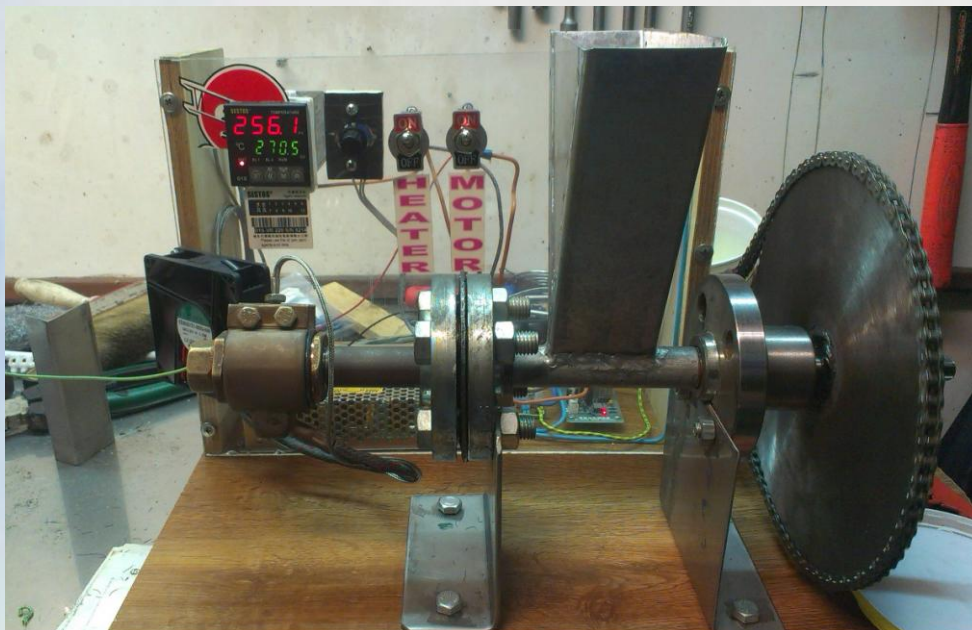




ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ
ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΗΣ EXTRUDER ΓΙΑ ΤΗ
ΣΥΡΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ABS ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ
ΥΛΙΚΟΥ**



ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ

Κωνσταντάτος Νικόλαος

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Δρ. Πετούσης Μάρκος

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε από το φοιτητή κ. Κωνσταντάτο Νικόλαο του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Ανώτατου Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης κατά το ακαδημαϊκό έτος 2013 υπό την επίβλεψη του καθηγητή του τμήματος Δρ. Πετούση Μάρκου.

Στο Δρ. Πετούση οφείλω τις θερμές μου ευχαριστίες για την καθοδήγηση και την υποστήριξη του καθ' όλη τη διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας πτυχιακής.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να απευθύνω σε όλους τους Καθηγητές του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης για τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την ανυπολόγιστη ηθική υποστήριξη, την συμπαράσταση και την κατανόηση που έδειξαν όλον αυτόν τον καιρό.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία έχει ως αντικείμενο την κατασκευή μιας μηχανής συρματοποίησης του υλικού ABS, η οποία να παράγει το υλικό ABS σε μορφή σύρματος κατάλληλη για χρήση στο χαμηλού κόστους τρισδιάστατο εκτυπωτή που είναι υπό κατασκευή αυτήν την περίοδο στο εργαστήριο Αυτοματικής –Ρομποτικής του ΤΕΙ Κρήτης.

Στην παρούσα εργασία διεκπεραιώνεται διερεύνηση των διαθέσιμων λύσεων και σχεδίων που προτείνονται για την κατασκευή μιας τέτοιας μηχανής. Από τις διαθέσιμες λύσεις γίνεται επιλογή μιας μηχανής, η οποία κατασκευάζεται στα πλαίσια της πτυχιακής.

Η παρούσα εργασία αφορά την κατασκευή, την προμήθεια και τη συναρμολόγηση όλων των εξαρτημάτων και των τμημάτων της μηχανής καθώς και την διαδικασία επιλογής της συγκεκριμένης διάταξης.

Επιπρόσθετα διεξάγεται παρουσίαση αποτελεσμάτων και σύγκριση με άλλες υπάρχουσες κατασκευές καθώς και προτάσεις για μελλοντική βελτίωση της μηχανής.

Τέλος γίνεται εκτενής αναφορά των προβλημάτων που αντιμετωπίστηκαν κατά την διαδικασία κατασκευής και λειτουργίας της μηχανής καθώς και αναφορά οδηγιών χρήσεως για την ομαλή και ασφαλή λειτουργία της κατασκευής.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1:Εισαγωγικά.....	6
1. Τι είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση.....	6
2. Ιστορική αναδρομή.....	7
• Δεκαετία 1980.....	7
• Δεκαετία 1990.....	8
• 2000 έως σήμερα.....	9
3. Παρούσα κατάσταση.....	12
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2:Το ABS ως πρώτη ύλη 3D εκτυπωτή.....	14
1. Ιδιότητες του πλαστικού υλικού ABS.....	14
2. Περιγραφή του προβλήματος.....	15
3. Υπάρχουσες κατασκευές.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3:Αρχικό στάδιο κατασκευής.....	20
1. Πρότυπο κατασκευής.....	20
2. Πίνακας πρώτων υλών κατασκευής.....	21
3. Αρχή λειτουργίας κατασκευής.....	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4:Λεπτομέρειες κατασκευής.....	24
1. Παρουσίαση της διαδικασίας υλοποίησης.....	24
♦ Βάση στήριξης.....	24
♦ Ηλεκτρικό κύκλωμα	28
♦ Κυρίως τμήμα extruder.....	39
♦ Μετάδοση κίνησης με αλυστροχούς.....	48
♦ Παρελκόμενα.....	54

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα.....	55
1. Προβλήματα κατά της διαδικασίας κατασκευής.....	55
2. Μελλοντικές προτάσεις για βελτίωση της κατασκευής.....	57
3. Συμπεράσματα.....	60
4. Οδηγίες χρήσης.....	62
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	63
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Εισαγωγικά

1.1 Τι είναι η τρισδιάστατη εκτύπωση

Η τρισδιάστατη εκτύπωση είναι μια μέθοδος προσθετικής κατασκευής στην οποία κατασκευάζονται αντικείμενα μέσω της διαδοχικής πρόσθεσης επάλληλων στρώσεων υλικού, προσφέροντας την δυνατότητα κατασκευής σχεδόν οποιασδήποτε γεωμετρίας, που βασίζεται σε να ψηφιακό μοντέλο(εικόνα 1).

Στην τρισδιάστατη εκτύπωση μπορούν να χρησιμοποιηθούν διάφοροι τύποι υλικού, όπως κεραμικά και πολυμερή. Οι τρισδιάστατοι εκτυπωτές είναι συνήθως ταχύτεροι, φθηνότεροι και ευκολότεροι στην χρήση από άλλες μορφές μοντελοποίησης.

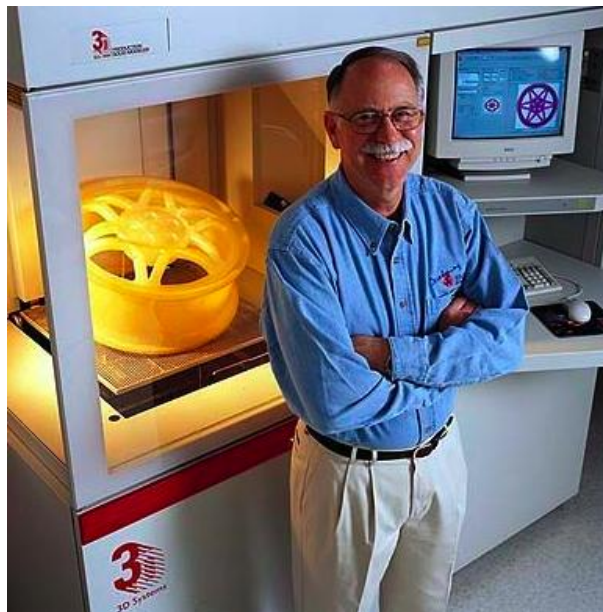


Εικόνα 1: Κατασκευή κινητήρα V6 από υλικό ABS. Διακρίνεται η πολυπλοκότητα της κατασκευής.

1.2 Ιστορική Αναδρομή

Δεκαετία 1980

Η ιστορία της τρισδιάστατης εκτύπωσης (3D) ξεκινά στις αρχές του 1980, συγκεκριμένα η τεχνολογία για την 3D εκτύπωση φυσικών αντικείμενων από τα ψηφιακά δεδομένα, αναπτύχθηκε για πρώτη φορά από τον αμερικανικής καταγωγής Charles Hull (Εικόνα 2) το 1984. Ονόμασε την τεχνική ως Stereolithography και έλαβε ένα δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για την τεχνική το 1986.



Εικόνα 2: Charles Hull

Ένα χρόνο μετά την απόκτηση του διπλώματος ευρεσιτεχνίας, ίδρυσε την εταιρία <3D Systems > και ανέπτυξε την πρώτη εμπορική μηχανή 3D Printing. Ωστόσο, ο όρος 3D Printing εκείνη την εποχή δε χρησιμοποιήθηκε από το μηχάνημα και ονομαζόταν μόνο ως συσκευή στερεολιθογραφίας. Καθώς η τεχνολογία ήταν πολύ νέα, η πρωτοπόρος εταιρία 3D Systems παρέδωσε την πρώτη έκδοση του μηχανήματος μόνο σε λίγους επιλεγμένες πελάτες και με βάση τα σχόλια τους, η 3D Systems ανέπτυξε μια βελτιωμένη έκδοση που ονομάζεται SLA – 250 (Εικόνα 3), η οποία παράγεται μαζικά και διατέθηκε στο ευρύ κοινό το 1988.



Εικόνα 3: Ο πρώτος 3D εκτυπωτής μαζικής παραγωγής της εταιρίας 3D systems.

Δεκαετία 1990

Το 1992 μια συσκευή στερεολιθογραφίας κατασκευασμένη από την εταιρία 3D systems, για πρώτη φορά στερεοποιεί με τη βοήθεια ενός laser UV ένα υγρό πολυμερές, που φτιάχνει αντικείμενα στις 3 διαστάσεις με τη μέθοδο της εναπόθεσης υλικού ανά επίπεδο. Η συσκευή αυτή παρόλο το ατελές αποτέλεσμα αποδεικνύει ότι με τη συγκεκριμένη μέθοδο μπορούν να κατασκευαστούν ιδιαίτερα πολύπλοκες διατάξεις.

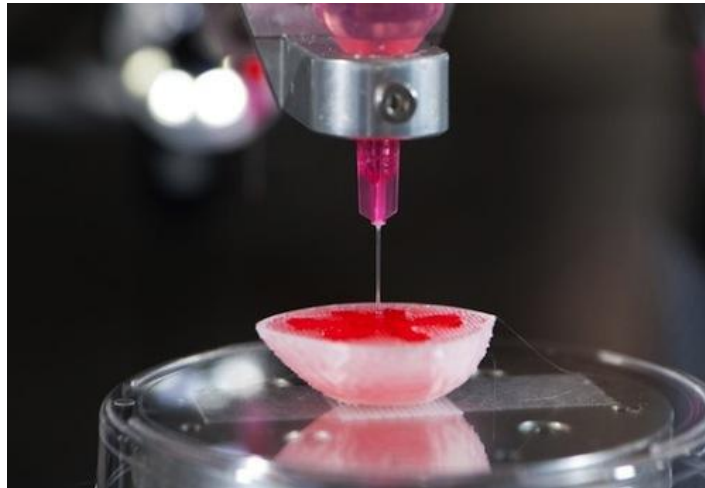
Το 1999 για πρώτη φορά εμφυτεύεται σε ασθενείς όργανο (Εικόνα 4) κατασκευασμένο εξ ολοκλήρου σε εργοστασιακό περιβάλλον με τμήματα αυτού να είναι προϊόντα από τρισδιάστατο εκτυπωτή. Η καινοτομία αυτή ανοίγει νέους ορίζοντες στην βιοιατρική για δημιουργία οργάνων μεταμόσχευσης εξ ολοκλήρου με τρισδιάστατη εκτύπωση.



Εικόνα 4: Όργανο μεταμόσχευσης με τμήματά του, προϊόντα 3D εκτύπωσης.

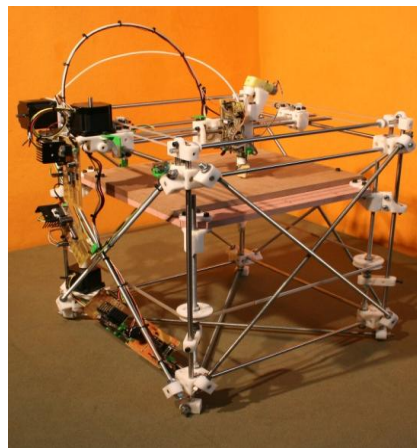
2000 έως Σήμερα

Το 2005 κατασκευάζεται στο Ινστιτούτο αναγεννητικής ιατρικής <Wake forest> ένα πλήρες λειτουργικό νεφρό (Εικόνα 5) από 3Δ εκτυπωτή, το οποίο είναι σε θέση να φιλτράρει το αίμα ενός ενήλικου ζώου και να μεταμοσχευθεί σε αυτό με ελάχιστες πιθανότητες απόρριψης από τον οργανισμό του.



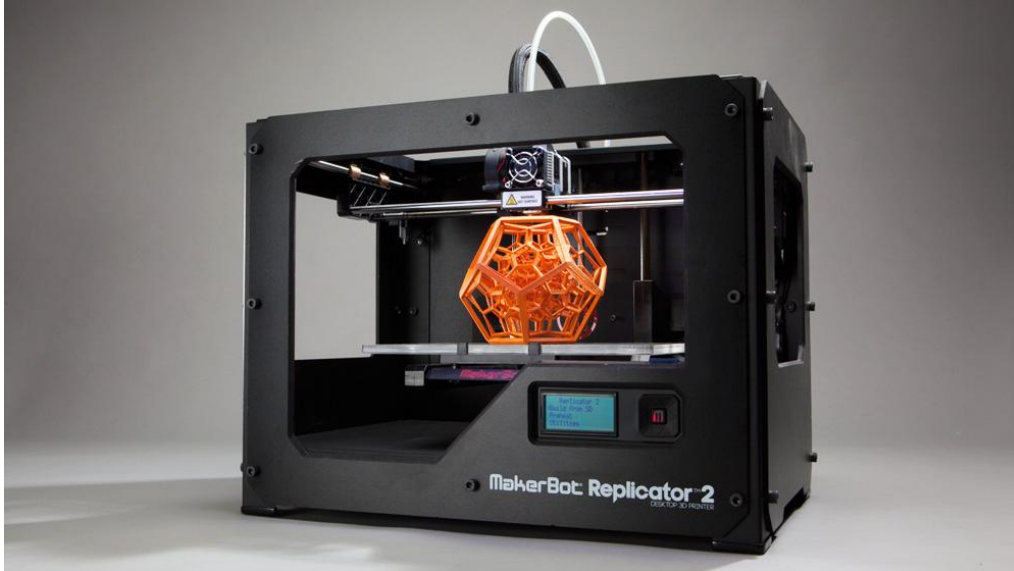
Εικόνα 5: Στιγμιότυπο από την κατασκευή νεφρού σε Ινστιτούτο αναγεννητικής ιατρικής.

Το 2008 ο βρετανικής καταγωγής Adrian Bowyer σχεδιάζει έναν τρισδιάστατο εκτυπωτή (Εικόνα 6) που παρέχει τη δυνατότητα να αναπαράγει όλα τα τμήματα του. Το όραμα του Adrian και της ομάδας του είναι η διάδοση της εκτύπωσης στις τρεις διαστάσεις στο ευρύ κοινό με όσο το δυνατό χαμηλότερο κόστος.



Εικόνα 6: Ο 3D εκτυπωτής που έχει τη δυνατότητα να αναπαράγει το 85% των τμημάτων του

Στα τέλη του 2008 η Makerbot, μια εταιρία παραγωγής υλικών για τρισδιάστατους εκτυπωτές, ανοικτού κώδικα, λανσάρει στην αγορά των πρώτο εκτυπωτή εξαιρετικά χαμηλού κόστους(Εικόνα 7) για ερασιτεχνική κυρίως χρήση.



Εικόνα 7: Εκτυπωτής της εταιρίας makerbot για οικιακή χρήση

Το 2009 ιδρύεται η εταιρία bespoke που παρέχει για πρώτη φορά σε ασθενή ένα πλήρες προσθετικό πόδι κατασκευασμένο εξ ολοκλήρου σε τρισδιάστατο εκτυπωτή (εικόνα 8).



Εικόνα 8: Προσθετικό πόδι κατασκευασμένο σε 3D εκτυπωτή της εταιρίας Bespoke

Το 2011 κατασκευάζεται το πρώτο αυτοκίνητο με το μεγαλύτερο τμήμα των εξαρτημάτων του να είναι προϊόντα τρισδιάστατου εκτυπωτή. Η канаδική εταιρία koreologic με το όχημα urbee επιχειρεί χρησιμοποιώντας την 3D τεχνολογία να κατασκευάσει ένα υπερελαφρό, οικονομικό και φιλικό προς το περιβάλλον όχημα καθημερινής χρήσης(εικόνα 9).

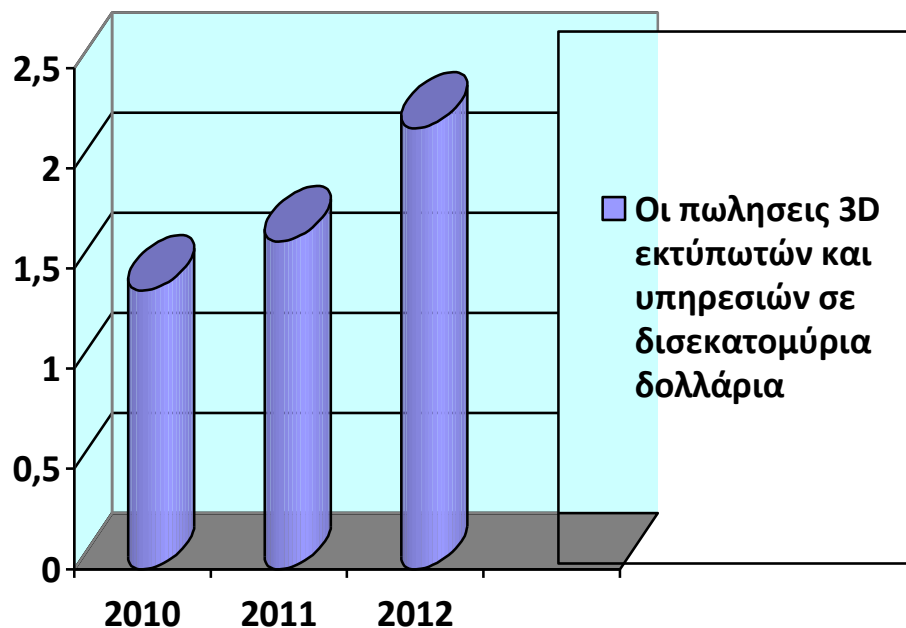


Εικόνα 9: Το υπερελαφρό όχημα πόλης της εταιρίας koreologic

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι στα μακροσκελή σχέδια της εταιρίας η τιμή του αναμένεται σε πολύ προσιτά επίπεδα, περίπου 15,000\$, ενώ αξιοσημείωτο είναι ότι κατά τη διαδικασία δοκιμών το όχημα έχει πετύχει εντυπωσιακά αποτελέσματα οικονομίας, καθώς έχει επιτευχθεί κατανάλωση καυσίμου της τάξεως 1λτ/κμ σε συνθήκες αυτοκινητοδρόμου με μέση ωριαία ταχύτητα 100κμ/ώρα.

