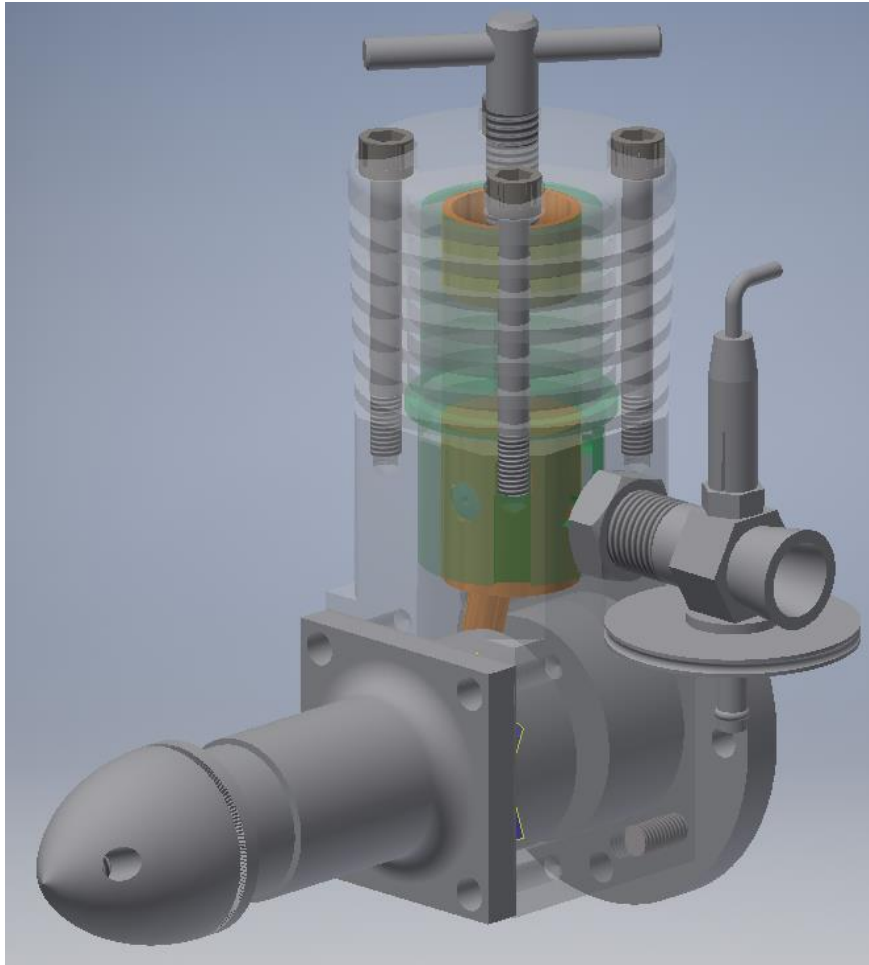


ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΜΗΜΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

**Τρισδιάστατη μοντελοποίηση και ανάλυση λειτουργικής
μονοκύλινδρης μηχανής υπό κλίμακα.**



Λεθιωτάκης Εμμανουήλ

ΧΑΝΙΑ 2020

Επιβλέπων Καθηγητής

Δρ. Δημητρίου Βασίλειος, Αναπληρωτής Καθηγητής

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστώ από καρδιάς τους καθηγητές μου για τα εφόδια που μου χάρισαν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου. Δεν ήταν μόνο το αντικείμενο των μαθημάτων. Ήταν η επιστημονική μέθοδος, η έρευνα και ο τρόπος που θα σκέφτομαι για να βρω λύση στα προβλήματα που θα μου προκύπτουν. Σημαντικό ρόλο κατά τη διάρκεια των σπουδών μου έπαιξαν οι φίλοι μου που με στήριξαν στα δύσκολά και ήταν το διάλλειμα στο δύσκολο μεροκάματο της γνώσης. Σημαντικότερο όμως ρόλο έπαιξαν οι εχθροί μου, που τους ευχαριστώ κι αυτούς, γιατί αν δεν ήταν αυτοί να μου πουν «Δε θα τα καταφέρεις», δε θα πείσμωνα να τους αποδείξω το αντίθετο. Βέβαια δεν ξεχνώ τη προσφορά του κ. Βασίλη Δημητρίου, που ήταν υπεύθυνος καθηγητής για τη πτυχιακή μου, για τις πολύτιμες συμβουλές του ώστε να τελειώσω αυτόν τον αγώνα και να μπορέσω να μπω σε καινούργιους αγώνες στη ζωή.

*“Δε τραγουδώ πως χαίρομαι
μα τραγουδώ να σκούνε
αυτοί που κάνουνε χαρά
θλιμμένο όντε με δούνε”*

*“Δε τραγουδώ για ν’ ακουστούν
στα διάπλατα οι χαρές μου
μα τραγουδώ να σκάσουνε
οι ντουχιουμάνηδες μου”*

Από το δίσκο: «Μια βραδιά στον Τζιτζιφέ» Νο1, Μανώλης Κονταρός-Γιώργης Τσουρουπάκης, Ενότητα 3, «Μα τραγουδώ να σκούνε».



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	4
ABSTRACT	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1 Κύκλος λειτουργίας τετράχρονης μηχανής.....	6
1.2 Κύκλος λειτουργίας δίχρονης μηχανής.....	7
1.3 Δίχρονες ΜΕΚ υπό κλίμακα	8
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2	10
Σχεδιομελέτη δίχρονης ΜΕΚ με 3D CAD	10
2.1 CAD και εφαρμογές.....	10
2.2 Επιλογή συστήματος CAD και βασικές λειτουργίες	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3	15
Ανάπτυξη των τεμαχίων (parts) μηχανής.....	15
3.1 Δημιουργία Project:	15
3.2 Δημιουργία των 3D CAD τεμαχίων (parts)	16
3.3 Μεθοδολογία ανάπτυξης των βασικών τεμαχίων (parts).....	18
3.4 Ανάπτυξη αξονοσυμμετρικών τεμαχίων (parts).....	32
3.5 Συναρμολόγηση τεμαχίων - Assembly of Parts	35
3.6 Κοχλιοσυνδέσεις	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4	45
Συναρμολόγημα ΜΕΚ και έλεγχος λειτουργίας.....	45
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5	56
Συμπεράσματα	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6	58
Βιβλιογραφία	58



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με τη σχεδιομελέτη για την κατασκευή μονοκύλινδρης Μηχανής Εσωτερικής Καύσης - Μ.Ε.Κ. υπό κλίμακα (~1/10) με τη βοήθεια τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Βάση πρότυπων σχεδίων κατασκευής δύο διαστάσεων, επιλέγονται, αναλύονται και σχεδιάζονται τα τμήματα της μηχανής και η λειτουργικότητά τους. Στο πρώτο κεφάλαιο αναλύονται οι ΜΕΚ δίνοντας έμφαση στις κύριες εμβολοφόρες. Στο δεύτερο γίνεται λόγος για τα σχεδιαστικά προγράμματα τρισδιάστατης μοντελοποίησης και ιδιαίτερα στο πρόγραμμα Autodesk Inventor. Στο τρίτο κεφάλαιο γίνεται ο σχεδιασμός των τεμαχίων, η συναρμολόγησή τους και ο έλεγχος λειτουργικότητας μέσω της προσομοίωσης κινηματικής. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν παρατίθενται στο τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας και ακολουθεί η βιβλιογραφία.



ABSTRACT

This thesis is focused on the mechanical design study for the construction of a single cylinder internal combustion engine under scale ($\sim 1/10$) with the help of 3D modeling. It is based on two-dimensional construction pilot designs, that based on them, the machine parts and their functionality are selected, analyzed and designed in three-dimensions. The first chapter analyzes the internal combustion engines. The second deals with the 3D Computer Aided Design programs and especially the Autodesk Inventor program. The third chapter deals with the design of the components, their assembling and their functionality testing by kinematic simulations. The conclusions reached are set out in the fourth chapter of this work and references follow.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μηχανή εσωτερικής καύσης (Μ.Ε.Κ.) λέγεται η θερμική μηχανή που παράγει κίνηση, στην οποία η καύση γίνεται εντός των ορίων της ίδιας της μηχανής, σε αντιδιαστολή με τις ατμομηχανές ή τις μηχανές stirling που η πηγή θερμότητας βρίσκεται έξω από αυτές [1]. Διακρίνονται βάσει του τρόπου μετατροπής της θερμότητας σε μηχανικό έργο σε παλινδρομικές και περιστροφικές. Στις παλινδρομικές το καύσιμο καίγεται μέσα σε έναν κύλινδρο και από τη παραγωγή των καυσαερίων αυξάνεται η πίεση με αποτέλεσμα να σπρώχνει το έμβολο και να παράγει έργο περιστρέφοντας έναν στρόφαλο μέσω του διωστήρα (ή αλλιώς μπιέλα). Στις περιστροφικές μηχανές το καύσιμο παράγει κατευθείαν περιστροφική κίνηση.

Στις ΜΕΚ, η εκτόνωση του μείγματος αέρα-καυσίμου που προκαλείται από την καύση, καταλήγει σε παραγωγή έργου πιέζοντας το κινούμενο μέρος του θαλάμου καύσης. Στις μηχανές εξωτερικής καύσης, η εργαζόμενη ουσία είναι ατμοσφαιρικός αέρας χωρίς προσμίξεις.

Κύκλος λειτουργίας ΜΕΚ είναι το πέρασμα από όλες τις φάσεις για να ξαναέρθει στην πρώτη και να συνεχιστεί αυτή η αλυσιδωτή αντίδραση. Σε μία τετράχρονη ΜΕΚ ένας κύκλος λειτουργίας ολοκληρώνεται σε δύο περιστροφές του στροφάλου, ενώ σε μία δίχρονη ολοκληρώνεται σε μία περιστροφή. Οι τετράχρονες ΜΕΚ, οι οποίες διαδόθηκαν πρώτες ευρέως, έχουν καλύτερη οικονομία καυσίμου. Οι δίχρονες ΜΕΚ έχουν λιγότερα εξαρτήματα και είναι πιο ελαφριές και λιγότερο ογκώδεις για την ίδια ιπποδύναμη. Βέβαια τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει πολλές βελτιώσεις και στις δύο κατηγορίες.

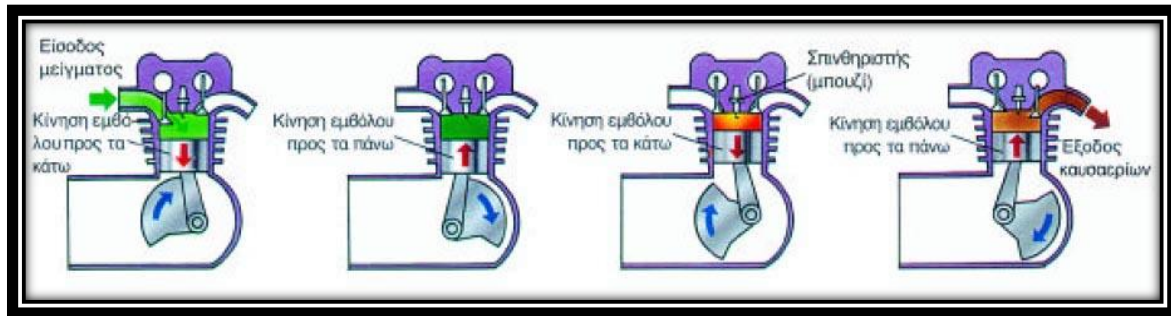
1.1 Κύκλος λειτουργίας τετράχρονης μηχανής

Στην τετράχρονη μηχανή έχουμε τους εξής χρόνους και λειτουργίες:

1. Εισαγωγή
2. Συμπίεση
3. Εκτόνωση
4. Εξαγωγή

Ανάμεσα στη συμπίεση και την εκτόνωση γίνεται η ανάφλεξη του μείγματος αέρα-καυσίμου. Αναλυτικότερα, στον πρώτο χρόνο ανοίγει η βαλβίδα εισαγωγής, το έμβολο

κατεβαίνει και εισέρχεται το καύσιμο μείγμα. Στον δεύτερο η βαλβίδα εισαγωγής κλείνει και το έμβολο ανεβαίνει συμπιέζοντας το μείγμα. Εδώ γίνεται η ανάφλεξη με σπινθηριστή (μπουζί) εάν το καύσιμο είναι βενζίνη ή λόγω υπερβολικής συμπίεσης (αυτανάφλεξη) εάν είναι πετρελαιοκινητήρας. Η ανάφλεξη πυροδοτεί μία χημική αντίδραση η οποία δημιουργεί αέρια μεγάλου όγκου που ασκούν πίεση στο έμβολο (3ος χρόνος) και το κινούν προς τα κάτω. Τέλος ανοίγει η βαλβίδα εξαγωγής και το μείγμα φεύγει καθώς παράλληλα ανεβαίνει πάλι το έμβολο.



Εικόνα 1.1: Λειτουργία 4χρονης μηχανής [2].

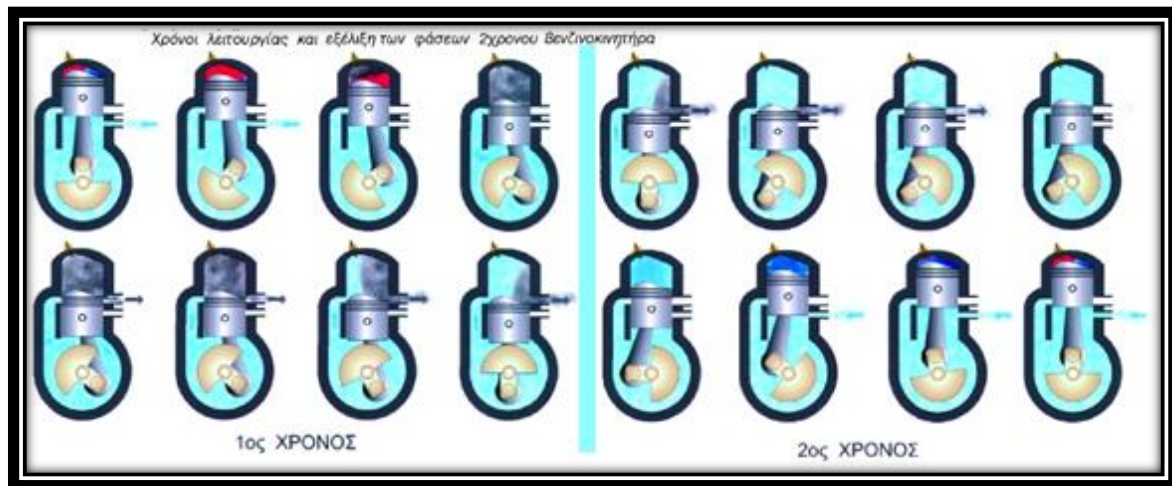
Στην εικόνα 1.1 παρουσιάζονται οι τέσσερις (4) χρόνοι της τετράχρονης βενζινομηχανής. Στη πρώτη φάση γίνεται η εισαγωγή του μείγματος αέρα-καυσίμου, στη δεύτερη φάση το έμβολο συμπιέζει το μείγμα, στην τρίτη γίνεται η ανάφλεξη και παραγωγή έργου και στην τέταρτη αποβάλλονται τα καυσαέρια.

1.2 Κύκλος λειτουργίας δίχρονης μηχανής

Κατά την έναρξη του πρώτου χρόνου γίνεται η ανάφλεξη και το έμβολο κατεβαίνει λόγω της εκτόνωσης. Το κάτω μέρος του εμβόλου κλείνει τη θυρίδα εισόδου που βρίσκεται στο πλάι του κυλίνδρου. Προς το τέλος της διαδρομής του εμβόλου, το καύσιμο αρχίζει και βγαίνει από τη θυρίδα εξόδου που βρίσκεται στο πλάι του κυλίνδρου. Ταυτόχρονα δημιουργείται μία μικρή πίεση ανάμεσα στο κάτω μέρος του εμβόλου μέσα στον στροφαλοθάλαμο που συμπιέζει το μείγμα καυσίμου λόγω της μείωσης του όγκου κατά το κατέβασμα. Στη συνέχεια που το έμβολο κατεβαίνει παρακάτω, και μέσω αυλακιών ανάμεσα στον κύλινδρο και τον στροφαλοθάλαμο εισάγεται το προσυμπιεσμένο μείγμα στον θάλαμο καύσης. Το καινούργιο άκαυστο μείγμα σπρώχνει τα αέρια της καύσης προς τη θυρίδα εξαγωγής λόγω διαφοράς πίεσης και τα αντικαθιστά στον θάλαμο καύσης.

Κατά το δεύτερο χρόνο, το έμβολο αρχίζει να κινείται προς τα επάνω. Το επάνω μέρος του εμβόλου κλείνει την εισαγωγή καυσίμου στον θάλαμο καύσης και αφήνει περιθώριο στα

εναπομείναντα αέρια της προηγούμενης καύσης να φύγουν από τη θυρίδα εξόδου. Η θυρίδα εξόδου κλείνει και το μείγμα συμπιέζεται. Παράλληλα το κάτω μέρος του εμβόλου κινείται προς τα επάνω και λόγω της αύξησης του όγκου ανάμεσα σε αυτό και τον στροφαλοθάλαμο δημιουργείται υποπίεση. Το κάτω μέρος του εμβόλου απελευθερώνει τη θυρίδα εισαγωγής και λόγω της υποπίεσης εισέρχεται καινούργιο μείγμα στον στροφαλοθάλαμο. Το έμβολο φτάνει στο ανώτερο σημείο του και ο κύκλος επαναλαμβάνεται από την αρχή.



