουργεί όπως το μελάνι που κινείται κατά μήκος του στρώματος σκόνης, που σαν το χαρτί, αποτελεί το τελικό προϊόν .
Η κατηγορία αυτή δεν απαιτεί οποιεσδήποτε δομές στήριξης, δεδομένου ότι η εναπομένουσα σκόνη είναι το υλικό στήριξης. Η διαδικασία απαιτεί περαιτέρω επεξεργασία με τεχνικές όπως χρήση ηλεκτρικής σκούπας για της απορρόφηση της περίσσειας σκόνης ή χρησιμοποιώντας συμπιεσμένο αέρα. Δεν χρησιμοποιεί θερμότητα κατά τη διάρκεια της διαδικασία κατασκευής.



Εικόνα 16: Τεχνολογία BJ
Πηγή:https://3dprintingindustry.com/news/ge-teases-details-prototype-h1-binder-jet-3d-printer-126072/

1.3.7 MaterialJetting – MJ

ΣτηντεχνολογίαMJ (**Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.**MultiJetFusion (MJF).Είναι μια διαδικασία κατά την οποία τα υλικά κατασκευής (ρητίνη ή κερί σε υγρή ή ρευστή κατάσταση) επιλεκτικά ψεκάζονται από πολλαπλά ακροφύσια. Σε αυτή τη διαδικασία, το υλικό εφαρμόζεται σε σταγονίδια μέσα από ακροφύσιο μικρής διαμέτρου, παρόμοια με τον τρόπο που ένας κοινός inkjet εκτυπωτής χαρτιού λειτουργεί, μόνο που εφαρμόζεται στρώμα με στρώμα. Με την ολοκλήρωση του στρώματος ακτίνες UV σκληραίνουν το υλικό. Αυτά τα στρώματα έχουν πολύ λεπτό πάχος στρώσης, που ανάλογα με το μηχάνημα κυμαίνεται μεταξύ 16μm και 28μm και δημιουργούνται προσθετικά για να δημιουργηθεί ένα 3D μοντέλο. Τα μοντέλα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα χωρίς επιπλέον επεξεργασία. Μαζί με το επιλεγμένο υλικό κατασκευής, ψεκάζεται ένα υλικό υποστήριξης με μορφή τζελ διευκολύνοντας την επιτυχή εκτύπωση πολύπλοκων γεωμετριών. Το υλικό υποστήριξης μπορεί να αφαιρεθεί εύκολα με πίεση νερού. Η διαδικασία αυτή επιτρέπει την ταυτόχρονη εναπόθεση ποικιλία υλικών, πράγμα που σημαίνει ότι ένα εξάρτημα μπορεί να παραχθεί από διαφορετικά υλικά εκτύπωσης με διαφορετικά χαρακτηριστικά και ιδιότητες. Έτσι είναι σε θέση να κατασκευάζει λειτουργικά συγκροτήματα, μειώνοντας την ανάγκη για πολλαπλά συναρμολογήματα.
Μπορούν να εκτυπώνονται μοντέλα με ιδιότητες πολύ κοντινές σε πλαστικές ύλες βιομηχανικών εφαρμογών και με αντοχή σε μεγάλες θερμοκρασίες έως και 80°C. Παρουσιάζουν μεγάλη ανθεκτικότητα, πολύ καλή ακρίβεια και εξαιρετικά λείες επιφάνειες. Επιτρέπεται η περεταίρω επεξεργασία όπως βαφή, επιμετάλλωση, διάτρηση, χάραξη και μηχανοποίηση. Προσφέρει διάφορες ιδιότητες όπως παλέτα πλήρους χρώματος, ελαστικότητα, σκληρότητα, αγωγιμότητα, αντοχή στον εφελκυσμό, στην θλίψη και στην θερμική αντίδραση.



Εικόνα 17:Τεχνολογία MJ
Πηγή:https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214860418300083

1.4Κατασκευές που παράγουν την πρώτη υλη για 3Δ εκτυπωτές

Οι 3Δ εκτυπωτές για να δημιουργήσουν ότι ιδέα έχει σκεφτείο άνθρωπος(π.χ.ένα τρισδιάστατοπόδι,αεροπλάνο κ.α.)χρειάζεται να υπάρχει η βασικήυλη που χρησιμοποιεί ο κάθε 3Δεκτυπωτής.Για αυτό τον λόγο έχουν κατασκευαστή ειδικέςμηχανέςεξωθήτων για την παράγωγη νήματος που χρησιμοποιούν οι περισσότεροι από αυτούς.
Η μηχανές εξωθήτων παράγονται από διαφορές εταιρίες για επαγγελματική η οικιακή χρήση.

1.4.1Κυρία εξαρτήματα και παράμετροι έλεγχου ενός εξωθητή

Στον παρακάτωπινάκαπαρουσιάζονταιοι πληροφορίες που χρειάζονται για την κατασκευή ενός εξωθητήρα:

ΒΑΣΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΕΞΩΘΗΣΗΣ
• Κοχλίας/τρυπάνι εξώθησης • Θάλαμος εξώθησης(extruder barrel) • Θάλαμος τροφοδοσίας(feed barrel) • Παροχή ρεύματος • Θερμαντικά στοιχειά (heating elements) • Κινητήρας • Ακροφύσιο • Κομπλέρ αξόνων τρυπανιού-κινητήρα	• Μονωτές θερμότητας (θαλάμου εξώθησης και μόνωσης μεταξύ θαλάμου εξώθησης και θαλάμου τροφοδοσίας • Σύστημα οδήγησης νήματος (pullerroller) • Σύστημα ψύξης νήματος	• Έλεγχος διαμέτρου νήματος • Ακροφύσιο • PID ελεγκτής θερμοκρασίας • Θερμοζεύγη • Έλεγχος θερμοκρασίας ανά ζώνη • Ταχύτητα εξώθησης

Πίνακας 1: Βασικές πληροφορίες για το εσωτερικό και εξωτερικό ενός εξωθητήρα

1.4.2 Υπάρχουσες κατασκευές

1.4.2.1Μοντέλα μηχανών Extrusion και Extrusionpro:

ODaveharkens δημιούργησε δυο αξιόπιστες μηχανές extruder(Εικόνα18: Extrusion και Extrusion προπου μπορούν να λειτουργούν για αρκετή ώρα παράγοντας νήμα για 3Δ εκτυπωτές .

:



Εικόνα18: Extrusion και Extrusion pro
Πηγή: https://onearmy.github.io/academy/build/extrusion

Στον παρακάτω πινάκα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των δυο εξωθητήρων :

Μοντέλα	**Extrusion**	**Extrusion pro**
Βάρος	35 kg	110 kg
Διάμετρος	500 x 1020 x 1120 mm	1500 x 600 x 1550 mm
Κόστος	+/- 500€	+/- 2000€
Τάση	380V	400V
AMP	5.8A	16A
Μέγεθοςβίδας	26 x 600 mm wood drill	30x 790 mm plastic screw

Πινάκας 2: Τα βασικά χαρακτηρίστηκα των δυο μηχανών

Το πλαστικό που χρησιμοποιούν είναι διαφόρων τύπων. Κάθε πλαστικός τύπος έχει τις δικές του ιδιότητες και συμπεριφορές (εύκαμπτο, σκληρό, υγρό κ.λπ.). Τα υλικά με μεγάλο εύρος θερμοκρασίας τήξης είναι ευκολότερα στην εργασία. Προτείνουμε να ξεκινήσετε με PP, HDPE, LDPE ή PS, καθώς απαιτούν λιγότερη ακρίβεια θερμοκρασίας. Η θερμοκρασία που πρέπει να υπάρχει ανάλογα το πλαστικό που εισέρχεται στη μηχανή δίνετε στις πληροφορίες που έχουν στης ιστοσελίδα τους .

Η σημαντικές διαφορές που έχει ο extrusionpro με την απλή έκδοση extrusion και για αυτό υπάρχει και τόση μεγάλη διάφορα στο κόστος είναι :

1. Η βίδα ExtruderPro έχει σχεδιαστεί για να λειτουργεί με πολλούς τύπους πλαστικών. Αυτό θα σας κάνει να εργάζεστε με διαφορετικό είδος πλαστικού σε μικρές παρτίδες.
2. Έχει σχεδιαστεί να είναι πολύ πιο πολυσθενές από άλλα βιομηχανικά μηχανήματα, επιτρέποντάς σας να εξάγετε σε καλούπια, σχήματα, διαφορετικά ακροφύσια.
3. Έχει μεγαλύτερη βίδα που δίνει μεγαλύτερη απόδοση.
4. Η βελτιστοποιημένη σχεδίαση βιδών φέρνει ένα ομοιογενές τήγμα για πλαστικό καλύτερης ποιότητας.
5. Βελτιωμένη σχεδίαση ρουλεμάν για την υποστήριξη αξόνων αξονικής και ακτινικής εξώθησης.
6. Ευκολότερη συναρμολόγηση και συντήρηση.
7. Συνολικά ισχυρότερα και δοκιμασμένα συστατικά.
8. Ένα ασφαλέστερο και ευκολότερο στην κατασκευή ηλεκτρονικό κουτί.
9. Διαθέτει μεγαλύτερη μονωμένη χοάνη που επιτρέπει καλύτερη ρευστότητα.

1.4.2.2 Μοντέλο μηχανής FelFilEvo:

Η μηχανή (Εικόνα19:: FELFIL EVO ASSEMBLED και FELFIL EVO COMPLETE KITείναι δημιουργία της εταιρίας Felfil που από εκείπηρέ το όνομα της.Η FelFilEvo υπάρχει στην αγορά για το εύρη κοινό και υπάρχει και συναρμολογούμενη έκδοση που έχει λιγότερο κόστος.Ακόμα ο εξωθητήρας αυτός χρησιμοποιείτε για ποιο μικρή παράγωγη νήματος λόγο των ιδιοτήτων της.Ο σημαντικότερος ρόλος που δεν μπορεί να παράγει πολύ μεγάλη ποσότητα νήματος είναι ότι δεν μπορεί να δουλεύει πολλές ώρες συνεχόμενα .



Εικόνα19:: FELFIL EVO ASSEMBLED και FELFIL EVO COMPLETE KIT
Πηγή: https://felfil.com/felfilevo-filament-extruder/?v=f214a7d42e0d

Στον παρακάτω πινάκα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των δυο εξωθητήρων :

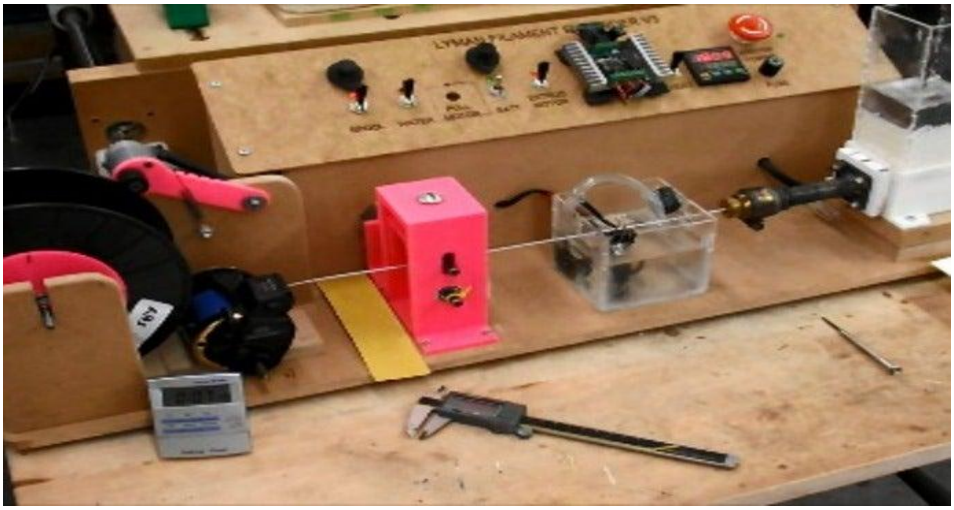
Μοντέλο	**FelFilEvo**
Βάρος	5 kg
Διάμετρος	350 x 180 x 108 mm
Κόστος	720€ συναρμολογημένο, 600€ όχι συναρμολογημένο
Θερμοπλαστικά επεξεργασίας	PLA, ABS, HIPS, PETG, PA(6,12), PMMA, HDPE, LDPE110
Τάση	- 230 V
Παραγόμενο νήμα	1,75mm- 2,85 επιλογής
Μεγίστη θερμοκρασία	250°C

Πινάκας 3: Τα βασικά χαρακτηρίστηκα της μηχανής

1.4.2.3Μοντέλομηχανής LYMAN FILAMENT EXTRUDER V3

Ο Εξωθητήρας (Εικόνα20: Lyman Filament Extruder V3είναι μια ερασιτεχνική κατασκευή του HughLyman η όποια έχει ενσωματωμένα πάνω της κάποιες εξάρτημα που κάνουν ποιο εύκολη την διαδικασία νήματος,ώστε να υπαρχή καλύτερο αποτέλεσμα
Τα εξαρτήματα αυτά είναι :

- Έχει ψύξη του νήματος και με ανεμιστήρα και με νερό που πέφτει πάνω του για ποιο γρήγορη ψύξη.
- Έχει ένα παχύμετρο μετά το σημείο ψύξης ελέγχει την διάμετρο του νήματος
- Στο τέλος της κατασκευής υπαρχή αυτόματη περιστροφή του νήματος ώστε να μαζεύετε ομοιόμορφα



Εικόνα20: Lyman Filament Extruder V3
Πηγή:https://gr.pinterest.com/pin/365636063492274474/?autologin=true

Στον παρακάτω πινάκα παρουσιάζονται τα χαρακτηριστικά των δυο εξωθητήρων :

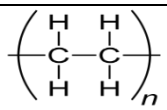
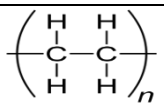
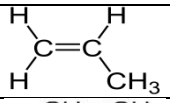
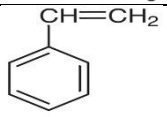
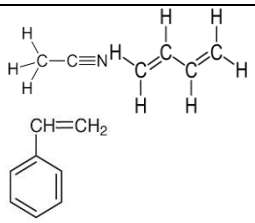
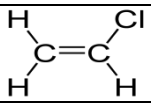
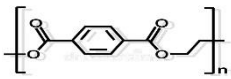
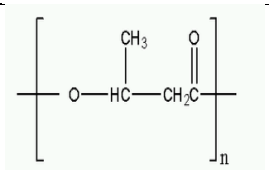
Μοντέλο	**Lyman Filament Extruder V3**
Κόστος	650€
Παραγόμενονήμα	1,75mm
Μεγίστηθερμοκρασία	180°C
Ρυθμός παράγωγης	1.83g/min
Δοκιμασμένα πλαστικά	ABS
Τύπος βίδας	Wood drill

Πινάκας 4: Τα βασικά χαρακτηρίστηκα της μηχανής :

1.5 Υλικά 3Δ Εκτύπωσης

Τα υλικά που χρησιμοποιούνταισήμερα στις 3Δ Εκτυπώσεις είναι παράπολλά στην ποικιλία τους. Το κάθε υλικό έχει ξεχωριστά της δίκες του ιδιότητες του και αυτός είναι και ο τρόπος για την επιλογή του σωστού υλικό κατά την 3Δ εκτύπωση.
Τα υλικά εκτυπώσεις χωρίζονται σε κατηγορίες αναλόγως της ιδιότητες του.

Στον παρακάτω πινάκα αναλύονται συνοπτικά η κατηγορίες που ανήκει το κάθε υλικό:

ΠΟΛΥΜΕΡΕΣ			
ΟΜΑΔΑ	ΟΝΟΜΑ	ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΑ	ΔΟΜΗ ΜΟΝΟΜΕΡΟΥΣ
Πολυολεφίνες	Πολυαιθυλενίουχαμηλή πυκνότητα	LDPE	
	Πολυαιθυλενίουυψηλή πυκνότητα	HDPE	
	Πολυπροπυλένιο	PP	
Στυρενικές	Πολυστυρενιο	PS	
	ακρυλονιτρίλιοβουταδιένιοστυρένιο	ABS	
	πολυστυρένιο υψηλής αντοχής	HIPS	
Βινύλια	πολυβινυλοχλωρίδιου	PVC	
Πολυεστέρες	πολυαιθυλένιο τερεφθαλικό	PET	
	πολυγαλακτικό οξύ	PLA	

Πολυαιθέρες	πολυανθρακικό	PC	

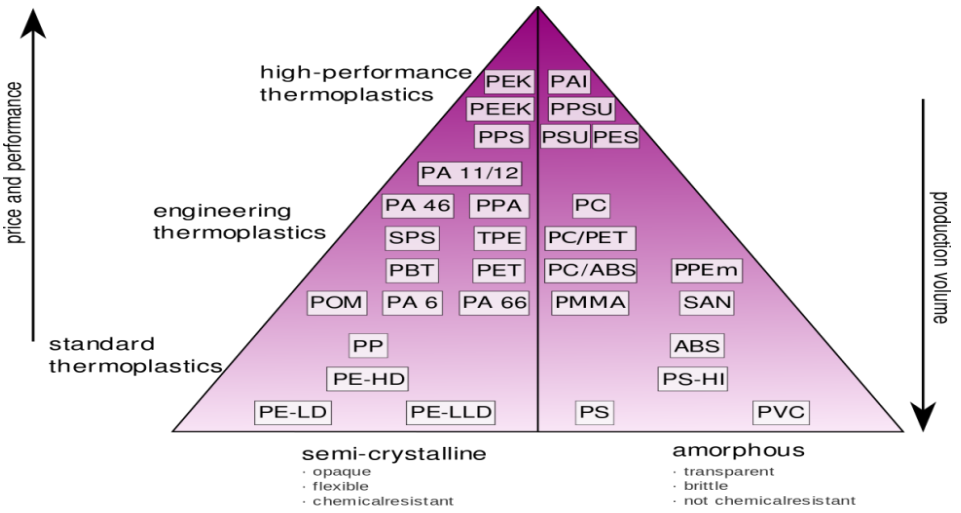
Πινάκας 5 :Σημαντικά θερμοπλαστικά

1.5.1ΠολυμερήΘερμοπλαστικά

Τα θερμοπλαστικάπολυμερή είναι μια μεγάληκατηγορίαπολυμερών με ευρείαχρήση στην βιομηχανία. Τα υλικά αυτά παίρνουν το όνομα τους από την πιο σημαντικήιδιότητατους που σχετίζεται με την θερμική τους συμπεριφορά. Κατά τη παροχή θερμότητας τα θερμοπλαστικά μαλακώνουν και είναι εύπλαστα έως και υγρά αναλόγως τη θερμοκρασία . Στη συνεχεία αν ψηχθεί το υλικό θα στερεοποιηθεί στο σήμα που βρίσκεται .Η διαδικασία αυτή στα θερμοπλαστικά μπορεί να επαναληφθεί θεωρητικά άπειρες φορές που σημαίνει πως είναι ανακυκλώσιμα.

Τα θερμοπλαστικά πολυμερή έχουν καταστήσει τον κόσμο των πλαστικών καθώς εκτιμάται πως αποτελούν 80-85% των παραγόμενων πλαστικών διεθνώς.

Στην παρακάτω (Εικόνα 21: Κατανομή θερμοπλαστικών σε σχέση με τον όγκο παράγωγης ,την τιμή ,τις ιδιότητες και το είδος του θερμοπλαστικού.παρουσιάζει διάφορα θερμοπλαστικά σε μια πυραμίδα χωρισμένη σε δυο τμήματα (ημικρυσταλλικά, άμορφα). Όσο πιο κοντά στην βάση της πυραμίδας βρίσκεται το πλαστικό τόσο μεγαλύτερο όγκο παράγωγης έχει στην βιομηχανία . Αντίστροφα, όσο υψηλοτέρα στην πυραμίδα είναι το υλικό ,τόσο ακριβότερο και υψηλότερης επίδοσης είναι.



Εικόνα 21: Κατανομή θερμοπλαστικών σε σχέση με τον όγκο παράγωγης ,την τιμή ,τις ιδιότητες και το είδος του θερμοπλαστικού.
Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/High-performance_plastics

1.5.2 Τύποι θερμοπλαστικών για 3Δ Εκτυπωτές

Τα πολυμερές θερμοπλαστικά χωρίζονται σε ορισμένες ομάδεςοι οποίες θα αναφερθούν παρακάτω:

1.5.2.1 Πολυολεφίνες(HDPE, LDPE, PP)

- **Οι ιδιότητες και η εφαρμογές μεταξύ HDPE και LDPE:**

HDPE και LDPE είναι δύο κατηγορίες πολυαιθυλενίου που έχουν χημικό τύπο (C2 H4) n. Ορισμένεςδιαφορέςπου έχουν είναι λόγο των μηχανικών ιδιοτήτωντους όπως η κρυσταλλική δομή, το μέγεθος και η φύση της διακλάδωσης και το μοριακό βάρος.

HDPE (Εικόνα 22: Εφαρμογές από HDPE**:**Έχει πολυμερές επένδυσης και χαμηλότερο βαθμό διακλάδωσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα μόρια που πρόκειται να συσκευασθούν πιο κοντά και οι ενδομοριακοί δεσμοί είναι ισχυρότεροι από ότι σε πολύ διακλαδισμένα πολυμερή .Η απουσία διακλάδωσης οδηγεί επίσης σε υψηλότερη πυκνότητα και κάπως υψηλότερη χημική αντίσταση από το LDPE. Με υψηλή αντοχή στον εφελκυσμό, το HPDE χρησιμοποιείται σε προϊόντα όπως δοχεία απορριμμάτων, παιδικά παιχνίδια, σωλήνες νερού, κανάτες και βάζα καθώς και συσκευασίες όπως κανάτες γάλακτος, μπανιέρες βουτύρου και μπουκάλια απορρυπαντικών.