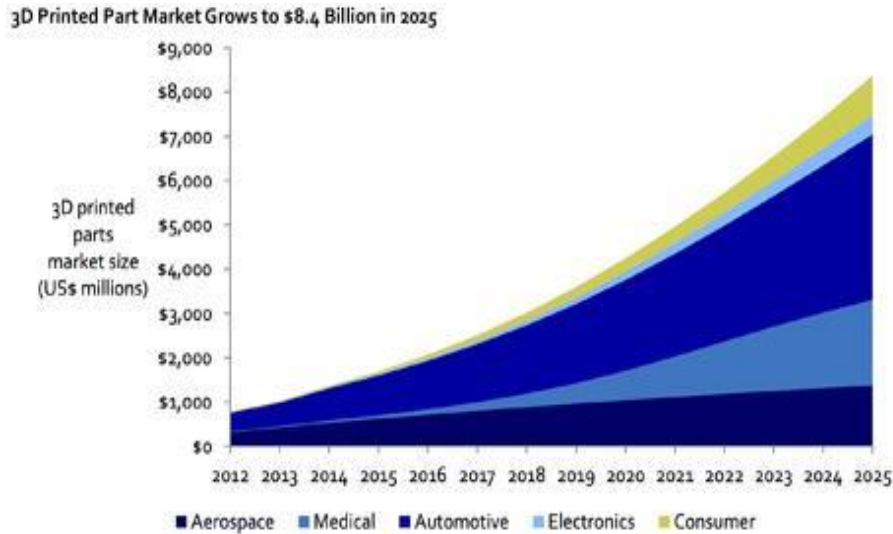
1.3 Παρούσα κατάσταση

Από την αρχή του 21ου αιώνα, υπήρξε μια μεγάλη αύξηση στις πωλήσεις αυτών των μηχανών τρισδιάστατης εκτύπωσης, και η τιμή τους έχει μειωθεί σημαντικά. Σύμφωνα με την Wohlers Associates, μια εταιρεία συμβούλων, η αγορά των 3D εκτυπωτές και υπηρεσίες άξιζε \$ 2.2 δισεκατομμύρια δολάρια σε όλο τον κόσμο (Εικόνα 10).



Εικόνα 10: Πωλήσεις εκτυπωτών και υπηρεσιών σε δισεκατομμύρια δολάρια

Παρατηρείται ότι υπάρχει αύξηση τζίρου στις πωλήσεις εκτυπωτών και υπηρεσιών τρισδιάστατης εκτύπωσης κατά 29% σε σχέση με το οικονομικό έτος 2011, ενώ από το 2010 τα δύο προσεχή η αύξηση αγγίζει το εντυπωσιακό 63%. Γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι πρόκειται για μια ακμάζουσα αγορά που βρίσκει εφαρμογή σε ολοένα και περισσότερους τομείς. Σύμφωνα με προβλέψεις στα επόμενα 15 έτη αναμένεται να εκτοξευτεί η αξία της αγοράς στα 9 δισεκατομμύρια δολάρια (Εικόνα 11).

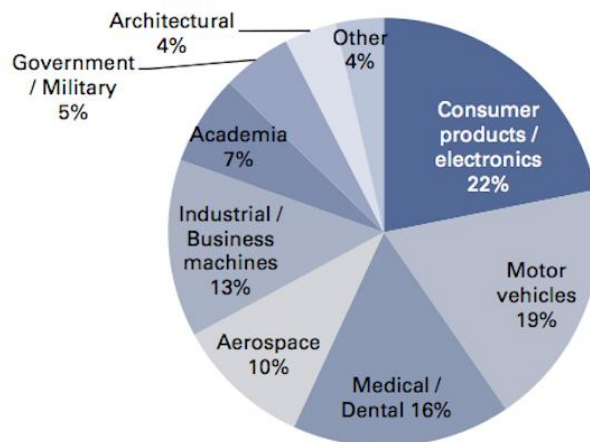


Εικόνα 11: Αναμενόμενη αξία αγοράς την προσεχή 15ετία.

Η τρισδιάστατη εκτύπωση βρίσκει εφαρμογές (Εικόνα12) σε τομείς όπως:

- η μηχανολογία/βιομηχανία
- ο εκπαιδευτικός τομέας και η έρευνα
- η αρχιτεκτονική
- οι ιατρικές / οδοντιατρικές εφαρμογές
- η κοσμηματοποιία και άλλες εφαρμογές
- αεροναυπηγική
- χρήση χόμπι (μοντελισμός, μινιατούρες κτλ)

Exhibit 16: 3D printing revenues by end-market
% of industry revenues, 2012



Source: Wohlers Associates.

Εικόνα 12: Τομείς χρήσης 3D εκτύπωσης το 2012

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Το ABS ως πρώτη ύλη 3D εκτυπωτή

2.1 Ιδιότητες του πλαστικού υλικού ABS

Το πλαστικό υλικό ABS (Acrylonitrile butadiene styrene) που χρησιμοποιείται ευρέως στους τρισδιάστατους εκτυπωτές με χημικό τύπο $(C_8H_8)_x \cdot (C_4H_6)_y \cdot (C_3H_3N)_z$ είναι ένα κοινό θερμοπλαστικό. Η θερμοκρασία υαλώδους μετάπτωσης είναι περίπου $105^\circ C$ ($221^\circ F$). Το ABS (εικόνα 13) είναι άμορφο και ως εκ τούτου δεν έχει κανένα πραγματικό σημείο τήξεως.



Εικόνα 13: ABS πλαστικό σε μορφή pellet

Το ABS είναι ένα τριπολυμερές που γίνεται με πολυμερισμό στυρολίου και ακρυλονιτριλίου παρουσία πολυβουταδιενίου. Οι αναλογίες μπορούν να ποικίλουν από 15 έως 35% ακρυλονιτρίλιο, 5 έως 30% βουταδιένιο και 40 έως 60% στυρένιο. Το αποτέλεσμα είναι ένα μακράς αλυσίδας πολυβουταδιένιο. Οι νιτρίλιο ομάδες από γειτονικές αλυσίδες, έλκονται μεταξύ τους και δεσμεύουν τις αλυσίδες μαζί, κάνοντας το ABS ισχυρότερο από το καθαρό πολυστυρόλιο. Το στυρένιο δίνει στο πλαστικό μια λαμπερή, αδιαπέραστη επιφάνεια. Το βουταδιένιο, μια ελαστική ουσία, παρέχει ελαστικότητα ακόμη και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Για την πλειονότητα των εφαρμογών, το ABS μπορεί να χρησιμοποιηθεί μεταξύ των -20 και $80^\circ C$ (-4 και $176^\circ F$), όπου οι μηχανικές του ιδιότητες μεταβάλλονται με τη θερμοκρασία.

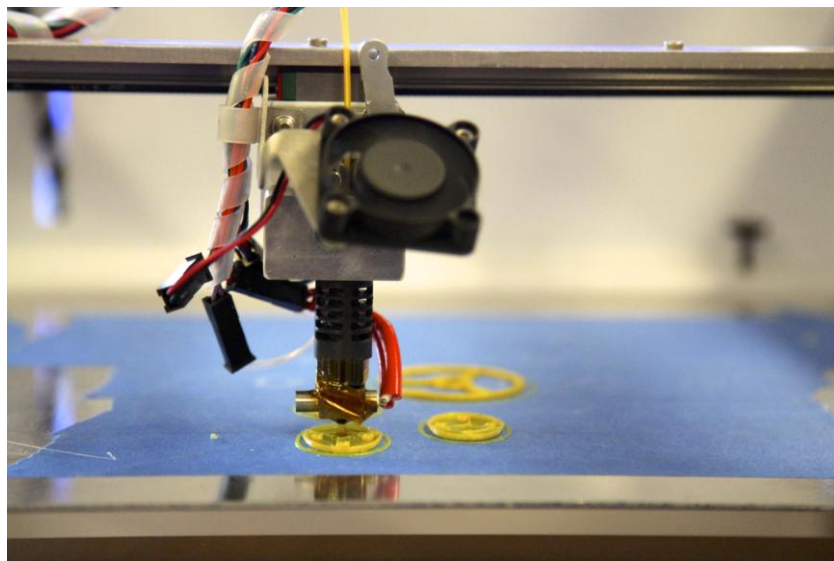
2.2 Περιγραφή του προβλήματος

Το ABS πλαστικό υλικό αποτελεί την πρώτη ύλη των τρισδιάστατων εκτυπωτών, όμως δεν είναι εφικτή η χρήση του υπό μορφή pellet και απαιτείται διαδικασία συρματοποίησης, ώστε να αποκτήσει τη μορφή νήματος.

Η μορφή του νήματος απαιτείται να είναι κυλινδρικής διατομής, με τη διάμετρο να παίρνει τιμές 1,75mm (εικόνα 14) και 3mm, ανάλογα με τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εκτυπωτή που θα χρησιμοποιηθεί (εικόνα 15).



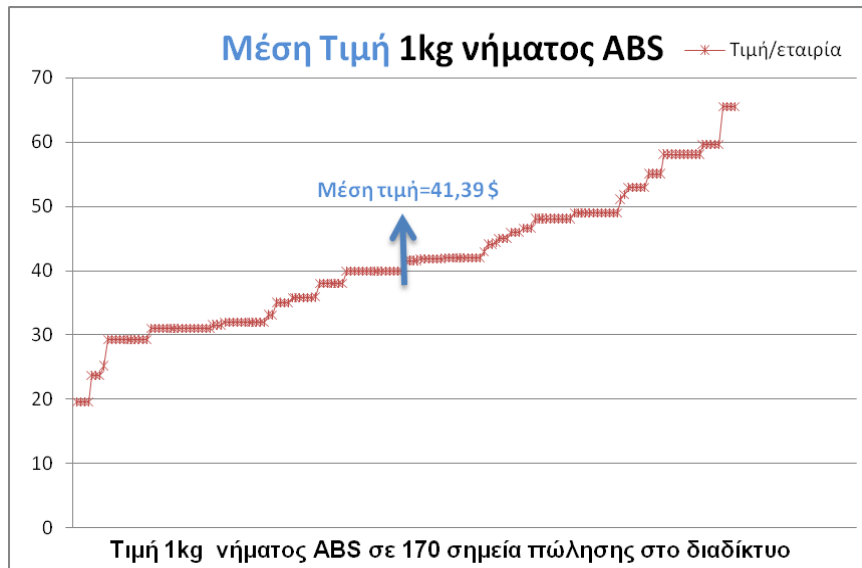
Εικόνα 14: Πλαστικό ABS 1,75mm με την μορφή νήματος



Εικόνα 15: Χρήση κίτρινου νήματος ABS 1,75mm από 3D εκτυπωτή

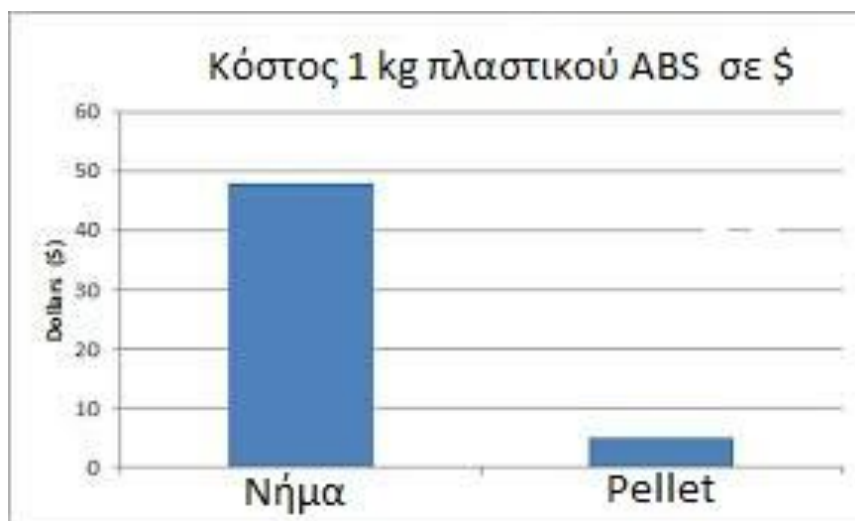
Η ολοένα και συχνότερη χρήση των τρισδιάστατων εκτυπωτών, είτε για επαγγελματική είτε για ερασιτεχνική χρήση, έχει επιφέρει την ανάγκη για αναζήτηση πλαστικού νήματος μειωμένου κόστους.

Σε έρευνα αγοράς που διεξήχθη σε 170 σημεία πώλησης πλαστικού ABS στο διαδίκτυο η μέση τιμή αγοράς που προέκυψε για 1kg νήματος διαμέτρου 1,75mm είναι 41,39\$ (Εικόνα 16).



Εικόνα 16: Μέση τιμή 1kg ABS σε 170 σημεία πώλησης

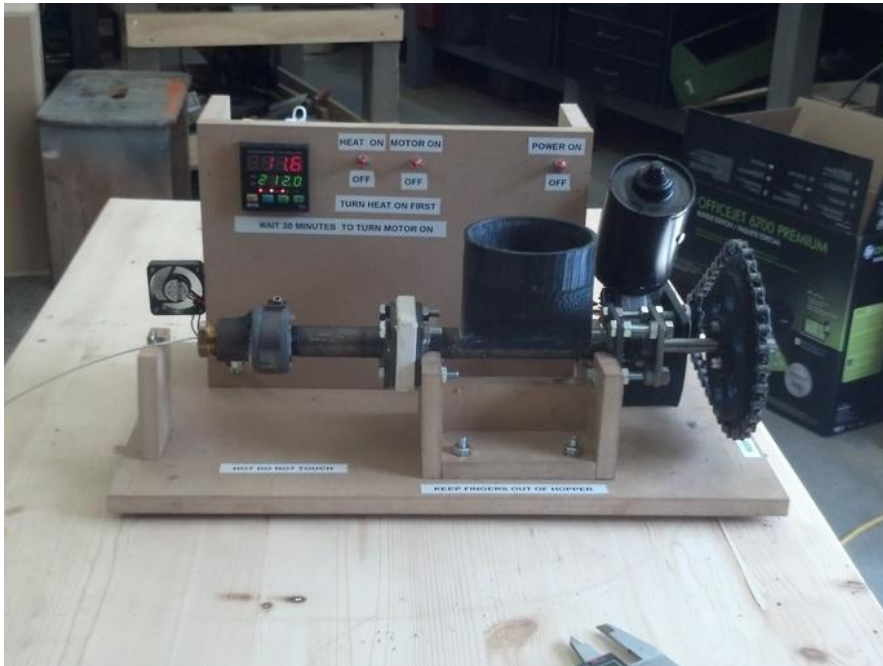
Στην αντίπερα όχθη το κόστος του ABS υπό μορφή pellet κυμαίνεται από 5\$ έως 15\$/ kg με μέση τιμή πώλησης τα 6\$/kg. Γίνεται άμεσα αντιληπτό πώς η μεταποίηση της πρώτης ύλης σε μορφή νήματος παρουσιάζει αύξηση 690% (Εικόνα 17).



Εικόνα 17: Κόστος 1kg ABS πλαστικού σε μορφή pellet/νήματος

2.3 Υπάρχουσες κατασκευές

Ο 83-χρονος αμερικανός Hugh Lyman αντιλαμβανόμενος την υπερκοστολόγηση στη μεταποίηση του πλαστικού σε νήμα κατασκεύασε μια επιτραπέζια μηχανή συρματοποίησης ανοιχτού κώδικα (εικόνα 18), ώστε να μειώσει το κόστος λειτουργίας, διαθέσιμη στο ευρύ κοινό μέσω διαδικτύου, η οποία μετέτρεπε τα pellet σε νήμα.



Εικόνα 18: Η μηχανή συρματοποίησης του Lyman

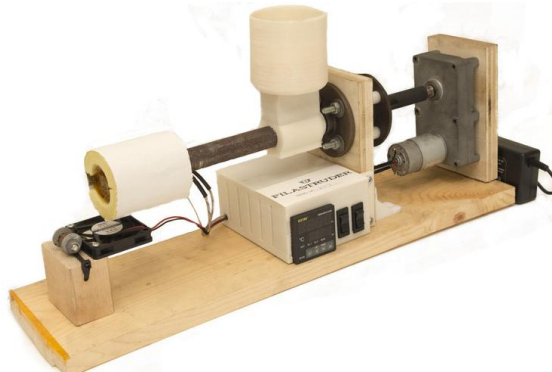
Τα κυριότερο όφελος της συγκεκριμένης κατασκευής είναι η μείωση του κόστους λειτουργίας σε ποσοστό 700% διευρύνοντας ακόμα περισσότερο τους τομείς χρήσης, δίνοντας τη δυνατότητα για κατασκευή προϊόντων χαμηλού κόστους και παρέχοντας την ευκαιρία για χρήση της τρισδιάστατης τεχνολογίας από οικονομικά ασθενέστερες κοινωνικές ομάδες.

Η εξάπλωση της τρισδιάστατης εκτύπωσης και χρήσης από μεγαλύτερο ανθρώπινο δυναμικό διευρύνει την οικονομική αγορά της 3D εκτύπωσης με αποτέλεσμα βελτιωμένα προϊόντα και υπηρεσίες στο άμεσο μέλλον.

Επιπροσθέτως μια τέτοια κατασκευή έχει ποικίλα περιβαλλοντικά οφέλη, καθώς προσφέρει τη δυνατότητα ανακύκλωσης των εκτυπωμένων προϊόντων και επαναχρησιμοποίησης του νήματος για κατασκευή νέων μοντέλων.

Μετά την κατασκευή του Lyman ακολούθησαν ποικίλες κατασκευές κυρίως για ερασιτεχνική χρήση όλες με κοινό παράγοντα τη μείωση του κόστους λειτουργίας της τρισδιάστατης εκτύπωσης.

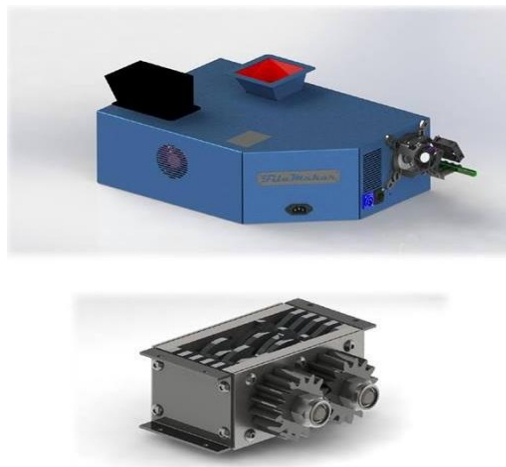
Η μηχανή με όνομα filastruder (Εικόνα 19) κατασκευάστηκε από τον Tim Elmore και απευθύνεται κυρίως για οικιακή χρήση.



Εικόνα 19: Η μηχανή filastruder του Tim Elmore

Η αγορά του είναι διαθέσιμη στο ευρύ κοινό μέσω διαδικτύου με το κόστος του να ανέρχεται στα 270\$. Η συγκεκριμένη κατασκευή έχει δυνατότητα συρματοποίησης 1kg abs πλαστικού σε 12 ώρες.

Η μηχανή με όνομα filamaker είναι διαθέσιμη για αγορά μέσω διαδικτύου με κόστος 800\$. Χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης κατασκευής ο ενσωματωμένος καταστροφέας (εικόνα 20) για άμεση ανακύκλωση των μη ωφέλιμων εκτυπώσεων, ώστε να υπάρχει μηδαμινή σπατάλη πρώτων υλών.



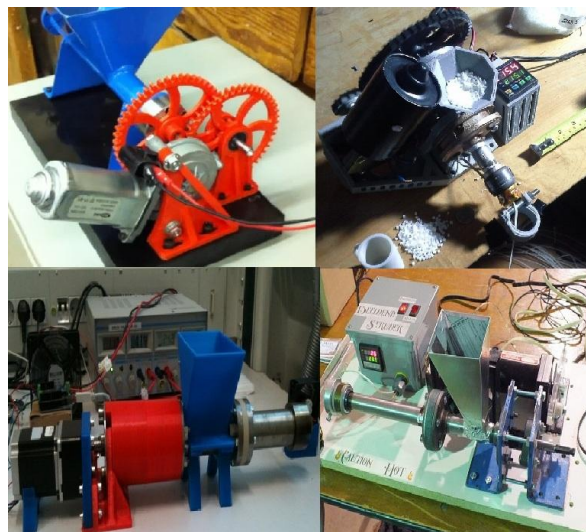
Εικόνα 20: Η μηχανή συρματοποίησης filamaker

Η εταιρία filabot κατασκεύασε και διαθέτει τη δική της μηχανή συρματοποίησης πλαστικού ABS για τη δημιουργία νήματος από pellets (εικόνα 21). Η συγκεκριμένη μηχανή έχει δυνατότητα συρματοποίησης 0,5/m νήματος ανά λεπτό. Το κόστος της ανέρχεται στα 750\$.



Εικόνα 21: Η μηχανή συρματοποίησης από την filabot

Επιπρόσθετα εκτός από εμπορικές κατασκευές, έχουν γίνει και πληθώρα προσπαθειών από ερασιτέχνες για την δημιουργία μηχανών κατασκευή νήματος (Εικόνα 22).