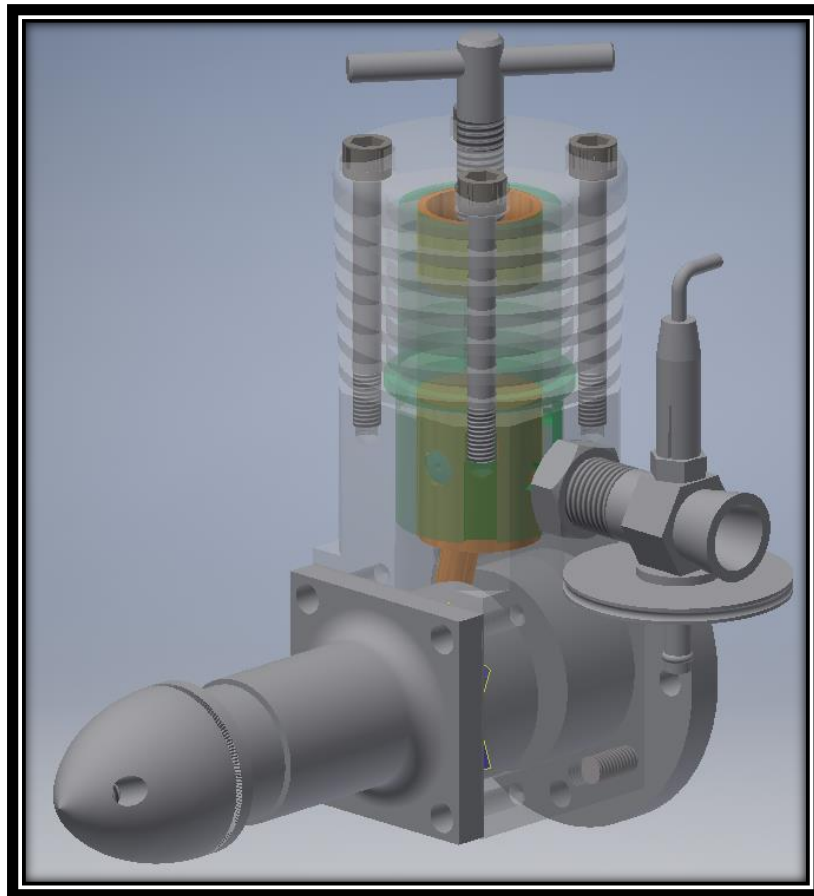
Εικόνα 1.2: Λειτουργία δίχρονης μηχανής [3].

Στην εικόνα 1.2 βλέπουμε αναλυτικά τον κάθε χρόνο μίας δίχρονης μηχανής. Αριστερά βλέπουμε στιγμιότυπα από τον πρώτο χρόνο και δεξιά στιγμιότυπα του δεύτερου χρόνου.

1.3 Δίχρονες ΜΕΚ υπό κλίμακα

Συστήματα και περιβάλλοντα φτιάχνονται υπό κλίμακα, είτε για ερευνητικούς σκοπούς (κυρίως λόγω κόστους), είτε για αισθητικούς λόγους (χόμπι ή/και εκπαίδευση). Έτσι γίνεται και για τους κινητήρες. Για να γίνει αυτό μπορεί να αλλάξουν τα υλικά, με άλλες αντοχές, ή/και διαφορετικές φυσικές ιδιότητες. Μπορεί να απλοποιηθούν λίγο οι μηχανισμοί, αλλά οι αρχές λειτουργίας παραμένουν ίδιες και τα συστήματα λειτουργούν με βάση την αρχή του μηχανολογικού σχεδιασμού τους [4].

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία γίνεται η σχεδιομελέτη για την κατασκευή μίας ντιζελοκίνητης λειτουργικής δίχρονης ΜΕΚ υπό κλίμακα (~1/10), όπως και παρουσιάζεται στην εικόνα 1.3.



Εικόνα 1.3: Αντιπροσωπευτικό 3D CAD μοντέλο δύχρονης μηχανής που υλοποιήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας.

Η σχεδιομελέτη, μοντελοποίηση και ο προγραμματισμός των κατεργασιών για τη κατασκευή της, αναλύονται στα κεφάλαια που ακολουθούν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Σχεδιομελέτη δίχρονης ΜΕΚ με 3D CAD

Η προσομοίωση αποτελεί μέθοδο με τη χρήση της οποίας γίνεται προσπάθεια αναπαράστασης της λειτουργίας ενός συστήματος παραγωγής, χωρίς να είναι απαραίτητη η δημιουργία ή και η λειτουργία του πραγματικού συστήματος. Για να γίνει αυτό δημιουργούνται κατάλληλες μαθηματικές συνθήκες, μέσω κατάλληλων προγραμμάτων, που περιγράφουν τις επιφάνειες στον χώρο. Η χρήση προσομοίωσης με στόχο την μελέτη συστημάτων παραγωγής αναφέρεται από τη δεκαετία του '60. Η προσομοίωση χρησιμοποιείται σε πολλές περιπτώσεις όπως η προσομοίωση της τεχνολογίας για τη βελτιστοποίηση της απόδοσης, της μηχανικής ασφάλειας, τον έλεγχο, την κατάρτιση, την εκπαίδευση και τα βιντεοπαιχνίδια. Προσομοίωση χρησιμοποιείται επίσης στην επιστημονική μοντελοποίηση των φυσικών συστημάτων ή ανθρώπινων συστημάτων ώστε να αποκτηθεί εικόνα για τη λειτουργία τους. Επιπλέον, προσομοίωση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δείξει τις ενδεχόμενες πραγματικές επιπτώσεις των εναλλακτικών όρων και τρόπους δράσης [5].

2.1 CAD και εφαρμογές

CAD (Computer Aided Design), ονομάζεται ο σχεδιασμός με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το CAD βοηθάει στη δημιουργία, τροποποίηση, ανάλυση και βελτιστοποίηση ενός δισδιάστατου (2D) ή ενός τρισδιάστατου (3D) σχεδίου. Χρησιμοποιείται για την αύξηση της παραγωγικότητας σε βιομηχανικό επίπεδο, αυξάνει κατά πολύ την ποιότητα και την λεπτομέρεια του σχεδίου, βελτιώνει την επικοινωνία μεταξύ των σχεδιαστών και είναι δυνατή η δημιουργία βάσης δεδομένων για μαζική παραγωγή. Τα βασικά πλεονεκτήματα του 3D σχεδιασμού είναι:

- α) ακριβής απεικόνιση τεμαχίου,
- β) εποπτικός έλεγχος τεμαχίου,
- γ) φωτορεαλισμός,
- δ) εύκολη μεταφορά από 3D σχέδιο σε 2D σχέδιο με απεικόνιση όλων των όψεων και των τομών.
- ε) Το τρισδιάστατο μοντέλο που παράγεται μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε προσομοιώσεις φυσικών φαινομένων και να αναλυθεί η συμπεριφορά του σε καταπονήσεις. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί σε συστήματα CAM (Computer Aided Manufacturing) τα οποία κατασκευάζουν το μοντέλο σε πραγματικές διαστάσεις του φυσικού χώρου [6].

στ) Το περιβάλλον λειτουργίας τέτοιων λογισμικών δεν περιορίζεται σε απλά σχέδια, αλλά σε υλικά, διεργασίες, διαστάσεις, ανοχές, αντοχές κ.ά.

ζ) Το CAD βρίσκει εφαρμογές σε πολλούς τομείς, όπως στην αρχιτεκτονική, στην αυτοκινητοβιομηχανία, τη ναυπηγική, την αεροναυπηγική [5,7].

Τα προϊόντα του CAD, μπορεί να είναι αποτελούνται από ένα σώμα (part) που δημιουργείται ένα τεμάχιο από την αρχή, είτε να είναι μία συναρμολόγηση πολλών τεμαχίων (assembly). Επίσης μπορούν να εξαχθούν τεχνικά σχέδια (Drawing).

2.2 Επιλογή συστήματος CAD και βασικές λειτουργίες

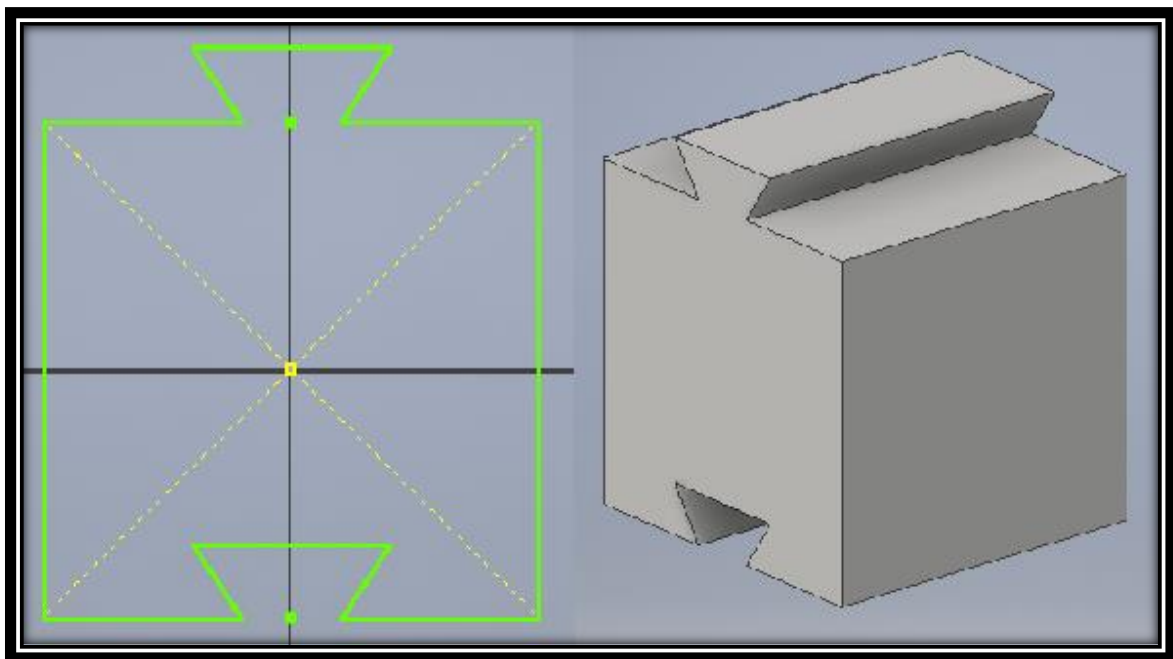
Η MEK που αναλύεται σε αυτήν την πτυχιακή, αποτελείται από περίπου 40 part και συναρμολογούνται σε ένα assembly. Η μοντελοποίηση της MEK θα πραγματοποιηθεί στο προηγμένο λογισμικό CAD τρισδιάστατης παραμετρικής μοντελοποίησης Autodesk Inventor Professional 2016. [5]

Το Inventor® αναπτύχθηκε από την εταιρεία λογισμικού Autodesk και αποτελεί λογισμικό μηχανολογικού σχεδιασμού CAD για τη δημιουργία 3D ψηφιακών πρωτοτύπων που χρησιμοποιούνται στο σχεδιασμό, την οπτικοποίηση και προσομοίωση των προϊόντων. Βασικό προτέρημα του σχεδιαστικού πακέτου είναι η παραμετρική σχεδίαση και μοντελοποίηση. Δηλαδή οι διαστάσεις των τεμαχίων εύκολα μπορούν να αλλάζουν ανάλογα με τις ανάγκες των μηχανικών και χωρίς ο σχεδιαστής να χρειάζεται να κάνει το σχέδιο από την αρχή. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει δύο ακόμα βασικές εφαρμογές, τη Stress Analysis και το Inventor® Studio. Η εφαρμογή Stress Analysis χρησιμοποιείται στο πρόγραμμα τρισδιάστατης μοντελοποίησης Autodesk Inventor® για στατικές αναλύσεις μοντέλων μέσω πεπερασμένων στοιχείων FEM (Finite Element Method). Η συγκεκριμένη εφαρμογή παίζει πάρα πολύ σημαντικό ρόλο στην σχεδίαση και την μοντελοποίηση των αντικειμένων, καθώς με τις στατικές αναλύσεις το μοντέλο μπορεί να διορθωθεί αποφεύγοντας το κόστος και τον χρόνο που θα δημιουργούσε μια πραγματική παρέμβαση πριν να ελεγχθεί. Το Inventor® Studio χρησιμοποιείται για την παρουσίαση και την απεικόνιση του μοντέλου. Παρέχεται μεγάλη ποικιλία επιλογών όψεων και φωτισμού και επιλέγοντας την εντολή render μπορούμε να απεικονίσουμε φωτορεαλιστικά το μοντέλο που κατασκευάστηκε. Το Inventor® αξιοποιώντας πλήρως την τρισδιάστατη μοντελοποίηση, επιτρέπει σε μηχανικούς και σχεδιαστές να δημιουργήσουν ένα ψηφιακό μοντέλο ώστε να αναλύσουν την λειτουργία και την συναρμολόγηση του με άλλα εξαρτήματα πριν καν αυτά κατασκευαστούν. Από την στιγμή που θα δημιουργηθεί το ψηφιακό μοντέλο, πλέον μπορούν αυτόματα να παραχθούν κατασκευαστικά

σχέδια, οδηγίες συναρμολόγησης, λίστες υλικών, καλούπια, κινηματικές αναλύσεις κλπ.
Υπάρχουν τέσσερα είδη αρχείων τα οποία δημιουργεί το παρόν σχεδιαστικό πακέτο:

1. Τεμάχιο (Part),
2. Συναρμολόγημα (Assembly),
3. Σχέδια (Drawings)
4. Παρουσίαση (Presentation). [5]

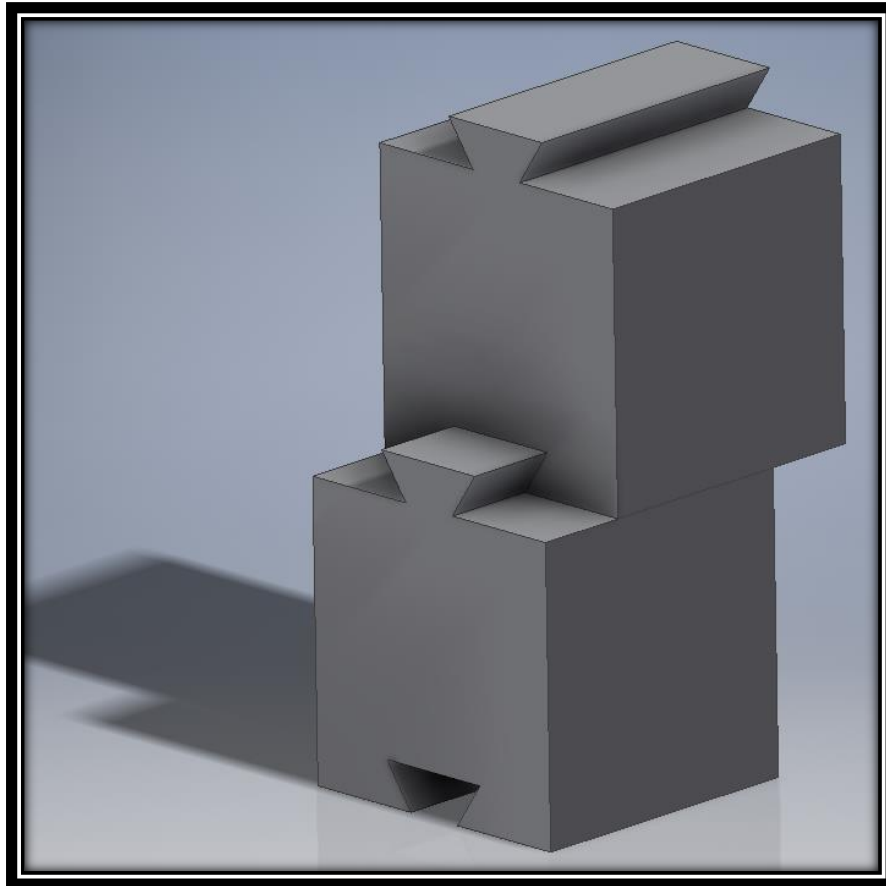
Ο χρήστης πατώντας την εντολή “Sketch 2D” σχεδιάζει στις 2 διαστάσεις και επιλέγοντας κάποια εντολή προσθήκης ή/και αφαίρεσης υλικού (“Extrude” ή “Revolve”) γίνεται ένα 3D τεμάχιο που αποθηκεύεται σε μορφή *.ipt



Εικόνα 2.1:Sketch και Part.

Στα δεξιά της εικόνας 2.1 βλέπουμε ένα Part που προκύπτει από το Sketch στα αριστερά.

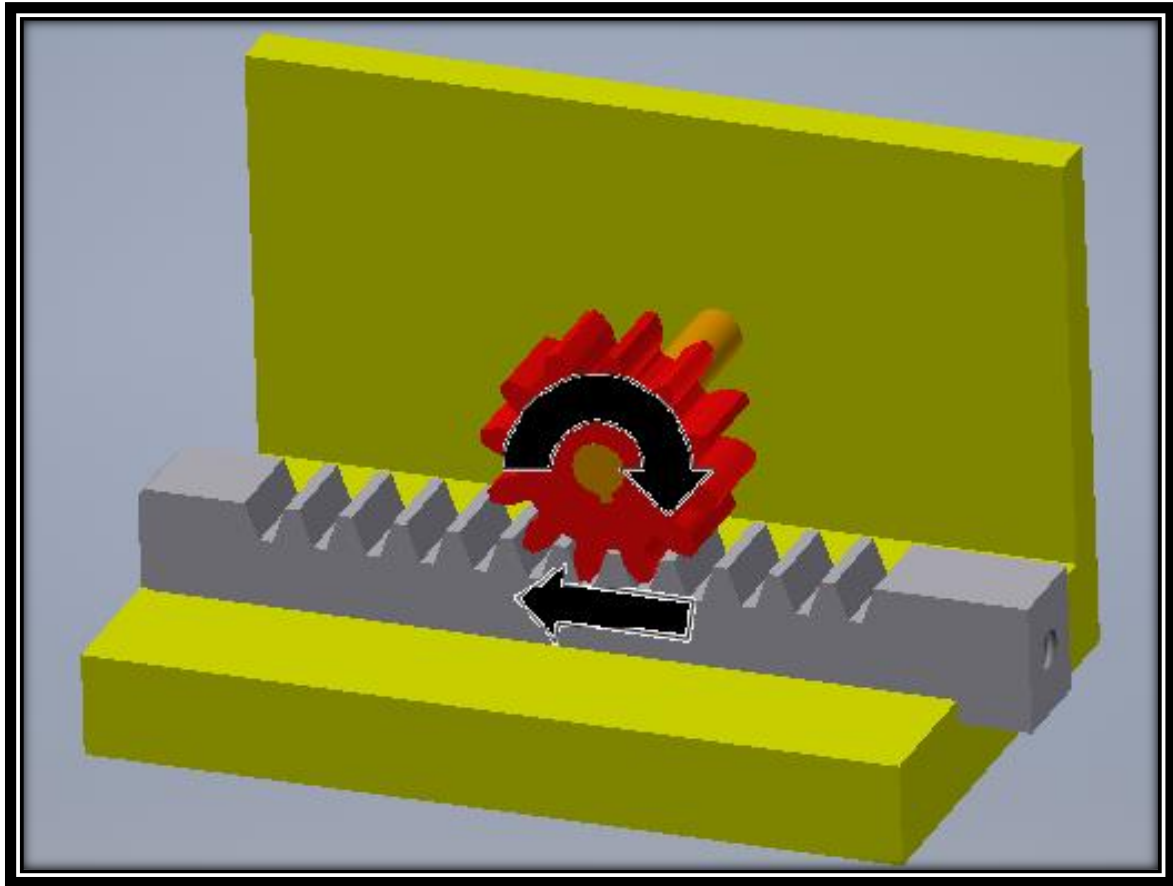
Όταν ο χρήστης έχει σχεδιάσει τα parts, μπορεί να τα συναρμολογήσει σε ένα Assembly καθορίζοντας τις σχέσεις που τα συνδέουν και αφήνοντας τους απαραίτητους βαθμούς ελευθερίας. Αποθηκεύεται σε μορφή *.iam



Εικόνα 2.2: Assembly.

