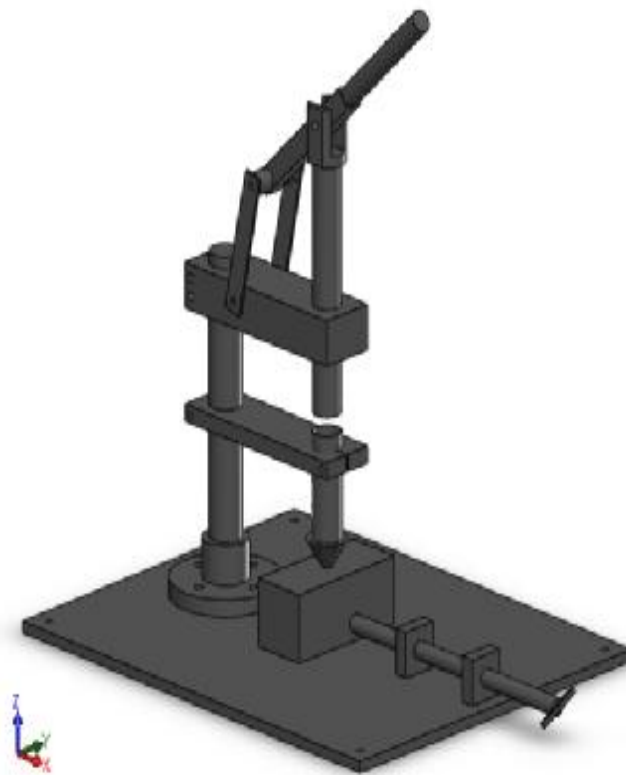


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

# ΜΗΧΑΝΗ ΕΓΧΥΣΗΣ ΠΛΑΣΤΙΚΟΥ ΣΕ ΜΟΡΦΟΠΟΙΗΜΕΝΟ ΚΑΛΟΥΠΙ



ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΖΟΥΜΑΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: Δρ. ΤΣΙΡΚΑΣ ΣΩΤΗΡΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2015

# ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερώς τον καθηγητή Δρ. Τσίρκα Σωτήρη κυρίως για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, και την υπομονή που έκανε κατά τη διάρκεια υλοποίησης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίλυση διάφορων θεμάτων.

Θα ήθελα επίσης να απευθύνω τις ευχαριστίες μου στους γονείς μου, οι οποίοι στήριξαν τις σπουδές μου με διάφορους τρόπους, φροντίζοντας για την καλύτερη δυνατή μόρφωση μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά και να εκφράσω την ειλικρινή μου ευγνωμοσύνη, σε όσους στάθηκαν δίπλα μου με κάθε τρόπο και με βοήθησαν στην ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας.

**Υπεύθυνη Δήλωση Σπουδαστή:** Ο κάτωθι υπογεγραμμένος σπουδαστής έχω επίγνωση των συνεπειών του Νόμου περί λογοκλοπής και δηλώνω υπεύθυνα ότι είμαι συγγραφέας αυτής της Πτυχιακής Εργασίας, έχω δε αναφέρει στην Βιβλιογραφία μου όλες τις πηγές τις οποίες χρησιμοποίησα και έλαβα ιδέες ή δεδομένα. Δηλώνω επίσης ότι, οποιοδήποτε στοιχείο ή κείμενο το οποίο έχω ενσωματώσει στην εργασία μου προερχόμενο από Βιβλία ή άλλες εργασίες ή το διαδίκτυο, γραμμένο ακριβώς ή παραφρασμένο, το έχω πλήρως αναγνωρίσει ως πνευματικό έργο άλλου συγγραφέα και έχω αναφέρει ανελλιπώς το όνομά του και την πηγή προέλευσης.

Ο σπουδαστής  
(Ονοματεπώνυμο)

.....  
(Υπογραφή)

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ανάγκη για την κατασκευή προϊόντων με μικρό βάρος καθώς και η δυνατότητα περαιτέρω βελτίωσης της παραγωγικότητας και της σταθερότητας που απαιτείται για την ελαχιστοποίηση των ελαττωμάτων, μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και του κόστους παραγωγής οδήγησε στην κατασκευή μηχανών έγχυσης πολυμερικών υλικών.

Με την πάροδο του χρόνου και την εξέλιξη της τεχνολογίας γίνεται συνδυασμός των παραδοσιακών μεθόδων έγχυσης με τις νέες τεχνολογίες (*injection molding*). Ωστόσο, οι νέες τεχνολογίες έγχυσης καθώς και τα επιμέρους τμήματα τους παρουσιάζονται από τρισδιάστατους σχεδιασμούς βάση υπολογιστικών προγραμμάτων όπως είναι το SolidWorks. Επιπλέον, οι απαραίτητες κατεργασίες πραγματοποιούνται από συνδυαστικά προγράμματα όπως είναι το SolidWorks/SolidCAM.

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα πραγματοποιηθεί σχεδιασμός και κατασκευή μιας μηχανής έγχυσης πολυμερικού υλικού σε μορφοποιημένο καλούπι δίνοντας την δυνατότητα στους Μηχανολόγους Μηχανικούς Τ.Ε. να ασχοληθούν με τις δυνατότητες που έχουν οι νέες τεχνολογίες και τα πολυμερικά υλικά.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με τίτλο «Μηχανή έγχυσης πλαστικού σε μορφοποιημένο καλούπι» θα πραγματοποιηθεί με σκοπό την υλοποίηση της κατασκευής της. Επιπλέον, θα αποτελείται από την μελέτη και τον αναλυτικό σχεδιασμό της για την πλήρη κατανόηση της διαδικασίας.

Στο 1<sup>ο</sup> Κεφάλαιο θα δοθεί ο ορισμός της χύτευσης καθώς επίσης και τα βασικά εξαρτήματα της. Επιπλέον, θα γίνει αναλυτική περιγραφή των μεθόδων χύτευσης και ο διαχωρισμός τους σύμφωνα με τις κατηγορίες τους. Στην συνέχεια θα αναλυθούν τα προβλήματα που μπορούν να δημιουργηθούν σε τέτοιες διαδικασίες.

Στο 2<sup>ο</sup> Κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση του υπολογιστικού προγράμματος SolidWorks. Αρχικά, θα αναφερθούν κάποια γενικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να γνωρίζουν οι χρήστες και στη συνέχεια θα πραγματοποιηθεί αναλυτικός σχεδιασμός την μηχανής έγχυσης διαχωρισμένη σε επιμέρους τμήματα.

Στο 3<sup>ο</sup> Κεφάλαιο θα γίνει ανάλυση του υπολογιστικού προγράμματος SolidCAM. Και σε αυτή την περίπτωση θα αναφερθούν κάποια γενικά χαρακτηριστικά που θα πρέπει να γνωρίζουν οι χρήστες καθώς και το πώς λειτουργεί ο συνδυασμός των δυο αυτών υπολογιστικών προγραμμάτων. Θα ακολουθήσει ο κώδικας που θα χρησιμοποιηθεί για την κατεργασία του καλουπιού.

Στο 4<sup>ο</sup> Κεφάλαιο θα πραγματοποιηθεί η κατασκευή της μηχανής έγχυσης. Η διαδικασία της κατασκευής απεικονίζεται μέσα από φωτογραφίες προσπαθώντας να καλύψουν όλα τα στάδια της κατασκευής.

Στο 5<sup>ο</sup> Κεφάλαιο θα πραγματοποιηθούν οι απαραίτητοι υπολογισμοί για τις θερμικές απαιτήσεις που χρειάζεται η μηχανή κατά την χύτευση. Οι υπολογισμοί θα γίνουν για τα υλικά που θα χρησιμοποιηθούν.

Στο 6<sup>ο</sup> Κεφάλαιο γίνεται η οικονομοτεχνική μελέτη για την κατασκευή της μηχανής έγχυσης. Θα επιλεγθεί η οικονομικότερη λύση μετά από έρευνα αγοράς. Τέλος, θα αναλυθούν τα συμπεράσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΕΣ

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΓΕΝΙΚΑ

2

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ ΧΥΤΕΥΣΗΣ 2

1.2 ΒΑΣΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΧΥΤΕΥΣΗΣ 2

1.3 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΧΥΤΕΥΣΗΣ 3

1.3.1 Μέθοδοι χύτευσης σε καλούπια μίας χρήσης 4

1.3.1.1 Χύτευση σε άμμο 4

1.3.1.2 Χύτευση σε γύψο 5

1.3.1.3 Χύτευση σε κεραμικό καλούπι 6

1.3.1.4 Χύτευση με εξαμιζόμενο μοντέλο 7

1.3.1.5 Χύτευση κελύφους 7

1.3.1.6 Χύτευση με την τεχνική του χαμένου κεριού 8

1.3.2 Μέθοδοι χύτευσης σε καλούπια πολλαπλών χρήσεων 10

1.3.2.1 Χύτευση με βαρύτητα 10

1.3.2.2 Χύτευση υπό πίεση 10

1.3.2.3 Φυγοκεντρική χύτευση 11

1.3.2.4 Χύτευση σφυρηλάτησης 12

1.3.2.5 Συνεχής Χύτευση 12

1.3.2.6 Χύτευση σε μόνιμο καλούπι 14

1.3.2.7 Χύτευση σε μήτρα 15

1.3.2.8 Χύτευση με έγχυση (injection molding) 17

1.3.2.9 Μηχανή έγχυσης παρούσας πτυχιακής εργασίας 18

1.4 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΥΤΕΥΣΗ 19

1.5 ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΧΥΤΕΥΣΗΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### SOLIDWORKS

20

2.1 ΓΕΝΙΚΑ 20

2.2 ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΗΣ ΈΓΧΥΣΗΣ 26

2.2.1 Σχεδίαση μηχανής έγχυσης 26

2.2.1.1 Κάτω βάση 26

2.2.1.2 Βάση 1 29

2.2.1.3 Ράβδος κεντρικού κορμού 30

2.2.1.4 Άνω Βάση 31

2.2.1.5 Αγωγός τοποθέτησης υλικού 33

2.2.1.6	Μύτη έγχυσης	34
2.2.1.7	Χειρολαβή	35
2.2.1.8	Έλασμα 1	36
2.2.1.9	Έλασμα 2	37
2.2.1.10	Πείρος 1 και 2	39
2.2.1.11	Αποστάτης	39
2.2.1.12	Έμβολο πίεσης	40
2.2.1.13	Ενδιάμεση βάση	40
2.2.1.14	Βάση κοχλία σύσφιξης	42
2.2.1.15	Κοχλίας σύσφιξης	43
2.2.1.16	Καλούπι	43
2.2.2	Assembly μηχανής έγχυσης	45
2.2.3	Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός	49
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</b>	<b>SOLIDCAM</b>	<b>51</b>
3.1	ΓΕΝΙΚΑ	51
3.2	SOLIDCAM	51
3.2.1	Κατεργασία καλουπιού μηχανής έγχυσης	52
3.2.1.1	Κατεργασία καλουπιού: Τμήμα 1	52
3.2.1.2	Κατεργασία καλουπιού: Τμήμα 2	58
3.2.2	Κώδικες G και M	60
3.2.2.1	Δομή προτάσεων προγράμματος	60
3.2.2.2	Εντολές κίνησης (G) και λειτουργίας (M)	61
3.2.3	Κώδικας κατεργασίας καλουπιού	62
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</b>	<b>ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΓΧΥΣΗΣ</b>	<b>63</b>
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</b>	<b>ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ</b>	<b>77</b>
5.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	77
5.1.1	Πολυμερή υλικά	77
5.2	ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ	78
5.2.1	Βασικές σχέσεις υπολογισμών	78
5.2.2	Αποτελέσματα θερμικής ενέργειας	79
5.3	Διαδικασία λειτουργίας μηχανής έγχυσης	81
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</b>	<b>ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ</b>	<b>84</b>
6.1	ΚΟΣΤΟΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΓΧΥΣΗΣ	84
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</b>	<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	<b>85</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>		<b>86</b>

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η κατασκευή μιας μηχανής έγχυσης πλαστικού σε μορφοποιημένο καλούπι. Πραγματοποιείται αναλυτικός σχεδιασμός των τμημάτων της μηχανής έγχυσης στο υπολογιστικό πρόγραμμα SolidWorks ενώ οι απαραίτητες κατεργασίες υλοποιούνται με το υπολογιστικό πρόγραμμα SolidCAM.

## ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΧΥΤΕΥΣΗΣ

Η χύτευση εμφανίστηκε για πρώτη φορά περίπου το 3.500 π.Χ. στη Μεσοποταμία από τους Αιγύπτιους με σκοπό την κατασκευή και την παράγωγή χάλκινων εξαρτημάτων, κυρίως επίπεδων επιφανειών. Τα καλούπια ήταν κυρίως κατασκευασμένα είτε από πέτρα είτε από ψημένο πηλό. Με το πέρασμα των χρόνων η χύτευση εξελίχθηκε περισσότερο. Περίπου το 2.000 π.Χ. χρησιμοποιούνται για πρώτη φορά πυρήνες από ψημένο πηλό, δηλαδή κάτι παρόμοιο με τις σημερινές «καρδίες», με σκοπό την δημιουργία κοιλοτήτων στο εσωτερικό των χυτών.

Οι Κινέζοι το 1.500 π.Χ. ασχολούνται με την τεχνολογία χύτευσης και υιοθετούν την τότε τεχνολογία προσπαθώντας να την βελτιώσουν, αρχικά δίνουν βαρύτητα στην διαμόρφωση του καλουπιού. Οι μελέτες των αρχαιολόγων οδήγησαν σε καλούπια κατασκευασμένα με ξεχωριστή τέχνη. Οι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν διαιρετά καλούπια με πολλά εξαρτήματα που προσδένονταν μεταξύ τους. Ωστόσο, οι Ινδοί παρουσιάζουν και αυτοί με την σειρά τους μία ιδιαίτερη τέχνη στη χύτευση με χαλκό και μπρούντζο, χρησιμοποιούσαν την χύτευση για την κατασκευή όπλων, εργαλείων, και διαφόρων σκευών.

Μετά από 500 χρόνια περίπου η χύτευση εμφανίστηκε και στην Συρία και στην Περσία. Αν και η τεχνολογία της χύτευσης για την μορφοποίηση μεταλλικών αντικειμένων ήταν διαδεδομένη ευρέως, η Δύση κάνει χρήση της τεχνολογία στις αρχές του 13<sup>ου</sup> αιώνα με σκοπό την παραγωγή καμπαρών και γύρω στο 1313 χυτεύεται το πρώτο κανόνι. Ο Ιταλός μεταλλουργός Vannoccio Biringuccio έγινε επικεφαλής του παπικού χυτηρίου στη Ρώμη το 1538 και κατέγραψε λεπτομερώς την τεχνική της χύτευσης. Επίσης, αναγορεύεται ως πατέρας της βιομηχανίας χυτηρίων (De la pirotechnia). το 1642 κατασκευάστηκε και λειτούργησε το πρώτο χυτήριο στην Αμερική.

Στις μέρες μας η τεχνολογία της χύτευσης είναι μία από τις σημαντικότερες κατεργασίες μορφοποίησης προϊόντων. Υπάρχουν ειδικές μονάδες για την παραγωγή χυτών αντικειμένων, που ονομάζονται χυτήρια και που παράγουν προϊόντα από διάφορα υλικά όπως μέταλλο και πλαστικό, σχεδόν στην τελική τους μορφή, η οποία είναι πολύπλοκη και σε διάφορες διαστάσεις. Αρχίζουν από λίγα χιλιοστά και βάρος μερικά κλάσματα του γραμμαρίου, όπως είναι τα δοντάκια των φερμουάρ, και καταλήγουν σε μεγέθη που πλησιάζουν τα 10 m και βάρη μερικών τόνων, όπως είναι οι προπέλες των υπερωκεανίων. Με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι χύτευσης (Ατσαλάκης Α., 2010 ; Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).

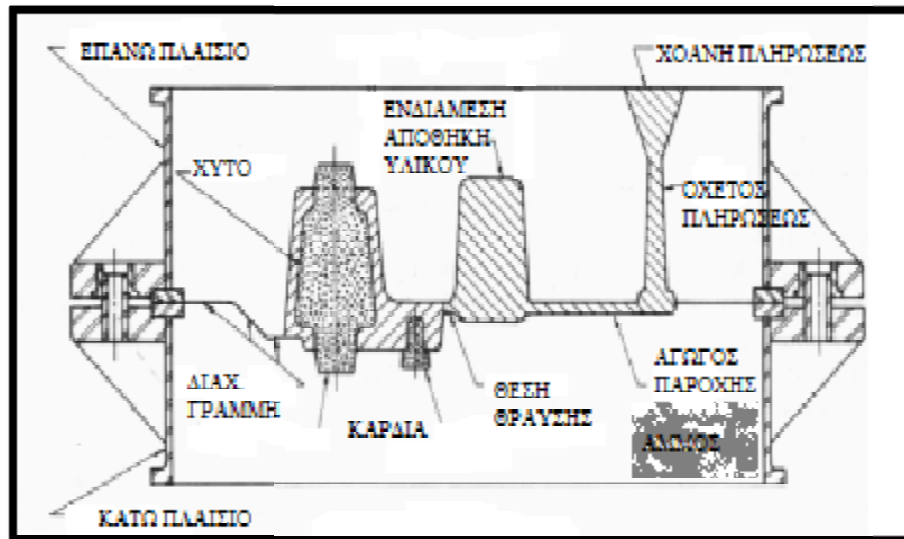
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΓΕΝΙΚΑ

## 1.1. ΟΡΙΣΜΟΣ ΧΥΤΕΥΣΗΣ

Η χύτευση αποτελεί κατεργασία διατήρησης της μάζας, κατά την οποία το υλικό, που βρίσκεται σε κατάσταση τήξης, διοχετεύεται μέσω αγωγών σε κατάλληλα προετοιμασμένη - διαμορφωμένη κοιλότητα υποδοχής, το οποίο ονομάζεται καλούπι και στην συνέχεια στερεοποιείται με την πήξη αυτού (Ατσαλάκης Α., 2010).

## 1.2. ΒΑΣΙΚΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΧΥΤΕΥΣΗΣ

Στα περισσότερα είδη χύτευσης τα βασικά εξαρτήματα είναι πανομοιότυπα. Για την κατανόηση και την απεικόνιση των εξαρτημάτων έχει χρησιμοποιηθεί ένα τυπικό καλούπι για χύτευση σε υγρή άμμο (Σχήμα 1.1).



**Σχήμα 1.1:** Καλούπι για χύτευση σε άμμο σε τομή (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).

Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες της χύτευσης είναι τα καλούπια, συνήθως είναι διαιρετά και αποτελούνται από δυο μέρη. Ωστόσο, υπάρχουν και χυτεύσεις οι οποίες χρησιμοποιούν ολόσωμο καλούπι και είναι κυρίως μοντέλα από κερι ή θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη. Επιπλέον, υπάρχουν διάφορες άλλες χυτεύσεις που κάνουν χρήση μήτρας ή επαναχρησιμοποίηση των καλουπιών. Σε αυτές τις χυτεύσεις χρησιμοποιούνται καλούπια ή μήτρες με περισσότερα από δύο μέρη προκειμένου να χυτευθούν πολύπλοκα αντικείμενα.

Για να δοθεί στην κοιλότητα του καλουπιού το κατάλληλο σχήμα, ώστε να χυτευθεί το υλικό και να παραχθεί το χυτό, χρησιμοποιούνται τα μοντέλα. Τα μοντέλα είναι πιστά αντίγραφα του προϊόντος που πρόκειται να παραχθεί. Συνήθως κατασκευάζονται από ξύλο (λόγω του χαμηλού του κόστους), μέταλλο, γύψο ή συνθετικές ρητίνες. Τα μεταλλικά μοντέλα έχουν μεγάλο κόστος παραγωγής και κατασκευάζονται από αλουμίνιο, μπρούντζο, χυτοσίδηρο.



Κατά την χύτευση δημιουργούνται διάφορα προβλήματα τα οποία πρέπει να μελετηθούν με σκοπό να δοθεί το «τέλειο» προϊόν. Ένα από τα βασικότερα προβλήματα είναι η συστολή που συμβαίνει στο υλικό μετά την απόψυξη. Για την κατασκευή του μοντέλου θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η συστολή εκτείνεται προς όλες τις κατευθύνσεις, εξαρτώμενη άμεσα από το υλικό και τον όγκο του χυτού. Για την δημιουργία του τελικού προϊόντος με τις προβλεπόμενες από το μηχανολογικό σχέδιο διαστάσεις θα πρέπει τα χυτά να κατασκευάζονται λίγο μεγαλύτερα από αυτό που θέλουμε να παράγουμε.

Στις περισσότερες διαδικασίες χύτευσης χρησιμοποιούνται πυρήνες ή καρδιές οι οποίες είναι φτιαγμένες από άμμο ή μέταλλο, μέσα στην κοιλότητα του καλούπιού, για να δημιουργήσουν εσωτερικές διαμορφώσεις στο χυτό. Κάθε καλούπι διαθέτει ένα σύστημα καναλιών για να κατανεμηθεί το τιγμένο μέταλλο και κατακόρυφους αγωγούς για την τροφοδοσία. Ιδιαίτερα για τα κομμάτια που έχουν μεγάλο όγκο, χρησιμοποιούνται στα καλούπια ενδιάμεσες αποθήκες υλικού.

Ο ρόλος των αποθηκών αυτών είναι πολύ σημαντικός, γιατί στις περιπτώσεις μεγάλων κομματιών δημιουργούνται κενά στο χυτό από τη στερεοποίηση των εξωτερικών επιφανειών πριν από το εσωτερικό του χυτού. Με τη χρήση τους, τα σφάλματα στερεοποίησης δημιουργούνται σε αυτές και το χυτό παραμένει χωρίς κενά. Σημαντικό ρόλο παίζουν οι ενδιάμεσες αποθήκες μια και μαζεύονται σε αυτές οι τυχόν ακαθαρσίες με αποτέλεσμα το χυτό παραμένει καθαρό (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).

### 1.3. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΧΥΤΕΥΣΗΣ

Δύο είναι οι βασικές κατηγορίες χύτευσης, ήτοι:

#### Ø *Χύτευση σε καλούπια μίας χρήσης:*

- Û Χύτευση σε άμμο
- Û Χύτευση σε γύψο
- Û Χύτευση σε κεραμικό καλούπι
- Û Χύτευση με εξαμιζόμενο μοντέλο
- Û Χύτευση κελύφους
- Û Χύτευση με την τεχνική του χαμένου κεριού

Τα καλούπια σε αυτού του τύπου τη χύτευση καταστρέφονται προκειμένου να αποκαλυφθεί το χυτό.

#### Ø *Χύτευση σε καλούπια πολλαπλών χρήσεων:*

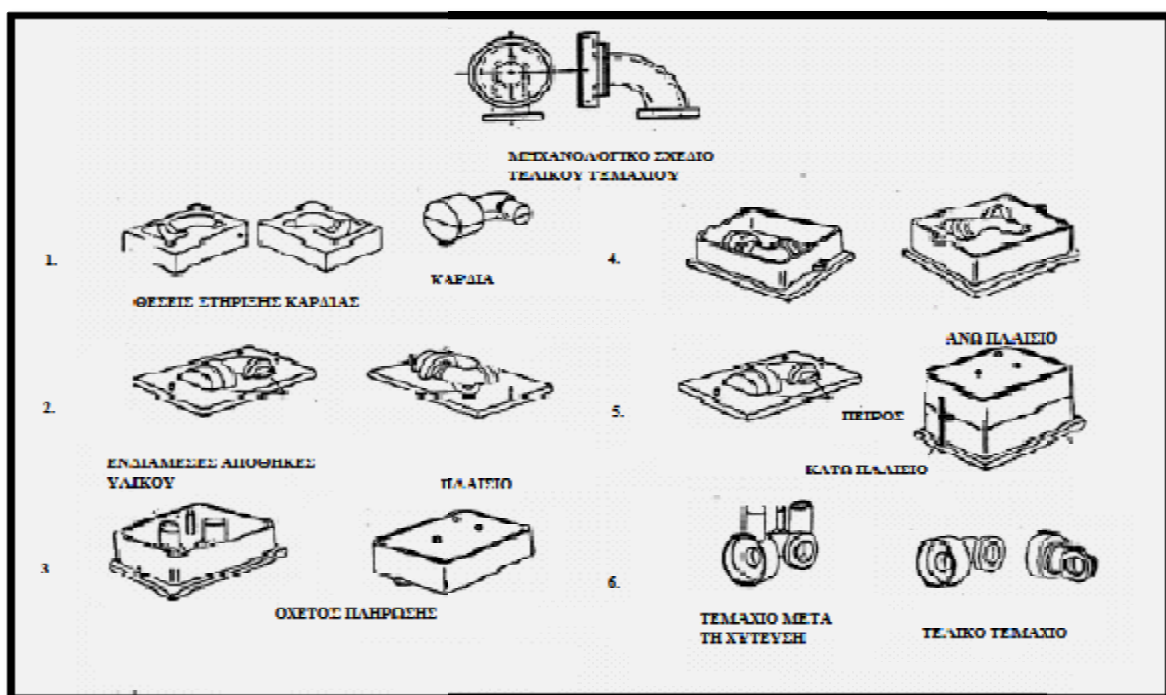
- Û Χύτευση με βαρύτητα
- Û Χύτευση υπό πίεση
- Û Φυγοκεντρική χύτευση
- Û Χύτευση σε μόνιμο καλούπι
- Û Χύτευση σε μήτρα
- Û Χύτευση σφυρηλάτησης
- Û Συνεχής Χύτευση
- Û Χύτευση με έγχυση (injection molding)

Τα καλούπια σε αυτού του τύπου τη χύτευση χρησιμοποιούνται για πολλές συνεχόμενες χυτεύσεις (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).

### 1.3.1. Μέθοδοι χύτευσης σε καλούπια μίας χρήσης

#### 1.3.1.1. Χύτευση σε άμμο

Η χύτευση σε άμμο θεωρείται μια από της παραδοσιακές μεθόδους χύτευσης. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ακόμα και σήμερα για την παράγωγη χυτών αντικειμένων. Για την δημιουργία του καλουπιού χρησιμοποιείται η άμμος ( $\text{SiO}_2$ ) η οποία αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες. Επιπλέον, για την βελτίωση των ιδιοτήτων της αναμειγνύεται με διάφορα συστατικά, όπως για παράδειγμα την άργιλο που χρησιμοποιείται ως συνδετικό υλικό και το νερό. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η χύτευση με άμμο έχει σαν πλεονέκτημα το μικρό κόστος που την κάνει αρκετά ανταγωνιστική. Για την κατανόηση των όσων προαναφέρθηκαν αποδίδεται το τυπικό Σχήμα 1.2. (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).



Σχήμα 1.2 : Χύτευση σε άμμο (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).

Η διαδικασία χύτευσης με άμμο αποτελείται από έξι βήματα, τα οποία είναι τα εξής:

- Ø **Βήμα 1:** Αρχικά δημιουργείται το μοντέλο, το οποίο είναι αντίγραφο του τεμαχίου που πρόκειται να χυτευθεί και φτιάχνεται κυρίως από ξύλο ή μέταλλο, ανάλογα με τον αριθμό των χυτεύσεων που θα γίνουν και το μέγεθος του χυτού. Στην περίπτωση που το αντικείμενο που πρόκειται να χυτευθεί έχει εσωτερική κοιλότητα, χρησιμοποιείται η καρδιά, δηλαδή ένας πυρήνας που θα παραμείνει κατά τη διάρκεια της χύτευσης μέσα στο καλούπι και θα εξασφαλίσει τη διαμόρφωση της κοιλότητας.
- Ø **Βήμα 2:** Οι καρδιές μπορούν να είναι κι αυτές από άμμο και φτιάχνονται σε ειδικά πλαίσια με σκοπό να έχουν το απαραίτητο σχήμα για κάθε περίπτωση. Η κατασκευή των καρδιών απαιτεί και αυτή ιδιαίτερη προσοχή ως προς τις διαστάσεις και τη μορφή και περιλαμβάνει, εκτός από την καρδιά, και τα σημεία στήριξής της στο καλούπι.

- Ø **Βήμα 3:** Οι ενδιάμεσες αποθήκες υλικού εκτός από την αποφυγή δημιουργίας κενών στο χυτό παίζουν εδώ και το ρόλο των εξαεριστικών, για να απάγονται τα αέρια που δημιουργούνται κατά τη χύτευση. Αφού συμπληρωθεί με άμμο στην συνέχεια αφαιρούνται με προσοχή το μοντέλο από τη βάση, οι αποθήκες και ο σχετός πλήρωσης.
- Ø **Βήμα 4:** Με παρόμοιο τρόπο του βήματος 3 διαμορφώνεται το κάτω πλαίσιο με το άλλο μισό μοντέλο.
- Ø **Βήμα 5:** Τοποθετείται η καρδιά στο κάτω πλαίσιο και συναρμολογείται το καλούπι με το πάνω πλαίσιο.
- Ø **Βήμα 6:** Μετά τη χύτευση, την απόψυξη και τον καθαρισμό, παράγεται το τελικό τεμάχιο πριν και μετά την αφαίρεση των δύο ενδιάμεσων αποθηκών και του σχετού πλήρωσης.

Όλα τα στάδια που προαναφέρθηκαν απαιτούν λεπτούς χειρισμούς και επιδεξιότητα από τον τεχνίτη που πραγματοποιεί τη χύτευση. Ειδικά η κατασκευή του μοντέλου απαιτεί μεγάλη επιδεξιότητα μια και πρέπει να έχει προβλεφθεί να απομακρύνεται εύκολα, χωρίς να καταστρέφει το αποτύπωμα στην άμμο, καθώς και η συστολή που θα υποστεί το τεμάχιο μετά την απόψυξή του. Αντίστοιχη επιδεξιότητα απαιτείται και στην κατασκευή των πυρήνων (καρδιών).

Η άμμος που χρησιμοποιείται στη χύτευση χαρακτηρίζεται από το μέγεθος των κόκκων της. Αποτέλεσμα αυτού για τα μεγάλα τεμάχια να χρησιμοποιείται χονδρόκοκκη άμμος, ενώ για χύτευση μικρών τεμαχίων χρησιμοποιείται λεπτόκοκκη άμμος. Επίσης, η άμμος μπορεί να είναι υγρή (πράσινη) για τη χύτευση μικρών αντικειμένων, ενώ για τη χύτευση μεγαλύτερων χρησιμοποιείται άμμος αποξηραμένη σε φούρνους. Για τη δημιουργία των καλουπιών με άμμο, χυτών ιδιαίτερα μεγάλων διαστάσεων, χρησιμοποιείται ειδική μηχανή τροφοδοσίας της άμμου (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).

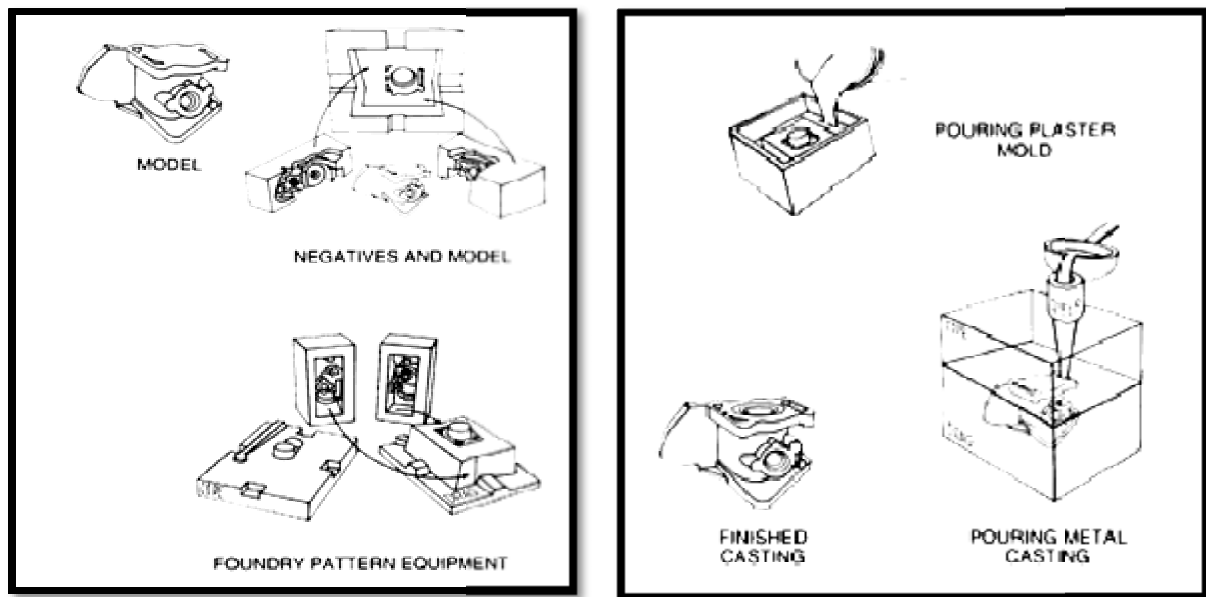
### **1.3.1.2. Χύτευση σε γύψο**

Σε αυτή τη μέθοδο χύτευσης, το καλούπι είναι φτιαγμένο από γύψο με πρόσθετα υλικά όπως:

- Ίνες αμιάντου
- Ορυκτά μαγνησίου
- Ορυκτά πυριτίου.

Τα υλικά αυτά αναμειγνύονται με νερό και το διάλυμα χύνεται και περιβάλλει το μοντέλο. Όταν το διάλυμα στερεοποιηθεί, απομακρύνεται το μοντέλο και το καλούπι, αφού ξηραίνεται σε θερμοκρασία 200°C περίπου, είναι έτοιμο για τη χύτευση. Επειδή το καλούπι από γύψο αντέχει μέχρι τη θερμοκρασία των 1200°C, η μέθοδος χύτευσης με γύψο χρησιμοποιείται μόνο για χύτευση:

- Αλουμινίου
- Μαγνησίου
- Ψευδαργύρου κραμάτων του χαλκού.



**Σχήμα 1.3:** Χύτευση σε γύψο, ο σχεδιασμός των τεμαχίων έχει πραγματοποιηθεί στο CAM. [2]

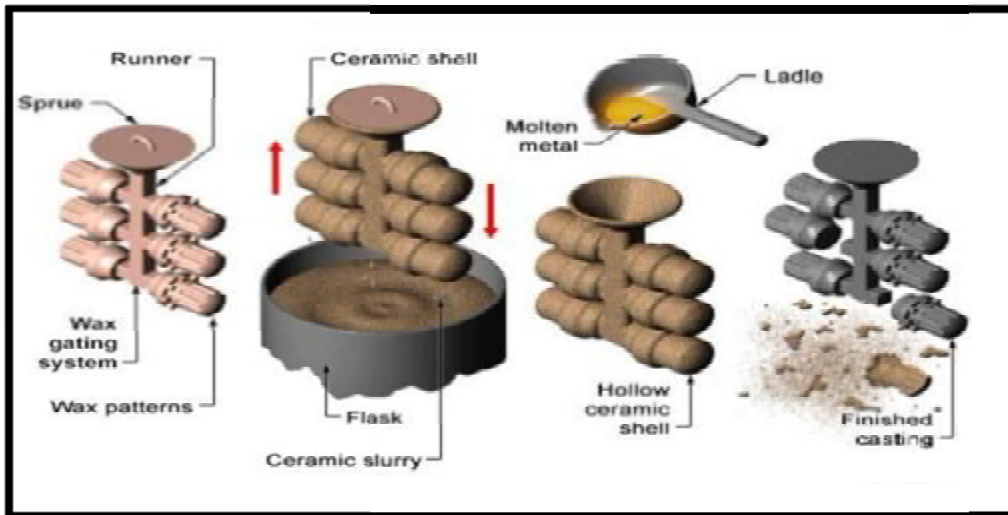
Η χύτευση με γύψο δίνει πολύ καλή επιφάνεια του χυτού και λόγω της μικρής συρρίκνωσης του καλουπιού δίνει πολύ μεγάλη ακρίβεια στις διαστάσεις. Έτσι η μέθοδος αυτή και η μέθοδος χύτευσης με την τεχνική του χαμένου κεριού και της χύτευσης σε κεραμικό καλούπι (που περιγράφονται παρακάτω) είναι γνωστές ως μέθοδοι χύτευσης ακριβείας (Σταθάκης. Χ., 2012)

### 1.3.1.3. Χύτευση σε κεραμικό καλούπι

Η χύτευση σε κεραμικό καλούπι δε διαφέρει πολύ από τη χύτευση σε γύψο. Η ουσιαστική διαφορά βρίσκεται στα υλικά που χρησιμοποιούνται για το καλούπι. Το αντίστοιχο διάλυμα, που χύνεται γύρω από το μοντέλο για να δημιουργηθεί το καλούπι, είναι από ανθεκτικά υλικά στις υψηλές θερμοκρασίες. Τα υλικά που θεωρούνται ανθεκτικά είναι τα εξής:

- Οξείδιο του Αλουμινίου ( $Al_2O_3$ )
- Οξείδιο του πυριτίου ( $SiO_2$ )
- Ορυκτό ζίρκον ( $ZrSiO_4$ ).

Τα υλικά αυτά δίνουν τη δυνατότητα χύτευσης μετάλλων και κραμάτων με υψηλό σημείο τήξης, όπως είναι τα σιδηρούχα κράματα. Η μέθοδος αυτή έχει σχετικά μεγάλο κόστος, αλλά δίνει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα στην ποιότητα της επιφάνειας του χυτού και στην ακρίβεια των διαστάσεών του.



**Σχήμα 1.4:** Χύτευση σε κεραμικό καλούπι.

[3]

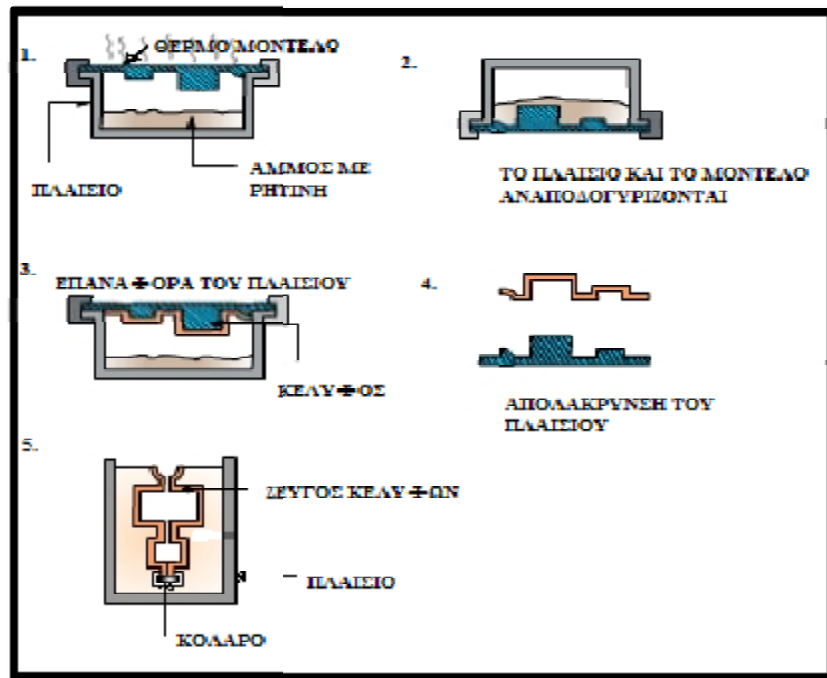
#### 1.3.1.4. Χύτευση με εξατμιζόμενο μοντέλο

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που γίνεται μικρός αριθμός χυτεύσεων. Με τη μέθοδο αυτή, κατασκευάζονται μοντέλα από πολυστυρένιο, γύρω από τα οποία τοποθετείται άμμος και δημιουργείται το καλούπι. Το μοντέλο παραμένει μέσα στο καλούπι και όταν έρθει σε επαφή με το λιωμένο μέταλλο εξατμίζεται, δημιουργώντας έτσι την κοιλότητα του καλουπιού. Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να χυτευθούν αρκετά πολύπλοκα αντικείμενα με μικρό κόστος.