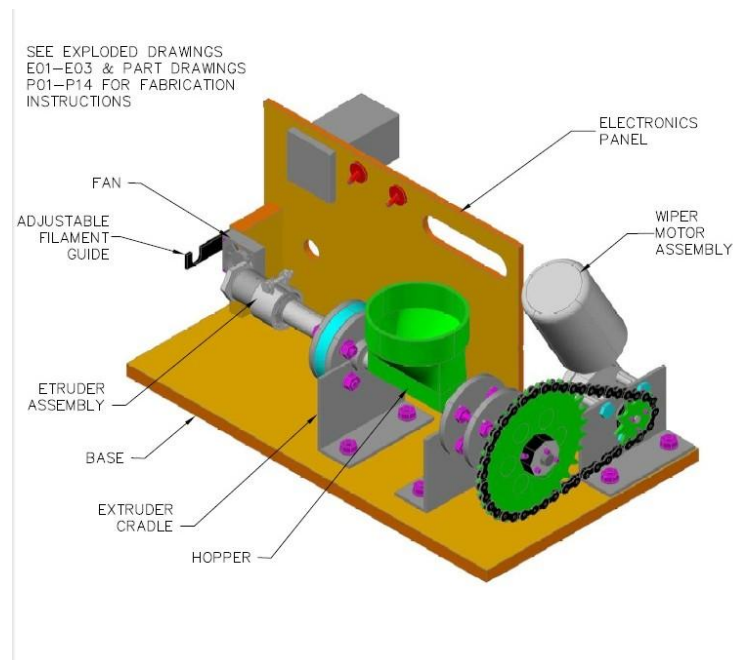


Εικόνα 22: Ερασιτεχνικές κατασκευές για παραγωγή νήματος

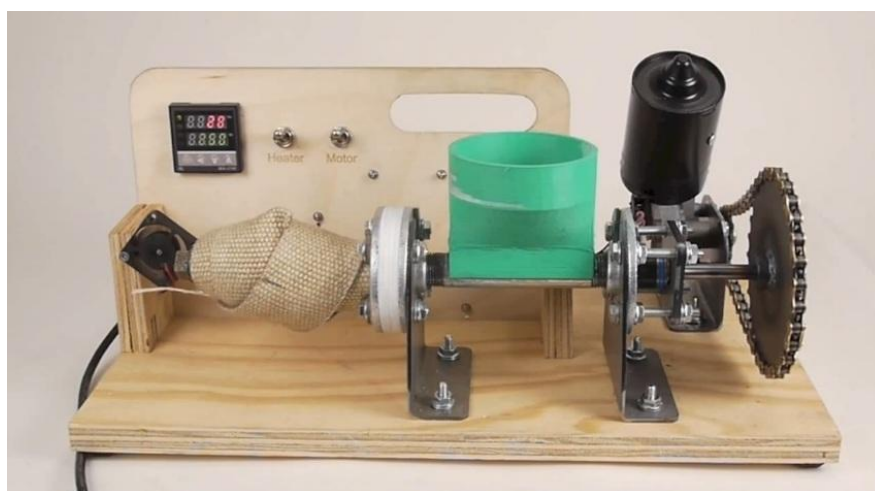
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Αρχικό στάδιο κατασκευής

4.1 Πρότυπο κατασκευής

Η παρούσα κατασκευή που κατασκευάστηκε στη συγκεκριμένη πτυχιακή βασίστηκε σε μια κατασκευή (Εικόνα 23,24) του πρωτεργάτη για τη μείωση του κόστους της τρισδιάστατης εκτύπωσης, Hill Lyman. Η συγκεκριμένη κατασκευή είναι ανοιχτού κώδικα για μη εμπορική χρήση και διατίθενται δωρεάν σχέδια και συμβουλές κατασκευής της στο διαδικτυακό τόπο www.thingiverse.com.



Εικόνα 23: Το μοντέλο σε υπολογιστικό πρόγραμμα CAD



Εικόνα 24: Πραγματική κατασκευή μοντέλου

Η επιλογή της συγκεκριμένης κατασκευής ως προτύπου έγινε λόγω:

- ✓ Της ποιότητας κατασκευής που είναι σε υψηλά επίπεδα.
- ✓ Της ποιότητας του παραγόμενου νήματος που παρουσιάζει τη μικρότερη απόκλιση από την επιθυμητή τιμή σε σχέση με παρεμφερείς κατασκευές.
- ✓ Της ταχύτητας συρματοποίησης που αγγίζει την τιμή του 0,5m νήματος ανά λεπτό

4.2 Πίνακας πρώτων υλών κατασκευής

Τα υλικά που απαιτήθηκαν για την κατασκευή της μηχανής παραγωγής νήματος διαμέτρου 1,75mm παραθέτονται στον πίνακα 1.

ΑΑ	ΤΕΜ	Περιγραφή	Λεπτομέρειες
Ηλεκτρονικά είδη			
1	1	Τροφοδοτικό 220-12V	Ισχύς 60W, μέγιστο ρεύμα 5ampere
2	1	PID ελεγκτής θερμοκρασίας 220V	-50-1300°C
3	1	Solid state relay	25A
4	2	Ανεμιστήρες DC 12v	0.17w
5	1	Ελεγκτής στοφών DC κινητήρα	10A
6	2	Διακόπτης 16amp 2 πιν	16amp 2 πιν
7	1	Θερμοζεύγος τύπου K	0-400°C
Ηλεκτρικά είδη			
8	1	Φις αρσενικό (γωνία)	
9	1.5	3*1.5μμ καλώδιο(m)	
10	1	Ακροδέκτες μονωμένοι	
11	1	Αντίσταση 40*40mm	ισχύς 250W
12	1	Μοτέρ υαλοκαθαριστήρων αυτοκινήτου	ισχύς 30w, DC 12V
13	2	κλεμα καλωδίων	
14	5	καλώδιο 1.5mm μονόκλωνο(m)	μπλε, καφέ, κίτρινο
Υδραυλικά είδη			
15	1	τάπα ορειχάλκινη 1/2in	
16	1	Συστολή ορειχ .1 σε 1/2 in	

17	1	Μαστός ορειχ. 1 σε 1/2 in	
18	1	Μουφα σιδερένια 1 in	L=*40mm
19	1	Σωληνομαστός 1/2 in μαύρος	L=*80mm
20	1	Σωληνομαστός 1/2 in Γαλβανίζε	L=*120mm
21	3	Φλάντζες γαλβανιζέ βιδωτές 1/2 in	
Μηχανολογικά είδη			
22	4	Βίδες M12 *70mm	
23	4	Περικόχλια M12	
24	6	Βίδες M8*70mm	
25	6	Περικόχλια M8	
26	2	Βίδες M6*40mm	
27	2	Περικόχλια M6	
28	2	Βίδες M4*40mm	
29	2	Περικόχλια M4	
30	3	Βίδες M5 *50mm	
31	3	Περικόχλια M5	
32	15	Ξυλόβιδες M4*25μμ	
33	15	Ξυλόβιδες M4*20μμ	
34	4	Βίδες M3 *30mm	Inox
35	2	Ντίζα M3* 300mm	
36	10	Περικόχλια ασφαλείας M3	
37	10	Ροδέλες M5, M6	
38	0.5	φύλλο περμανίτη (m ₂)	πάχος 2μμ
39	1	τρυπάνι ξύλου οφιοειδές 16x450mm	
40	1	ρουλεμάν	2σφαιρό 12/32mm
41	4	Ασφάλειες Φ32,Φ12	
42	1	Αλυσίδα 8μμ" 1.5m	
43	1	Αλυσοτροχός μονός 8μμ με πλήμνη	Z=80
44	1	Αλυσοτροχός μονός 8μμ με πλήμνη	Z=8

45	2	στήριγμα ανεμιστήρων	Φ80mm
46	1	λαμαρίνα inox 4mm 300*300mm	βάση στήριξης
47	1	λαμαρίνα inox 3mm 500*500mm	βάσης στήριξης
48	1	λαμαρίνα γαλβανιζέ 0.7 300*300 mm	χωνί υποδοχής ABS
Παρελκόμενα			
49	1	fiberglass 4mm	300*400mm
50	1	Ξύλο κόντρα πλακέ 12mm	200*300mm
51	1	Ξύλο κόντρα πλακέ 18mm	400*500
52	4	Βάση στήριξης PVC	
53	1	Αυτοκόλλητα ασφαλείας	

Πίνακας 1: Πρώτες ύλες κατασκευής

4.3 Αρχή λειτουργίας κατασκευής

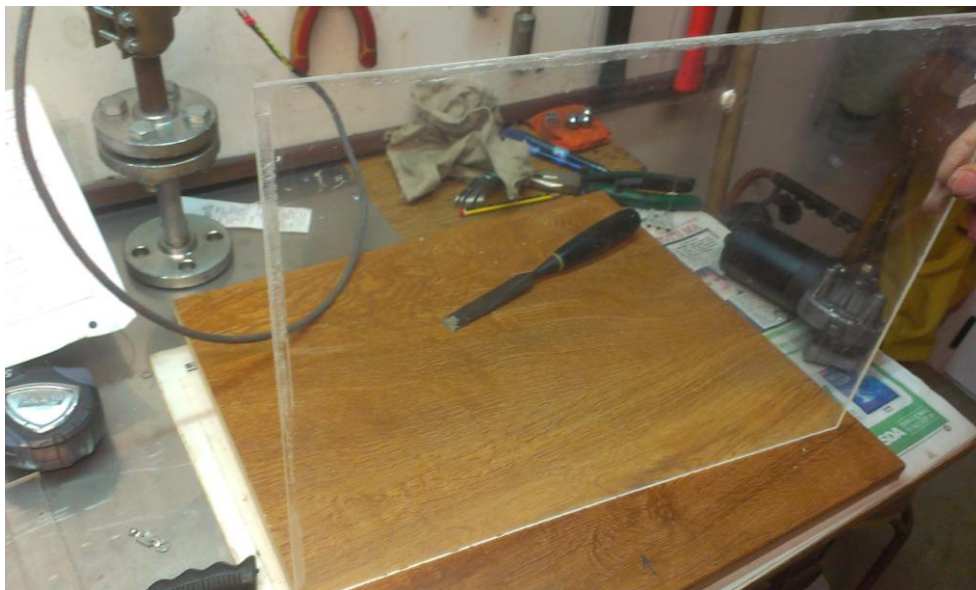
Η βασική αρχή λειτουργίας για την κατασκευή νήματος ABS κατάλληλο για χρήση σε 3D εκτυπωτή είναι αρχικά η παροχή του πλαστικού σε ένα μεταφορικό κοχλία, μέσω ενός τραπεζοειδούς σχήματος χωνιού. Στη συνέχεια ο μεταφορικός κοχλίας περιστρεφόμενος από ένα ζεύγος αλυστροχών, ωθεί τα pellet πλαστικού μέσα από ένα κυλινδρικής διατομής σωλήνα ο οποίος θερμαίνεται μέσω μιας ηλεκτρικής αντίστασης. Η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή με τη βοήθεια ενός ψηφιακού ελεγκτή θερμοκρασίας. Στην συνέχεια το πλαστικό καθώς θερμαίνεται έως στο σημείο τήξεως του, μεταβάλλει την κατάσταση του από στερεή σε υγρή, ωθούμενο από τον μεταφορικό κοχλία και υποχρεώνεται να εξέλθει από ένα ακρωφύσιο διαμέτρου 1.75mm παράγοντας έτσι το επιθυμητό νήμα, έτοιμο για χρήση σε 3D εκτυπωτή.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Λεπτομέρειες κατασκευής

4.1 Παρουσίαση διαδικασίας υλοποίησης

Βάση στήριξης

Η κατασκευή της βάσης στήριξης αποτελείται από 4 τεμάχια. Για το οριζόντιο τμήμα της βάσης επιλέχθηκε ξύλο τύπου κοντά πλακέ θαλάσσης πάχους 18mm. Στο κάθετο τμήμα της βάσης χρησιμοποιήθηκε fiberglass 4mm πάχους (εικόνα 25), για λόγους αισθητικούς και λόγω των μηχανικών ιδιοτήτων που παρουσιάζει το συγκεκριμένο υλικό, οι οποίες είναι η μεγάλη αντοχή σε σχέση με το μικρό βάρος, μεγάλη αντίσταση στη διάβρωση, αδιαβροχοποίηση, υψηλό μέτρο ελαστικότητας (πολύ υψηλότερο από το ξύλο, τα μέταλλα και το τσιμέντο), εξαιρετικά μεγάλη αντίσταση στη θερμότητα καθώς διατηρεί σταθερές διαστάσεις σε θερμοκρασίες έως και 600°C.



Εικόνα 25: Fiberglass 4mm και κοντά πλακέ 18mm

Επιπλέον τοποθετήθηκαν δύο κάθετα τεμάχια ξύλου κόντρα πλακέ 12mm για την στήριξη του fiberglass στο οριζόντιο τμήμα της βάσης. Τα κάθετα τεμάχια κόπηκαν με την βοήθεια δισκοπρίονου σε διαστάσεις 10*25cm (εικόνα 26).



Εικόνα 26: Κοπή τεμαχίων για το κάθετο τμήμα της βάσης

Το fiberglass κόπηκε σε διαστάσεις 35*25cm(εικόνα 27) ενώ το ξύλο που τοποθετήθηκε οριζόντια σε 45*35cm.



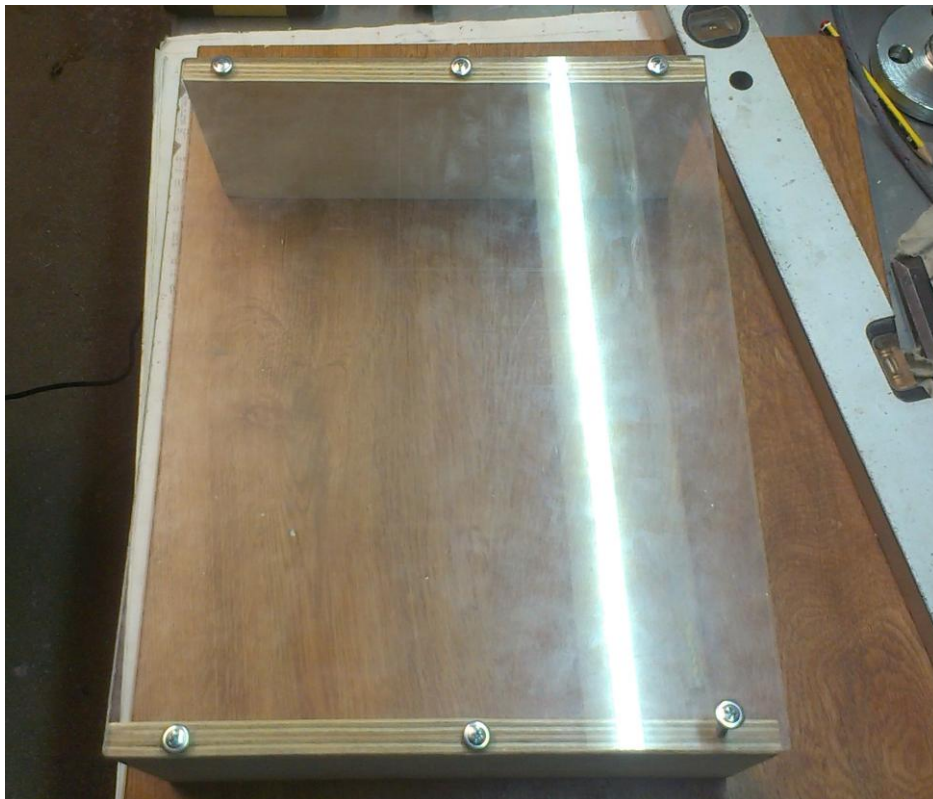
Εικόνα 27: Κοπή Fiberglass

Στο οριζόντιο τμήμα τοποθετήθηκαν τέσσερις βάσεις στήριξης από PVC πλαστικό υλικό (Εικόνα 28) για την ορθή στήριξη της κατασκευής.



Εικόνα 28: Βάσεις στήριξης από PVC

Το fiberglass στηρίχθηκε με 6 βίδες ξύλου M4*25mm (εικόνα 29) στα κάθετα τεμάχια του κόντρα πλακέ πάχους 12mm.



Εικόνα 29: Τοποθέτηση του fiberglass

Επιπλέον τοποθετήθηκε περιμετρικά αυτοκόλλητη θερμαινόμενη ταινία ξύλου για αισθητικούς λόγους (εικόνα30).



Εικόνα 30: Τοποθέτηση θερμαινόμενης ταινίας ξύλου

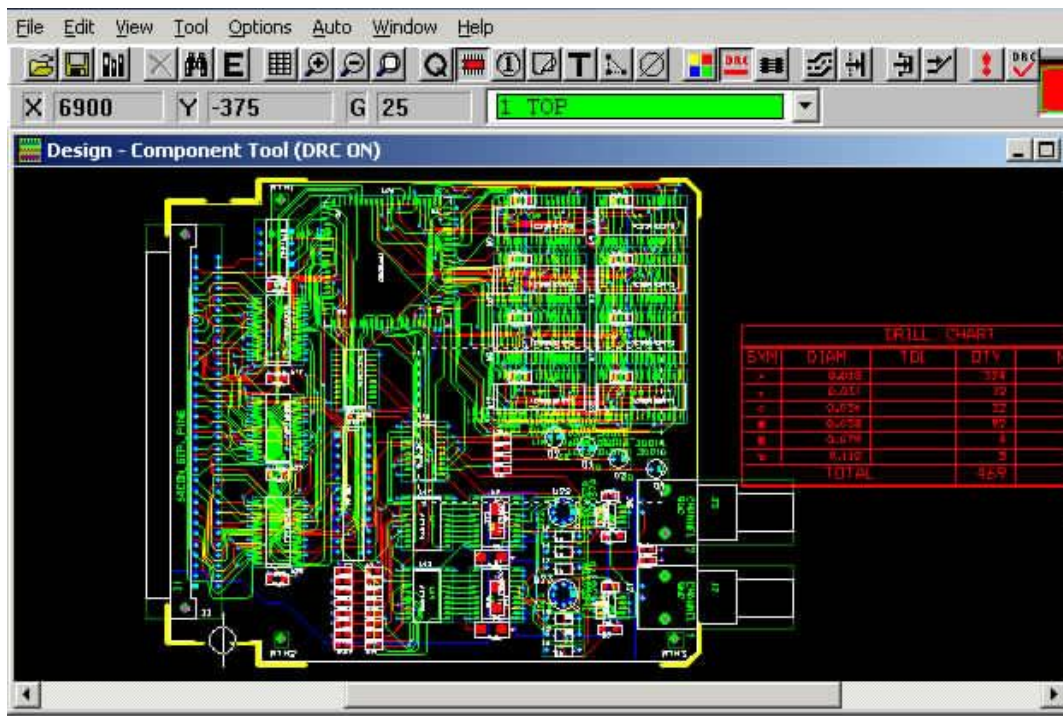
Η κατασκευή της ξύλινης βάσης ολοκληρωμένη(εικόνα 31).



Εικόνα 31: Η βάση της κατασκευής ολοκληρωμένη

Ηλεκτρικό κύκλωμα

Το ηλεκτρικό κύκλωμα που ευθύνεται για την τροφοδοσία, τον έλεγχο και την ορθή λειτουργία της μηχανής σχεδιάστηκε με το υπολογιστικό πρόγραμμα OrCAD. Το orCAD είναι ένα πρόγραμμα σχεδιασμού ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών κυκλωμάτων (εικόνα 32).