Στην εικόνα 2.2 βλέπουμε ένα Assembly που είναι συναρμολόγηση από 2 Parts. Αυτά τα δύο Part κουμπώνουν σαν τα κομμάτια ενός παζλ.

Στο Autodesk Inventor Professional 2016, στο περιβάλλον του Assembly, μπορούμε να κάνουμε προσομοίωση κίνησης. Επιλέγοντας τη λειτουργία “Drive” μιας σχέσης λειτουργίας μπορούμε να κάνουμε μία γωνία ή μία απόσταση να μεταβάλλεται στον χρόνο, για να δούμε τη συμπεριφορά του συστήματος.



Εικόνα 2.3: προσομοίωση κίνησης.

Στην εικόνα 2.3 μπορούμε να δούμε πώς θα συμπεριφερθεί το σύστημα σε μία προσομοίωση κίνησης. Όπως δείχνουν τα βέλη, όταν η οδοντωτή ράβδος συρθεί προς τα αριστερά, το γρανάζι θα γυρίσει δεξιόστροφα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

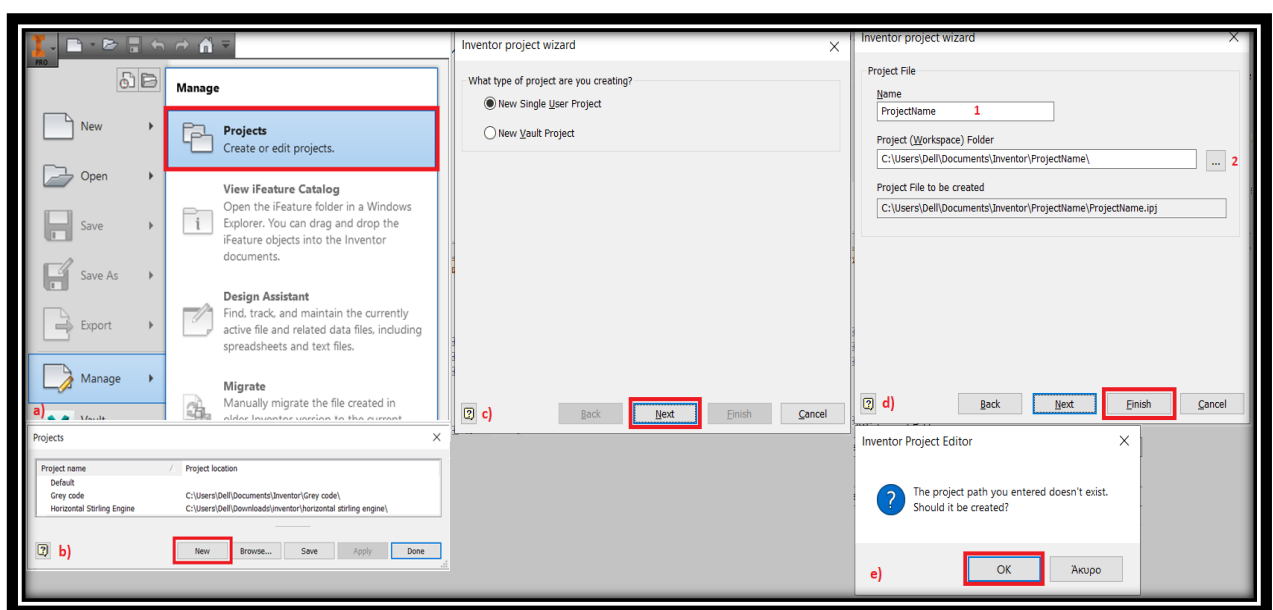
Ανάπτυξη των τεμαχίων (parts) μηχανής

Αναζητήθηκαν διαδικτυακά και βρέθηκαν πρότυπα σχέδια (blueprints) για μία εμβολοφόρα Μ.Ε.Κ. δίχρονη και μονοκύλινδρη [8]. Σε αυτό το κεφάλαιο σχεδιάζονται τα parts με τη βοήθεια του Autodesk Inventor που το συναρμολογήματά τους θα αποτελέσει τη μηχανή με τις σωστές διαστάσεις.

3.1 Δημιουργία Project:

Για να αρχίσουμε μία νέα εργασία στο Autodesk Inventor δημιουργούμε ένα αρχείο Project (*.ipj), ώστε να αποθηκεύονται όλα τα αρχεία της εργασίας μας στον ίδιο φάκελο και να μπορούμε να τα βρούμε εύκολα από το μενού του προγράμματος. Για να δημιουργήσουμε ένα νέο Project, πάμε πάνω αριστερά στο κύριο μενού του προγράμματος → Manage → Projects και ανοίγει το παράθυρο επεξεργασίας των Projects.

Κάνουμε κλικ στο “New” και ανοίγει το “Inventor project wizard”. Εκεί επιλέγουμε “New Single User Project” → Next, γράφουμε το όνομα του Project και επιλέγουμε πού θα αποθηκευτεί → Finish και OK. Παρακάτω στην εικόνα 3.1 φαίνονται με τη σειρά οι επιλογές που κάνουμε για να δημιουργήσουμε ένα νέο Project.




















Εικόνα 3.1: ακολουθία βημάτων για τη δημιουργία Project


Στην εικόνα 3.1 παρουσιάζονται με αλφαβητική σειρά οι επιλογές που θα κάνουμε για να δημιουργήσουμε ένα Project. Στην εικόνα d) στον αριθμό 1 γράφουμε το όνομα του Project και στον αριθμό 2 επιλέγουμε τον φάκελο που θα αποθηκεύονται τα αρχεία. Τέλος, στο παράθυρο Projects επιλέγουμε το Project που δημιουργήσαμε → Done.

3.2 Δημιουργία των 3D CAD τεμαχίων (parts)

Η μηχανή μας αποτελείται από πλήθος κομματιών (parts) που θα σχεδιαστούν ξέχωρα και θα συναρμολογηθούν με ένα τελικό assembly στο Inventor. Στον πίνακα 3.1 περιγράφονται οι βασικές εντολές για τη δημιουργία ενός part.

Εικονίδιο	Εντολή	Εφαρμογή
	New	Δημιουργεί ένα καινούργιο αρχείο. Αφού πατηθεί, μετά θα επιλεγθεί τι τύπος αρχείου θα είναι και για να συνεχιστεί η διαδικασία
	Open	Ανοίγει ένα ήδη υπάρχον αρχείο.
	Part → Standard (mm).ipt	Δημιουργεί αρχείο τεμαχίου που θα σχεδιάσουμε με πρότυπη μονάδα μήκους τα mm.
	Start 2D Sketch	Με αυτή την εντολή δημιουργούμε ένα 2D σχέδιο σε επίπεδο που επιλέγουμε αμέσως μετά την εντολή. Το επίπεδο μπορεί να είναι καρτεσιανό, ή να είναι επιφάνεια του τεμαχίου όπως έχει σχεδιαστεί μέχρι εκείνη τη στιγμή, είτε σε επίπεδο που φτιάχτηκε συναρτήσει κάποιων από τα προηγούμενα.
 Line	Line	Σχεδιάζει γραμμές κάνοντας δύο κλικ. Μπορούμε να επιλέξουμε το μήκος της γραμμής, τη γωνία της σε σχέση με την οριζόντια είτε να το κάνουμε στο περίπου και να τη διορθώσουμε μετά.
 Circle	Circle	Φτιάχνει κύκλους. Πατώντας στο κέντρο του κύκλου και σε ένα σημείο που θέλουμε να ακουμπάει η περιφέρειά

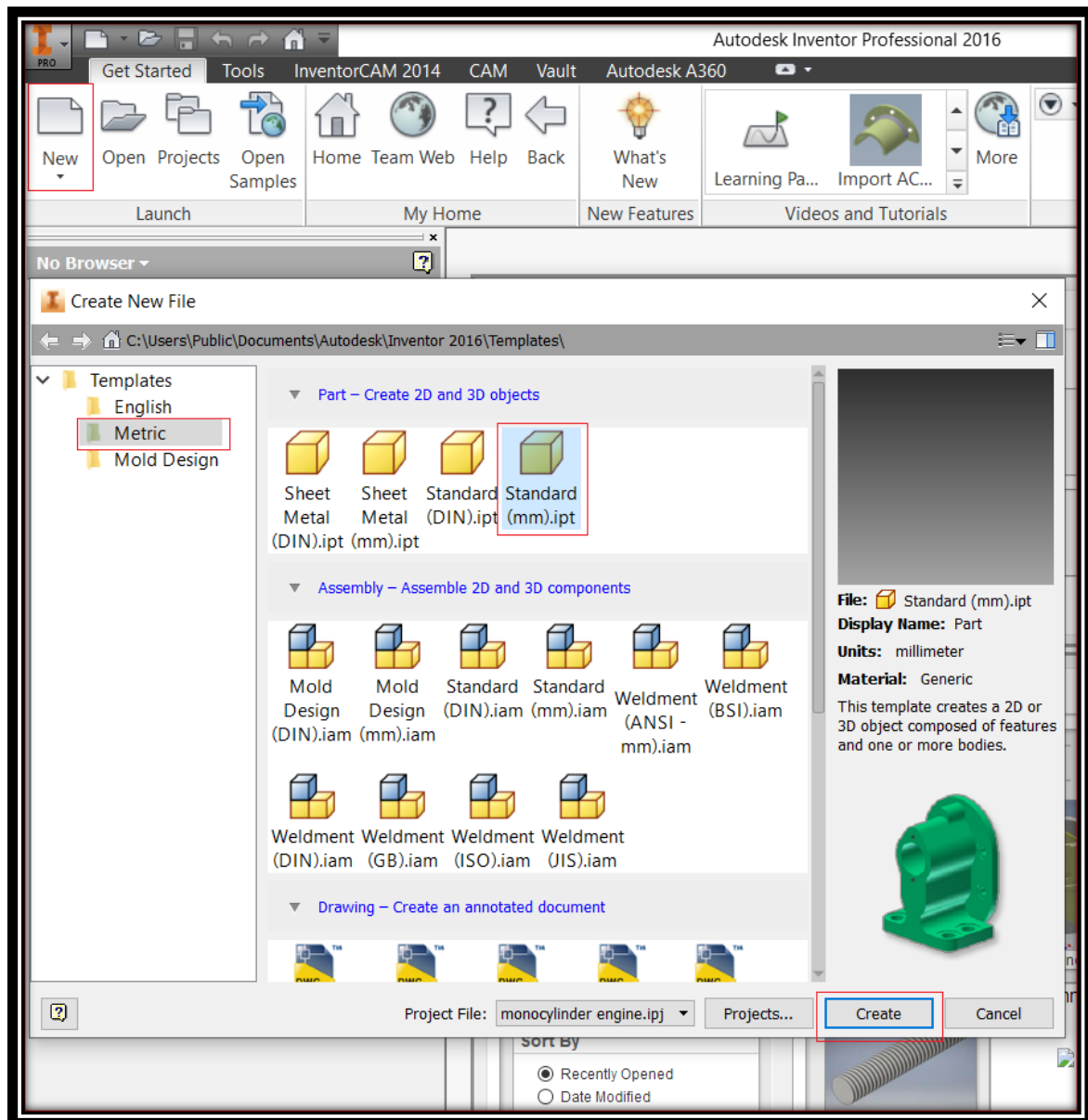
		του, ή γράφοντας τη διάμετρό του σε mm.
 Rectangle	Rectangle	Ορθογώνιο Παραλληλόγραμμο. Πατώντας 2 διαγώνια σημεία του παραλληλογράμμου είτε πατώντας το ένα και γράφοντας τις διαστάσεις των πλευρών.
 Point	Point	Δημιουργία σημείου.
 Move	Move	Μετακινεί δισδιάστατη γεωμετρία. Πρέπει να επιλέξουμε τα στοιχεία (γραμμές κύκλους κλπ) που θέλουμε να μετακινηθούν, ένα βασικό σημείο (από πού θα πιαστεί η γεωμετρία) και το πού θα μετακινηθεί.
 Trim	Trim	Κόβει περίσσια μέρη. Τα μέρη καθορίζονται από τα σημεία τομής των γεωμετριών και επιλέγουμε ποια θέλουμε να φύγουν.
 Project Geometry	Project Geometry	Με αυτήν την εντολή μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε στο σχέδιό μας στοιχεία από άλλα σχέδια πάνω στο ίδιο τεμάχιο.
 Dimension	Dimension	Αυτό το εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί από την υπόδειξη του μεγέθους μίας διάστασης, μέχρι την αλλαγή της διάστασης αυτής.
 Extrude	Extrude	Προσθήκη ή αφαίρεση υλικού δίνοντας πάχος σε κλειστά σχήματα (2½D).
 Revolve	Revolve	Προσθήκη ή αφαίρεση υλικού περιστρέφοντας ένα κλειστό σχήμα γύρω από άξονα της επιλογής μας.
 Hole	Hole	Δημιουργία οπής σε σημείο. Καθορίζουμε διάμετρο και βάθος. Μπορούμε επίσης να επιλέξουμε εσωτερικό σπείρωμα.
 Thread	Thread	Δημιουργεί σπείρωμα είτε εσωτερικό σε οπή, είτε εξωτερικό σε άξονα.
 Rectangular	Rectangular Pattern	Αντιγράφει με τάξη τις επιλεγμένες γεωμετρίες σε στήλες και σειρές. Χρησιμοποιείται και στο 2D, και στο 3D.

 Circular	Circular Pattern	Αντιγράφει γεωμετρίες κυκλικά γύρω από άξονα της επιλογής μας.
 Mirror	Mirror	Καθρεφτίζει γεωμετρίες και επιλέγουμε επίπεδο αντικατοπτρισμού.
	Construction	Είναι για τις βοηθητικές γραμμές. Τις κάνει διακεκομμένες.
	Centerline	Κάνει μία γραμμή αξονική.
	Finish Sketch	Κλείνει την επεξεργασία του Sketch ώστε να μπορούμε να επεξεργαστούμε τις 3D παραμέτρους.

Πίνακας 1: Βασικές εντολές για δημιουργία Part.

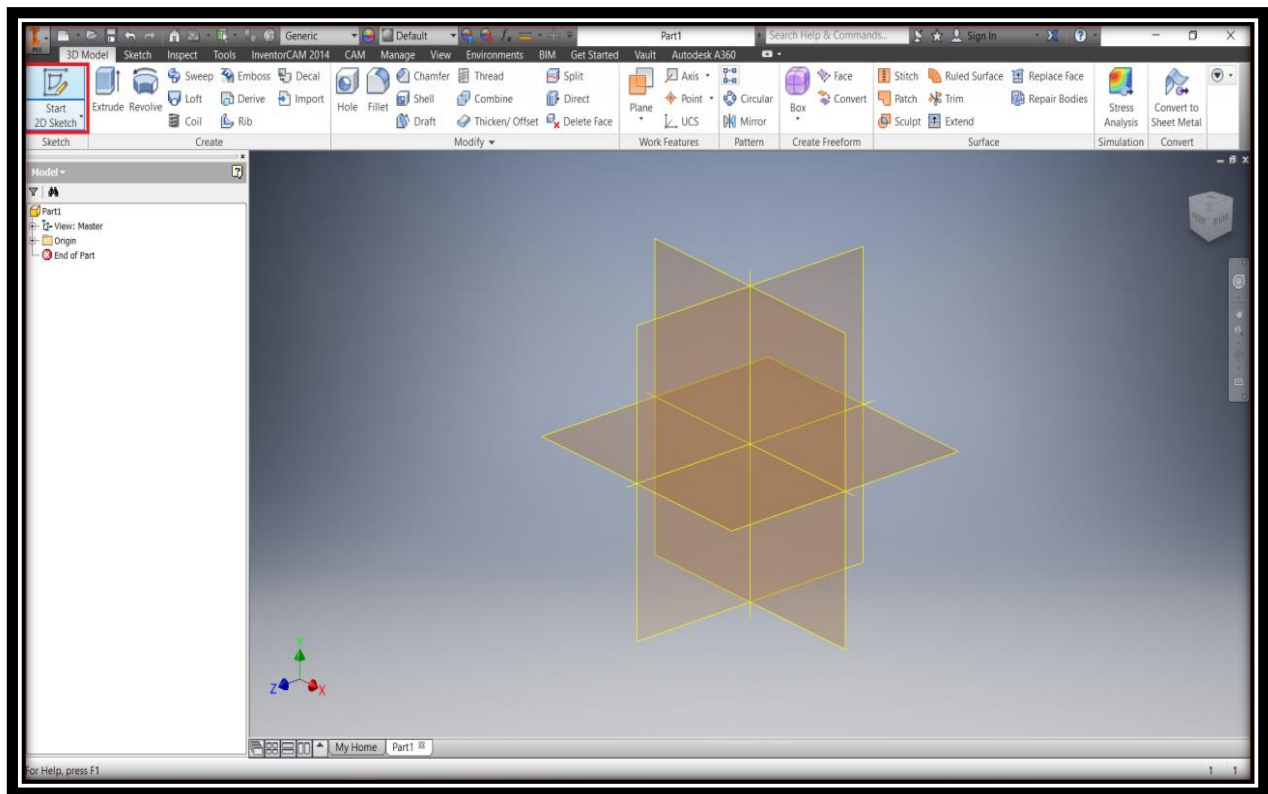
3.3 Μεθοδολογία ανάπτυξης των βασικών τεμαχίων (parts)

Μπαίνοντας στο πρόγραμμα ενεργοποιούμε την εντολή “New” για να φτιαχτεί κάτι καινούργιο. Στην ενότητα “Part” πατάμε το “Standard (mm)” για να είναι οι διαστάσεις σε χιλιοστά και “Create” για να αρχίσει η σχεδίαση όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.2.