Εικόνα 22: Εφαρμογές από HDPE
Πηγή: http://www.dartmouth

LDPE (Εικόνα 23: Εφαρμογές από LDPE**:** Ένα διακλαδισμένο πολυμερές, το LDPE συντίθεται από αιθυλένιο με καταλυτική διαδικασία. Η πιο διακλαδιστική φύση έχει ως αποτέλεσμα μόρια που συσκευάζουν ακανόνιστα και οι ενδομοριακοί δεσμοί είναι ασθενέστεροι από ότι σε πολύ γραμμικά πολυμερή όπως το HDPE. Με χαμηλή αντοχή σε εφελκυσμό, το LDPE χρησιμοποιείται σε προϊόντα όπως πλαστικές σακούλες και περιτύλιγμα μεμβράνης καθώς και συσκευασίες όπως φιάλες νερού, δοχεία αποθήκευσης τροφίμων, φιάλες διανομής και πλαστικές μπανιέρες.



Εικόνα 23: Εφαρμογές από LDPE
Πηγή: http://www.dartmouth

Στον παρακάτω πινάκα φαίνονται αναλυτικά οι διαφορές του HDPE με το LDPE :

HDPE	LDPE
Υψηλής πυκνότητας.	Χαμηλής πυκνότητας.
Μπορεί να συμπιεστεί, και είναι λιγότερο ευέλικτο και ισχυρότερο.	Είναι δύσκολο να συμπιεστεί και είναι ελαφρύ και εύκαμπτο.
Έχει υψηλές κρυσταλλικές και χαμηλής περιεκτικότητας σε άμορφη περιοχή (περισσότερο από 90% κρυσταλλική).	Έχει χαμηλές κρυσταλλικές και υψηλά άμορφες περιοχές (λιγότερο από 50-60% κρυσταλλική).
Είναι πιο άκαμπτο Η απουσία διακλάδωσης οδηγεί επίσης σε υψηλότερη πυκνότητα και κάπως υψηλότερη χημική αντίσταση.	
Υψηλότερο σημείο τήξης 135 ° C.	Χαμηλότερο σημείο τήξης 115 °.
Η πυκνότητα μπορεί να κυμαίνεται από 0. 95-. 97 g / cm3.	Η πυκνότητα μπορεί να κυμαίνεται από 0. 91-0. 94 g / cm3.
Το ειδικό βάρος είναι 0. 95.	Το ειδικό βάρος είναι 0. 92.
Είναι ισχυρότερο και σκληρότερο.	Είναι λιγότερο ισχυρό και ασθενέστερο.
Είναι πιο άκαμπτο.	Είναι πιο εύκαμπτο.

Πινάκας 6 : Διαφορετικά φυσικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά του HDPE και LDPE

- **Ιδιότητες και εφαρμογές του PP:**

Το πολυμερές PP (Εικόνα 24: Εφαρμογές από PPέχει την ονομασία Πολυπροπυλένιο και χημικό τύπο (C3 H6) n. Η πυκνότητα του είναι 0,946 g / cm3 , σημείο τήξης 165° C και το βάρος μονομερούς 42.1 g/mol .
Το PP είναι σκληρό, εύκαμπτο, ελαφρύ, χημικά ανθεκτικό και ασφαλές για τα τρόφιμα, γεγονός που μπορεί να εξηγεί ότι χρησιμοποιείται σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, συμπεριλαμβανομένων των πλαστικών μηχανικής, συσκευασίας τροφίμων, υφασμάτων. Δυστυχώς, ως τύπος νήματος 3Δ εκτυπωτή, το PP είναι γνωστό ότι είναι δύσκολο να εκτυπωθεί, παρουσιάζοντας βαριά στρέβλωση. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα ο περισσότερος κόσμος να προτιμήσει το PLA,δεδομένων των ισχυρότερων μηχανικών και χημικών ιδιοτήτων του.



Εικόνα 24: Εφαρμογές από PP
Πηγή: http://www.dartmouth

1.5.2.2 Στυρενικές (PS,ABS,HIPS)

- **Ιδιότητες και εφαρμογές του PS:**

Το πολυμερές PS (Εικόνα 25: Εφαρμογές από PSέχει την ονομασία Πολυστυρενιο και χημικό τύπο (C8 H8) n. Η πυκνότητα του είναι 0,96-1,04 g / cm3, σημείο τήξης 240° C και το βάρος μονομερούς 104.1g/mol .
Το PS είναι ένα διαυγές, άμορφο, μη πολικό είδος υλικού που μπορεί εύκολα να μεταποιηθεί και να μετατραπεί σε μεγάλο αριθμό ημικατεργασμένων προϊόντων όπως αφροί, μεμβράνες και φύλλα. Όσον αφορά τον όγκο, είναι ένα από τα μεγαλύτερα χρησιμοποιημένα πλαστικά λόγω των ιδιοτήτων του όπως:

1. Έχει μεγάλη αντοχή στην πρόσκρουση και τη θερμότητα.
2. Αυτά τα πολυμερή είναι ένας καλός ηλεκτρικός μονωτήρας με εξαιρετική οπτική διαύγεια.
3. Το PS έχει ισχυρή χημική αντοχή στα αραιωμένα οξέα και βάσεις.
4. Είναι ένα παχύρρευστο υγρό πάνω από τη θερμοκρασία του γυαλιού που επιτρέπει την εύκολη κατασκευή σε μεγάλο αριθμό τελικών προϊόντων.
5. Είναι εύκολα επεκτάσιμη και επιτρέπουν καλή ροή.
6. Αυτά τα υλικά είναι έντονα επιβραδυντικά της φύσης.

Το PS είναι μια φτηνή και εύκολα διαθέσιμη μορφή του πολυμερούς. Χρησιμοποιείται για πολλές εφαρμογές όπως ηλεκτρονικά, ιατρικά, οπτικά, εξαρτήματα αυτοκινήτων και συσκευασία αναλωσίμων. Ένας μεγάλος αριθμός αγαθών που παράγονται με τη χρήση PS αποτελείται από χύτευση με έγχυση, συμπεριλαμβανομένων σκευών για σκεύη, κύπελλα, θήκες για CD, καλλυντικά δοχεία και καλύμματα κλπ.



Εικόνα 25: Εφαρμογές από PS
Πηγή: https://www.thestar.com.my/lifestyle/living/2017/08/29/recyclable-plastics-types

- **Ιδιότητες και εφαρμογές του ABS:**

Το πολυμερές ABS(Εικόνα 26: Εφαρμογές από ABSέχει την ονομασία ακρυλονιτρίλιοβουταδιένιοστυρένιο και χημικό τύπο (C8 H8 · C4 H6 · C3 H 3N) n. Η πυκνότητα του είναι 1,06-1,08 g / cm3, το σημείο τήξης του είναι άμορφο και το βάρος μονομερούς 211.3 g/ mol.

Πρόκειται για ένα τριπολυμερές που αποτελείται από τρία διαφορετικά μονομερή. Πρόκειται για μια κοινή θερμοπλαστική ρητίνη και συχνά μπορεί να ικανοποιήσει τις απαιτήσεις ιδιοκτησίας σε λογική τιμή που πέφτει μεταξύ τυποποιημένων και κατασκευασμένων ρητινών. Είναι σκληρό και άκαμπτο και έχει καλή χημική αντοχή.

Τα τρία μονομερή που εμπλέκονται στο σχηματισμό του διαδραματίζουν διαφορετικό ρόλο στην απόδοση του υλικού όπως το ακρυλονιτρίλιο παρέχει χημική και θερμική σταθερότητα στο πολυμερές, το βουταδιένιο ενισχύει την σκληρότητα και τη δύναμή του και το στυρενιο του δίνει ένα τελικό ωραίο και γυαλιστερό φινίρισμα.



Εικόνα 26: Εφαρμογές από ABS
Πηγή:https://www.bluegrowth.org/Plastics_Waste_Toxins_Pollution/ABS_Acrylonitrile

Το ABS είναι ανθεκτικό – αντέχει σε υψηλά επίπεδα πίεσης και θερμοκρασίας. Είναι επίσης μέτρια εύκαμπτο. Μαζί αυτές οι ιδιότητες καθιστούν το ABS ένα καλό νήμα γενικής χρήσης για 3Δ, αλλά εκεί που υπερτερεί πραγματικά είναι σε αντικείμενα που συχνά χρησιμοποιούνται, πέφτουν ή θερμαίνονται. Παράδειγμα, θήκες τηλεφώνου, παιχνίδια υψηλής φθοράς, λαβές εργαλείων, εξαρτήματα περιποίησης αυτοκινήτου και θήκες ηλεκτρονικών πλακετών.

- **Ιδιότητες και εφαρμογές του HIPS:**

Το πολυμερές HIPS έχει την ονομασία πολυστυρένιο υψηλής αντοχής .Είναι ένα συμπολυμερές που συνδυάζει τη σκληρότητα του πολυστυρενίου και την ελαστικότητα του ελαστικού και βρίσκεται συνήθως σε προστατευτικές συσκευασίες ,όπως θήκες CD.

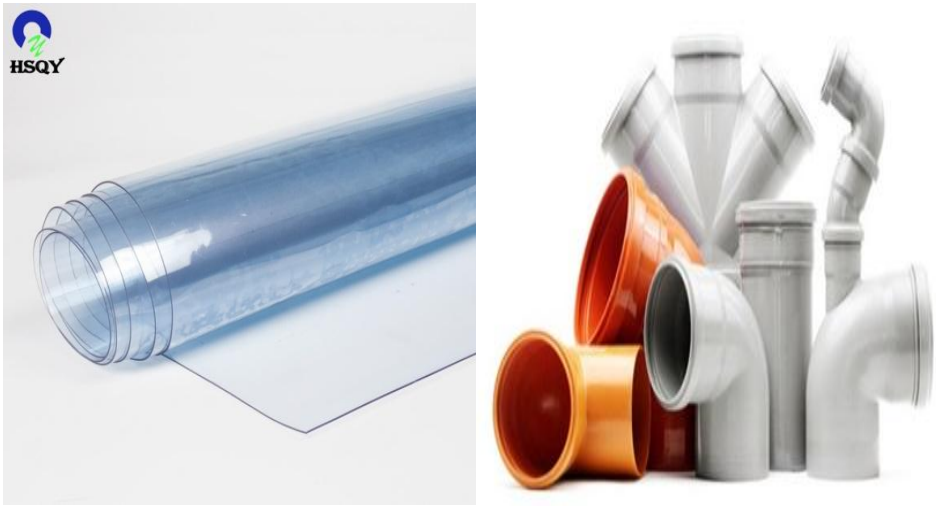
Στον κόσμο της εκτύπωσης 3Δ, το HIPS παίζει συνήθως διαφορετικό ρόλο. Όταν συνδυάζεται με ABS σε έναν εκτυπωτή διπλού extruder, το HIPS είναι ένα εξαιρετικό υλικό για υποστήριξη. Ανταλλάσοντας πολλά χαρακτηριστικά με το ABS, το HIPS είναι μια καλή

πρόταση για εκτυπώσεις που θα έχουν το τέλειο φινίρισμα καθώς τρίβεται πολύ εύκολα αφήνοντας μία εξαιρετικά λεία επιφάνεια.

1.5.2.3 Βινύλια (PVC)

- **Ιδιότητες και εφαρμογές του PVC:**

Το πολυμερές PVC (Εικόνα 27: Εφαρμογές από PVCέχει την ονομασία πολυβινυλοχλωρίδιου και χημικό τύπο (C2 H 3 Cl)n. Η πυκνότητα του είναι 1,10-1,45 g / cm3, το σημείο τήξης του είναι άμορφο και το βάρος μονομερούς 62.5 g/ mol.
Το PVC είναι από τα συνηθεστέραχρησιμοποιούμεναθερμοπλαστικά. Πρόκειται για ένα άοσμο στερεό πλαστικό που είναι φυσικά λευκό και εύθραυστο.
Είναι μια συνθετική ρητίνη κατασκευασμένη από 57% Χλώριο (προερχόμενο από βιομηχανικό άλας) και το υπόλοιπο 43% αποτελείται από άνθρακα (που παράγεται από πετρέλαιο και αέρια). Είναι συγκριτικά λιγότερο εξαρτημένο από τους μη ανανεώσιμους πόρους (αργό πετρέλαιο και φυσικό αέριο) από άλλα πολυμερή, επομένως, μπορεί να θεωρηθεί πλαστικό εξοικονόμησης πόρων για το μέλλον.
Αυτά τα πολυμερή προσφέρουν ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών λόγω της ευμετάβλητης φύσης τους. Χρησιμοποιείται συνήθως στην κατασκευαστική βιομηχανία, αλλά χρησιμοποιείται επίσης σε διάφορες άλλες βιομηχανίες όπως οι μεταφορές, η συσκευασία, η υγειονομική περίθαλψη, η ηλεκτρική / ηλεκτρονική χρήση και ακόμη και χρησιμοποιείται ως ίνα για ρούχα.
Το PVC παράγει σε δυο διαφορετικές μορφές την άκαμπτη η μη πλαστικοποιημένη ρητίνη και την εύκαμπτη .Οι εύκαμπτες ρητίνες είναι πιο μαλακές και τροποποιήσιμες από τις άκαμπτες λόγω της προσθήκης πλαστικοποιητών. Οι άκαμπτες ρητίνες πολυβινυλοχλωριδίουχρησιμοποιούνται κυρίως για την παραγωγή σωλήνων, ενώ οι εύκαμπτες χρησιμοποιούνται συνήθως για τη μόνωση σε ηλεκτρικά καλώδια ή δάπεδα και σε διαφορετικές περιοχές όπου το αποστειρωμένο περιβάλλον αποτελεί προτεραιότητα.



Εικόνα 27: Εφαρμογές από PVC
Πηγή:https://www.bluegrowth.org/Plastics_Waste_Toxins_Pollution/ABS_Acrylonitrile_Butadiene_Styrene_Plastics.htm

1.5.2.4 Πολυεστέρες (PET, PLA)

- **Ιδιότητες και εφαρμογές του PET και PETG:**

Το πολυμερές PET βλέπετε (Εικόνα 28: Εφαρμογές από PETέχει την ονομασία πολυαιθυλένιο τερεφθαλικό και χημικό τύπο (C10 H8 O4)n. Η πυκνότητα του είναι 1,45 g / cm3, σημείο τήξης 250° C και το βάρος μονομερούς 192.2 g/ mol.
Το PET είναι το πιο συνηθισμένο πλαστικό στον κόσμο. Καλύτερα γνωστό ως πολυμερές που χρησιμοποιείται σε φιάλες νερού, βρίσκεται επίσης σε ίνες ρούχων και δοχεία τροφίμων. Ενώ το «ακατέργαστο» PET χρησιμοποιείται σπάνια σε τρισδιάστατη εκτύπωση, η παραλλαγή του PETG είναι ένα δημοφιλές νήμα 3Δ εκτυπωτή.
Το «G» στο PETG σημαίνει «τροποποιημένο με γλυκόλη» και το αποτέλεσμα είναι ένα νήμα που είναι πιο καθαρό, λιγότερο εύθραυστο και το πιο σημαντικό είναι ευκολότερο στη χρήση. Για το λόγο αυτό, το PETG θεωρείται συχνά μία καλή επιλογή μεταξύ του ABS και του PLA, των δύο πιο συνηθισμένων τύπων νήματος, καθώς είναι πιο ευέλικτο και ανθεκτικό από το PLA και ευκολότερο να τυπωθεί από το ABS.
Το PETG αλλά ξεχωρίζει από πολλούς άλλους τύπους νήματος 3Δ λόγω της ευκαμψίας, της αντοχής του, της θερμοκρασίας και της αντίστασης στην κρούση. Αυτό το καθιστά ένα ιδανικό τρισδιάστατο νήμα για χρήση σε αντικείμενα που ενδέχεται να εφαρμοστεί πίεση, όπως μηχανικά μέρη, τα εξαρτήματα του εκτυπωτή και τα προστατευτικά εξαρτήματα.



Εικόνα 28: Εφαρμογές από PET
Πηγή: https://www.plasticstoday.com/packaging/pet-water-bottle-design-attributes-impact-recycling/129588771957239

- **Ιδιότητες και εφαρμογές του PLA:**

Το πολυμερές PLA (Εικόνα 29: Εφαρμογές από PLAέχει την ονομασία πολυγαλακτικό οξύ και χημικό τύπο (C3 H4 O2)n. Η πυκνότητα του είναι 1,21-1,43 g / cm3, σημείο τήξης 160° C και το βάρος μονομερούς 72-82 g/ mol.

Το PLA είναι ένα βιοαδιασπώμενο θερμοπλαστικό που προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές όπως άμυλο καλαμποκιού, ρίζες μανιόκας, ζαχαροκάλαμο .Για αυτό το λόγο είναι πιο φιλικό προς το περιβάλλον από τους περισσότερουςτύπουςνημάτων 3Δεκτυπωτών.

Είναι ποιο εύκολο στην τύπωση του και έχει χαμηλότερη θερμοκρασία εκτύπωσης με προνόμιο ότι δεν παραμορφώνεται τόσο εύκολα ,πράγμα που σημαίνει ότι δεν απαιτεί θερμαινόμενο κρεβάτι (αν και βοηθά σίγουρα). Ένα άλλο πλεονέκτημα στη χρήση του PLA είναι ότι δεν εκπέμπει οσμές κατά την εκτύπωση.

Το PLA μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε παρά πολλές εφαρμογές σε σχέση με τα αλλά 3Δ νήματα βεβαία όπως όλα τα θερμοπλαστικά έχει και αυτό κάποια ελαττώματα .Για αυτό καλό είναι να αποφύγετε να το χρησιμοποιείτε όταν κάνετε αντικείμενα που μπορεί να κάμπτονται ή να πέφτουν επανειλημμένα, όπως θήκες τηλεφώνου, παιχνίδια υψηλής φθοράς ή λαβές εργαλείων.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κοινές εκτυπώσεις που περιλαμβάνουν μοντέλα, παιχνίδια χαμηλής φθοράς, πρωτότυπα μέρη και δοχεία.



Εικόνα 29: Εφαρμογές από PLA
Πηγή: https://www.plasticstoday.com/packaging/pet-water-bottle-design-attributes-impact-recycling/129588771957239

1.5.2.5Πολυαιθέρες (PC)

- **Ιδιότητες και εφαρμογές του PC:**

Το πολυμερές PC βλέπετε (Εικόνα 30: Εφαρμογές από PCέχει την ονομασία πολυανθρακικό και χημικό τύπο (C16 H14 03)n. Η πυκνότητα του είναι 1,20-1,22 g / cm3, σημείο τήξης 335° C και το βάρος μονομερούς 288.3 g/ mol.
Το PC εκτός από το ισχυρότερο 3Δ νήμα εκτυπωτή που παρουσιάζεται σε αυτόν τον κατάλογο, είναι εξαιρετικά ανθεκτικό και στην κρούση και τη θερμότητα, ικανό να αντέξει θερμοκρασίες μέχρι 110 ° C. Είναι επίσης διαφανές, γεγονός που εξηγεί τη χρήση του σε εμπορικά αντικείμενα όπως, μάσκες κατάδυσης και ηλεκτρονικές οθόνες απεικόνισης.
Παρά κάποιες παρόμοιες περιπτώσεις χρήσης, Το PC δεν πρέπει να συγχέεται με ακρυλικό ή πλέξη-γυαλί, το οποίος θρυμματίζεται ή σπάει κάτω από αντίξοες συνθήκες. Σε αντίθεση με αυτά τα δύο υλικά, το PC είναι μέτρια εύκαμπτο (αν και όχι τόσο πολύ όπως το νάιλον, για παράδειγμα), επιτρέποντάς του να κάμπτεται μέχρι που τελικά παραμορφώνεται.
Λόγω των φυσικών ιδιοτήτων του, το PC είναι ιδανικό νήμα για εξαρτήματα που πρέπει να διατηρούν την αντοχή, τη σκληρότητα και το σχήμα τους σε περιβάλλοντα υψηλής θερμοκρασίας, όπως ηλεκτρικά, μηχανικά ή αυτοκινούμενα εξαρτήματα.



Εικόνα 30: Εφαρμογές από PC
Πηγή: https://www.indiamart.com/proddetail/frp-translucent-corrugated-sheet-3946440573.html

1.5.3ΔιαφορέςPLAκαι ABS

Τα PLA και ABS είναι δυο από τα ποιο δημοφιλήπολυμερήυλικά που υπάρχουν στην αγορά και χρησιμοποιούνται συνήθως ως νήματα για 3Δ Εκτυπωτές .Αυτά τα δυο πολυμερή υλικά είναι παρά πολύ κοντά το ένα με το άλλο λόγο των ιδιοτήτων τους .Για αυτό πολλές φορές υπάρχει σύγκριση μεταξύ τους στο ποιο είναι καλύτερο στην χρήση του .Η αλήθεια είναι ότι και με τα δυο μπορείς να εκτυπώσει πολλοί μεγάλη γκάμα διαφορετικών αγαθών .Όμως μεταξύ τους έχουν κάποιες διαφορές που πρέπει να προσεχτούν ,ώστε να χρησιμοποιηθεί το κατάλληλο.