#### 1.3.1.5. Χύτευση κελύφους

Στη μέθοδο αυτή το υλικό από το οποίο φτιάχνεται το καλούπι είναι λεπτή άμμος και ποσοστό 2,5-4% θερμοσκληρυνόμενης ρητίνης. Το μοντέλο είναι μεταλλικό και θερμαίνεται σε θερμοκρασία 175 - 270°C. Η διαδικασία της χύτευσης κελύφους ακολουθεί πέντε βήματα τα οποία περιγράφονται κάτωθι:

- Ø **Βήμα 1:** Το μείγμα από την άμμο και τη θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη τοποθετείται σε ένα πλαίσιο που σκεπάζεται από πάνω με το θερμό μεταλλικό μοντέλο.
- Ø **Βήμα 2:** Το πλαίσιο αναποδογυρίζεται και η άμμος πέφτει πάνω στο μοντέλο. Η θερμότητα του μοντέλου σκληραίνει τοπικά μία περιοχή πάχους περίπου 3,2 mm από την άμμο και τη ρητίνη και δημιουργεί το κέλυφος.
- Ø **Βήμα 3:** Το πλαίσιο γυρίζεται στην αρχική του θέση, η άμμος πέφτει στη βάση του πλαισίου και το κέλυφος παραμένει με το μοντέλο. Το μοντέλο μαζί με το κέλυφος τοποθετούνται σε φούρνο για μερικά λεπτά, ώστε το κέλυφος να σκληρυνθεί καλύτερα και να λάβει την τελική του μορφή
- Ø **Βήμα 4:** Το κέλυφος απομακρύνεται από το μοντέλο.
- Ø **Βήμα 5:** Δύο ίδια τμήματα του κελύφους ενώνονται και δημιουργούν το καλούπι.



Σχήμα 1.5: Χύτευση κελύφους.  
[4]

Θα πρέπει να τονίσουμε ότι το καλούπι που δημιουργήθηκε με τον τρόπο αυτό, τοποθετείται σε ένα πλαίσιο με άμμο για υποστήριξη του κελύφους κατά τη χύτευση (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).

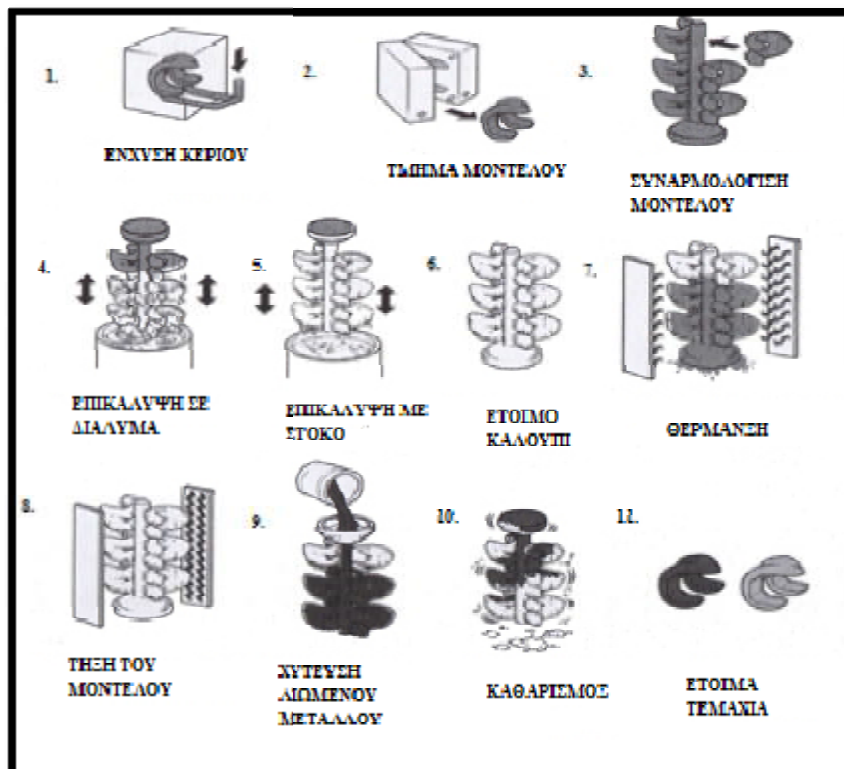
### 1.3.1.6. Χύτευση με την τεχνική του χαμένου κεριού

Η χύτευση με την τεχνική του χαμένου κεριού είναι από τις πρώτες μεθόδους χύτευσης που χρησιμοποιήθηκαν. Στη μέθοδο αυτή το μοντέλο κατασκευάζεται από κεριό ή πλαστικό και καταστρέφεται σε κάθε χύτευση. Η διαδικασία χύτευσης απεικονίζεται στο παρακάτω Σχήμα 1.6

Η διαδικασία χύτευσης με την τεχνική του χαμένου κεριού έχει τα εξής βήματα:

- Ø **Βήμα 1:** Το μοντέλο φτιάχνεται σε διαιρούμενο καλούπι με έγχυση κεριού ή πλαστικού.
- Ø **Βήμα 2:** Το μοντέλο απομακρύνεται από το καλούπι του
- Ø **Βήμα 3:** Δημιουργείται το συνολικό μοντέλο της χύτευσης
- Ø **Βήμα 4:** Το μοντέλο βυθίζεται μερικές φορές σε διάλυμα πυρίμαχων υλικών, όπως είναι η άμμος και συνδετικών υλικών, όπως το πυριτικό αιθύλιο και το πυριτικό νάτριο. Αφού κάθε φορά ξηραθεί το στρώμα της επικάλυψης, το μοντέλο ξαναβυθίζεται στο διάλυμα, ώστε να αυξηθεί το πάχος της επικάλυψης (3 έως 6mm).

- Ø **Βήμα 5:** Το μοντέλο βυθίζεται σε στόκο και επικαλύπτεται με αυτόν.
- Ø **Βήμα 6:** Το έτοιμο μοντέλο.
- Ø **Βήμα 7:** Το επικαλυμμένο μοντέλο τοποθετείται σε φούρνο γύρω στους 1100°C
- Ø **Βήμα 8:** Λιώνει το κερί ή το πλαστικό και απομένει το έτοιμο καλούπι.
- Ø **Βήμα 9:** Πραγματοποιείται η χύτευση.
- Ø **Βήμα 10:** Το καλούπι καθαρίζεται σπάζοντας την επικάλυψη.
- Ø **Βήμα 11:** Έτοιμα χυτά κομμάτια, αφού αφαιρεθούν οι αγωγοί τροφοδοσίας και η χοάνη πλήρωσεως.



**Σχήμα 1.6:** Χύτευση με την τεχνική του χαμένου κεριού (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).

Με τη μέθοδο αυτή κατασκευάζονται σύνθετα κομμάτια που είναι δύσκολο ή αντιοικονομικό να κατασκευασθούν με άλλη μέθοδο χύτευσης. Σε σύγκριση με άλλες μεθόδους, η μέθοδος με την τεχνική του χαμένου κεριού έχει αρκετά πλεονεκτήματα, αλλά και μειονεκτήματα. Αυτοματοποιείται εύκολα, ιδιαίτερα για παραγωγή πολύ μικρών αντικειμένων και έτσι έχει χαμηλό κόστος.

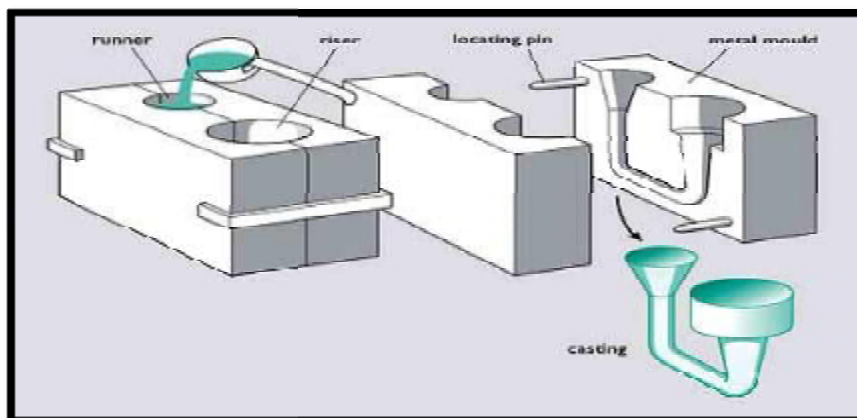
Από την άλλη μεριά απαιτεί πολλές διαφορετικές φάσεις για την πραγματοποίησή της και για αυτό δεν είναι προτιμότερη από τη χύτευση σε άμμο, εκτός από την περίπτωση που τα

χυτά κομμάτια πρέπει να έχουν μεγάλη ακρίβεια και καλή τελική επιφάνεια. Ως κανόνας, σε σύγκριση με άλλες μεθόδους που δίνουν καλή ακρίβεια σε διαστάσεις και ποιότητα επιφάνειας, η χύτευση με την τεχνική του χαμένου κεριού προτιμάται για παραγωγή σύνθετων αντικειμένων σε μικρές διαστάσεις. Αντίθετα, η χύτευση σε κέλυφος προτιμάται για παραγωγή απλών αντικειμένων με μεγάλες όμως διαστάσεις (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).

### 1.3.2. Μέθοδοι χύτευσης σε καλούπια πολλαπλών χρήσεων

#### 1.3.2.1 Χύτευση με βαρύτητα

Τα καλούπια χύτευσης με βαρύτητα ή αλλιώς ελεύθερης χύτευσης βασίζονται σε σύνθετες γεωμετρίες οι οποίες υλοποιούνται με διάφορα υπολογιστικά προγράμματα σχεδίασης (CAD, SOLIDWORKS). Η κατασκευή των καλουπιών για τη χύτευση με βαρύτητα μπορεί να πραγματοποιηθεί με της εργαλειομηχανές CNC με σκοπό να αποδοθεί η κατάλληλη ακρίβεια που απαιτείται. Το τελικό προϊόν της χύτευσης αυτής, είναι υψηλής ποιότητας και συνήθως χρησιμοποιείται για μικρά και μεσαία μεγέθη. Επιπλέον, τα υλικά που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή των καλουπιών είναι χάλυβας και χυτοσίδηρος.



Σχήμα 1.7: Χύτευση με βαρύτητα. [5]

Στην περίπτωση που γίνει χρήση των παραπάνω υλικών για την κατασκευή των καλουπιών επιτυγχάνεται μια βέλτιστη απαγωγή της θερμότητας από το στερεοποιούμενο χυτό μέσω της μήτρας με αποτέλεσμα ο χρόνος στερεοποίησης να είναι μικρός. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το αποτέλεσμα της χύτευσης αυτής είναι χυτό με καλές μηχανικές ιδιότητες.

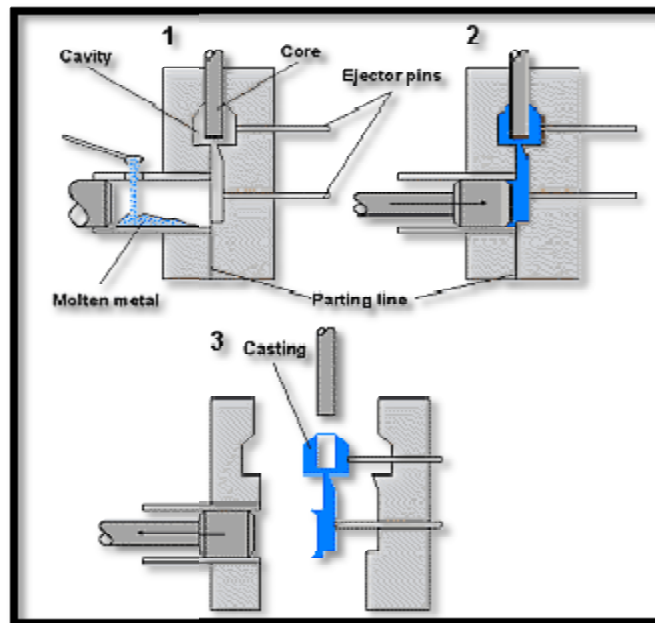
#### 1.3.2.2 Χύτευση υπό πίεση

Στην χύτευση με χαμηλή πίεση το λιωμένο μέταλλο βρίσκεται σε ειδικό δοχείο που θερμαίνεται συνεχώς και αναγκάζεται να εισέλθει στο καλούπι μέσω πίεσης, η οποία παραμένει μέχρι το υλικό να στερεοποιηθεί. Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας σταματά



να ασκείται πίεση, στη συνέχεια το προϊόν απομακρύνεται ενώ το «περίσσευμα» του υλικού επιστρέφει μέσω των ανλών στο ειδικό δοχείο αποθήκευσης.

Τα αποτελέσματα της μεθόδου δίνουν ένα προϊόν μεσαίας ποιότητας επιφάνεια. Ωστόσο, τα προϊόντα έχουν διαστατική ακρίβεια. Μία παραλλαγή της μεθόδου αυτής είναι η χύτευση σε κενό. Στη μέθοδο αυτή, η άμμος συγκρατείται στο καλούπι με τη βοήθεια κενού. Τα δύο τμήματα του καλουπιού επικαλύπτονται με λεπτό στρώμα πλαστικού, ώστε να διατηρείται το κενό αυτό. Τα μοντέλα στη μέθοδο αυτή κατασκευάζονται, όπως και στις προηγούμενες μεθόδους (Σταθάκης, Χ., 2012).



Σχήμα 1.8: Χύτευση υπό πίεση. [6]

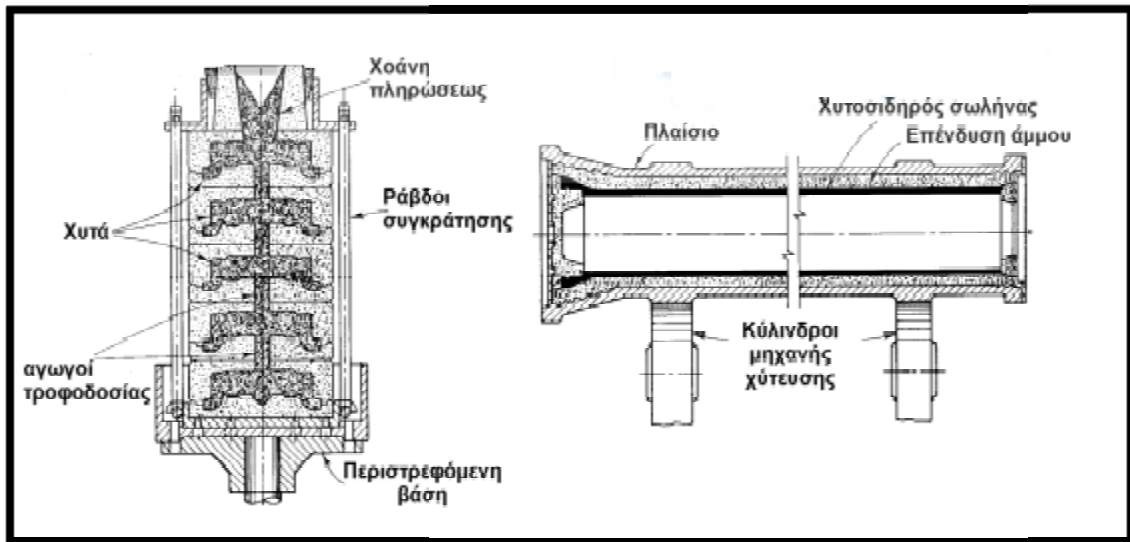
### 1.3.2.3. Φυγοκεντρική χύτευση

Στη φυγοκεντρική χύτευση χρησιμοποιείται περιστρεφόμενο μεταλλικό καλούπι. Το λιωμένο μέταλλο εισέρχεται στο μεταλλικό καλούπι υπό σταθερή παροχή και με τις φυγόκεντρες δυνάμεις που αναπτύσσονται λόγω περιστροφής, το λιωμένο μέταλλο οδηγείται στην εσωτερική επιφάνεια του καλουπιού. Η μέθοδος αυτή προτείνεται για την κατασκευή κυλινδρικών επιφανειών κυρίως μεγάλων διαμέτρων και τεμαχίων συμμετρικών εκ περιστροφής.

Τα βασικά πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- Χαμηλό κόστος
- Καλή ποιότητα του χυτού
- Οικονομία στο υλικό

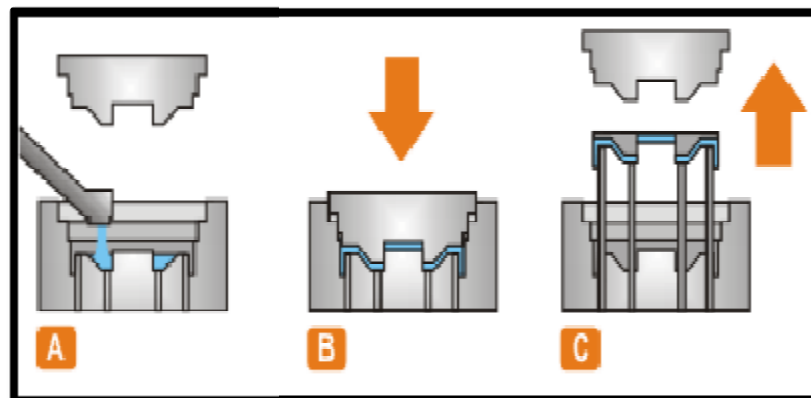
Θα πρέπει να τονιστεί ότι η οικονομία που μπορεί να επιτευχτεί στο υλικό φθάνει το 40%. Η φυγοκεντρική μέθοδος μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε κατακόρυφα είτε οριζόντια. Από την κατακόρυφη χύτευση του σχήματος προκύπτει μία δέσμη τροχών (ζάντες), ενώ από την οριζόντια ένας χυτοσιδηρός σωλήνας (Σταθάκης, Χ., 2012).



**Σχήμα 1.9:** Φυγοκεντρική χύτευση.  
(Σταθάκης, Χ., 2012).

#### 1.3.2.4. Χύτευση σφυρηλάτησης

Η μέθοδος της χύτευσης με σφυρηλάτηση θεωρείται μια σχετικά νέα μέθοδος. Για την δημιουργία ενός χυτού υπάρχει μια μήτρα στην οποία τοποθετείται το λιωμένο υλικό. Στην συνέχεια, χρησιμοποιείται ένα έμβολο που διαμορφώνει το υλικό με πίεση, όπως στη σφυρηλάτηση. Για την απομάκρυνση του χυτού στην κάτω μεριά της μήτρας υπάρχει ένας εξολκέας.



**Σχήμα 1.10:** Χύτευση σφυρηλάτησης.[7]

#### 1.3.2.5. Συνεχής Χύτευση

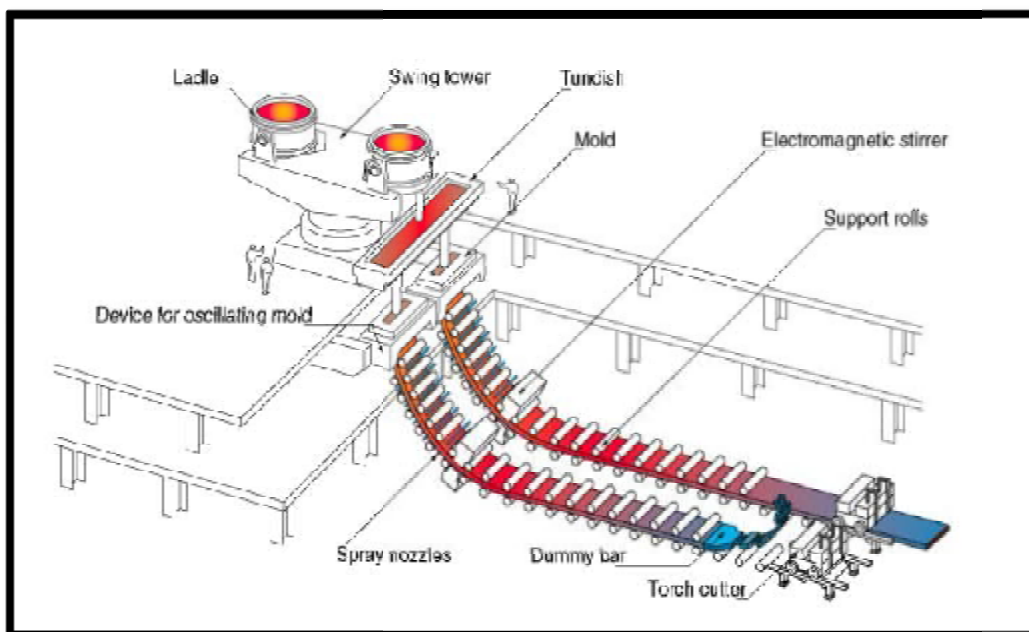
Στην μέθοδο της συνεχής χύτευσης θερμαίνουμε το υλικό με αποτέλεσμα να λιώσει και κατόπιν εισέρχεται από το ένα άκρο ενός καλούπιού, θα πρέπει να σημειωθεί ότι καλούπι είναι ανοικτό από τις δυο άκρες του. Στη συνέχεια το υλικό ψύχεται απότομα και εξέρχεται στερεοποιημένο από το άλλο άκρο του καλούπιού, έχοντας μία συγκεκριμένη μορφή.

Κάποια υλικά που συνήθως χρησιμοποιούνται σε αυτήν την μέθοδο είναι τα εξής:

- Χαλκός
- Μπρούντζος
- Αλουμίνιο
- Χάλυβας
- Χυτοσίδηρος κ.λπ.

Στη συνεχή χύτευση το υλικό ρέει είτε μέσα στο καλούπι, είτε σε μήτρα από ένα ενδιάμεσο φούρνο. Η διαδικασία ξεκινά με μια αρχική ράβδο στην οποία χύνεται το πρώτο υλικό και ακολουθούν τα παρακάτω βήματα:

- Ø **Βήμα 1:** Το πάνω μέρος του καλουπιού ψύχεται με ψεκασμό νερού
- Ø **Βήμα 2:** Το λιωμένο μέταλλο ψύχεται και στερεοποιείται γρήγορα.
- Ø **Βήμα 3:** Το στερεό πλέον υλικό απομακρύνεται συνεχώς με τη βοήθεια περιστρεφόμενων κυλίνδρων.
- Ø **Βήμα 4:** Κόβεται στο μήκος που είναι επιθυμητό.



**Σχήμα 1.11:** Συνεχής Χύτευση. [8]

Η μέθοδος συνεχή χύτευση χρησιμοποιείται για παραγωγή τυποποιημένων ράβδων διαφόρων διατομών, είτε αυτές είναι κοίλες είτε γεμάτες. Οι διαστάσεις μπορούν να κυμαίνονται από μερικά mm σε διάμετρο, έως περίπου 250mm, ενώ το μήκος των ράβδων που παράγονται φθάνει τα 6m. Οι μήτρες ή τα καλούπια που χρησιμοποιούνται είναι κατασκευασμένα από χαλκό ή γραφίτη, είναι απλά στην κατασκευή τους και οικονομικά. (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).

### 1.3.2.6. Χύτευση σε μόνιμο καλούπι

Για την χύτευση σε μόνιμο καλούπι σπουδαίο ρόλο παίζει το υλικό το οποίο θα χυτευθεί, αποτέλεσμα αυτού το καλούπι να κατασκευάζεται από:

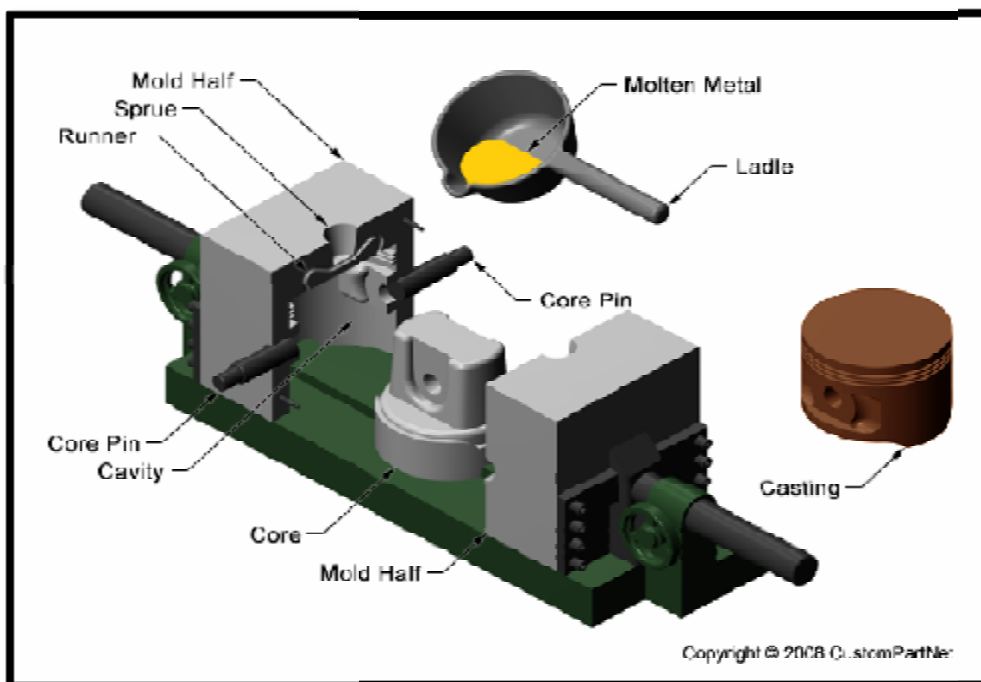
- Χυτοσίδηρο
- Χάλυβα
- Μπρούντζο
- Πυρίμαχα κράματα μετάλλων

Η δομή του καλουπιού είναι διαχωρισμένη σε δύο τμήματα τα οποία για να δημιουργηθεί το καλούπι κλείνουν με μηχανικό τρόπο. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία τήξης του υλικού, γίνεται η εισαγωγή του στο καλούπι. Στην συνέχεια πραγματοποιείται ψύξη του υλικού ώστε να απομακρυνθεί το χυτό. Η απομάκρυνση του χυτού γίνεται με την διαίρεση του καλουπιού. Ωστόσο, η παροχή του λιωμένου υλικού γίνεται με βαρύτητα σε αντίθεση με τη χύτευση σε μήτρα, όπου το λιωμένο υλικό αναγκάζεται να εισέλθει στο καλούπι με πίεση.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για μη σιδηρούχα κράματα, μόλυβδο, ψευδάργυρο, κράματα μαγνησίου, μπρούντζο και χυτοσίδηρο. Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται από το πλεονέκτημα της μεγάλης παραγωγικότητας.

Τυπικά παραδείγματα προϊόντων που παράγονται με αυτή τη μέθοδο είναι:

- Έμβολα μηχανών εσωτερικής καύσης
- Block κυλίνδρων για συμπιεστές ψυγείων
- Εξαρτήματα γραφομηχανών από αλουμίνιο κ.λπ..



Σχήμα 1.10: Χύτευση σε μόνιμο καλούπι. [9]

Επιπλέον, η χύτευση σε μόνιμο καλούπι γίνεται συνήθως χειροκίνητα, όμως υπάρχουν και περιπτώσεις που πραγματοποιείται με μηχανικό τρόπο. Στην περίπτωση αυτή το καλούπι μεταφέρεται σε διάφορες θέσεις εργασίας για καθαρισμό, τοποθέτηση των καρδιών, κλείσιμο, ψύξη, άνοιγμα και απομάκρυνση του χυτού (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).

### **1.3.2.7. Χύτευση σε μήτρα**

Η μέθοδος της χύτευσης σε μήτρα παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με τη μέθοδο χύτευσης σε μόνιμο καλούπι και σε χαμηλή πίεση. Στη μέθοδο χύτευσης σε μήτρα το τηγμένο υλικό είναι τοποθετημένο σε ένα δοχείο. Έπειτα ασκώντας κατάλληλη πίεση η κοιλότητα της μήτρας γεμίζει με υλικό. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η διαδικασία πλήρωσης πραγματοποιείται κάτω από μεγάλες ταχύτητες για την σωστή κατανομή του. Οι μήτρες αυτές κατασκευάζονται από χαλυβοκράματα ή ανθρακούχους χάλυβες, ανάλογα του υλικού που πρόκειται να χυτευθεί.

Όπως προαναφέρθηκε και στη μέθοδο χύτευσης σε μόνιμο καλούπι, το καλούπι είναι χωρισμένο σε δύο τμήματα και κλείνει με μηχανικό τρόπο. Μετά την εισαγωγή του λιωμένου υλικού, το καλούπι ανοίγει και το χυτό απομακρύνεται. Η παροχή του λιωμένου υλικού αναγκάζεται να εισέλθει στο καλούπι με πίεση.

Η χύτευση σε μήτρα καλούπι γίνεται συνήθως χειροκίνητα, αλλά σε περιπτώσεις παραγωγικής διαδικασίας γίνεται με μηχανικό τρόπο, έτσι το καλούπι μεταφέρεται σε διάφορες θέσεις εργασίας για καθαρισμό, τοποθέτηση των καρδιών, κλείσιμο, ψύξη, άνοιγμα και απομάκρυνση του χυτού.

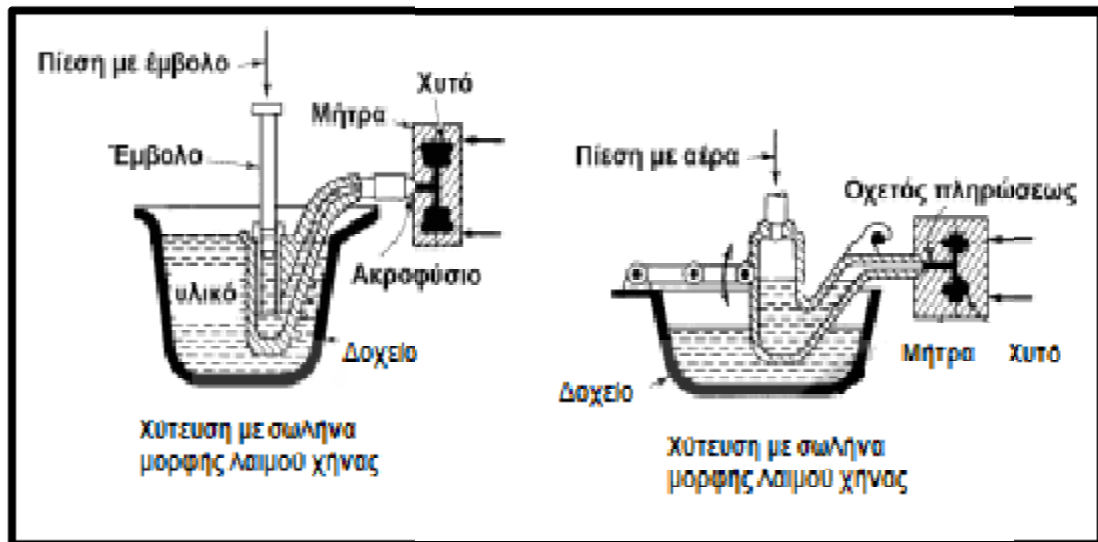
Πλεονεκτήματα της μεθόδου χύτευση σε μήτρα είναι τα έξης:

- Μεγάλη παραγωγικότητα. Η παραγωγή μπορεί να φτάσει τα 1000 κομμάτια την ώρα, ανάλογα με το σχήμα και το μέγεθος του κομματιού που θα χυτευθεί
- Μεγάλη διαστατική ακρίβεια και καλή ποιότητα επιφάνειας στα χυτά
- Χυτά με αυξημένη μηχανική αντοχή
- Πολύ μικρή συρρίκνωση λόγω συστολής στο χυτό, που οφείλεται στην πίεση που ασκείται κατά τη χύτευση και τη στερεοποίηση.

Η χύτευση σε μήτρα εμφανίζεται σε δύο βασικούς τύπους, στη χύτευση, όπου το λιωμένο μέταλλο βρίσκεται σε θερμό θάλαμο μέσα στη μηχανή χύτευσης (που λέγεται χυτόπρεσα), και στη χύτευση, όπου το λιωμένο μέταλλο λιώνει εκτός της μηχανής χύτευσης και τοποθετείται σε θάλαμο, όπου συμπιέζεται και οδηγείται στη μήτρα.

#### **▼ 1<sup>ος</sup> Τύπος χύτευσης**

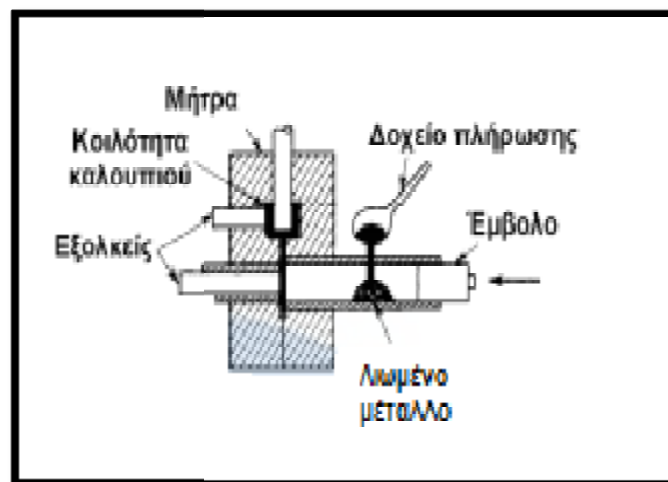
Στον πρώτο τρόπο χύτευσης το λιωμένο μέταλλο μεταφέρεται στην κοιλότητα του καλουπιού με τη βοήθεια πίεσης που ασκείται από ένα έμβολο ή με πίεση από αέρα και μέσω ενός αγωγού σε μορφή «λαιμού χήνας». Η μέθοδος αυτή λέγεται και μέθοδος θερμού θαλάμου και απεικονίζεται στο Σχήμα 1.11.



**Σχήμα 1.11:** Χύτευση σε μήτρα θερμού θαλάμου.  
(Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002)

#### ✓ 2<sup>ος</sup> Τύπος χύτευσης

Στο δεύτερο τύπο χύτευσης το λιωμένο μέταλλο μεταφέρεται με δοχείο και χύνεται στο εσωτερικό ενός αγωγού. Στη συνέχεια, με τη βοήθεια εμβόλου, το λιωμένο μέταλλο συμπιέζεται και γεμίζει τη μήτρα. Η μέθοδος αυτή λέγεται και μέθοδος ψυχρού θαλάμου και απεικονίζεται στο Σχήμα 1.12.



**Σχήμα 1.12:** Χύτευση σε μήτρα θερμού θαλάμου.  
(Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002)

Θα πρέπει να τονιστεί ότι και στις δύο προαναφερόμενες περιπτώσεις, το έτοιμο χυτό απομακρύνεται με κατάλληλους εξολκείς και η διαδικασία επαναλαμβάνεται ανάλογα με την ποσότητα των τεμαχίων που απαιτούνται. (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002)

### 1.3.2.8. Χύτευση με έγχυση (injection molding)

Η χύτευση με έγχυση είναι μια διεργασία όπου πραγματοποιείται με πολυμερή υλικά και χρησιμοποιείται ευρύτατα βιομηχανία πλαστικών για την παραγωγή αντικειμένων που παλαιότερα κατασκευάζονταν με μέταλλα. Αποτέλεσμα των προαναφερόμενων, η διεργασία χύτευσης με έγχυση θεωρείται από τις πιο κοινές στη μορφοποίηση πλαστικών.

Τα αντικείμενα που κατασκευάζονται από αυτήν την χύτευση μπορούν να έχουν ποικίλες διαστάσεις καθώς και περίπλοκες γεωμετρίες με πολλές λεπτομέρειες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα της καθημερινότητας είναι οι απλοί συνδετήρες χαρτιών, ποτήρια μιας χρήσης, περιβλήματα ηλεκτρονικών υπολογιστών, προφυλακτήρες αυτοκινήτων κ.ά. Άρα, η χύτευση με έγχυση αποτελεί μια από τις πιο σημαντικές διεργασίες μορφοποίησης πλαστικών λόγω της τρομερής ευχρηστίας, ευελιξίας, και ολικού βιομηχανικού όγκου πλαστικών που παράγονται.

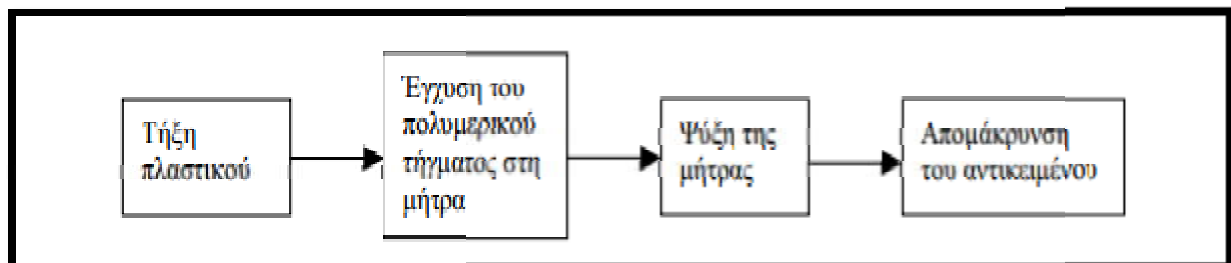
Η διαδικασία της χύτευσης με μήτρα περιλαμβάνει τροφοδοσία είτε με κόκκους είτε με σκόνη της μηχανής έγχυσης. Αρχικά το πολυμερές θερμαίνεται με αποτέλεσμα να τήκεται και στην συνέχεια να εξωθείται σε μια μήτρα που αποτελείται από δύο τμήματα. Το ένα τμήμα είναι κινητό ενώ το άλλο ακίνητο. Όταν το πολυμερές ψυχθεί και στερεοποιηθεί τότε το κινητό μέρος της μήτρας απομακρύνεται και το αντικείμενο ελευθερώνεται.

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονέκτημα τα οποία παρουσιάζει η συγκεκριμένη διεργασία είναι το χαμηλό κόστος με την προϋπόθεση βέβαια κατασκευής δεκάδων χιλιάδων αντικειμένων. Ωστόσο, το σοβαρό της μειονέκτημα είναι οι μεγάλες επενδύσεις που απαιτούνται για μια τέτοια εγκατάσταση.