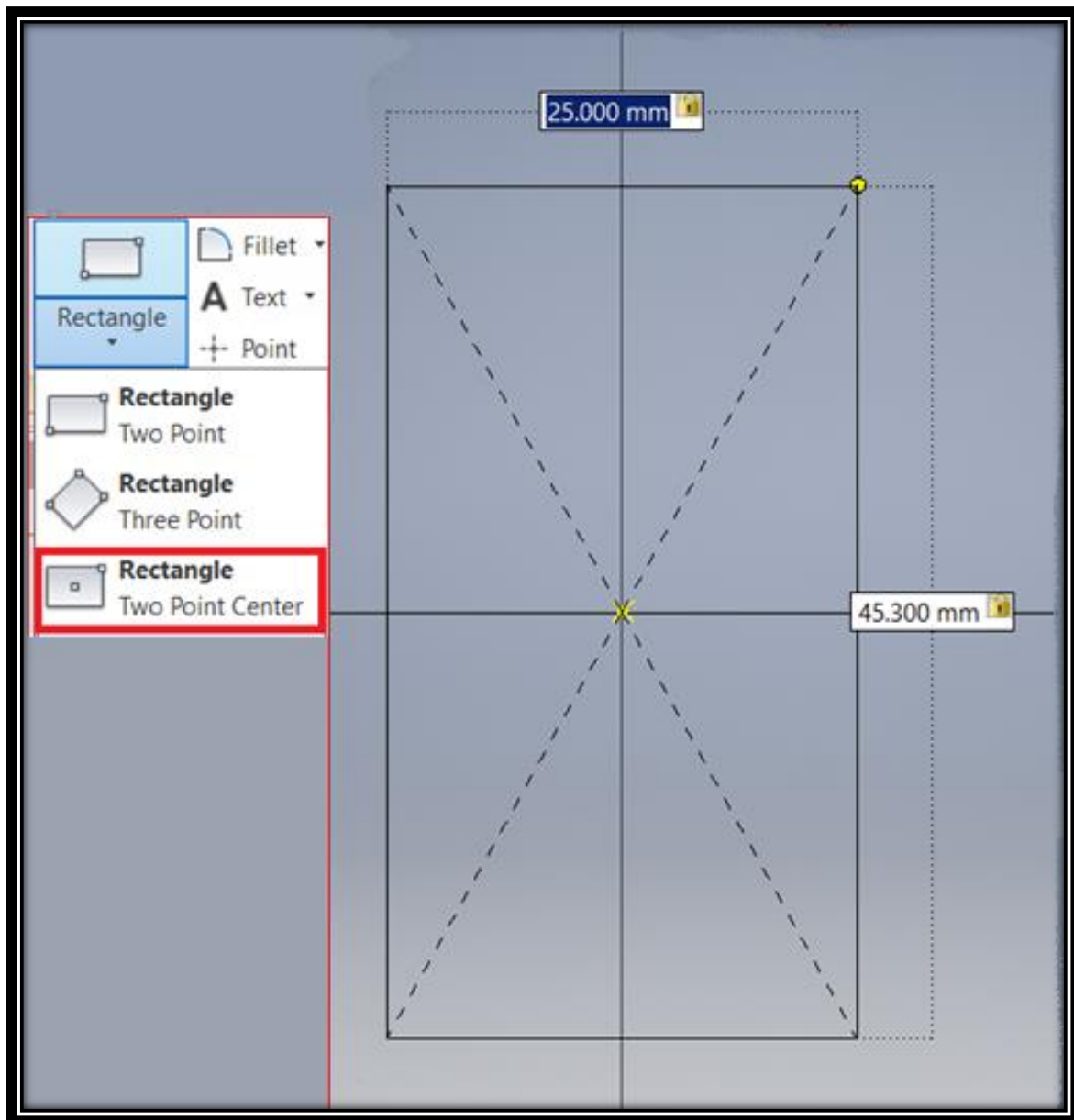
Εικόνα 3.2: Δημιουργία νέου τεμαχίου.

Μετά πατάμε επιλέγουμε την εντολή “Start 2D Sketch” και διαλέγουμε επίπεδο για τη δισδιάστατη σχεδίαση (Εικόνα 3.3).



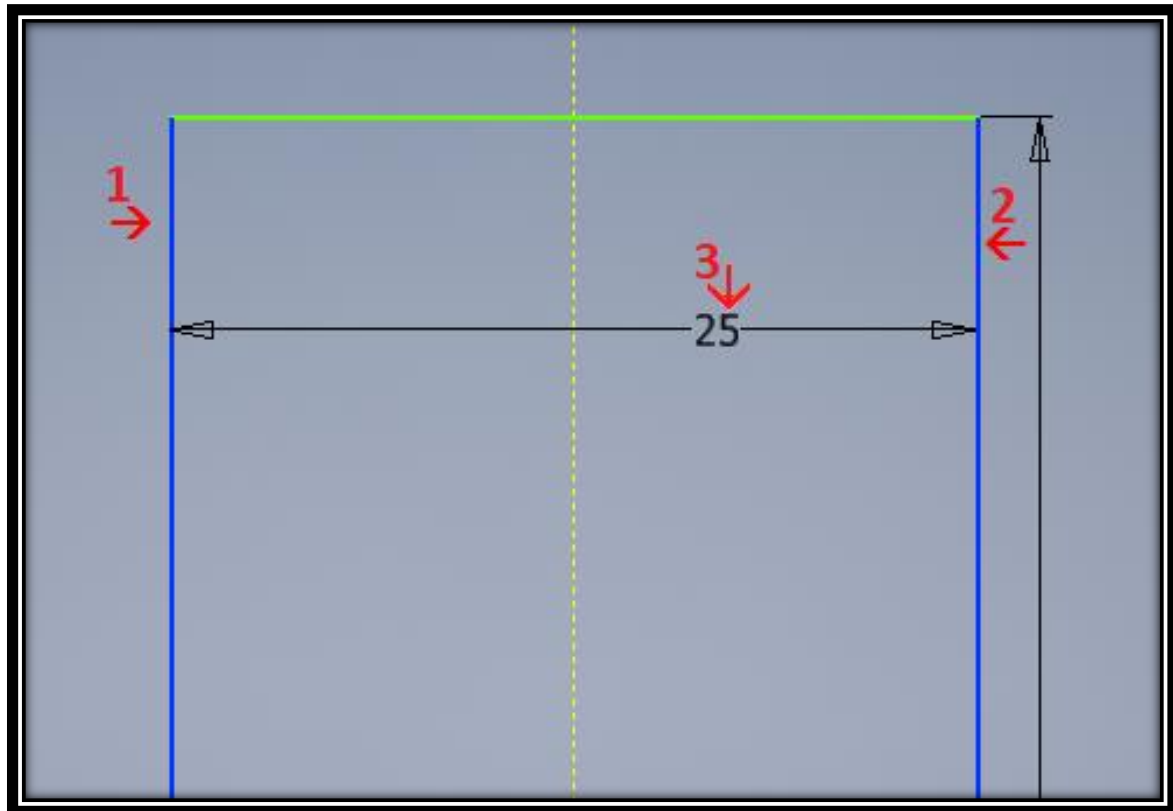
Εικόνα 3.3: Επιλογή επιπέδου για σχεδίαση.

Όπως δείχνει η παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3.4) ανοίγουμε το υπομενού του “Rectangle” για να βρούμε το κουμπί που μας βολεύει. Για να κάνουμε το κέντρο της πρόσοψης στο κεντρικό σημείο του επιπέδου μας, επιλέγουμε το “Center Point”. Οι διαστάσεις του παραλληλογράμμου (όπου προς το παρόν καθορίζονται από τη θέση του ποντικιού στην οθόνη) μπορούμε να τις καθορίσουμε πατώντας το κουμπί “Tab” και γράφουμε το μέτρο της διάστασης σε χιλιοστά. Πατάμε πάλι “Tab” για να αλλάξουμε την επόμενη και για να το οριστικοποιήσουμε πατάμε “Enter”.



Εικόνα 3.4: Παραλληλόγραμμο με έλεγχο κεντρικού σημείου.

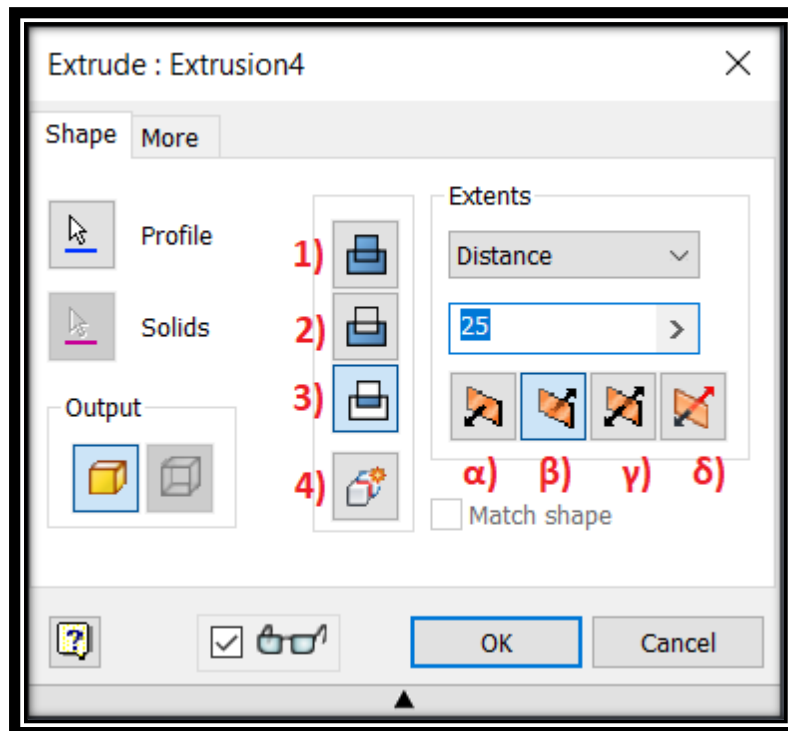
Για να βάλουμε τις διαστάσεις να φαίνονται και να μπορέσουμε να τις αλλάξουμε εάν χρειαστεί, χρησιμοποιούμε την εντολή “Dimension”. Κλικάρουμε την μία και μετά την άλλη πλευρά και μετά το σημείο που θα φαίνεται η διάσταση.



Εικόνα 3.5:Εισαγωγή διάστασης με την εντολή “Dimension”.

Στην εικόνα 3.5 επιδεικνύονται με κόκκινους αριθμούς και βελάκια τα βήματα που ακολουθούμε όταν χρησιμοποιούμε την εντολή “Dimension”. Κάνουμε κλικ στην πλευρά 1, μετά στην πλευρά 2 και τέλος κάνουμε κλικ στο σημείο που θέλουμε να φαίνεται η διάσταση. Για να την αλλάξουμε κάνουμε διπλό κλικ απάνω της, σβήνουμε τον παλιό αριθμό και γράφουμε τον καινούργιο.

Για να φύγουμε από το περιβάλλον επεξεργασίας του Sketch κάνουμε κλικ στο “Finish Sketch”.



Εικόνα 3.6:Μενού του Extrude.

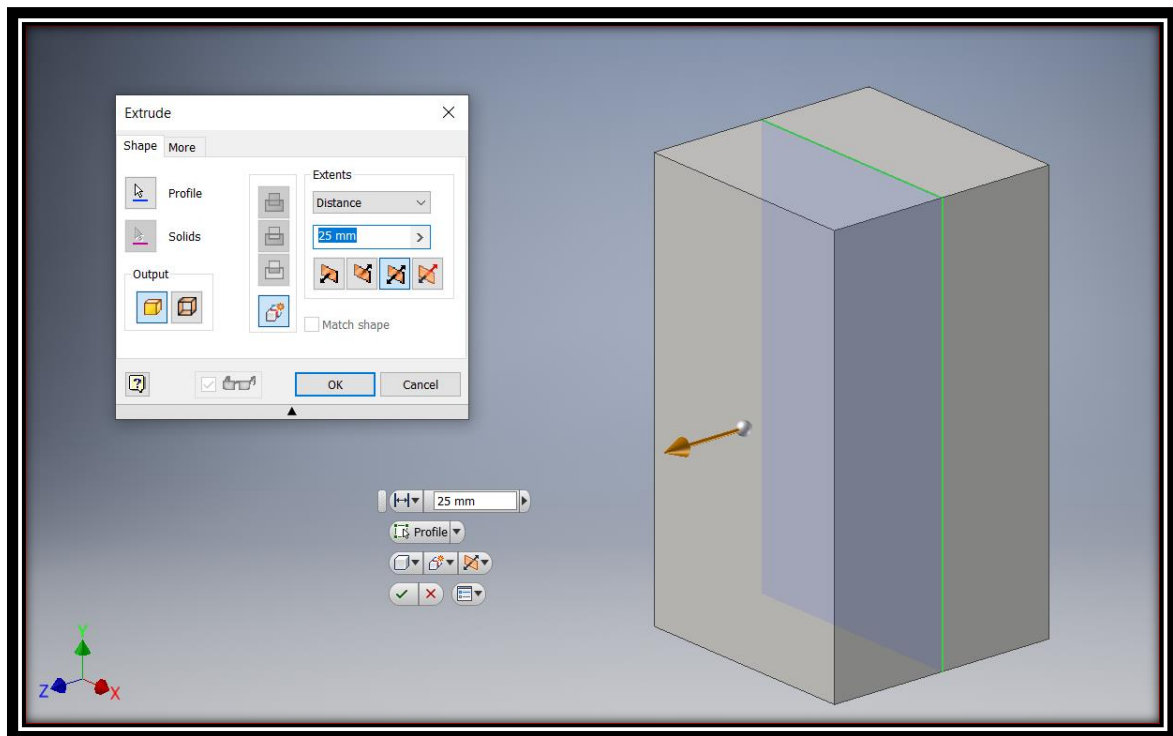
Στην εικόνα 3.6 βλέπουμε το μενού του Extrude. Έχοντας ενεργοποιημένο το Profile επιλέγουμε σε ποια κλειστή γεωμετρία θα δουλέψουμε. Αφού την επιλέξουμε, μπορούμε:

- 1) να δώσουμε όγκο,
- 2) να αφαιρέσουμε υλικό εσωτερικά της γεωμετρίας μας,
- 3) να αφαιρέσουμε υλικό εξωτερικά της γεωμετρίας μας,
- 4) να δημιουργήσουμε ένα νέο σώμα.

Από το επίπεδο της γεωμετρίας μας η προσθήκη/αφαίρεση υλικού μπορεί να γίνει

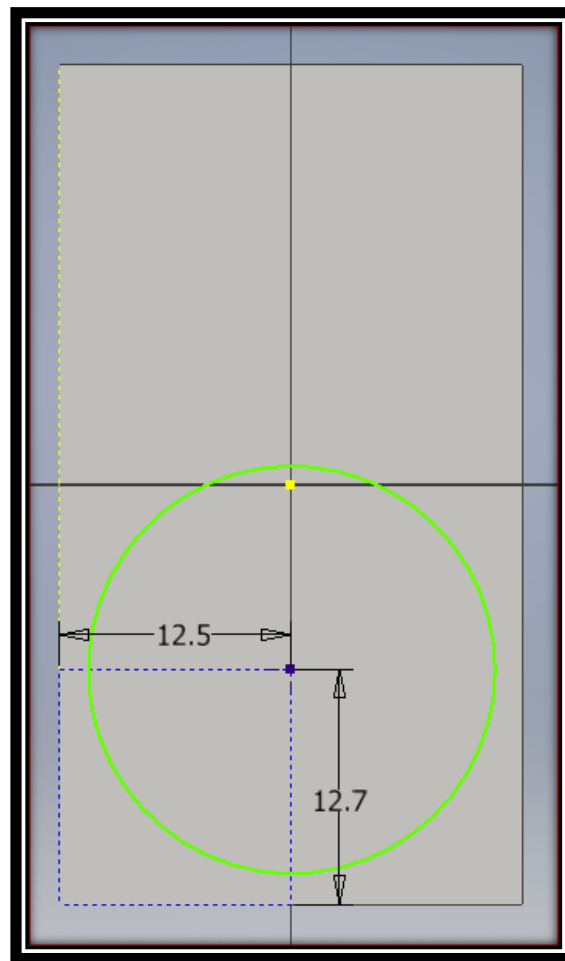
- α) και β) από την μία ή την άλλη κατεύθυνση,
- γ) συμμετρικά
- δ) ασύμμετρα με διαφορετικό πάχος σε κάθε πλευρά.

Κάνουμε κλικ στο “Extrude” για να δημιουργήσουμε ένα νέο σώμα. Γράφουμε το πάχος και η προσθήκη υλικού να γίνει συμμετρικά στο επίπεδο. Το Sketch έγινε 3D σώμα (Εικόνα 3.7).