Στον παρακάτω πινάκα φαίνονται αναλυτικά οι διαφορές του PLAμε τοABS:

PLA	ABS
Πολυγαλακτικό οξύ	Ακρυλονιτρίλιοβουταδιένιοστυρένιο.
Είναι ένα αλειφατικό, θερμοπλαστικό πολυμερές	Είναι ένα άμορφο, θερμοπλαστικό πολυμερές.
Είναι κατασκευασμένο από μονομερή γαλακτικού οξέος.	Κατασκευάζεται από μονομερή ακρυλονιτριλίου, βουταδιενίου και στυρενίου.
Είναι ένα βιοαποικοδομήσιμο πολυμερές.	Είναι ένα μη βιοδιασπώμενο πολυμερές. Αλλά μπορεί να ανακυκλωθεί.
Είναι φυτικό υλικό.	Είναι ένα υλικό με βάση το πετρέλαιο.
Είναι συγκριτικά λιγότερο ανθεκτικό.	Είναι πιο ανθεκτικό.
Έχει χαμηλότερο σημείο τήξης.	Δεν έχει καθορισμένο σημείο τήξης λόγω της άμορφης δομής του.
Δεν απαιτεί θερμαινόμενο κρεβάτι.	Απαιτεί θερμαντικό κρεβάτι και έναν καλά αεριζόμενο χώρο.

Πινάκας 6: Διαφορές μεταξύ PLA και ABS:

Σύγκριση αντικειμένων ανάμεσα στο PLA και το ABS(Εικόνα 31: Σύγκριση PLA και ABS :



Εικόνα 31: Σύγκριση PLA και ABS
Πηγή: https://wikifactory.com/@piyushsaxena/stories/pla-vs-abs

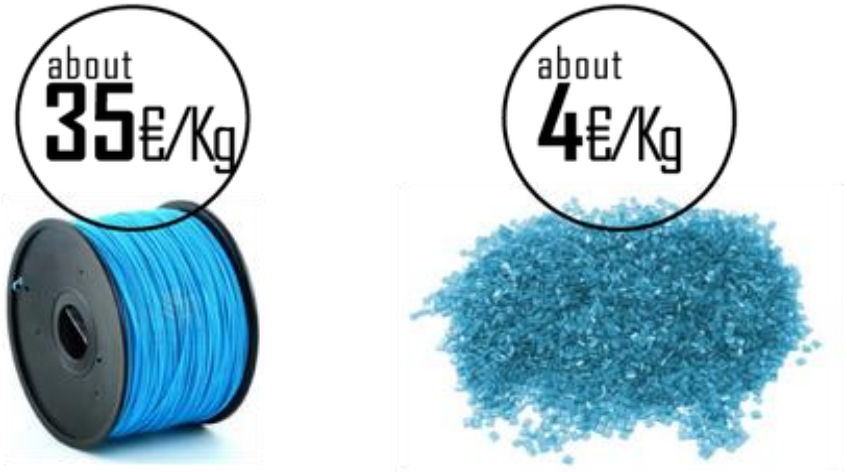
1.5.4Μορφές πώλησης των πολυμερών θερμοπλαστικών

Οιτρόποι αγοράς των πολυμερών θερμοπλαστικών εμφανίζετε στην αγορά υπό δυο μορφές (Εικόνα 32: Μορφή νήματος και μορφή pellet.Ηπρώτη είναι σε μορφή νήματος, δηλαδή είναι έτοιμα κατευθείαν για την επεξεργασία από έναν 3Δ εκτυπωτή.Η δεύτερη είναι σε μορφή pellet και μπίλιας, δηλαδή δεν γίνετε να γίνει κατευθείαν επεξεργασία από 3Δ εκτυπωτή αλλά χρειάζεται να περάσει πρώτα από έναν εξωθητήρα, ώστε να το λιώσει την μορφή του πλαστικού που βρίσκετε και να δημιουργήσει την διάμετρο του νήματος που χρειάζεται ο χρήστης .



Εικόνα 32: Μορφή νήματος και μορφή pellet
Πηγή: https://www.exportersindia.com/shree-hari-enterprise-company3858175/plastic-granules-2411383.htm

Συνοψίζοντας μετά από ερευνά αρκετών μαγαζιών που προμηθεύουν και της δυο μορφές.Η υπό μορφή pellet είναι κατά πολύ ποιο οικονομική και κερδοφόρα από ότι είναι η μορφή νήματος.



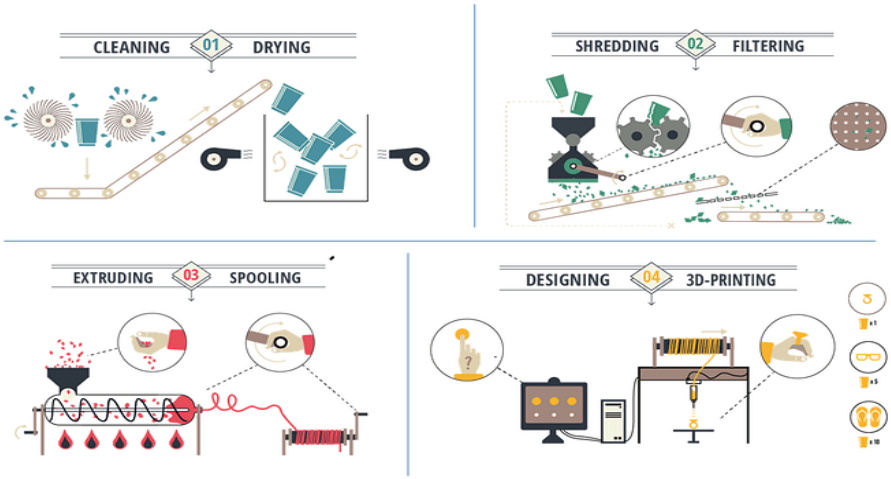
Εικόνα 33: Η διάφορα ανάμεσα σε μορφή νήματος και pellet
Πηγή: https://www.kickstarter.com/projects/948513712/felfil-evo-a-filament-extruder-for-3d-printers-mad

1.5.5Συνεισφορά εξωθητήρα και ανακύκλωση

Βάση της έρευνας που έγινε για την κάθε μορφή του θερμοπλαστικού η υπό μορφή pellet είναι ποιο οικονομική και κερδοφόρα εφόσον υπάρχει ένας εξωθητήραςγια την επεξεργασία του.
Ακόμα εκτός των δυο αυτών μορφών θερμοπλαστικού υπάρχει και μια άλλοι μέθοδος της ανακυκλώσεις που είναι πολύ χρήσιμη. Πρώτον γιατί κάνει καλό στο περιβάλλον λόγο ότι οτιδήποτε πλαστικό δεν είναι χρήσιμο ανακυκλώνετε και δεύτερον ο χρήστης δεν χρειάζεται να αγοράσει θερμοπλαστικό σε μορφή νήματος η pellet λόγο ότι με την ανακύκλωση δημιουργεί τη δίκια του πρώτη υλη. Για να μπορεί ο καθένας να κάνει ανακύκλωση του πλαστικού πρέπει να έχει στην διάθεση του έναν εξωθητήρα που θα επεξεργάζεται το ανακυκλωμένο πλαστικό.

Τα βήματα που εκτελούνται για την ανακύκλωση ενός πλαστικού (Εικόνα 34: Ανακύκλωση πλαστικού μετατροπή σε πρώτη ύλη είναι :

1. Το πλαστικό επειδή μπορεί να έχει βρομιές από την χρήση που γινόταν προηγούμενος πρέπει να καθαριστή.Αυτόβοηθάειστο να έχουμε ένα καλύτερο τελικό αποτέλεσμα.
2. Στην συνεχεία πρέπει να μετατραπεί το πλαστικό όσο ποιο κοντά γίνετε στην μορφή pellet η στη μορφή που μπορεί να επεξεργαστεί ο εξωθητήρας το πλαστικό .Αυτό γίνετε με την βοήθεια φούρνων η με μηχανή τεμαχισμού του πλαστικού.
3. Ύστερα από των τεμαχισμό του πλαστικού στην μορφή που επιθυμεί ο χρήστης γίνετε χρησιμοποιήσει του εξωθητήρα για την παράγωγη του νήματος.
4. Τέλος το πλαστικό είναι στην τελική του μορφή ,ώστε να χρησιμοποιηθεί από τον 3Δ εκτυπωτή.



Εικόνα 34: Ανακύκλωση πλαστικού μετατροπή σε πρώτη ύλη
Πηγή: https://www.3dhubs.com/talk/t/which-shredding-and-extruding-machines-are-available-part-3/2008

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Τα μέρη του εξωθητήρα και η κατασκευή του

2.1 Σκοπός της κατασκευής τουεξωθητήρα

Η ιδέα για την κατασκευή ενός εξωθητήραέχεις ως κύριοσκοπό την αγορά ενός πολυμερούς θερμοπλαστικού σε μορφή μπίλιας που αυτή θα μπορεί να χρησιμοποιηθείαπό τον εξωθητήρα για να παράγωγη νήματος διαμέτρου 1,75mm.Το παραγόμενονήμα που θα παραχθεί θα δοκιμαστεί από τους 3Δ εκτυπωτές που υπάρχουν στο ΤμήμαΗλεκτρολόγωνΜηχανικών,ώστε να διαπιστωθεί αν αυτό είναι αξιόπιστο όπως τα νήματα που υπάρχουν στην αγορά. Με αυτό τον τρόπο θα επιτευχτεί οικονομία λόγο ότι το θερμοπλαστικό υπό μορφή μπίλιας είναι ποιο οικονομικό από ότι το έτοιμο νήμα. Επίσης θα λειτουργήσει και προς όφελος του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών εφόσον θα υπάρχει η δυνατότητα παράγωγη νήματος για τους 3Δ εκτυπωτέςτους.
Ακόμα ένας σκοπός του εξωθητήρα αυτού είναι η ανακύκλωσηδιαφόρωνθερμοπλαστικών π.χ. η συλλογή πολλώνμπουκαλιώννερού που αποτελούνται από το ίδιοθερμοπλαστικό. Έτσισυλλέγονταςπολλάείδηθερμοπλαστικώνμπορεί να γίνει επεξεργασία με την βοήθειατριματοποιητών ή φούρνος, ώστε το πλαστικό να πάρει την μορφή που πρέπει για να επεξεργαστή από το εξωθητήρα.Με αυτό τον τρόπομπορεί να δημιουργηθεί νήμαχωρίςκαθόλουκόστος και το ποιο σημαντικόγίνετε μια πολύ σημαντική ενεργεία για το περιβάλλον.

2.2 Μηχανολογικά μέρη εξωθητήρα

Τα μηχανολογικά μέρη που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του εξωθητήρα :

ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΑ			
ΑΑ	ΤΕΜ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΛΕΠΤΡΟΜΕΡΕΙΕΣ
1	1	Βάση στήριξης κατασκευής	Σχολικό θρανίο
2	1	Σιδερένια βάση	
3	2	Πλάκες θερμό διακοπής	10 x 10 cm
4	1	Μπροστινός σωλήνας	d1=35mm, d2=28
5	1	Οπίσθιος σωλήνας	d1=35mm, d2=28
6	1	Κεφαλή	Συμπιεσμένος σίδηρος
7	2	Ακροφύσια	1mm και 1,5mm
8	1	Σιτάκι τάπας	Διαμέτρου 30mm
9	1	Μέσο μετάδοσης κίνησης	Καρυδάκι11mm

10	1	Τρυπάνι ξύλου	Φ28
11	1	Χωνί υποδοχής υλικού	Μπουκάλι νερού 1,5lt
12	1	Μονωτικό υλικό για θερμοδιακοπή	Πετροβάμβακας
13	1	Μονωτικό για την διατηρεί θερμοκρασίας	Πετροβάμβακας
14	3	Μεντεσέδες	Τύπου ταφ
15		Βίδες	Διαφόρων τύπων
16		Ροδέλες	Διαφόρων τύπων
17		Βίδες Παξιμάδια	Διαφόρων τύπων

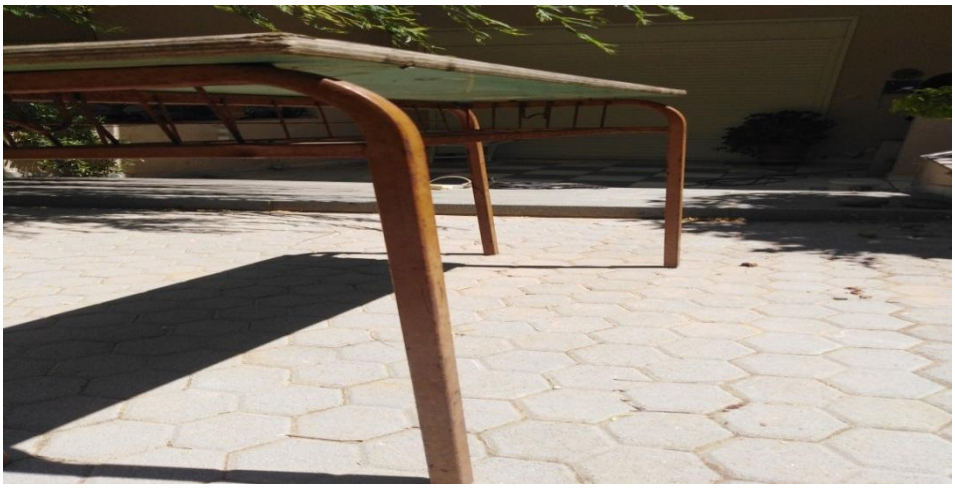
Πινάκας 1: Μηχανολογικά μέρη

2.2.1Αναλυτικά τα μηχανολογικάμέρητου εξωθητήρα

Παρακάτω θα αναφερθούναναλυτικά τα υλικά που χρησιμοποιήθηκανστην κατασκευή και για πιο λόγοέγινεεπιλογή του καθενός από αυτά.

2.2.1.1 Βάση στήριξης κατασκευής

Για βάση της κατασκευήςχρησιμοποιήθηκε ένα παλιόθρανίο (Εικόνα 35: Σχολικό θρανίολόγο των ιδιοτήτων του. Αρχικά το ξύλινοκομμάτι που παρέχειτο θρανίο είναι από μελαμίνη που είναι πολύ ανθεκτικό στις υψηλές θερμοκρασίες. Αυτό είναι θετικό για τον εξωθητήρα λόγο ότι φτάνει σε μεγάλες θερμοκρασίες και δεν θα υπάρχει κίνδυνος φωτιάς του ξύλου. Επίσης βοηθάει η σκελετική του δομή λόγο ότι μπορεί να φιλοξενήσει όλες της πρώτεςύλες της κατασκευής με μεγάλη άνεση και τάξη. Τέλος ένα πλεονέκτημα που έχει είναι η εύκολη μετακίνηση του προσθέτοντας ροδάκια στο κάτω μέρος των ποδιών του.



Εικόνα 35: Σχολικό θρανίο

2.2.1.2 Σιδερένια βάση

Η σιδερένια βάση (Εικόνα 36: Σιδερένια βάσηαποτελείτε από το κάτω μέρος της που είναι βιδωμένο στο ξύλο (μελαμίνη) του θρανίου με βίδες αλουμινίου και στο κατακόρυφο μέρος είναι τοποθετημένος ο εμπρόσθιος και ο οπίσθιος σωλήνας.



Εικόνα 36: Σιδερένια βάση

2.2.1.3 Πλάκες θερμό διακοπής

Ο σκοπός των πλακών (Εικόνα 37: Πλάκες θερμό διακοπήςείναι να κάνουν την θερμό διακοπή, ώστε να μην μπορεί να περάσει θερμοκρασία από τον εμπρόσθιο σωλήνα στο οπίσθιο. Αυτό θα γίνει με την βοήθεια ενός θερμομονωτικού που θα μπει ανάμεσα στης δυο πλάκες σιδήρου.



Εικόνα 37: Πλάκες θερμό διακοπής

2.2.1.4 Σιδερένιοι σωλήνες

Ο συγκεκριμένος εξωθητήρας έχει των εμπρόσθιοσωλήνα και των οπίσθιοσωλήνα (Εικόνα 38: Οπίσθιοςκαι εμπρόσθιος σωλήνας η όποιοι είναι τοποθετημένηπανό στις πλάκες που κάνουν την θερμόδιακοπή. Ολόγος που ο σωλήνας δεν είναι μονοκόμματος και είναι χωρισμένος σε δυομέρη είναι για να ελέγχετε η θερμοκρασία που υπάρχει στον κάθε σωλήνα.
Ο εμπρόσθιος σωλήνας δέχεται όλη την θερμοκρασία από τις αντιστάσεις και εκεί γίνετε το σημαντικότερο κομμάτι τις επεξεργασίας του θερμοπλαστικού.
Ο οπίσθιος σωλήνας είναι η ψυχρή μεριά του εξωθητήραεφόσον δεν μπορεί να περάσει η θερμότητα σε αυτόν λόγο της θερμό διακοπής. Ακόμα στον ψυχρό σωλήνα γίνετε η τοποθέτηση του θερμοπλαστικού που με την βοήθεια του τρυπανιού μεταφέρετε στον εμπρόσθιο σωλήνα, ώστε να γίνει η επεξεργασία του.



Εικόνα 38: Οπίσθιοςκαι εμπρόσθιος σωλήνας

2.2.1.5 Τα μέρη της κεφαλής του εμπρόσθιου σωλήνα

Στο οπίσθιο μέρος της κεφαλής υπάρχει σπείρωμα εσωτερικού διαμέτρου για να μπορεί να τοποθετηθεί στον εμπρόσθιο σωλήνα. Στο εμπρόσθιο μέρος της κεφαλής υπάρχει σπείρωμα για να τοποθετούνται τα ακροφύσιαδιαφορετικών διαστάσεων που έχουν δημιουργηθεί π.χ.(1,5mm, 1,7mm). Το πλεονέκτημα του να μπορεί να αλλάζει τοακροφύσιο είναι ότι μπορεί να παράγεις νήμα διαφορετικών διαμετρών και όχι μονό μιας διαμέτρου.
Στο εσωτερικό της κεφαλής υπάρχει ένα σιτάκι το οποίο κατά την λειτουργία του εξωθητήρα συγκρατεί οτιδήποτε σκουπίδι μπορεί να έχει περάσει είτε με την προσθήκη θερμοπλαστικού ηνα προϋπάρχει στο θάλαμο που γίνετε η επεξεργασία του θερμοπλαστικού. Με αυτό τον τρόπο το νήμα παράγεται ποιο σωστά ,ώστε να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια στους 3Δ εκτυπωτές.



Εικόνα 39: Κεφάλι, τάπες διαφορετικής διαμέτρου και σιτάκι

2.2.1.6 Μέσο μετάδοσης κίνησης

Για την μεταφοράκίνησης από το μοτέρ στο κοχλία μεταφοράς χρησιμοποιήθηκεκαρυδάκιδιαμέτρου11mm (Εικόνα 40: Καρυδάκιλόγο ότι το μοτέρ που διαλέχτηκε δεν είχε την κατάλληλη υποδοχή.



Εικόνα 40: Καρυδάκι

2.2.1.7 Τρυπάνι ξύλου

Το μέσον που χρησιμοποιήθηκε ως κοχλία μεταφοράς είναι ένα τρυπάνι ξύλου.Το συγκεκριμένο είναι μια πολύ καλή επιλογή για ερασιτεχνικές κατασκευέςεξωθητηρώνλόγο του αρκετούκαλούκόστους του και τον ιδιοτήτων του που σου παρέχει για μια καλή επεξεργασία του πλαστικού. Σκοπός του τρυπανιού είναι η μεταφορά του υλικού από το σημείο υποδοχής του πλαστικού προς το ακροφύσιο.



Εικόνα 41:Τρυπάνι ξύλου

2.2.1.8 Χωνί υποδοχής πλαστικού

Το χωνί (Εικόνα 42: Χωνί υποδοχής πλαστικούπου διαλέχτηκε είναι ένας μικρού μήκους σωλήνας αλουμινίου που συγκολλήθηκε πάνω στον οπίσθιο σωλήνα, ώστε να μπορεί να φιλοξενήσει μπουκάλια διαφορετικών μεγεθών π.χ. (500lit ,750lit , 1,5lit). Είναι μια πολύ αξιόπιστη μέθοδος και αρκετά απλή στην υλοποίηση της. Σκοπός του χωνιού είναι να δεχτεί το θερμοπλαστικό διαφόρων τύπων, ώστε να μπορέσει αυτό να φτάσει στον κοχλία μεταφοράς.



Εικόνα 42: Χωνί υποδοχής πλαστικού

2.2.1.9 Μονωτικό υλικό για την θερμό διακοπή

Το μονωτικό που χρησιμοποιήθηκε είναι ο πετροβάμβακας (Εικόνα 43: Πετροβάμβακαςλόγο ότι έχει πολύ καλέςθερμομονωτικέςιδιότητες. Είναιάκαυστοςμέχρι τους 1000°C και αυτό είναι πολύ θετικό γιατί δεν υπάρχει πρόβλημα να πυρακτωθεί ο εξωθητήρας εφόσον δεν περνά τους 500°C. Σκοπός του είναι να τοποθετηθεί ανάμεσα από της σιδερένιες πλάκες, ώστε να μην περνά η θερμοκρασία από το θερμό μέρος στο ψυχρό μέρος του εξωθητήρα.



Εικόνα 43: Πετροβάμβακας

2.1.1.10 Μονωτικό υλικό για την διατήρηση της θερμοκρασίας

Το μονωτικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν ο πετροβάμβακας με αλουμίνιο (Εικόνα 44: Πετροβάμβακας με αλουμίνιο ο όποιος έχει τα ιδία χαρακτηριστικά που έχει και ο απλός πετροβάμβακας. Σκοπός του είναι να κάλυψη όλο το εμπρόσθιο μέρος που είναι η θερμή μεριά του εξωθητήρα, ώστε κατά την λειτουργία του να μην υπάρχει απώλεια θερμοκρασία αλλά η θερμοκρασία να παραμείνει σταθερή.