Στης μέρες μας η πιο κοινή μηχανή που χρησιμοποιείται για χύτευση με έγχυση είναι τύπου παλινδρομούντος κοχλία (reciprocating screw), όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.13. Στο σύστημα αυτό η λειτουργία του κοχλία είναι κυρίως να αναμίξει το τηγμένο υλικό της τροφοδοσίας. Για την ολοκλήρωση της έγχυσης ο κοχλίας κινείται ολόκληρος προς τα εμπρός, ενώ ειδική βαλβίδα δεν επιτρέπει ροή προς τα πίσω.

Η τοποθέτηση του πολυμερούς στη μήτρα πραγματοποιείται σε σχετικά μικρούς χρόνους σε σύγκριση με τον ολικό χρόνο του κύκλου παραγωγής του προς χύτευση αντικειμένου. Όταν του καλούπι γεμίσει με το πολυμερές γίνεται και η έναρξη του κύκλου ψύξης ώσπου το πολυμερικό τήγμα στερεοποιείται. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι κατά τη διαδικασία αυτή η πυκνότητα του μπορεί να αυξηθεί λίγο. Επίσης, αν η μάζα του υλικού στην μήτρα παραμένει σταθερή, θα μειωθεί ο όγκος.

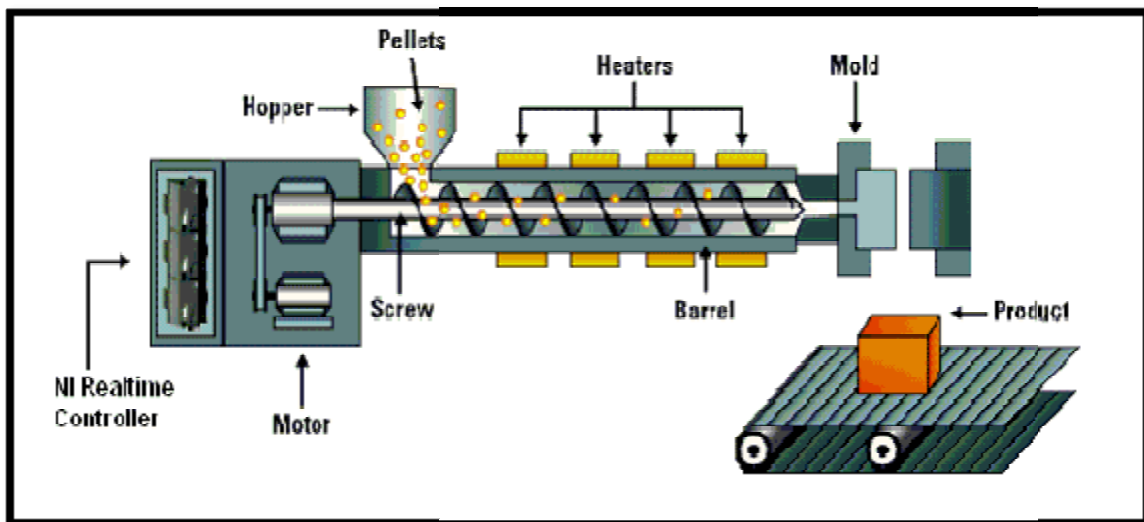
Το αποτέλεσμα αυτού, είναι η συρρίκνωση του αντικειμένου και κατά συνέπεια η επακόλουθη αλλαγή της γεωμετρίας του σε σχέση με τη γεωμετρία της μήτρας, το οποίο είναι ανεπιθύμητο.



**Διάγραμμα 1.1:** Σχηματική παράσταση των διαφόρων σταδίων της διεργασίας χύτευσης με έγχυση.[10]

Τα τοιχώματα της μήτρας δεν βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία με το τήγμα με συνέπεια την ψύξη του πολυμερούς όταν έρχεται σε επαφή με τα τοιχώματα της μήτρας και επομένως την αύξηση της τριβής. Σε ορισμένα πολυμερή, η αύξηση αυτή οδηγεί σε θερμική αποσύνθεση.

Για την αποφυγή των μεταβολών διαστάσεων και σχήματος χρησιμοποιείται πολύ υψηλή πίεση στην κοιλότητα της μήτρας κατά τη διάρκεια του κύκλου ψύξης. Καθώς η πυκνότητα του ψυχόμενου πολυμερούς αυξάνει, περισσότερο τήγμα ρέει μέσα στην κοιλότητα για να κρατήσει σταθερό τον όγκο. Το στάδιο ψύξης γενικά ρυθμίζει τον ολικό χρόνο του κύκλου και εξαρτάται κυρίως από το πάχος του παραγόμενου αντικειμένου, αφού η μεταφορά θερμότητας μέσα από το χαμηλής θερμικής αγωγιμότητας πολυμερές παρέχει την κύρια αντίσταση στην ψύξη.



**Σχήμα 1.13:** Μηχανή χύτευσης με έγχυση τύπου παλινδρομούντος κοχλίου. [10]

### **1.3.2.9. Μηχανή έγχυσης παρούσας πτυχιακής εργασίας**

Η μηχανή της παρούσας πτυχιακής εργασίας συνδυάζει δυο από τις παραπάνω μεθόδους έγχυσης. Ο συνδυασμός περιλαμβάνει την χύτευση με έγχυση και την χύτευση σε μήτρα διότι αρχικά πραγματοποιείται η τήξη πολυμερικού υλικού και έπειτα ακολουθεί η έγχυση του τήγματος όπου, με τη βοήθεια εμβόλου δημιουργείται η απαραίτητη πίεση. Στην συνέχεια όπως και στις δυο μεθόδους ακολουθεί η ψύξη του αντικειμένου και η απομάκρυνση του.

## **1.4. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΥΤΕΥΣΗ**

Τα πιο συχνά εμφανιζόμενα προβλήματα κατά την διαδικασία της χύτευσης σχετίζονται κυρίως με σφάλματα στη δημιουργία του καλουπιού, στη σχεδίαση του μοντέλου και των καρδιών, στην τοποθέτηση των οχετών εισόδου ή των ενδιάμεσων αποθηκών λιωμένου υλικού, στη διαδικασία της χύτευσης κ.λπ..

Τα σφάλματα αυτά δημιουργούν ελαττώματα στα χυτά αντικείμενα όπως:



- Ρωγμές που προέρχονται από τη συρρίκνωση του υλικού του χυτού λόγω συστολής κατά την απόψυξη.
- Εγκλείσματα από οξειδία που παραμένουν στο χυτό.
- Σπηλαιώσεις που οφείλονται στη παρουσία αερίων στο μέταλλο κατά τη στερεοποίηση.
- Ασυνέχειες στο χυτό.

Ο έλεγχος των χυτών γίνεται χρησιμοποιώντας μη καταστροφικές μεθόδους. Μία από αυτές τις μεθόδους είναι η ραδιογραφία με τη βοήθεια της οποίας ελέγχεται η συνέχεια και η ομοιομορφία του υλικού, του χυτού αντικειμένου. Στη ραδιογραφία, προσπίπτουν ακτίνες X στα χυτά, η μεταβολή της έντασης των οποίων καταγράφεται σε φωτογραφικό φιλμ. Οι ατέλειες που μπορούν να διαπιστωθούν, πρέπει να έχουν μέγεθος μεγαλύτερο του 2% του πάχους του ελεγχόμενου χυτού αντικειμένου. (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002)

## 1.5. ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΥΛΙΚΩΝ ΧΥΤΕΥΣΗΣ

Με την εξέλιξη της τεχνολογίας η χύτευση κάνει χρήση πολλών υλικών. Οι βασικότερες κατηγορίες είναι οι εξής:

- Ø **Μέταλλα – Κράματα:** Τέτοια υλικά είναι ο χαλκός, το αλουμίνιο, ο σίδηρος, ο χάλυβας.
- Ø **Κεραμικά – Γυαλιά:** Παραδείγματα τεχνικών κεραμικών είναι η αλουμίνα ( $Al_2O_3$ ), το οξείδιο του τιτανίου ( $TiO_2$ ), το καρβίδιο του πυριτίου ( $SiC$ ), το καρβίδιο του βολφραμίου ( $WC$ ), το νιτρίδιο του βορίου ( $BN$ ), το νιτρίδιο του πυριτίου ( $Si_3N_4$ ), το διαμάντι.
- Ø **Πολυμερή ή Πλαστικά:** Παραδείγματα τεχνικών πολυμερών είναι το πολυτετραφθοροαιθυλένιο ( $PTFE$  ή *Teflon*), το πολυαιθυλένιο ( $PE$ ), το πολυστυρένιο ( $PS$ ), το πολυβινυλοχλωρίδιο ( $PVC$ ), το πολυμεθακρυλικό μεθύλιο ( $PMMA$ ), οι εποξικές ρητίνες, ο βακελίτης.
- Ø **Σύνθετα υλικά:** Αυτά αποτελούνται από δύο ή περισσότερες κατηγορίες υλικών. Παραδείγματα σύνθετων υλικών αποτελούν το οπλισμένο σκυρόδεμα, το fiberglass, το οποίο είναι πολυμερές ενισχυμένο με ίνες γυαλιού, τα πολυμερή ενισχυμένα με ίνες γραφίτη (άνθρακα). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα σύνθετα υλικά, εκτός του ότι είναι πολύ ελαφρά, έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή.

Για να επιτύχουμε κάποιες επιθυμητές ιδιότητες σε ένα υλικό, πρέπει να επέμβουμε στη δομή του. Τις αλλαγές αυτές στη δομή τις προκαλούμε με τις κατάλληλες κατεργασίες για την κατανόηση αυτού χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι όταν θέλουμε να αυξήσουμε τη σκληρότητα ενός χάλυβα, πρέπει να προκαλέσουμε κάποιες συγκεκριμένες αλλαγές στη δομή του (Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: SOLIDWORKS

### 2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Το Solidworks είναι ένα 3D μηχανολογικό CAD (Computer Aided Design) πρόγραμμα, προϊόν της Dassault Systèmes SolidWorks Corp., θυγατρική της Dassault Systèmes S. A. Λειτουργεί σε σύστημα Microsoft Windows και αποτελεί εργαλείο για πάνω από δύο εκατομμύρια μηχανικούς και σχεδιαστές σε περισσότερες από 165.000 εταιρείες παγκοσμίως. Σύμφωνα με τα στοιχεία του κατασκευαστή, μέχρι τον Ιούλιο του 2012 υπήρχαν εγκατεστημένες περισσότερες από 1,5 εκατομμύριο άδειες παγκοσμίως, ένα μεγάλο ποσοστό μεταξύ των οποίων είναι για εκπαιδευτική χρήση.

Ιστορικά, η SolidWorks Corporation ιδρύθηκε το 1993 από τον Jon Hirschtick με έδρα το Waltham, Μασαχουσέτη, ΗΠΑ, ο οποίος προσέλαβε μια ομάδα μηχανικών για την οικοδόμηση μιας εταιρείας που ανέπτυξε 3D CAD λογισμικό, εύκολο στη χρήση, με προσιτή τιμή και διαθέσιμο στην επιφάνεια εργασίας των Windows.

Κυκλοφόρησε το πρώτο της προϊόν, SolidWorks 95, το 1995. Η SolidWorks σήμερα κυκλοφορεί διάφορες εκδόσεις του CAD λογισμικού SolidWorks, καθώς και τα eDrawings (εργαλείο συνεργασίας) και DraftSight (2D CAD). Το 1997 η Dassault Systèmes S.A., γνωστή για το CATIA CAD λογισμικό της, απέκτησε την εταιρεία και αυτή τη στιγμή κατέχει το 100% των μετοχών της. (Παπαντωνίου Α., 2013)



**Εικόνα 3.1:** SolidWorks 2011.

Η εφαρμογή SolidWorks εκτός του ότι είναι ένα πρόγραμμα μοντελοποίησης ενεργεί επίσης ως αποθήκη για πληροφορίες σχετικά με το μοντέλο, έτσι ώστε να εισάγει και αποθηκεύει άλλες μορφές αρχείων, όπως PDF για γρήγορη προβολή στο εσωτερικό του προγράμματος.

Τα σύγχρονα συστήματα σχεδιομελέτης με χρήση Η/Υ στηρίζονται στη χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Η τρισδιάστατη απεικόνιση είναι απαραίτητη για την παρουσίαση, την ανάλυση της συμπεριφοράς του αντικειμένου και για την παραγωγή του. Σήμερα, τα περισσότερα συστήματα τρισδιάστατης απεικόνισης βασίζονται στα στερεά

μοντέλα, ή στα μεντελή επιφανειών. Απαραίτητη προϋπόθεση για την χρήση του μοντέλου είναι η μονοδιάστατη απεικόνιση του πραγματικού αντικειμένου από το μοντέλο, σε όλες τις φάσεις χρησιμοποίησής του. (Λαζανάς Χ. , Ηλιόπουλος Α., 2014)

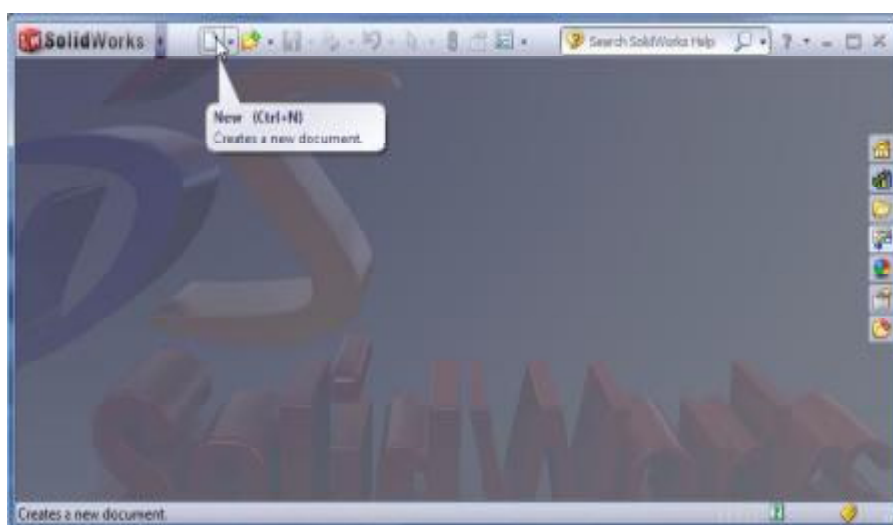


**Εικόνα 2.1:** Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη κάθετων εφαρμογών, αξιολόγησης, ανάλυσης, παραγωγής και τεκμηρίωσης του αντικειμένου και του τελικού προϊόντος. (Λαζανάς Χ. , Ηλιόπουλος Α., 2014)

Στην συνέχεια της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα αναπτυχθούν τα βήματα για τον σχεδιασμό της μηχανής έγχυσης πλαστικού σε μορφοποιημένο καλούπι.

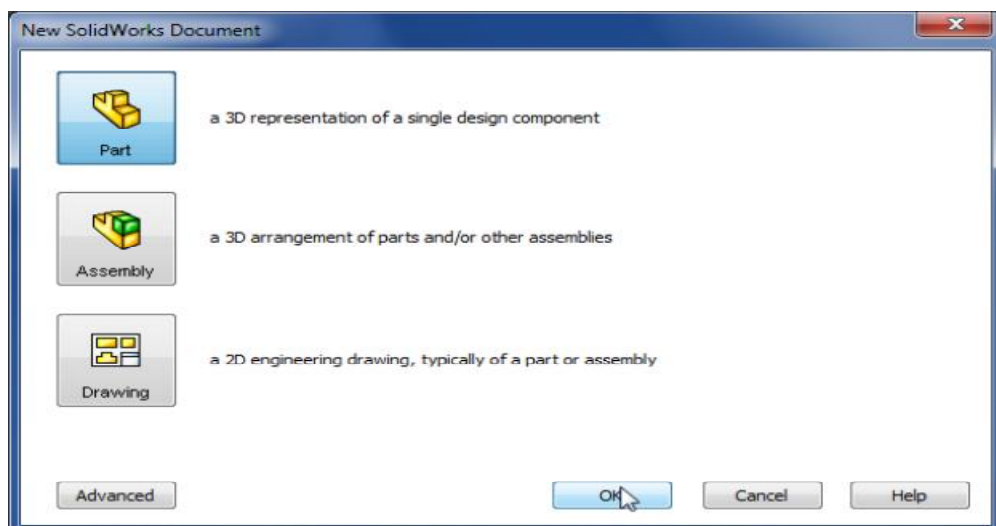
### Ø Έναρξη προγράμματος

Κατά την έναρξη του προγράμματος SolidWorks εμφανίζεται το Σχήμα 2.1, όπου με την επιλογή της εντολής «New» δημιουργείτε ένα νέο αρχείο SolidWorks.



**Σχήμα 2.1**

Έτσι, στην οθόνη εμφανίζεται το παράθυρο «*New SolidWorks Document*», Σχήμα 2.2. Έπειτα, επιλέγεται το εικονίδιο «**Part**» γιατί αρχικά πρέπει τα αντικείμενα της μηχανής έγχυσης να σχεδιαστούν μεμονωμένα.

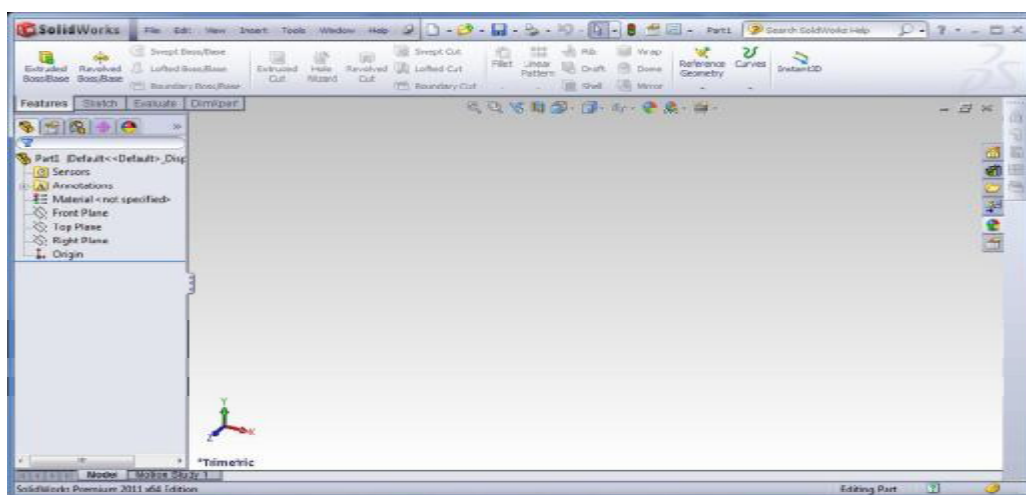


Σχήμα 2.2.

Ωστόσο, το SolidWorks μπορεί να δημιουργήσει τρία διαφορετικά αρχεία και επομένως τρεις διαφορετικές μορφές σχεδίων:

- **Part** → 3D αντικείμενα
- **Assembly** → Συναρμολόγηση αντικειμένων
- **Drawing** → Μηχανολογικά σχέδια.

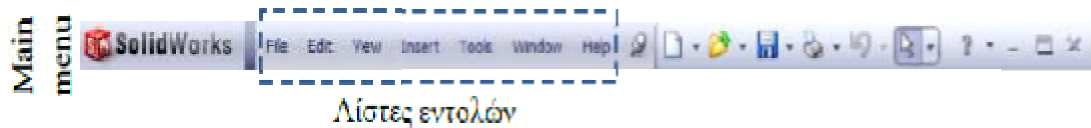
Με την επιλογή της εντολής «**Part**» εμφανίζεται στη οθόνη το περιβάλλον σχεδίασης του προγράμματος, Σχήμα 2.3.



Σχήμα 2.3.

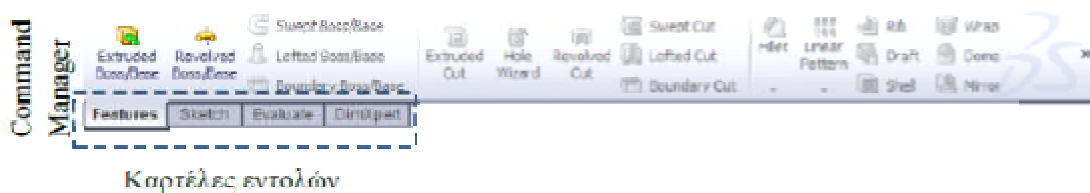
Για την σχεδίαση των αντικειμένων θα πρέπει να γνωρίζουμε τις βασικές περιοχές που εμφανίζονται στην αρχική οθόνη. Οι βασικές περιοχές του προγράμματος είναι τέσσερις και είναι οι ακόλουθες:

- Περιοχή Main Menu: βρίσκεται στο πάνω μέρος της οθόνης και περιέχει την λίστα εντολών File, Edit, View, Insert, Tools, Windows και Help.



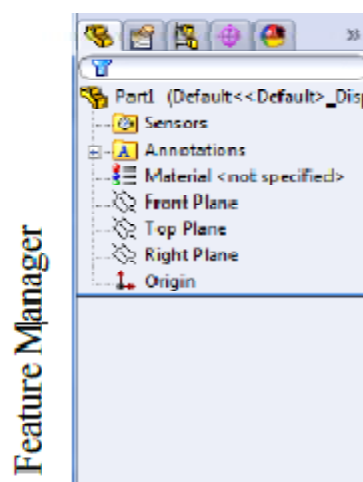
Σχήμα 2.4: Περιοχή Main Menu.

- Περιοχή Command Manager: βρίσκεται κάτω από την περιοχή του Main Menu και αποτελείται από τις καρτέλες εντολών, οι οποίες είναι οι Features, Sketch, Evaluate και Dim Xpert.



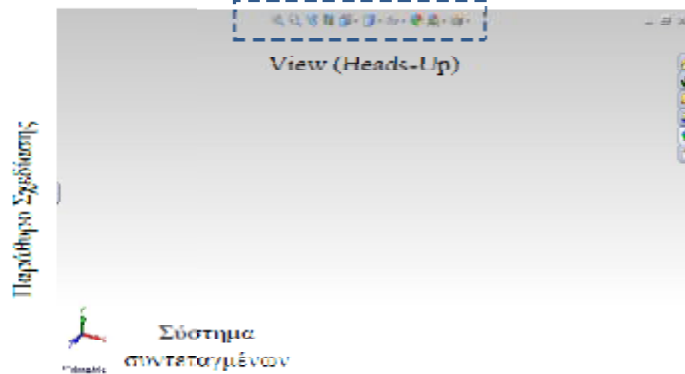
Σχήμα 2.5: Περιοχή Command Manager.

- Περιοχή Feature Manager: βρίσκεται στο αριστερό μέρος της οθόνης όπου και καταγράφεται η ιστορική εξέλιξη του αντικειμένου κατά τη σχεδίαση.



Σχήμα 2.6: Περιοχή Feature Manager.

- Περιοχή Σχεδίασης: βρίσκεται στο μέσο της οθόνης, σε αυτή τη περιοχή σχεδιάζεται το αντικείμενο. Στο πάνω μέρος της περιοχής σχεδίασης εμφανίζεται το menu View (Heads-Up), ενώ κάτω αριστερά εμφανίζεται το σύστημα συντεταγμένων.



Σχήμα 2.7: Περιοχή Σχεδίασης.

Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί ότι κάθε καρτέλα περιέχει διαφορετικές εντολές οι οποίες χρησιμοποιούνται για ξεχωριστό σκοπό κάθε φορά.

### Ø Εντολές σχεδίασης

Εφόσον βρισκόμαστε στην περιοχή σχεδίασης του προγράμματος SolidWorks αρχικά επιλέγεται η περιοχή **Command Manager** και στην συνέχεια από την καρτέλα εντολών επιλέγεται το «**Sketch**» με συνέπεια να εμφανιστούν όλα τα εργαλεία για τον σχεδιασμό 2D σχημάτων.

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον σχεδιασμό της μηχανής έγχυσης είναι τα ακόλουθα:

- **Sketch:** γίνεται επιλογή του επίπεδου σχεδιασμού (Front, Top και Right Plane)
- **Smart Dimension:** γίνεται εισαγωγή των επιθυμητών διαστάσεων
- **Line:** γίνεται σχεδιασμός ευθείας γραμμής
- **Circle:** γίνεται σχεδιασμός κύκλου
- **Center Rectangle:** γίνεται σχεδιασμός ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου
- **Trim Entities:** γίνεται αφαίρεση ή επιμήκυνση μιας γραμμής



Σχήμα 2.8: Απεικόνιση καρτέλας Sketch.

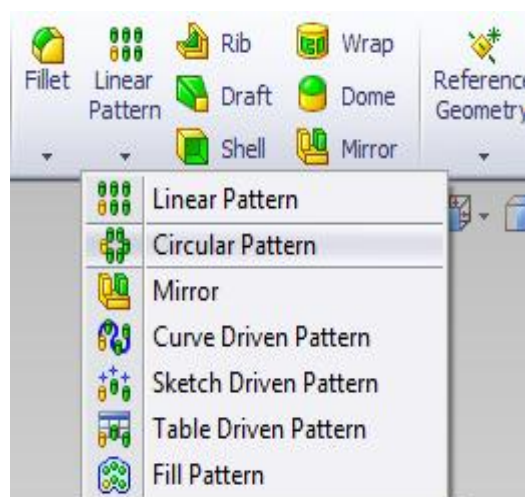
Ωστόσο, αν θέλουμε να μετατρέψουμε ένα αντικείμενο 2D σε 3D επιλεγούμε πάλι την περιοχή **Command Manager** αλλά από την καρτέλα εντολών επιλέγεται το «**Features**» με συνέπεια να εμφανιστούν όλα τα εργαλεία για τον σχεδιασμό 3D σχημάτων.

Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τον σχεδιασμό της μηχανής έγχυσης είναι τα ακόλουθα:

- **Extruded Boss/Base:** χρησιμοποιείται για να δοθεί ύψος ή πάχος σε ένα 2D σχήμα
- **Revolved Boss/Base:** χρησιμοποιείται για την δημιουργία 3D αντικειμένων από την περιστροφή ενός περιγράμματος γύρω από τον άξονα συμμετρίας
- **Extruded Cut:** χρησιμοποιείται για την περικοπή 3D αντικειμένων δημιουργία οπών
- **Fillet:** χρησιμοποιείται για την μετατροπή γωνίας σε καμπυλοειδή επιφάνεια
- **Chamfer:** χρησιμοποιείται για την μετατροπή γωνίας σε επίπεδη επιφάνεια
- **Circular Pattern:** χρησιμοποιείται για την δημιουργία 3D κυκλικών μοτίβων γύρω από ένα σημείο.



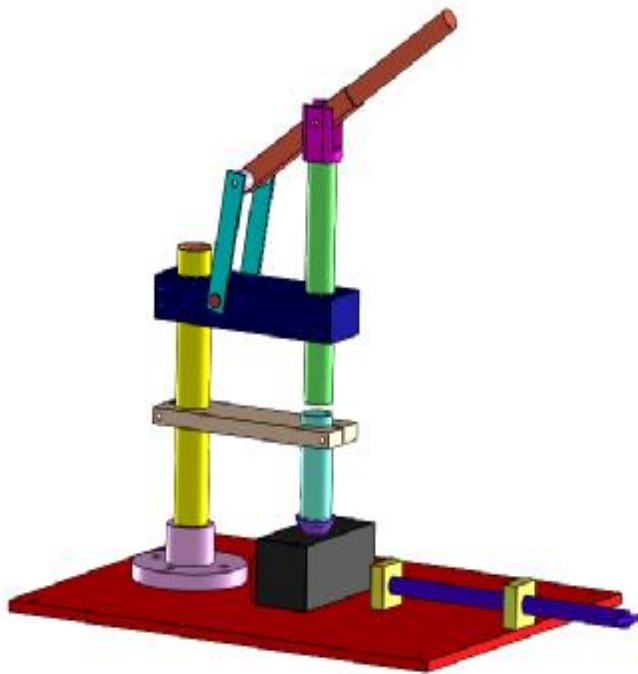
Σχήμα 2.9: Απεικόνιση καρτέλας Features



Σχήμα 2.10: Απεικόνιση επιλογών εντολής Circular Pattern

## 2.2. ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΗΣ ΈΓΧΥΣΗΣ

Η μηχανή έγχυσης που θα σχεδιαστεί στη παρούσα πτυχιακή εργασία απεικονίζεται στο Σχέδιο 2.1 και αποτελείται από τα εξής εξαρτήματα:



- **Κάτω βάση**
- **Βάση 1**
- **Ράβδος κεντρικού κορμού**
- **Ανω Βάση**
- **Αγωγός τοποθέτησης υλικού**
- **Μύτη έγχυσης**
- **Χειρολαβή**
- **Έλασμα 1**
- **Έλασμα 2**
- **Πείρος 1**
- **Πείρος 2**
- **Αποστάτης**
- **Έμβολο πίεσης**
- **Ενδιάμεση βάση**
- **Καλούπι**
- **Βάση κοχλίας σύσφιξης**
- **Κοχλίας σύσφιξης**

Σχήμα 2.11: Μηχανή έγχυσης

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αντικείμενα σχεδιάστηκαν βάση των παραπάνω εντολών που αναλύθηκαν στο προηγούμενο εδάφιο. Κάθε ένα αντικείμενο σχεδιάστηκε μεμονωμένα και στην συνέχεια ακολούθησε το Assembly με σκοπό την σύνδεση/απεικόνιση της πρωτότυπης μηχανής έγχυσης. Οι διαστάσεις των εξαρτημάτων – αντικειμένων της μηχανής έγχυσης έχουν υπολογιστεί εμπειρικά και σύμφωνα με αυτό που «φανταστήκαμε» να κατασκευάσουμε. Ωστόσο, θα τονίσουμε ότι ίσως χρειαστούν κάποιες μικρές μετατροπές διαστάσεων στην κατασκευή, αλλά αυτό θα αναλυθεί στο Κεφάλαιο της κατασκευής της μηχανής έγχυσης.

Στην συνέχεια του Κεφαλαίου αυτού θα πραγματοποιηθεί ο αναλυτικός σχεδιασμός των αντικειμένων ενώ θα γίνει αναφορά στις βασικές εντολές που χρησιμοποιήθηκαν. Επιπλέον, στα αντικείμενα που παρουσιάζεται ιδιαίτερο ενδιαφέρον θα πραγματοποιηθεί εκτενέστερη ανάλυση με σκοπό να γίνει κατανοητός ο τρόπος που σχεδιάστηκαν

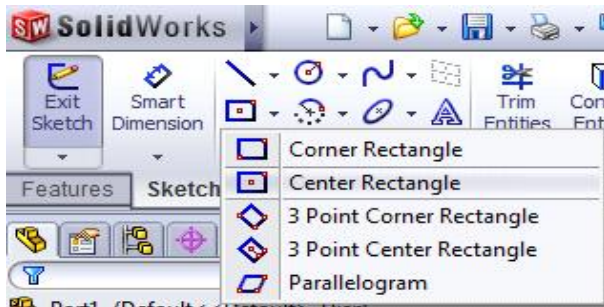
### 2.2.1. Σχεδίαση μηχανής έγχυσης

#### 2.2.1.1. Κάτω βάση

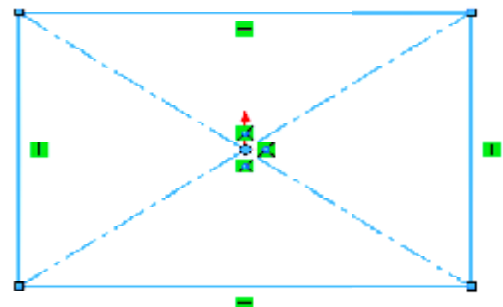
Ο σχεδιασμός της κάτω βάσης της μηχανής έγχυσης θα αναλυθεί πλήρως με σκοπό την κατανόηση των όσων προαναφέρθηκαν. Ωστόσο, η ανάλυση του σχεδιασμού των υπολοίπων αντικειμένων θα είναι περιληπτική με έμφαση στις εντολές που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί σε προηγούμενα αντικείμενα.



Αρχικά από την περιοχή **Command Manager** επιλέγουμε η καρτέλα **sketch** και μετά το **Top Plane** για να ορίσουμε το επίπεδο. Στην συνέχεια με την εντολή **Center Rectangle** γίνεται σχεδιασμός τυχαίου ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου.



Σχήμα 2.12

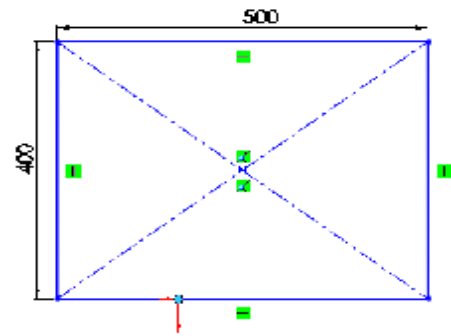


Σχήμα 2.13

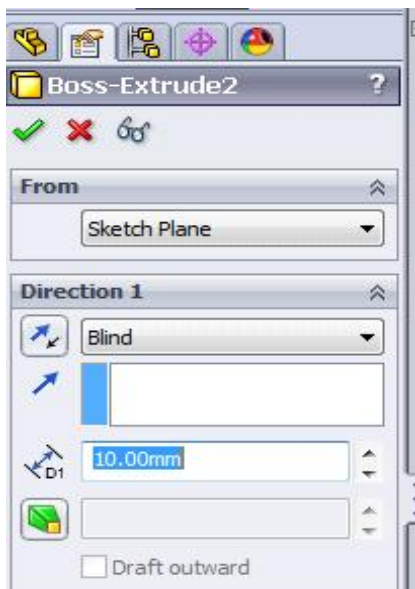
Για να δώσουμε τις κατάλληλες διαστάσεις στο ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο επιλέγουμε από την καρτέλα **Sketch** την εντολή **smart dimension** και δίνουμε τις διαστάσεις **400 mm x 500mm**.



Σχήμα 2.14

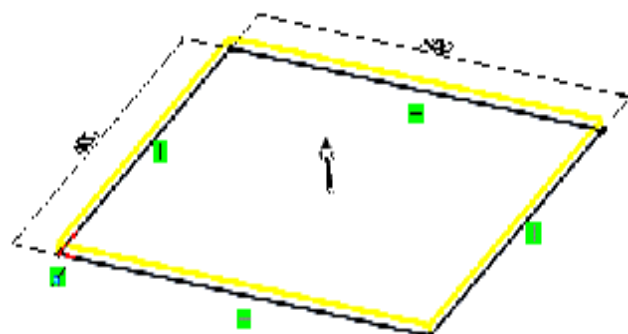


Σχήμα 2.15



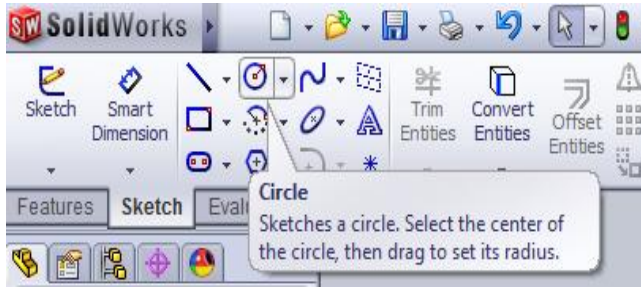
Σχήμα 2.16

Στην συνέχεια από καρτέλα **Features** επιλέγουμε την εντολή **Boss extrude** και δίνουμε το πάχος της πλάκας **10 mm**. Ορίζουμε την διεύθυνση που θα δημιουργηθεί το πάχος και έπειτα επιλέγουμε την εντολή **OK**.

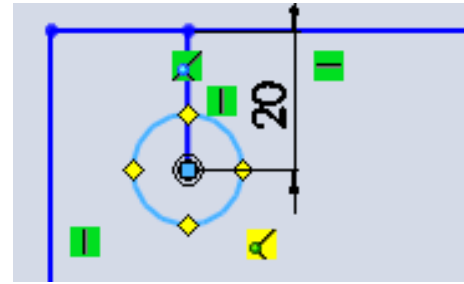


Σχήμα 2.17

Για τον σχεδιασμό των οπών που βρίσκονται στην κάτω βάση αρχικά από την καρτέλα **Features** επιλέγουμε την εντολή **sketch** και στην συνέχεια την εντολή **Line**. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται για την δημιουργία κύκλου με κέντρο που θα βρίσκεται στα 20 mm από την άκρη της κάτω βάσης. Έπειτα, θα σχεδιάσουμε την οπή με την εντολή **Circle**.

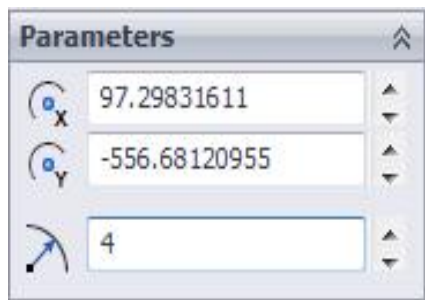


Σχήμα 2.18

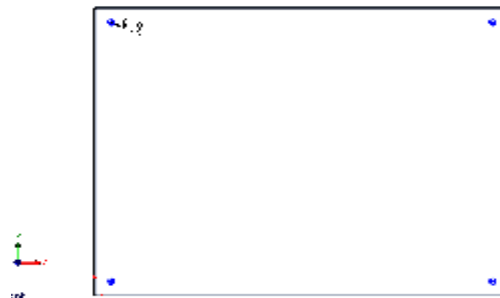


Σχήμα 2.19

Στην συνέχεια με της παραμέτρους που έχει το πρόγραμμα επιλεγούμε ακτίνα κύκλου  $r=4$  mm. Αυτή η διαδικασία πραγματοποιείται 4 φορές σε όλες τις γωνίες του ορθογώνιου.



Σχήμα 2.20

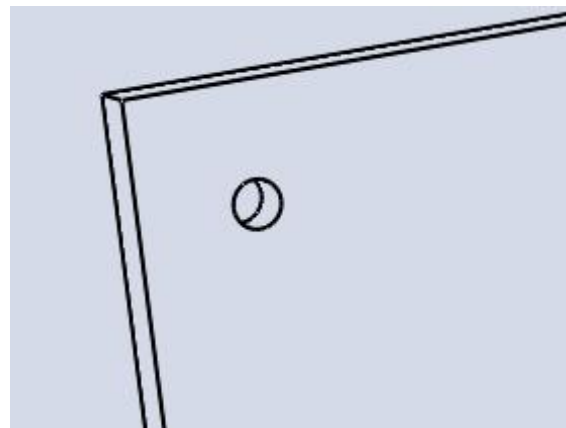


Σχήμα 2.21

Για την διάνοιξη των οπών χρησιμοποιούμε την εντολή *Cut extrude*. Το βάθος των οπών ορίζεται **10 mm** με διεύθυνση αντιθέτη του πάχους. Τέλος, η διαδικασία εκτελείτε μια φορά για όλες της οπές που έχουμε σχεδίαση και επιλέγουμε την εντολή **OK**.