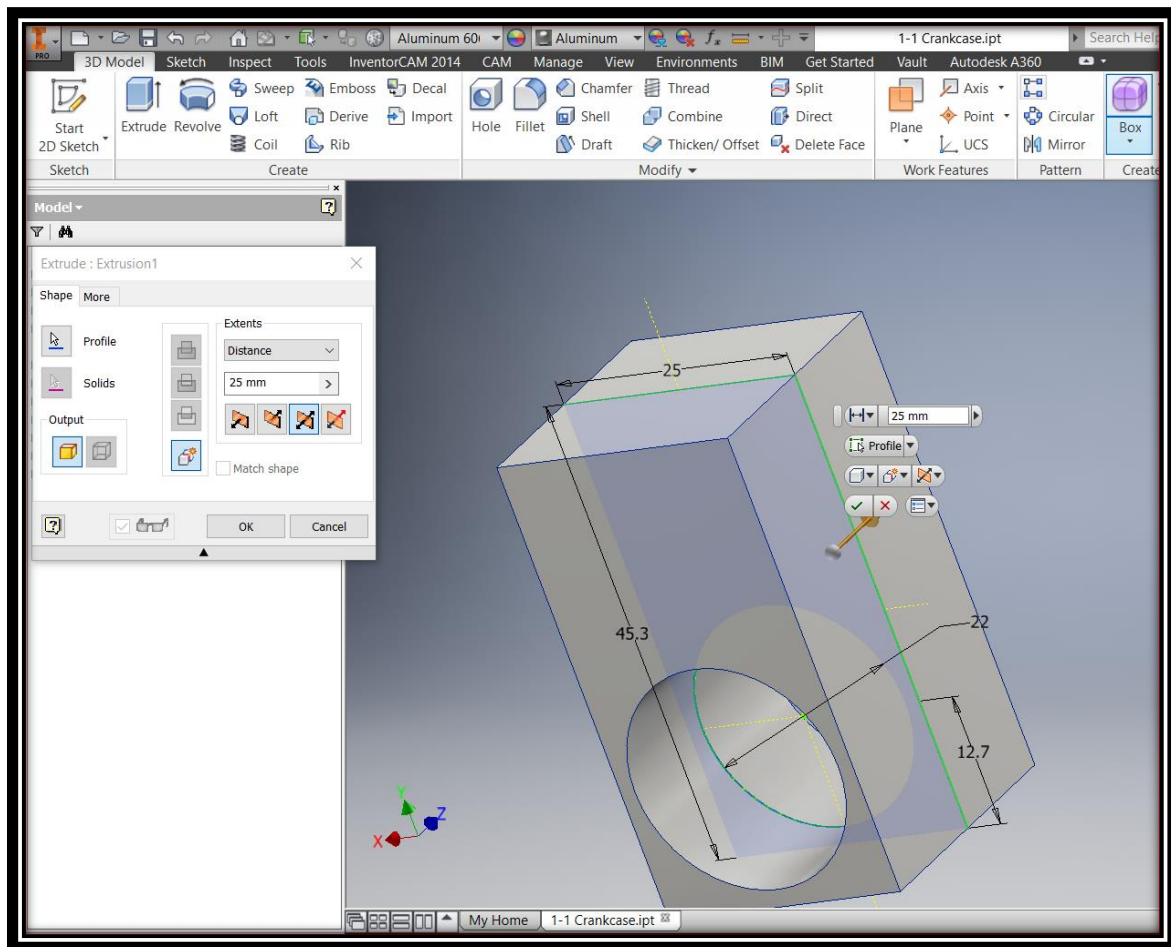
Εικόνα 3.7:Extrude με πάχος 25 mm για προσθήκη υλικού.

Για να βρεθεί το κέντρο της οπής χρειάστηκαν βοηθητικές γραμμές και για να διαφέρουν από τις γραμμές του σχεδίου, ενεργοποιούμε “Construction”. Κάνουμε ένα παραλληλόγραμμο 2 διαγώνιων σημείων: το πρώτο σημείο στην άκρη του προηγούμενου παραλληλόγραμμου. Χρησιμοποιούμε την εντολή “Dimension” για να κάνουμε τις διαστάσεις όσο κι η απόσταση του κέντρου της οπής από την άκρη αυτή. Μετά απενεργοποιούμε το “Construction” και επιλέγουμε το “Point” για να βάλουμε ένα σημείο και να μας βοηθήσει να κάνουμε τον κύκλο. Επιλέγουμε το “Circle” και κάνουμε τον κύκλο με βάση το προηγούμενο σημείο και με το “Dimension” καθορίζουμε την διάμετρό του. Στην εικόνα 3.8 βλέπουμε τις βοηθητικές γραμμές, το Point για το κεντρικό σημείο του κύκλου και τον κύκλο.



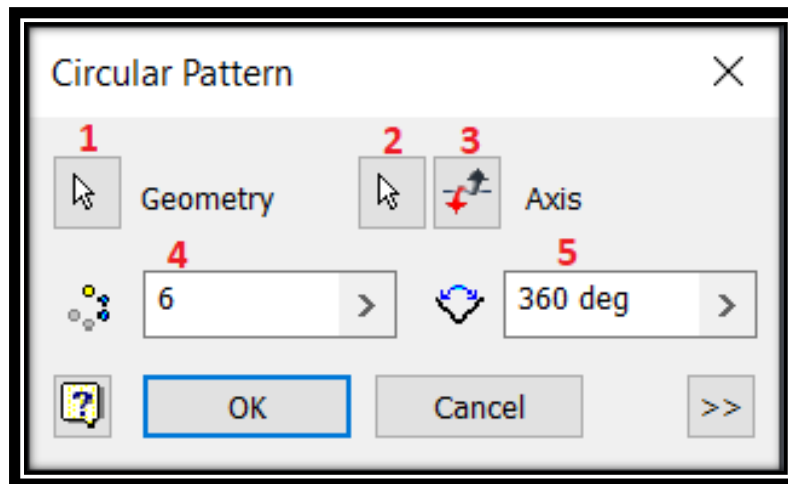
Εικόνα 3.8: Παραλληλόγραμμο με Construction γραμμές και δημιουργία κύκλου για την οπή.

Κάνουμε “Extrude” για να αφαιρεθεί υλικό (Εικόνα 3.9) και βάζουμε βάθος όσο και το πάχος του υλικού είτε παραπάνω, για να το κόψει διαμπερές.



Εικόνα 3.9: Extrude για αφαίρεση υλικού.

Για να συνδεθεί το επόμενο part πάνω σ' αυτό με βίδες είναι απαραίτητο να γίνουν οπές με σπείρωμα γύρω από την μεγάλη οπή. Κάνουμε καινούριο "Sketch", ενεργοποιούμε το "Project Geometry" για να χρησιμοποιηθούν στοιχεία από το προηγούμενο σχέδιο και επιλέγουμε τον κύκλο. Με το "Construction" κάνουμε ένα παραλληλόγραμμο από το κέντρο του κύκλου μέχρι τις αποστάσεις X και Y του σημείου της πρώτης οπής και επισημαίνουμε το σημείο με "Point". Μετά, για να μην το ξανακάνουμε άλλες 3 φορές, κάνουμε κλικ στην εντολή "Circular Pattern" (αν και θα μπορούσε να γίνει και με το "Rectangular"). Το μενού του "Circular Pattern" φαίνεται και περιγράφεται στην εικόνα 3.10

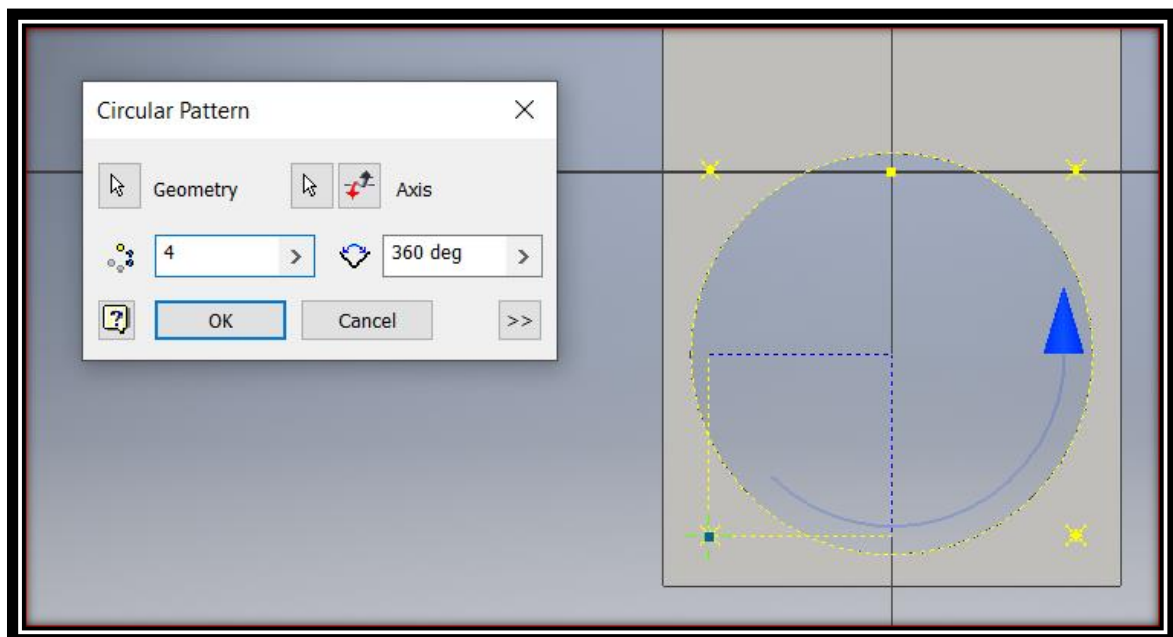


Εικόνα 3.10: Μενού του Circular Pattern.

Το Μενού του Circular Pattern περιέχει τις εξής εντολές:

1. Επιλογή της γεωμετρίας που θα αντιγράψουμε
2. Επιλογή του άξονα περιστροφής
3. αντιστροφή φοράς στον άξονα
4. πλήθος αντιγράφων
5. γωνιακό εύρος διάταξης.

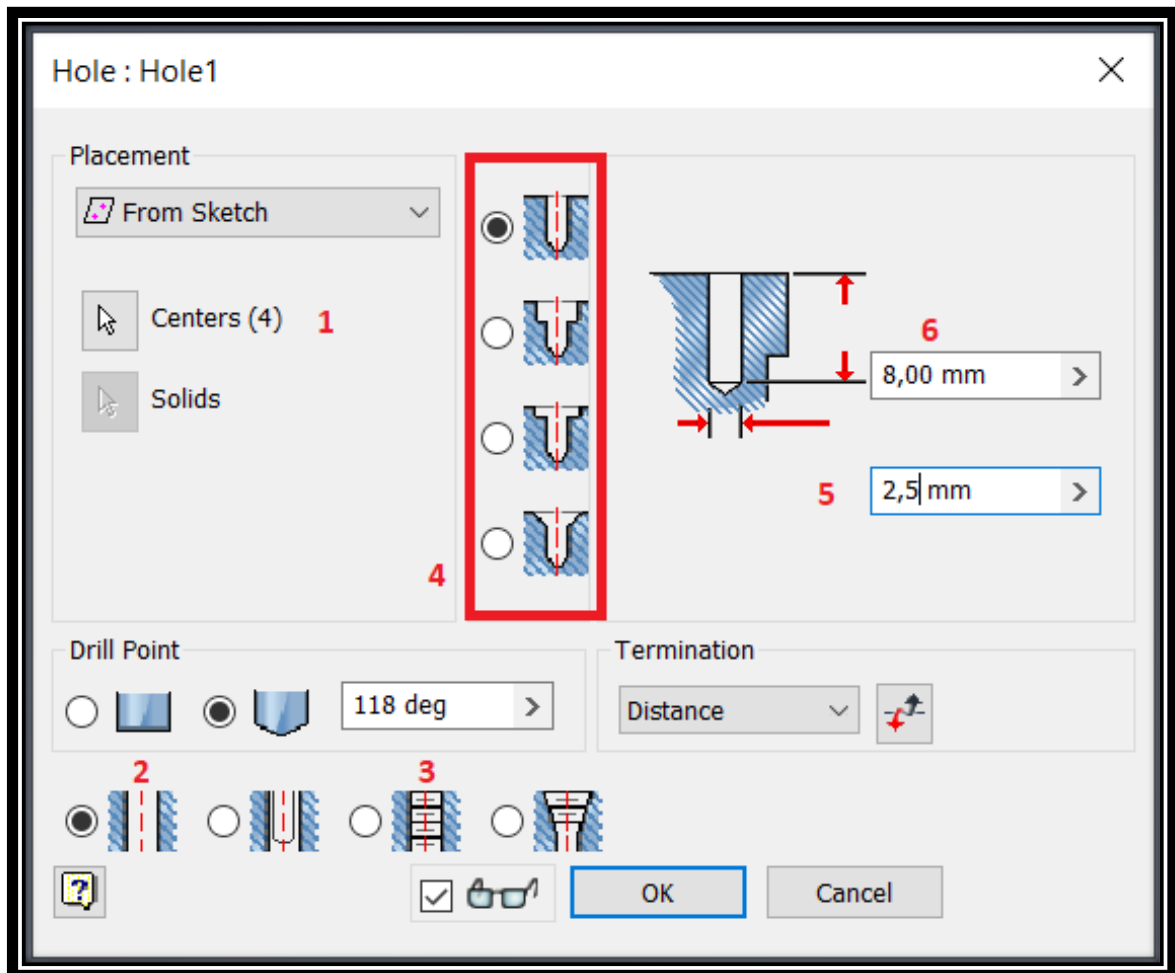
Το πλήθος των αντιγράφων ισομοιράζεται στο γωνιακό εύρος διάταξης, η γωνία του οποίου αρχίζει από το σημείο που επιλέξαμε.



Εικόνα 3.11: Circular Pattern.

Στην εικόνα 3.11 βλέπουμε πώς γίνεται το Circular Pattern. Τέσσερα σημεία ισομοιράζονται στις 360° του κύκλου. Επιλέγουμε το σημείο που θα γίνει η οπή. Για άξονα αναφοράς παίρνουμε το κέντρο του κύκλου και στη ποσότητα των αντιγράφων βάζουμε 4 να μοιραστούνε στις 360° του κύκλου. →Finish Sketch.

Για να γίνουν αυτά τα σημεία οπές, χρησιμοποιούμε το “Hole”. Το μενού του “Hole” φαίνεται και περιγράφεται στην εικόνα 3.12.

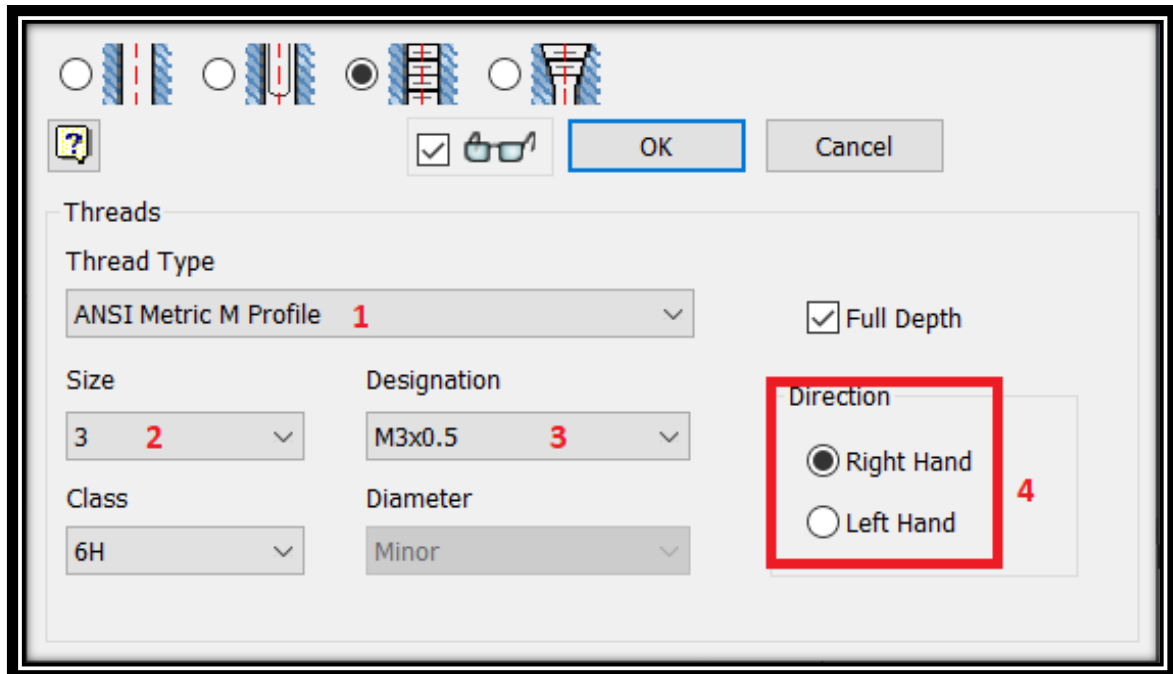


Εικόνα 3.12:Μενού του Hole.

1. Centers: είναι τα Points ή τα κέντρα κύκλων ή τόξων που θα είναι και τα κέντρα των οπών που θα ανοιχθούν.
2. Simple Hole: κάνει απλές εσωτερικά λείες τρύπες.
3. Tapped Hole: κάνει τρύπες με σπείρωμα. Το υπομενού τους θα περιγραφεί παρακάτω.
4. Από εκεί καθορίζουμε το σχήμα που πρέπει να έχει η τρύπα για να συναρμόσει με την βίδα που πιθανώς να βάλουμε.
5. Διάμετρος της οπής.