Εικόνα 44: Πετροβάμβακας με αλουμίνιο

2.2.1.11 Μεντεσέδες

Η χρήση των μεντεσέδων (Εικόνα 45: Μεντεσέδες είναι τοποθετημένοι στο σιδερένιο μέρος του θρανίου και στο ξύλινο κομμάτι. Αυτό έχει ως σκοπό την πρόσβαση στο ηλεκτρικό κομμάτι που βρίσκετε κάτω από των εξωθητήρα. Το θετικό του να ανοιγοκλείνει ο μελαμίνης είναι ότι βοηθά στην εύκολη πρόσβαση στο ηλεκτρικό κύκλωμα όταν θες να κανείς μια διόρθωση η θέλεις να προσθέσεις κάποιο ηλεκτρονικό κομμάτι.



Εικόνα 45: Μεντεσέδες ταφ

2.2.1.12 Βίδες, ροδέλες και παξιμάδια

Για την συσφίξει των εξαρτημάτων του εξωθητήραχρησιμοποιήθηκαν διαφόρων ειδών βίδες, ροδέλες και παξιμάδια (Εικόνα 46:Βίδες, ροδέλες και παξιμάδια.



Εικόνα 46:Βίδες, ροδέλες και παξιμάδια

2.3 Ηλεκτρολογικά μέρη εξωθητήρα

Τα ηλεκτρολογικά μέρη που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του εξωθητήρα :

ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ			
ΑΑ	ΤΕΜ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ
1	1	Τροφοδοτικό ρεύματος	220-12V (Υπολογιστή)
2	1	Μοτέρ	12V
3	1	PID	SSR, 220V AC, 50HZ/60HZ
4	1	Ρελέ	40A
5	2	Ηλεκτρικές αντίσταση	180W
6	1	Μειωτής στρόφων	
7	1	Ηλεκτρική ασφάλεια	10A
8	2	Διακόπτες ρεύματος	15A
9	1	Κουμπί πανικού	
10	1	Καλώδιο εναλλασσόμενου ρεύματος	Μπλε, καφέ, κίτρινο
11	1	Θερμοζεύγος τύπου K	0-400°C
12	1	Ανεμιστήρες	12 V(Υπολογιστή)

Πίνακας 2:Ηλεκτρολογικά μέρη

2.3.1 Αναλυτικά τα ηλεκτρολογικά μέρη του εξωθητήρα

Παρακάτω θα αναφερθούν αναλυτικά τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή και για ποιο λόγο έγινε επιλογή του καθενός από αυτά.

2.3.1.1 Τροφοδοτικό ρεύματος

Το τροφοδοτικό (Εικόνα 47: Τροφοδοτικό ρεύματοςπου χρησιμοποιήθηκε είναι από σταθερό υπολογιστή. Το συγκεκριμένο διαλέχτηκε λόγο ότι υπήρχε στο ελληνικό μεσογειακό πανεπιστήμιο και αυτό βοήθησε στο να μην ανεβεί και άλλο το κόστος της κατασκευής εφόσον τα χαρακτηριστικά του ήταν ιδανικά για το σκοπό που χρειαζόταν. Είναι συνεχούς ρεύματος 12V (DC) και μέγιστης ισχύς 160W. Ακόμα τροφοδοτεί το μοτέρ, τον μειωτήρα στροφών και τους ανεμιστήρες.



Εικόνα 47: Τροφοδοτικό ρεύματος

2.3.1.2 Μοτέρ

Το συγκεκριμένο μοτέρ (Εικόνα 48: Μοτέρ είναι από ραβδιστικό μηχάνημα και είναι η κινητήρια πηγή του εξωθητήρα. Πρόκειται για ένα κινητήρα σταθερού ρεύματος (DC) 12V. Η επιλογή του συγκεκριμένου κινητήρα έγινε με γνώμονα τη διατήρηση του κόστους σε χαμηλά επίπεδα καθώς αγοράστηκε μεταχειρισμένος.

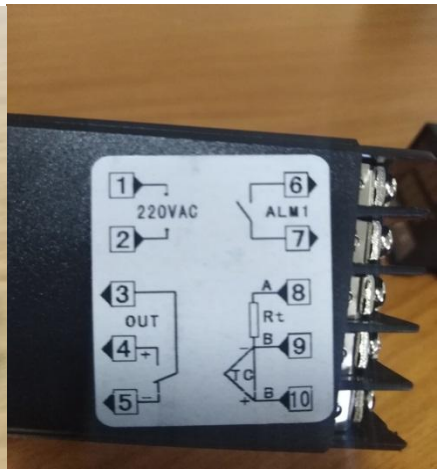


Εικόνα 48: Μοτέρ

2.3.1.3 PID (Ελεγκτής θερμοκρασίας)

Ο Ελεγκτής θερμοκρασίας (Εικόνα 49**:** PID (Ελεγκτής θερμοκρασίας) είναι ένα όργανο που αναλαμβάνει την διατήρηση της θερμοκρασίας σταθερή στην τιμή που έχει ορίσει ο χρήστης.
Η αρχή λειτουργιάς του είναι ότι δέχεται μια τιμή από τον αισθητήρα που έχει τοποθετηθεί στους ακροδέκτες εννέα και δέκα. Ανάλογα με το αν έχει πιάσει την θερμοκρασία που του έχει ορίσει ο χρηστής, ενεργοποιεί τις εξόδους τέσσερα και πέντε για να αρχίσουν να θερμαίνονται οι αντιστάσεις και μόλις αυτές φτάσουν στην επιθυμητή τιμή σταματάει να θερμαίνεται. Αυτό





έχει ως σκοπό να διατηρεί τη θερμοκρασία σε σταθερή τιμή με απόκλιση +-1 με 2 βαθμούς κελσίου.

.

2.3.1.4 Ρελέ

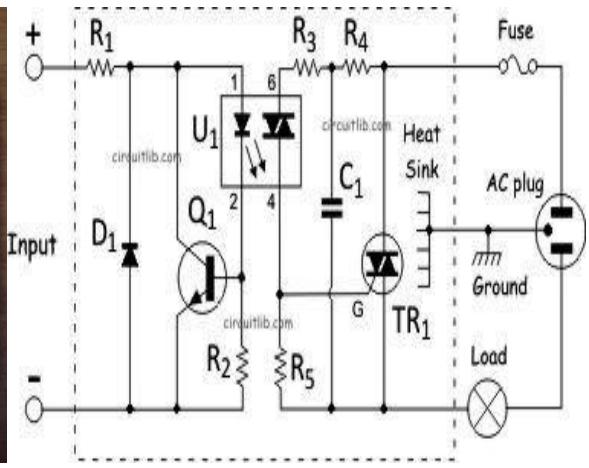
Το ρελέ (Εικόνα 50:Ρελέ και το κύκλωμα SSR που χρησιμοποιήθηκε είναι στερεάς κατάστασης (SSR). Σκοπός του είναι ένας διακόπτης ελεγχόμενος από τάση ή ρεύμα να μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για τον έλεγχο εναλλασσομένου ρεύματος. Τοποθετείται μεταξύ του PID και των αντιστάσεων. Το συγκεκριμένο ρελέ προτιμήθηκε να είναι ηλεκτρονικό παρά μηχανικό για τον λόγο ότι :

1. Δεν έχει κινούμενα μέρη
2. Έχει αθόρυβη λειτούργει
3. Αυξημένη διάρκεια ζωής
4. Ταχύτερο, καθώς έχει την δυνατότητα να ανοιγοκλείνει σε μόλις 1μς.

2.3.1.5 Ηλεκτρικές αντιστάσεις

Οι ηλεκτρικές αντιστάσεις (Εικόνα 51: Ηλεκτρικές αντιστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν έχουν ισχύ 180W και η μέγιστη θερμοκρασία τους μπορεί να φτάσει ωςκαι 300°C.Σκοπός τους είναι να θερμάνουν την θερμή μεριά του εξωθητήρα στους καταλλήλους βαθμούς που έχουν οριστείαπό τον χρηστή, ώστε να μετατραπεί το στέρεο θερμοπλαστικό σε υγρό υπό μορφή μακαρονιού 1.75mm

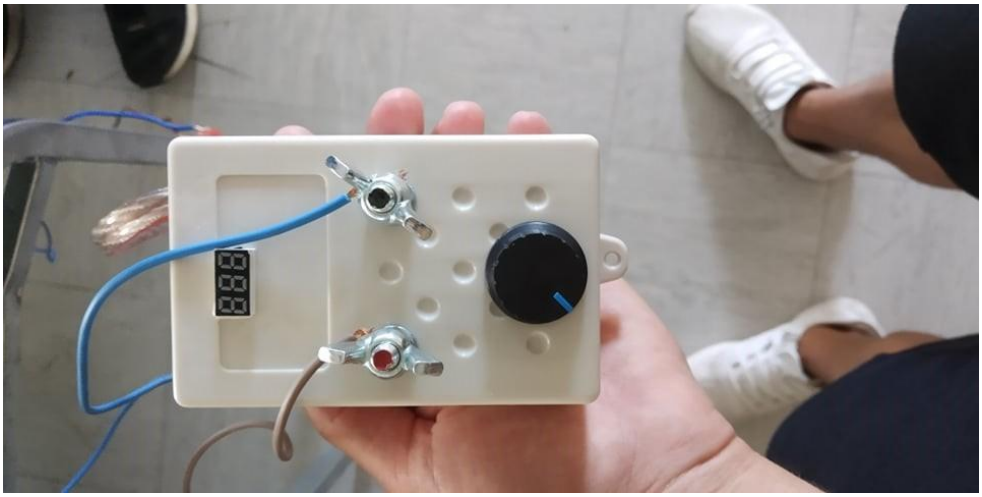






2.3.1.6 Μειωτήρας στρόφων

Ο μειωτήρας στροφών (Εικόνα 52: Μειωτήρας στροφώνείναι ένα όργανο που μπορεί να ρυθμίσει τις στροφές του κινητήρα σε αυτές που θέλει ο χρήστης. Χρησιμοποιήθηκε στην κατασκευή του εξωθητήρα λόγο ότι το μοτέρ που αγοράστηκε δεν είχε την δυνατότητα επιλογής ρυθμίσεις στροφών. Έτσι με την χρήση του υπάρχει πλήρης έλεγχος των στροφών του μοτέρ, ώστε να παραχθεί όσο των δυνατότερων καλύτερο τελικό προϊόν.

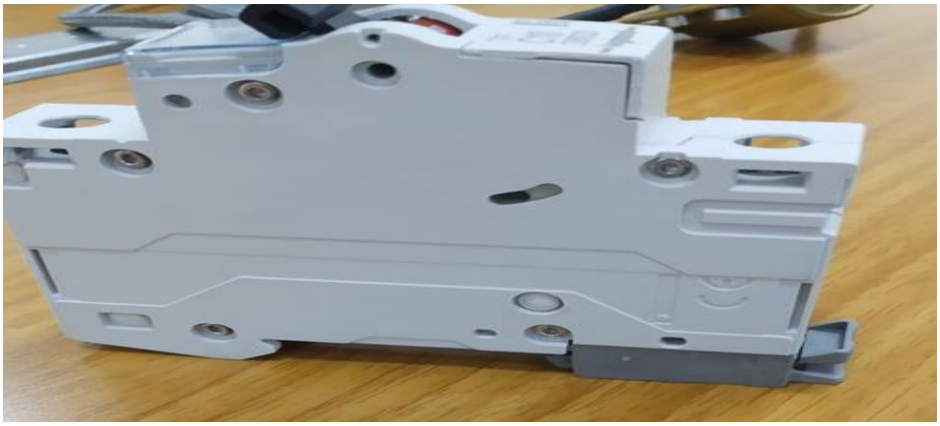


Εικόνα 52: Μειωτήρας στροφών

2.3.1.7 Ηλεκτρική ασφάλεια

Η συγκεκριμένη ασφάλεια (Εικόνα 53: Ηλεκτρική ασφάλεια τοποθετήθηκε, ώστε σε περίπτωση βραχυκυκλώματος να πέσει η ασφάλεια και να μην κινδυνέψει ο χρήστης να έρθει σε επαφή με το ρεύμα.
Τα χαρακτηριστικά τα όποια έχει είναι τα εξής:

1. Ονομαστική ένταση (A): 10A
2. Αριθμός πόλων : Μονοπολική
3. Πλάτος: Ενός Στοιχείου
4. Αντοχή σε βραχυκύκλωμα (kA) : 6 kA
5. Καμπύλη : C



Εικόνα 53: Ηλεκτρική ασφάλεια

2.3.1.8 Διακόπτες ρεύματος

Για τον εξωθητήραχρησιμοποιήθηκαν δυο διακόπτες (Εικόνα 54: Διακόπτες ρεύματοςπου σκοπός του καθενός είναι. Ο πρώτος διακόπτης έχει την χρήση στονα ανοίγει και να κλείνει όλα τα ρεύματα που τροφοδοτούν τον εξωθητήρα. Ο δεύτερος διακόπτης χρησιμοποιήθηκε για να ανοιγοκλείνει το τροφοδοτικό. Σκοπός του είναι κατά την προετοιμασία του εξωθητήρα να είναι κλειστό το τροφοδοτικό, ώστε να δώσει χρόνο στις αντιστάσεις να θερμάνουν την θερμή περιοχή και υστέρα να ανοίξει ο διακόπτης για να λειτουργήσει το τροφοδοτικό.



Εικόνα 54: Διακόπτες ρεύματος

2.3.1.9 Κουμπί πανικού

Το κουμπί πανικού (Εικόνα 55: Κουμπί πανικού χρησιμοποιήθηκε σε περίπτωση που αν κάτι δεν λειτουργήσει σωστά κατά την διαδικασία εξώθησης να πατηθεί και να σβήνει το μηχάνημα.



Εικόνα 55: Κουμπί πανικού

2.3.1.10 Καλώδιο εναλλασσόμενου ρεύματος

Το καλώδιο (Εικόνα 56: Καλώδιο εναλλασσόμενου ρεύματος αυτό χρησιμοποιείτε για την μεταφορά ηλεκτρικής ενεργείας από την πηγή (Πρίζα) προς το ηλεκτρικό σύστημα του εξωθητήρα για την λειτούργει του. Αποτελείτε από 3 καλώδια διαφορετικών χρωμάτων. Το κίτρινο-πράσινο είναι η γείωση, μπλε το ουδέτερο και καφέ η φάση.



Εικόνα 56: Καλώδιο εναλλασσόμενου ρεύματος

2.3.1.11 Θερμοζεύγος K

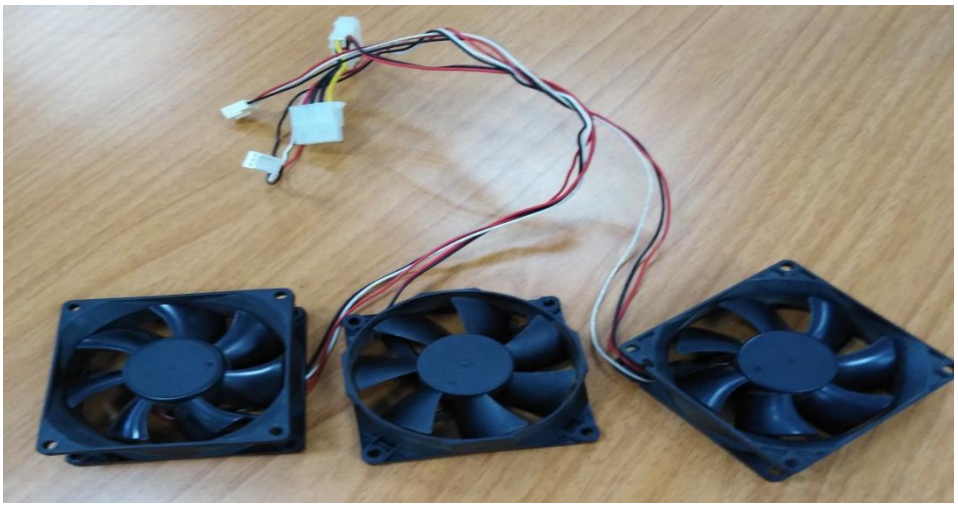
Το Θερμοζεύγος K (Εικόνα 57: Θερμοζεύγος K είναι ο αισθητήρας που παίρνει συνέχεις δήγματα από τη θερμοκρασία που αναπτύσσουν οι ηλεκτρικές αντιστάσεις. Το Θερμοζεύγος αποτελείται από δυο ανόμοιους μεταλλικούς αγωγούς που είναι συνδεδεμένοι σε ένα άκρο. Όταν θερμανθεί το κοινό άκρο τότε εμφανίζεται διαφορά δυναμικού στου δυο μεταλλικούς αγωγούς. Αυτή η διαφορά δυναμικού προβάλλεται στον ελεγκτή θερμοκρασίας με τη μορφή βαθμών Κελσίου.



Εικόνα 57: Θερμοζεύγος K

2.3.1.12 Ανεμιστήρες

Οι ανεμιστήρες (Εικόνα 58:Ανεμιστήρεςχρησιμοποιήθηκαν για την ψύξη του μακαρονιού κατά την έξοδο του από την κεφαλή. Οι ανεμιστήρες είναι τάσης 12V και είναι από υπολογιστή.



Εικόνα 58:Ανεμιστήρες

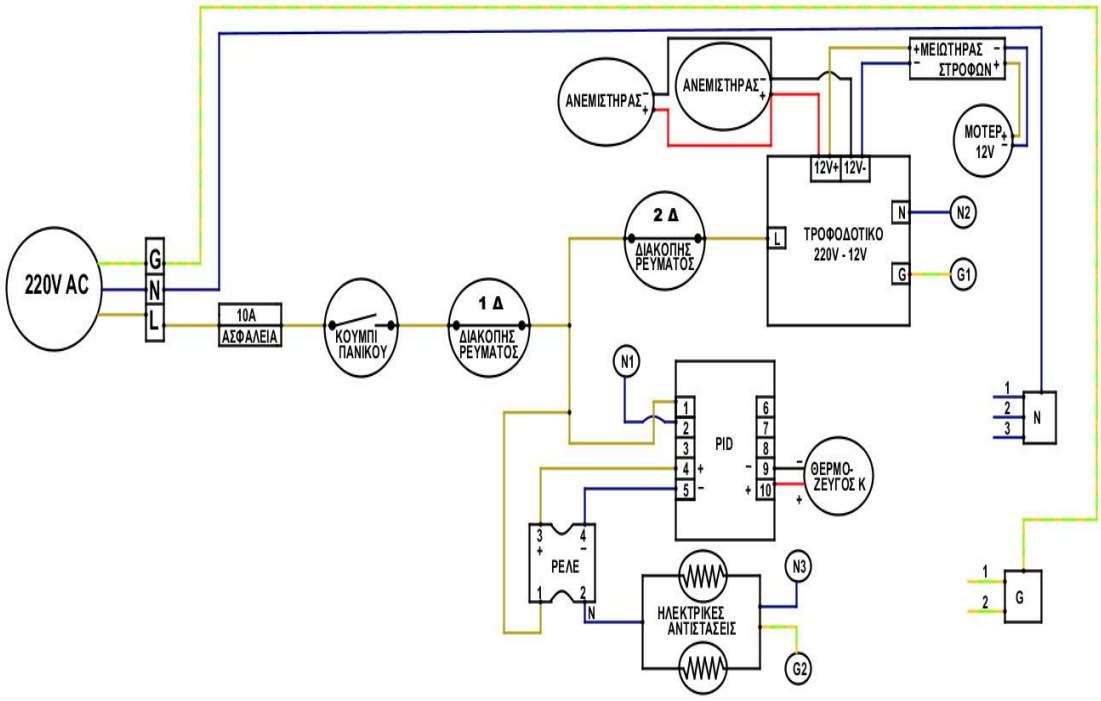
2.4 Σχεδιάγραμμα ηλεκτρικού κυκλώματος

Το ηλεκτρικό κύκλωμα είναι ένα από τα ποιο βασικά μέρη του εξωθητήρα καθώς από αυτό γίνετε η τροφοδοσία, ο έλεγχος για την ορθή λειτουργία του εξωθητήρα. Το ηλεκτρικό κύκλωμα σχεδιάστηκε ηλεκτρονικά με το πρόγραμμα FidoCAD (Εικόνα 59: Λογότυπο FidoCAD. Το λογισμικό αυτό είναι αρκετάεύχρηστο και εύκολο στην λειτουργία του για τέτοιου είδους κυκλώματα.



Εικόνα 59: Λογότυπο FidoCAD

Βάση του προγράμματος σχεδιάστηκε το παρακάτω ηλεκτρικό κύκλωμα (Εικόνα 60**:** Ηλεκτρικό κύκλωμα που θα εκτυπωθεί και θα τοποθετηθεί στην επιφάνεια του θρανίου.



Εικόνα 60: Ηλεκτρικό κύκλωμα

Στο ηλεκτρικό κύκλωνα υπάρχουν διαφόρων χρωμάτων καλώδια που το καθένα έχει το σκοπό του:

- Το πράσινο-κίτρινο είναι η γείωση
- Το μπλε είναι το ουδέτερο
- Το καφέ είναι η φάση
- Το κόκκινοκαι καφέ είναι ο θετικός πόλος
- Το μαύρο και μπλε είναι ο αρνητικός πόλος

Λόγο ότι δεν υπήρχαν καλώδια χρώματος κόκκινου για τον θετικό πόλο και μαύρου για τον αρνητικό πόλο σε κάποια σημεία χρησιμοποιήθηκαν αντί αυτόν καφέ καλώδια για τον θετικό πόλο και μπλε καλώδια για τον αρνητικό πόλο.