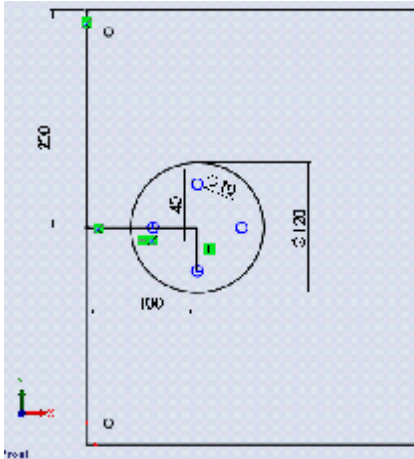


Σχήμα 2.22

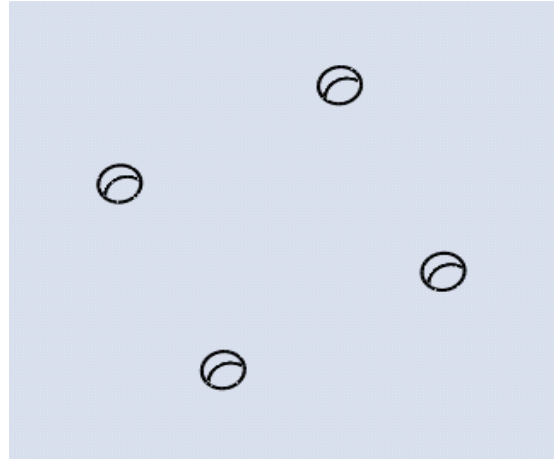


Σχήμα 2.23

Από την καρτέλα *sketch* επιλέξαμε την εντολή *Line* και χαράξαμε δυο ευθείες **200mm** και **100mm** με σκοπό την εύρεση του κέντρου κύκλου διαμέτρου **120mm**. Σε απόσταση **40mm** σχεδιάζουμε τον αρχικό κύκλο διαμέτρου **10mm** και μετά με την εντολή **Circular Pattern** σχεδιάζουμε το κυκλικό μοτίβο των τεσσάρων οπών αφού πρώτα έχουμε επιλέξει την αρχή των αξόνων ως κέντρο του μοτίβου. Τέλος, χρησιμοποιούμε την εντολή *Cut extrude* και το βάθος ορίζεται **10 mm**.

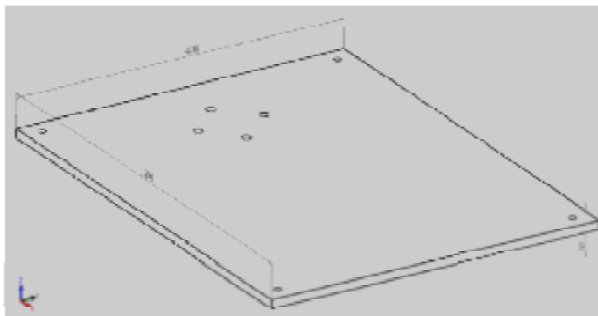


Σχήμα 2.24

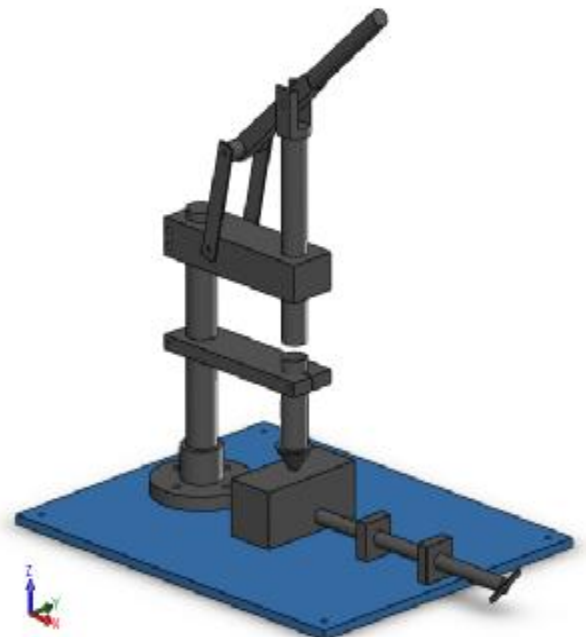


Σχήμα 2.25

Με την ολοκλήρωση του σχεδιασμού της κάτω βάσης της μηχανής εγχύσει καταλήγουμε στο παρακάτω σχήμα. Ωστόσο, στην διπλανή εικόνα παρουσιάζεται το Assembly με σκοπό την κατανόηση της σύνδεσης της κάτω βάσης της μηχανής έγχυσης.



Σχήμα 2.26



Σχήμα 2.27

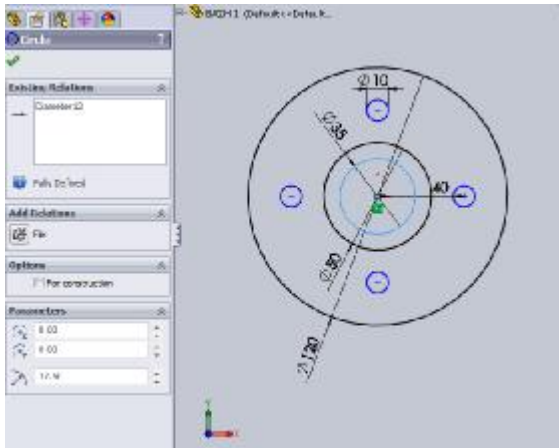
### 2.2.1.2. Βάση 1

Η βάση 1 είναι το επόμενο τεμάχιο της μηχανής έγχυσης που θα αναλυθεί, είναι κατασκευασμένη με σκοπό τη σύνδεση της κάτω βάσης με την ράβδο του κεντρικού κορμού. Η βάση 1 αποτελείται από το άνω και κάτω τμήμα, τα οποία είναι στρογγυλά. Το κάτω τμήμα έχει διάμετρο **120mm** και πάχος **15mm**, ακόμα περιμετρικά υπάρχουν τέσσερις οπές όπου θα τοποθετηθούν κοχλίες για την σύνδεση με την κάτω βάση. Το άνω τμήμα διάμετρο **50mm** και ύψος **35mm** από το κάτω τμήμα της βάσης 1. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι και τα δύο τμήματα έχουν κεντρική οπή διαμέτρου **35mm** διότι θέλουμε να τοποθετήσουμε την ράβδο του κεντρικού κορμού.

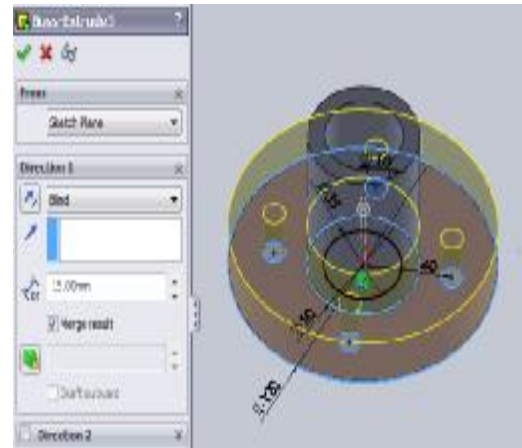
Οι εντολές για τον σχεδιασμό της βάσης 1 έχουν αναλυθεί πλήρως σε προηγούμενο εδάφιο, συνέπεια αυτού είναι να γίνεται μια ονομαστική αναφορά. Οι βασικές εντολές είναι οι εξής:

- ☐ Sketches a circle → Circle
- ☐ Linear Pattern → Circular Pattern
- ☐ Extrude Boss/Base → Boss extrude

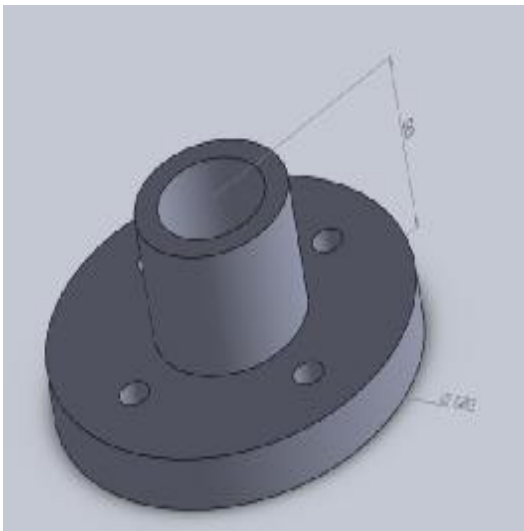
Στην συνέχεια επιλέχθηκαν κάποιες εικόνες από το SolidWorks με σκοπό την πλήρη κατανόηση του σχεδιασμού.



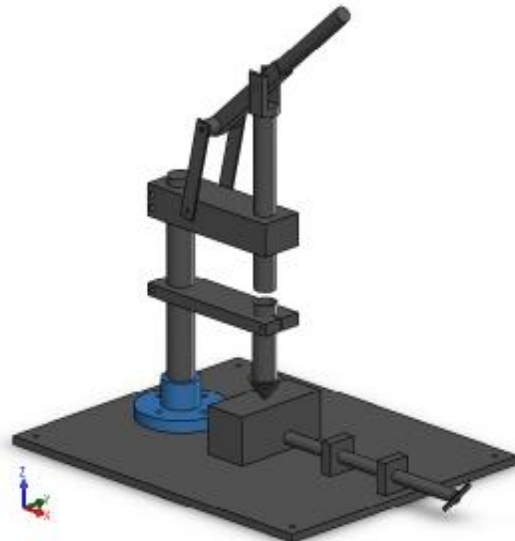
Σχήμα 2.28



Σχήμα 2.29



Σχήμα 2.30



Σχήμα 2.31

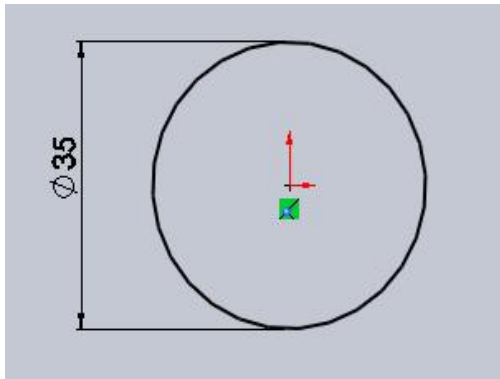
### 2.2.1.3. Ράβδος κεντρικού κορμού

Η ράβδος του κεντρικού κορμού σχεδιάστηκε με σκοπό την στήριξη της μηχανής. Επάνω στη ράβδο στηρίζεται η άνω και ενδιάμεση βάση της μηχανής έγχυσης. Η ράβδος έχει διάμετρο **35mm** και ύψος **300mm**.

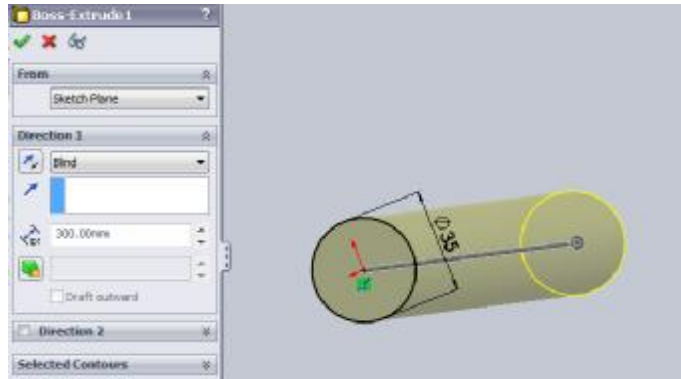
Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

- Sketches a circle → Circle
- Extrude Boss/Base → Boss extrude
- Smart Dimension → Reference Dimension

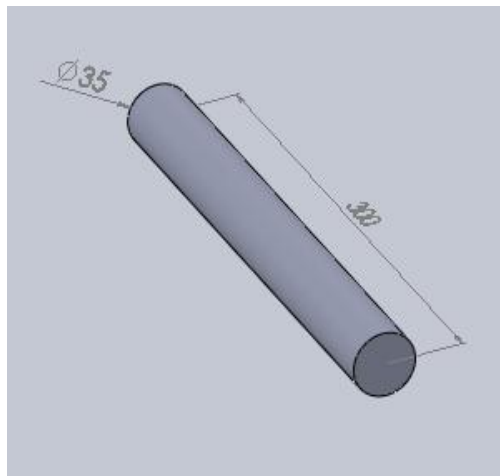
Στην συνέχεια επιλέχθηκαν κάποιες εικόνες από το SolidWorks με σκοπό την πλήρη κατανόηση του σχεδιασμού.



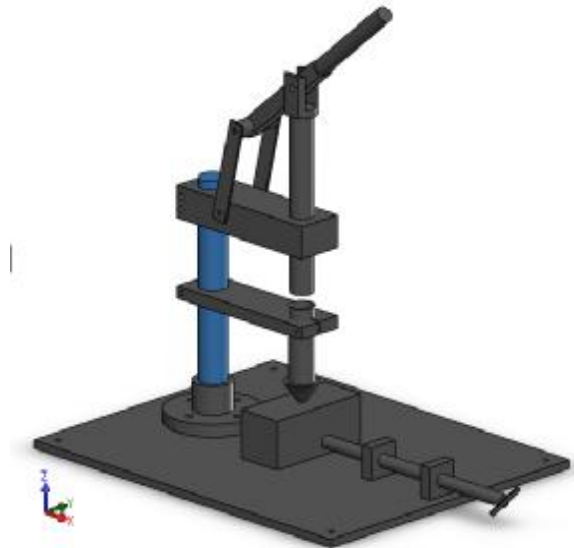
Σχήμα 2.32



Σχήμα 2.33



Σχήμα 2.34



Σχήμα 2.35

#### 2.2.1.4. Άνω Βάση

Η άνω βάση σχεδιάστηκε με σκοπό να κρατείται πάντα σταθερό το κεντράρισμα του εμβόλου συμπίεσης με τον αγωγό πλήρωσης υλικού. Η άνω βάση είναι ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο με μήκος **210mm**, πλάτος **60mm** και πάχος **40mm**. Στο εσωτερικό της έχουν σχεδιαστεί δύο οπές, στις οποίες τα κέντρα τους απέχουν **150mm**.

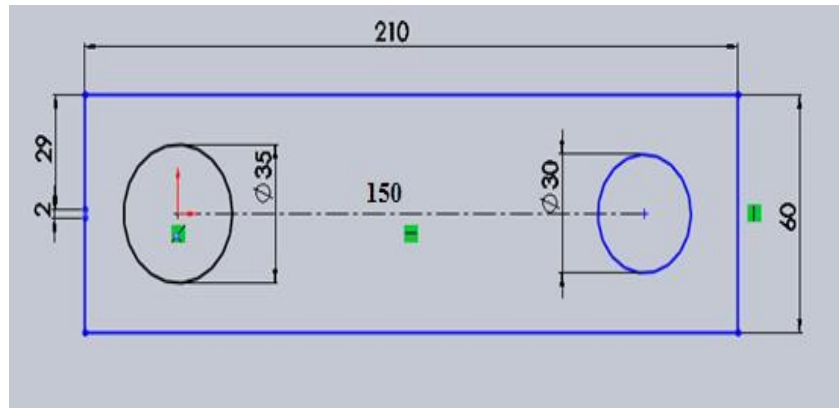
Στην αριστερή μεριά της άνω βάσης η οπή έχει διάμετρο **35mm** και χρησιμοποιείται για την συναρμολόγηση της με την ράβδο του κεντρικού κορμού. Για την δυνατότητα αλλαγής του ύψους έχει σχεδιαστεί μια σχισμή πάχους **2mm**, όπου με την χρήση κοχλιών γίνεται σύσφιξη των τεμαχίων στο επιθυμητό ύψος.

Στην δεξιά μεριά της άνω βάσης η οπή έχει διάμετρο **30mm** και σχεδιάστηκε έτσι ώστε να περνά από μέσα το έμβολο πίεσης και να οδηγείται ευθύγραμμα προς τον αγωγό πλήρωσης.

Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για την άνω βάση είναι οι εξής:

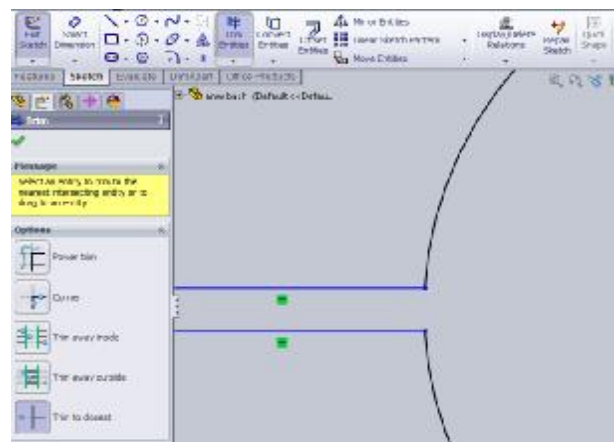
- |                     |                   |
|---------------------|-------------------|
| • Sketch            | → Line            |
| • Sketches a circle | → Circle          |
| • Trim Entities     | → Trim to closest |
| • Extrude Boss/Base | → Boss extrude    |
| • Cut extrude       | → Cut extrude     |

Ü Smart Dimension → Reference Dimension



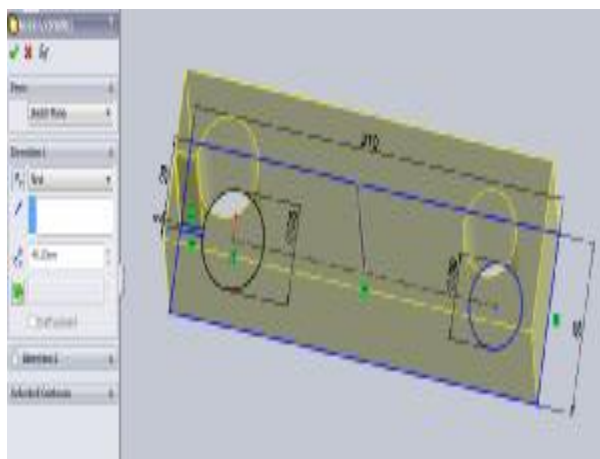
Σχήμα 2.36

Στο διπλανό σχήμα απεικονίζεται ο τρόπος που σχεδιάστηκε η σχισμή πάχους **2mm**. Αρχικά, σχεδιάστηκαν δυο παράλληλες ευθείες οι οποίες διασταυρώνονται με τον κύκλο διαμέτρου **35mm**. Έπειτα, με την καρτέλα *Trim Entities* επιλέγεται ο κύκλος και οι δυο ευθείες ώστε με την χρήση της εντολής *Trim to closest* κόβονται οι ευθείες ακριβώς στην περίμετρο του κύκλου και το καμπύλο τμήμα του κύκλου αφαιρείται. Αυτό πραγματοποιείται με σκοπό οι ευθείες να τέμνουν τον κύκλο.

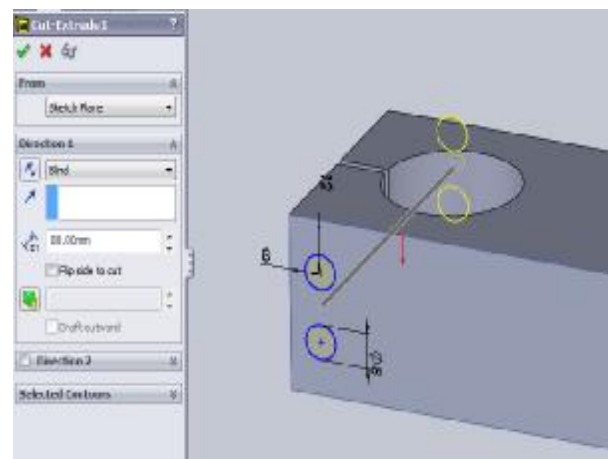


Σχήμα 2.37

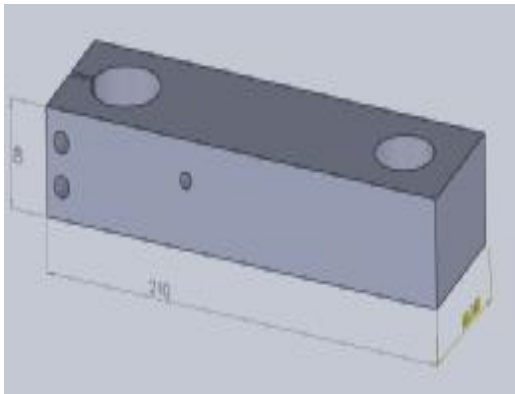
Στην συνέχεια, αφού τελειοποιήθηκε ο σχεδιασμός του 2D σχήματος της άνω βάσης, δίνεται το ύψος της, το οποίο είναι **40mm**, με την εντολή *Boss Extrude*. Έπειτα, σχεδιάστηκαν δυο οπές διαμέτρου 8mm στην αριστερή πλευρά και μια **6mm** προς το κέντρο της άνω βάσης. Οι οπές είναι διαμπερείς και σχεδιαστήκαν με την εντολή *Cut extrude*. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, οι δυο οπές σχεδιαστήκαν με σκοπό την σύσφιξη της άνω βάσης με κοχλίες ενώ η άλλη σχεδιάστηκε ώστε με την χρήση του πείρου και του ελάσματος 1 να δημιουργεί άρθρωση.



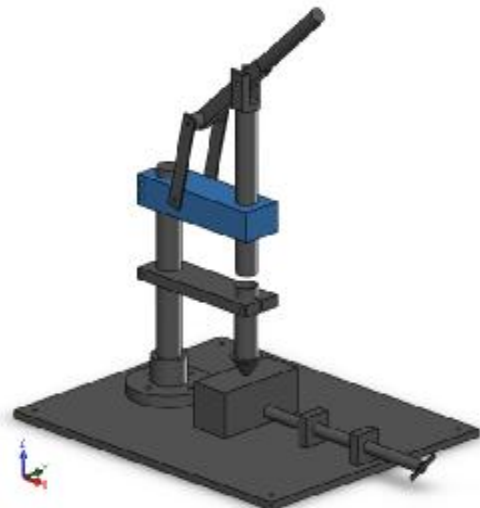
Σχήμα 2.38



Σχήμα 2.39



Σχήμα 2.40



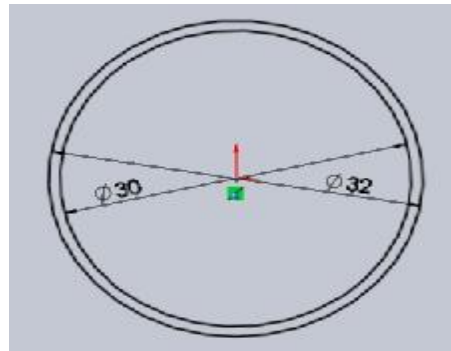
Σχήμα 2.41

### 2.2.1.5. Αγωγός τοποθέτησης υλικού

Ο αγωγός τοποθέτησης υλικού σχεδιάστηκε για την αποθήκευση της ποσότητας του υλικού που χρειάζεται για την κατασκευή του προϊόντος. Στον αγωγό αυτό το υλικό θα θερμαίνεται με κατάλληλο μηχανισμό ώστε να τήκεται. Έτσι με την άσκηση πίεσης θα περνά από τη μύτη έγχυσης και θα καταλήγει στο καλούπι.

Ο σχεδιασμός είναι απλός διότι δημιουργήθηκαν δυο ομόκεντροι κύκλοι διαμέτρου **30mm** και **32mm** αντίστοιχα. Επιπλέον, δόθηκε ύψος **100mm**. Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν είναι οι εξής:

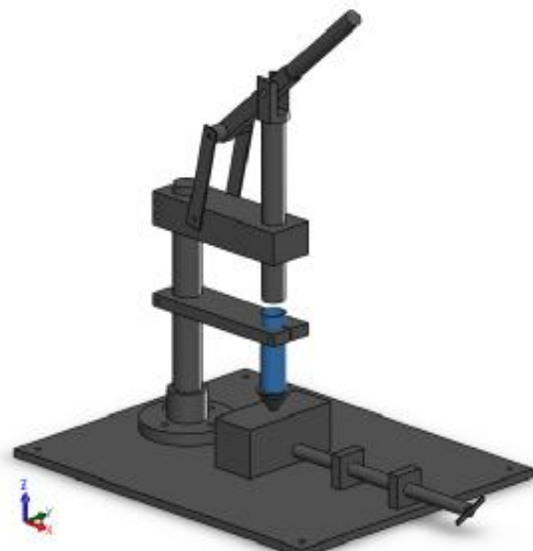
- ü Sketches a circle → Circle
- ü Extrude Boss/Base → Boss extrude.



Σχήμα 2.42



Σχήμα 2.43



Σχήμα 2.44

### 2.2.1.6. Μύτη έγχυσης

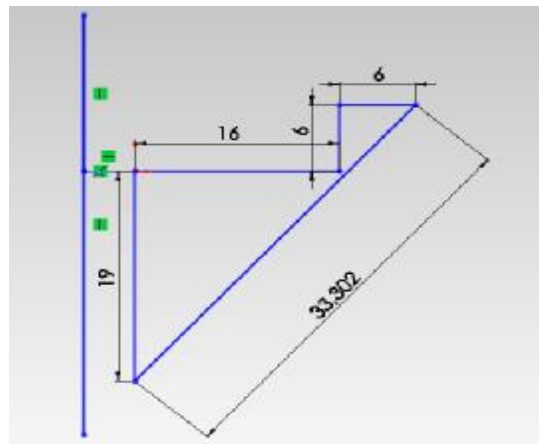
Η μύτη έγχυσης σχεδιάστηκε με σκοπό να είναι ο οδηγός του τηγμένου υλικού στο κατεργασμένο καλούπι. Η μύτη βρίσκεται τοποθετημένη στο κάτω μέρος του αγωγού πλήρωσης. Ωστόσο, οι διαστάσεις θα απεικονιστούν στα παρακάτω σχήματα, λόγω της πολυπλοκότητας που παρουσιάζει η μύτη έγχυσης.

Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό της μύτης έγχυσης είναι οι εξής:

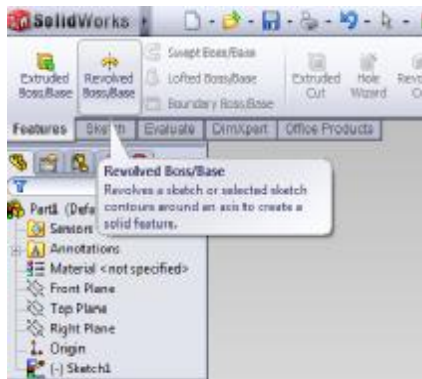
- Ü Sketch → Line
- Ü Trim Entities → Trim to closest
- Ü Revolved Boss/Base → Revolved Boss/Base
- Ü Smart Dimension → Reference Dimension

Αρχικά από την περιοχή **Command Manager** επιλέγουμε η καρτέλα **sketch** και μετά το **Top Plane** για να ορίσουμε το επίπεδο. Στην συνέχεια με την εντολή **Line** γίνεται σχεδιασμός του 2D σχήματος της μύτης. Οι διαστάσεις απεικονίζονται στο διπλανό σχήμα.

Έπειτα, για να δημιουργήσουμε την μύτη έγχυσης σε 3D γίνεται χρήση της εντολής **Revolved Boss/Base**. Η εντολή αυτή δίνει τη δυνατότητα να δημιουργούνται αντικείμενα εκ' περιστροφής γύρω από έναν άξονα συμμετρίας.



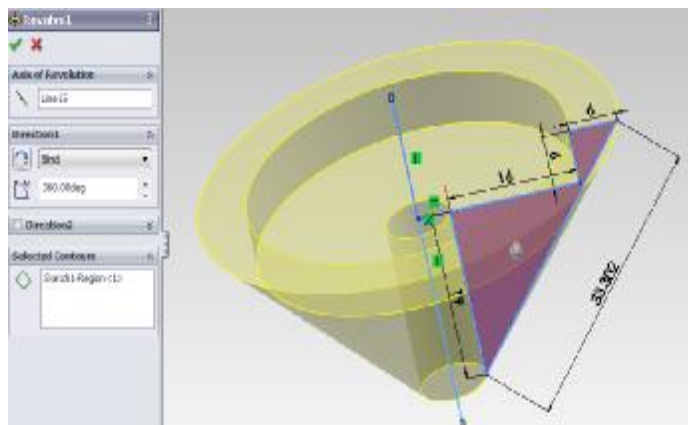
Σχήμα 2.45



Σχήμα 2.46

Έτσι επιλέγοντας από την καρτέλα **Features** την εντολή **Revolved Boss/Base** εμφανίζεται το παράθυρο **Revolve**. Στην συνέχεια τσεκάροντας το πεδίο **Selected Contour** επιλέγεται το σχήμα στο περιβάλλον σχεδίασης. Αποτέλεσμα αυτού είναι να ορίζεται το περίγραμμα που θέλουμε να περιστρέψουμε.

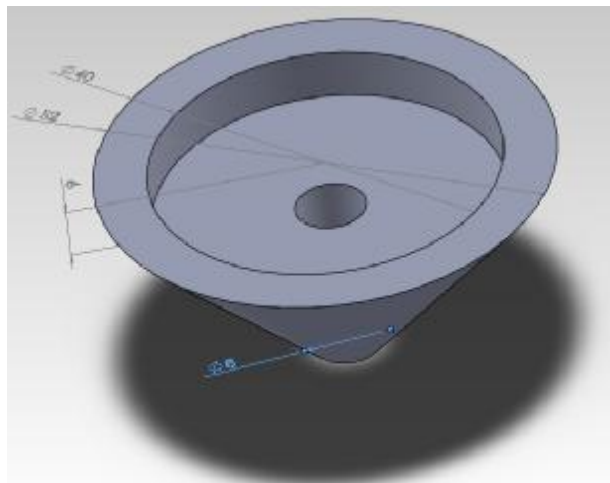
Αφού έχει επιλεγθεί το περίγραμμα τσεκάρεται το πεδίο **Axis of Revolution** για την ενεργοποίηση της εντολής. Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας του σχεδιασμού ακολουθεί η επιλογή του άξονα συμμετρίας καθώς επίσης και οι μοίρες που θα περιστραφεί το αντικείμενο. Στην περίπτωση της μύτης έγχυσης οι μοίρες είναι 360°, διότι πρέπει να είναι απόλυτα συμμετρικό.



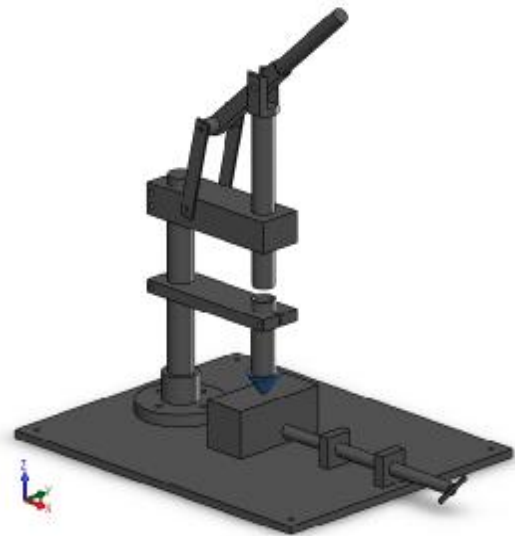
Σχήμα 2.47



Στην συνέχεια ακολουθεί το τελικό σχήμα της μύτης έγχυσης και που τοποθετείται στην πρωτότυπη μηχανή έγχυσης



Σχήμα 2.48



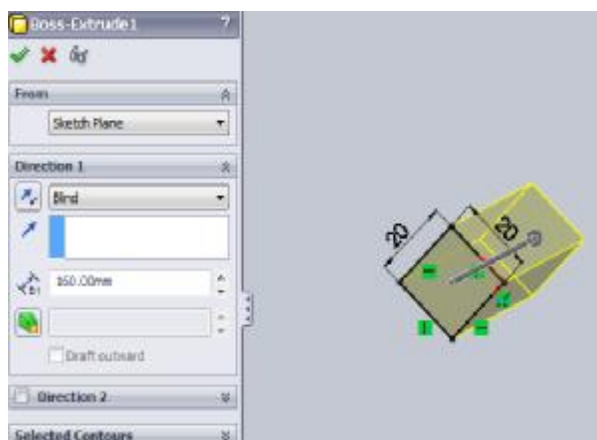
Σχήμα 2.49

### 2.2.1.7. Χειρολαβή

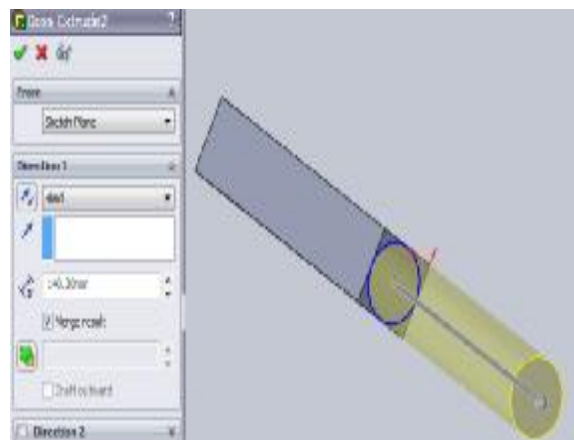
Η χειρολαβή σχεδιάστηκε για να ασκείται πίεση στο έμβολο. Η χειρολαβή είναι στερεωμένη στα ελάσματα 1 και 2 με την χρήση πείρων. Η χειρολαβή αποτελείται από δυο τμήματα. Το πρώτο τμήμα είναι ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο διαστάσεων **20mm x20mm** σε μήκος **160mm**. Ωστόσο, το δεύτερο τμήμα είναι ένας κύλινδρος διαμέτρου **20mm** και μήκος **140mm**.

Κατά το σχεδιασμό χρησιμοποιήθηκαν οι εξής εντολές:

- Ü Sketch → Line
- Ü Sketches a circle → Circle
- Ü Extrude Boss/Base → Boss extrude
- Ü Cut extrude → Cut extrude
- Ü Smart Dimension → Reference Dimension

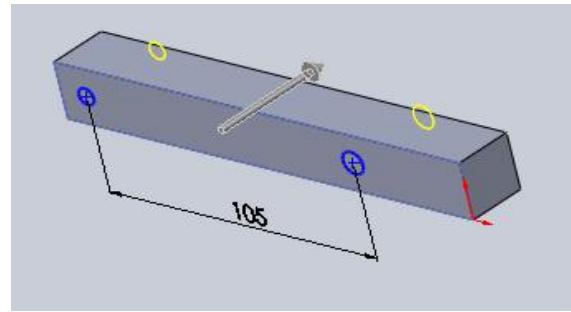


Σχήμα 2.50

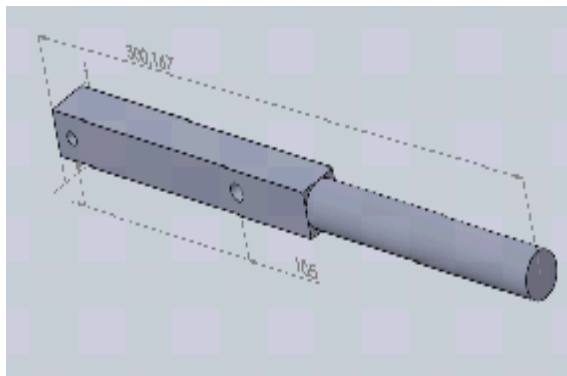


Σχήμα 2.51

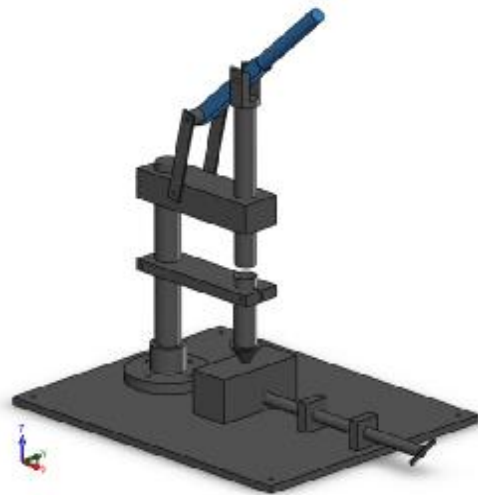
Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο πρώτο τμήμα της χειρολαβής σχεδιαστήκαν δυο οπές διαμέτρου **6mm** και τα κέντρα τους απέχουν **105mm**. Δημιουργήθηκαν με σκοπό να συνδεθούν η άνω βάση με το εμβολο πίεσης μέσω των ελασμάτων 1 και 2.



Σχήμα 2.52



Σχήμα 2.53



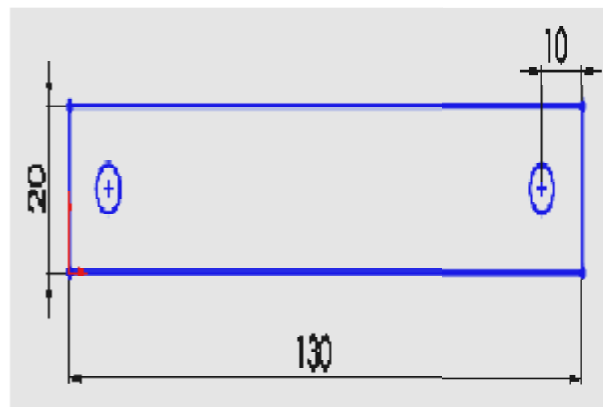
Σχήμα 2.54

#### 2.2.1.8. Έλασμα 1

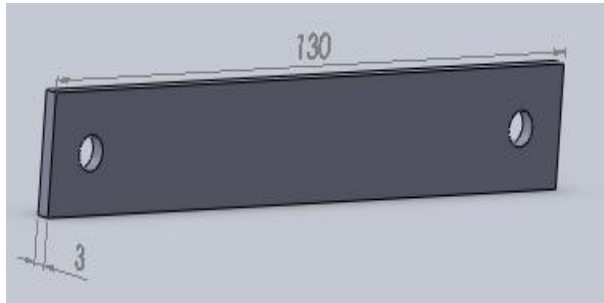
Το έλασμα 1 σχεδιάστηκε με σκοπό την σύνδεση της άνω βάσης με την χειρολαβή. Είναι ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο πλάτους **20mm** και μήκους **130mm**. Το πάχος του είναι 3mm ενώ δεν πρέπει να παραληφτεί ότι το έλασμα 1 χρησιμοποιείται δυο φορές στην σύνδεση της μηχανής έγχυσης. Στο εσωτερικό του βρίσκονται δυο οπές διαμέτρου **6mm** με απόσταση του κέντρου της **10mm** από την άκρη του ελάσματος. Χρησιμοποιούνται για να συνδεθεί με πείρους η άνω βάση και η χειρολαβή.