6. Βάθος της οπής

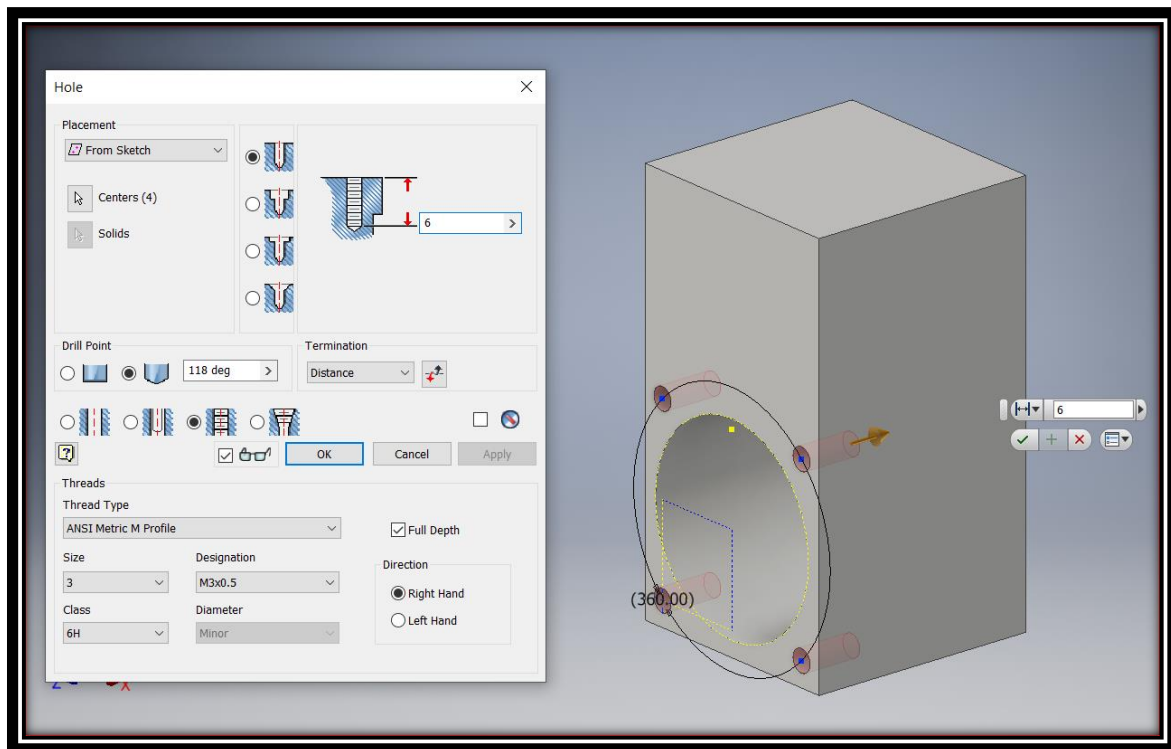
Όταν θέλουμε να κάνουμε τρύπες με σπείρωμα χρησιμοποιούμε το “Tapped Hole”. Αυτό μας ξεδιπλώνει ένα υπομενού που παρουσιάζεται στην εικόνα 3.13.



Εικόνα 3.13: Υπομενού Tapped Hole.

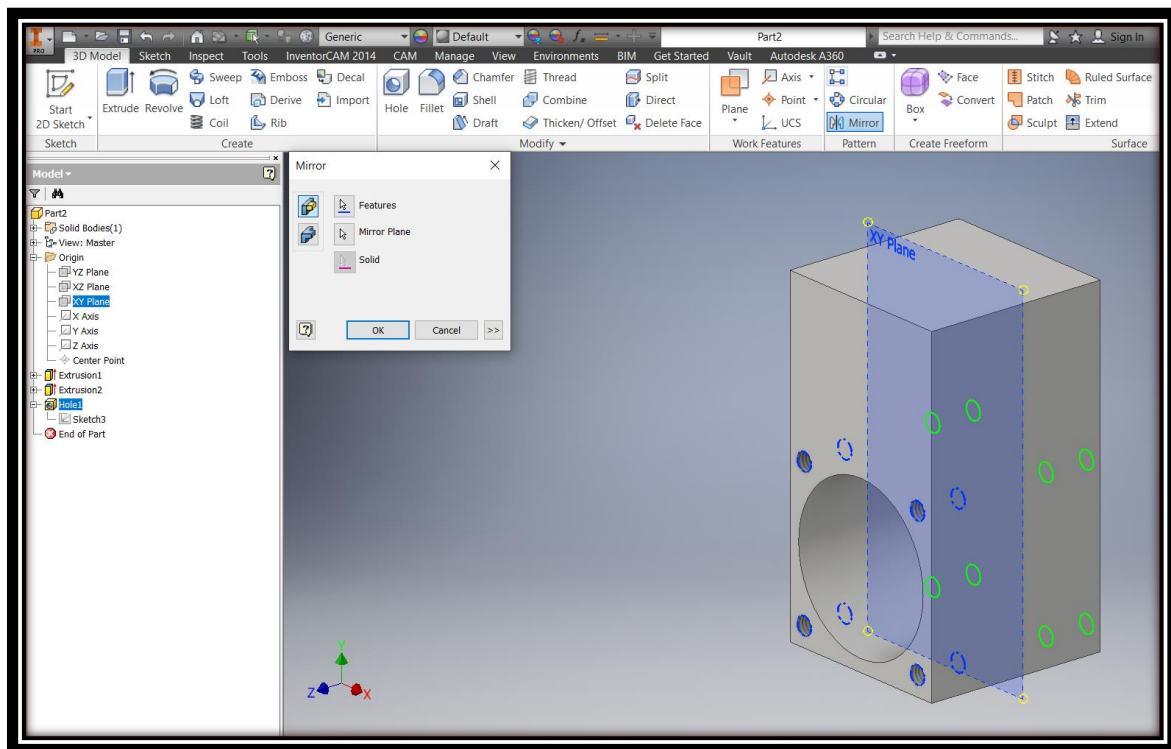
1. Είδος Τυποποίησης
2. Τυποποιημένη διάμετρος
3. Βήμα σπειρώματος
4. δεξιόστροφο ή αριστερόστροφο σπείρωμα.

Κάνουμε κλικ στα σημεία και επιλέγουμε “Tapped Hole” για να κάνουμε σπείρωμα M3X0.5 (όπως φαίνεται στην εικόνα 3.14), ώστε να βγούνε αμέσως οπές με σπείρωμα.



Εικόνα 3.14: Hole.

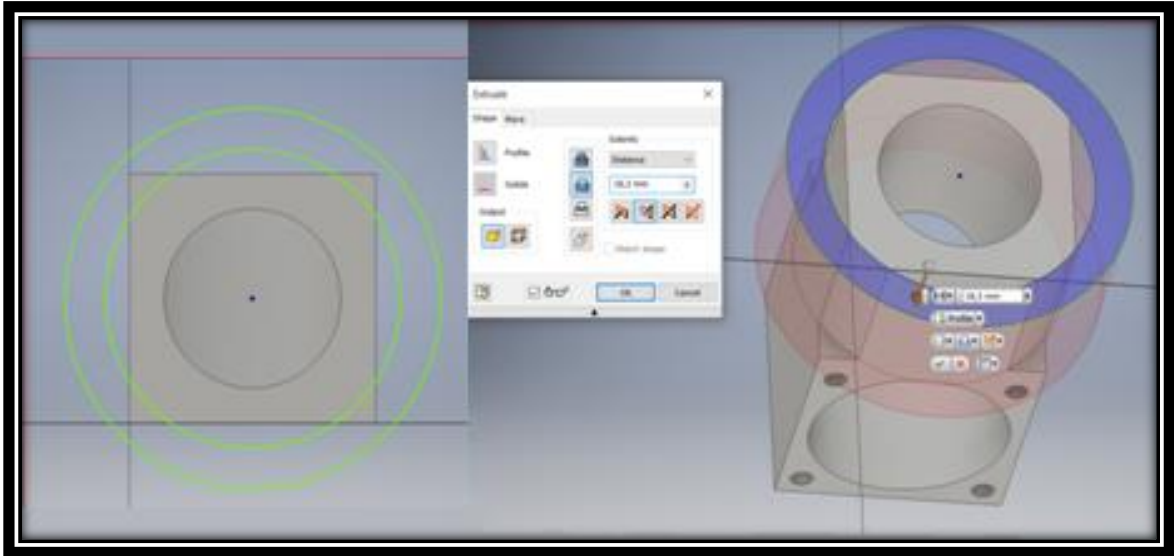
Για να μην επαναλάβουμε από την αρχή τη διαδικασία με τις σπές από την άλλη, κάνουμε κλικ στο “Mirror”. Στο “Feature” επιλέγουμε τη διαδικασία με τις σπές και στο “Plane” διαλέγουμε από το “Origin” το επίπεδο XY. OK.



Εικόνα 3.15: Mirror.

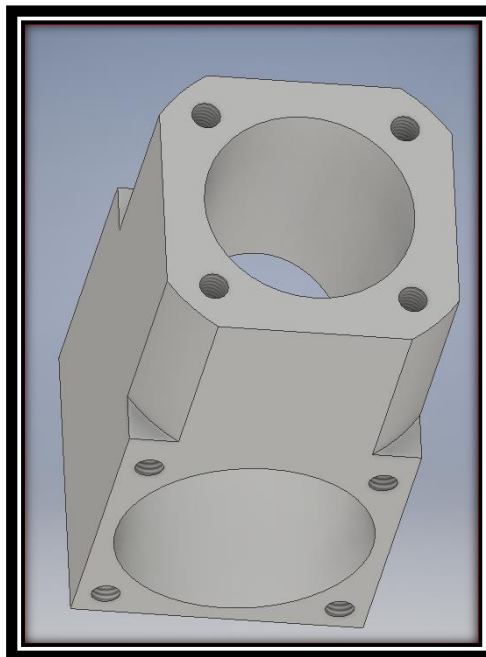
Στην εικόνα 3.15 βλέπουμε πώς γίνεται το Mirror. Έχει επιλεγθεί σαν Feature η διαδικασία “Hole 1” και σαν Mirror Plane το επίπεδο XY.

Με παρόμοιο τρόπο γίνονται και οι οπές από πάνω.



Εικόνα 3.16: Αφαίρεση υλικού.

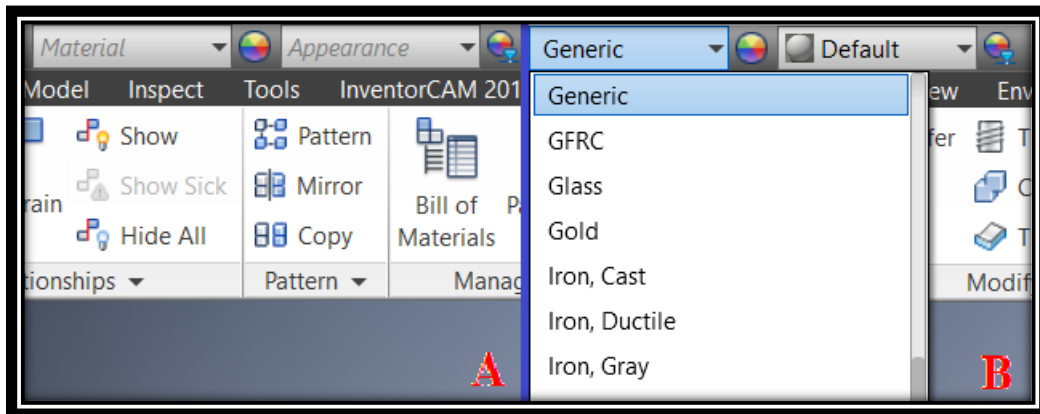
Στην εικόνα 3.16 φαίνεται πώς με την εντολή “Extrude” μπορεί να αφαιρεθεί υλικό κάνοντας καμπύλες τις γωνίες.



Εικόνα 3.17: Τελικό προϊόν.

Στην εικόνα 3.17 παρουσιάζεται η τελική εικόνα του part που σχεδιάσαμε. Με τον ίδιο τρόπο θα κατασκευαστούν τα τεμάχια που έχουν επί το πλείστον επίπεδες επιφάνειες.

Στο περιβάλλον εργασίας του Part, αλλά και του Assembly που θα περιγράψουμε παρακάτω, υπάρχει η δυνατότητα τροποποίησης των ιδιοτήτων και του χρώματος του υλικού. Για να γίνει αυτό, υπάρχουν δύο λίστες που επιδεικνύονται παρακάτω στην εικόνα 3.18:

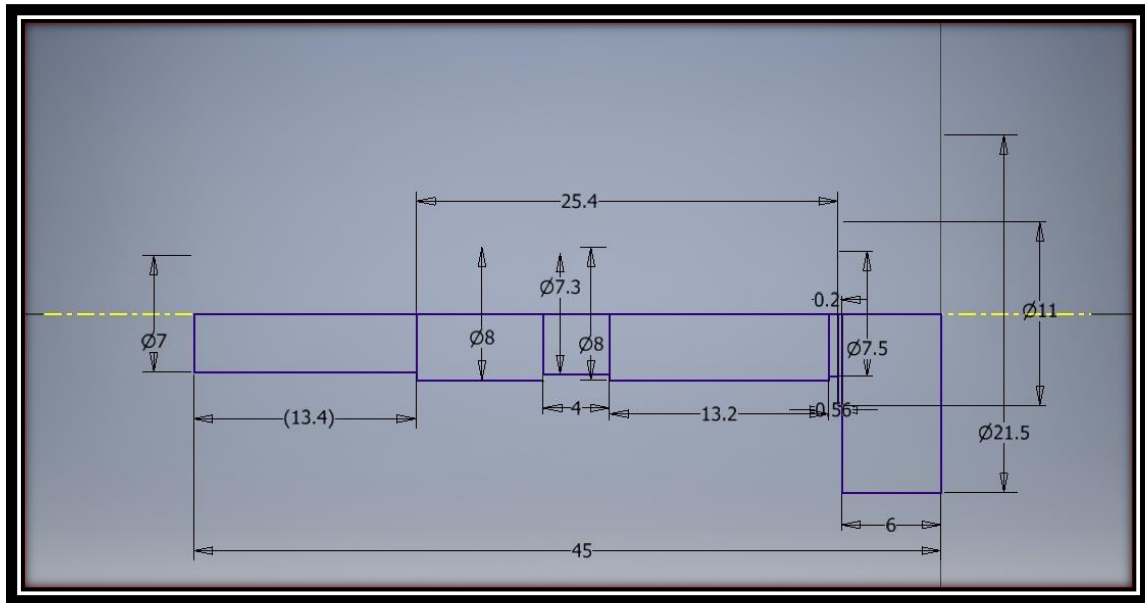


Εικόνα 3.18: Λίστες τροποποίησης ιδιοτήτων και εμφάνισης υλικού.

Στο πάνω μέρος της εικόνας 3.18, παρατηρούμε πού βρίσκονται οι λίστες αλλαγής ιδιοτήτων και εμφάνισης υλικού. Για να γίνει μία τέτοια αλλαγή, επιλέγουμε το τεμάχιο και μετά επιλέγουμε από την κάθε λίστα πώς θέλουμε να γίνει.

3.4 Ανάπτυξη αξονοσυμμετρικών τεμαχίων (parts)

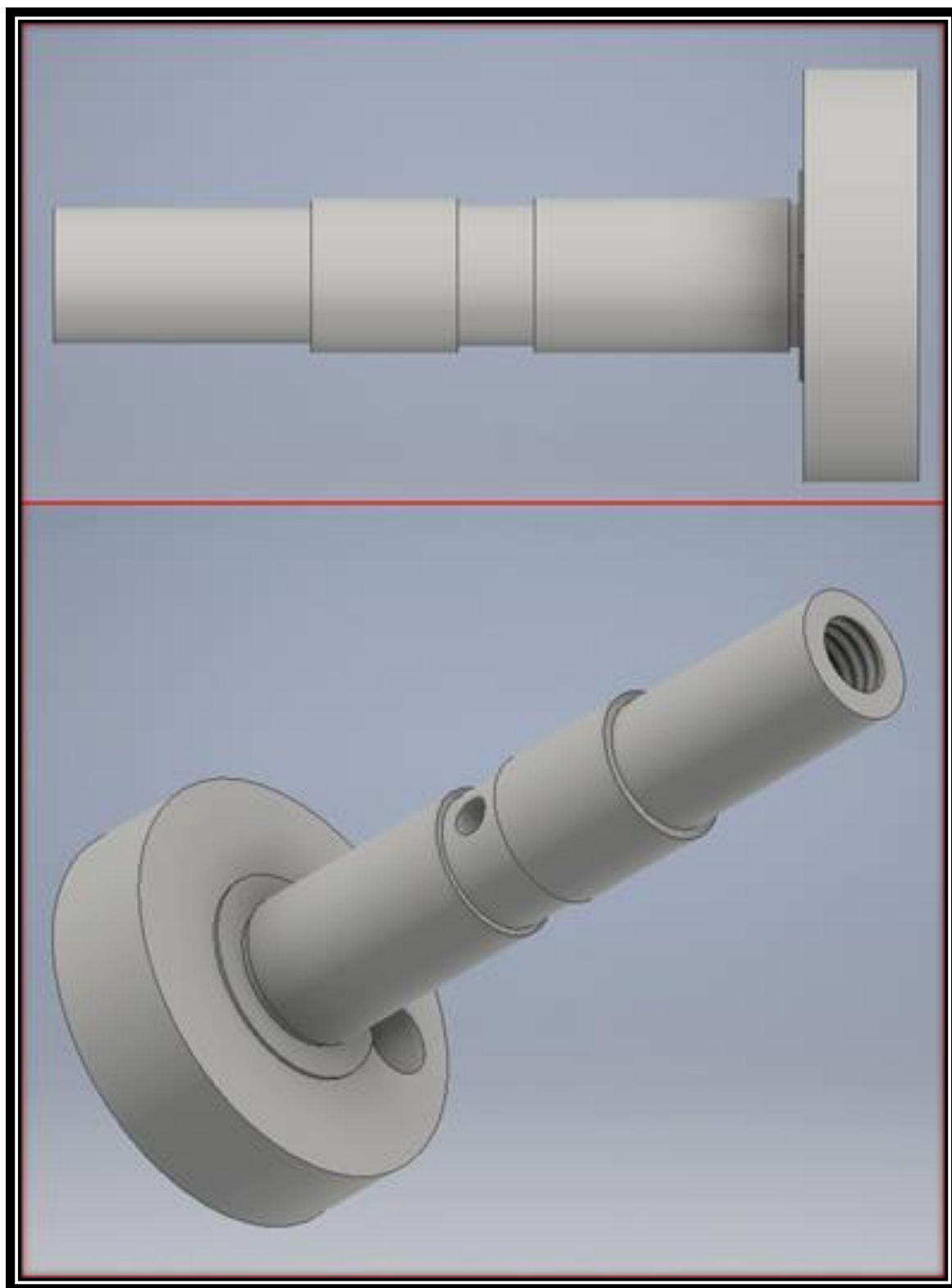
Για να δημιουργήσουμε σώματα κυλινδρικής συμμετρίας κάνουμε μία γραμμή με το “Line” και την κάνουμε αξονική με το “Center line” και μετά σχεδιάζουμε σύμφωνα με αυτήν τη μισή τομή της. Τις διαστάσεις τις καθορίζουμε με την εντολή “Dimension”.