2.5 Κατασκευαστικό σκέλος εξωθητήρα

Εφόσον ολοκληρώθηκε η ερεύνα και μελέτη των μηχανολογικών-ηλεκτρονικών εξαρτημάτων ξεκίνησε η υλοποίηση της κατασκευής του εξωθητήρα. Παρακάτω θα αναλυθούν αναλυτικά οι διαδικασίες της κατασκευής του.

2.5.1 Μηχανολογικό σκέλος

Η μηχανολογική διαδικασία πραγματοποιήθηκε στο μηχανοστάσιο του ελληνικού μεσογειακού πανεπιστήμιου και για κάποια μέρη της κατασκευής που δεν μπορούσαν να πραγματοποιηθούν στο μηχανοστάσιο έγινεεπίσκεψη σε ένα σιδεράδικο που προθυμοποιήθηκαν να βοηθήσουν.

2.5.1.1 Κατεργασία βάση στήριξης

Η βάση στήριξης είναι ένα σχολικό θρανίο το οποίο δέχτηκε τρίξιμο και βάψιμο εφόσον η αρχική μορφή του δεν ήταν στην κατάσταση που χρειαζόταν. Παρακάτω εμφανίζονται οι εικόνες από την αρχική (Εικόνα 61: Αρχική μορφή, κατά την κατεργασία (Εικόνα 62: Κατά την κατεργασία) και την τελική του μορφή (Εικόνα 63: Τελική μορφή.



Εικόνα 61: Αρχική μορφήσχολικού θρανίου



Εικόνα 62: Κατά την κατεργασία



Εικόνα 63: Τελική μορφή σχολικού θρανίου

2.5.1.2 Κατασκευή Σιδερένιας βάση

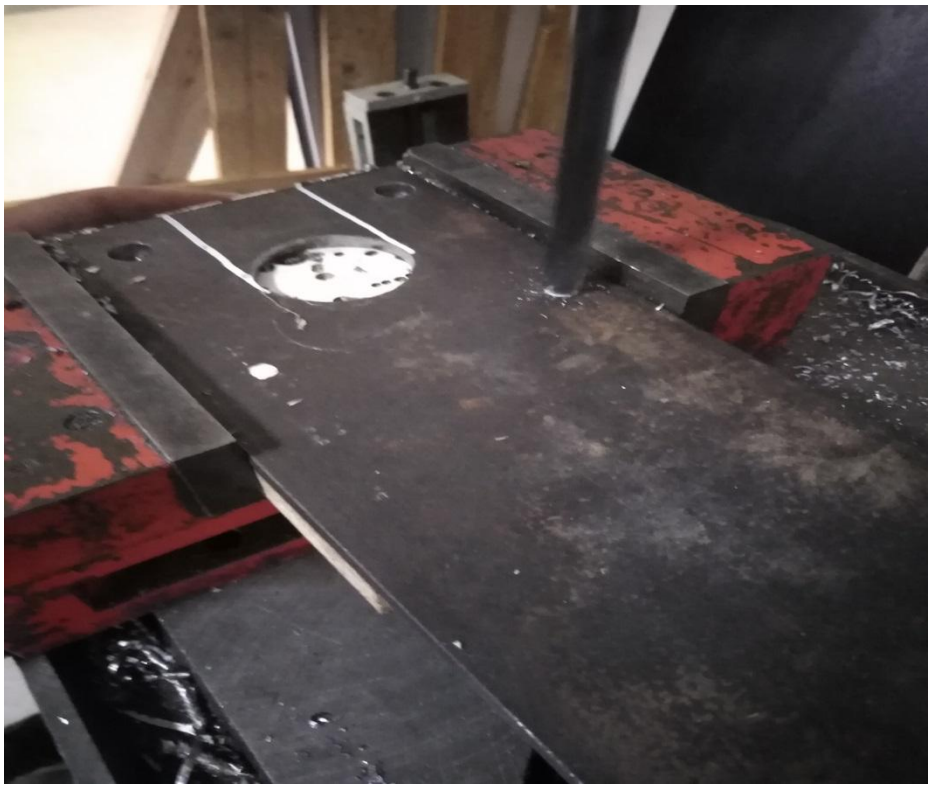
Η αρχική μορφή (Εικόνα 64: Αρχική μορφή της δέχτηκε επεξεργασία στο κάτω σκέλος (Εικόνα 65**:** Επεξεργασία κάτω πλακάςκάνοντας 4 τρύπες διαμέτρου 10mm. Ακόμα στην κατακόρυφη πλακά (Εικόνα 66**:** Επεξεργασία κατακόρυφης πλακάς έγιναν 4 τρύπες διαμέτρου 10mm και ένα άνοιγμα 35mm για να μπορέσουν να τοποθετηθούν η σιδερένιοι σωλήνες. Τέλος κόπηκε σε δυο μέρη για να γίνει συγκολλήσει, ώστε να δημιουργηθεί μια ορθή γωνιά (Εικόνα 67: Συγκόλληση κάτω πλακάς και κάθετης για να υπάρχει μια απόσταση των μεταλλικών σωλήνων από το ξύλινο (μελαμίνη) μέρος του θρανίου.



Εικόνα 64: Αρχική μορφή σιδερένιας βάσης



Εικόνα 65: Επεξεργασία κάτω πλακάς



Εικόνα 66: Επεξεργασία κατακόρυφης πλακάς



Εικόνα 67: Συγκόλληση κάτω πλακάς και κάθετης

2.5.1.3 Επεξεργασία κεφαλής, ακροφύσιο και σιτάκι

Αρχικάχρησιμοποιήθηκεέναςσυμπιεσμένοςσωλήναςσιδήρου ο όποιοςκόπηκε (Εικόνα 68: Κόψιμο συμπιεσμένου σωλήνα σε συγκεκριμένοσημείο,ώστε να χρησιμοποιηθεί ένα κομμάτι του ως κεφαλή. Υστέρα το επιθυμητόκομμάτι κεφαλής επεξεργάστηκε σε τόρνο για να έρθει στο μήκος που χρειαζόταν (Εικόνα 69: Επεξεργασία της κεφαλής στον τόρνο. Στο οπίσθιο μέρος της κεφαλής έγινε εσωτερικό σπείρωμα(**Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.** για να τοποθετείτε στο εμπρόσθιο σπείρωμα του σωλήνα. Στο εμπρόσθιο μέρος του έγινε εσωτερικό σπείρωμα για να τοποθετείτε το ακροφύσιο διαφόρων τύπων που υπάρχουν στην διαθεσιμότητα του χρηστή (Εικόνα 71: Εμπρόσθιο μέρος κεφαλής και ακροφύσια. Τέλος στο εσωτερικό της κεφαλής τοποθετείτε το σιτάκι το οποίο δέχτηκε επεξεργασία (Εικόνα 72: Επεξεργασία στο σιτάκι ,ώστε να μπορέσει να προσαρμοστεί μέσα στο εσωτερικό της κεφαλής.



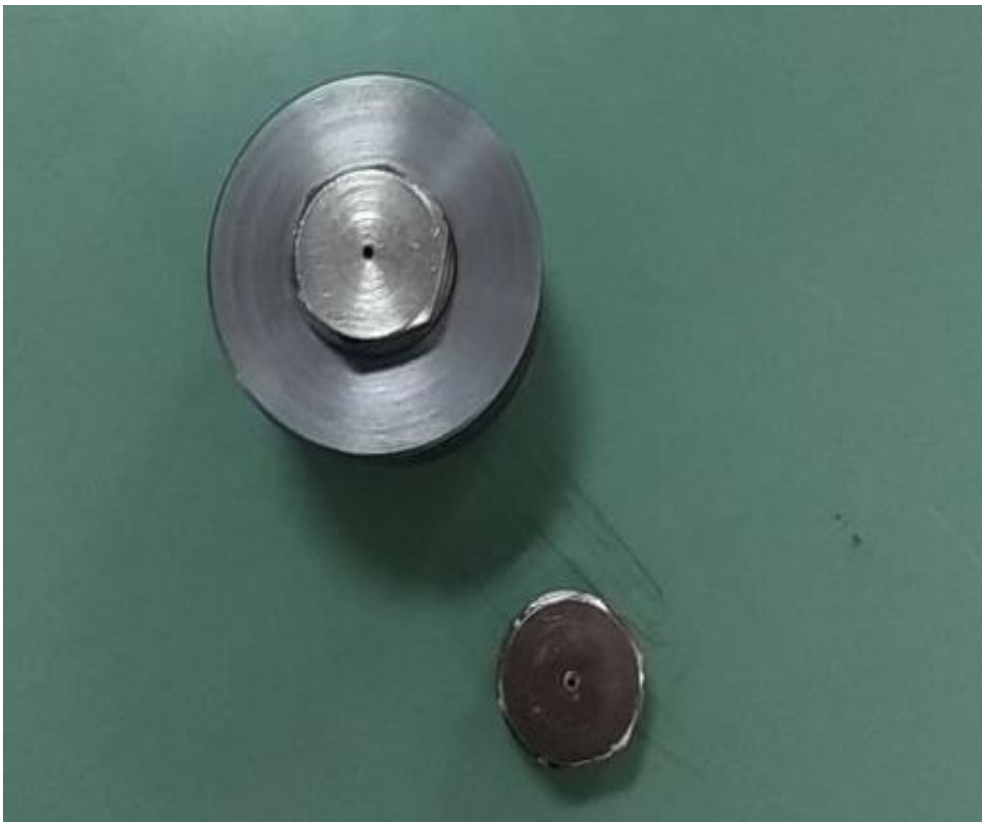
Εικόνα 68: Κόψιμο συμπιεσμένου σωλήνα



Εικόνα 69: Επεξεργασία της κεφαλής στον τόρνο



Εικόνα 70: Σπείρωμα οπίσθιου μέρους κεφαλής



Εικόνα 71: Εμπρόσθιο μέρος κεφαλής και ακροφύσια



Εικόνα 72: Επεξεργασία στο σιτάκι

2.5.1.4 Επεξεργασία Πλακών θερμό διακοπής και σιδερένιων σωλήνων

Αρχικά οιπλάκεςθερμόδιακοπήςκοπήκαν (Εικόνα 73**:** Κόψιμο πλακών στις ιδανικές διαστάσεις δημιουργώντας δυο πλάκες των ίδιων διαστάσεων και υστέρα δεχτήκανεπεξεργασία στην επιφάνεια τους κάνονταςστην κάθε μια τέσσεριςοπέςδιαμέτρου 10mm (**Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.** και μια οπήδιαμέτρου 35mm (**Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.**.

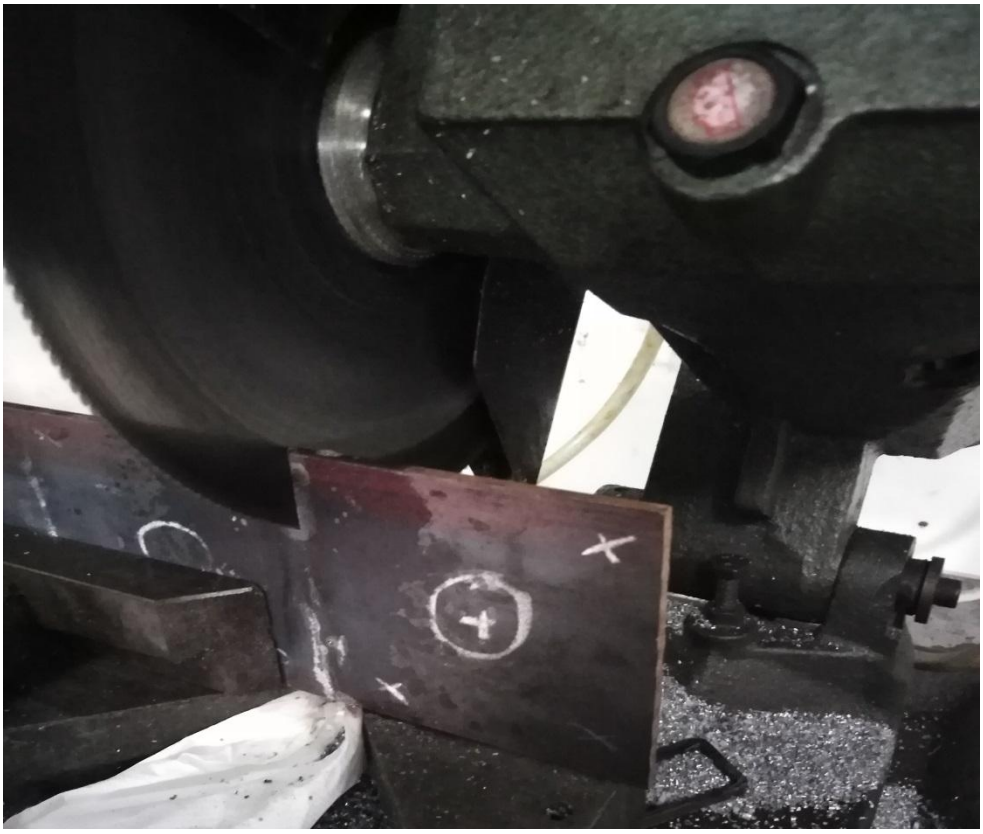
Υστέρα από έναν σιδερένιοσωλήνακοπήκαν (Εικόνα 76**:** Κόψιμο σωλήνων δυο σωλήνεςδιαφορετικώνδιαστάσεων:

Στον εμπρόσθιοσωλήναέγινεσυγκόλληση της βάσης του θερμοζεύγους K (Εικόνα 77**:** Συγκόλληση βάσης θερμοζεύγους K και σετόρνο έγινεσπείρωμα (Εικόνα 78: Δημιουργία σπειρώματος που τοποθετείτε η κεφαλή.

Στον οπίσθιοσωλήναέγινεάνοιγμαοπής 30mm (**Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.**,ώστε να μπορεί να εισέρχεται το θερμοπλαστικό στο χώροεπεξεργασίας και μετέπειταπάνω από την οπήέγινεσυγκόλληση ενός μικρούσωλήναλουμινίου (Εικόνα 80**:** Συγκόλληση βάσης χωνιού υποδοχής θερμό πλαστικούμε διάμετρο 20mm και σε αυτήν την οπή θα τοποθετηθεί το χωνί υποδοχής θερμοπλαστικού.

Ακόμα στιςπλάκεςέγινεσυγκόλληση των σωλήνων (Εικόνα 81**:** Συγκόλληση των σωλήνων πάνω στις πλάκες με μεγάληακρίβεια,ώστε να μην υπάρχειπρόβλημα με τον κοχλίαμεταφοράς του θερμοπλαστικού.

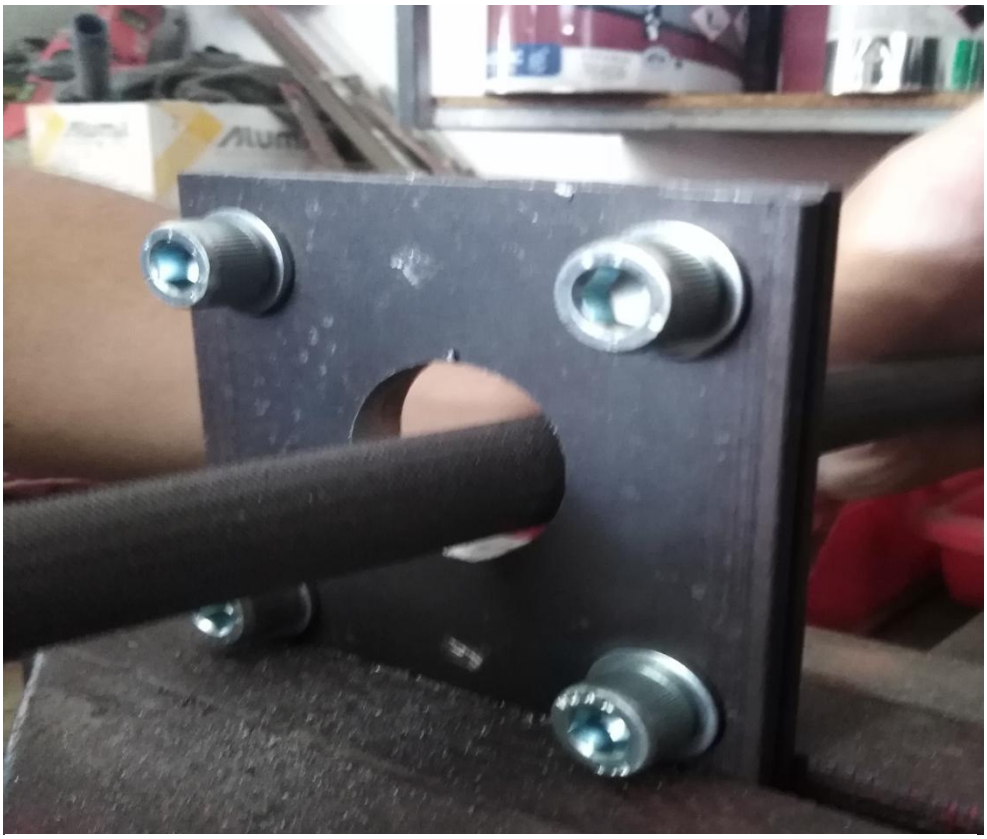
Τέλος ολοκληρώθηκε όλο το οπίσθιο και εμπρόσθιο μέρος (Εικόνα 82**:** Ολοκλήρωση οπίσθιου και μπροστινού σωλήνα.



Εικόνα 73: Κόψιμο πλακών



Εικόνα 74: Δημιουργία οπών 10mm



Εικόνα 75: Δημιουργία οπής 30mm



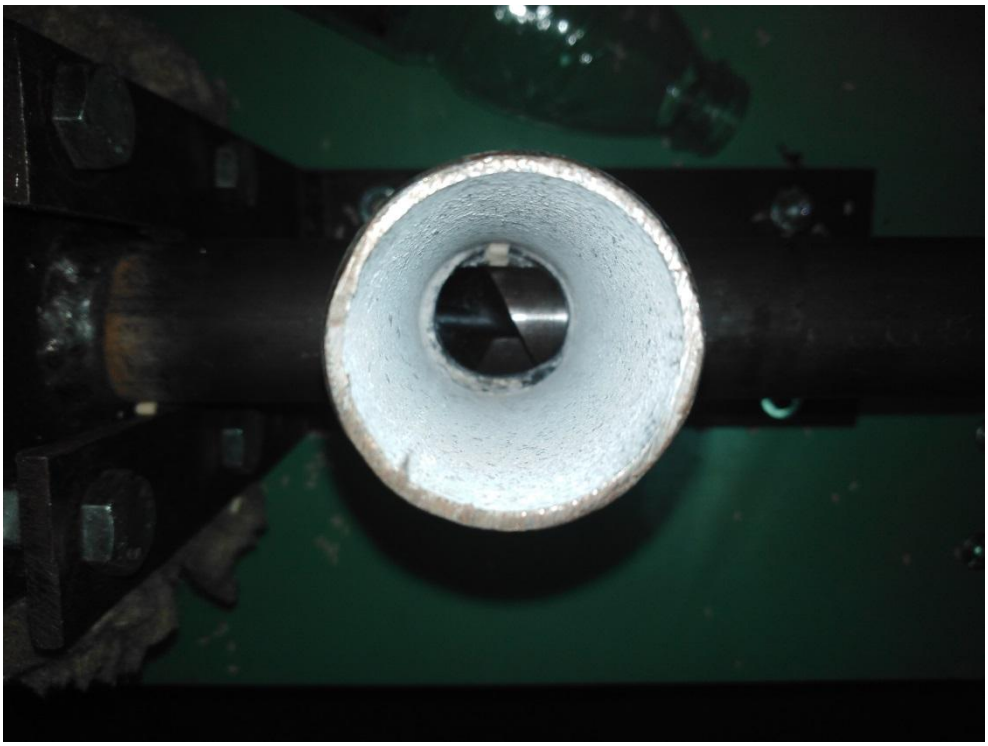
Εικόνα 76: Κόψιμο σωλήνων



Εικόνα 77: Συγκόλληση βάσης θερμοζεύγους K



Εικόνα 78: Δημιουργία σπειρώματος



Εικόνα 79: Δημιουργία οπής για την προώθηση θερμοπλαστικού



Εικόνα 80: Συγκόλληση βάσης χωνιού υποδοχής θερμό πλαστικού



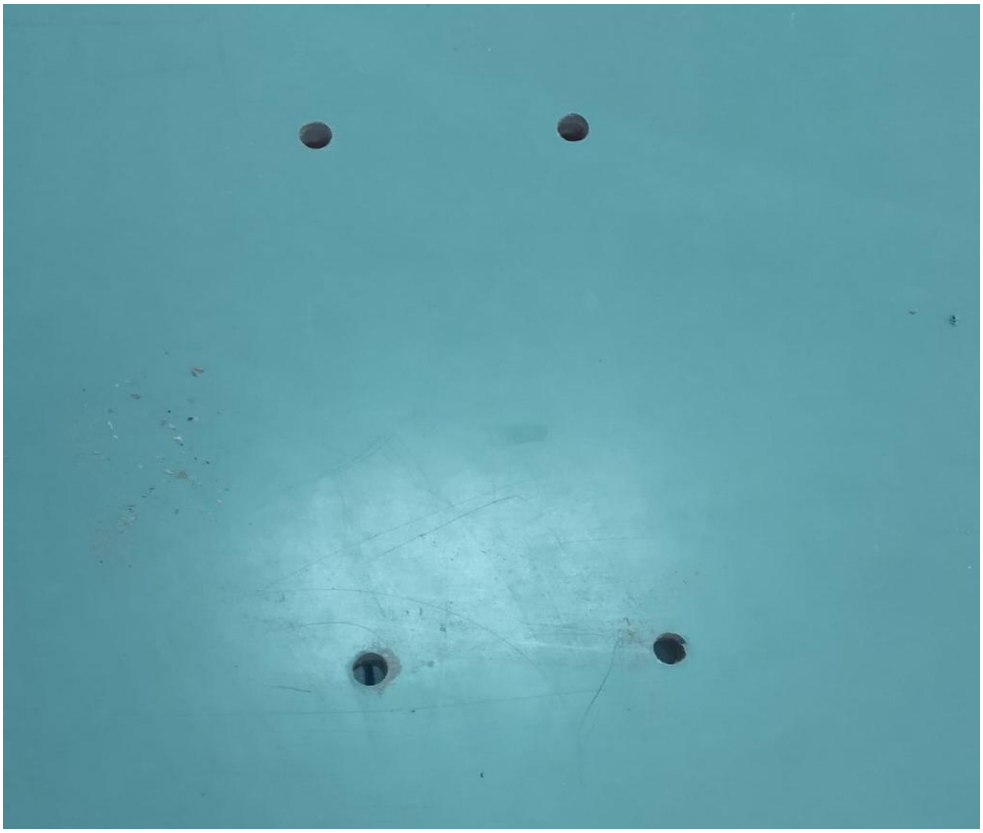
Εικόνα 81: Συγκόλληση των σωλήνων πάνω στις πλάκες



Εικόνα 82: Ολοκλήρωση οπίσθιου και μπροστινού σωλήνα

2.5.1.5 Τελικό στάδιο και συναρμολόγηση

Αρχικά οι τελευταίες διαδικασίες που έπρεπε να γίνουν για να τελειώσει το μηχανολογικό κομμάτι ήταν να ανοιχτούν 4 οπές (Εικόνα 83: Άνοιγμα όπως στην μελαμίνη στο ξύλο (μελαμίνη), ώστε να μπορέσει να τοποθετηθεί το μηχανολογικό κομμάτι στην βάση με την βοήθεια βιδών, ροδελών και παξιμαδιών για να γίνει η σύσφιξη του. Επίσης στο τρυπάνιξύλουέπρεπε να κοπεί η μύτη που έχει στο τέλος της κεφαλής (Εικόνα 84: Τρόχισμα Κεφαλής τρυπανιού γιατί δεν έχει καμιά χρησιμότητα. Ακόμα να τοποθετηθούν οι μεντεσέδες (Εικόνα 85: Τοποθέτηση μεντεσέδων. Υστέρα επεξεργάστηκε το μονωτικό υλικόανοίγοντας 4 οπές 10mm και μια οπή 30mm,ώστε να μπορέσει να τοποθετηθεί ανάμεσα από της δυο πλάκες σιδήρου (Εικόνα 86:. Στην συνεχεία κόπηκε ένα μέρος από το πετροβάμβακα αλουμινίου για να τοποθετηθεί στον εμπρόσθιο σωλήνα (Εικόνα 87: Τοποθέτηση πετροβάμβακα αλουμινίου. Τέλος όλα τα εξαρτήματα ήταν έτοιμα να συναρμολογηθούν μεταξύ τους. Το οπίσθιο και εμπρόσθιο μέρος ενώθηκαν με την βοήθεια βιδών, ροδελών και παξιμαδιών και δημιουργήθηκε το τελικό αποτέλεσμα (Εικόνα 88: Τελικό αποτέλεσμα.