Κατά το σχεδιασμό του ελάσματος χρησιμοποιήθηκαν οι εξής εντολές:

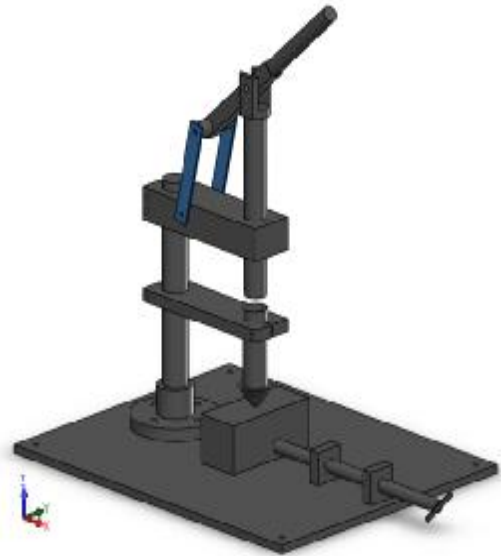
- Sketch → Line
- Sketches a circle → Circle
- Extrude Boss/Base → Boss extrude
- Cut extrude → Cut extrude
- Smart Dimension → Reference Dimension



Σχήμα 2.55



Σχήμα 2.56



Σχήμα 2.57

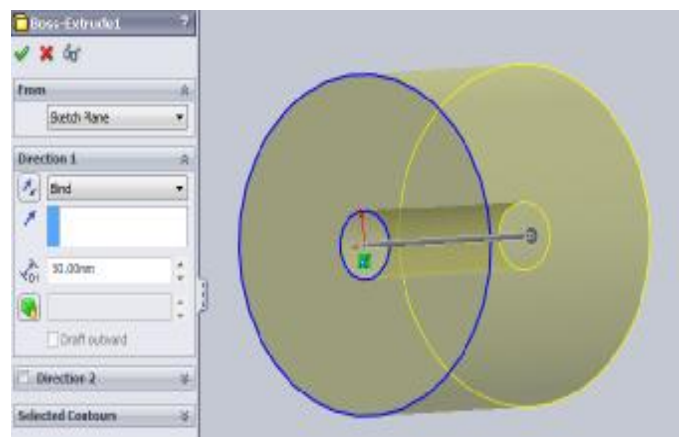
### 2.2.1.9. Έλασμα 2

Το έλασμα 2 σχεδιάστηκε με σκοπό την σύνδεση της χειρολαβής με το έμβολο πίεσης. Αποτελείται από ένα κυλινδρικό κατεργασμένο δοκίμιο. Κατά το σχεδιασμό του ελάσματος χρησιμοποιήθηκαν οι εξής εντολές:

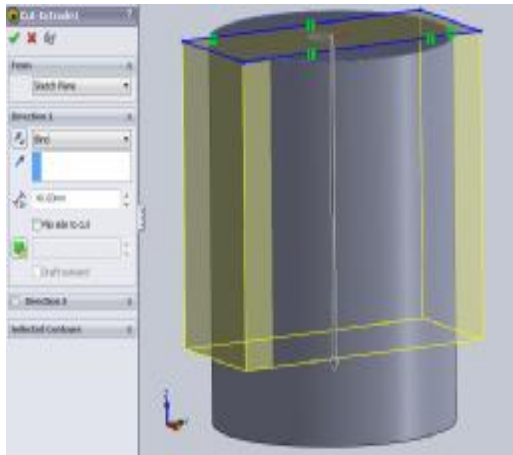
- Û Sketch → Line
- Û Sketches a circle → Circle
- Û Extrude Boss/Base → Boss extrude
- Û Cut extrude → Cut extrude
- Û Smart Dimension → Reference Dimension

Ο σχεδιασμός πραγματοποιήθηκε με την εξής διαδικασία:

Αρχικά, σχεδιάστηκαν δύο ομόκεντροι κύκλοι διαμέτρου  $8mm$  και  $40mm$  αντίστοιχα. Επιπλέον, δόθηκε ύψους  $50mm$  με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί ένας κύλινδρος. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο κύκλος διαμέτρου  $8mm$  σχεδιάστηκε για να τοποθετηθεί κοχλίας για την σύσφιξη του ελάσματος με το έμβολο πίεσης.



Σχήμα 2.58

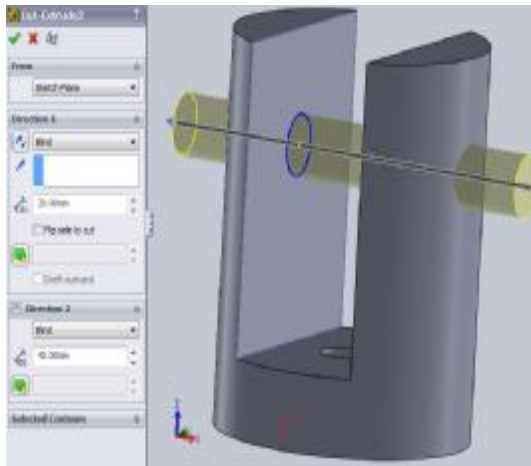


**Σχήμα 2.59**

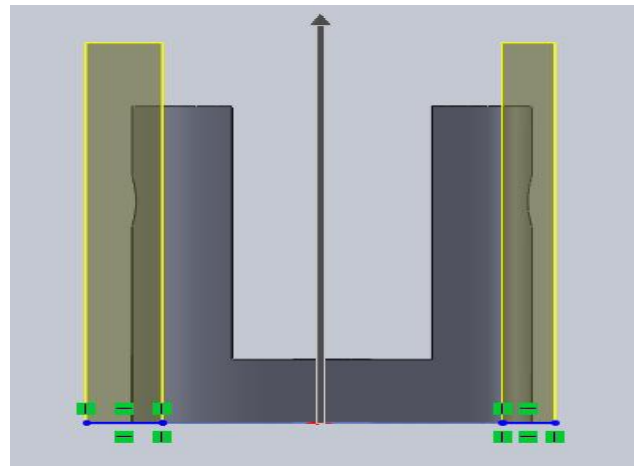
Στη συνέχεια, σχεδιάστηκε στην κορυφή του κυλίνδρου ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο διαστάσεων **20mm x 60mm**. Σκοπός αυτού, ήταν η αφαίρεση του συγκεκριμένου όγκου σε βάθος **40mm** ώστε να μπορεί να τοποθετηθεί η χειρολαβή.

Έπειτα, σχεδιάστηκε ένας κύκλος διαμέτρου **8mm** σε απόσταση **15mm** από την κορυφή του ελάσματος. Ο σχεδιασμός του κύκλου έγινε στο εσωτερικό της επίπεδης επιφάνειας του ελάσματος, ακολούθησε η αφαίρεση του όγκου και η δημιουργία οπής. Η οπή δημιουργήθηκε για την συνδεσμολογία της χειρολαβής με την χρήση πείρου.

Ωστόσο, για την καλύτερη σταθερότητα της σύνδεσης απομακρύνθηκαν η δεξιά και αριστερή κυκλική πλευρά του ελάσματος, αυτό πραγματοποιήθηκε με την παραπάνω διαδικασία του ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου.

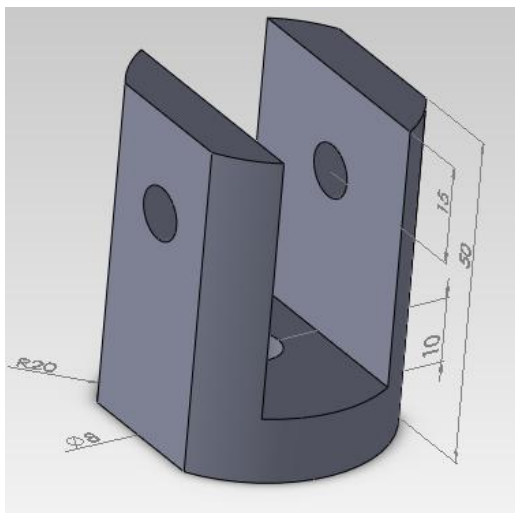


**Σχήμα 2.60**

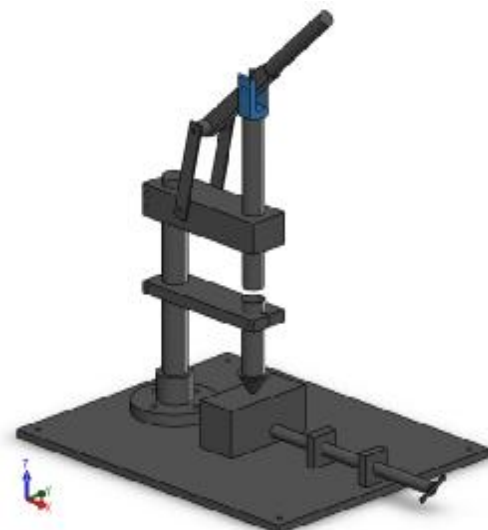


**Σχήμα 2.61**

Στην συνέχεια, ακολουθεί το τελικό προϊόν και που τοποθετείται στην μηχανή έγχυσης.



**Σχήμα 2.62**



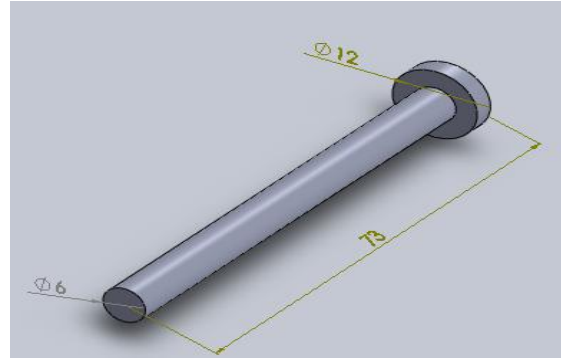
**Σχήμα 2.63**

### 2.2.1.10. Πείρος 1 και 2

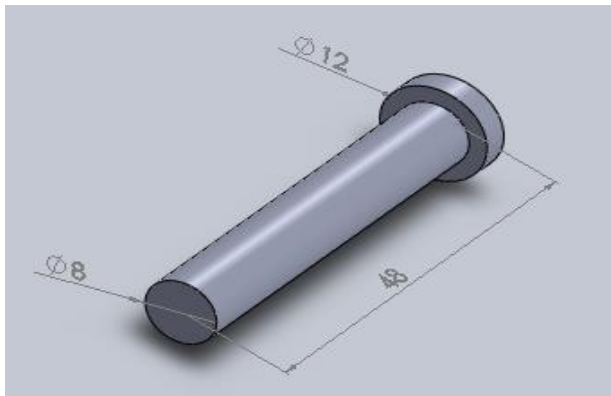
Οι πείροι 1 και 2 σχεδιάστηκαν με σκοπό να συνδέουν τα προαναφερομένη τμήματα. Ο σχεδιασμός του ήταν απλός και χρησιμοποιήθηκαν οι εξής εντολές:

- ↻ Sketches a circle → Circle
- ↻ Extrude Boss/Base → Boss extrude
- ↻ Smart Dimension → Reference Dimension

Ο πείρος 1 έχει της εξής διαστάσεις, η κεφαλή έχει διάμετρο **12mm** και πάχος **3mm** ενώ ο κορμός έχει διάμετρο **6mm** και μήκος **70mm**. Δεν πρέπει να παραληφθεί πως χρησιμοποιείται στην σύνδεση της άνω βάσης με το ελάσμα 1 καθώς και στη σύνδεση του ελάσματος 1 με την χειρολαβή.



Σχήμα 2.64



Σχήμα 2.65

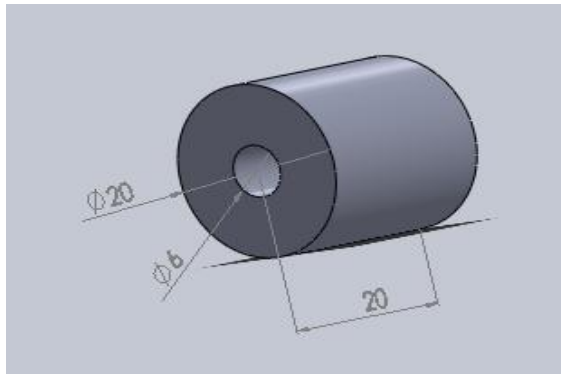
Ο πείρος 2 της εξής διαστάσεις, η κεφαλή έχει διάμετρο **12mm** και πάχος **3mm** ενώ ο κορμός έχει διάμετρο **8mm** και μήκος **48mm**. Χρησιμοποιείται στη σύνδεση του ελάσματος 2 με την χειρολαβή.

### 2.2.1.11. Αποστάτης

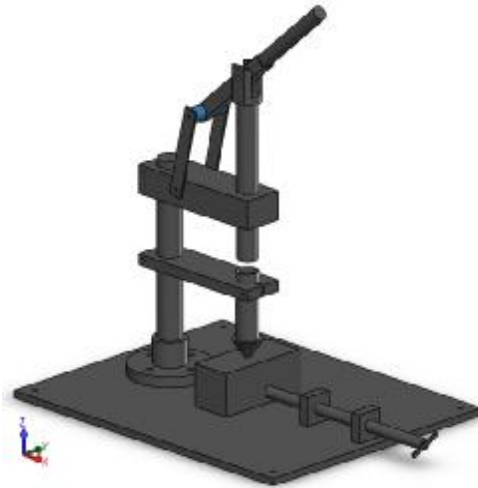
Ο αποστάτης σχεδιάστηκε με σκοπό να καλύψει τα κενά που δημιουργούνται μεταξύ των ελασμάτων 1 και της χειρολαβής. Με αυτόν το τρόπο η χειρολαβή και τα ελάσματα λειτουργούν πλήρως ευθυγραμμισμένα.

Ο σχεδιασμός πραγματοποιήθηκε ως εξής, δημιουργήθηκαν δυο ομόκεντροι κύκλοι διαμέτρων **20mm** και **6mm** αντίστοιχα και δόθηκε ύψος **20mm**. Επιπλέον, ο σχεδιασμός του θεωρήθηκε απλός και χρησιμοποιήθηκαν οι εξής εντολές:

- ↻ Sketches a circle → Circle
- ↻ Extrude Boss/Base → Boss extrude
- ↻ Smart Dimension → Reference Dimension



Σχήμα 2.66

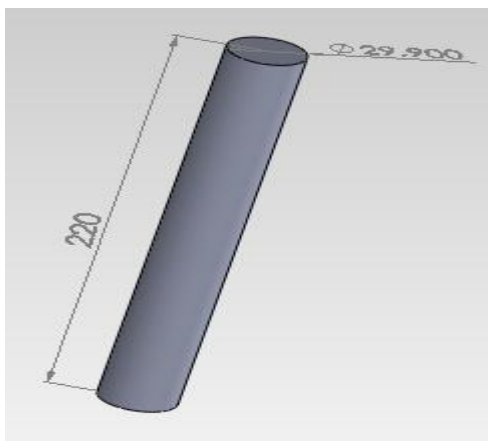


Σχήμα 2.67

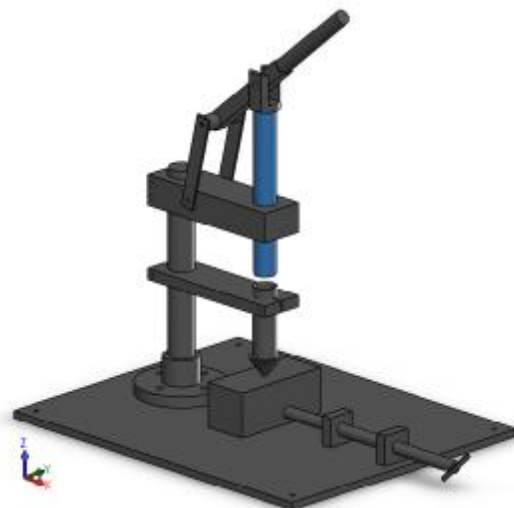
### 2.2.1.12. Έμβολο πίεσης

Το έμβολο πίεσης σχεδιάστηκε με σκοπό να ωθεί στην μύτη έγχυσης το τηγμένο υλικό που βρίσκεται στον αγωγό τοποθέτησης υλικού. Το έμβολο έχει διάμετρο **29.9mm** ώστε να υπάρχει μια ανοχή κατά την είσοδο του στον αγωγό και ύψος **220mm**. Κατά το σχεδιασμό χρησιμοποιήθηκαν οι εξής εντολές:

- ⌘ Sketches a circle → Circle
- ⌘ Extrude Boss/Base → Boss extrude
- ⌘ Smart Dimension → Reference Dimension



Σχήμα 2.68



Σχήμα 2.69

### 2.2.1.13. Ενδιάμεση βάση

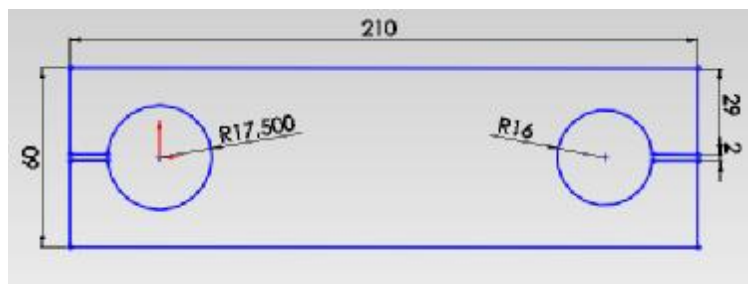
Η ενδιάμεση βάση σχεδιάστηκε με σκοπό να κρατείται πάντα σταθερός ο αγωγός τοποθέτησης υλικού. Τοποθετείται παράλληλα με την άνω βάση για να μην χάνεται το κεντράρισμα του εμβόλου συμπίεσης με τον αγωγό πλήρωσης του υλικού. Η ενδιάμεση βάση

είναι ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο με μήκος **210mm**, πλάτος **60mm** και πάχος **15mm**. Στο εσωτερικό της έχουν σχεδιαστεί δύο οπές, στις οποίες τα κέντρα τους απέχουν **150mm**.

Στην αριστερή μεριά της ενδιάμεσης βάσης η οπή έχει διάμετρο **35mm** και χρησιμοποιείται για την συναρμολόγηση της με την ράβδο του κεντρικού κορμού. Για την δυνατότητα αλλαγής του ύψους έχει σχεδιαστεί μια σχισμή πάχους **2mm**, όπου με την χρήση κοχλιών γίνεται σύσφιξη των τεμαχίων στο επιθυμητό ύψος. Στην δεξιά μεριά της ενδιάμεσης βάσης η οπή έχει διάμετρο **32mm** και σχεδιάστηκε έτσι ώστε να κρατείται πάντα σταθερός ο αγωγός τοποθέτησης υλικού. Όπως προαναφέρθηκε για την δυνατότητα αλλαγής του ύψους έχει σχεδιαστεί μια σχισμή πάχους **2mm**, όπου με την χρήση κοχλιών γίνεται σύσφιξη των τεμαχίων στο επιθυμητό ύψος.

Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για την άνω βάση είναι οι εξής:

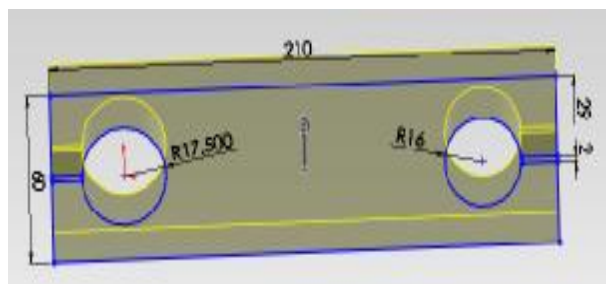
- Sketch → Line
- Sketches a circle → Circle
- Trim Entities → Trim to closest
- Extrude Boss/Base → Boss extrude
- Cut extrude → Cut extrude
- Smart Dimension → Reference Dimension



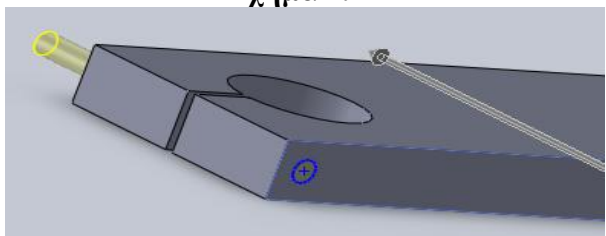
Σχήμα 2.70

Στην συνέχεια, αφού τελειοποιήθηκε ο σχεδιασμός του 2D σχήματος της ενδιάμεσης βάσης, δίνεται το ύψος της, το οποίο είναι **15mm**. Έπειτα, σχεδιάστηκαν δυο οπές στα άκρα της βάσης, οι οποίες είχαν διάμετρο **6mm**.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, οι δυο οπές σχεδιάστηκαν με σκοπό την σύσφιξη με κοχλίες.



Σχήμα 2.71

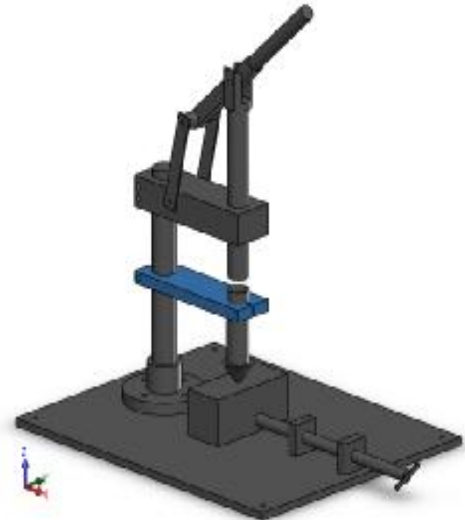


Σχήμα 2.72

Στην συνέχεια, ακολουθεί το τελικό προϊόν και που τοποθετείται στην μηχανή έγχυσης.



Σχήμα 2.73



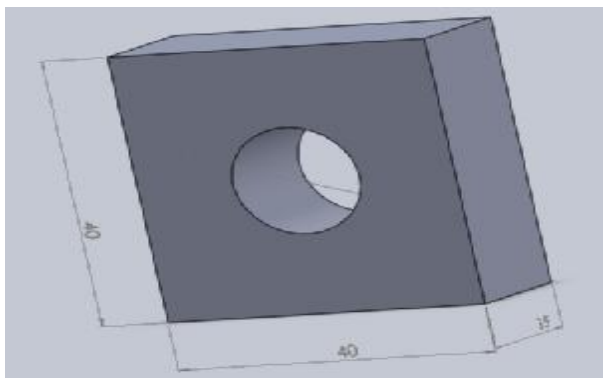
Σχήμα 2.74

#### 2.2.1.14. Βάση κοχλία σύσφιξης

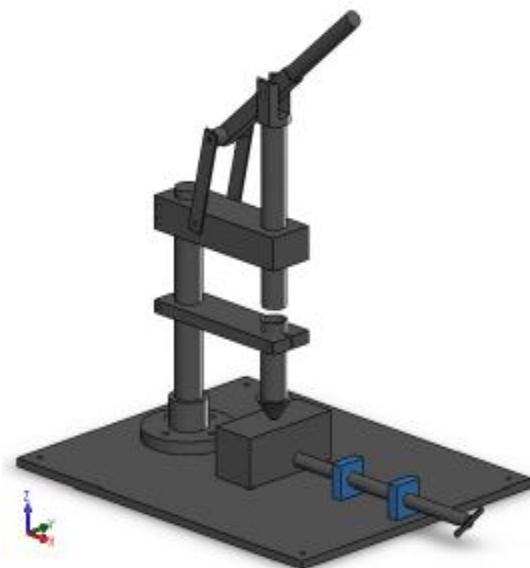
Η βάση του κοχλία σύσφιξης σχεδιάστηκε με σκοπό να βιδώνει στο εσωτερικό ο κοχλία σύσφιξης και να συγκρατεί κλειστό το καλούπι. Είναι ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο διαστάσεων  $40\text{mm} \times 40\text{mm}$  με πάχος  $15\text{mm}$ . Επίσης, στο εσωτερικό του υπάρχει οπή διαμέτρου  $16\text{mm}$ . Για να είναι πιο σταθερός ο κοχλίας σύσφιξης τοποθετούνται δύο βάσεις, οι οποίες είναι κολλημένες στην κάτω βάση.

Κατά το σχεδιασμό του ελάσματος χρησιμοποιήθηκαν οι εξής εντολές:

- Sketch → Line
- Sketches a circle → Circle
- Extrude Boss/Base → Boss extrude
- Smart Dimension → Reference Dimension



Σχήμα 2.75



Σχήμα 2.76



### 2.2.1.15. Κοχλίας σύσφιξης

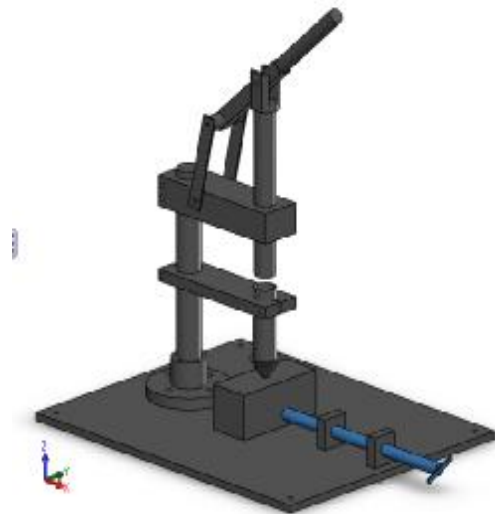
Ο κοχλίας σύσφιξης σχεδιάστηκε με σκοπό να συγκρατεί το καλούπι, βιδώνει στις σταθερές βάσεις συσφίξεις και είναι τυποποιημένος στο εμπόριο. Ωστόσο, σχεδιάστηκε για την ολοκλήρωση τους σχεδιασμού της μηχανής έγχυσης. Οι διαστάσεις του είναι οι εξής, έχει διάμετρό **16mm** και μήκος **300mm**. Επίσης, στην μία άκρη τοποθετήθηκε ένα έλασμα διαστάσεων **50mm x 6mm** το οποίο χρησιμοποιείται για λαβή.

Ο σχεδιασμός του ήταν απλός και χρησιμοποιήθηκαν οι εξής εντολές:

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| ↻ Sketches a circle | → Circle              |
| ↻ Extrude Boss/Base | → Boss extrude        |
| ↻ Smart Dimension   | → Reference Dimension |



Σχήμα 2.76



Σχήμα 2.77

### 2.2.1.16. Καλούπι

Το καλούπι της μηχανής έγχυσης σχεδιάστηκε με σκοπό να τοποθετείται στο εσωτερικό του το τηγμένο υλικό που βρίσκεται στον αγωγό. Το καλούπι έχει κοιλότητα ορισμένου σχήματος και είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο. Η κοιλότητα έχει διαμορφωθεί βάση του προϊόντος που θέλουμε να κατασκευάσουμε. Στην περίπτωση μας διαμορφώνεται έτσι, ώστε να δημιουργηθεί μια χειρολαβή κατσαβιδιού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το υλικό κατασκευής του καλουπιού (αλουμίνιο) επιλέχτηκε για να έχει την δυνατότητα να αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες του τηγμένου υλικού.

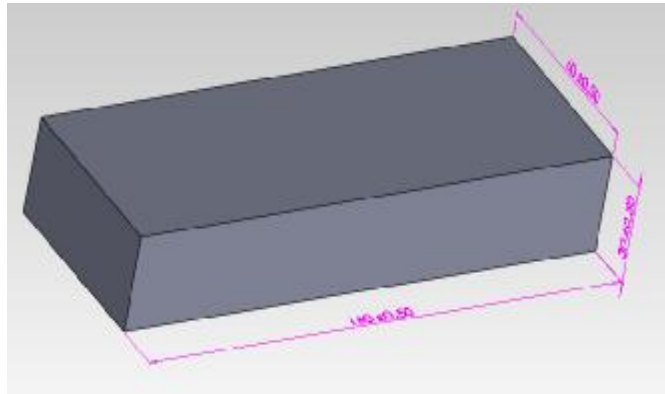
Το καλούπι έχει σχήμα ορθογώνιου παραλληλεπίπεδου, του οποίου οι διαστάσεις είναι οι ακόλουθες: μήκος **160mm**, πλάτος **60mm** και ύψος **60mm**. Οι εντολές που χρησιμοποιήθηκαν για το καλούπι είναι οι εξής:

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| ↻ Sketch            | → Line                |
| ↻ Sketches a circle | → Circle              |
| ↻ Extrude Boss/Base | → Boss extrude        |
| ↻ Cut extrude       | → Cut extrude         |
| ↻ Smart Dimension   | → Reference Dimension |

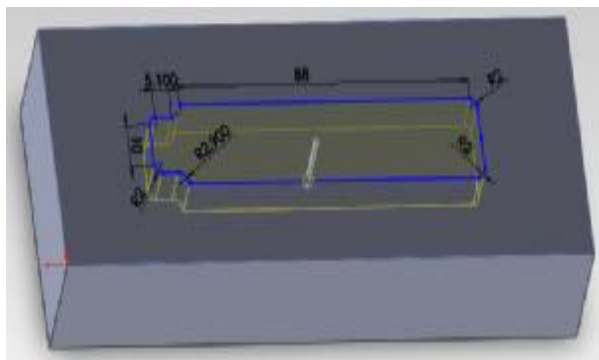
Ωστόσο, δεν πρέπει να παραληφθεί ότι το καλούπι χωρίζεται σε δυο τμήματα τα οποία είναι πλήρως συμμετρικά με συνέπεια το αποτέλεσμα να είναι ομοιόμορφο και χωρίς ατέλειες. Στην συνέχεια ακολουθεί ο σχεδιασμός και των δυο τμημάτων του καλουπιού τα οποία έχουμε ονομάσει τμήμα 1 και 2 αντίστοιχα.

### Ø ΤΜΗΜΑ 1

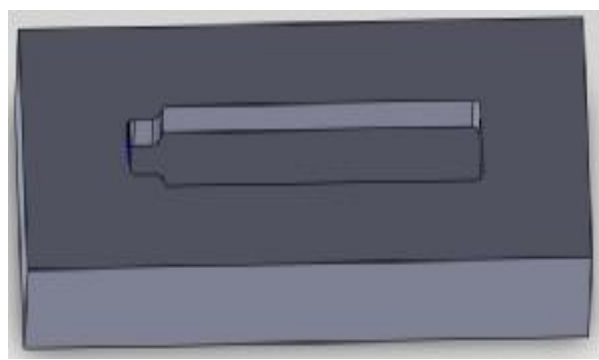
Αρχικά σχεδιάστηκε ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο διαστάσεων **160mm** x **30mm** x **60mm**. Στην συνέχεια σχεδιάζουμε στην επιφάνεια του ορθογωνίου, το σχήμα που θέλουμε να αποδώσουμε στην κοιλότητα για να δημιουργηθεί η χειρολαβή. Οι διαστάσεις απεικονίζονται στο παρακάτω σχήμα. Ο σχεδιασμός ολοκληρώθηκε κάνοντας αφαίρεση υλικού από την κοιλότητα.



Σχήμα 2.78

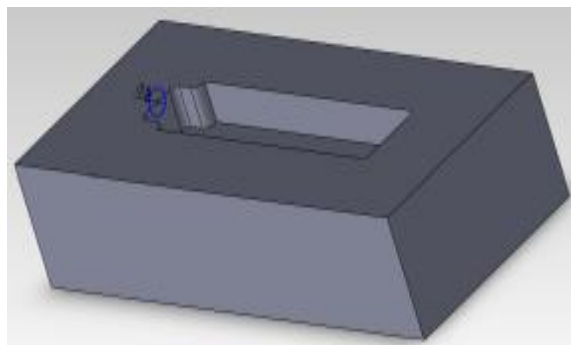


Σχήμα 2.79

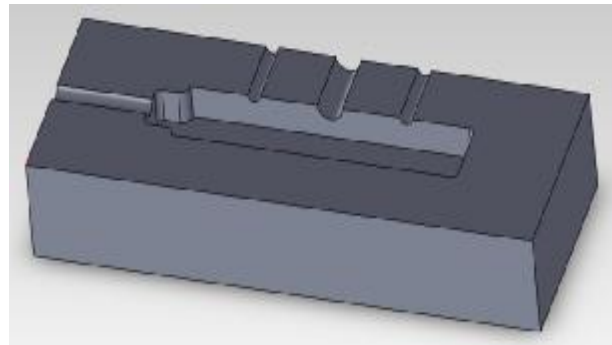


Σχήμα 2.80

Ακολουθεί ο σχεδιασμός μιας οπής **6mm** η οποία θα είναι ο οδηγός για την τοποθέτηση του ελάσματος (μύτη) του κατσαβιδιού. Έπειτα σχεδιάζονται δυο οπές οι οποίες έχουν διάμετρο **4mm** και έχουν σκοπό την διαφυγή του εγκλωβισμένου αέρα που δημιουργείτε κατά την χύτευση. Ακόμα σχεδιάστηκε άλλη μια οπή, διαμέτρου **8mm** από την οποία θα εισέρχεται το τηγμένο υλικό. Η επιλογή της διαμέτρου αυτής έγινε βάση της μύτης έγχυσης η οποία θα πρέπει να ακουμπά στο καλούπι για την μετάβαση του τηγμένου υλικού στο καλούπι.

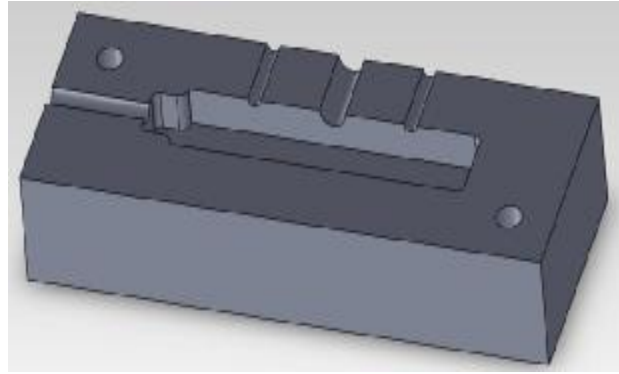


Σχήμα 2.81



Σχήμα 2.82

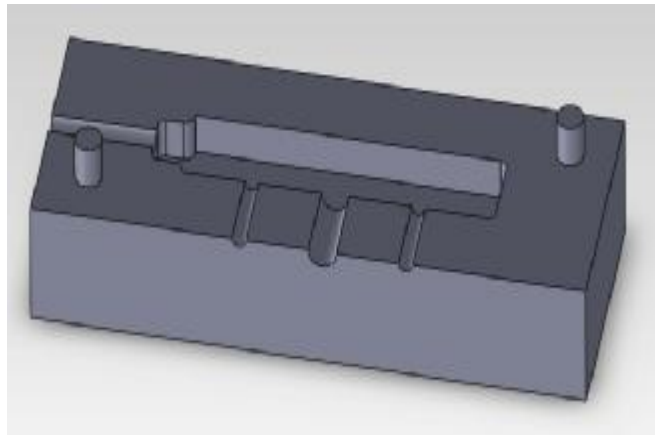
Για την τελειοποίηση του τμήματος 1 σχεδιάστηκαν δυο οπές. Η διάμετρος τους είναι κοινή και είναι  $8mm$ . Βρίσκονται στην άνω αριστερή και κάτω δεξιά πλευρά του τμήματος (διαγώνια). Σκοπός τους είναι να εισέρχονται οι πείροι του τμήματος 2 με συνέπια να κρατούν πλήρως ευθυγραμμισμένο το καλούπι κατά την συγκράτηση του από τον κοχλία σύσφιξης.



Σχήμα 2.83

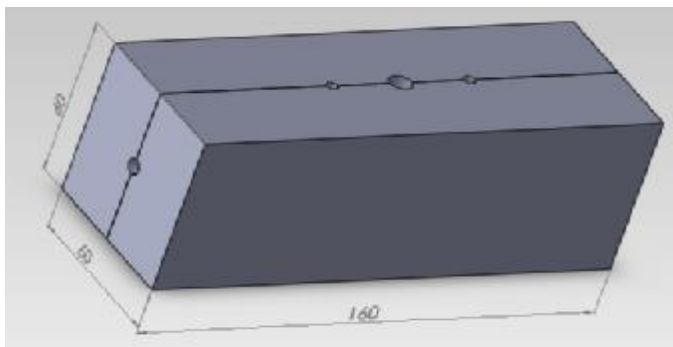
### Ø ΤΜΗΜΑ 2

Το τμήμα 2 σχεδιάστηκε με την ίδια διαδικασία που ακολουθήθηκε στο τμήμα 1. Ωστόσο, δεν θα πρέπει να παραληφθεί ότι το τμήμα 2 είναι ο «καθρέφτης» του τμήματος 1. Επιπλέον, οι διαγώνιες οπές αντικαταστάθηκαν με πείρους διαμέτρου  $8mm$  και μήκος  $10mm$ .

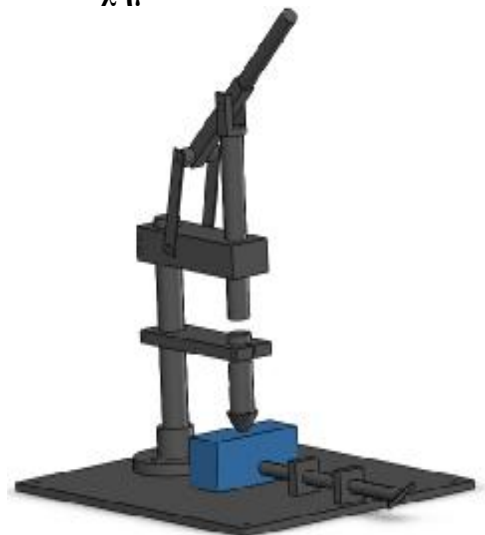


Σχήμα 2.84

Στην συνέχεια ακολουθεί η ένωση του τμήματος 1 και 2 και πώς απεικονίζονται στην τελική μηχανή έγχυσης.



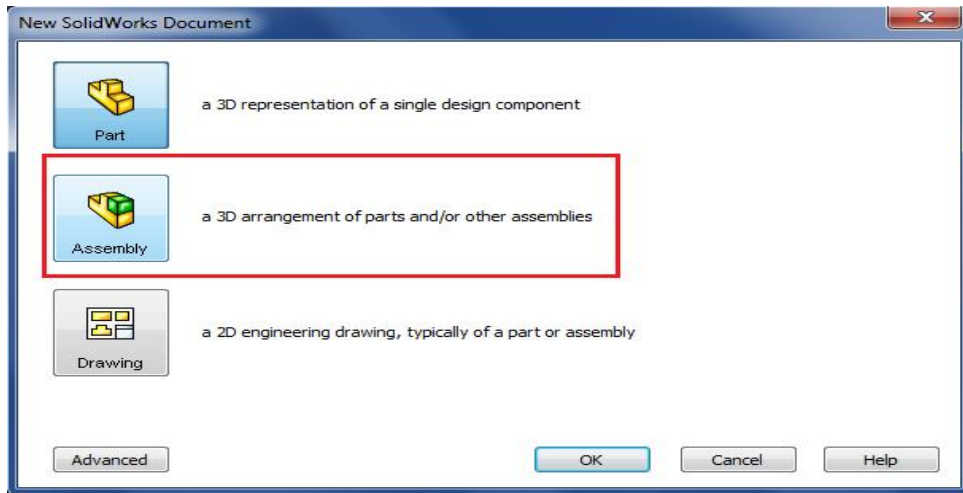
Σχήμα 2.85



Σχήμα 2.86

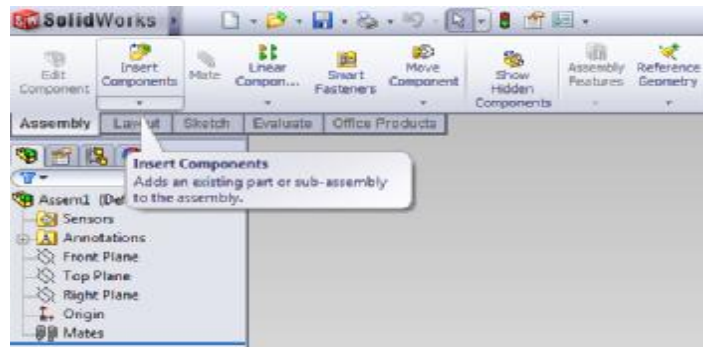
### 2.2.2. Assembly μηχανής έγχυσης

Αφού σχεδιάστηκαν τα αντικείμενα της μηχανής έγχυσης ακολουθεί η ένωση τους με σκοπό την απεικόνιση της πρωτότυπης μηχανής έγχυσης. Η ένωση αυτή πραγματοποιήθηκε στο πρόγραμμα του SolidWorks και επιλέχτηκε το εικονίδιο «Assembly».