Εικόνα 3.19: Σχεδιασμός με σημείο αναφοράς μίαν αξονική.

Στην εικόνα 3.19 βλέπουμε τον τρόπο που σχεδιάζουμε για γεωμετρίες περιστροφής. Πρώτα κάνουμε τον άξονα και μετά, σύμφωνα με αυτόν, σχεδιάζουμε το μισό.

Αφού τελειώσουμε με αυτό, επιλέγουμε την εντολή “Revolve”. Το μενού του “Revolve” έχει τις ίδιες επιλογές με το μενού του “Extrude”, με τη διαφορά ότι αντί να δίνει όγκο κάθετα σε ένα επίπεδο, δημιουργεί σώματα εκ περιστροφής γύρω από τον άξονα επιλογής και καταλήγει σε αξονοσυμμετρικό στερεό, όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 3.19 παρακάτω.








Εικόνα 3.20: Τελικό Part.

Στην εικόνα 3.20 βλέπουμε πώς είναι το τελικό τεμάχιο που παράχθηκε με Revolve. Με παρόμοιο τρόπο σχεδιάζονται και τα υπόλοιπα εξαρτήματα.

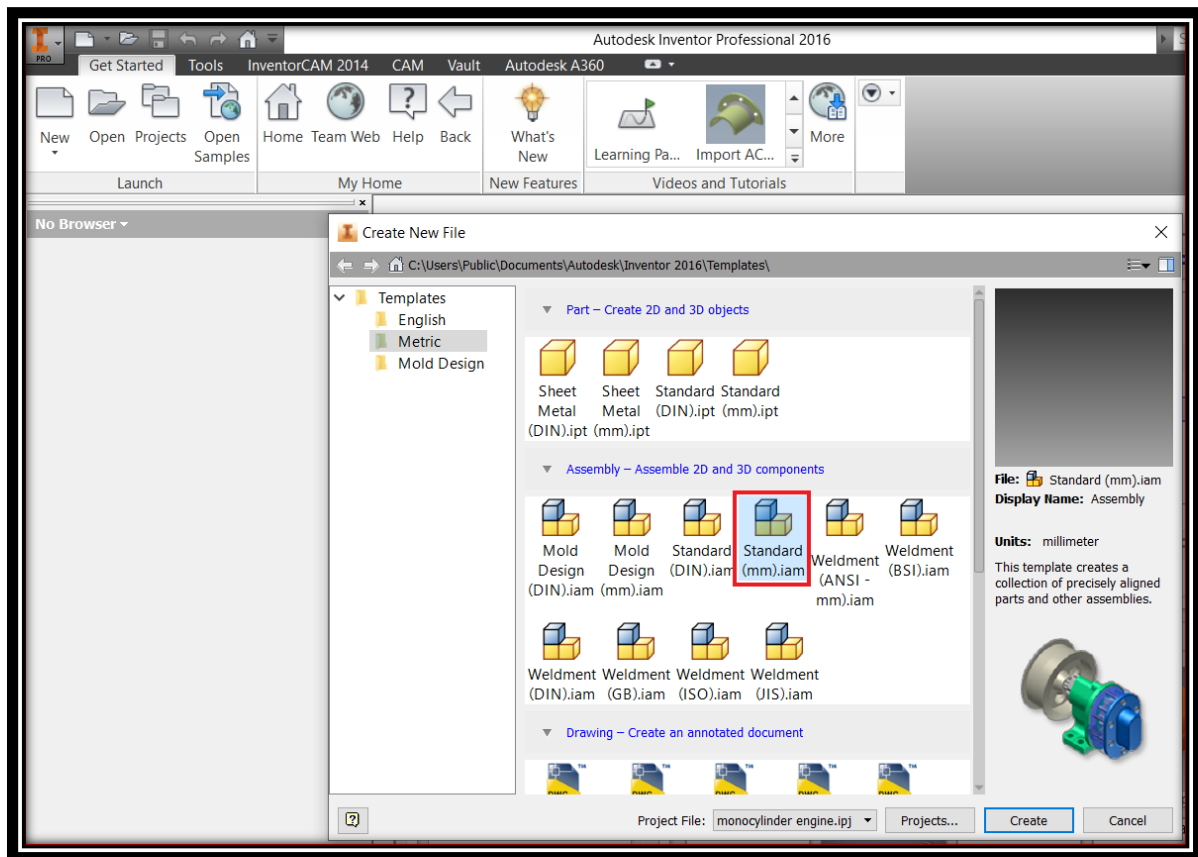
3.5 Συναρμολόγηση τεμαχίων - Assembly of Parts

Οι κύριες εντολές που χρησιμοποιούνται στο περιβάλλον συναρμολόγησης φαίνονται παρακάτω στον πίνακα 3.2

Εικονίδιο	Εντολή	Εφαρμογή
	New	Δημιουργεί ένα καινούργιο αρχείο. Αφού πατηθεί, μετά θα επιλεγθεί τι τύπος αρχείου θα είναι και για να συνεχιστεί η διαδικασία
	Open	Ανοίγει ένα ήδη υπάρχον αρχείο.
	Assembly → Standard (mm).iam	Δημιουργεί αρχείο συναρμολόγησης με πρότυπη μονάδα μήκους τα mm.
	Place	Στη λειτουργία “Assembly” τοποθετεί αντικείμενα στον χώρο.
	Constraint	Στη λειτουργία “Assembly” δημιουργεί σχέσεις λειτουργίας-συνδέσεις μεταξύ αντικειμένων.

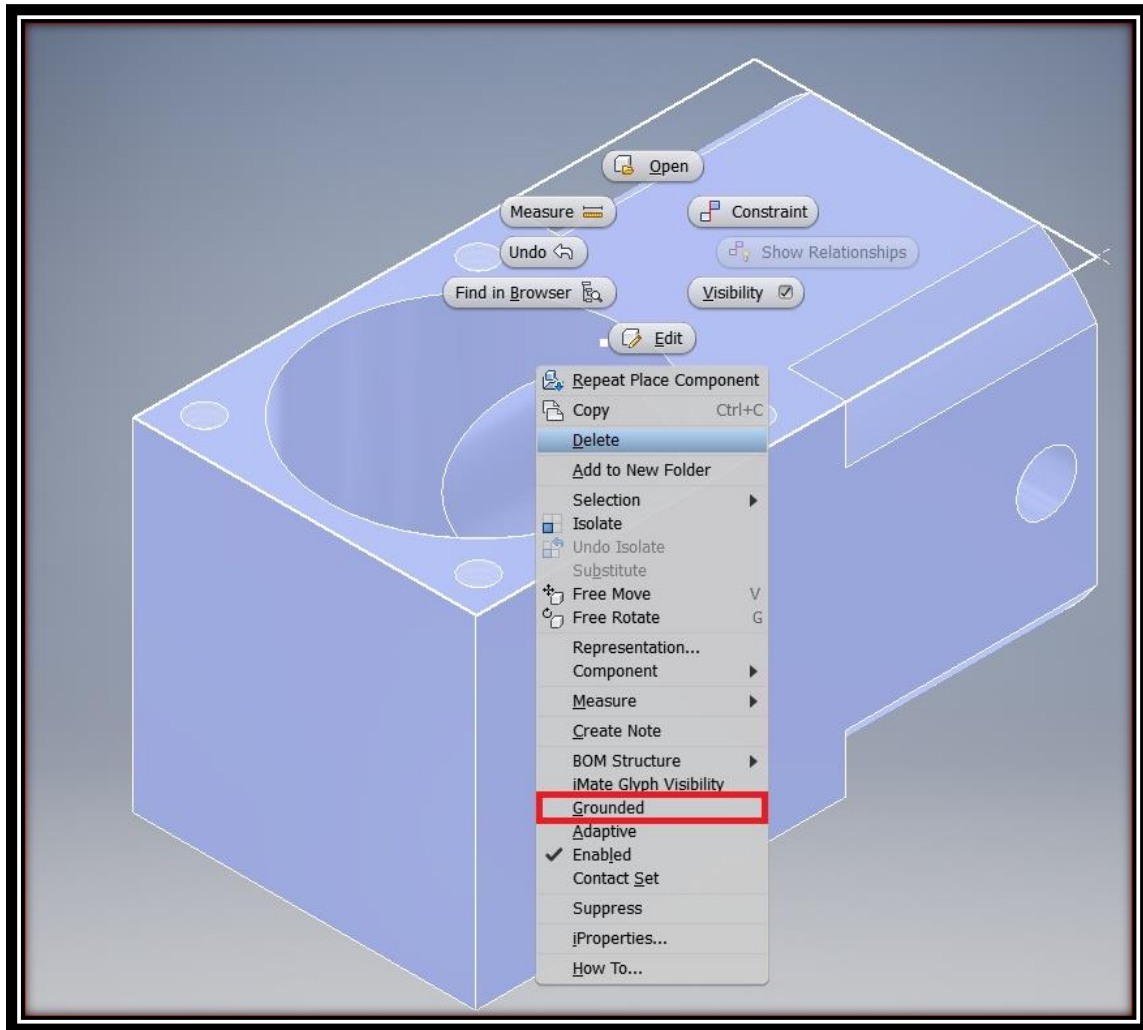
Πίνακας 3.2: Βασικές εντολές στο Assembly.

Για να συναρμολογήσουμε τα κομμάτια: ανοίγουμε το πρόγραμμα, πάμε στην εντολή “New”, στην ενότητα “Assembly” πατάμε το “Standard(mm)” και “create” (εικόνα 3.21).



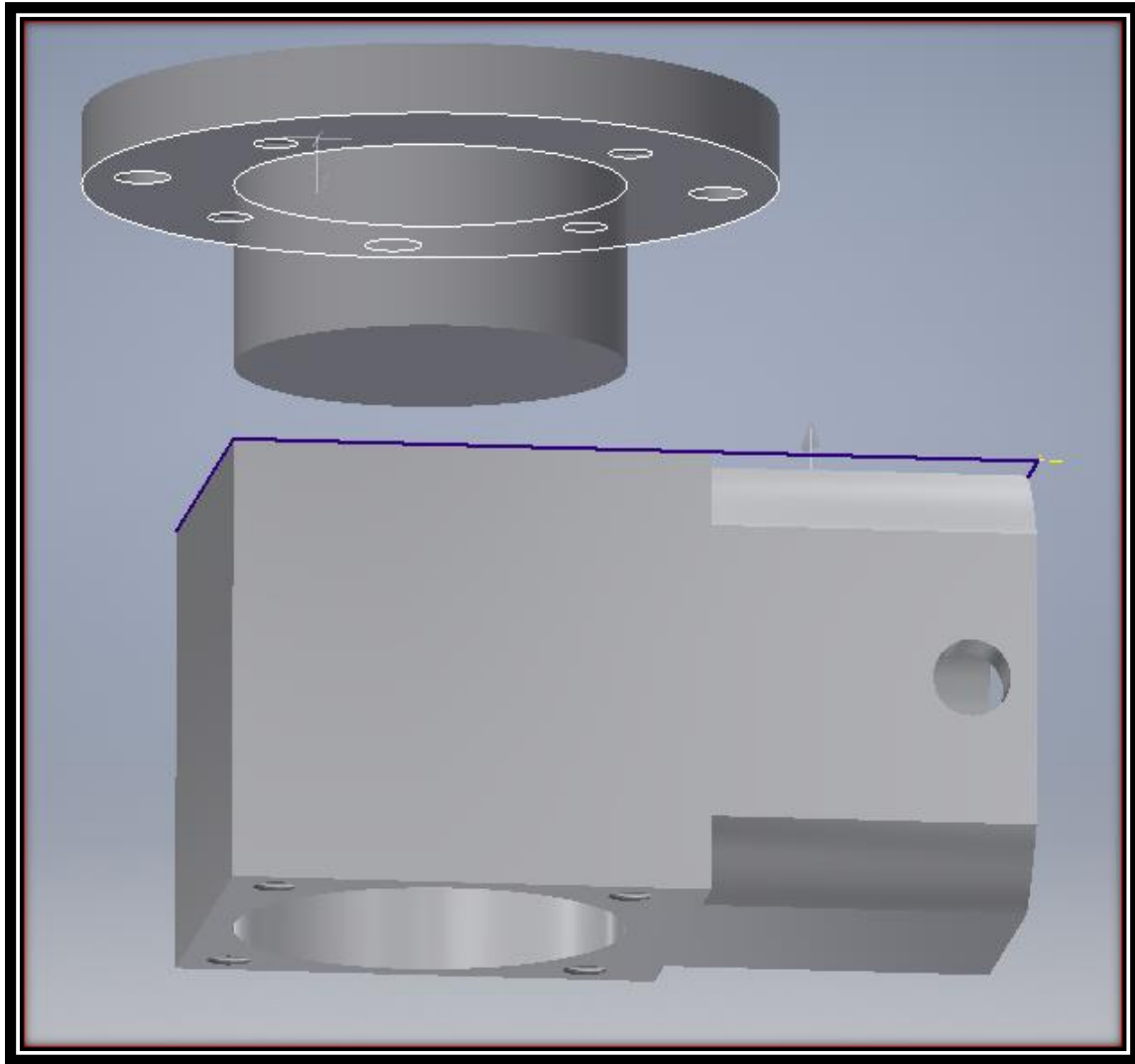
Εικόνα 3.21: Νέο Assembly.

Κάνουμε κλικ στο κουμπί “Place” για να τοποθετήσουμε ένα έτοιμο αντικείμενο (part) στον χώρο και κάνουμε κλικ στον χώρο. Για να μην βάλουμε άλλο ίδιο αντικείμενο, πατάμε “Esc”. Για να μη περιφερθεί το πρώτο αντικείμενο σε τυχαίους άξονες και διευθύνσεις, κάνουμε πάνω του δεξί κλικ και ενεργοποιούμε την εντολή “Grounded”. Τώρα το σύστημα συντεταγμένων του πρώτου και κύριου κομματιού συμβαδίζει με το σύστημα συντεταγμένων του χώρου και σύμφωνα με αυτό θα συναρμολογηθούν και τα υπόλοιπα.



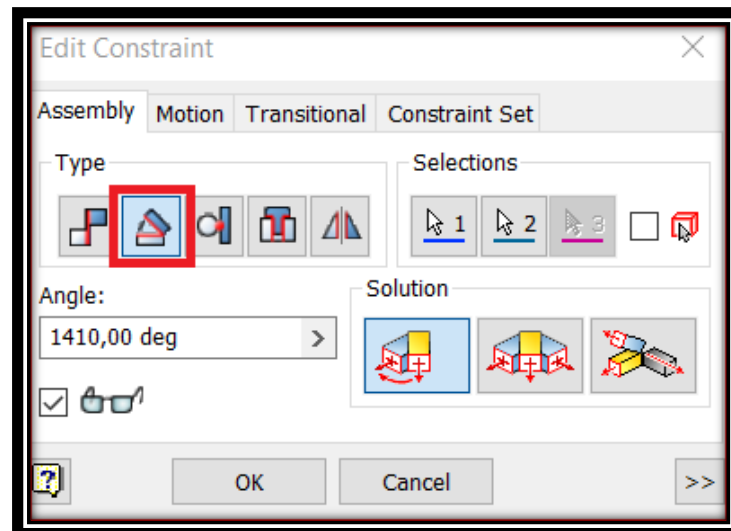
Εικόνα 3.22: Αλλαγή κατάστασης τεμαχίου σε Grounded.

Στην εικόνα 3.22 φαίνεται σε κόκκινο πλαίσιο πού βρίσκεται η εντολή “Grounded”. Αφού βάλουμε το επόμενο κομμάτι, κάνουμε κλικ στο “Constraint” για να το συναρμολογήσουμε πάνω στο πρώτο. κάνουμε κλικ πάνω στον άξονα του ενός και του άλλου και βάζουμε μηδενικό offset για να έρθουν στον ίδιο άξονα. Μετά ξαναχρησιμοποιούμε το constraint και βάζουμε δεύτερο κοινό άξονα για να μην υπάρχει δυνατότητα περιστροφής. Τελικώς, για να δεθούν εντελώς, πατάμε πάλι constraint και επιλέγουμε τις επιφάνειες που έρχονται σε επαφή με μηδενικό πάλι offset κι έτσι δεν έχει ελευθερία κίνησης ούτε προς την μετωπική απόσταση.