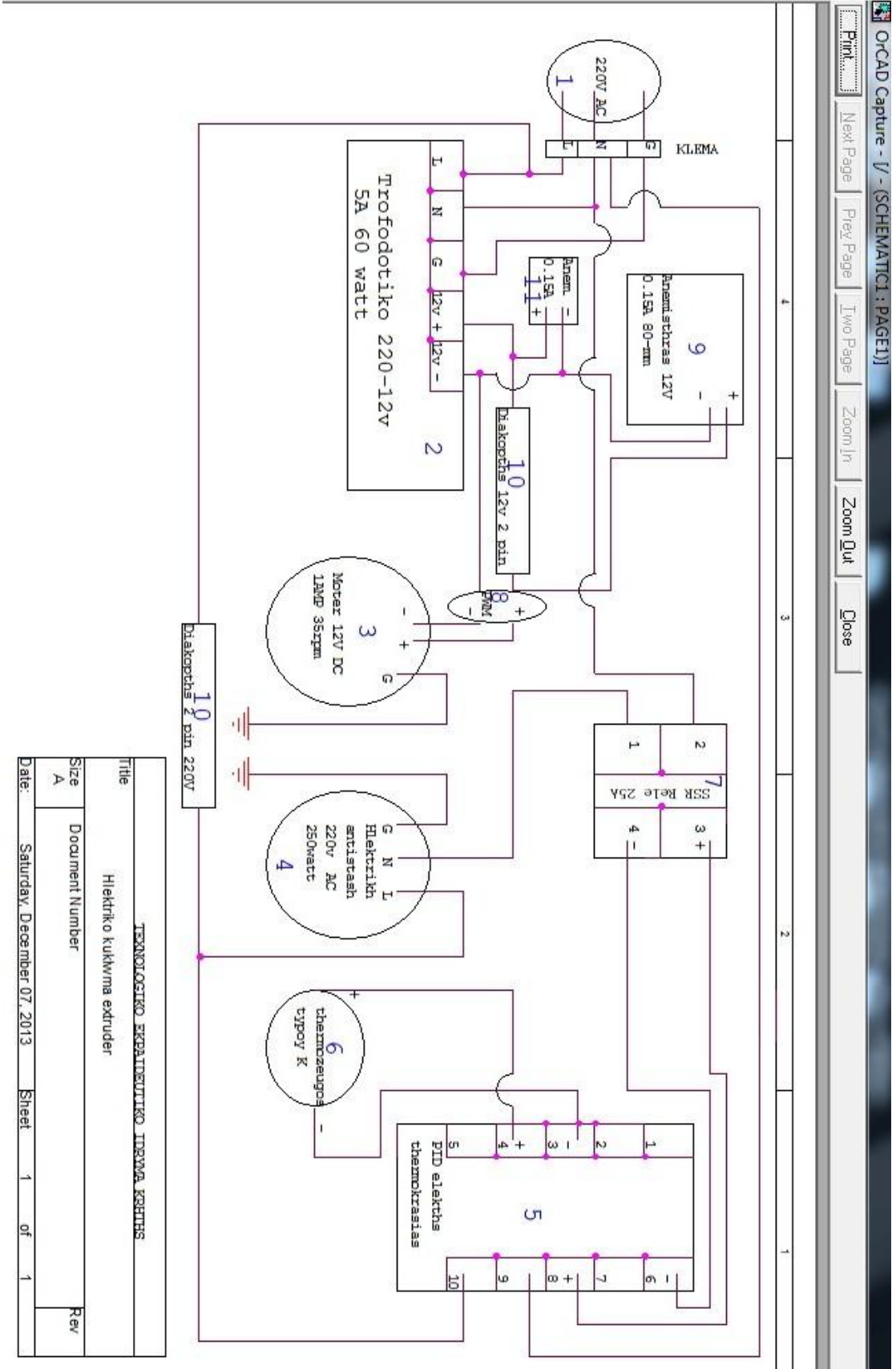


Εικόνα 32: Γραφικό περιβάλλον του προγράμματος orCAD

Το λογότυπο της εταιρίας orCAD(εικόνα 33).

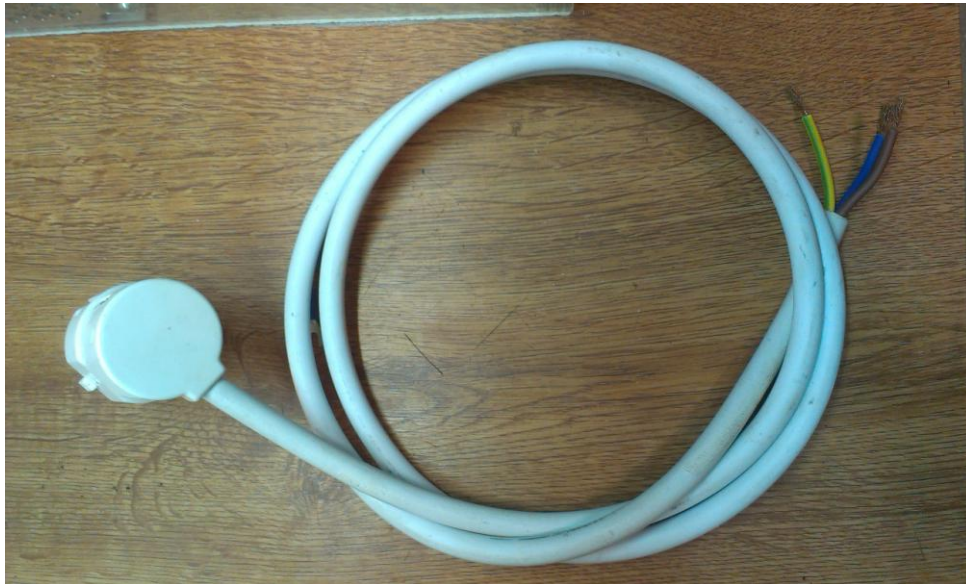


Εικόνα 33: Λογότυπο εταιρίας orCAD



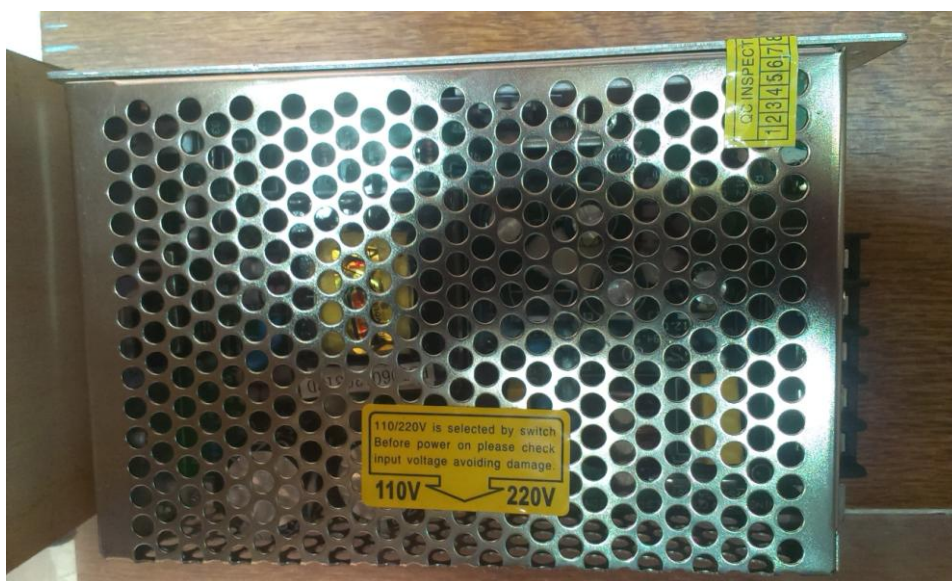
Κυκλωματικό διάγραμμα κατασκευής 1

Σύμφωνα με την αρίθμηση (1-11) στο διάγραμμα της ηλεκτρικής εγκατάστασης (κυκλωματικό διάγραμμα κατασκευής 1), το εξάρτημα 1 είναι το καλώδιο τροφοδοσίας AC 220v στην κατασκευή μας. Αποτελείται από 1,5m καλώδιο 3*1,5mm και μια πρίζα σούκο γωνιακής σχεδίασης(εικόνα 34).



Εικόνα 34: Καλώδιο τροφοδοσίας AC 220V

Στην συνέχεια χρησιμοποιείται ένα τροφοδοτικό συνεχούς ρεύματος (DC) 12V μέγιστης ισχύος 60watt (εικόνα 35) και μέγιστης έντασης ρεύματος 5^A. Τα ηλεκτρικά φορτία που συνδέονται σε αυτό (μοτέρ, ανεμιστήρες) έχουν συνολική ισχύς 35watt. Η επιλογή μεγαλύτερου τροφοδοτικού έγινε, ώστε να επιμηκυνθεί η διάρκεια ζωής του.



Εικόνα 35: Τροφοδοτικό DC 220-12V ισχύος 60watt

Το τρίτο εξάρτημα (κυκλωματικό διάγραμμα κατασκευής 1) αποτελεί την κινητήρια πηγή της κατασκευής. Πρόκειται για ένα κινητήρα σταθερού ρεύματος (DC) 12V που χρησιμοποιείται στο μηχανισμό κίνησης των υαλοκαθαριστήρων των αυτοκινήτων. Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου κινητήρα είναι τα εξής:

- ✓ Ισχύς 30watt
- ✓ 2 ταχύτητες 70/90rpm
- ✓ Μέγιστη ροπή με φορτίο 5NM

Η επιλογή του συγκεκριμένου κινητήρα (εικόνα 36) έγινε με γνώμονα τη διατήρηση του κόστους σε χαμηλά επίπεδα καθώς αγοράσθηκε μεταχειρισμένο. Το συγκεκριμένο μοτέρ είναι από αυτοκίνητο της γερμανικής αυτοκινητοβιομηχανίας AUDI. Προτιμήθηκε για λόγους ποιότητας κατασκευής και διάρκειας ζωής έναντι φθηνότερων επιλογών από την Άπω Ανατολή.



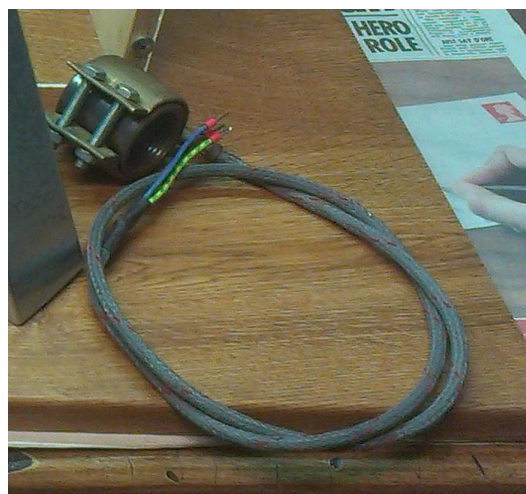
Εικόνα 36: Το μοτέρ υαλοκαθαριστήρων που χρησιμοποιήθηκε

Για τη διευκόλυνση της συνδεσμολογίας, τοποθετήθηκε στο σώμα του κινητήρα μια κλέμα σύνδεσης καλωδίων τεσσάρων θέσεων καθώς και γείωση προστασίας (εικόνα 37) από το μοτέρ σε μηδενικό δυναμικό με την βοήθεια δύο βιδών M4*15mm.



Εικόνα 37: Γείωση προστασίας και κλέμα καλωδίων 4 θέσεων

Το εξάρτημα νο4 (κυκλωματικό διάγραμμα κατασκευής 1) είναι η πηγή θερμότητας που έχει ως σκοπό την αύξηση της θερμοκρασίας σε τέτοια τιμή, ώστε η μεταφερόμενη από τον κοχλία ποσότητα ABS να περνά από τη στερεά στην υγρή φάση. Η συγκεκριμένη ηλεκτρική αντίσταση (εικόνα 38) έχει μεγάλη αντοχή στη διάβρωση. Τα καλώδια περικλείονται από σιδερένιο πλέγμα με μεγάλη μηχανική αντοχή και τέλος η θερμοκρασία της μπορεί να φτάσει έως και τους 350°C. Η διαστάσεις τις είναι 40*40mm και η ισχύς της 250watt.



Εικόνα 38: Η ηλεκτρική αντίσταση που χρησιμοποιήθηκε

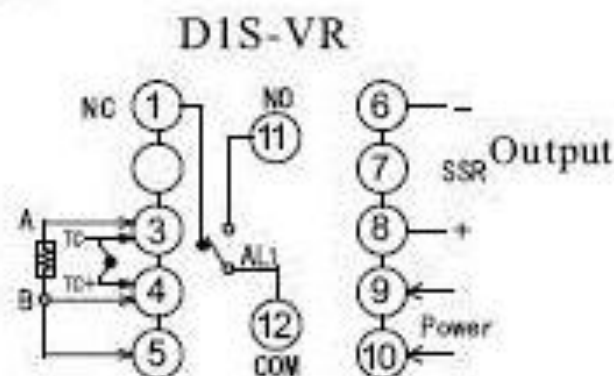


Το εξάρτημα νο5 (κυκλωματικό διάγραμμα κατασκευής 1) είναι ένας ψηφιακός ελεγκτής θερμοκρασίας (PID) (εικόνα 39). Το συγκεκριμένο όργανο αναλαμβάνει τη διατήρηση της θερμοκρασία στην τιμή που του ορίζει ο χρήστης.



Εικόνα 39: Ο ελεγκτής θερμοκρασίας τοποθετημένος

Η αρχή λειτουργίας είναι ότι λαμβάνει μέσω ενός αισθητήρα που συνδέεται στους ακροδέκτες 3 και 4 (εικόνα 40) την θερμοκρασία της ηλεκτρικής αντίστασης με περίοδο δειγματοληψίας δύο μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο και την συγκρίνει με την τιμή που έχει ρυθμίσει ο χρήστης. Σε περίπτωση που η τιμή δειγματοληψίας είναι μικρότερη από την τιμή ρύθμισης ενεργοποιεί του ακροδέκτες 6 και 8 (εικόνα 40) που μέσω ενός ρελέ θέτουν σε λειτουργία την ηλεκτρική αντίσταση. Αυτό ο αυτοματισμός μας επιτρέπει να διατηρούμε την θερμοκρασία σε σταθερή τιμή με απόκλιση ± 1 με 2 βαθμούς Κελσίου.



Εικόνα 40: Κύκλωμα ακροδεκτών του ελεγκτή θερμοκρασίας

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου ελεγκτή είναι τα εξής:

- ✓ Δυνατότητα χρήσης 10 διαφορετικών αισθητήρων (K,S,Wre,T,E,J,B,N,CU50,PT100)
- ✓ Δυνατότητα χρήσης σε εύρος θερμοκρασίας {-50 έως +1300°C}
- ✓ Ακρίβεια έλεγχου θερμοκρασίας 0,1 °C
- ✓ Μηδαμινή κατανάλωση ενέργειας

Το εξάρτημα νο6 (κυκλωματικό διάγραμμα κατασκευής 1) αποτελεί τον αισθητήρα που ευθύνεται για την συνεχή δειγματοληψία της θερμοκρασίας της ηλεκτρικής αντίστασης.

Το θερμοζεύγος (εικόνα 41), αποτελείται από δυο ανόμοιους μεταλλικούς αγωγούς που είναι συνδεδεμένοι (συντηγμένοι) σε ένα άκρο. Όταν θερμάνουμε αυτό το κοινό άκρο, τότε εμφανίζεται διαφορά δυναμικού ανάμεσα στους δύο μεταλλικούς αγωγούς. Αυτή η διαφορά δυναμικού προβάλλεται από τον ελεγκτή θερμοκρασίας με την μορφή βαθμών Κελσίου καθώς είναι βαθμονομημένο ανάλογα.

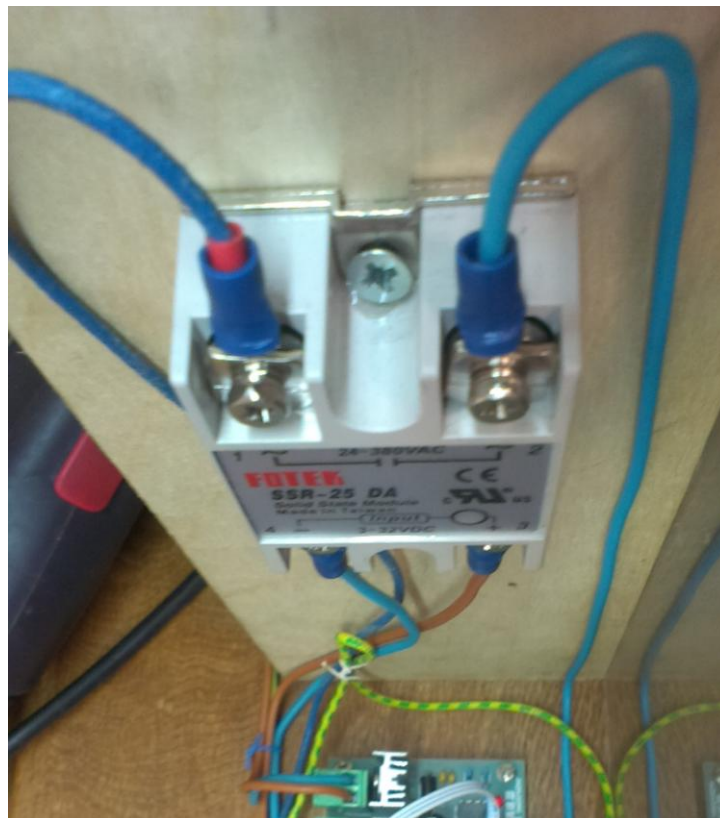


Εικόνα 41: Το θερμοζεύγος τύπου K που χρησιμοποιήθηκε

Το εξάρτημα νο7 (κυκλωματικό διάγραμμα κατασκευής 1) είναι ένα ρελέ στερεάς κατάστασης (εικόνα 42). Το ρελέ στερεάς κατάστασης είναι μια ηλεκτρονική συσκευή, στην όποια ένα σήμα ελέγχου ελέγχει ένα μεγαλύτερο ρεύμα φορτίου ή τάσης. Αποτελείται από έναν αισθητήρα που ανταποκρίνεται σε μια κατάλληλη είσοδο (σήμα ελέγχου) και κάποιο μηχανισμό σύζευξης, για να μπορέσει το σήμα ελέγχου να ενεργοποιήσει την συσκευή που είναι συνδεδεμένη στην έξοδο του ρελέ, χωρίς μηχανικά μέρη.

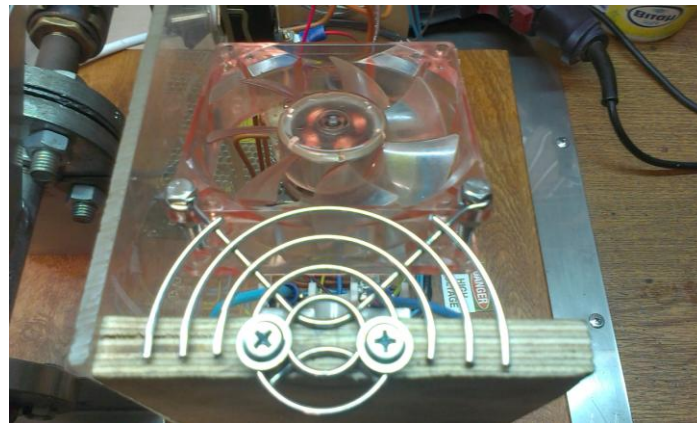
Το συγκεκριμένο ηλεκτρονικό ρελέ προτιμήθηκε έναντι ενός μηχανικού ρελέ γιατί:

- ✓ Δεν έχει κινούμενα μέρη
- ✓ Εντελώς αθόρυβη λειτουργία
- ✓ Αυξημένη διάρκεια ζωής
- ✓ Ταχύτερο, καθώς έχει την δυνατότητα να ανοίγει/κλείνει σε μόλις 1μς.



Εικόνα 42: Το ηλεκτρονικό ρελέ τοποθετημένο

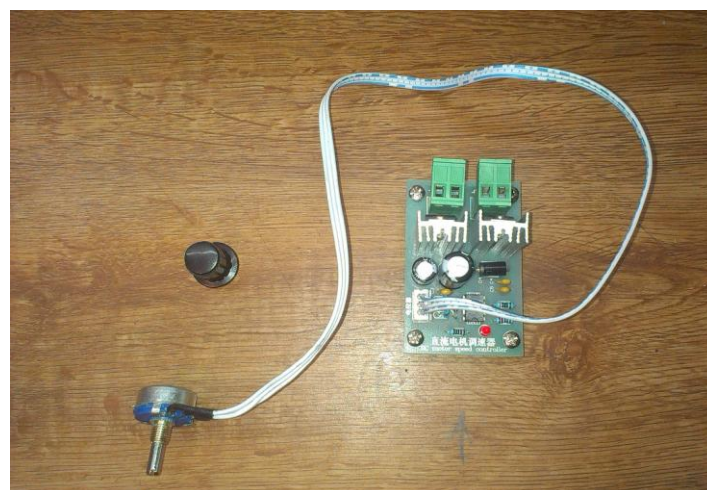
Το μοναδικό μειονέκτημα του συγκεκριμένου ρελέ είναι οι αυξημένες θερμοκρασίες λειτουργίας. Για την επίλυση του συγκεκριμένου προβλήματος, χρησιμοποιήθηκε ένας ανεμιστήρας 80mm σταθερού ρεύματος DC τάσης 12V παροχής 50m3 ανά ώρα, ο οποίος τοποθετήθηκε σε βάση στήριξης με τη χρήση βιδών ξύλου M4*25mm (εικόνα 43). Με τη συγκεκριμένη προσθήκη σε μετρήσεις θερμοκρασίας που έγιναν στο ρελέ παρατηρήθηκε μείωση της θερμοκρασίας λειτουργίας κατά 7 βαθμούς Κελσίου.