Σχήμα 2.87

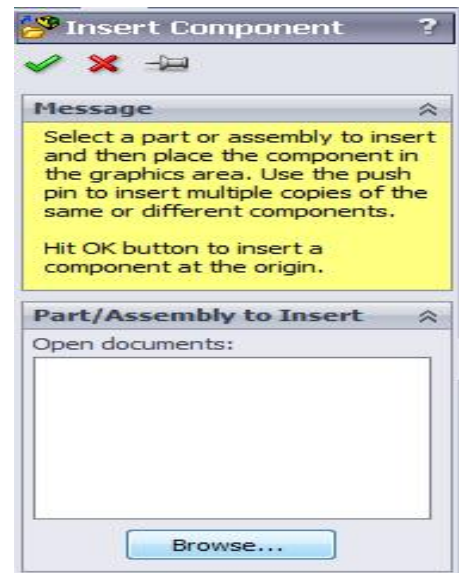
Στην συνέχεια εμφανίζεται το περιβάλλον του προγράμματος που βρίσκεται στην καρτέλα *Assembly*. Με την χρήση της εντολής *Insert Components* μας δίνεται η δυνατότητα να επιλεγθούν τα αρχεία (αντικείμενα) που απαρτίζουν την μηχανή έγχυσης.



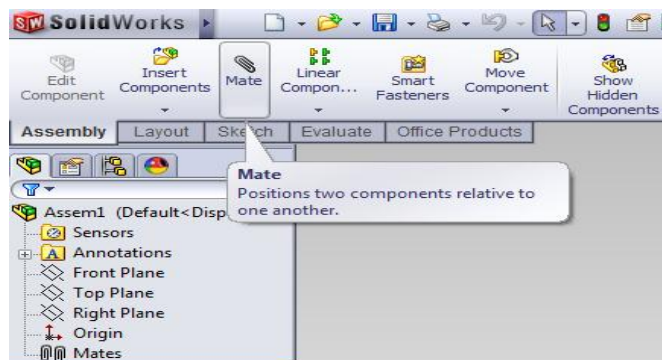
Σχήμα 2.88

Αποτέλεσμα αυτού, είναι η εμφάνιση του διπλανού σχήματος όπου επιλέχτηκε το *browse* για να μπορεί να πραγματοποιηθεί περιήγηση στα αποθηκευμένα αρχεία. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα αρχεία έχουν αποθηκευτεί σύμφωνα με την ονομασία κάθε αντικειμένου που έχουν προαναφερθεί στα παραπάνω εδάφια.

Αφού επιλεγτούν τα αντικείμενα από την καρτέλα περιήγησης με την εντολή *Open* εμφανίζονται στον περιβάλλον του SolidWorks.

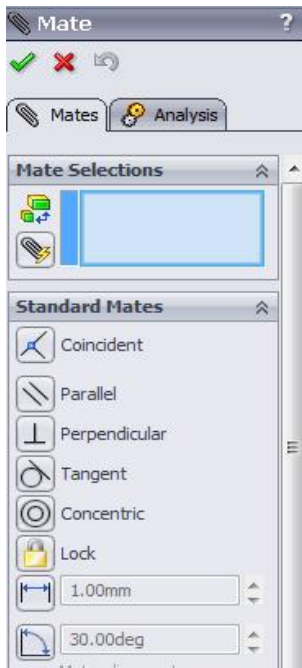


Σχήμα 2.89



Σχήμα 2.90

Έπειτα, ακολουθεί η ένωση των αντικειμένων με την εντολή *Mate*. Με την επιλογή της ανοίγει η παρακάτω καρτέλα.

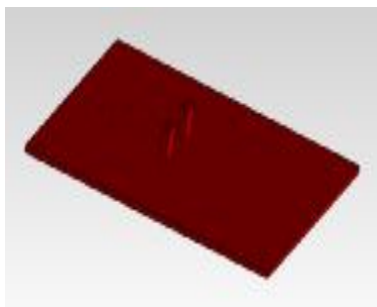


**Σχήμα 2.91**

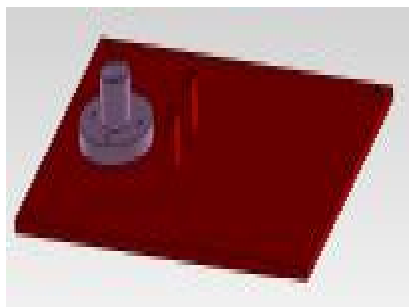
Οι επιλογές που εμφανίζονται είναι οι εξής:

- ü **Coincident:** επιλέγεται κοινό σημείο για τα αντικείμενα
- ü **Parallel:** επιλέγεται παράλληλη τοποθέτηση των αντικειμένων
- ü **Perpendicular:** επιλέγεται κάθετη τοποθέτηση των αντικειμένων
- ü **Tangent:** επιλέγεται εφαπτόμενη τοποθέτηση των αντικειμένων
- ü **Concentric:** επιλέγεται ομόκεντρη τοποθέτηση των αντικειμένων
- ü **Lock:** πραγματοποιείται το «κλείδωμα» την ένωσης

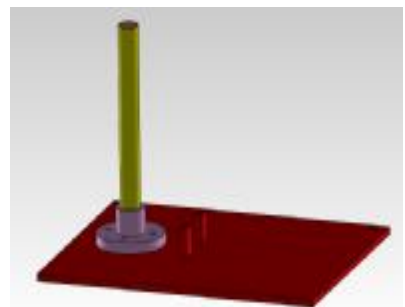
Ανάλογα τα προς ένωση αντικείμενα επιλέγεται η κατάλληλη από τις παραπάνω επιλογές. Ωστόσο, σε όλες τις περιπτώσεις επιλέγεται το κλείδωμα της ένωσης για να μην υπάρξουν ανεπιθύμητες μετακινήσεις των αντικειμένων. Στην συνέχεια απεικονίζονται οι εικόνες της ένωσης των αντικειμένων.



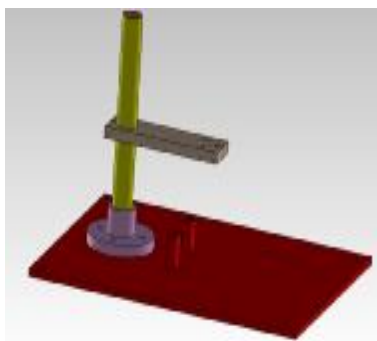
**Σχήμα 2.92:**  
**Κάτω βάση**



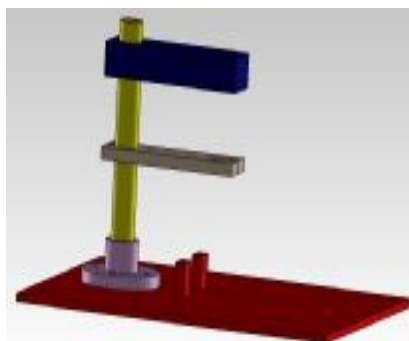
**Σχήμα 2.93:**  
**Βάση 1**



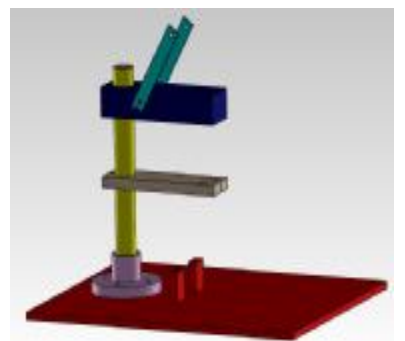
**Σχήμα 2.94:**  
**Ράβδος κεντρικού κορμού**



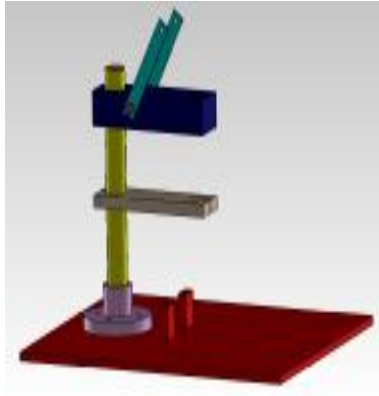
**Σχήμα 2.95:**  
**Ενδιάμεση βάση**



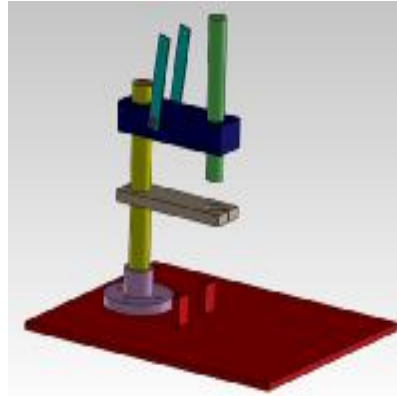
**Σχήμα 2.96:**  
**Άνω Βάση**



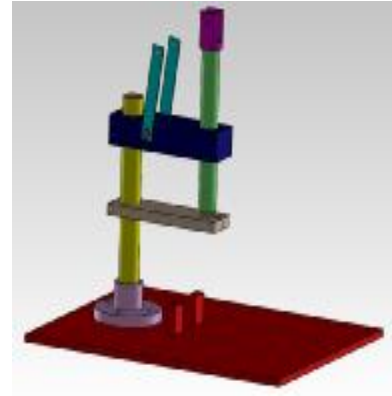
**Σχήμα 2.97:**  
**Έλασμα 1**



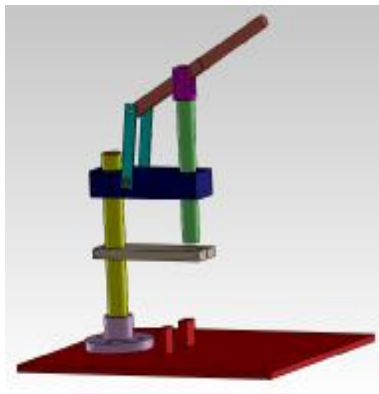
**Σχήμα 2.98:**  
**Πείρος 1 και 2**



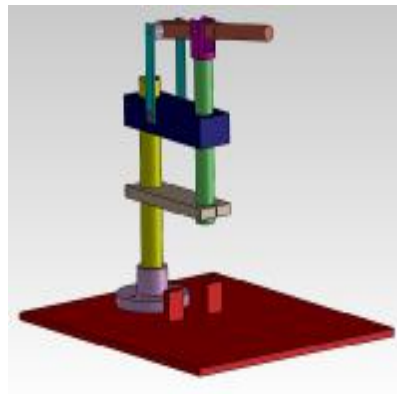
**Σχήμα 2.99:**  
**Έμβολο πίεσης**



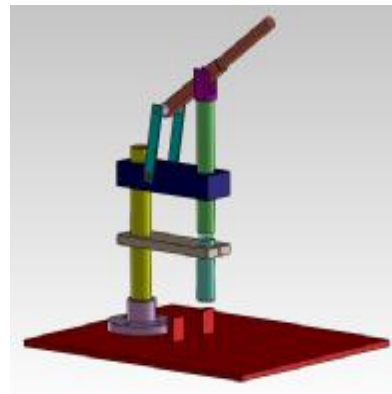
**Σχήμα 2.100:**  
**Έλασμα 2**



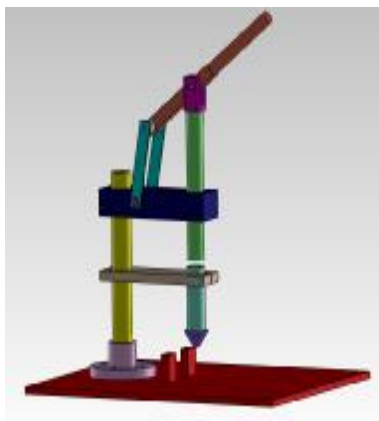
**Σχήμα 2.101:**  
**Χειρολαβή**



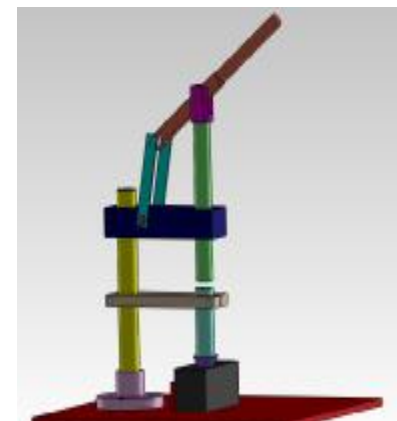
**Σχήμα 2.102:**  
**Αποστάτης**



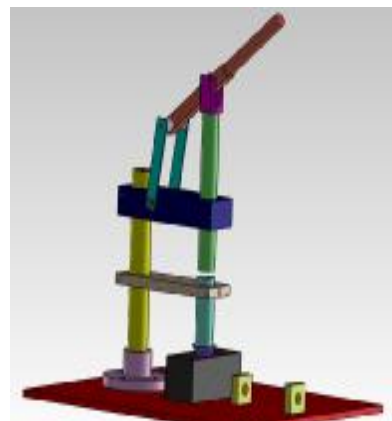
**Σχήμα 2.103:**  
**Αγωγός τοποθέτησης  
υλικού**



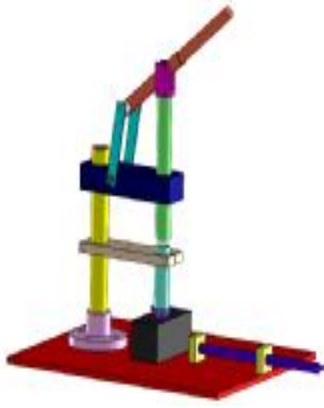
**Σχήμα 2.104:**  
**Μύτη έγχυση**



**Σχήμα 2.105:**  
**Καλούπι**



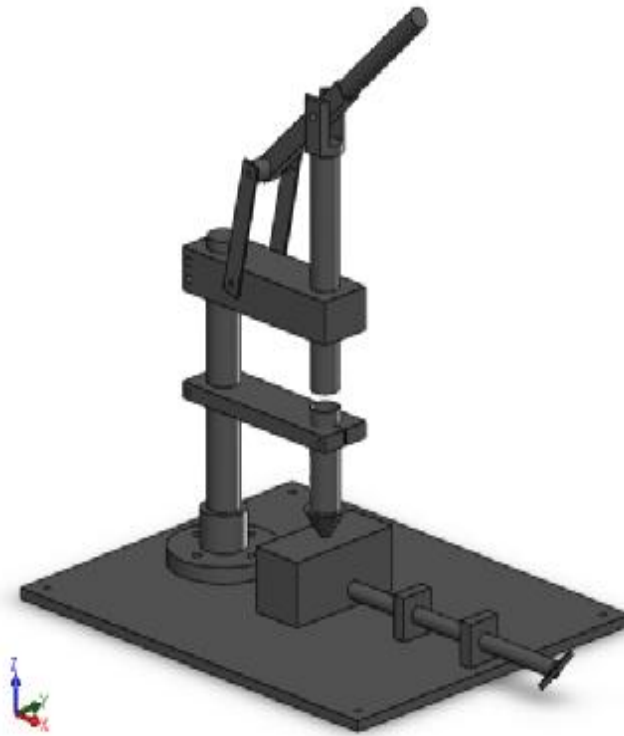
**Σχήμα 2.106:**  
**Βάση κοιλία σύσφιξης**



**Σχήμα 2.107**  
**Κοιλίας σύσφιξης**

Οι εικόνες που παρουσιάστηκαν μας υποδεικνύουν την σειρά συναρμολόγησης των αντικειμένων της μηχανής έγχυσης. Κάθε αντικείμενο αποικονίζεται με το δικό του χρώμα, ώστε να γίνεται κατανοητό ποιο αντικείμενο προστίθεται κάθε φορά.

Ωστόσο, στην παρούσα πτυχιακή εργασία η πρωτότυπη μηχανή έγχυσης θα παρουσιάζεται όπως την παρακάτω εικόνα.



**Σχήμα 2.108:** Πρωτότυπη μηχανή έγχυσης (τελικό).

### 2.2.3. Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός

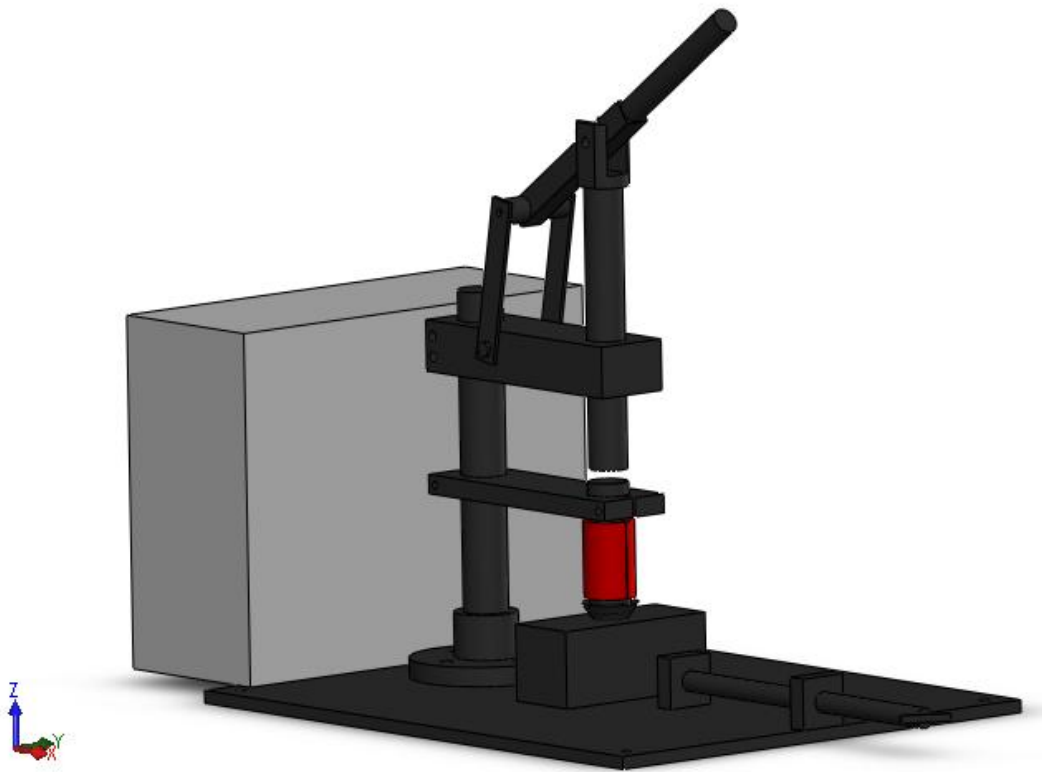
Η μηχανή έγχυσης δεν αποτελείται μόνο από τα εξαρτήματα που προαναφέρθηκαν στο παραπάνω εδάφιο. Ο βασικός εξοπλισμός της είναι ο ηλεκτρολογικός, ο οποίος αποτελείται από τα εξής υλικά:

- Ερμάριο
- Μικρο - αυτόματος 16Α
- Θερμοστάτης Ηλεκτρονικός
- Αισθητήριο pt100

- Αντίσταση κολάρο
- Ρελέ λυχνίας
- Καλώδιο
- Φις σούκο
- Διακόπτης 0-1
- Λυχνίες

Ωστόσο, τα ακριβή υλικά που θα χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή της μηχανή έγχυσης θα αναλυθούν στο Κεφάλαιο της οικονομοτεχνικής μελέτης.

Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός θα τοποθετηθεί στην μηχανή έγχυσης όπως παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.14. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στο σχήμα δεν διακρίνονται όλα τα υλικά διότι τα περισσότερα είναι τοποθετημένα στο ερμάριο του ηλεκτρολογικού εξοπλισμού. Αυτό που θα πρέπει να τονιστεί είναι η αντίσταση κολάρο που χρησιμοποιείται για την θέρμανσης - τήξη του υλικού χύτευσης.



**Σχήμα 2.109:** Μηχανή έγχυσης με ηλεκτρολογικό εξοπλισμό.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: SOLIDCAM

### 3.1.ΓΕΝΙΚΑ

Το CAM είναι ένας κώδικας προσομοίωσης των κατεργασιών που έχουν τη δυνατότητα να πραγματοποιηθούν σε μια εργαλειομηχανή με την υποστήριξη ηλεκτρονικού υπολογιστή. Για την εφαρμογή του CAM απαραίτητο είναι η χρήση ενός σχεδιαστικού λογισμικού (CAD) για την αρχική σχεδίαση των κομματιών κατασκευής όπως επίσης για την διασύνδεση λογισμικού και εργαλειομηχανής.

Η χρήση ενός πακέτου CAM-CAD αποτελεί ένα από τα βασικά βοηθήματα του προγραμματισμού ψηφιακών ελεγχόμενων εργαλειομηχανών, όπως επίσης και τον σχεδιασμό ενός μηχανολογικού εξαρτήματος. Ωστόσο, η σωστή εφαρμογή απαιτεί γνώσεις μεγάλου εύρους σε διάφορους τομείς.

Ο σωστός προγραμματισμός μιας εργαλειομηχανής για την κατεργασία ενώ κομματιού πρέπει να ακολουθηθεί μια σειρά χαρακτηριστικών γεωμετρικών στοιχείων και συνθηκών κατεργασίας για να θεωρηθεί επιτυχής. Για την υλοποίηση και τον προγραμματισμό ενός μηχανολογικού εξαρτήματος θα πρέπει να υπάρχει ένα υπόβαθρο γνώσεων οι οποίες αφορούν τους εξής τομείς:

- *Μηχανολογικό γραμμικό σχέδιο:* αποτύπωση εξαρτήματος και ανάγνωση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών
- *Σχεδίαση στο χώρο και συστήματα αξόνων:* τρισδιάστατη απεικόνιση και σχηματισμό όγκων
- *Μηχανολογικές κατεργασίες:* επιλογή συνθηκών κατεργασίας και κατάλληλων κοπτικών εργαλείων
- *Χρήση και λειτουργία συμβατικών εργαλειομηχανών και CNC.*

Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί ότι πριν το σχεδιασμό και την χρήση του προγράμματος CAM είναι απαραίτητη η οργάνωση και η δημιουργία πλάνου. Αποτέλεσμα αυτών είναι ο τρόπος εργασίας κατασκευής ενός κομματιού να βασίζεται σε συγκεκριμένα βήματα. Τα βήματα είναι τα κάτωθι:

- Μελέτη του κομματιού επεξεργασίας και γεωμετρικών χαρακτηριστικών του
- Προσδιορισμός της κατεργασίας και επιλογή της εργαλειομηχανής που απαιτούνται για την παράγωγη
- Επιλογή των συνθηκών κατεργασίας
- Προσδιορισμός του τρόπου και της σειράς κατεργασιών του κομματιού.

### 3.2. SOLIDCAM

Ο σχεδιασμός της μηχανής έγχυσης στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα του SolidWorks. Και σε αυτή τη περίπτωση γίνεται ο συνδυασμός του CAM και ενός σχεδιαστικού προγράμματος. Ποιο συγκεκριμένα το πακέτο SolidWorks / SolidCAM είναι το εργαλείο υλοποίησης της μηχανής έγχυσης.

Το SolidCam αποτελεί ξεχωριστό τμήμα του προγράμματος SolidWorks, το οποίο και εγκαθίσταται πάνω στο σχεδιαστικό περιβάλλον του. Προσφέρει την δυνατότητα προσομοίωσης της κατασκευής ενός εξαρτήματος και των διεργασιών κοπής όπως:

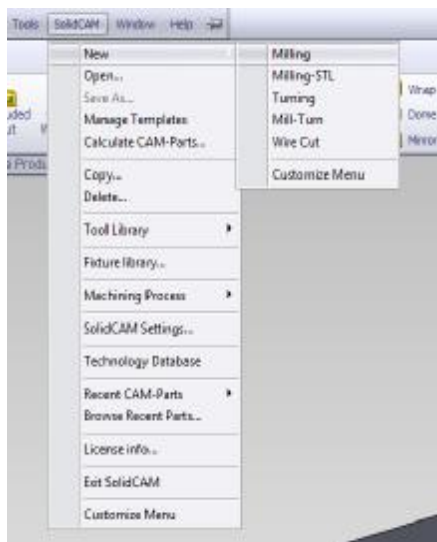
- Û Τόρνευση
- Û Φρεζάρισμα
- Û Διάτρηση

Επιπλέον, το SolidCAM έχει την ικανότητα να εξάγει σε κώδικα μηχανής τις κατεργασίες προσομοίωσης ενός κομματιού. Ο κώδικας αυτός μέσω ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή μπορεί να δοθεί απευθείας με μια πλήρως ψηφιακά καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή CNC και να αρχίσει άμεσα η παράγωγή του κομματιού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το πρόγραμμα διαθέτει βιβλιοθήκες με διάφορα εργαλεία κοπής εργαλειομηχανών με συνέπεια η ευέλικτη και εύκολη χρήση του. (Τσίρκας Σ. 2011)

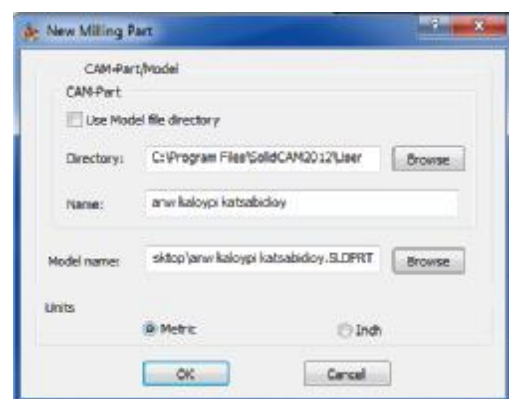
### 3.2.1. Κατεργασία καλουπιού μηχανής έγχυσης

#### 3.2.1.1. Κατεργασία καλουπιού: Τμήμα 1

Ο σχεδιασμός του καλουπιού πραγματοποιήθηκε με την χρήση του υπολογιστικού προγράμματος SolidWorks, ενώ η κατεργασία του κάθε τμήματος του καλουπιού πραγματοποιήθηκε με το υπολογιστικό πρόγραμμα SolidCAM. Η επιλογή του SolidCAM βρίσκεται στην περιοχή Main Menu του SolidWorks. Στην συνέχεια επιλέγοντας άνοιγμα νέου αρχείου «New» και συγκεκριμένα διαδικασία φρεζαρίσματος «Milling» ενεργοποιείται και εμφανίζεται το «New Milling Part» ώστε να εισέλθουμε στο περιβάλλον του SolidCAM. Τα βήματα που προαναφέρθηκαν απεικονίζονται στα παρακάτω σχήματα:



Σχήμα 3.1

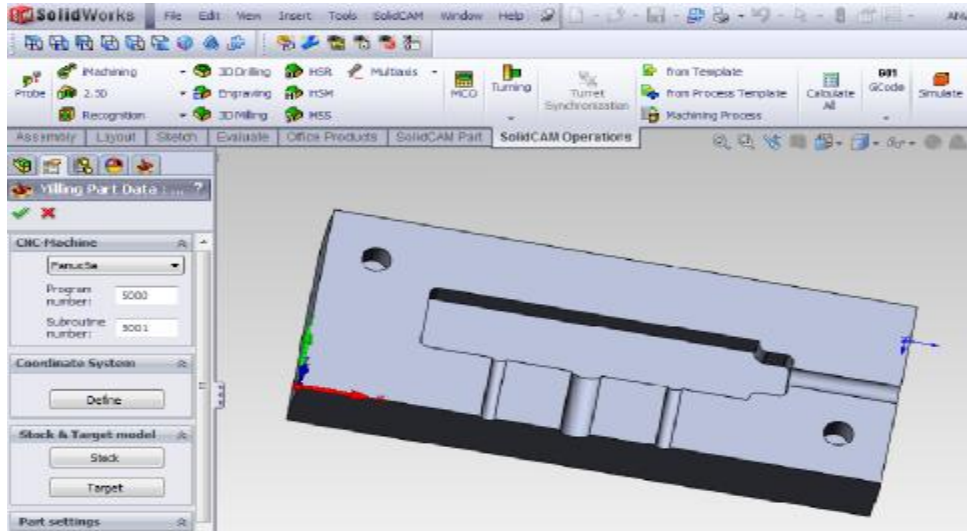


Σχήμα 3.2

Στην συνέχεια εφόσον έχουμε εισέλθει στο περιβάλλον του SolidCAM (Σχήμα 3.3) εμφανίζεται το αντικείμενο που θέλουμε να κατεργαστούμε, στην περίπτωση μας το τμήμα 1 του καλουπιού. Παρατηρώντας το Σχήμα 3.3 διακρίνουμε στη αριστερή πλευρά τις αρχικές

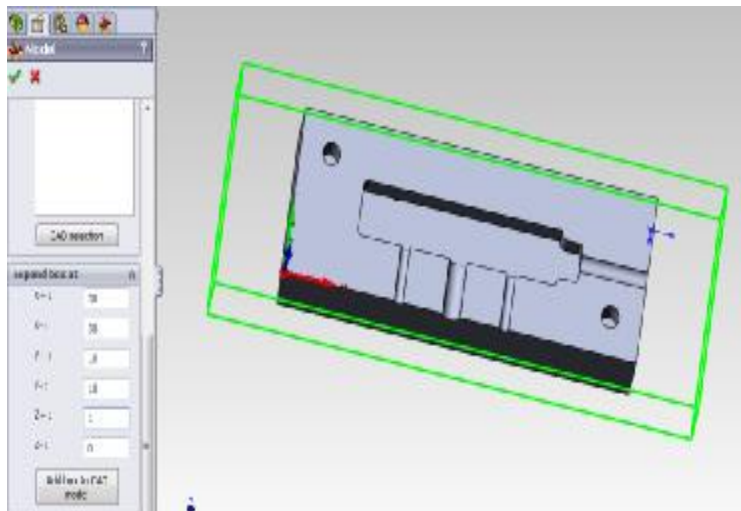
επιλογές που δίνονται από το πρόγραμμα για την έναρξη της κατεργασίας. Οι επιλογές που είναι απαραίτητες για την διαδικασία είναι οι ακόλουθες:

- ü CNC-Machine
- ü Coordinate system
- ü Stock & Target model



Σχήμα 3.3

Από την επιλογή *CNC-Machine* επιλέγεται η μηχανή που θα χρησιμοποιήσουμε για την κατεργασία. Στην περίπτωση μας επιλέγεται η ψηφιακή φρέζα *Fanuc5a*, την οποία διαθέτει το Α.Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας για την υλοποίηση του καλουπιού της μηχανής έγχυσης της παρούσας πτυχιακής εργασίας. Στην συνέχεια από την επιλογή *Coordinate system* καθορίζεται το σύστημα συντεταγμένων (x,y,z) επάνω στο αντικείμενο κατεργασίας.



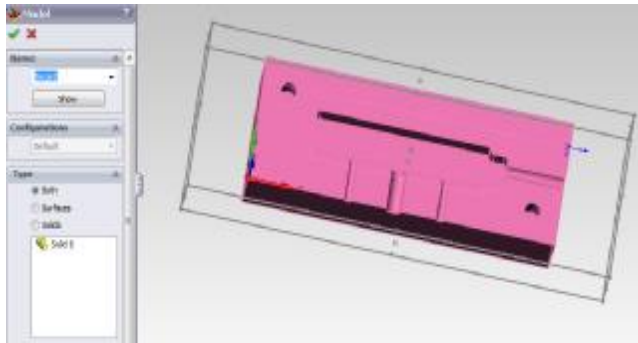
Σχήμα 3.4

Οι διαστάσεις αυτές επιλέγονται με σκοπό το αντικείμενο να τοποθετείται σωστά στην τράπεζα της φρέζας. Για την ολοκλήρωση της διαδικασίας της διαστασιολόγησης του προπλάσματος επιλέγεται το *Add box to CAD model*.

Ακολουθεί η επιλογή *Stock & Target model* όπου από το *Stock* καθορίζεται το πρόπλασμα του αντικειμένου και με το *Target* κάνουμε επιλογή κατεργασίας του αντικειμένου.

Όταν επιλέγεται η εντολή *Stock* εμφανίζεται ένα παράθυρο στο οποίο πρέπει να ορίσουμε τις διαστάσεις του προπλάσματος. Το πρόπλασμα ορίζεται ως εξής:

- ü  $x \rightarrow +30$  και  $-30$
- ü  $y \rightarrow +10$  και  $-10$
- ü  $z \rightarrow +1$  και  $0$

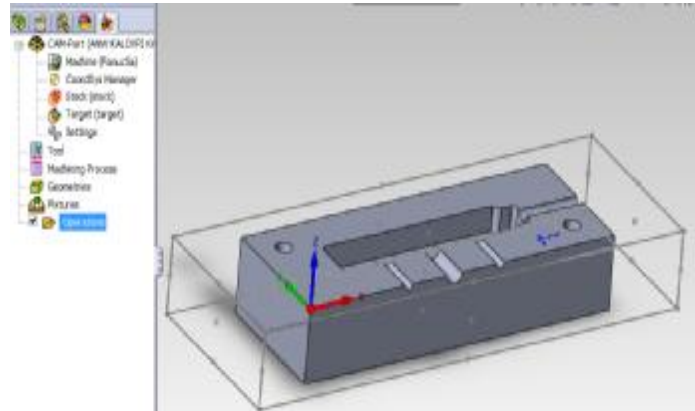


Σχήμα 3.5

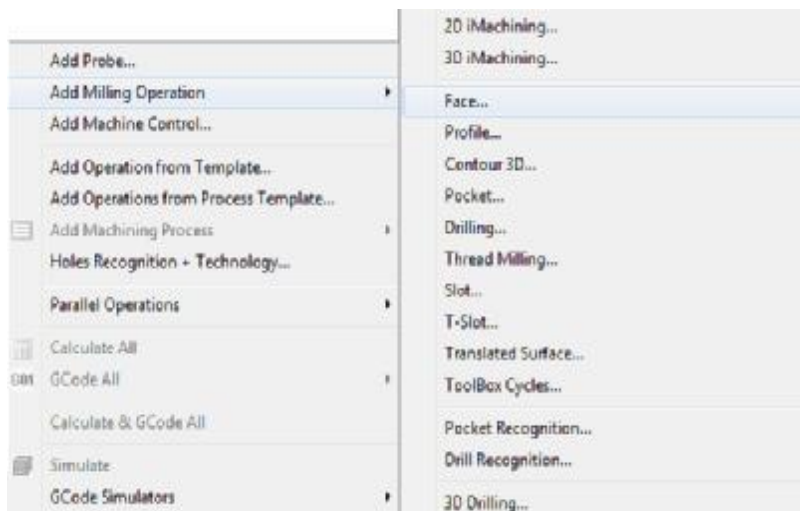
Τέλος, όπως προαναφέρθηκε με την επιλογή *Target* εμφανίζεται το αντικείμενο που έχει επιλεχθεί για την κατεργασία και πατώντας επάνω του εμφανίζεται το Σχήμα 3.5.

Αφού ολοκληρώθηκαν τα παραπάνω βήματα εμφανίζεται στην οθόνη το Σχήμα 3.6.

Η κατεργασία του καλουπιού ξεκινά κάνοντας επιλογή του εικονιδίου *Operation*. Με αυτήν την επιλογή δίνεται η δυνατότητα να επιλεχθεί η κατεργασία που είναι απαραίτητη.



Σχήμα 3.6



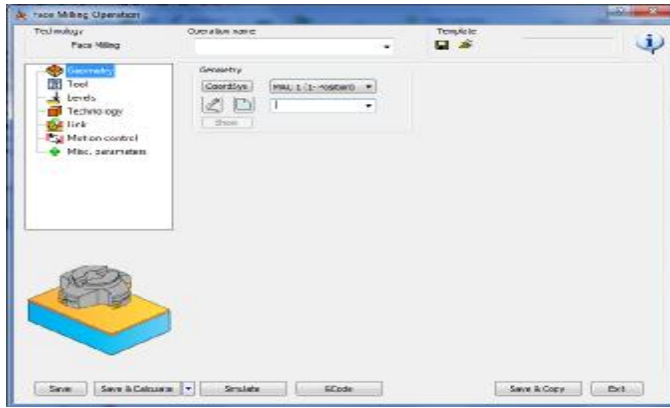
Σχήμα 3.7

Έτσι, αρχικά επιλέγεται το *Add Milling Operation* και στην συνέχεια το *Face* με σκοπό να πραγματοποιηθεί η διαδικασία φρεζαρίσματος του προσώπου.

Ωστόσο στο Σχήμα 3.7 διακρίνονται και οι εντολές που θα χρησιμοποιηθούν στην συνέχεια για τις κατεργασίες.

Οι εντολές που θα χρησιμοποιηθούν είναι οι ακόλουθες:

- *Profile*: χρησιμοποιείται για να πραγματοποιηθεί περιφερικό κόψιμο του αντικειμένου (καλούπι).
- *Pocket*: χρησιμοποιείται για να πραγματοποιηθεί εσωτερική αφαίρεση υλικού για την δημιουργία της κοιλότητας.
- *Drilling*: χρησιμοποιείται για να πραγματοποιηθεί διάνοξη των απαραίτητων οπών.



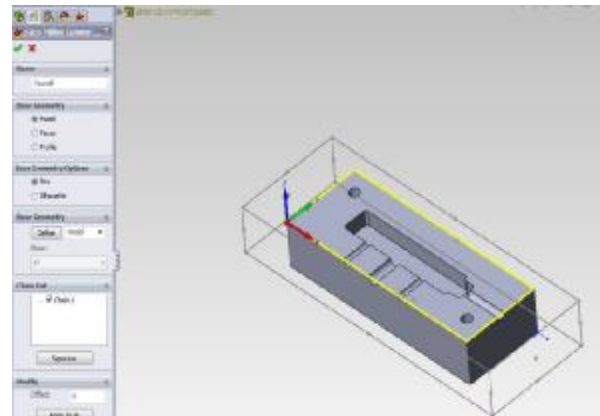
Σχήμα 3.8

Κάνοντας επιλογή του *Add Milling Operation* εμφανίζεται το Σχήμα 3.8 σε αυτό το βήμα επιλέγονται τα χαρακτηριστικά του κοπτικού και της κατεργασίας. Οι επιλογές που θα χρησιμοποιηθούν είναι οι εξής:

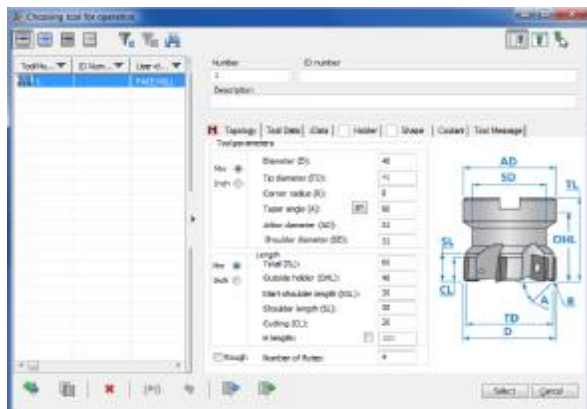
- Geometry
- Tool
- Technology
- Link

Αρχικά επιλέγεται το *Geometry* ώστε να επιδεχθεί η επιφάνεια του αντικείμενου που θα εκτελεστεί η διαδικασία φρεζαρίσματος του προσώπου. Ακολουθεί η επιλογή *Tool* όπου καθορίζεται το κατάλληλο εργαλείο κατεργασίας (κονδύλι). Στην συνέχεια επιλέγεται το *Technology* όπου και καθορίζονται τα στάδια κοπής.