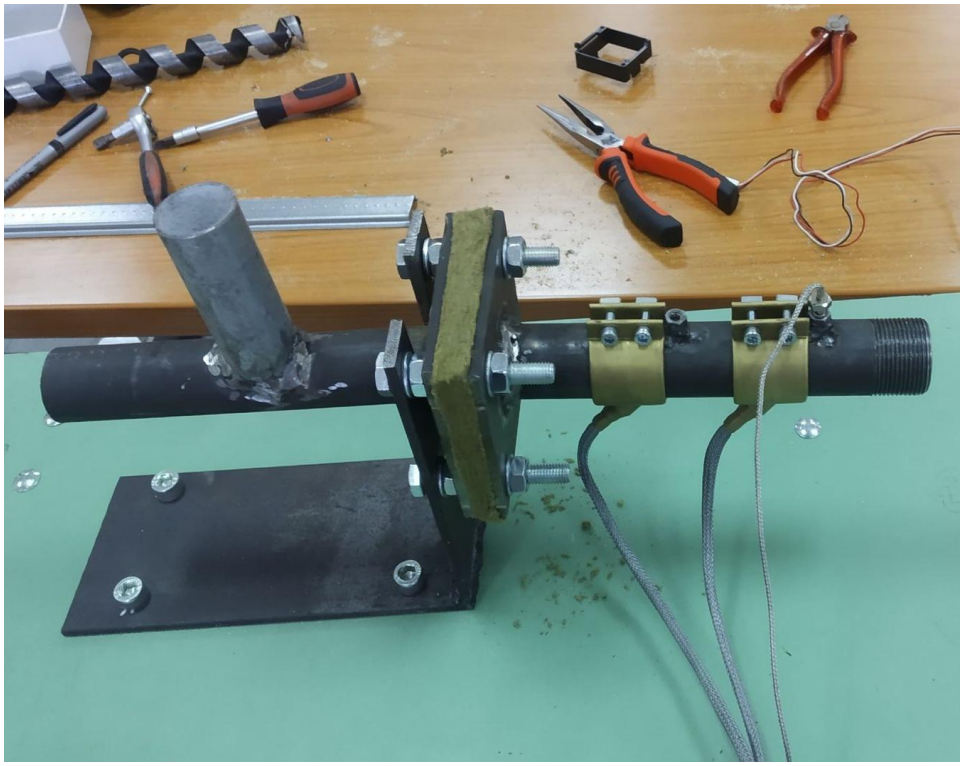
Εικόνα 83: Άνοιγμα όπως στην μελαμίνη



Εικόνα 84: Τρόχισμα Κεφαλής τρυπανιού



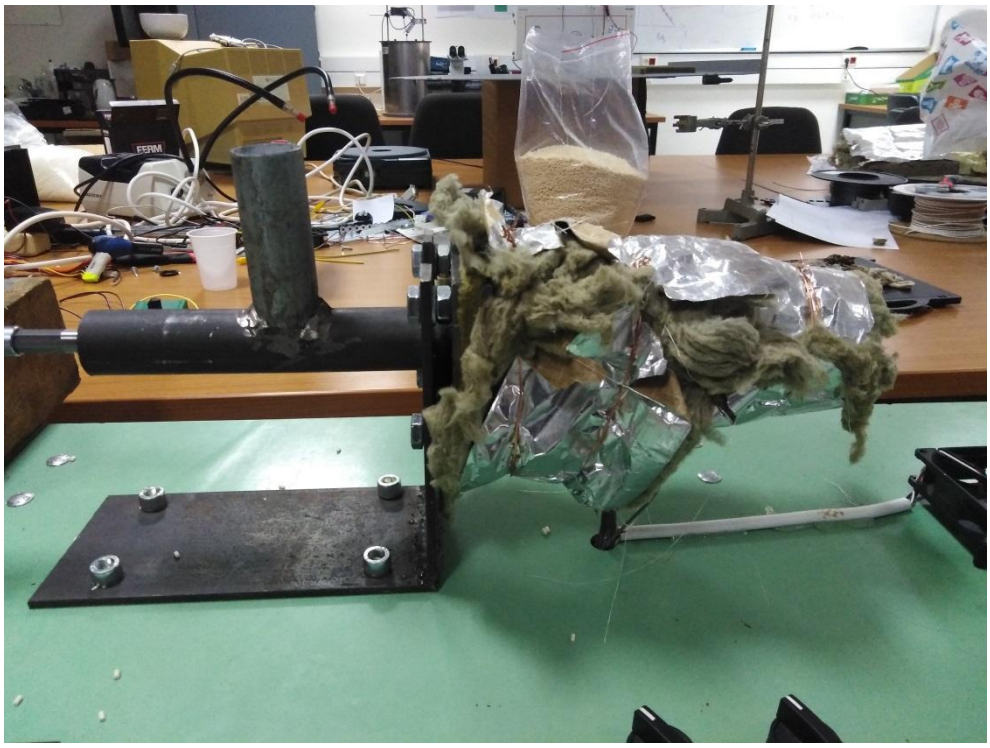
Εικόνα 85: Τοποθέτηση μεντεσέδων



Εικόνα 86:Τοποθέτηση πετροβάμβακα



Εικόνα 87: Τοποθέτηση πετροβάμβακα αλουμινίου



Εικόνα 88: Τελικό αποτέλεσμα του μηχανολογικού σκέλους

2.5.2 Ηλεκτρολογικό σκέλος

Εφόσονπραγματοποιήθηκε η συναρμολόγηση του μηχανολογικού σκέλους άρχισε η διαδικασία συναρμολογήσεις του ηλεκτρολογικού σκέλους στην από πάνω και από κάτω επιφάνεια της βάσης στηρίξεις.Παρακάτω εμφανίζετε αναλυτικά η διαδικασία για το ηλεκτρολογικό σκέλος.

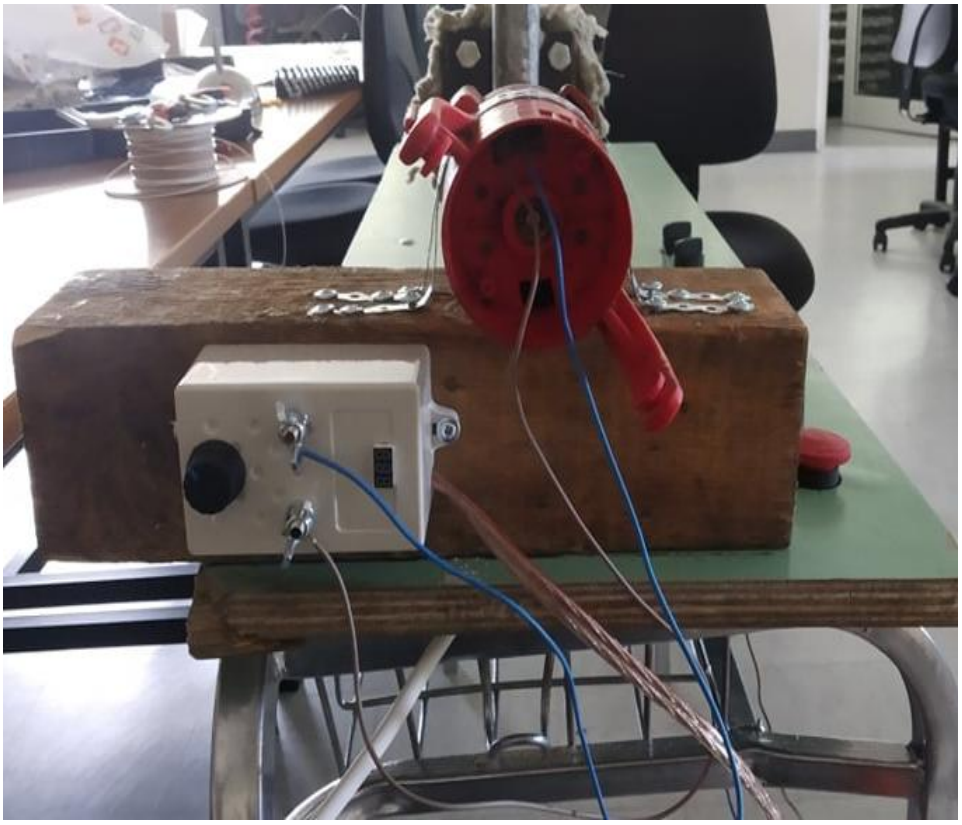
2.5.2.1 Πρώτα σταδία ηλεκτρολογικού σκέλους

Αρχικά τοποθετηθήκανπάνω στην ξύλινη επιφάνεια το μοτέρ (Εικόνα 89: Εγκατάσταση μοτέρ,οΜειωτής στροφών (Εικόνα 90: Τοποθέτηση ροοστάτηκαι δυο ανεμιστήρες (Εικόνα 91: Εγκατάσταση ανεμιστήρων και υστέρα τοποθετηθήκαν οι δυο αντιστάσεις(MIKA)και το θερμοζεύγος K (Εικόνα 92**:** Τοποθέτηση ηλεκτρικών αντιστάσεων (MIKA) και θερμοζεύγους K πάνω στον εμπρόσθιο σωλήνα και μετέπειτα ανοίχτηκε οπή, ώστε να περάσουν τα καλώδια τους στην από κάτω επιφάνεια της βάσης. Ακόμα στην ξύλινη (μελαμίνη) μεριά του θρανίου ανοίχτηκανειδικώνδιαστάσεωνοπές,ώστε να προσαρμοστούν με ακρίβεια η διακόπτες ρεύματος, το κουμπίπανικού και ο ελεγκτήςθερμοκρασίας(PID) (Εικόνα 93**:** Τοποθέτηση των διακόπτων ρεύματος, το κουμπί πανικού και τον ελεγκτή θερμοκρασίας (PID). Παρακάτω εμφανίζετε

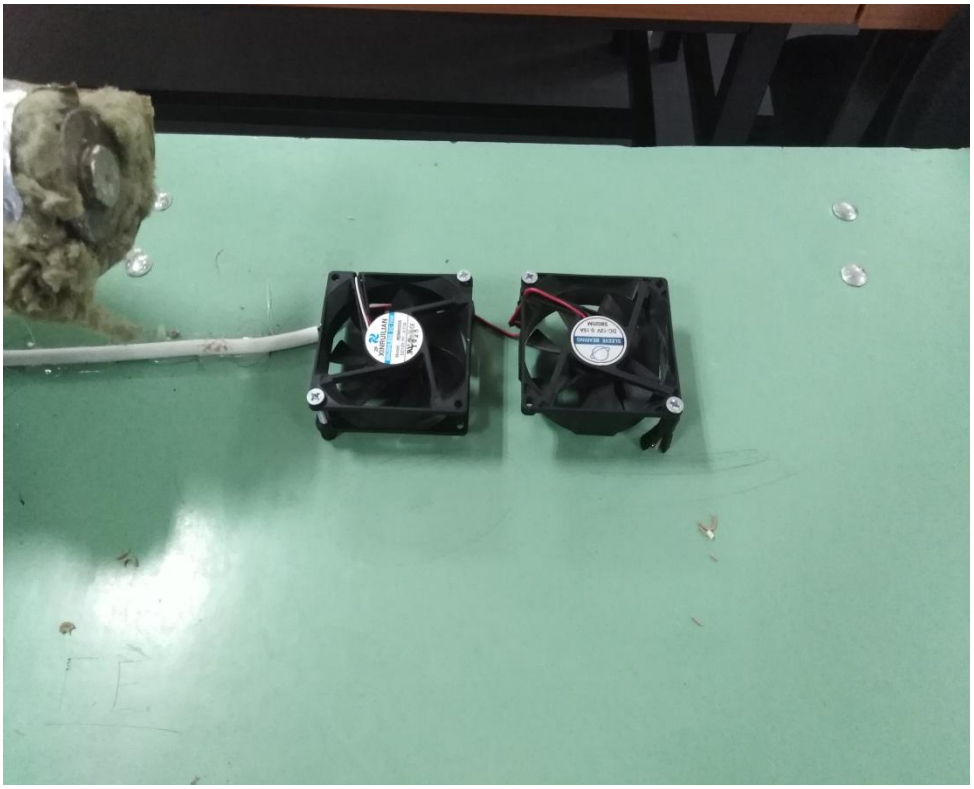
το τελικό αποτέλεσμα των πρώτων σταδίων κατασκευής (Εικόνα 94: Τελικό αποτέλεσμα πάνω όψηκαι (Εικόνα 95: Τελικό αποτέλεσμα κάτω όψη.



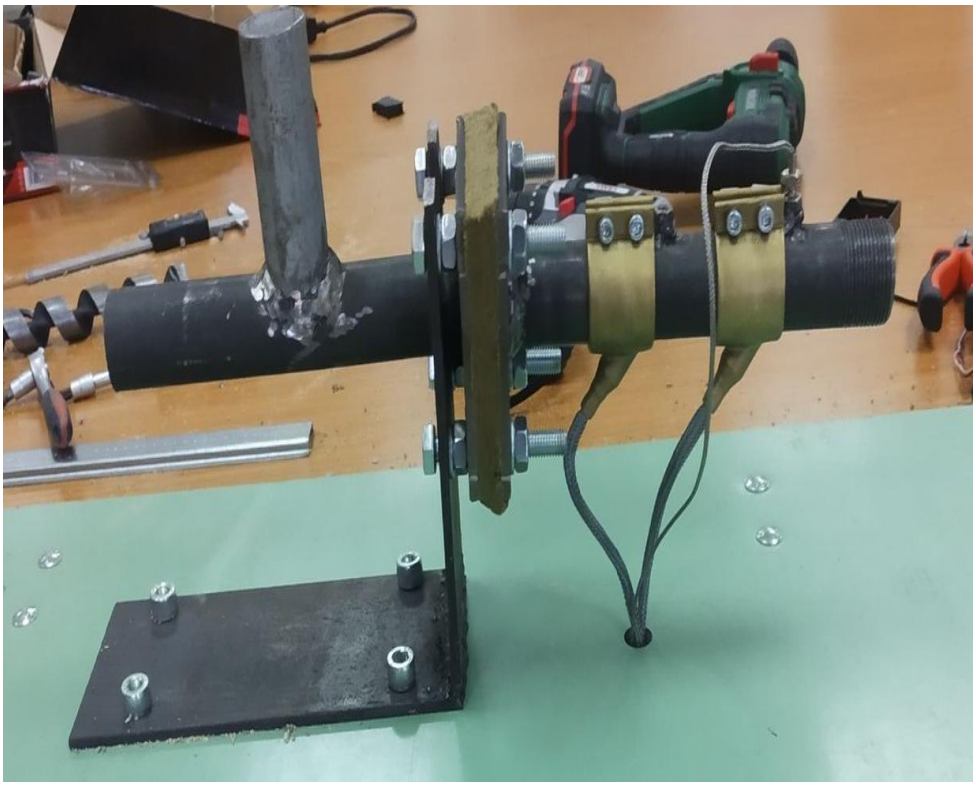
Εικόνα 89: Εγκατάσταση μοτέρ



Εικόνα 90: Τοποθέτηση ροοστάτη



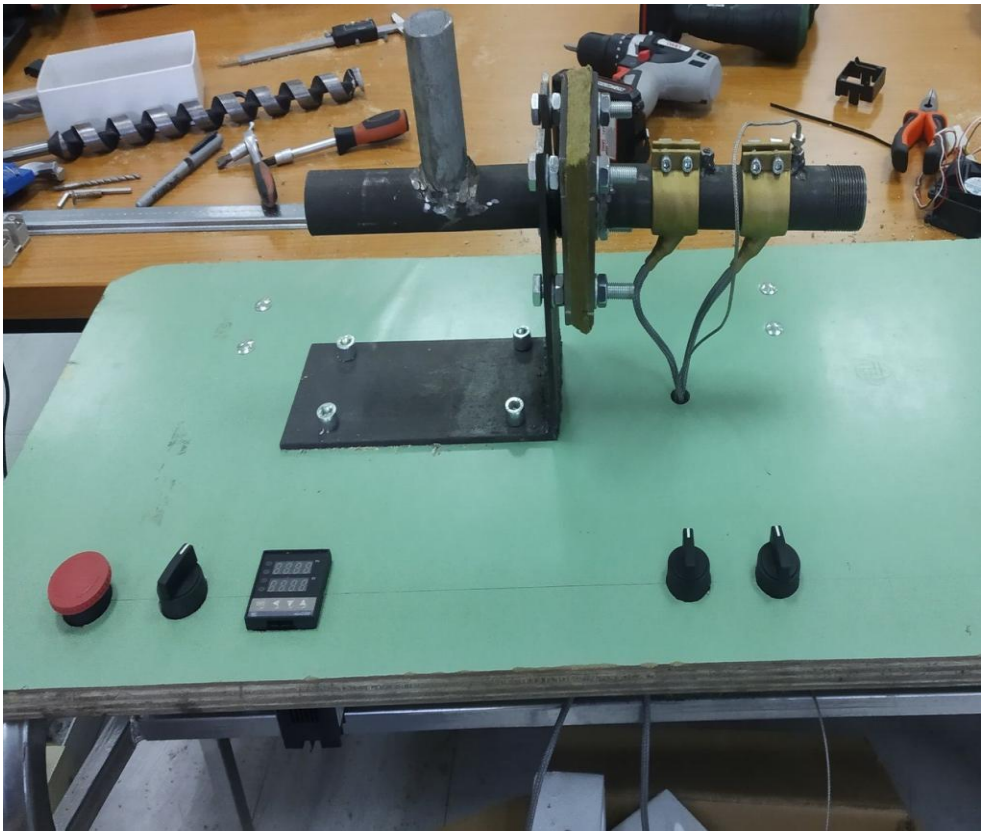
Εικόνα 91: Εγκατάσταση ανεμιστήρων



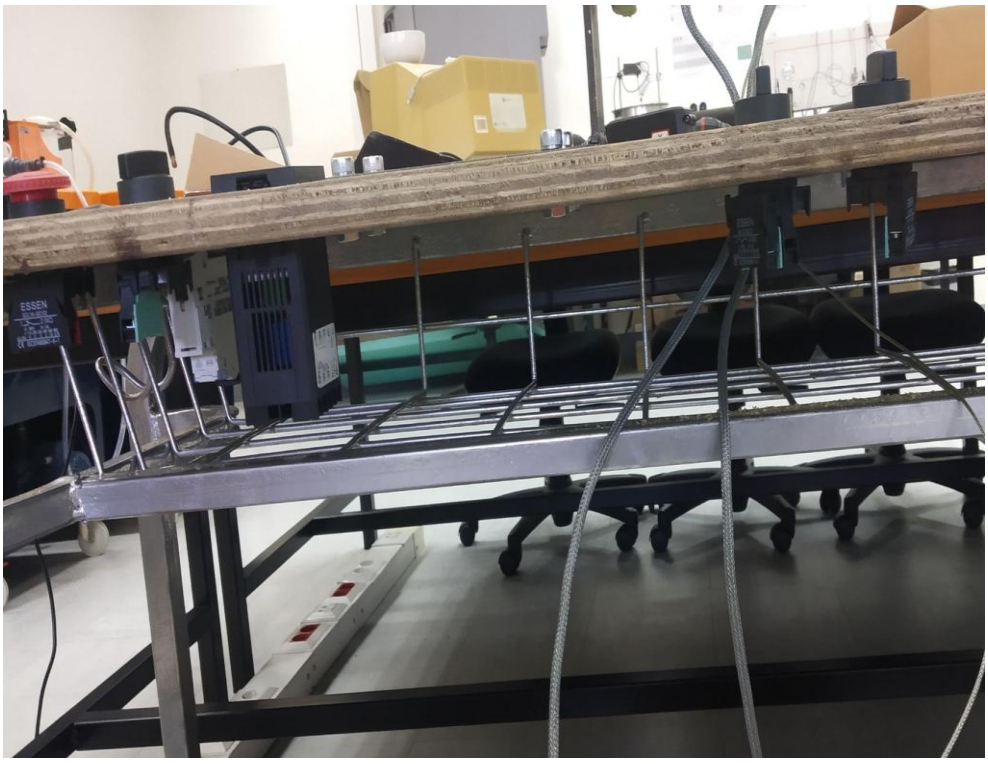
Εικόνα 92: Τοποθέτηση ηλεκτρικών αντιστάσεων (MIKA) και θερμοζεύγους K