Εικόνα 43: Βάση και ανεμιστήρας ψύξης ηλεκτρονικού ρελέ

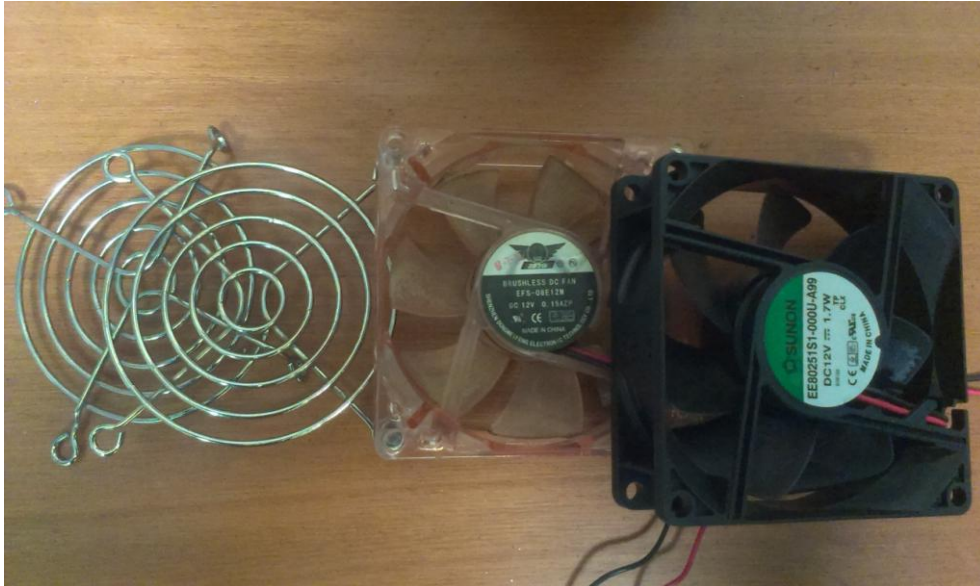
Το εξάρτημα νο8 (κυκλωματικό διάγραμμα κατασκευής 1) αποτελεί έναν ελεγκτή στροφών διαμόρφωσης πλάτους παλμού (PWM) για κινητήρα συνεχούς ρεύματος DC (εικόνα 44). Τα τεχνικά χαρακτηριστικά του είναι τα εξής:

- ✓ Μέγιστη ένταση ρεύματος 10^A
- ✓ Δυνατότητα χρήσης σε κινητήρες 12/24/36V
- ✓ Δυνατότητα έλεγχου συσκευών συνολικής ισχύος έως 200w



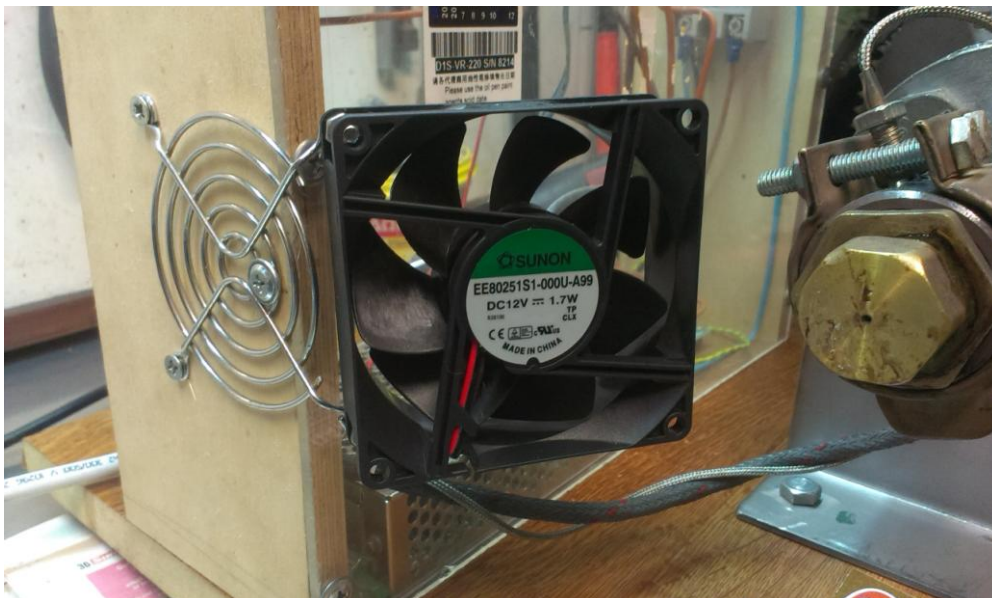
Εικόνα 44: Ελεγκτής στροφών DC κινητήρα PWM

Το εξάρτημα νο9 και νο11 (κυκλωματικό διάγραμμα κατασκευής 1) είναι δύο ανεμιστήρες σταθερού ρεύματος DC 12V (εικόνα 45) με παροχή 50m³ αέρα ανά ώρα. Η χρήση του ενός είναι για ψύξη του ρελέ(εικόνα 45).



Εικόνα 45: Οι ανεμιστήρες ψύξης με τις βάσεις τους

Ο δεύτερος ανεμιστήρας (εικόνα 46) χρησιμοποιήθηκε για τη ψύξη του νήματος που βγαίνει από το ακρωφύσιο.



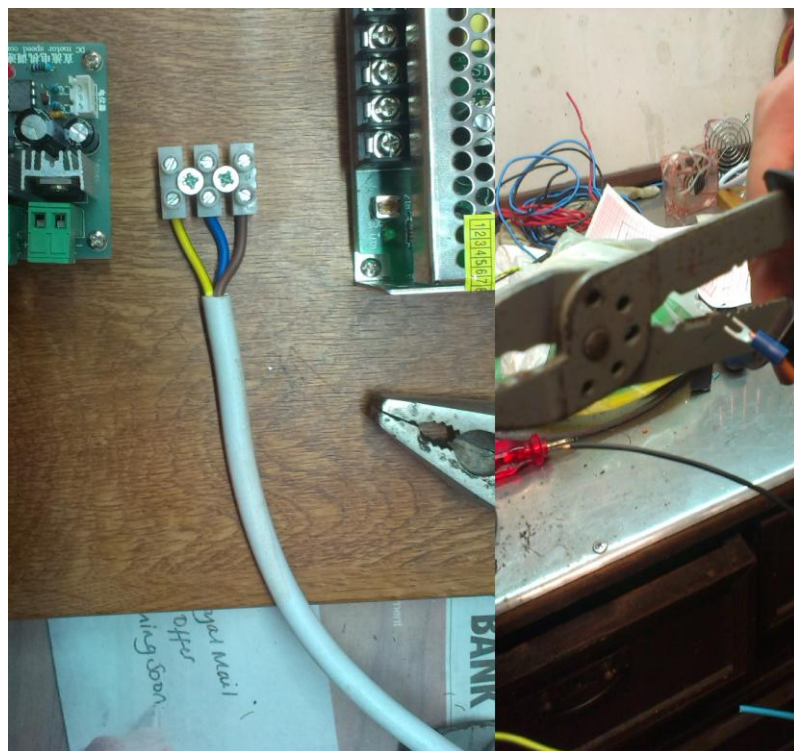
Εικόνα 46: Τοποθέτηση ανεμιστήρα για ψύξη νήματος

Τα δύο τεμάχια του εξαρτήματος νο10 είναι οι διακόπτες (εικόνα 47) έλεγχου της ηλεκτρικής αντίστασης και του κινητήρα συνεχούς ρεύματος της κατασκευής.

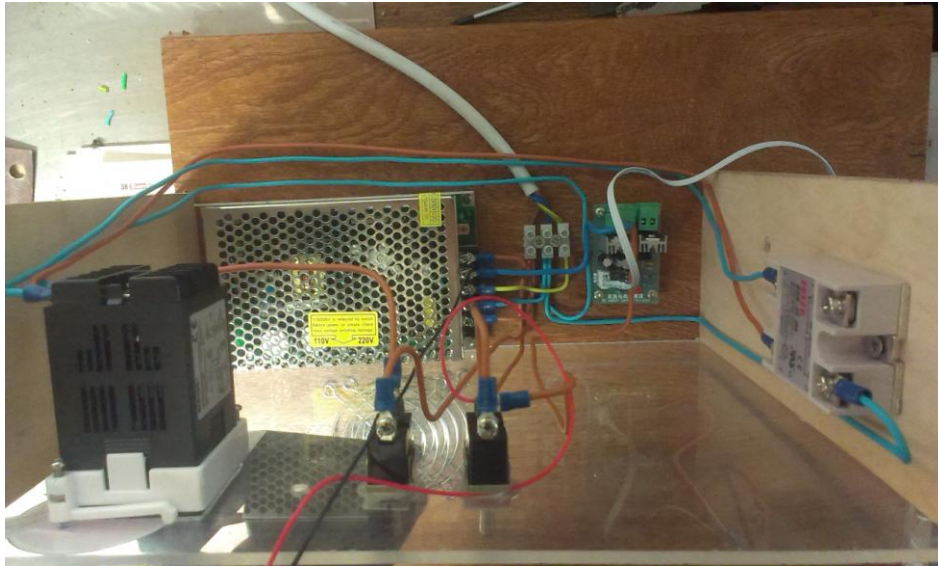


Εικόνα 47: Οι διακόπτες 2 θέσεων που χρησιμοποιήθηκαν τοποθετημένοι

Επιπλέον για την κατασκευή του ηλεκτρικού κυκλώματος (εικόνα 49) χρησιμοποιήθηκαν κλέμες σύνδεσης καλωδίων και μονωμένοι ακροδέκτες, όπου κρίθηκαν απαραίτητοι (εικόνα 48).



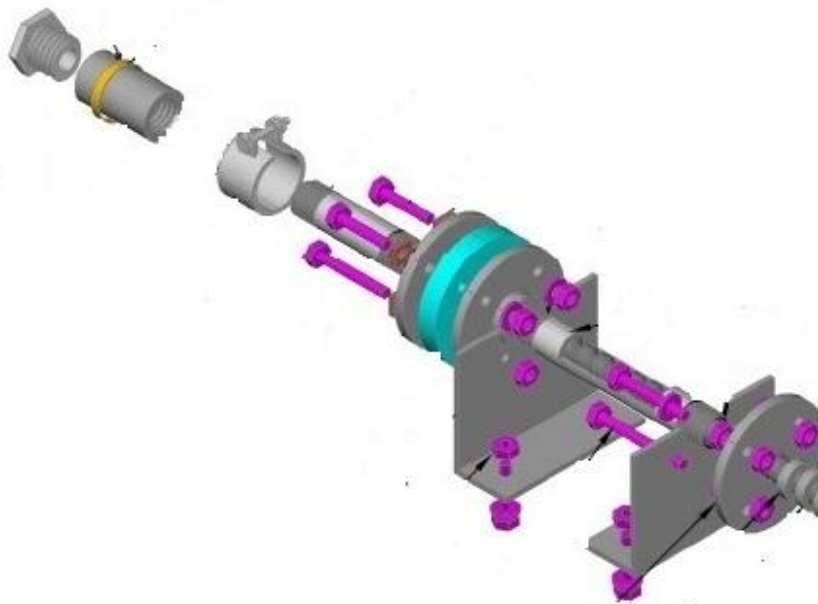
Εικόνα 48: Κλέμα σύνδεσης καλωδίων και ακροδέκτης



Εικόνα 49: Το ηλεκτρικό κύκλωμα τοποθετημένο στην βάση στήριξης

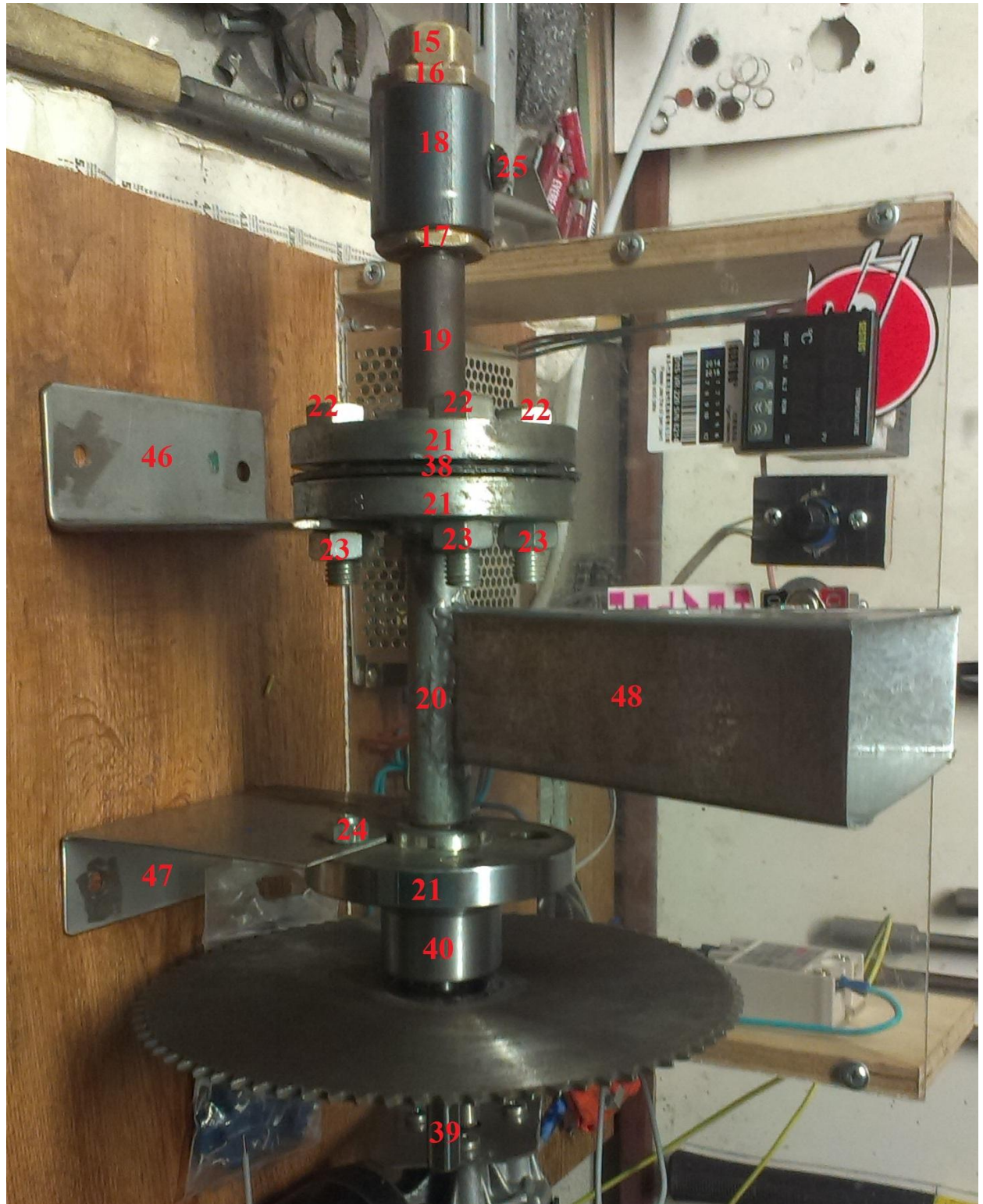
Κυρίως τμήμα extruder

Για το βασικό τμήμα του extruder (εικόνα 50) χρησιμοποιήθηκαν κυρίως ορειχάλκινα εξαρτήματα από υδραυλικά είδη. Η χρησιμοποίησή τους δεν ενδείκνυται για τη συγκεκριμένη κατασκευή καθώς παρουσιάζουν πολλές κατασκευαστικές δυσμορφίες που αναλύονται στο πέμπτο κεφάλαιο. Ο βασικός λόγος αυτής της επιλογής είναι η διατήρηση του κόστους κατασκευής σε χαμηλά επίπεδα.



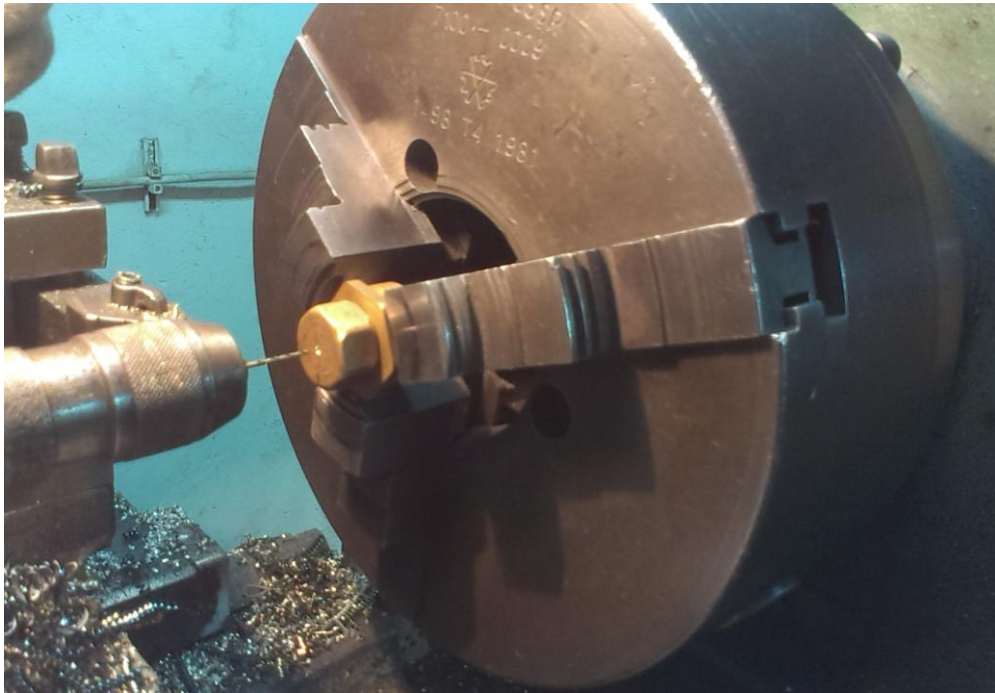
Εικόνα 50: Το κυρίως τμήμα σε σχεδιαστικό πρόγραμμα CAD

Αναλυτικότερα τα εξαρτήματα του κυρίως τμήματος της μηχανής που χρησιμοποιήθηκαν (εικόνα 51) παρουσιάζονται παρακάτω, με αρίθμηση εξαρτημάτων σύμφωνα με τον πίνακα πρώτων υλών (Πίνακας 1).



Εικόνα 51: Το κυρίως τμήμα του extruder με αριθμημένα τα εξαρτήματα

Το εξάρτημα 15 (εικόνα 51/πίνακας 1) είναι μια ορειχάλκινη τάπα θηλυκού σπειρώματος διαμέτρου 1/2in που χρησιμοποιείται ως ακρωφύσιο. Έγινε τρύπα διαμέτρου 1,80mm (εικόνα 52), ώστε να διαμορφώνει την επιθυμητή διάμετρο του νήματος σε αυτήν την διάσταση.



Εικόνα 52: Τρύπημα διαμέτρου 1,80mm στην τάπα/ακρωφύσιο

Το εξάρτημα 16 (εικόνα 51/πίνακας 1) είναι μια συστολή ορειχάλκινη από 1in σε 1/2in. Το εξάρτημα 17 (εικόνα 51/πίνακας 1) είναι ένας ορειχάλκινος μαστός από 1/2in σε 1 in. Το 18(εικόνα 51/πίνακας 1) αποτελεί μια σιδερένια μούφα διαμέτρου 1 in και μήκους 45mm. Τέλος το εξάρτημα 16 (εικόνα 51/πίνακας 1) είναι ένας χαλύβδινος μαύρος σωληνομαστός μήκους 80mm και διαμέτρου 1/2in (εικόνα 53).



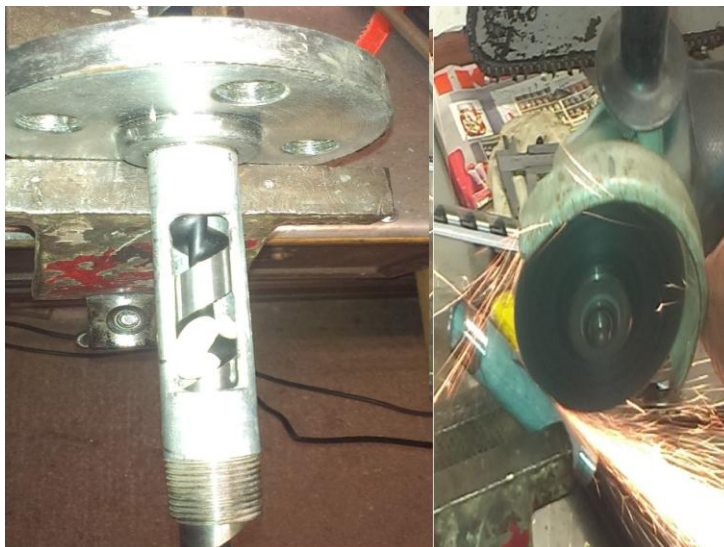
Εικόνα 53: Τα εξαρτήματα του εμπρόσθιου τμήματος

Διακρίνεται στην εικόνα 53 ένα περικόχλιο M8 (no 25) που συγκολλήθηκε, ώστε να διευκολύνει την στήριξη του θερμοζεύγους για τον έλεγχο της θερμοκρασίας. Τα τρία σε αριθμό εξαρτήματα 21 (εικόνα 51/πίνακας 1) αποτελούν φλάντζες χαλύβδινες γαλβανισμένες βιδωτές με σπείρωμα 1/2in. Στη συνέχεια για το διαχωρισμό του θερμού τμήματος της μηχανής από το ψυχρό χρησιμοποιήθηκε για μονωτικό υλικό φύλλο περμανίτη 2mm (εικόνα 51/πίνακας 1), το οποίο χαραχτήκε και κόπηκε στις διαστάσεις της χαλύβδινης φλάντζας (εικόνα 54).