Αφού πραγματοποιήθηκε η παραπάνω διαδικασία επιλέγεται το *Save & Calculate* για την αποθήκευση και την προσομοίωση της εκτέλεσης.

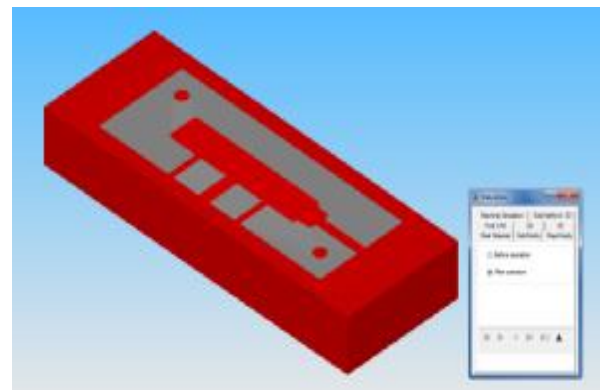


Σχήμα 3.9

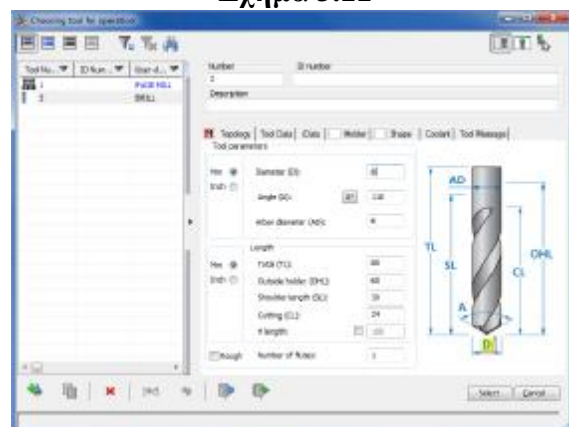


Σχήμα 3.10

Στην συνέχεια, από το *Add Milling Operation* επιλέγεται το *Drilling* (Σχήμα 3.7) όπου και χρησιμοποιείται για την διάνοιξη των οπών με βάθος **10mm**. Σε αυτή την περίπτωση τα βήματα για τα χαρακτηριστικά του κοπτικού και της κατεργασίας που θα ακολουθηθούν είναι ίδια με την διαδικασία κατεργασίας του προσώπου. Ωστόσο, το κοπτικό εργαλείο που επιλέγεται είναι το τρυπάνι διαμέτρου **8mm**. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι το βάθος κοπής πραγματοποιείται με βήμα **1mm** κάθε φορά.

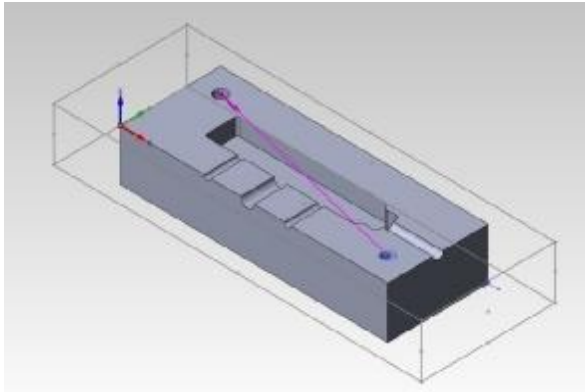


Σχήμα 3.11

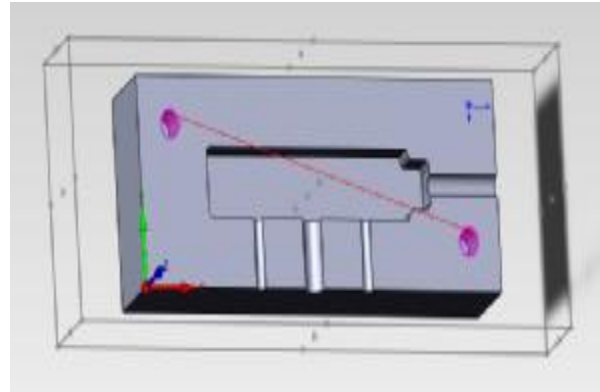


Σχήμα 3.12

Αφού πραγματοποιήθηκε η παραπάνω διαδικασία διάνοιξης οπών επιλέγεται το *Save & Calculate* για την αποθήκευση και την προσομοίωση της εκτέλεσης.

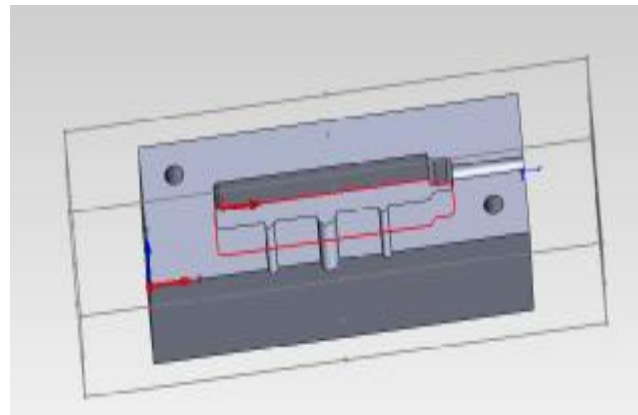


Σχήμα 3.13



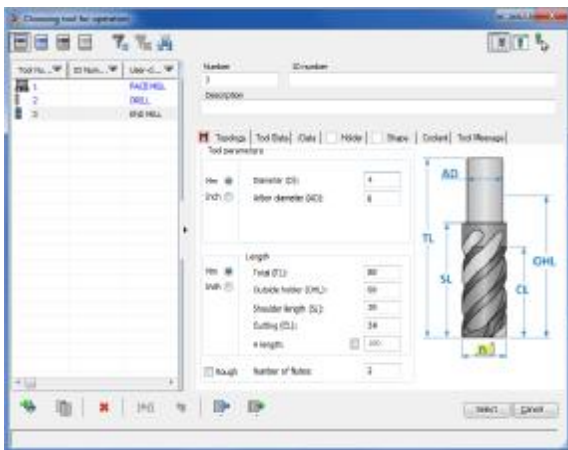
Σχήμα 3.14

Έπειτα, από το *Add Milling Operation* επιλέγεται το *Pocket* (Σχήμα 3.7) όπου και χρησιμοποιείται για την εσωτερική αφαίρεση υλικού με συνέπεια την δημιουργία μίας κοιλότητας. Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας στην κοιλότητα δόθηκε σχήμα μιας απλής χειρολαβής κατσαβιδιού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι και σε αυτή την περίπτωση τα βήματα για τα χαρακτηριστικά του κοπτικού και της κατεργασίας που θα ακολουθηθούν είναι ίδια με τις παραπάνω διαδικασίες.

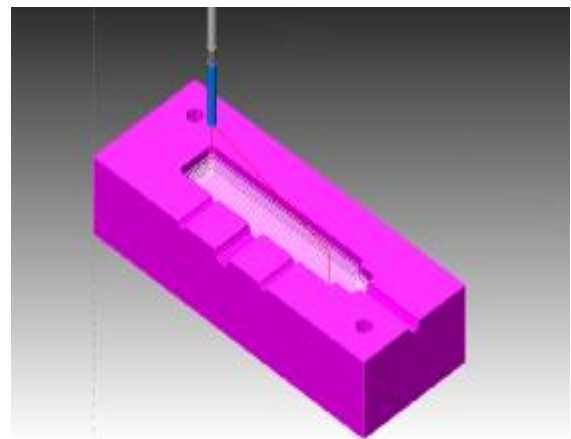


Σχήμα 3.15

Αρχικά, επιλέγεται το κατώτερο επίπεδο που θα πραγματοποιηθεί η εσωτερική αφαίρεση του υλικού. Το κοπτικό εργαλείο που θα επιλεγεί ονομάζεται *End Mill* και έχει διάμετρο **4mm** για να υπάρχει δυνατότητα να κατεργαστεί και τις καμπυλότητες της κοιλότητας. Ακόμα, έχει επιλεγεί δεξιά αντιστάθμιση κατά την κοπή λόγω της πορείας του κοπτικού περιγράμματος. Επιπλέον, το βάθος κοπής πραγματοποιείται με βήμα **1mm** κάθε φορά. Αφού ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία επιλέγεται το *Save & Calculate* για την αποθήκευση και την προσομοίωση της εκτέλεσης αφαίρεσης εσωτερικού υλικού.



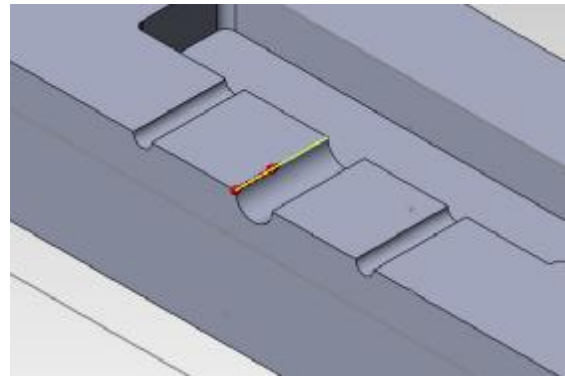
Σχήμα 3.16



Σχήμα 3.17

Για την ολοκλήρωση της κατεργασίας του καλουπιού (Τμήμα 1) πριν την περιμετρική κοπή, θα πρέπει να κατεργαστούν οι τέσσερις αυλοί. Αυτό πραγματοποιείται από το *Add Milling Operation* επιλέγεται το *Profile* (Σχήμα 3.7).

Αρχικά, επιλέγεται το επίπεδο που θα πραγματοποιηθεί η αφαίρεση του υλικού. Το κοπτικό εργαλείο που θα επιλεγεί ονομάζεται *Ball Nose Mill* και έχει διάμετρο αντίστοιχη του κάθε αυλού που θα κατεργαστεί.

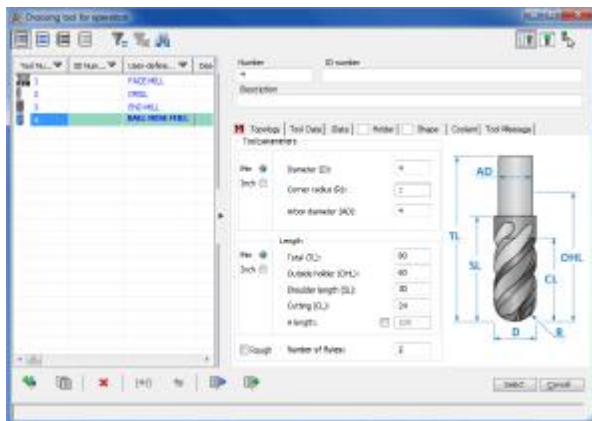


Σχήμα 3.18

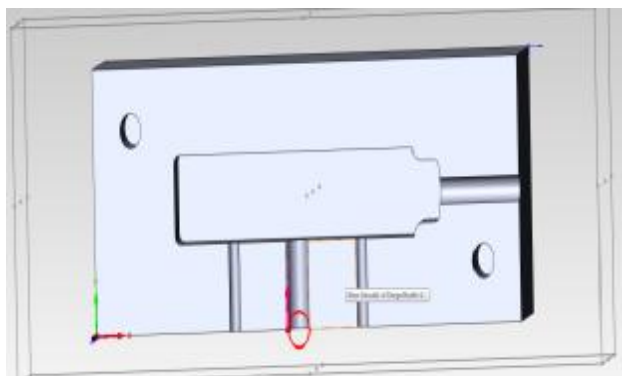
Επιπλέον, επιλέγεται δεξιά αντιστάθμιση για την κεντρική κατεργασία αφαίρεσης υλικού.

Ωστόσο, η κατεργασία των αυλών ακολουθεί την ίδια διαδικασία σε όλες τις περιπτώσεις. Τα σχήματα που απεικονίζονται παρακάτω είναι αποσπάσματα της κατεργασίας του κεντρικού αυλού οπού περνά το τηγμένο υλικό.

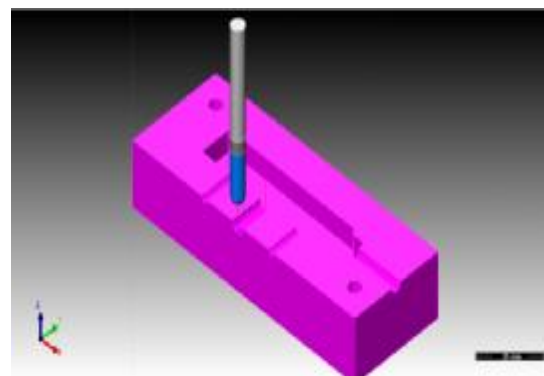
Με την ολοκλήρωση των παραπάνω επιλέγεται το *Save & Calculate* για την αποθήκευση και την προσομοίωση της εκτέλεσης αφαίρεσης υλικού.



Σχήμα 3.19



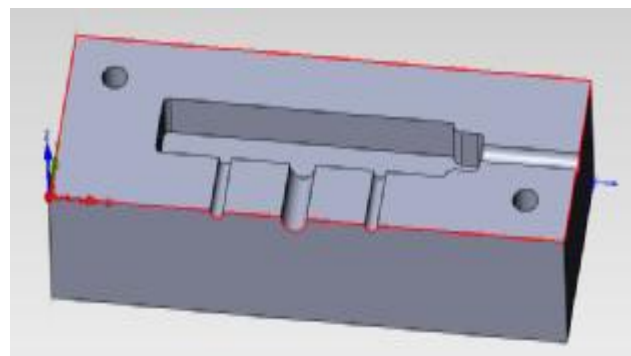
Σχήμα 3.20



Σχήμα 3.21

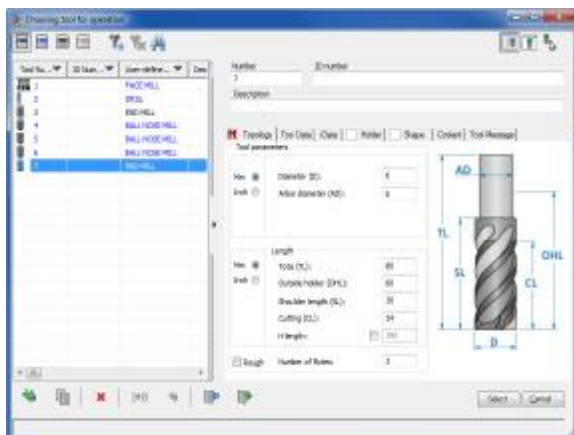
Το τελικό στάδιο της κατεργασίας του καλουπιού (Τμήμα 1) πραγματοποιείται με την περιμετρική κοπή του καλουπιού και την αποκόλληση του από το πρόπλασμα. Αυτό πραγματοποιείται από το *Add Milling Operation* επιλέγεται το *Profile* (Σχήμα 3.7).

Αρχικά, επιλέγεται το επίπεδο που θα πραγματοποιηθεί η αφαίρεση του προπλάσματος.

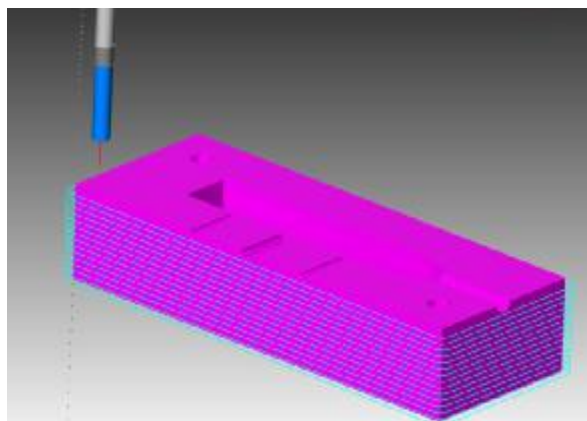


Σχήμα 3.22

Το κοπτικό εργαλείο που θα επιλεγεί ονομάζεται End Mill και έχει διάμετρο 6mm. Το βάθος κοπής πραγματοποιείται με βήμα 2mm κάθε φορά. Αφού ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία επιλέγεται το *Save & Calculate* για την αποθήκευση και την προσομοίωση της εκτέλεσης περιμετρικής κοπής.



Σχήμα 3.23



Σχήμα 3.24

Με την ολοκλήρωση όλων των παραπάνω διαδικασιών κατεργασίες το τμήμα 1 του καλουπιού είναι έτοιμο για την τοποθέτηση του στην μηχανή έγχυσης. Επιπλέον, δεν θα πρέπει να παραληφθεί ότι σε κάθε επιλογή κοπτικού εργαλείου επιλέγεται θέση Parking, η οποία βρίσκεται σε κατάλληλο σημείο για την εύκολη αντικατάσταση του και έχει συντεταγμένες x,y,z ίσες με -50, -50, +50 mm αντίστοιχα.

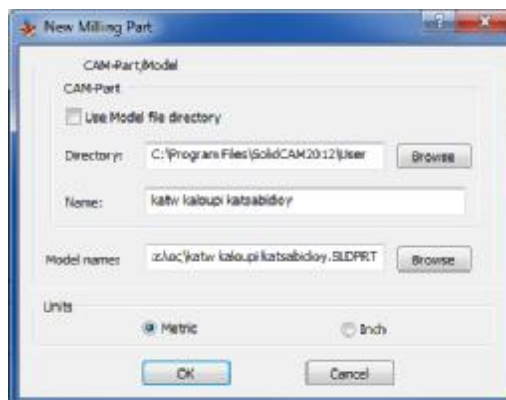
### 3.2.1.2. Κατεργασία καλουπιού: Τμήμα 2

Η κατεργασία του τμήματος 2 πραγματοποιήθηκε με τον ίδιο τρόπο, ακλουθώντας τα ίδια βήματα και εντολές. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειώσει ότι υπάρχει μια σημαντική διάφορα η οποία απεικονίζεται στο Κεφάλαιο 2 κατά τον σχεδιασμό του καλουπιού. Η διάφορα αυτή είναι ότι στο τμήμα 1 υπάρχουν διαγώνιες οπές ενώ στο τμήμα 2 υπάρχουν διαγώνιες προεξοχές. Όπως προαναφέρθηκε οπές/προεξοχές χρησιμοποιούνται για την ευθυγραμμισμένη σύνδεση τους. Η διαδικασία της κατεργασίας του τμήματος 2 θα πραγματοποιηθεί περιληπτικά.

Αρχικά, επιλέγεται άνοιγμα νέου αρχείου «New» για κατεργασία φρεζαρίσματος «Milling». Έτσι ενεργοποιείται και εμφανίζεται το «New Milling Part» ώστε να εισέλθουμε στο περιβάλλον του SolidCAM.

Οι επιλογές που δίνονται από το πρόγραμμα και χρησιμοποιήθηκαν για την έναρξη της κατεργασίας είναι οι ακόλουθες:

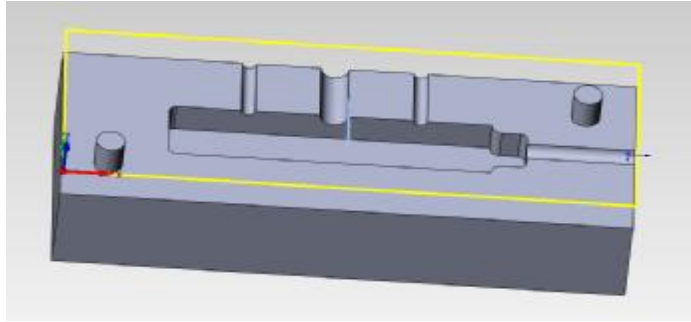
- CNC-Machine
- Coordinate system
- Stock & Target model



Σχήμα 3.25

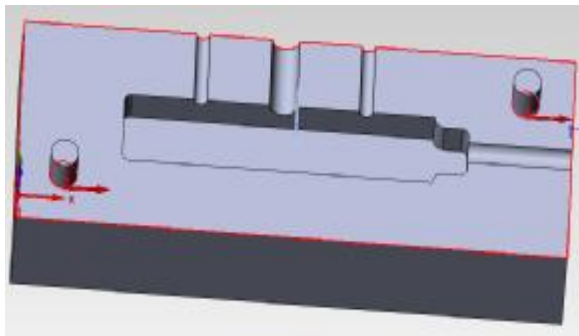


Οι επιλογές αυτές χρησιμοποιήθηκαν κατά τον ίδιο τρόπο και με τα ίδια στοιχεία γιατί θέλουμε να αποσπάσουμε το ίδιο αποτέλεσμα. Η κατεργασία ξεκινά επιλέγοντας την εντολή *Face* με σκοπό να πραγματοποιηθεί το φρεζάρισμα του προσώπου για μια λεία επιφάνεια.

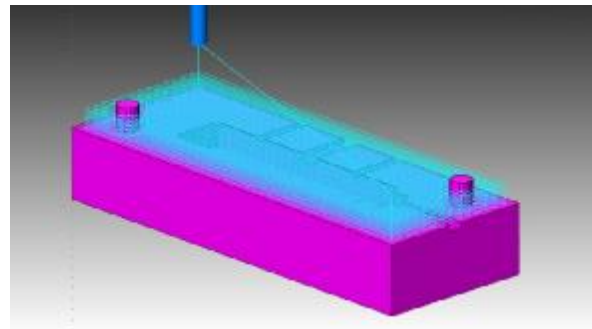


Σχήμα 3.26

Στην συνέχεια από το *Add Milling Operation* επιλέγεται το *Profile* για να πραγματοποιηθεί η αφαίρεση υλικού. Αυτό γίνεται για να καθαρίσει το επίπεδο μέσα στο οποίο βρίσκονται οι δυο προεξοχές. Έτσι επιλέγεται το κατώτερο τμήμα που θέλουμε να γίνει η αφαίρεση και ακολουθούμε τη σειρά που απεικονίζεται στο Σχήμα 3.27. Τέλος, αφού ολοκληρωθεί η παραπάνω διαδικασία επιλέγεται το *Save & Calculate* για την αποθήκευση και την προσομοίωση της εκτέλεσης αφαίρεσης υλικού.

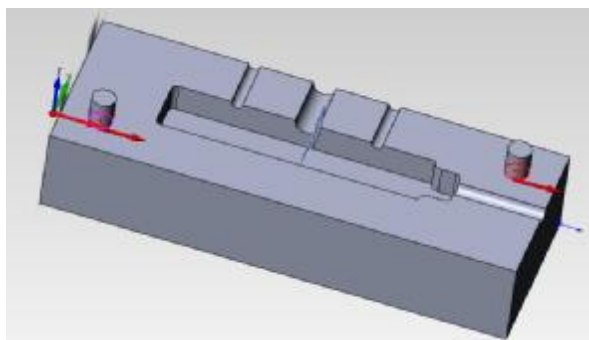


Σχήμα 3.27

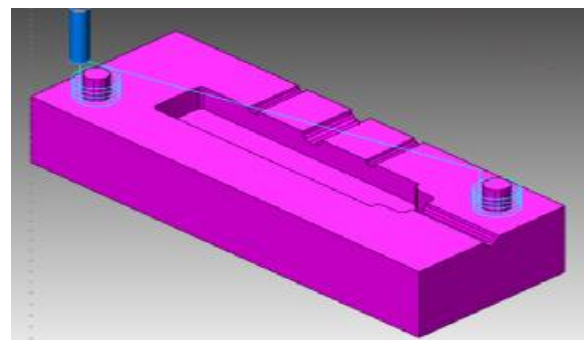


Σχήμα 3.28

Έπειτα για την λεία επιφάνεια των προεξοχών κάνουμε άλλη μια κατεργασία περιμετρικά των προεξοχών. Αυτό πραγματοποιείται με την εντολή *Profile* για την λεπτομερή αφαίρεση του υλικού. Για την ολοκλήρωση αυτής της κατεργασίας επιλέγεται το *Save & Calculate* για την αποθήκευση και την προσομοίωση της εκτέλεσης αφαίρεσης υλικού.



Σχήμα 3.29



Σχήμα 3.30

Αυτή είναι η σημαντική διάφορα των δυο τμημάτων του καλουπιού κατά την διάρκεια της κατεργασίας τους. Η κατεργασία συνεχίζεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο (Τμήμα 1) από το βήμα της εσωτερικής κατεργασίας αφαίρεσης υλικού για την δημιουργία της κοιλότητας έως το περιμετρικό κόψιμο του τμήματος.

### 3.2.2. Κώδικες G και M

Ο προγραμματισμός ενός κέντρου κατεργασίας μπορεί να επιτευχθεί με δύο τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι ο παράλληλος προγραμματισμός και ο δεύτερος είναι ο συμβατικός προγραμματισμός μορφοποίησης τεμαχίων κατευθείαν πάνω στην εργαλειομηχανή με δυνατότητα άμεσης διόρθωσης και βελτίωση της προγραμματιζόμενης διαδικασίας. Σε αυτή την περίπτωση χρησιμοποιούμε τη μονάδα ελέγχου που βρίσκετε πάνω στην εργαλειομηχανή

Ωστόσο, το μειονέκτημα του συμβατικού προγραμματισμού είναι ότι η εργαλειομηχανή θα πρέπει να απασχολείται στον προγραμματισμό. Όπως επίσης απαιτείται η γνώση του κώδικα G και M προκειμένου να εισάγουμε τις εντολές καθοδήγησης της εργαλειομηχανής

Για να υπάρξει η δυνατότητα μορφοποίησης ενός αντικείμενου στα επιθυμητά σχήματα και διαστάσεις θα πρέπει να επιλέξουμε τις κατάλληλες κινήσεις μεταξύ των εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν. Οι κινήσεις των κοπτικών εξαρτώνται από τις διαδρομές που σχηματίζονται βάση του προγράμματος κατεργασίας. Επιπλέον, οι οριακές θέσεις των κινήσεων του κοπτικού ορίζονται από την γεωμετρία που έχει το αντικείμενο. Συνέπεια αυτού είναι η διαδοχικές κινήσεις του κοπτικού να δίνουν την κατάλληλη μορφοποίηση.

Στόχος κατά τον προγραμματισμό είναι να ορίσουμε με απόλυτη ακρίβεια τις διαδοχικές κινήσεις του κοπτικού με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνουμε κατεργασία στο βέλτιστο χρόνο, χρησιμοποιώντας τα κατάλληλα κάθε φορά κοπτικά εργαλεία.

Ωστόσο, για την κατεργασία κάθε αντικείμενου απαιτείται η σύνταξη κώδικα σε μορφή αλγορίθμου κατεργασίας. Ο κώδικας αυτός υπαγορεύεται με την μορφολογία κάθε τεμαχίου. Στην περίπτωση που η μορφοποίηση πραγματοποιείται σε μια CNC εργαλειομηχανή ο κώδικας ονομάζεται πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης. Κάθε μηχανή μπορεί να αναγνωρίσει συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού, η οποία συνοδεύεται από διεθνή τυποποίηση (ISO-646), και είναι γνωστή με τον όρο γλώσσα μηχανής.

Ένα πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης σε γλώσσα μηχανής αποτελείται από προτάσεις που συνιστούν ομάδες εντολών προς την εργαλειομηχανή. Κάθε πρόταση περιλαμβάνει έναν αριθμό λέξεων - εντολών που αποτελεί μια οδηγία προς την εργαλειομηχανή. Κάθε λέξη σχηματίζεται με αλφαβητικούς, αριθμητικούς (0-9) και άλλους ιδιαίτερους χαρακτήρες. (Ντιντάκης Ι.,2011)

#### 3.2.2.1. Δομή προτάσεων προγράμματος

Κάθε επιμέρους πρόταση σε ένα πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης εισάγεται με το σύμβολο N και έναν αριθμό που υποδηλώνει τη σειρά της συγκεκριμένης πρότασης στο πρόγραμμα ψηφιακής καθοδήγησης. Ο αριθμός αυτός ακολουθείται από τα υπόλοιπα στοιχεία / λέξεις με την εξής γενική σειρά:

- Εντολή κίνησης ή προετοιμασίας (G)
- Λέξεις που υποδηλώνουν διάσταση είναι: X,Y,Z,A,B,C
- Παράμετροι κυκλικής διαδρομής: I,J
- Ορισμός ταχύτητας (αν απαιτείται)
- Εντολές λειτουργίας (M)

### 3.2.2.2. Εντολές κίνησης (G) και λειτουργίας (M)

Οι εντολές έχουν τυποποιηθεί διεθνώς κατά ISO-6983/2 & DIN 66025.

#### Κώδικες G

- G00:** Ευθύγραμμη κίνηση χωρίς κοπή
- G01:** Ευθύγραμμη παρεμβολή
- G02:** Κυκλική παρεμβολή κατά την φορά των δεικτών του ρολογιού
- G03:** Κυκλική παρεμβολή με αντίθετη από την φορά των δεικτών του ρολογιού
- G04:** Καθυστέρηση με συγκεκριμένο χρόνο
- G05:** Κυκλική παρεμβολή με καρτεσιανές συντεταγμένες και ακαθόριστη πορεία
- G06:** Κυκλική εφαπτομενική προσέγγιση του κοπτικού στο κομμάτι
- G07:** Κατεργασία σε έναν άξονα
- G10:** Κίνηση χωρίς κοπή, πολική, με μεγίστη ταχύτητα
- G11:** Ευθύγραμμη παρεμβολή, πολική
- G12:** Κυκλική παρεμβολή κατά την φορά των δεικτών του ρολογιού με πολικές συντεταγμένες
- G13:** Κυκλική παρεμβολή με αντίθετη από την φορά των δεικτών του ρολογιού με πολικές συντεταγμένες
- G15:** Κυκλική παρεμβολή με πολικές συντεταγμένες και ακαθόριστη πορεία
- G17:** Καθορισμός επιπέδου εργασίας X-Y, άξονας εργαλείου Z
- G18:** Καθορισμός επιπέδου εργασίας Z-X, άξονας εργαλείου Y
- G19:** Καθορισμός επιπέδου εργασίας Y-Z, άξονας εργαλείου X
- G20:** Άξονας εργαλείου IV
- G24:** Λοξότμηση με ακτίνα R
- G25:** Τοξοειδής κατεργασία με ακτίνα R
- G26:** Εφαπτομενική προσέγγιση του κοπτικού στο κομμάτι
- G27:** Εφαπτομενική απομάκρυνση του κοπτικού στο κομμάτι
- G28:** Επιστροφή στο σημείο αναφοράς
- G29:** Μεταφορά του πόλου στο τελευταίο σημείο
- G38:** Διακοπή στροφών, διακοπή προγράμματος
- G39:** Χαρακτηρισμός προγράμματος και κλήση δια του G79
- G40:** Ακύρωση αντιστάθμισης
- G41:** Αριστερή αντιστάθμιση
- G42:** Δεξιά αντιστάθμιση
- G43:** Ισοστάθμιση μήκους κοπτικού 'θετική'
- G44:** Ισοστάθμιση μήκους κοπτικού 'αρνητική'
- G50:** Προστασία διαγραφής προγράμματος
- G54:** Αλλαγή σημείου αναφοράς για επανάληψη λειτουργίας
- G70:** Αγγλοσαξονικό σύστημα
- G71:** Μετρικό σύστημα

## Κώδικες M

- M00:** Προγραμματισμένη παύση της E/M
- M01:** Προαιρετική παύση της E/M
- M02:** Τέλος προγράμματος
- M03:** Δεξιόστροφη περιστροφή ατράκτου (ανθωρολογιακή φορά)
- M04:** Αριστερόστροφη περιστροφή ατράκτου (ωρολογιακή φορά)
- M05:** Διακοπή περιστροφής ατράκτου
- M06:** Αλλαγή κοπτικού εργαλείου
- M07-M08:** Ενεργοποίηση ροής κοπτικού υγρού
- M09:** Διακοπή της ροής κοπτικού υγρού
- M13:** Δεξιόστροφη περιστροφή ατράκτου και ενεργοποίηση ροής κοπτικού υγρού
- M14:** Αριστερόστροφη περιστροφή ατράκτου και ενεργοποίηση ροής κοπτικού υγρού
- M30:** Τέλος προγράμματος και επιστροφή στην αρχή
- M70:** Καθρεπτισμός ως προς τον άξονα X
- M71:** Καθρεπτισμός ως προς τον άξονα Y
- M80:** Ακύρωση καθρεπτισμού ως προς τον άξονα X
- M81:** Ακύρωση καθρεπτισμού ως προς τον άξονα Y

### 3.2.3. Κώδικας κατεργασίας καλουπιού

Για την κατεργασία του καλουπιού της παρούσας πτυχιακής εργασίας έγινε χρήση των παραπάνω εντολών. Στη συνέχεια αναγράφεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την κατεργασία του καλουπιού (2 τεμάχια). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ο κώδικας επαναλαμβάνεται για δώδεκα φορές αφού επιθυμούμε βάθος 12mm ανά 1mm κάθε φορά.

%351 G71	N150 G01 X14 Y94
N10 G99 T1 L0 R3	N160 G01 X12 Y87.19
N20 T1 G17 S1000	N170 G01 X12 Y5
N30 G00 G90 G40 X0 Y0 Z22 M03	N180 G01 G40 X19 Y8
N31 G01 X18 Y8 F90 M08	N185 X19 Y96
N40 G01 G41 X15 Y2	N186 X25 Y96
N50 Z-1	N190 X25 Y8
N70 G01 X32 Y2	N200 Z22
N90 G01 X32 Y87.19	N210 X0 Y0 M09
N100 G01 X30 Y94	N220 M02
N110 G01 X30 Y102	N9999 %351
N130 G01 X14 Y102	

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΓΧΥΣΗΣ

Η κατασκευή της μηχανής έγχυσης πραγματοποιήθηκε βάση των προαναφερόμενων κεφαλαίων. Αρχικά αφού προμηθευτήκαμε την πρώτη ύλη κατεργαστήκαμε κάθε κομμάτι με σκοπό να του δώσουμε τις απαραίτητες διαστάσεις που έχουν προσχεδιαστεί στο SolidWorks. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι για την κατεργασία και την κοπή των τεμαχίων έγινε χρήση των μηχανημάτων του ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας. Τα μηχανήματα που χρησιμοποιήθηκαν θα αναφερθούν στη συνέχεια για κάθε περίπτωση ξεχωριστά.



**Εικόνα 4.1:** Πρώτη ύλη μηχανής έγχυσης.



**Εικόνα 4.2:** Διαστασιολόγηση πρώτης ύλης μηχανής έγχυσης.

Για την καταργασία των τεμαχίων της μηχανής έγχυσης χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα μηχανήματα:

- Û Συμβατικός τόρνος
- Û Ψαλίδι πάγκου λαμαρίνας
- Û Δράπανο σταθερού τύπου
- Û Ηλεκτρικά τριβεία και τροχοί (δίδυμος τροχός)
- Û Πριόνι (κορδέλα) συνεχούς κοπής

Στη συνέχεια απεικονίζονται τα προαναφερόμενα μηχανήματα καθώς και κάποιες από τις καταργασίες που πραγματοποιήθηκαν.



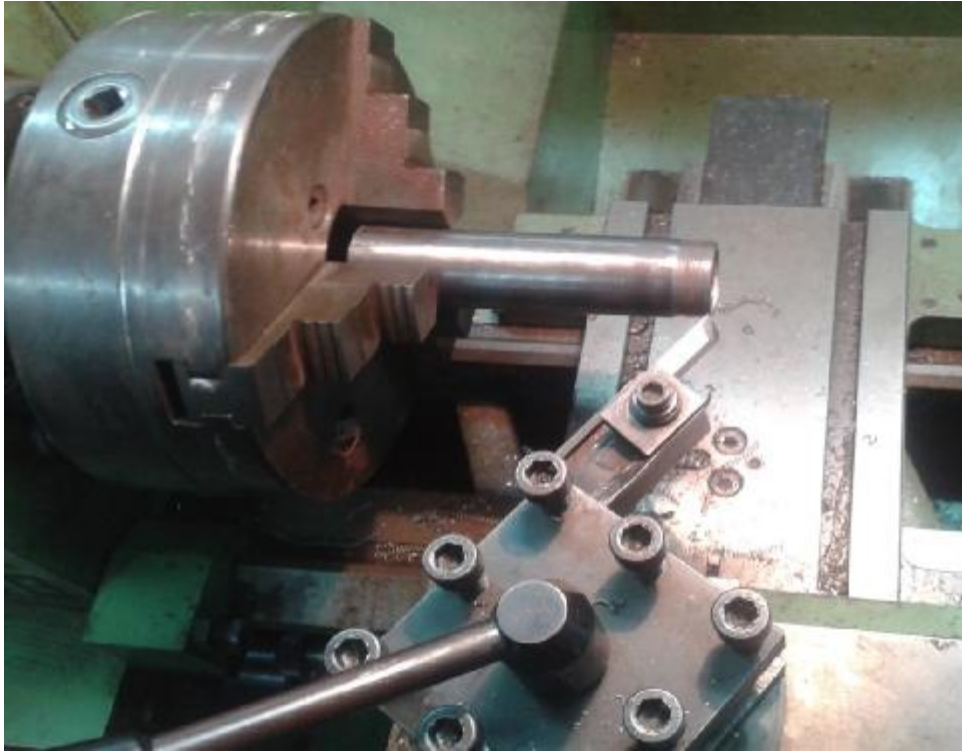
**Εικόνα 4.3:** Τόρνος.