Εικόνα 93: Τοποθέτηση των διακόπτων ρεύματος, το κουμπί πανικού και τον ελεγκτή θερμοκρασίας (PID)



Εικόνα 94: Τελικό αποτέλεσμα πάνω όψη ηλεκτρολογικών



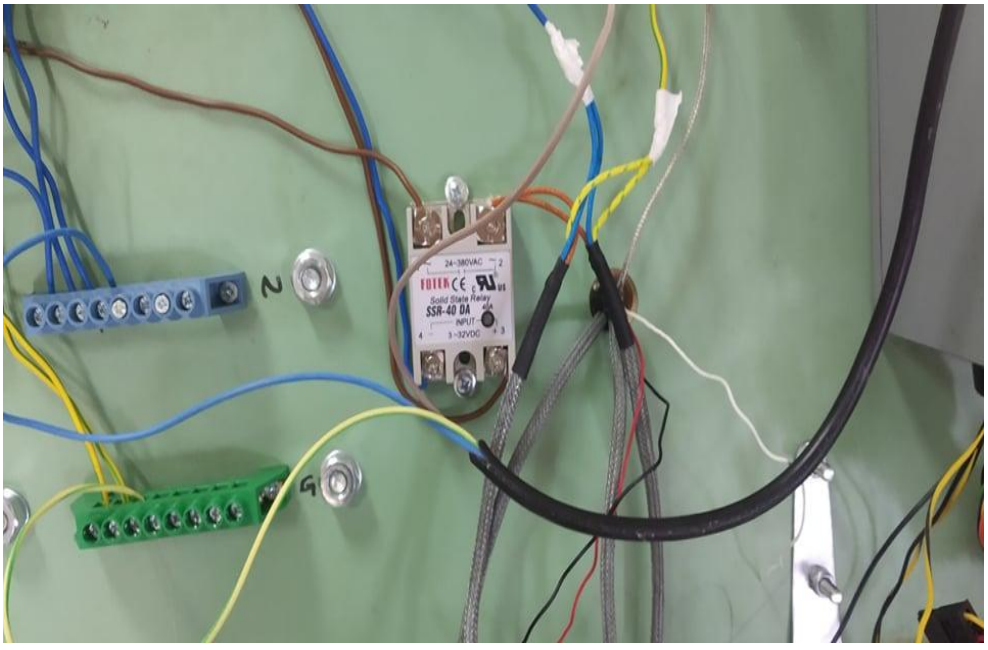
Εικόνα 95: Τελικό αποτέλεσμα κάτω όψη ηλεκτρολογικών

2.5.2.2 Τελευταία σταδία ηλεκτρολογικού σκέλους

Εφόσονπροσαρμόστηκαν όλα τα εξαρτήματα στην απόπάνωεπιφάνεια του θρανίου ξεκίνησε η τοποθέτηση των εξαρτημάτων στην από κάτω επιφάνεια και η συνδεσμολογία μεταξύ τους. Αρχικά έγινε η τοποθέτηση της ηλεκτρικής ασφαλούς (Εικόνα 96:Τοποθέτηση ηλεκτρικής ασφάλειας, του ρελέ (Εικόνα 97: Τοποθέτηση ρελέ και της τροφοδοσίας ρεύματος (Εικόνα 98: Τοποθέτηση τροφοδοτικού .Υστέρα έγινε η συνδεσμολογία όλων των εξαρτημάτων μεταξύ τους (Εικόνα 99: Συνδεσμολογίαπρώτο και (Εικόνα 100: Συνδεσμολογία δεύτερο μέρος. Τέλοςμετά από διαφορές δόκιμες η συνδεσμολογία είχε ολοκληρωθεί(Εικόνα 101: Τελικό στάδιο συνδεσμολογίας και όλα λειτουργούσαν όπως έπρεπε.



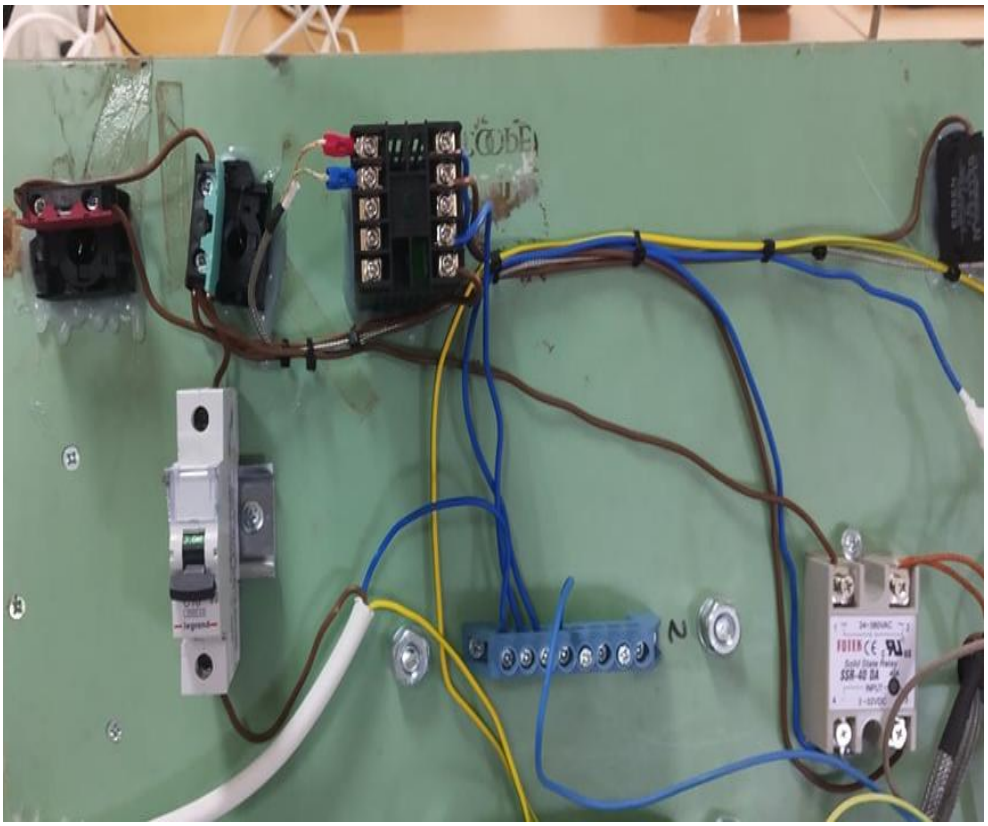
Εικόνα 96:Τοποθέτηση ηλεκτρικής ασφάλειας



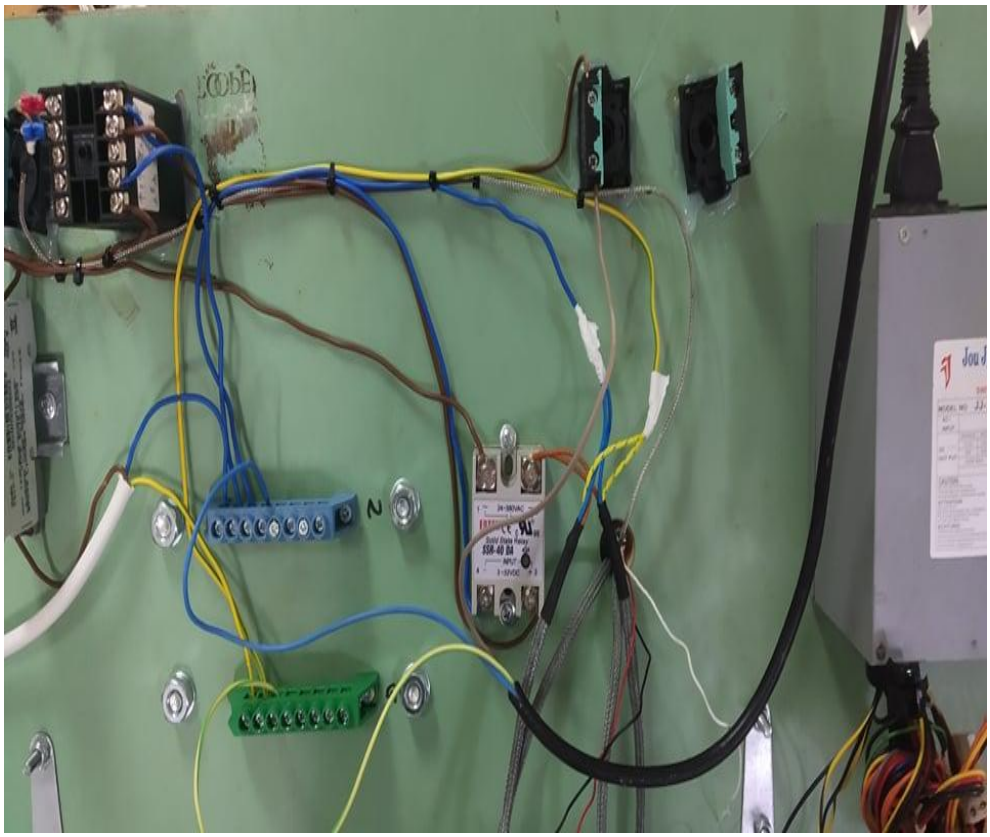
Εικόνα 97: Τοποθέτηση ρελέ



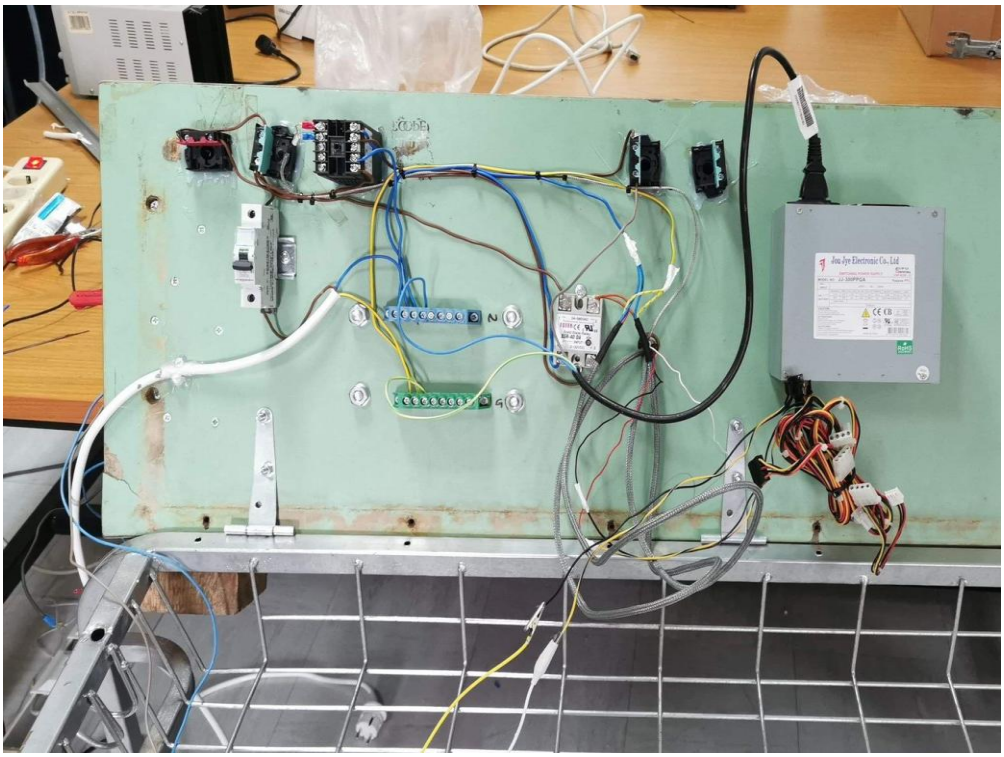
Εικόνα 98: Τοποθέτηση τροφοδοτικού



Εικόνα 99: Συνδεσμολογίαπρώτομέρος



Εικόνα 100: Συνδεσμολογία δεύτερο μέρος



Εικόνα 101: Τελικό στάδιο συνδεσμολογίας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Λειτουργία και παραγόμενο υλικό 3Δ εκτύπωσης

3.1 Αρχή λειτουργιάς του εξωθητήρα

Για την λειτουργιά του εξωθητήρα θα πρέπει να πραγματοποιηθούν με προσοχή τα παρακάτω βήματα:

1. Συνδέεται το καλώδιο εναλλασσόμενου ρεύματος στην πρίζα.
2. Στη συνέχεια ενεργοποιείται η ηλεκτρική ασφάλεια των 10^{A},, ώστε το ρεύμα να μπορεί να διοχετεύει στις υπόλοιπες συσκευές του ηλεκτρονικού κυκλώματος.
3. Αμέσως μετά ανοίγει ο πρώτος διακόπτης ρεύματος όπου περνάει το ρεύμα για να ενεργοποίηση τον ελεγκτή θερμοκρασίας, το θερμοζεύγος K και τις ηλεκτρικές αντιστάσεις. Σκοπός του διακόπτηείναι να μπορέσει να τροφοδότηση με ρεύμα μονό τις παραπάνω ηλεκτρικές συσκευές, ώστε να προλάβει να γίνει η επιθυμητή διαδικασία για την θέρμανση του εξωθητήρα.
4. Εφόσον έχει ανοιχτεί ο πρώτος διακόπτης ρεύματος πέρνα ρεύμα στον ελεγκτή θερμοκρασίας. Υστέρα ορίζουμε τη θερμοκρασία ανάλογος το υλικό που θα επεξεργαστεί ο εξωθητήρας. Τέλος αφού έχει οριστεί η θερμοκρασία που επιθυμεί ο χρήστης ενεργοποιούνται οι ηλεκτρικές αντιστάσεις θερμαίνοντας την θερμή μεριά του εξωθητήρα. Η διαδικασία θέρμανσης διαρκεί ένα μικρό χρονικό διάστημα . Παράδειγμα σε δοκιμή που έγινε στο εργαστήριο για να φτάσει σε θερμοκρασία 260°C χρειάστηκαν είκοσι λεπτά οι αντιστάσεις (260°C η κάθε μια ξεχωριστά).
5. Καθώς υπάρχει η κατάλληλη θερμοκρασία ανοίγει ο δεύτερος διακόπτης ρεύματος για να περάσει το ρεύμα στο τροφοδοτικό από το οποίο θα πάρει ρεύμα το μοτέρ, ο ροοστάτης και οι ανεμιστήρες.
6. Μετέπειτα από το άνοιγμα του δευτέρου διακόπτη ρεύματος έχει ενεργοποιηθεί το μοτέρ το οποίο δέχεται ρύθμιση από τον ροοστάτη (dimmer), ώστε να ρυθμιστούν οι στροφές σε αυτές που επιθυμεί ο χρήστης.Αυτό έχει ως σκοπό να υπάρχουν πάντοτε οι ιδανικές στροφές για την μεταφορά του θερμοπλαστικού προς το ακροφύσιο . Ακόμα ενεργοποιούνται και οι ανεμιστήρες για την ψύξη του θερμοπλαστικού κατά την εξώθηση του.
7. Εφόσον έχουν γίνει όλες οι παραπάνω διαδικασίες τοποθετείτε το θερμοπλαστικό πέλετ σε στερεή μορφή στο χωνί υποδοχής του εξωθητήρα. Στην συνεχεία το θερμοπλαστικό καθώς θερμαίνετε έως στο σημείο τήξης του, μεταβάλετε από στερεή σε υγρή μορφή, ωθούμενο από το μεταφορικό κοχλία υποχρεώνεται να εξέρθει από ένα ακροφύσιο διαμέτρου 1.75mmπαράγοντας έτσι το επιθυμητό νήμα.

8. Τέλος έχει ενσωματωθεί ένα κουμπί πανικού που σε περίπτωση κάποιας δυσλειτουργείς να ενεργοποιηθεί, ώστε να σταματά η παροχήρεύματοςγια να μην υπάρχει κίνδυνος κάποιου ατυχήματος.

3.2 Παραγόμενο νήμα

Καθώς έχει ολοκληρωθεί όλο το κατασκευαστικό κομμάτι του εξωθητήρα ξεκίνησαν τα δοκιμαστικά για την παράγωγη νήματος. Αρχικά έγινε εισαγωγή του θερμοπλαστικού PLA (**Σφάλμα! Άγνωστη παράμετρος αλλαγής.**στο χώρο υποδοχής, υστέρα ο κοχλίας μεταφοράς έσπρωχνε το θερμοπλαστικόPLA προς το ακροφύσιο για την παράγωγηνήματος, αλλά κατά την διαδικασίαπαρουσιάστηκεκακήςποιότηταςνήμαλόγο των γρεζιών και των σκουπιδιών που προϋπήρχαν στο θάλαμοεπεξεργασίας.Για αυτό το λόγοέγινεαφαίρεση του ακροφύσιου,ώστε να μπορεί να αποβάλει πιο σύντομα τις μη επιθυμητέςβρομιές που υπήρχαν (Εικόνα 103**:** Καθαρισμός θαλάμου επεξεργασίας. Μετά από την καθαρισμό ξανά έγινε τοποθέτηση του ακροφύσιου για να αρχίσει η διαδικασία παράγωγης. Κατά την διαδικασία παρατηρήθηκε ότι στην αρχήτο νήμα είχε διαφορετική διάμετρο τάξεως 1.53mm (Εικόνα 104: Έλεγχος νήματος κατά την αρχή παράγωγης αλλά στην πορεία η διάμετρος αυξήθηκε στα 1.66mm (Εικόνα 105: Έλεγχος νήματος μετά από λίγα λεπτάκαι μετά από κάποια λεπτά το νήμα έφτασε στην επιθυμητή διάμετρο τάξεως 1.71mm(Εικόνα 106: Επιθυμητή μέτρηση νήματος.Αυτό συνέβη λόγο ότι ο εξωθητήρας λειτούργησε πρώτη φορά και ήθελε τον χρόνο των πέντε λεπτών ,ώστε να προσαρμοστεί και να μπορεί να παράγει νήμα τάξεως 1.71mm. Ακόμα έγιναν και δόκιμες για την ταχύτητα του κοχλία μεταφοράς ρυθμίζοντας των μειωτήρα στροφών από το45%,εως 60% του και στην συνεχεία έγιναν και δόκιμες για την θερμοκρασία των αντιστάσεων από 240°C έως 270°C.Αφού είχαν πραγματοποιηθεί όλες οι δόκιμες η ιδανική ταχύτητα ήταν όταν ο μειωτήρας στρόφων είναι στο 50% με 55% του και οι αντιστάσεις η κάθε μια στους 240°C.Ακόμα παρατηρήθηκε ότι κατά την εισαγωγή του θερμοπλαστικού PLAπρέπει να υπάρχει πίεση αυτού προς τον κοχλία μεταφοράς για την ομαλή ροη του προς το ακροφύσιο.Η παράγωγη ποιότητας επιφάνειας του νήματος είναι τάξεως1.71mm (Εικόνα 107: Παράγωγη νήματος τάξεως 1.71mmσε ανεκτά επίπεδα για την χρήση ως πρώτης ύλης για τους 3Δ εκτυπωτές.