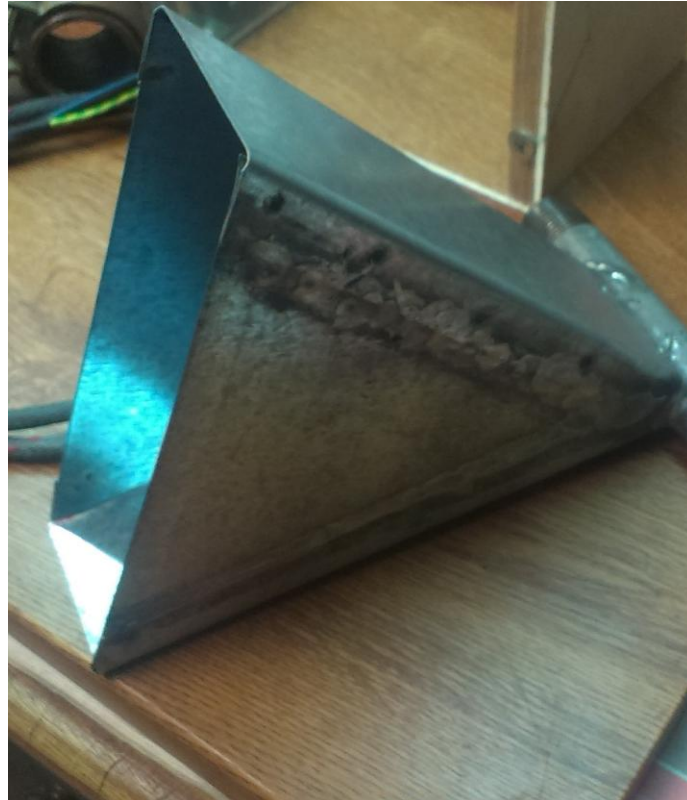
Εικόνα 54: Η χαλύβδινη φλάντζα και η μόνωση 2mm από περμανίτη

Για την σύσφιγξη των φλαντζών και του μονωτικού υλικού χρησιμοποιήθηκαν 4 κοχλίες και περικόχλια M12. Στην συνέχεια το εξάρτημα 20 (εικόνα 51/πίνακας 1) είναι ένας χαλύβδινος σωληνομαστός συνολικού μήκους 120mm και διαμέτρου 1/2 in. Στο σωληνομαστό αφαιρέθηκε από το πάνω μέρος τμήμα διαστάσεων 15mmX60mm (εικόνα 55), ώστε να τοποθετηθεί το χωνί υποδοχής του ABS πλαστικού.



Εικόνα 55: Κοπή σωληνομαστού

Το εξάρτημα 48 (εικόνα 51/πίνακας 1) είναι το χωνί υποδοχής του ABS πλαστικού (εικόνα 56). Κατασκευάστηκε από λαμαρίνα γαλβανιζέ πάχους 0,7mm, όπου τα επιμέρους τμήματα συγκολλήθηκαν με σημειακή συγκόλληση (ηλεκτροπόντα).



Εικόνα 56: Το χωνί υποδοχής του ABS

Η κόλληση του χωνιού με το σωληνομαστό έγινε με κασιτεροκόλληση(εικόνα57).



**Εικόνα 57: Στιγμιότυπο κατά την διαδικασία κασιτεροκόλλησης
χωνιού/σωληνομαστού**

Το εξάρτημα 40 (εικόνα 51/πίνακας 1) αποτελεί το έδρανο κύλισης που χρησιμοποιήθηκε για τη μείωση της τριβής κατά την περιστροφή του κοχλίου μεταφοράς του πλαστικού. Η επιλογή του συγκεκριμένου εδράνου κύλισης έγινε με γνώμονα την ποιότητα κατασκευής, τις διαστάσεις και τη συμπεριφορά στην ταλάντωση. Επιλέχθηκε(εικόνα 58) λοιπόν με διαστάσεις 12mm εσωτερική διάμετρο, 32mm εσωτερική διάμετρο, μέγιστη στατική φόρτιση 600kg και με δύο σειρές σφαιριδίων ώστε να αυξηθεί η επιφάνεια επαφής με τον μεταφορικό κοχλίο για να μειωθούν οι ταλαντώσεις καθώς ο κοχλίας δεν εδράζεται στο εμπρόσθιο τμήμα.



Εικόνα 58:Το έδρανο κύλισης που χρησιμοποιήθηκε

Για την τοποθέτηση του εδράνου κρίθηκε απαραίτητη η ηλεκτροσυγκόλληση ενός χαλύβδινου τμήματος (εικόνα 59) πάνω στην τρίτη βιδωτή φλάντζα της κατασκευής (εξάρτημα21/εικόνα 51).



Εικόνα 59: Ηλεκτροσυγκόλληση χαλύβδινου τμήματος στην βιδωτή φλάντζα

Στη συνέχεια με κατεργασία τόννευσης(εικόνα 60) επιτεύχθηκε η επιθυμητή εσωτερική διάμετρος, η οποία είναι όσο η εξωτερική διάμετρος του εδράνου κύλισης, δηλαδή 32mm.



Εικόνα 60: Στιγμιότυπα από το άνοιγμα οπής 32mm για την τοποθέτηση του εδράνου κύλισης

Επιπρόσθετα έγινε εσωτερική αυλάκωση για την υποδοχή ασφάλειας εξωτερικής διαμέτρου 34mm και εσωτερικής 30mm, ώστε να εκμηδενιστεί η περίπτωση οπισθοχώρησης του εδράνου κύλισης. Παρακάτω (εικόνα 61) διακρίνεται η τελική μορφή με το έδρανο κύλισης και την ασφάλεια τοποθετημένα.



Εικόνα 61: Το έδρανο κύλισης και οι ασφάλειες τοποθετημένα



Το εξάρτημα 39 (εικόνα 51/πίνακας 1) αποτελεί τον κοχλία μεταφοράς του πλαστικού υλικού από το χωνί προς το ακρωφύσιο. Πρόκειται για τρυπάνι ξύλου διαμέτρου $\Phi 16\text{mm}$ και συνολικού μήκους 460mm (εικόνα 62).



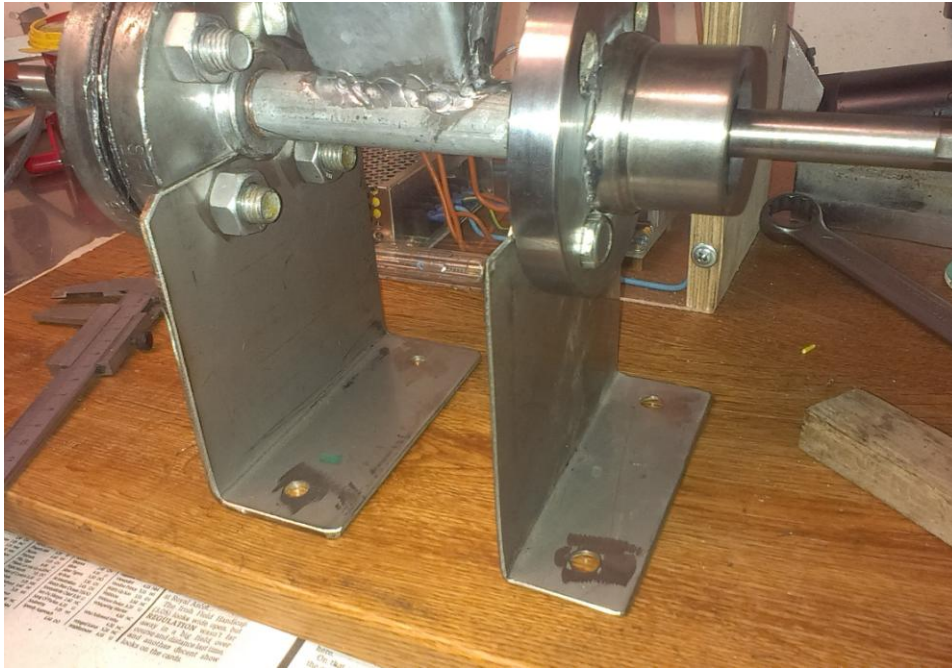
Εικόνα 62: Το τρυπάνι ξύλου που χρησιμοποιήθηκε σαν κοχλίας μεταφοράς

Το τρυπάνι υπέστη κατεργασία τόννευσης στο οπίσθιο τμήμα του, ώστε να επιτευχθεί διάμετρος 12mm . Η ακρίβεια στην συγκεκριμένη κατεργασία ήταν της τάξεως $\pm 0,02\text{mm}$, ώστε να υπάρχει ορθή εφαρμογή με το έδρανο κύλισης που είχε εσωτερική διάμετρο 12mm . Για την επίτευξη αυτής της ακρίβειας έγινε χρήση μικρομέτρου (εικόνα 63).



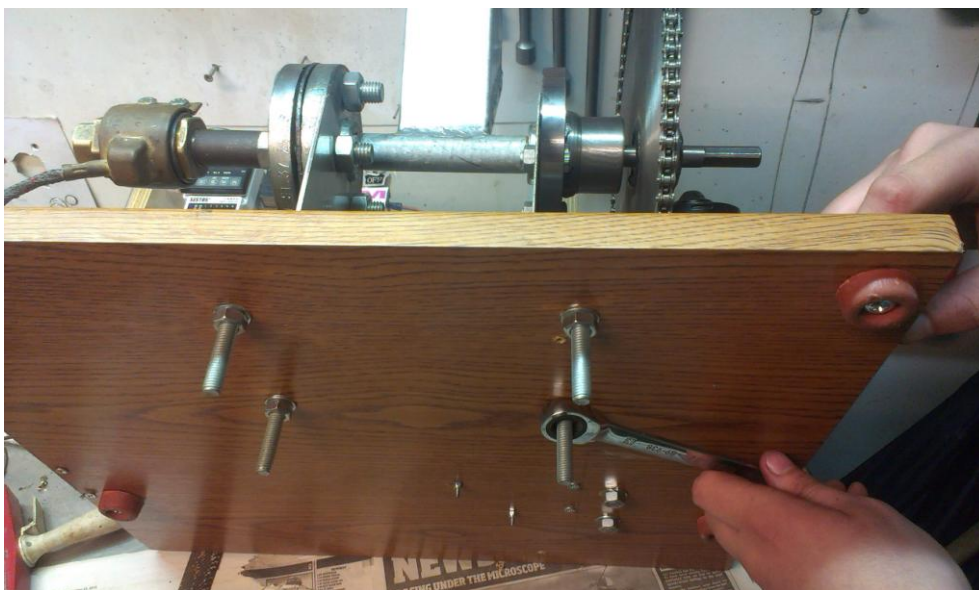
Εικόνα 63: Τόννευση και μικρομέτρηση κοχλίας

Τέλος, τα εξαρτήματα 46/47 (εικόνα 51/πίνακας 1) αποτελούν τις βάσεις στήριξης του κυρίως τμήματος της μηχανής πάνω στην ξύλινη βάση. Η κατασκευή τους έγινε από ανοξείδωτη λαμαρίνα πάχους 3-4mm, όπου έγιναν οπές διαμέτρου 12mm για την στήριξη στο κάτω μέρος των βιδωτών φλαντζών 1/2in (εικόνα 64).



Εικόνα 64: Οι βάσεις στήριξης από ανοξείδωτη λαμαρίνα 4mm

Στο κάτω τμήμα των στηριγμάτων έγιναν τρύπες διαμέτρηματος 8mm ενώ για την τοποθέτηση στην ξύλινη βάση χρησιμοποιήθηκαν 4 βίδες/περικόχλια M8(εικόνα 65).



Εικόνα 65: Τοποθέτηση στηριγμάτων στην ξύλινη βάση

Μετάδοση κίνησης με αλυσοτροχούς

Για τον υπολογισμό της σχέσης μετάδοσης, του βήματος των αλυσοτροχών και του αριθμού οδόντων των αλυσοτροχών ακολουθήθηκε η παρακάτω διαδικασία λαμβάνοντας ως δεδομένα:

- Κινητήρια μηχανή: Ηλεκτρομειωτήρας
- Ισχύς προς μεταφορά: 30 watt
- Σχέση μετάδοσης: $i=10$

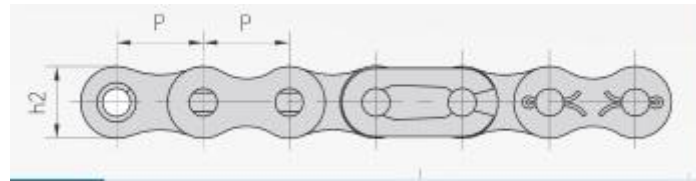
Ο υπολογισμός της σχέσης μετάδοσης δίδεται από τη σχέση $i=N_1/N_2$ όπου N_2 είναι ο αριθμός στροφών κινούμενου αλυσοτροχού ενώ N_1 ο αριθμός στροφών του κινητήριου αλυσοτροχού. Οι στροφές N_1 είναι 73rpm για το συγκεκριμένο ηλεκτροκινητήρα που χρησιμοποιήσαμε. Οι στροφές N_2 (κοχλία) δεν πρέπει να υπερβαίνουν τις 8rpm καθώς σε αυτή την περίπτωση η ποσότητα ABS υλικού που θα εισέρχεται θα είναι μεγαλύτερη από την ποσότητα που θα εξέρχεται υπό μορφή νήματος με αποτέλεσμα να προκληθεί βλάβη. Επομένως η μέγιστη τιμή του N_2 ορίστηκε 7,3rpm. Άρα η σχέση μετάδοσης που προκύπτει είναι :

$$i=N_1/N_2 \Rightarrow i=73\text{rpm}/7.3\text{rpm} \Rightarrow \mathbf{i=10}$$

Ο αριθμός οδόντων του κινητήριου αλυσοτροχού ορίστηκε $Z_1=8$. Ο λόγος είναι η υψηλή σχέση μετάδοσης που απαιτείται ($i=10$) με αποτέλεσμα ο κινούμενος αλυσοτροχός με αριθμό οδόντων $Z_2>80$ και μικρό βήμα όπως θα δούμε παρακάτω να μην είναι εμπορικό μέγεθος και έπρεπε να κατασκευαστεί κατά παραγγελία με αποτέλεσμα να ανεβαίνει πολύ το κόστος. Επομένως ο καθορισμός των οδόντων του κινούμενου αλυσοτροχού προκύπτει:

$$i=Z_2/Z_1 \Rightarrow Z_2=i*Z_1 \Rightarrow Z_2=10*8=80$$

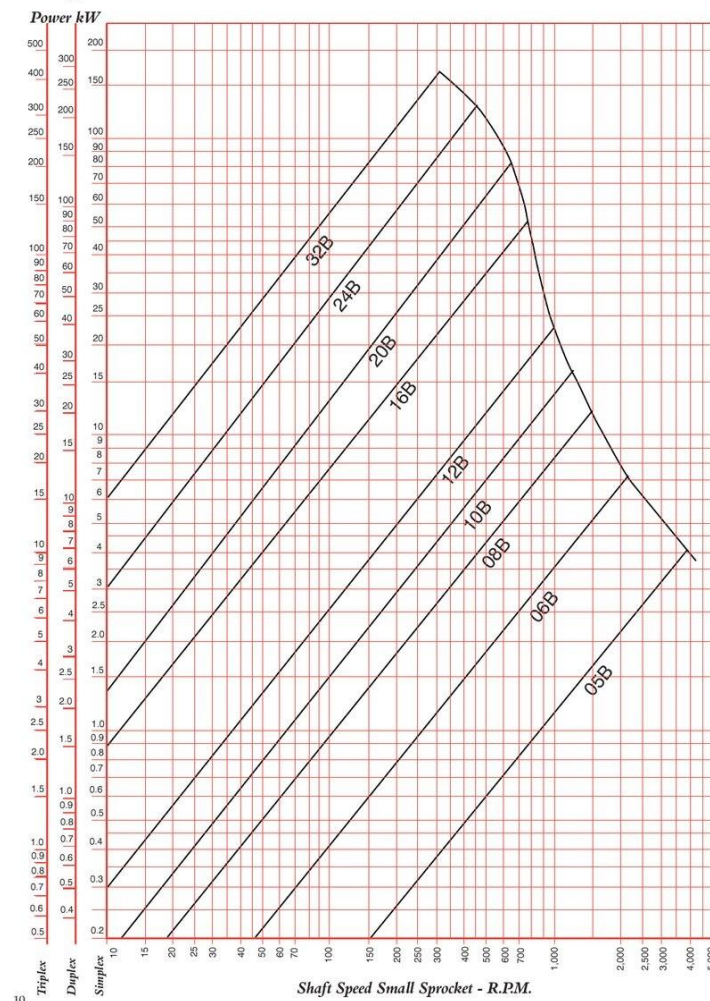
Ως βήμα αλυσίδας(P)(pitch) καλείται η απόσταση δύο διαδοχικών πείρων (εικόνα 66).



Εικόνα 66: Σχηματική απεικόνιση βήματος αλυσίδας

Για την επιλογή του βήματος αλυσίδας λαμβάνονται υπόψη η μεταφερόμενη ισχύς του ηλεκτρομειωτήρα $P=30\text{watt}$ και οι στροφές περιστροφής του κινητηρίου αλυσοτροχού $Z1=73\text{rpm}$.

Chain Drive Selection Power Rating Graph - British Standard Gears



Διάγραμμα 1: Απόδοση αλυσίδων κατά DIN 8187



Στην συνέχεια σύμφωνα με το διάγραμμα 1 προκύπτει ότι για μεταφερόμενη ισχύς 35watt και $Z1=73rpm$ με χρήση μονής αλυσίδας χρειαζόμαστε αλυσίδα τύπου 05B κατά DIN 8187, η οποία υπερκαλύπτει την μεταφερόμενη ισχύς στη μηχανή.

Σύμφωνα με την εικόνα 67 η αλυσίδα τύπου 05B κατά DIN 8187 έχει βήμα 8mm. Εναλλακτικά θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί η 04 με βήμα μόλις 6mm οποία καλύπτει τις απαιτήσεις μεταφερόμενης ισχύς, αλλά λόγω του εξαιρετικά μικρού βήματος ο κινητήριος αλυσοτροχός των 8 οδόντων θα είχε πολύ μικρό μέγεθος με αποτέλεσμα να μην μπορεί να τοποθετηθεί στον άξονα του ηλεκτρομειωτήρα διαμέτρου 6mm.

Hochleistungsrollenkettentechnik

elite Hochleistungsrollenkettentechnik europäische Bauart
DIN 8187 - ISO 606
High precision roller chains DIN 8187 acc. to ISO 606. European Standard

Einfach - Rollenkette
Simplex roller chain

Flexion	Teilung	Rollen Ø	Lichte Weite	Bolzen Ø	Bolzenlänge		Höhe Innen- lasche	Laschen- dicke	min. Bruchkraft	Durchschn. Bruchlast	Gewicht per meter
ISO Ref.	Pitch	Roller diameter	Width between inner plates	Pin diameter	Pin length		Inner plate depth	Plate thick- ness	Ultimate tensile strength	Average tensile strength	Weight per meter
	P	d1 max	b1 min	d2 max	L max	Lc max	h2 max	t/T max	Q min	Q0	q
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kN/LB	kN	kg/m
04-1	6,000	4,00	2,80	1,85	6,80	7,8	5,00	0,60	3,0/682	3,2	0,11
05B-1	8,000	5,00	3,00	2,31	8,20	8,9	7,10	0,80	5,0/1136	5,9	0,20
06B-1	9,525	6,35	5,72	3,28	13,15	14,1	8,20	1,30	9,0/2045	10,4	0,41
08B-1	12,700	8,51	7,75	4,45	16,70	18,2	11,80	1,60	18,0/4091	19,4	0,69
10B-1	15,875	10,16	9,65	5,08	19,50	20,9	14,70	1,70	22,4/5091	27,5	0,93
12B-1	19,050	12,07	11,68	5,72	22,50	24,2	16,00	1,85	29,0/6591	32,2	1,15
16B-1	25,400	15,88	17,02	8,28	36,10	37,4	21,00	4,15/3,1	60,0/13636	72,8	2,71
20B-1	31,750	19,05	19,56	10,19	41,30	45,0	26,40	4,5/3,5	95,0/21591	106,7	3,70
24B-1	38,100	25,40	25,40	14,63	53,40	57,8	33,20	6,0/4,8	160,0/36364	178,0	7,10
28B-1	44,450	27,94	30,99	15,90	65,10	69,5	36,70	7,5/6,0	200,0/45455	222,0	8,50
32B-1	50,800	29,21	30,99	17,81	66,00	71,0	42,00	7,0/6,0	250,0/56818	277,5	10,25
40B-1	63,500	39,37	38,10	22,89	82,20	89,2	52,96	8,5/8,0	355,0/80682	394,0	16,35
48B-1	76,200	49,35	45,33	29,34	99,30	107,0	63,00	12,0/10,0	550,0/123333	623,5	25,00

Εικόνα 67: Τυποποίηση αλυσίδων κατά DIN 8187

Για την τοποθέτηση του αλυσοτροχού κίνησης στον άξονα περιστροφής του ηλεκτρομειωτήρα απαιτήθηκε η δημιουργία σπειρώματος M6 και η μεταποίηση του οπίσθιου τμήματος του αλυσοτροχού σε κωνικό σχήμα. Αυτό συνέβη λόγω του ότι ο συγκεκριμένος μειωτήρας έχει πολύ μικρό άξονα (εικόνα 68) καθώς προορίζεται για χρήση σε μηχανισμό υαλοκαθαριστήρων και οποιαδήποτε άλλη μέθοδος τοποθέτησης (σφήνα) του ήταν σχεδόν αδύνατη.