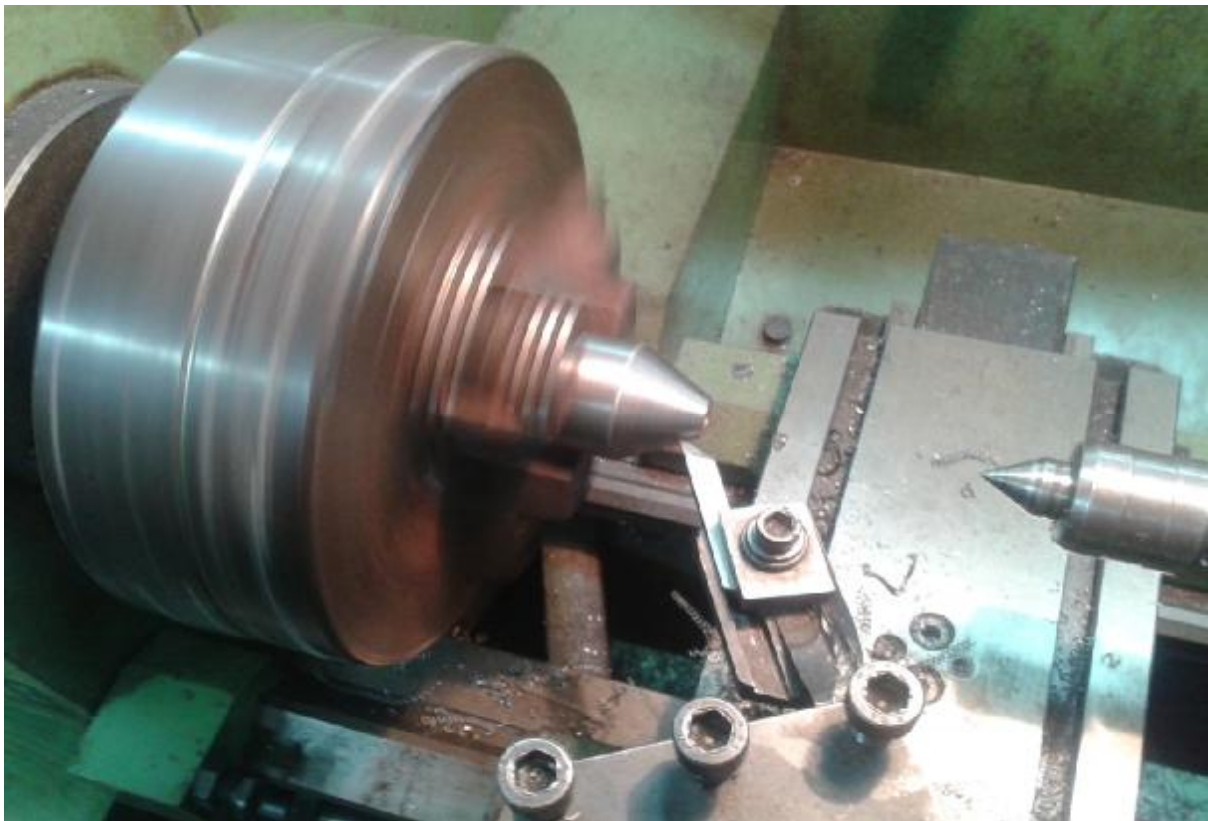
**Εικόνα 4.4:** Κατεργασία χειρολαβής.



**Εικόνα 4.5:** Κατεργασία εμβόλου - κεντρικού κορμού.



**Εικόνα 4.6:** Κατεργασία αγωγού τοποθέτησης υλικού.



**Εικόνα 4.6:** Κατεργασία μύτης έγχυσης.





**Εικόνα 4.7:** Πριόνι (κορδέλα) συνεχούς κοπής.



**Εικόνα 4.8:** Ηλεκτρικά τριβεία και τροχοί (δίδυμος τροχός).



**Εικόνα 4.9:** Ψαλίδι πάγκου λαμαρίνας.



**Εικόνα 4.10:** Δράπανο σταθερού τύπου

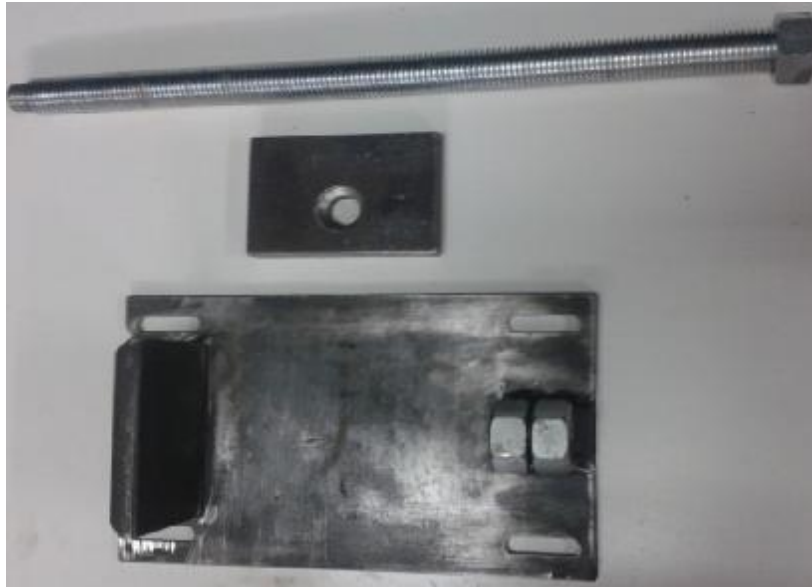


**Εικόνα 4.11:** Κατεργασία βάσης



**Εικόνα 4.12:** Κατεργασία βάσης

Αφού πραγματοποιήθηκε η κατεργασία των τεμαχίων ακολουθεί η συναρμολόγησή τους για την ολοκλήρωση της μηχανής έγχυσης.



**Εικόνα 4.13:** Τεμάχια μέγγενης σύσφιξης καλουπιού



**Εικόνα 4.14:** Μέγγενη σύσφιξης καλουπιού



**Εικόνα 4.15:** Σύνδεση κορμού με βάση 1

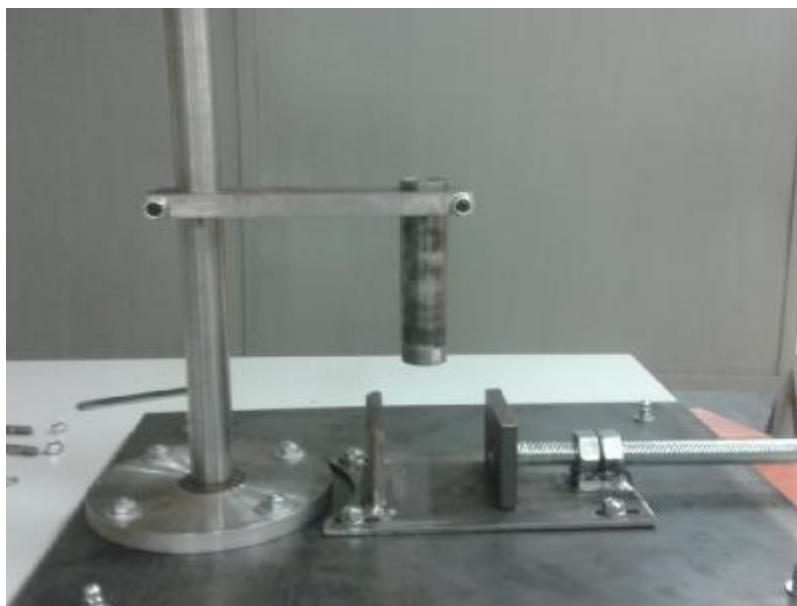


**Εικόνα 4.16:** Σύνδεση κάτω βάσης με βάση 1 και κεντρικού κορμού.

**Εικόνα 4.17:** Σύνδεση κάτω βάσης με βάση 1, κεντρικού κορμού και μέγγενη.



**Εικόνα 4.18:** Σύνδεση κάτω βάσης με βάση 1, κεντρικού κορμού, μέγγενη και ενδιάμεση βάση.



**Εικόνα 4.19:** Σύνδεση κάτω βάσης με βάση 1, κεντρικού κορμού, μέγγενη, ενδιάμεση βάση και αγωγό πλήρωσης υλικού.

**Εικόνα 4.20:** Σύνδεση κάτω βάσης με βάση 1, κεντρικού κορμού, μέγγενη, ενδιάμεση βάση, αγωγό πλήρωσης υλικού και μύτη έγχυσης.



**Εικόνα 4.21:** Σύνδεση κάτω βάσης με βάση 1, κεντρικού κορμού, μέγγενη, ενδιάμεση βάση, αγωγό πλήρωσης υλικού, μύτη έγχυσης και άνω βάσης.



**Εικόνα 4.22:** Σύνδεση κάτω βάσης με βάση 1, κεντρικού κορμού, μέγγενη, ενδιάμεση βάση, αγωγό πλήρωσης υλικού, μύτη έγχυσης, άνω βάσης και εμβόλου.

**Εικόνα 4.23:** Σύνδεση κάτω βάσης με βάση 1, κεντρικού κορμού, μέγγενη, ενδιάμεση βάση, αγωγό πλήρωσης υλικού, μύτη έγχυσης, άνω βάσης, εμβόλου και ελάσματα.



**Εικόνα 4.24:** Σύνδεση κάτω βάσης με βάση 1, κεντρικού κορμού, μέγγενη, ενδιάμεση βάση, αγωγό πλήρωσης υλικού, μύτη έγχυσης, άνω βάσης, εμβόλου, ελάσματα και χειρολαβή.

**Τελική μορφή μηχανής έγχυσης.**

Ο ηλεκτρολογικός εξοπλισμός είναι ένα από τα βασικά εξαρτήματα της μηχανής έγχυσης. Όπως έχουμε προαναφέρει σκοπός του είναι να δημιουργεί θερμότητα στο πολυμερές ως την τήξη του. Η αντίσταση μορφοποιήθηκε έτσι ώστε να «αγκαλιάσει» τον αγωγό τοποθέτησης υλικού. Στην Εικόνα 4.25 απεικονίζεται η αντίσταση και ο αγωγός τοποθέτησης υλικού καθώς και το μονωτικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε για την αποφυγή της διαρροής θερμότητας προς το περιβάλλον. Σημειώνεται ότι η αντίσταση είναι 1000Watt και το μονωτικό υλικό είναι πετροβάμβακας με αλουμίνιο.



**Εικόνα 4.25:** Αντίσταση, μονωτικό υλικό και αγωγός πλήρωσης.

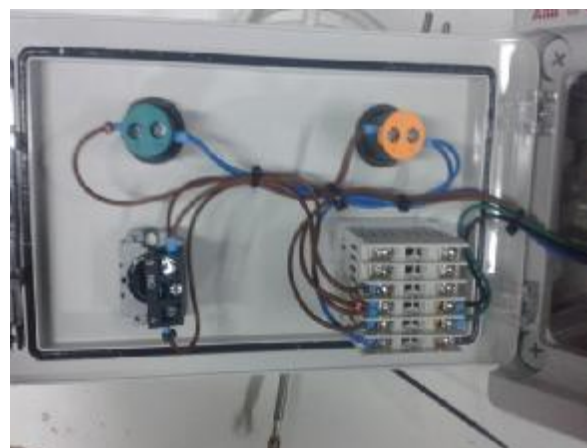


**Εικόνα 4.26:** Συναρμολόγηση αντίστασης και αγωγού πλήρωσης με μονωτικό υλικό.

Για την λειτουργία των παραπάνω χρησιμοποιείται ηλεκτρολογικός πίνακας όπου συνδέεται με την μηχανή έγχυσης ώστε να τροφοδοτεί με ρεύμα την αντίσταση. Σημαντικό ρόλο παίζει το αισθητήριο που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο και την διακύμανση της θερμοκρασίας.



**Εικόνα 4.27:** Εσωτερικό ηλεκτρολογικού πίνακα.



**Εικόνα 4.28:** Εσωτερικό ηλεκτρολογικού πίνακα.

Στην συνέχεια ακολουθεί η Εικόνα 4.29 που απεικονίζεται η εξωτερική μορφή του ηλεκτρολογικού πίνακα με την οθόνη του οργάνου ένδειξης της θερμοκρασίας.



**Εικόνα 4.29:** Ηλεκτρολογικός πίνακας.

Τέλος, απεικονίζεται ο τρόπος κατεργασίας και μορφοποίησης του καλουπιού το οποίο είναι ένα ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο αλουμινίου.

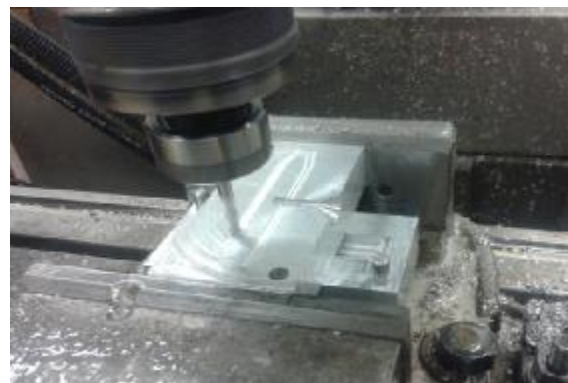


**Εικόνα 4.30:** Διαδικασία διαίρεσης καλουπιού.



**Εικόνα 4.31:** Διαδικασία διαίρεσης καλουπιού.

Στην συνέχεια ακολουθεί η απεικόνιση της κατεργασίας του εσωτερικού του καλουπιού στην CNC φρέζα του εργαστηριακού χώρου του Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδας.

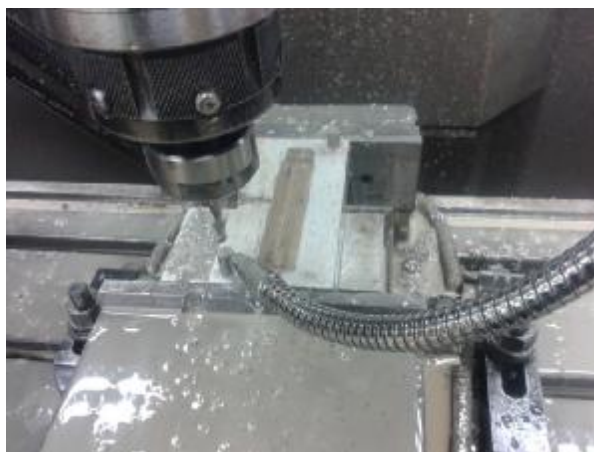


**Εικόνα 4.32:** Διαδικασία κατεργασίας εσωτερικό καλουπιού.

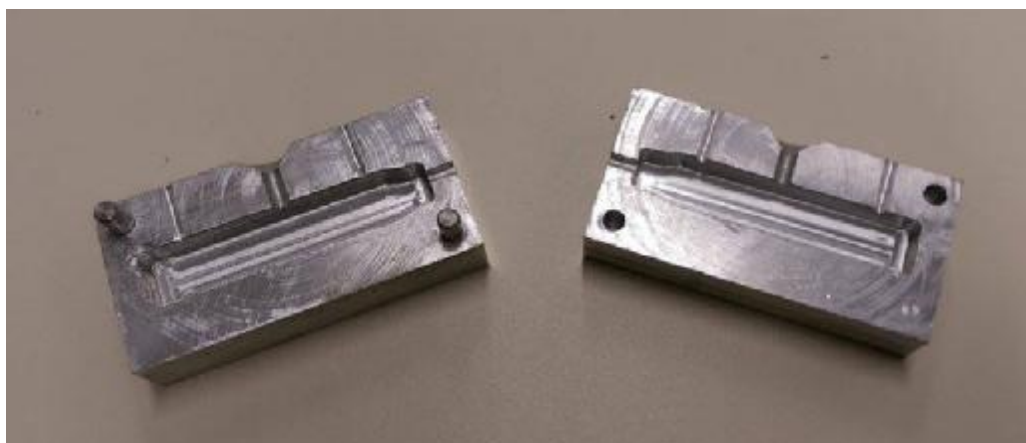




**Εικόνα 4.33:** Διαδικασία κατεργασίας εσωτερικό καλουπιού.



**Εικόνα 4.34:** Διαδικασία κατεργασίας εσωτερικό καλουπιού.



**Εικόνα 4.35:** Τελική μορφή εσωτερικό καλουπιού.



**Εικόνα 4.36:** Τελική μορφή μηχανής έγχυσης

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΑΡΑΙΤΗΤΗΣ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

## 5.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ύλη αποτελείται από κινούμενα άτομα και μόρια. Ο συνδυασμός και ο τρόπος κίνησης τους δημιουργεί τα στερεά, τα υγρά και τα αέρια. Ωστόσο, η κίνηση τους εξαρτάται άμεσα από την θερμοκρασία και την θερμότητα που αναπτύσσεται στην ύλη. Έτσι για την κατανόηση των υπολογισμών της παρούσας πτυχιακής εργασίας θα πρέπει να σημειωθεί ότι η θερμοκρασία και η θερμότητα είναι δύο διαφορετικά μεγέθη και δεν πρέπει να συγχέονται. Στην συνέχεια δίνονται οι ορισμοί των δυο παραπάνω εννοιών.

Ø **Θερμοκρασία:** Είναι το μέτρο της τυχαίας μεταφορικής κίνησης των ατόμων και των μορίων ενός σώματος. Ακριβέστερα είναι το μέτρο της μέσης κινητικής ενέργειας τους.

Όταν η θερμοκρασία ενός υλικού μεταβάλλεται, μπορεί γενικά να του συμβούν διάφορα πράγματα. Το μέγεθός του και οι ηλεκτρικές, μαγνητικές ή οπτικές του ιδιότητες μπορεί να μεταβληθούν. Κάθε τέτοια μεταβολή είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για να βρεθεί και να μετρηθεί η μεταβολή της θερμοκρασίας του. Όλα σχεδόν τα υλικά διαστέλλονται όταν ζεσταθούν και συστέλλονται όταν κρυώσουν.

Ø **Θερμότητα:** Είναι η θερμική ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα σε κάποιο άλλο εξαιτίας της διαφοράς θερμοκρασίας τους. Όταν η θερμότητα μεταφέρεται μια φορά σε ένα σώμα ή σε μία ουσία, παύει να είναι θερμότητα και γίνεται θερμική ενέργεια.

Σε σώματα ή ουσίες που βρίσκονται σε θερμική επαφή, η θερμότητα θα μετακινηθεί από το σώμα με την υψηλότερη θερμοκρασία στο σώμα με την χαμηλότερη. Η θερμότητα δεν ρέει ποτέ μόνη της από ένα σώμα ψυχρότερο σε ένα θερμότερο.

Ø **Ειδική θερμότητα μιας ουσίας:** ορίζεται ως το ποσό της θερμότητας που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία της μονάδας μάζας της κατά ένα βαθμό (θερμοχωρητικότητα). [12]

### 5.1.1. Πολυμερή υλικά

Η λέξη πολυμερές αποτελείται από τις λέξεις πολύς και μέρος. Τα πολυμερή ορίζονται ως φυσικές ή τεχνικές παρασκευασμένες ύλες αποτελούμενες από μόρια μεγάλου μοριακού βάρους τα ονομαζόμενα μακρομόρια. Ωστόσο, τα μακρομόρια αυτά είναι χημικές ενώσεις μικρού μοριακού βάρους που καλούνται μονομερή και ο αριθμός τους μπορεί να κυμανθεί από 100 έως 100000 ανά αλυσίδα.

Τα πολυμερή έχουν την δυνατότητα να μορφοποιούνται εύκολα και να κατασκευάζονται – παρασκευάζονται με συγκεκριμένες ιδιότητες κάθε φορά, δηλαδή κατασκευάζονται με πολύπλοκη γεωμετρία και με διαφορετικές μηχανικές ιδιότητες. Αυτό που θα πρέπει να σημειωθεί είναι ότι έχουν πολύ χαμηλό κόστος με αποτέλεσμα να προτιμούνται όλο ένα και περισσότερο.

Οι εφαρμογές των πολυμερών πραγματοποιούνται σε άπλες καθημερινές μας χρήσεις όπως οικιακές συσκευές, εργαλεία και είδη συσκευασίας. Ωστόσο, χρησιμοποιούνται και σε προηγμένη τεχνολογία όπως αυτοκινητοβιομηχανία και μικροηλεκτρονική.

Τα πολυμερή διαχωρίζονται:

- Ως προς την αρχιτεκτονική της πολυμορφικής αλυσίδας

- Ως προς την προέλευση του πολυμερούς
- Ως προς την χρήση τους
- Ως προς τις ιδιότητες τους

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία θα αναλυθεί μόνο η τελευταία κατηγορία διαχωρισμού η οποία αποτελείται από τρεις μεγάλες κατηγορίες οι οποίες θεωρούνται ζωτικής σημασίας για την βιομηχανία. Αυτές οι κατηγορίες είναι οι κάτωθι:

- Ø **Θερμοπλαστικά:** Αποτελούνται από γραμμικά μακρομόρια. Με την αύξηση της θερμοκρασίας τους μαλακώνουν και ρέουν διότι χαλαρώνουν οι μοριακοί δεσμοί, με αυτή τη διαδικασία μπορούν να μορφοποιηθούν δίνοντας πολύπλοκα γεωμετρικά σχήματα και με την ψύξη τους στερεοποιούνται. Η διεργασία αυτή είναι αντιστρεπτή με αποτέλεσμα να μπορούν να ανακυκλωθούν. Τα θερμοπλαστικά είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία και στους διαλυτές.
- Ø **Θερμοσκληρυνόμενα:** Αποτελούνται από μικρά σχετικά μακρομόρια που προέρχονται από την επανάληψη του μονομερούς. Επιπλέον σχηματίζουν δυσδιάστατα και τρισδιάστατα δίκτυα. Τα θερμοσκληρυνόμενα μπορούν να μορφοποιηθούν με ή χωρίς την εμφάνιση θερμοκρασίας δίνοντας ένα τελικό σχήμα κατά αντιστρεπτό τρόπο. Βασικό τους μειονέκτημα είναι ότι δεν μπορούν να ανακυκλωθούν, δεν επιδέχονται περαιτέρω επεξεργασία.
- Ø **Ελαστομερη:** Αποτελούνται συνήθως από γραμμικά μακρομόρια με διακλαδισμένες αλυσίδες. Κατά τη φόρτιση έχουν την δυνατότητα να πάθουν μεγάλες παραμορφώσεις και να επανέλθουν στο αρχικό τους σχήμα μετά την απομάκρυνση του φορτίου. Έτσι λοιπόν τα ελαστομερή διακρίνονται για την ιδιότητα της υπερελαστικότητας τους. (Παντελής Δ. 2008)

Για την κατασκευή της χειρολαβής του κατσαβιδιού που πραγματεύεται η παρούσα πτυχιακή εργασία θα χρησιμοποιηθεί θερμοπλαστικό πολυμερές το οποίο διατίθεται από Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδος.

## 5.2. ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΙ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναπτυχθούν οι υπολογισμοί που χρειάστηκαν για την διαδικασία τήξης του πολυμερούς που θα αποτελείται η χειρολαβή του κατσαβιδιού.

### 5.2.1. Βασικές σχέσεις υπολογισμών

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \text{ [Joule]} \quad (5.1)$$

Όπου:

- Q= Θερμότητα
- m= Μάζα υλικού
- c= Ειδική θερμότητα υλικού
- $\Delta T$ = Απόλυτη διαφορά θερμοκρασίας

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \frac{\text{έkg}}{\text{m}^3} \quad (5.2)$$

Όπου:

- ρ= Πυκνότητα υλικού
- m= Μάζα υλικού
- V= Όγκος υλικού

$$V = \rho \times r^2 \times h \quad \text{ή} \quad V = \rho \times (r_2^2 - r_1^2) \times h \quad [m^3] \quad (5.3)$$

Όπου:

- V= Όγκος κυλίνδρου
- π= Παγκόσμια σταθερά (π=3,1415..)
- r= Ακτίνα κυλίνδρου
- h= Ύψος κυλίνδρου

### 5.2.2. Αποτελέσματα θερμικής ενέργειας

Βάση των μαθηματικών εξισώσεων που προαναφέρθηκαν στο παραπάνω εδάφιο υπολογίζεται η απαιτούμενη θερμική ενέργεια για την τήξη του πολυμερούς. Η απαιτούμενη θερμότητα που χρειάζεται η μηχανή έγχυσης θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να θερμάνει τον αγωγό πλήρωσης και στη συνέχεια να φτάσει το πολυμερές στη θερμοκρασία τήξης του.

Το αποτέλεσμα της θερμικής ενέργειας εξαρτάται από την διάφορα θερμοκρασίας «επιθυμητού» εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος του αγωγού πλήρωσης. Επιπλέον, απαραίτητος είναι ο υπολογισμός της μάζας του εκάστοτε υλικού καθώς επίσης και η ειδική θερμότητα κάθε υλικού οι οποίες παρουσιάζονται στον Πίνακα 5.1.

Υλικό	$c_p$ (J/kg-K)	Υλικό	$c_p$ (J/kg-K)
Αλουμίνιο	900	Ορείχαλκος	375
Χαλκός	386	Πολυαιθυλένιο	1850
Χρυσός	128	Πολυπροπυλένιο	1925
Σίδηρος	448	Πολυστυρένιο	1170
Νικέλιο	443	Τεφλόν	1050
Άργυρος	235	Βακελίτης	1590-1760
Βολφράμιο	138	Νάυλον 6,6	1670
Χάλυβας 1025	486	Πολυισοπρένιο	-
Αν. Χάλυβας 316	502		

Πίνακας 5.1: Ειδικές θερμότητες υλικών. [11

Στην συνέχεια κάνουμε τους υπολογισμούς για την εύρεση της θερμότητας και για τα δυο υλικά.

### Ø Σίδηρος

Σε αυτή τη περίπτωση υπολογίζουμε από τις σχέσεις του κεφαλαίου 5.2.1 απαραίτητα στοιχεία του μεταλλικού αγωγού, ο οποίος είναι κατασκευασμένος από σίδηρο.

Δεδομένα: 
$$\rho_{\text{sid}} = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_{\text{sid}} = 448 \frac{\text{J}}{\text{kg} \times \text{K}}$$

Όγκος: 
$$V = \rho \times (r_2^2 - r_1^2) \times h \Rightarrow$$

$$V = 3,14 \times (16,5^2 \text{ mm}^2 - 14,95^2 \text{ mm}^2) \times 100 \text{ mm} \Rightarrow$$

$$V = 15306,72 \text{ mm}^3 \Rightarrow$$

$$V = 1,53 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

Μάζα: 
$$m = \rho \times V \Rightarrow$$

$$m = 7800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 1,53 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \Rightarrow$$

$$m = 0,120 \text{ kg}$$

Θερμότητα: 
$$Q = m \times c \times \Delta T \Rightarrow$$

$$Q = 0,120 \text{ kg} \times 448 \frac{\text{J}}{\text{kg} \times \text{K}} \times (300 - 15)^\circ \text{C} \Rightarrow$$

$$Q = 15321,6 \text{ Joule}$$

### Ø Πολυμερές

Την ίδια διαδικασία ακολουθούμε και για το πολυμερικό υλικό με το οποίο θα κατασκευαστεί η χειρολαβή του κατσαβιδιού. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η χειρολαβή μπορεί να κατασκευαστεί από το οποιοδήποτε πολυμερικό υλικό ωστόσο, επιλέχτηκε ένα από τα πιο διαδεδομένα στο εμπόριο το πολυπροπυλένιο.

Δεδομένα: 
$$\rho_{\text{pol}} = 910 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$c_{\text{pol}} = 1925 \frac{\text{J}}{\text{kg} \times \text{K}}$$

Όγκος:  $V = \rho \times r^2 \times h \Rightarrow$   
 $V = 3,14 \times 4,95^2 \text{ mm}^2 \times 30 \text{ mm} \Rightarrow$   
 $V = 91233,72 \text{ mm}^3 \Rightarrow$   
 $V = 9,12 \times 10^{-5} \text{ m}^3$

Μάζα:  $m = \rho \times V \Rightarrow$   
 $m = 910 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 9,12 \times 10^{-5} \text{ m}^3 \Rightarrow$   
 $m = 0,083 \text{ kg}$

Θερμότητα:  $Q = m \times c \times \Delta T \Rightarrow$   
 $Q = 0,083 \text{ kg} \times 925 \frac{\text{J}}{\text{kg} \times \text{K}} \times (300 - 15)^\circ \text{C} \Rightarrow$   
 $Q = 45535,88 \text{ Joule}$

Από την θερμοδυναμική γνωρίζουμε πως η απαραίτητη θερμότητα του συστήματος έχει ως εξής:

$$Q_{\text{DOT}} = Q_{\text{PAR}} \Rightarrow$$

$$Q_{\text{DOT}} = Q_{\text{sid}} + Q_{\text{pol}} \Rightarrow$$

$$Q_{\text{DOT}} = 15321,6 \text{ Joule} + 45535,88 \text{ Joule} \Rightarrow$$

$$Q_{\text{DOT}} = 60857,5 \text{ Joule}$$

Θα πρέπει να τονιστεί ότι οι απώλειες του συστήματος δεν έχουν ληφθεί υπόψη. Οι παραπάνω υπολογισμοί αποτελούν μια ενδεικτική τιμή της θερμότητας που απαιτείται για το σύστημα. Τα δεδομένα (θερμοκρασίες) έχουν τις μέγιστες τιμές με σκοπό την τέλεια λειτουργία του συστήματος.

### 5.3. Διαδικασία λειτουργίας μηχανής έγχυσης

Σε αυτό το κεφάλαιο θα απεικονιστούν εικόνες με σκοπό την κατανόηση της διαδικασίας χύτευσης με την μηχανή της παρούσας πτυχιακής εργασίας.



**Εικόνα 5.1:** Επιλογή πολυμερούς υλικού



**Εικόνα 5.2:** Τοποθέτηση πολυμερούς στον αγωγό πλήρωσης

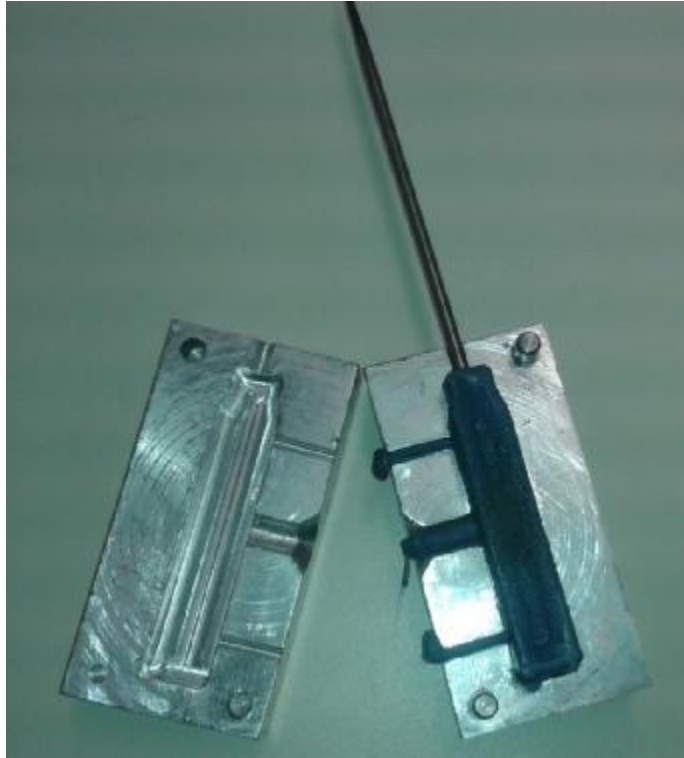


**Εικόνα 5.2:** Θέρμανση πολυμερούς



**Εικόνα 5.3:** Άσκηση πίεσης για την χύτευση τηγμένου υλικού





**Εικόνα 5.4:** Άνοιγμα καλουπιού για την απομάκρυνση του προϊόντος.



**Εικόνα 5.5:** Τελικό προϊόν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΟΙΚΟΝΟΜΟΤΕΧΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

### 6.1. ΚΟΣΤΟΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΕΓΧΥΣΗΣ

Για την υλοποίηση της κατασκευής της μηχανής έγχυσης πραγματοποιήθηκε έρευνα αγοράς με σκοπό να βρεθεί η οικονομικότερη δυνατή λύση, έτσι καταλήξαμε στον Πίνακα 6.1.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΙΔΟΥΣ	Μ.Μ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΤΙΜΗ ΜΟΝΑΔΑΣ €	ΚΑΘΑΡΗ ΑΞΙΑ €	ΦΠΑ %
ΕΡΜΑΡΙΟ 275x340x140	ΤΕΜ	1,00	40,00	40,00	23,00
ΜΙΚΡΟΑΥΤ. SH201L-C16A	ΤΕΜ	1,00	4,90	4,90	23,00
ΕΛΕΓΚΤΗΣ ΘΕΡΜ. 48x48 TC4S-24R	ΤΕΜ	1,00	54,00	54,00	23,00
ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΟ ΡΤ100	ΤΕΜ	1,00	55,00	55,00	23,00
ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ 100cm 1000W	ΤΕΜ	2,00	65,00	130,00	23,00
ΜΙΚΡΟΡΕΛΕ RCP8002 220V AC ΜΕ ΒΑΣΗ	ΤΕΜ	1,00	12,00	12,00	23,00
ΚΑΛΩΔΙΟ OLFL.JZ 3x2.5	ΜΕΤ	2,00	3,00	6,00	23,00
ΦΙΣ ΣΟΥΚΟ ΑΡΣΕΝΙΚΟ	ΤΕΜ	1,00	5,00	5,00	23,00
ΕΝΔ. ΛΥΧΝΙΑ Φ22	ΤΕΜ	2,00	2,00	4,00	23,00
ΔΙΑΚΟΠΤΗΣ 0-1	ΤΕΜ	1,00	5,00	5,00	23,00
ΛΑΜΑ 100x20	ΚΙΑ	8,00	0,88	7,04	23,00
ΛΑΜΑΡΙΝΑ ΜΑΥΡΗ Θ.Ε ΑΝΩ ΤΩΝ 3mm	ΚΙΑ	12,00	0,98	11,76	23,00
ΑΞΟΝΑΣ Φ30	ΚΙΑ	6,00	0,82	4,92	23,00
ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ 20x20 ΜΑΣΙΦ	ΚΙΑ	4,00	0,81	3,24	23,00
ΣΩΛΗΝΑ Φ33 ΓΑΛΒ Ε.Τ	ΚΙΑ	0,30	1,04	0,31	23,00
ΑΞΟΝΑΣ Φ20	ΚΙΑ	4,00	0,72	2,86	23,00
ΛΑΜΑ 60x15	ΚΙΑ	2,50	0,87	2,18	23,00
ΑΞΟΝΑΣ Φ30	ΚΙΑ	2,50	0,82	2,05	23,00
ΛΑΜ/ΝΑ STALL37 ΑΝΩ ΤΩΝ 12mm ΠΑΝΤΟΓΡΑΦΟΣ	ΚΙΑ	14,00	1,35	18,90	23,00
ΛΑΜΑ 20x3	ΚΙΑ	1,50	0,84	1,86	23,00
ΝΤΙΖΑ ΓΑΛΒ 2.8 M16x1000	ΤΕΜ	1,00	2,97	2,97	23,00
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>				373,41	23,00
<b>ΠΛΗΡΩΤΕΟ</b>				<b>459,29€</b>	

Πίνακας 6.1: Κοστολόγιο κατασκευής μηχανής έγχυσης.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε μελέτη μηχανής έγχυσης. Αρχικά, έγινε αναλυτικός σχεδιασμός των τμημάτων της μηχανής έγχυσης στο υπολογιστικό πρόγραμμα SolidWorks ενώ οι απαραίτητες κατεργασίες υλοποιήθηκαν με το υπολογιστικό πρόγραμμα SolidCAM. Επιπλέον, κατασκευάστηκε η μηχανή καθώς και το καλούπι χύτευσης σύμφωνα με τα προαναφερόμενα.

Τα συμπεράσματα της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι τα εξής, το είδος της μηχανής έγχυσης επιλέχτηκε διότι είναι μια οικονομική διαδικασία δίνοντας προϊόντα καλής ποιότητας. Επιπλέον, στην συγκεκριμένη μηχανή έγχυσης υπάρχει η δυνατότητα εναλλαξιμότητας των καλουπιών σύμφωνα με το προϊόν που επιθυμείτε να παρασκευαστεί.

Ωστόσο, ένα από τα βασικά της πλεονεκτήματα είναι η διακύμανση της παραγόμενης θερμοκρασίας σε μεγάλο εύρος τιμών, αποτέλεσμα αυτού είναι η δυνατότητα χρήσης διαφόρων πολυμερικών υλικών με διαφορετικά σημεία τήξης.

Τέλος, δίνεται βήμα στους Μηχανολόγους Μηχανικούς Τ.Ε. του Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδος να παράγουν διάφορα προϊόντα υψηλής ποιότητας, να πραγματοποιούν εργαστηριακές ασκήσεις για τον σχεδιασμό και την κατεργασία πολύπλοκων γεωμετριών με σκοπό την δημιουργία πρωτότυπων καλουπιών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Ατσαλάκης Α., 2010, *Μελέτη χύτευσης ακρίβειας εν κενώ*, Έκδοση Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
2. Πελεκάνος Ε., 2009, *Έμμεσος προσδιορισμός του Συντελεστή Μετάδοσης Θερμότητας κατά τη Χύτευση Ακρίβειας*, Έκδοση Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
3. Αντωνιάδης Α., Βιδάκης Ν., 2002, *Προγραμματισμός Εργαλειομηχανών CNC*, Έκδοσης ΟΕΔΒ, Κρήτη
4. Σταθάκης Χ., 2012, *Προσδιορισμός του συντελεστή μετάδοσης θερμότητας στην προσομοίωση της χύτευσης καθαρού αλουμίνιου*, Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
5. Λαζανάς Χ. , Ηλιόπουλος Α., 2014, *Σχεδιασμός και μελέτη ενός τρισδιάστατου εκτυπωτή 3D printer μεγάλων διαστάσεων*, Εκδόσεις Τ.Ε.Ι Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα.
6. Παπαντωνίου Α., 2013, *Μελέτη συστήματος Αγκυροβόλησης μικρών σκαφών σχεδιασμός και ανάλυσης άγκυρας τύπου Delta*, Πολυτεχνείο Κρήτης.
7. Ντινάκης Ι., 2011, *CAM/CAD 1*, Εκδόσεις Τ.Ε.Ι Λάρισας, Καρδίτσα.
8. Κώστα Μ., 2010, *Πρόγραμμα σχολιασμού τροχαλίας και υπολογισμού στο SolidWorks*, Τ.Ε.Ι Κρήτης, Χανιά.
9. Παντελής Δ., 2008, *Μη μεταλλικά τεχνικά υλικά*, εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2<sup>η</sup> αναθεωρημένη έκδοση, Αθήνα.
10. Τσίρκας Σ. 2011, *CAM Εργαστήριο προγραμματισμού εργαλειομηχανών με τη χρήση H/Y (Εργαστηριακές σημειώσεις Φυλλάδιο 1<sup>ο</sup>)*, Τ.Ε.Ι. Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα.

## ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

1. <http://el.wikipedia.org/wiki>
2. <http://www.armstrongmold.com/pages/plastermold2-tech.html>
3. <http://mtgbg.com/public/menu/index/id/37>
4. <http://mecrockers.blogspot.gr/2013/02/metal-casting-part-2.html>
5. <http://mtgbg.com/public/menu/index/id/37>
6. <http://polynet.dk/ingpro/casting/precast.htm>
7. <http://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=1392>
8. [http://www.emt-india.net/process/iron\\_steel/Iron\\_Steel\\_process.htm](http://www.emt-india.net/process/iron_steel/Iron_Steel_process.htm)

9. <http://www.custompartnet.com/wu/permanent-mold-casting>
10. <http://chimikoergastirio.blogspot.gr/2010/12/injection-molding.htm>
11. <http://www.metal.ntua.gr/uploads/3456/385/Chap6gr.pdf>
12. [http://ekfe-nikaias.att.sch.gr/portal/files\\_pdf/dimotiko/thermokrasi.pdf](http://ekfe-nikaias.att.sch.gr/portal/files_pdf/dimotiko/thermokrasi.pdf)