Εικόνα 102: Εισαγωγή θερμοπλαστικού PLA



Εικόνα 103: Καθαρισμός θαλάμου επεξεργασίας



Εικόνα 104: Έλεγχος νήματος κατά την αρχή παράγωγης



Εικόνα 105: Έλεγχος νήματος μετά από λίγα λεπτά



Εικόνα 106: Επιθυμητή μέτρηση νήματος



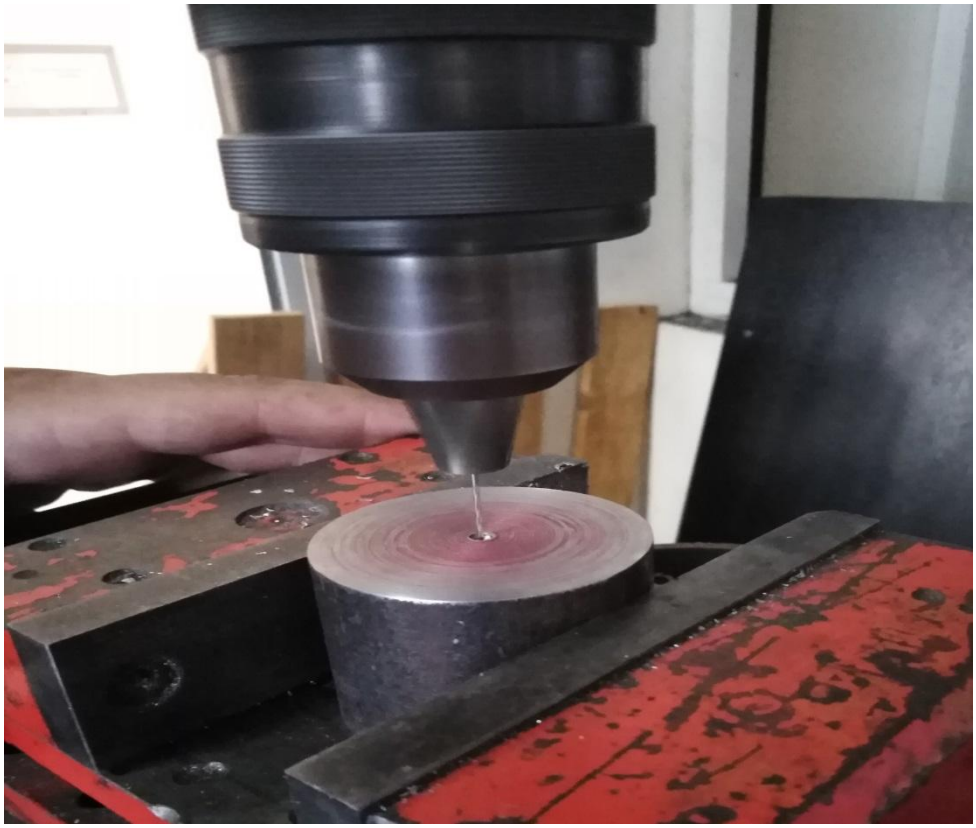
Εικόνα 107: Παράγωγη νήματος τάξεως 1.71mm

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Συμπεράσματα

4.1 Προβλήματα/δυσκολίες κατά την διαδικασία κατασκευής

Κατά την διαδικασίαυλοποίησης της κατασκευήςεμφανίστηκανκάποιαπροβλήματα/δυσκολίες που δυσκόλεψαν στο να πραγματοποιηθεί η κατασκευή. Με αποτέλεσμα ο εξωθητήρας να ολοκληρωθεί σε μεγαλύτερο χρονικό διάστημα από αυτό που είχε υπολογιστή. Παρακάτω αναφέρονται αναλυτικά τα προβλήματα/δυσκολίες που εμφανίστηκαν:

1. Αρχικά υπήρχε δυσκολία στην κεφαλή του εξωθητήρα λόγο ότι είχε σχεδιαστή με αυτόν τον τρόπο, ώστε στην εμπρόσθια μεριά της να δημιουργηθεί οπή διαμέτρου 1,5mm.Όμως κατά την διαδικασίαανοίγματος της οπήςμε φρέζα το τρυπάνι σιδήρου (Εικόνα 108: Προσπάθεια δημιουργίας οπής δεν μπορούσε να διεισδύσει και καταστρεφόταν (Εικόνα 109: Διάλυση τρυπανιού σίδηρου. Υστέρα έγινε δόκιμη και σε ειδικό μηχανουργείο με την χρησιμοποίηση τόρνου αλλά και εκεί υπήρχε η ιδία κατάληξη. Αυτό συνέβηλόγο ότι η κεφαλή είναι από συμπιεσμένοσίδηρο και το τρυπάνι 1.5mm ήταν πολύ ευαίσθητο,ώστε να ανοίξει μια τέτοια οπή. Για την λύσηαυτού του προβλήματοςανοίχτηκεεσωτερικόσπείρωμα στο εμπρόσθιομέρος της κεφαλής για να τοποθετηθούν τα ακροφύσια 1mm και 1,5mm.



Εικόνα 108: Προσπάθεια δημιουργίας οπής



Εικόνα 109: Διάλυση τρυπανιού σίδηρου

2. Ακόμα ένα πρόβλημα που εμφανίστηκεήτανότι κατά της αρχικέςδόκιμεςπαράγωγης το νήμα κατά την έξοδο του έβγαινε πολύ σκουρόχρωμο (Εικόνα 110: Παράγωγη νήματος κατά της αρχικές δόκιμεςλόγο των γρεζιών και των σκουπιδιών που προϋπήρχαν στο θάλαμο. Με αποτέλεσμα το τελικό αποτέλεσμα του νήματος να μην είναι ορθό για την παράγωγη του σε ένα 3Δ εκτυπωτή.



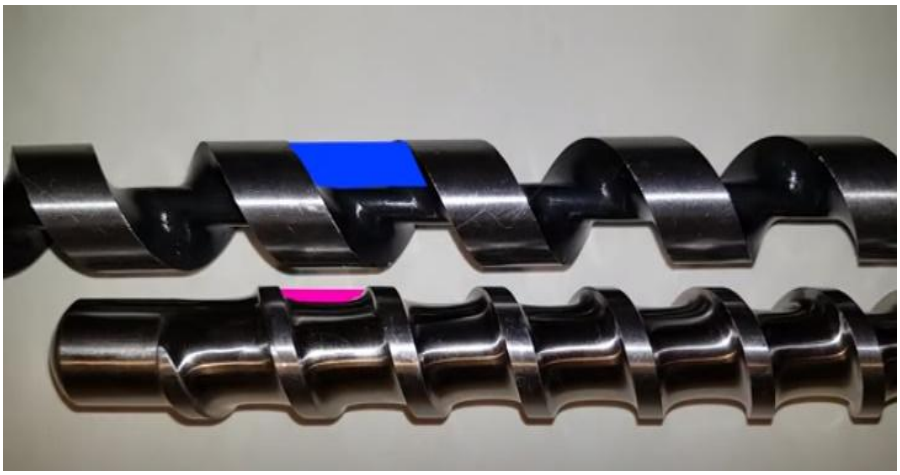
Εικόνα 110: Παράγωγη νήματος κατά της αρχικές δόκιμες

3. Επιπλεών άλλο ένα πρόβλημα που επηρεάζει την παραγωγήνήματος είναι η θερμοκρασία που ανέβαζε το μοτέρ.Σε δόκιμη που έγινε στο εργαστήριο το μοτέραύξησεθερμοκρασία στο χρονικόδιάστημα των 50 λεπτών. Αυτόέχει ως αποτέλεσμα να μην μπορεί να γίνειπαράγωγηνήματοςγια μεγάλο χρονικό διάστημα.
4. Στην συνεχείαυπήρχεδυσκολίαερευνήσειςεξαρτημάτων, οπού τα περισσότερα δεν ήτανεφικτό να αγοραστούν από την ελληνικήαγορά. Για αυτό έγινε παραγγελία κάποιον εξαρτημάτων από μαγαζιά του εξωτερικού που τα είχαν διέθεσα. Με αποτέλεσμα λόγο της επίκαιρης πανδημίας COVID-19 να αργήσουν να αποσταλούν στο τμήμα ηλεκτρονικών μηχανικών. Αυτό είχε ως συνέπεια να αργήσει η συναρμολόγηση του εξωθήτη.
5. Επίσης οι ηλεκτρικές αντιστάσεις που χρησιμοποιήθηκαν ζητηθήκαν και κατασκευαστήκαν κατά παραγγελία για τις διαθέσιμες διαστάσεις για την επιθυμητή συνολική ισχύ, καθώς δεν ήταν άμεσα διαθέσιμες στην αγορά.
6. Τέλος κατά την λειτούργει του εξωθητήρα εμφανίστηκε πρόβλημα του ροοστάτη και για αυτό το λόγο έπρεπε να γίνει αγορά καινούργιου εξαρτήματος. Με αποτέλεσμα το κόστος της κατασκευής να αυξηθεί κατά 50€ για την αγορά ενός μειωτήρα στρόφων.

4.2 Μελλοντικές προτάσεις για την βελτίωση της κατασκευής.

Για την ομαλότερη λειτουργιά του εξωθητήρα και την ποιοτικότερη επιφάνεια του νήματος και διάμετρο συνιστούνται η παρακάτω μελλοντικές βελτίωσης:

- Αρχικά θα ήταν ορθότερο η συνολική διάταξη της κατασκευής να έχει κάθετο προσανατολισμό για των λόγο ώστε να υπάρχειεκμετάλλευση της βαρυτικήςέλξειςγια να εισέρχεται ομαλότερα το θερμοπλαστικό πελλετ στο θάλαμο επεξεργασίας.
- Επιπλέων θα μπορούσε να αντικατασταθεί το τρυπάνι ξύλου με ένα τρυπάνι πλαστικού. Με αυτό τον τρόπο θα επιτευχτεί καλύτερη ποιότητα νήματος και ποιο ορθή συμπεριφορά του θερμοπλαστικού κατά την επεξεργασία του προς το ακροφυσιο λόγο της διαμορφώσεις του. Παρακάτω παρουσιάζετε (Εικόνα 111:Σύγκριση τρυπανιώνη συγκρίσει των δυο τρυπανιών.



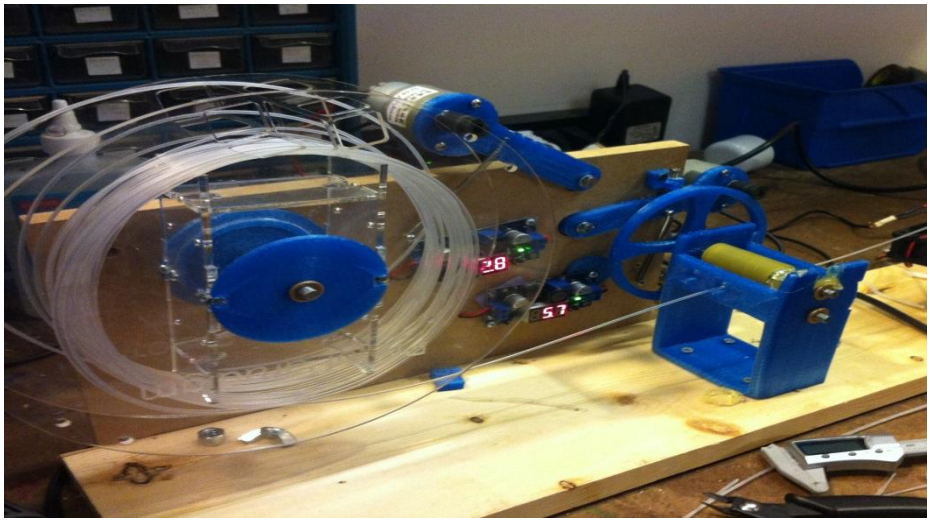
Εικόνα 111:Σύγκριση τρυπανιών

- Ακόμα μπορειαργότερα να προσθεστιενασμικροελεγκτής (Εικόνα 112:Μικροελεγκτήςτύπου arduinoστην θέση του διακόπτη ρεύματος. Ο όποιος θα έχει ως σκοπό να ενεργοποιείαυτόματατηςσυσκευές που είναι τοποθετημένες στο τροφοδοτικό όταν ο εξωθητήρας φτάσει στους επιθυμητούςβαθμούς για την παράγωγηνήματος.



Εικόνα 112:Μικροελεγκτήςτύπου arduino
Πηγή:https://okiriostasos.wordpress.com

- Τέλος η ποιο άμεσηενεργεία που θα πρέπει να πραγματοποιηθεί στο μέλλον είναι η συναρμολόγηση μιας κατασκευής που θα κάνει το τύλιγμα του νήματος (Εικόνα 113: Κατασκευή για το τύλιγμα νήματος. Αυτό θα προσφέρει στο εξωθητή μια πλήρεςπαράγωγη νήματος εφόσον το νήμαπαράγετε στα επιθυμητάεπίπεδα της επιφάνειαςαλλά και της διαμέτρου. Ακόμα θα βοηθήσει στην παράγωγηποσότηταςνήματος για την οικιοθελήχρήσηη για πώληση σε άλλους χρηστές.



Εικόνα 113: Κατασκευή για το τύλιγμα νήματος

4.3 Συνοπτικά

Η κατασκευή του συγκεκριμένου εξωθητή συρματοποίησης ενδείκνυται για την παράγωγη νήματος για χρήση σε οικιακές και επαγγελματικές εφαρμογές που είναι τάξεως 1.75mm διαμέτρου και όχι μεγάλης διαμέτρου. Ακόμα τα εξαρτήματα που χρησιμοποιήθηκαν και η κατεργασίες που έγιναν με την βοήθεια εξωτερικών παράγοντος . Η συγκεκριμένη κατασκευή κοστολογείτε περίπου στα 350€



Εικόνα 114: Ο εξωθητήρας ολοκληρωμένος



Εικόνα 115: Επιθυμητή διαμέτρου νήματος τάξεως 1.71mm

Τελευταίο πλεονέκτημα της κατασκευής είναι η δυνατότητα ανακύκλωσης του παραγόμενου νήματος καθώς και τον εσφαλμένων εκτυπωμένων μοντέλων. Ακόμα το νήμα που δεν έχει συρματοποιηθεί και δεν είναι λειτουργικό μπορεί να τεμαχιστεί και να ξανά χρησιμοποιηθεί, ώστε να δημιουργηθεί ένα καλύτερο ποιότητας νήμα.

4.4 Οδηγίες χρήσης

1. Συνδέεται το εναλλασσόμενορεύμα στην πρίζα.
2. Σηκώνετε το κουμπί πανικού προς τα πάνω.
3. Σηκώνετε η ηλεκτρικήασφάλεια.
4. Ανοίγει ο πρώτος διακόπτης ρεύματος.
5. Γίνετεέλεγχος αν η ρυθμιζόμενηθερμοκρασία στο PID είναι 240°C.
6. Προετοιμασία για 15 με 20 λεπτά, ώστε να θερμανθεί ο εξωθητής.
7. Εφόσον υπάρχει η κατάλληλη θερμοκρασία ανοίγει ο δεύτερος διακόπτης ρεύματος.
8. Ρυθμίζετε η ταχύτητα περιστροφής του κοχλία στο 55% έως 60% από τον μειωτήρα στρόφων.

ΠΡΟΣΟΧΗ :Σε περίπτωση κάποιας δυσλειτουργείς του εξωθητήρα πρέπει να πατηθεί κατευθείαν το κουμπί πανικού, ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος ατυχήματος.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. https://www.3dhubs.com/talk/t/which-shredding-and-extruding-machines-are-available-part-3/2008?fbclid=IwAR1UWVFBV_9qJ3BC28k_2R_Xm8ZdW0IOtyy_grMPutXdZGprjH6X2xt1Yr0
2. http://www.dartmouth.edu/~iispacs/Education/EARS18/Plastic_2013/History%20of%20Plastics/The%20Many%20Types.html?fbclid=IwAR2nhfvPLg-SwSUp3XMI_HadLHPK80r7DCuQpAmBJuw4qQVyml-lddGdMbY
3. http://users.uoi.gr/nbarkoul/%D5%EB%E9%EA%DC%20%D3%F5%F3%EA%E5%F5%E1%F3%DF%E1%F2%20%EA%E1%E9%20%C1%ED%E1%EA%FD%EA%EB%F9%F3%E7/Lecture%208_%C5%E9%F3%E1%E3%F9%E3%DE%20%F3%F4%E1%20%D0%EB%E1%F3%F4%E9%EA%DC.pdf?fbclid=IwAR2nhfvPLg-SwSUp3XMI_HadLHPK80r7DCuQpAmBJuw4qQVyml-lddGdMbY
4. https://hellas3d.gr/epilegontas-to-katallilo-filament/?fbclid=IwAR3ir6UiXF545Bh_wZ09kM7kUIuGCb7GVCL9quz7iJjtWtZPMDx5FF8iRcc
5. https://felfil.com/Felfil_Evo_technicals.pdf?v=f214a7d42e0d&fbclid=IwAR1iDv_JKVJBq0SwkrcaxjBy6HF4DwbOM8oTzJb4K0rLaxpuq5v-qxY8a3c
6. https://makezine.com/projects/guide-to-3d-printing-2014/diy-filament-extruder/?fbclid=IwAR3ir6UiXF545Bh_wZ09kM7kUIuGCb7GVCL9quz7iJjtWtZPMDx5FF8iRcc
7. https://community.preciousplastic.com/academy/intro
8. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CE%BF_project_RepRap?fbclid=IwAR1zQ85SeFv2S_ijo3lmamkzje4dKt7sjc87_1S9DrWpu3EK3rN1h2MN2Zw#%CE%99%CF%83%CF%84%CE%BF%CF%81%CE%AF%CE%B1
9. https://www.3dprintingmedia.network/carl-robert-deckard-inventor-of-sls-dies-at-58/?fbclid=IwAR2MV4V45cbPO6I7-escwJMIH-4WbVO4W_bdDgUMtUhcRtNT6aLhrKePunI
10. https://en.wikipedia.org/wiki/S._Scott_Crump?fbclid=IwAR32x4XfRVIPWNqxcpXTZBrAWW3Uks3ElzPBk1y1o4y11tNQC8tfAMy90S0
11. https://blog.plaisio.gr/guides/3d-printing-otan-i-fantasia-synanta-tin-technologia/?fbclid=IwAR2-C9BxLLUggmQHuVTtYjHeFaAyJokaFwh_7v2eZRUbtqkdFQmRpgy4hWw
12. https://www.ethnos.gr/athlitismos/69808_sygkinisi-apo-ton-tyflo-filathlo-toy-panathinaikoy-ti-leei-sto-ethnosgr
13. https://www.3dexpert.gr/main/3dprinters-intro/?fbclid=IwAR1x-uUGoCMv8VnclaQQ9QUbX9XSBHOYNE_EkioM7B94z34DwhZsXJjNZOw
14. https://www.3dspot.gr/odigos-ylikon-3d-ektyposis/?fbclid=IwAR1iDv_JKVJBq0SwkrcaxjBy6HF4DwbOM8oTzJb4K0rLaxpuq5v-qxY8a3c
15. https://thes3d.gr/sls-vs-sla-vs-fff/

16. https://camerastyloonline.wordpress.com/2011/08/08/the-worlds-first-printed-aircraft-flied/?fbclid=IwAR1AJk73LQc2SFEO1CEIr_LlaeQ8osi6vOEjEZbAZ_9YjQHXlOFZpViBJ-8
17. https://www.thestar.com.my/lifestyle/living/2017/08/29/recyclable-plastics-types?fbclid=IwAR1iDv_JKVJBq0SwkrcaxjBy6HF4DwbOM8oTzJb4K0rLaxpuq5v-qxY8a3c

Αναζήτησηάλλον εξωθητήρων από scholar.google.com για την κατασκευή του συγκεκριμένου εξωθητήρα:

18. Byrley, P., Wallace, M. A. G., Boyes, W. K., & Rogers, K. (2020). Particle and volatile organic compound emissions from a 3D printer filament extruder. *ScienceofTheTotalEnvironment*, 139604.
19. Carrico, J. D., Traeden, N. W., Aureli, M., &Leang, K. K. (2015). Fused filament 3D printing of ionic polymer-metal composites (IPMCs). *SmartMaterialsandStructures*, *24*(12), 125021.
20. Flowers, P. F., Reyes, C., Ye, S., Kim, M. J., & Wiley, B. J. (2017). 3D printing electronic components and circuits with conductive thermoplastic filament. *AdditiveManufacturing*, *18*, 156-163.
21. Geng, P., Zhao, J., Wu, W., Ye, W., Wang, Y., Wang, S., & Zhang, S. (2019). Effects of extrusion speed and printing speed on the 3D printing stability of extruded PEEK filament. *JournalofManufacturingProcesses*, *37*, 266-273.
22. Goyanes, A., Kobayashi, M., Martínez-Pacheco, R., Gaisford, S., &Basit, A. W. (2016). Fused-filament 3D printing of drug products: microstructure analysis and drug release characteristics of PVA-based caplets. *Internationaljournalofpharmaceutics*, *514*(1), 290-295.
23. Goyanes, A., Martinez, P. R., Buanz, A., Basit, A. W., &Gaisford, S. (2015). Effect of geometry on drug release from 3D printed tablets. *Internationaljournalofpharmaceutics*, *494*(2), 657-663.
24. Prasad, E., Islam, M. T., Goodwin, D. J., Megarry, A. J., Halbert, G. W., Florence, A. J., & Robertson, J. (2019). Development of a hot-melt extrusion (HME) process to produce drug loaded Affinisol™ 15LV filaments for fused filament fabrication (FFF) 3D printing. *AdditiveManufacturing*, *29*, 100776.
25. Tanikella, N. G., Wittbrodt, B., & Pearce, J. M. (2017). Tensile strength of commercial polymer materials for fused filament fabrication 3D printing. *AdditiveManufacturing*, *15*, 40-47.
26. Tao, Y., Wang, H., Li, Z., Li, P., & Shi, S. Q. (2017). Development and application of wood flour-filled polylactic acid composite filament for 3D printing. *Materials*, *10*(4), 339.
27. Wankhade, M. H., &Bahaley, S. G. (2018). Design and Development of Plastic Filament Extruder for 3D Printing. *IRA-InternationalJournalofTechnology&Engineering (ISSN 2455-4480)*, *10*(3), 23-40.

28. Whyman, S., Arif, K. M., &Potgieter, J. (2018). Design and development of an extrusion system for 3D printing biopolymer pellets. *TheInternationalJournalofAdvancedManufacturingTechnology*, *96*(9-12), 3417-3428.