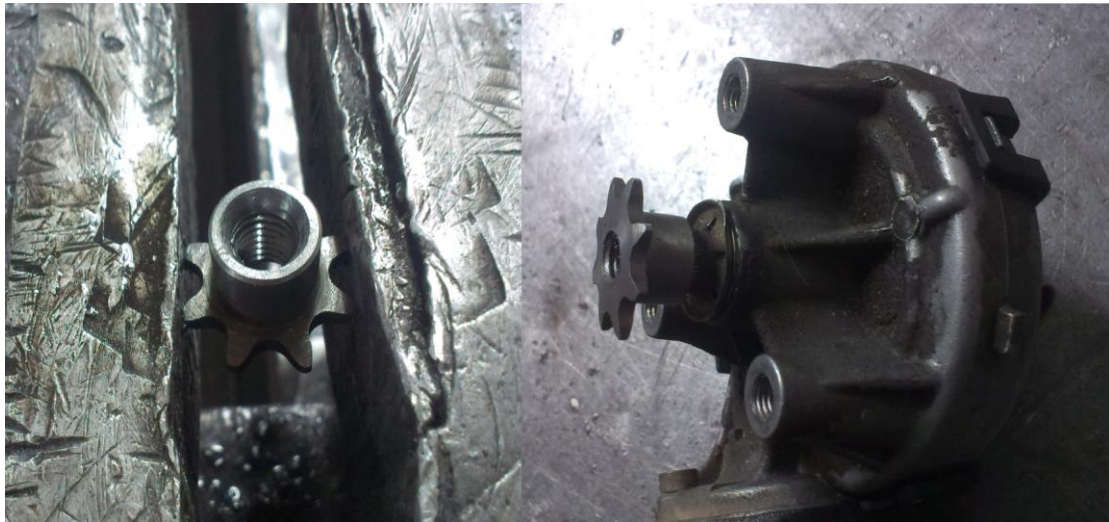
Εικόνα 68: Ο άξονας του ηλεκτρομειωτήρα

Αρχικά έγινε εσωτερική σπειροτόμηση M6 (εικόνα69) στο γρανάζι και στη συνέχεια διαμορφώθηκε το οπίσθιο τμήμα σε κωνικό, για να υπάρχει καλύτερη εφαρμογή με τον δύσμορφο άξονα του ηλεκτρομειωτήρα.



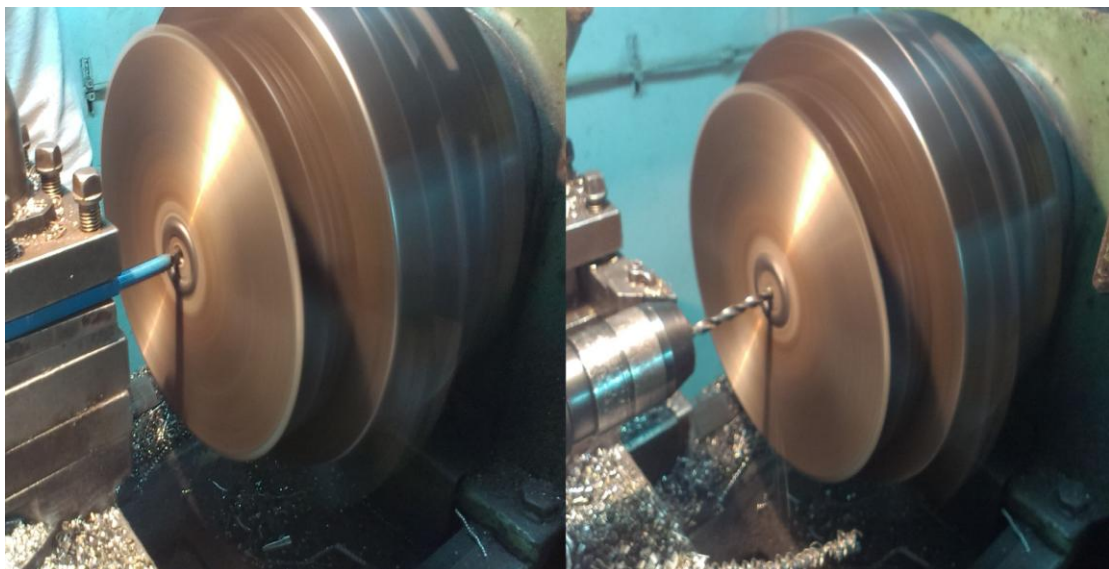
Εικόνα 69: Διαδικασία σπειροτόμησης και τόνρευσης αλυσοτροχού Z1

Παρακάτω (εικόνα 70) διακρίνεται η εσωτερική σπειροτόμηση, η κωνική τórνευση και η τοποθέτηση του στον άξονα του ηλεκτρομειωτήρα. Δε χρησιμοποιήθηκε περικόχλιο ασφαλείας γιατί με τη δεξιόστροφη φορά περιστροφής της αλυσίδας. Ο οδοντωτός τροχός σφίγγει συνεχώς πάνω στο σπείρωμα.



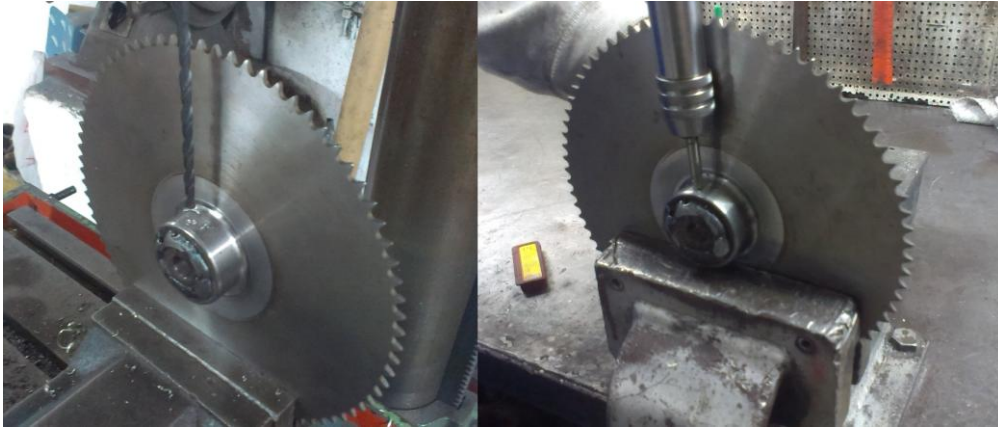
Εικόνα 70: Κωνική τórνευση, σπειροτόμηση και τοποθέτηση

Για την τοποθέτηση του κινούμενου αλυσοτροχού πάνω στο τρυπάνι ξύλου που χρησιμοποιείται ως κοχλίας, αρχικά έγινε τρύπα διαμετρήματος 12mm (εικόνα 71).



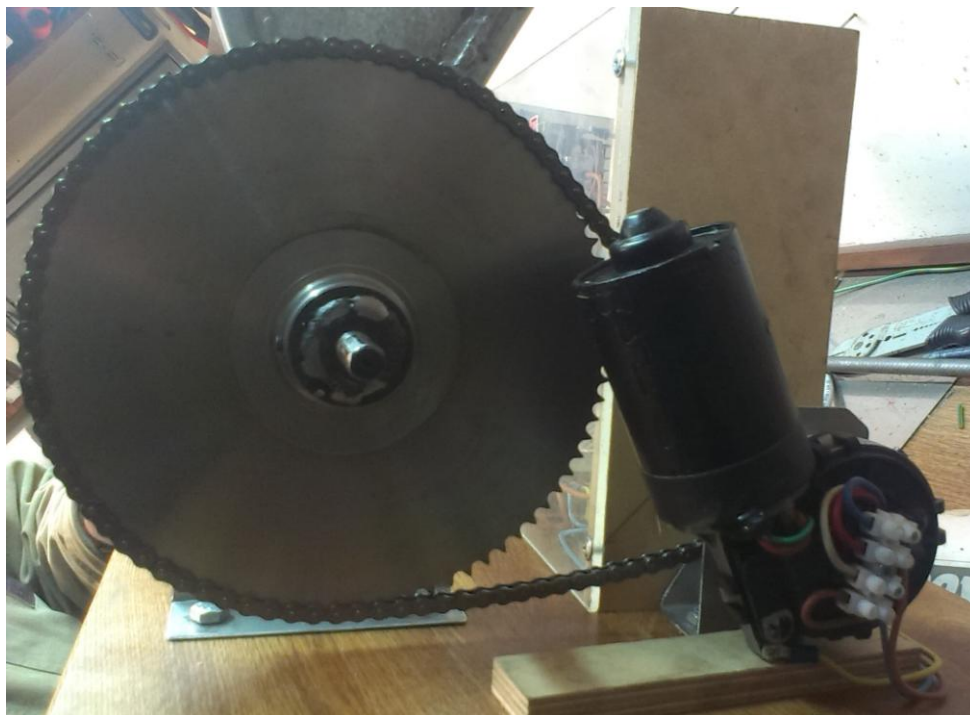
Εικόνα 71: Τρύπημα διαμέτρου 12mm στον αλυσοτροχό Z2

Στη συνέχεια έγινε τρύπα διαμέτρου 6mm στην πλήμνη του κινούμενου αλυσοτροχού Z2 και εσωτερική σπειροτόμηση, ώστε να τοποθετηθεί ακέφαλη βίδα M6, για να συγκρατεί τον αλυσοτροχό πάνω στον κοχλία μεταφορά πλαστικού υλικού(εικόνα 72).



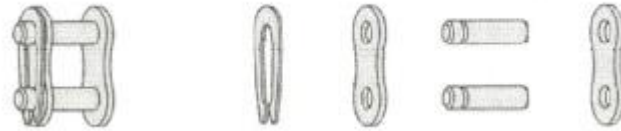
Εικόνα 72: Τρύπημα πλήμνης $\Phi 12$ και εσωτερική σπειροτόμηση M6 αλυσοτροχού Z2

Παρακάτω διακρίνονται τοποθετημένοι με τη χρήση ακέφαλης βίδας M6 ο αλυσοτροχός Z2 και η αλυσίδα μετάδοσης κίνησης (εικόνα 73).



Εικόνα 73: Η αλυσίδα κίνησης και ο αλυσοτροχός τοποθετημένα πάνω στον κοχλία μεταφοράς πλαστικού

Η ασφάλεια της αλυσίδας που χρησιμοποιήθηκε είναι τύπου φουρκέτας και φαίνεται παρακάτω(εικόνα 74).



Εικόνα 74: Ασφάλεια αλυσίδας τύπου φουρκέτας

Παρελκόμενα

Για τη στήριξη του ηλεκτρομειωτήρα στην ξύλινη βάση, χρησιμοποιήθηκε ανοξείδωτη λαμαρίνα πάχους 3mm, όπου έγιναν τρύπες 6mm για την τοποθέτηση του κινητήρα και τρύπες 8mm για τη στήριξη στη βάση με τη χρήση κοχλιών M8 (εικόνα 75).



Εικόνα 75: Βάση στήριξης ηλεκτρομειωτήρα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: Συμπεράσματα

5.1 Προβλήματα/δυσκολίες κατά τη διαδικασία κατασκευής

Αρχικά υπήρχε δυσκολία εξεύρεσης εξαρτημάτων, συγκεκριμένα για τα ηλεκτρονικά όπως ο ελεγκτής θερμοκρασίας PID και ο ρυθμιστής στροφών PWM κινητήρα συνεχούς ρεύματος DC, όπου δεν ήταν εφικτό να αγοραστούν από την ελληνική αγορά καθώς τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά που αναζητήθηκαν, ώστε να διατηρηθεί το κόστος κατασκευής χαμηλά ήταν μη διαθέσιμα, επομένως αναζητήθηκαν στο διαδίκτυο και αγοράσθηκαν από το εξωτερικό. Επιπρόσθετα, η ηλεκτρική αντίσταση που χρησιμοποιήθηκε ζητήθηκε και κατασκευάστηκε κατά παραγγελία για τις διαθέσιμες διαστάσεις για την επιθυμητή συνολική ισχύ, καθώς δεν ήταν άμεσα διαθέσιμη στην αγορά.

Άλλο βασικό πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν ότι λόγω χρήσης υδραυλικών ειδών καθώς έχουν τραχείες επιφάνειες και κυρίως είναι έκκεντρα καθώς η κατασκευή τους δεν προορίζεται για αυτό το σκοπό με αποτέλεσμα να δημιουργούν πολλές δυσκολίες κατά την προσπάθεια του κοχλία να μεταφέρει το πλαστικό εκ μέσω αυτών. Το πρόβλημα βελτιώθηκε με τη μηχανουργική κατεργασία των περισσότερων εξ αυτών (εικόνα 76), αλλά είναι αδύνατο να εξαλειφτεί, αν δεν γίνει χρήση εξαρτημάτων κοπής σε ψηφιακά ελεγχόμενη εργαλειομηχανή με ανοχή τάξεως $\pm 0,02\text{mm}$, κάτι που φυσικά θα εκτοξεύσει το κόστος κατασκευής.



Εικόνα 76: Τόρνευση υδραυλικών εξαρτημάτων

Κατά τη διάρκεια κατασκευής σημαντικό πρόβλημα παρουσιάστηκε κατά την προσπάθεια τοποθέτησης του κινητήριου αλυσοτροχού στον άξονα κίνησης του ηλεκτρομειωτήρα. Το παρόν πρόβλημα ήταν αποτέλεσμα των διαστάσεων του άξονα κίνησης, ο οποίος δεν ήταν κατασκευασμένος για χρήση αλυσοκίνησης, αλλά για χρήση σε μηχανισμό υαλοκαθαριστήρων αυτοκινήτων.

Επιπλέον κατά την υλοποίηση της κατασκευής παρουσιάστηκε δυσκολία διατήρησης της επιθυμητής διαμέτρου του νήματος στην τιμή των 1,75mm, παρουσιάζοντας εύρος τιμών από 1,2 έως 1,8mm. Το πρόβλημα οφείλεται στην επιρροή της βαρύτητας στη διατομή του νήματος κατά την έξοδο του από το ακρωφύσιο (εικόνα 77).



Εικόνα 77: Έξοδος νήματος από το ακρωφύσιο

Τέλος, μη έχοντας ένα ακριβές πρότυπο παρόμοιας κατασκευής, έγινε αγορά εξαρτημάτων, όπως αλυσοτροχοί, αλυσίδες και υδραυλικά είδη, τα όποια τελικά δεν χρησιμοποιήθηκαν καθώς κατά τη λειτουργία τα μηχανής κρίθηκαν ανεπαρκή ή δημιουργούσαν δυσλειτουργίες. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα το συνολικό κόστος κατασκευής από την ενδεδειγμένη τιμή των περίπου 250 € να αυξηθεί στην τιμή των 310 €, δηλαδή έγινε αύξηση του κόστους κατασκευής κατά 24%.

5.2 Μελλοντικές προτάσεις για βελτίωση της κατασκευής

Για την ομαλότερη λειτουργία της μηχανής και την ποιοτικότερη επιφάνεια και διάμετρο του παραγόμενου νήματος οι μελλοντικές βελτιώσεις είναι οι εξής:

- ❖ Αρχικά θα ήταν ορθότερο η συνολική διάταξη της κατασκευής να έχει κάθετο προσανατολισμό έτσι ώστε εκμεταλλευόμενη την βαρυτική έλξη να έχει ομαλότερη τροφοδοσία των pellet πλαστικού υλικού ABS.
- ❖ Για τη μείωση των προβλημάτων αυξημένης τριβής που προκύπτουν από τη χρήση υδραυλικών ειδών, θα ήταν προτιμότερο να κατασκευαστεί το κυρίως τμήμα του extruder από ενιαίο τμήμα χάλυβα, χωρίς τη χρήση φλαντζών και κοχλιών με τη χρήση ψηφιακά καθοδηγούμενης εργαλειομηχανής με όριο ανοχής $\pm 0,02\text{mm}$.
- ❖ Η χρήση ενός πλανητικού ηλεκτρομειωτήρα με μεταλλικά γρανάζια και ροπή ίση η μεγαλύτερη από το χρησιμοποιηθέν ηλεκτρομειωτήρα, θα είχε ως αποτέλεσμα την μη χρησιμοποίηση μετάδοσης με αλυσοκίνηση καθώς η έδραση θα ήταν απευθείας στον άξονα του μεταφορικού κοχλία. Αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα λιγότερα κινούμενα τμήματα αλλά το κόστος του κινητήρα θα ήταν 3 έως 10 φορές πολλαπλάσιο ανάλογα την ποιότητα και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του κινητήρα (εικόνα 78).



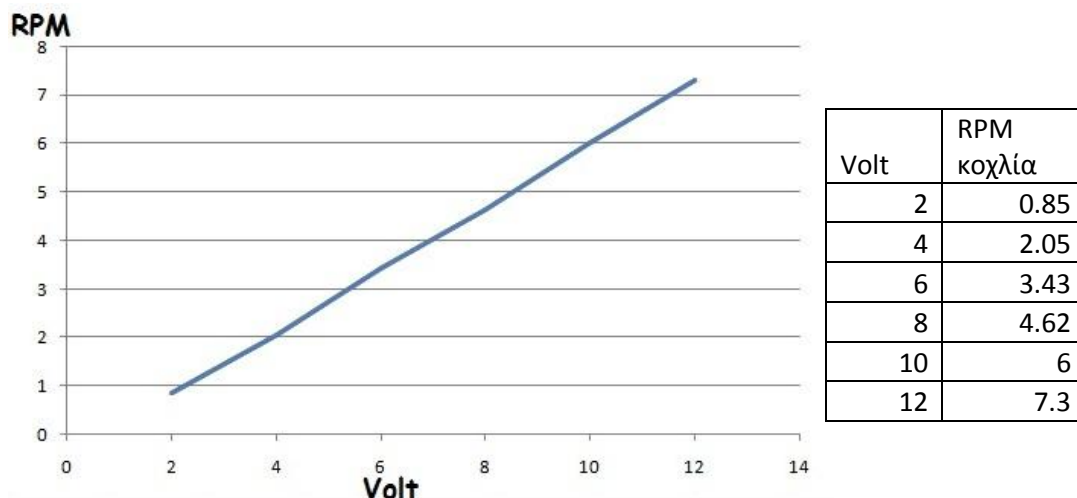
Εικόνα 78: Ενδεικτικό μοντέλο πλανητικού ηλεκτρομειωτήρα

- ❖ Επιπρόσθετα μια λειτουργική προσθήκη στην κατασκευή θα ήταν μια οθόνη απεικόνισης της τάσης λειτουργίας του ηλεκτρομειωτήρα. Έχοντας μετρήσει την ταχύτητα περιστροφής του κοχλία ρυθμίζοντας την τάση λειτουργίας από 2 έως 12 volt με την βοήθεια του PWM ελεκτή στροφών, όπως διακρίνεται στην εικόνα 79.



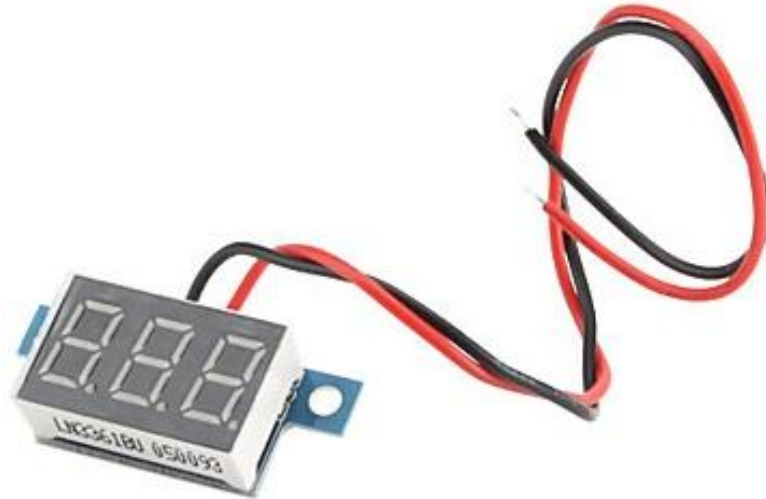
**Εικόνα 79: Μέτρηση στροφών κοχλία για τάση λειτουργίας ηλεκτροκινητήρα
2,4,6,8,10,12 Volt**

Χρησιμοποιώντας ένα ψηφιακό πολύμετρο και ένα χρονόμετρο προέκυψε η εξής βαθμονόμηση(διάγραμμα 2).



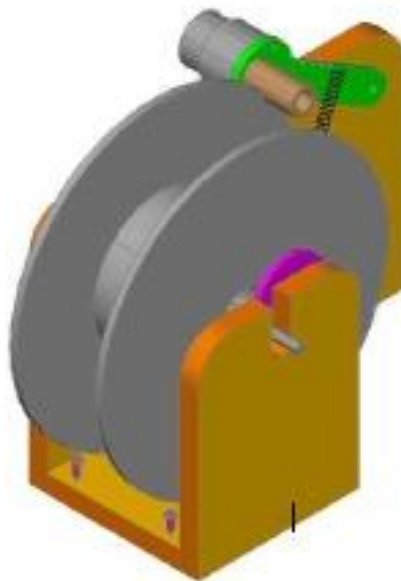
Διάγραμμα 2: Σχέση RPM κοχλία με τάση λειτουργίας ηλεκτρομειωτήρα

Επομένως γνωρίζοντας τη βαθμονόμηση με μια οθόνη ένδειξης τάσης (εικόνα 80), θα ήταν άμεσα ορατή η τάση λειτουργίας και η ταχύτητα περιστροφής του κοχλία.



Εικόνα 80: Ψηφιακός μετρητής ηλεκτρικής τάσης

- ❖ Για τη βελτίωση του μεγαλύτερου προβλήματος της κατασκευής, της μείωσης απόκλισης της διαμέτρου του παραγόμενου νήματος σε όσο το δυνατόν μικρότερη τιμή απαιτείται η κατασκευή της διάταξης που φαίνεται στην εικόνα 81.

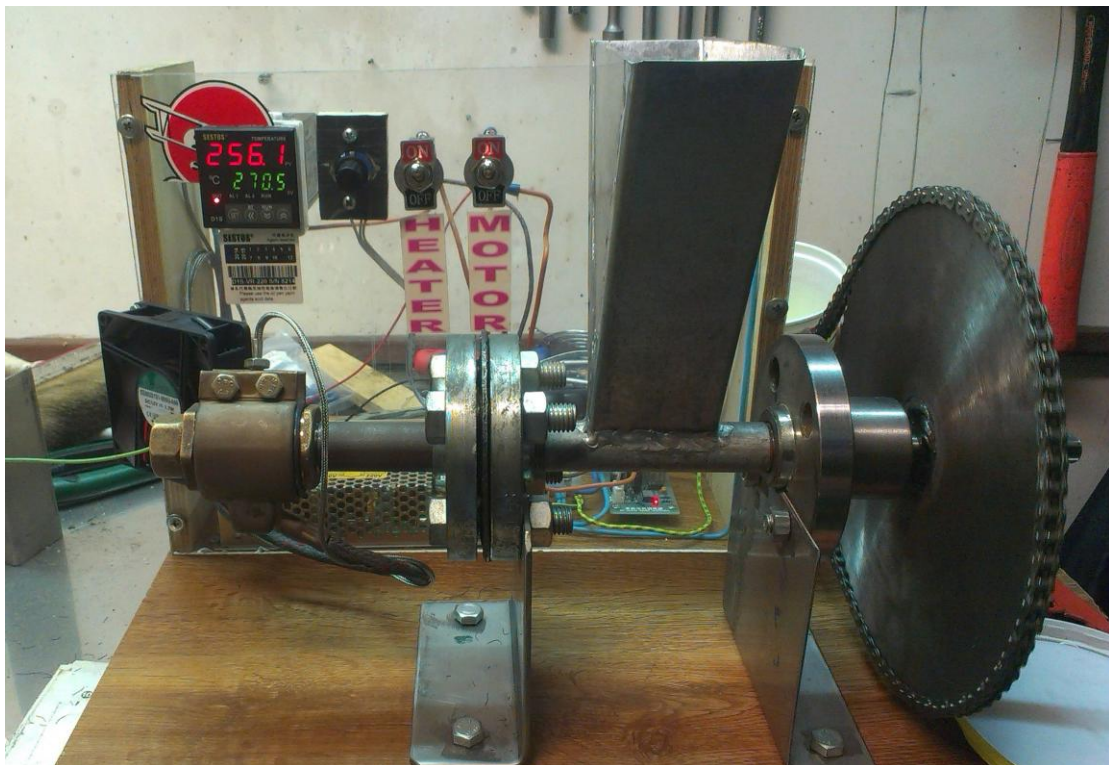


Εικόνα 81: Διάταξη κατασκευής για βελτίωση διαμέτρου παραγόμενου νήματος

Τα υλικά που απαιτούνται για τη συγκεκριμένη διάταξη είναι μια ξύλινη βάση, ένα μικρός ηλεκτρομειωτήρας που θα εδράζεται στο ράουλο συλλογής του νήματος και ένα ελεκτή στροφών PWM 12V DC, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα αυξομείωσης των επιθυμητών στροφών, για να βρεθεί η χρυσή τομή με την ταχύτητα εξόδου του νήματος από το ακρωφύσιο.

Συμπεράσματα

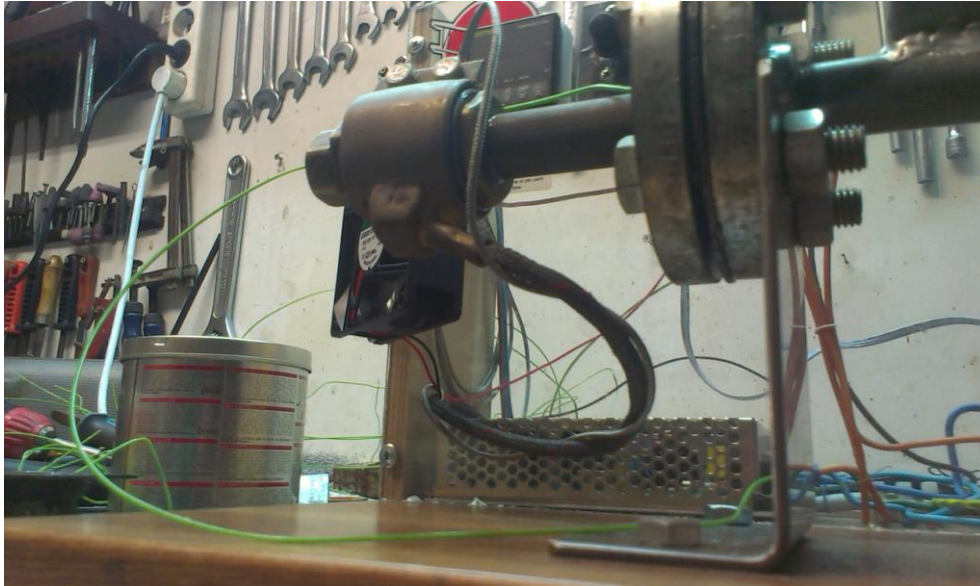
Η κατασκευή της συγκεκριμένης μηχανής (εικόνα 82) συρματοποίησης ενδείκνυται για παραγωγή νήματος για χρήση σε οικιακές και μη επαγγελματικές εφαρμογές και γενικά όπου δεν απαιτείται νήμα διαμέτρου 1,75 με απόκλιση + - 0,05mm.



Εικόνα 82: Η μηχανή συρματοποίησης ολοκληρωμένη

Η συγκεκριμένη μηχανή με κόστος κατασκευής, αν γίνει έρευνα αγοράς προϊόντων ανέρχεται περίπου στα 250 €, είναι σχεδόν αδύνατο να επιτύχει απόκλιση στη διάμετρο μικρότερη από 0,1 - 0,2mm, ώστε να παράγει νήμα αντίστοιχο των εμπορικών μηχανών.

Η ταχύτητα παραγωγής νήματος (εικόνα 83) είναι σε ικανοποιητικά επίπεδα, καθώς είναι της τάξης του 0,5 μέτρου/λεπτό, με ταχύτητα περιστροφής του κοχλία μεταφοράς στα 4RPM και θερμοκρασία στην εξωτερική πλευρά του extruder 220⁰C.



Εικόνα 83: Στιγμιότυπο κατά την παραγωγή νήματος

Επιπροσθέτως βασικό πλεονέκτημα της μηχανής είναι η δυνατότητα ανακύκλωσης του παραγόμενου νήματος καθώς και των εσφαλμένων εκτυπωμένων μοντέλων. Όπως διακρίνεται στην εικόνα 84, το νήμα που δεν είναι λειτουργικό σε ένα τρισδιάστατο εκτυπωτή μπορεί να τεμαχισθεί και να επανασυρματοποιηθεί.



Εικόνα 84: Επαναχρησιμοποίηση μη λειτουργικού νήματος

Τέλος, η ποιότητα επιφάνειας του νήματος (εικόνα 85) είναι σε ανεκτά επίπεδα για χρησιμοποίηση ως πρώτη ύλη σε μη υπερακριβείς τρισδιάστατες εκτυπώσεις.



Εικόνα 85: Χαρακτηριστική ποιότητα επιφάνειας

5.4 Οδηγίες χρήσης

1. Συνδέουμε την τροφοδοσία της μηχανής σε μια πρίζα.
2. Ελέγχουμε αν η ρυθμισμένη θερμοκρασία στον PID ελεκτή είναι 220 °C
3. Ανοίγουμε τον διακόπτη HEATER.
4. Περιμένουμε για 15-20 λεπτά ώστε να θερμανθεί η μηχανή
5. Ανοίγουμε τον διακόπτη MOTOR.
6. Ρυθμίζουμε την ταχύτητα περιστροφής στα 3,5-4 RPM

ΠΡΟΣΟΧΗ: Δεν θέτουμε σε λειτουργία τον μειωτήρα (διακόπτης MOTOR) αν δεν έχει θερμανθεί πρώτα η μηχανή.

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1: Κατασκευή κινητήρα V6 από υλικό ABS. Διακρίνεται η πολυπλοκότητα της κατασκευής.....	6
Εικόνα 2: Ο εφευρέτης των 3D εκτυπωτών Charles Hull.....	7
Εικόνα 3: Ο πρώτος 3D εκτυπωτής μαζικής παραγωγής της εταιρίας 3D systems...	8
Εικόνα 4: Όργανο μεταμόσχευσης με τμήματα του προϊόντα 3D εκτύπωσης.....	8
Εικόνα 5: Κατασκευή νεφρού σε ινσιπούτο αναγεννητικής ιατρικής.....	9
Εικόνα 6: Ο 3D εκτυπωτής που έχει την δυνατότητα να αναπαράγει το 85% των τμημάτων του.....	9
Εικόνα 7: Εκτυπωτής της εταιρίας makerbot για οικιακή χρήση.....	10
Εικόνα 8: Προσθετικό πόδι κατασκευασμένο σε 3D εκτυπωτή της εταιρίας Bespoke.....	10
Εικόνα 9: Το υπερελαφρύ όχημα πόλης της εταιρίας Korelogic.....	11
Εικόνα 10: Πωλήσεις εκτυπωτών και υπηρεσιών σε δισεκατομμύρια δολάρια.....	12
Εικόνα 11: Αναμενόμενη αξία αγοράς την προσεχή 15ετία.....	13
Εικόνα 12: Τομείς χρήσης 3D εκτύπωσης το 2012.....	13
Εικόνα 13: ABS πλαστικό σε μορφή pellet.....	14
Εικόνα 14: Πλαστικό ABS 1.75mm με την μορφή νήματος.....	15
Εικόνα 15: Χρήση κίτρινου νήματος ABS 1.75mm από 3D εκτυπωτή.....	15
Εικόνα 16: Μέση τιμή 1kg ABS σε 170 σημεία πώλησης.....	16
Εικόνα 17: Κόστος 1kg ABS πλαστικού σε μορφή pellet/νήματος.....	16
Εικόνα 18: Η μηχανή συρματοποίησης του Lyman.....	17
Εικόνα 19: Η μηχανή filastruder του Tim Elmore.....	18
Εικόνα 20: Η μηχανή συρματοποίησης filamaker.....	18
Εικόνα 21: Η μηχανή συρματοποίησης από την filabot.....	19

Εικόνα 22: Ερασιτεχνικές κατασκευές για παραγωγή νήματος.....	19
Εικόνα 23: Το μοντέλο σε υπολογιστικό πρόγραμμα CAD.....	20
Εικόνα 24: Πραγματική κατασκευή μοντέλου.....	20
Εικόνα 25: Fiberglass 4mm και κόντρα πλακέ 18mm.....	24
Εικόνα 26: Κοπή τεμαχίων για το κάθετο τμήμα της βάσης.....	25
Εικόνα 27: Κοπή Fiberglass.....	25
Εικόνα 28: Βάσεις στήριξης από PVC.....	26
Εικόνα 29: Τοποθέτηση του fiberglass.....	26
Εικόνα 30: Τοποθέτηση θερμαινόμενης ταινίας ξύλου.....	27
Εικόνα 31: Η βάση της κατασκευής ολοκληρωμένη.....	27
Εικόνα 32: Γραφικό περιβάλλον του προγράμματος σCADC.....	28
Εικόνα 33: Λογότυπο εταιρίας σCADC.....	28
Εικόνα 34: Καλώδιο τροφοδοσίας AC 220V.....	30
Εικόνα 35: Τροφοδοτικό DC 220-12V ισχύος 60watt.....	30
Εικόνα 36: Το μοτέρ υαλοκαθαριστήρων που χρησιμοποιήθηκε.....	31
Εικόνα 37: Γείωση προστασίας και κλέμα καλωδίων 4 θέσεων.....	32
Εικόνα 38: Η ηλεκτρική αντίσταση που χρησιμοποιήθηκε.....	32
Εικόνα 39: Ο ελεγκτής θερμοκρασίας τοποθετημένος.....	33
Εικόνα 40: Κύκλωμα ακροδεκτών του ελεγκτή θερμοκρασίας.....	33
Εικόνα 41: Το θερμοζεύγος τύπου K που χρησιμοποιήθηκε.....	34
Εικόνα 42: Το ηλεκτρονικό ρελέ τοποθετημένο.....	35
Εικόνα 43: Βάση και ανεμιστήρας ψύξης ηλεκτρονικού ρελέ.....	36
Εικόνα 44: Ελεγκτής στροφών DC κινητήρα PWM.....	36
Εικόνα 45: Οι ανεμιστήρες ψύξης με τις βάσεις τους.....	37
Εικόνα 46: Τοποθέτηση ανεμιστήρα για ψύξη νήματος.....	37
Εικόνα 47: Οι διακόπτες 2 θέσεων που χρησιμοποιήθηκαν τοποθετημένοι.....	38
Εικόνα 48: Κλέμα σύνδεσης καλωδίων και ακροδέκτης.....	38

Εικόνα 49: Το ηλεκτρικό κύκλωμα τοποθετημένο στην βάση στήριξης.....	39
Εικόνα 50: Το κυρίως τμήμα σε σχεδιαστικό πρόγραμμα CAD.....	39
Εικόνα 51: Το κυρίως τμήμα του extruder με αριθμημένα τα εξαρτήματα.....	40
Εικόνα 52: Τρύπημα διαμέτρου 1,80mm στην τάπα/ακρωφύσιο.....	41
Εικόνα 53: Τα εξαρτήματα του εμπρόσθιου τμήματος.....	41
Εικόνα 54: Η χαλύβδινη φλάντζα και η μόνωση 2mm από περμανίτη.....	42
Εικόνα 55: Κοπή σωληνομαστού.....	42
Εικόνα 56: Το χωνί υποδοχής του ABS.....	43
Εικόνα 57: Στιγμιότυπο κατά την διαδικασία κασσιτεροκόλλησης χωνιού/σωληνομαστού.....	43
Εικόνα 58: Το έδρανο κύλισης που χρησιμοποιήθηκε.....	44
Εικόνα 59: Ηλεκτροσυγκόλληση χαλύβδινου τμήματος στην βιδωτή φλάντζα.....	44
Εικόνα 60: Στιγμιότυπα από το άνοιγμα οπής 32mm για την τοποθέτηση του εδράνου κύλισης.....	45
Εικόνα 61: Το έδρανο κύλισης και οι ασφάλειες τοποθετημένα.....	45
Εικόνα 62: Το τρυπάνι ξύλου που χρησιμοποιήθηκε σαν κοχλίας μεταφοράς.....	46
Εικόνα 63: Τόρνευση και μικρομέτρηση κοχλίας.....	46
Εικόνα 64: Οι βάσεις στήριξης από ανοξείδωτη λαμαρίνα 4mm.....	47
Εικόνα 65: Τοποθέτηση στηριγμάτων στην ξύλινη βάση.....	47
Εικόνα 66: Σχηματική απεικόνιση βήματος αλυσίδας.....	49
Εικόνα 67: Τυποποίηση αλυσίδων κατά DIN 8187.....	50
Εικόνα 68: Ο άξονας του ηλεκτρομειωτήρα.....	51
Εικόνα 69: Διαδικασία σπειροτόμησης και τόρνευσης αλυσοτροχού Z1.....	51
Εικόνα 70: Κωνική τόρνευση, σπειροτόμηση και τοποθέτηση.....	52
Εικόνα 71: Τρύπημα διαμέτρου 12mm στον αλυσοτροχό Z2.....	52

Εικόνα 72: Τρύπημα πλήμνης Φ12 και εσωτερική σπειροτόμηση M6 αλυσοτροχού Z2.....	53
Εικόνα 73: Η αλυσίδα κίνησης και ο αλυσοτροχός τοποθετημένα πάνω στον κοχλία μεταφοράς πλαστικού.....	53
Εικόνα 74: Ασφάλεια αλυσίδας τύπου φουρκέτας.....	54
Εικόνα 75: Βάση στήριξης ηλεκτρομειωτήρα.....	54
Εικόνα 76: Τόρνευση υδραυλικών εξαρτημάτων.....	55
Εικόνα 77: Έξοδος νήματος από το ακρωφύσιο.....	56
Εικόνα 78: Ενδεικτικό μοντέλο πλανητικού ηλεκτρομειωτήρα.....	57
Εικόνα 79: Μέτρηση στροφών κοχλία για τάση λειτουργίας ηλεκτροκινητήρα 2,4,6,8,10,12 Volt.....	58
Εικόνα 86: Ψηφιακός μετρητής ηλεκτρικής τάσης.....	59
Εικόνα 87: Διάταξη κατασκευής για βελτίωση διαμέτρου παραγόμενου νήματος....	59
Εικόνα 88: Η μηχανή συρματοποίησης ολοκληρωμένη.....	60
Εικόνα 89: Στιγμιότυπο κατά την παραγωγή νήματος.....	61
Εικόνα 84: Επαναχρησιμοποίηση μη λειτουργικού νήματος.....	61
Εικόνα 85: Χαρακτηριστική ποιότητα επιφάνειας.....	62

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Στοιχεία Μηχανών I Ροβέρτος Γραικούσης
- 2) Στοιχεία Μηχανών II Ροβέρτος Γραικούσης
- 3) Στοιχεία Μηχανών I I I Ροβέρτος Γραικούσης
- 4) Practical 3D Printers: The Science of 3D Printing by Brian Evans
- 5) 3D Printing: The Next Industrial Revolution by Christopher Barnatt
- 6) Printing in Plastic: Build Your Own 3D Printer by Patrick Hood-Daniel
- 7) <http://www.thingiverse.com/>
- 8) www.youtube.com
- 9) <http://www.engineering.com/>
- 10) <http://www.wakehealth.edu/>
- 11) <http://www.wikipedia.org/>
- 12) <http://www.3ders.org/>
- 13) <http://www.makerbot.com/>
- 14) <http://forums.reprap.org/>
- 15) <http://www.hlektronika.gr/>
- 16) <http://www.soliforum.com/>
- 17) http://reprap.org/wiki/Main_Page
- 18) <http://3dprintingindustry.com/>