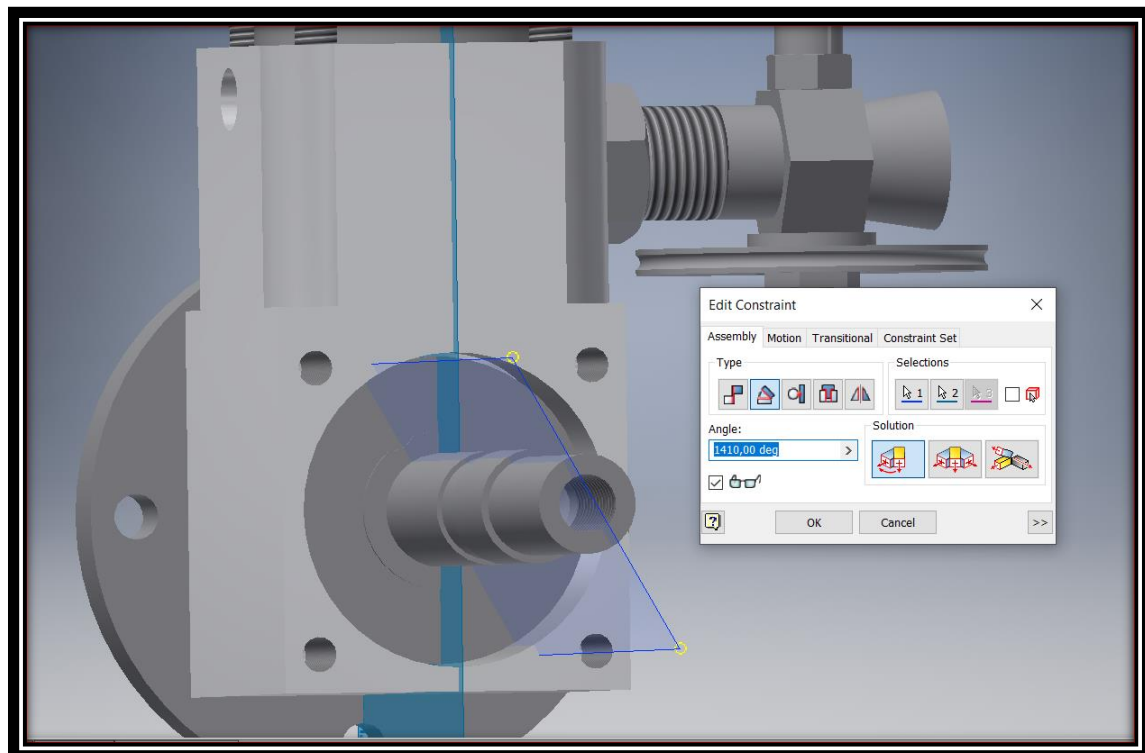
Εικόνα 3.23: Constraint - σύνδεση επιφανειών.

Στην εικόνα 3.23 παρατηρούμε πώς φαίνονται τα τεμάχια την ώρα που γίνεται Constraint. Τα ημιδιάφανα βελάκια που ξεκινάνε από την επιφάνεια του κάθε τεμαχίου μας δείχνουν τη φορά που θα έχουν οι επιφάνειες μεταξύ τους όταν τελειώσει η διαδικασία. Επίσης μπορούμε να ταυτίσουμε συγκεκριμένα επίπεδα των εξαρτημάτων να έρθουν στο ίδιο επίπεδο είτε να έχουν τα επίπεδά τους συγκεκριμένη απόσταση ή γωνία. Για να ορίσουμε γωνιακή σχέση κάνουμε κλικ στο “Constraint”, στην καρτέλα “Assembly” διαλέγουμε το κουμπί “Angle” (εικόνα 3.24)



Εικόνα 3.24: Μενού γωνιακής σχέσης.

και στα “Selections” ενεργοποιούμε το κουμπί για την επιλογή 1 και από το υπομενού του πρώτου κομματιού στον φάκελο “Origin” διαλέγουμε το επίπεδο που μας βολεύει (στη περίπτωση μου ήταν το YZ στο πρώτο και XZ στο δεύτερο) και για την επιλογή 2 κάνουμε τα αντίστοιχα.

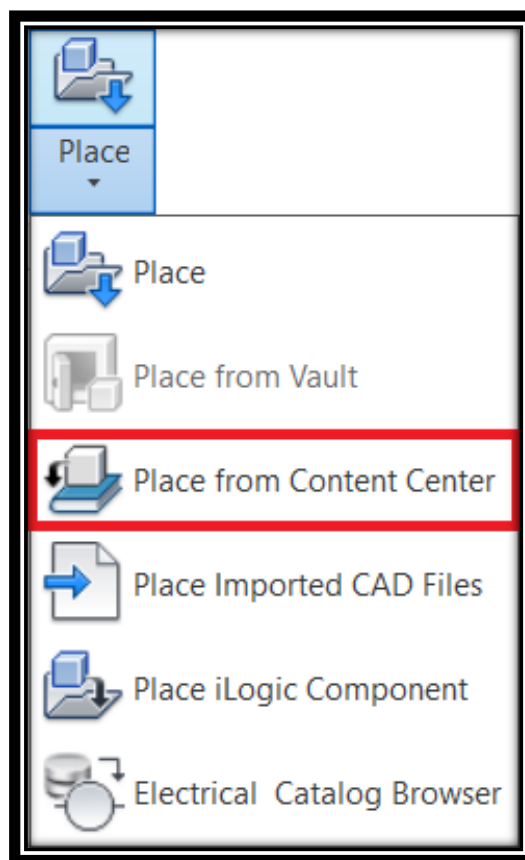


Εικόνα 3.25: Γωνιακή σύνδεση.

Στην εικόνα 3.25 φαίνεται η γωνία μεταξύ των καρτεσιανών επιπέδων των κομματιών.

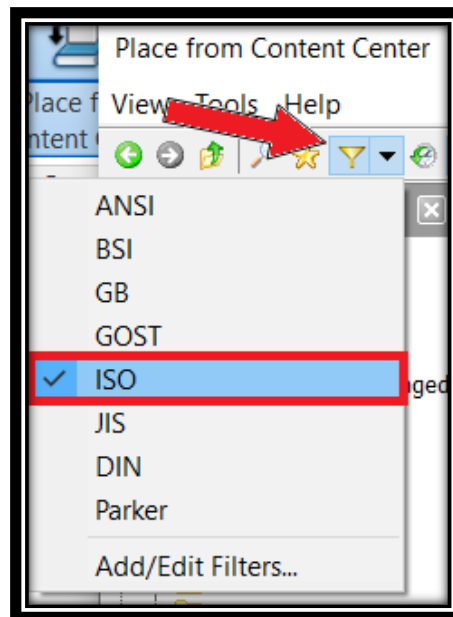
3.6 Κοχλιοσυνδέσεις

Το Content Center είναι ένας κατάλογος βιβλιοθηκών από έτοιμες γεωμετρίες και μέσα σ' αυτές τις γεωμετρίες είναι και οι βίδες. Για να πάρουμε μία έτοιμη τυποποιημένη βίδα στο περιβάλλον του Assembly, κάνουμε κλικ στο υπο-μενού του “Place” → “Place from Content Center” (εικόνα 3.26)



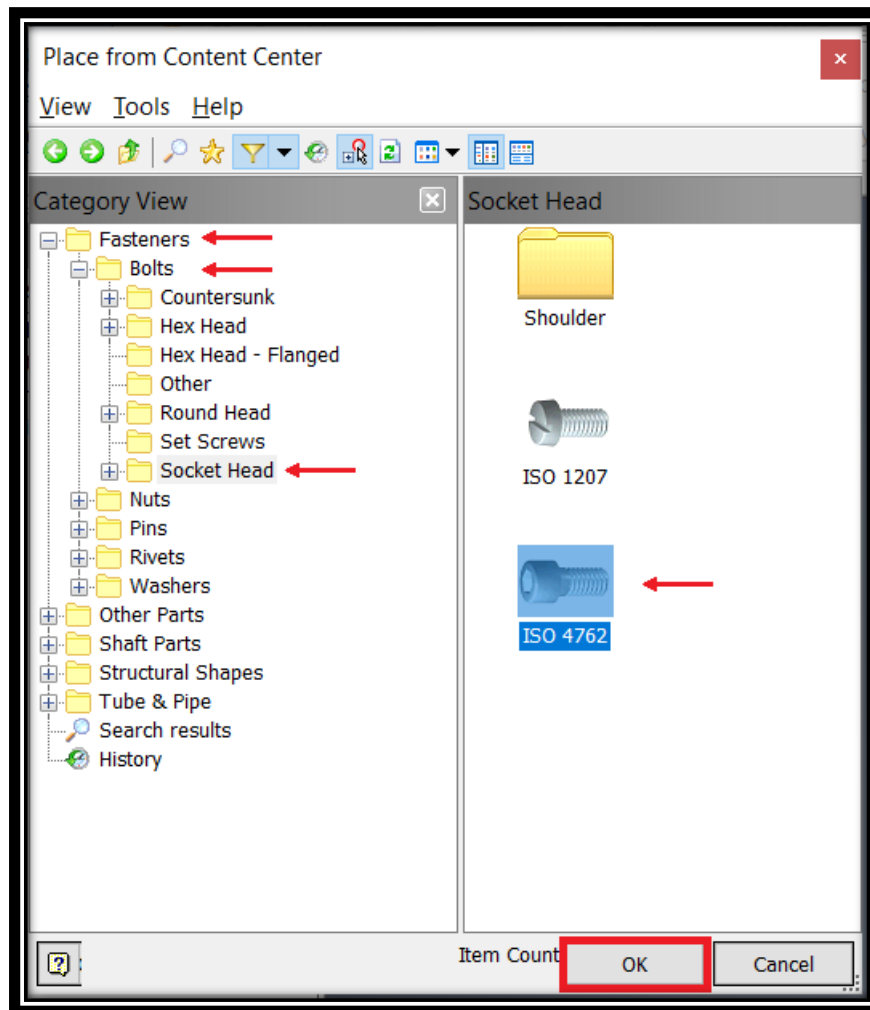
Εικόνα 3.26: “Content Center”.

Στο παράθυρο που μας ανοίγει, έχει όλες τις βιβλιοθήκες από όλες τις τυποποιήσεις. Εμείς για να συγκεκριμενοποιήσουμε τις επιλογές μας σε τυποποιήσεις του ISO, κάνουμε κλικ στο εικονίδιο “Filter” (που δείχνεται με κόκκινο βέλος στην εικόνα 3.27) και επιλέγουμε την επιλογή “ISO”.



Εικόνα 3.27: Filter→ISO.

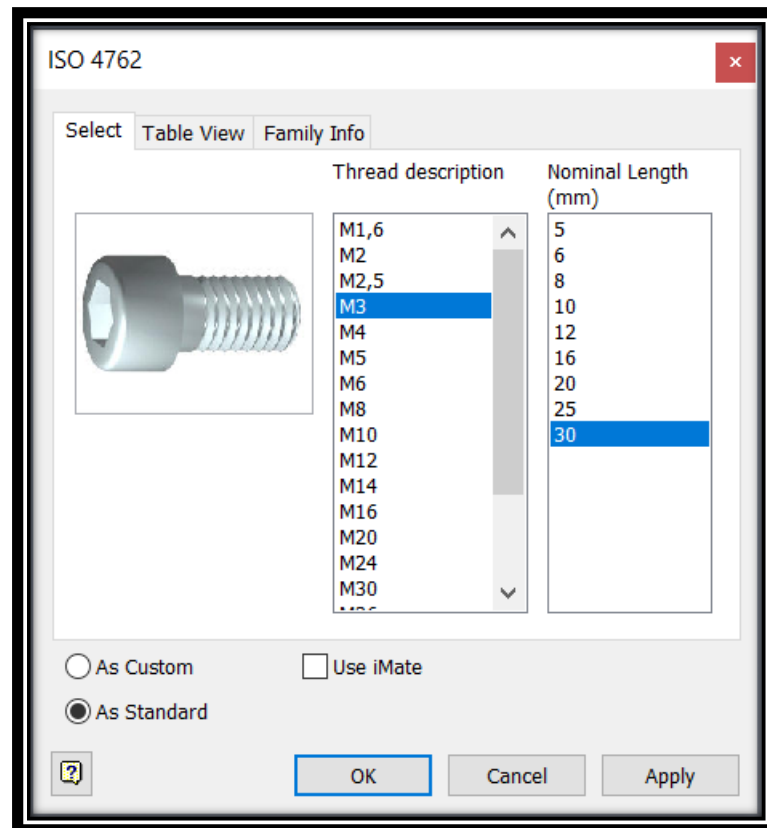
Στην αριστερή στήλη του παραθύρου “Place from Content Center”, διαλέγουμε τον φάκελο “Fasteners” →Boltsκαι έχουμε μπει στον φάκελο με τις βίδες. Εμείς, για να επιλέξουμε βίδες με κυλινδρική κεφαλή, επιλέγουμε τον υπο-φάκελο “Socket Head” και από εκεί διαλέγουμε το στοιχείο “ISO 4762” το οποίο είναι βίδα allen κυλινδρικής κεφαλής, τυποποιημένη κατά ISO. OK.



Εικόνα 3.28: Επιλογή στοιχείου από το Content Center.

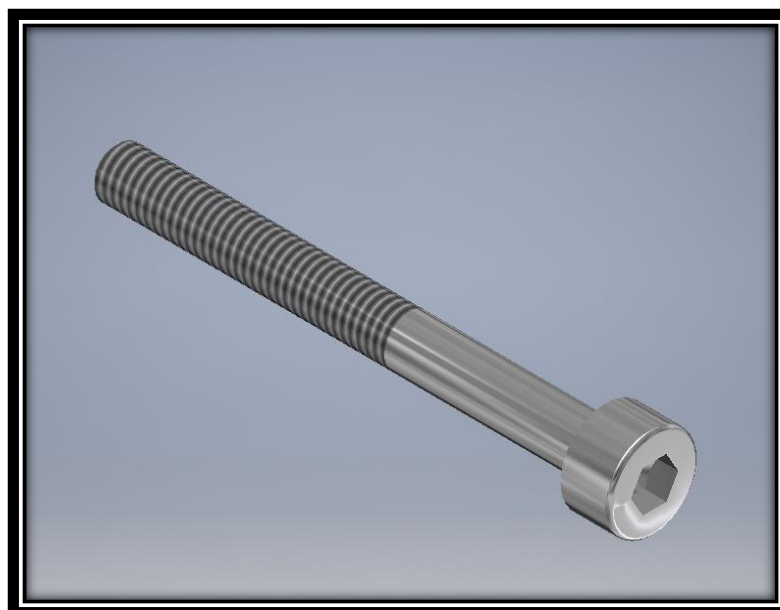
Στην εικόνα 3.28 δείχνονται με κόκκινα βέλη στα αριστερά ποιους φακέλους και υπο-φακέλους πρέπει να επιλέξουμε για να βρούμε μία τυποποιημένη κατά ISO βίδα κυλινδρικής κεφαλής και δεξιά φαίνεται το στοιχείο που επιλέγουμε για να έχει εξάγωνη σχισμή τύπου Allen.

Αφού πατήσουμε OK, κλείνει το παράθυρο του Content Center και ανοίγει το παράθυρο του στοιχείου που επιλέξαμε. Εκεί επιλέγουμε την ονομαστική διάμετρο του σπειρώματος και το μήκος της βίδας όπως φαίνεται και στην εικόνα 3.29.



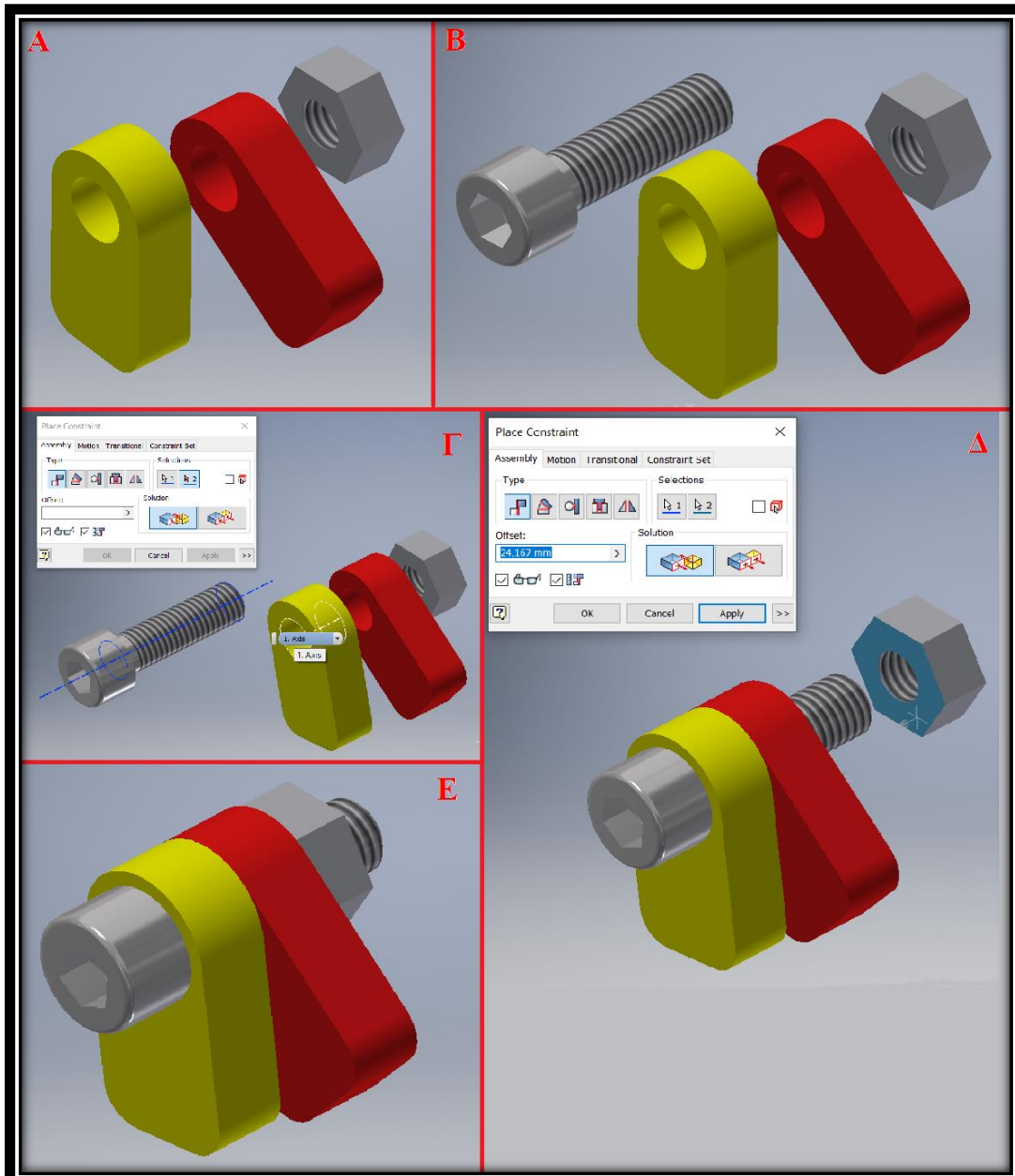
Εικόνα 3.29: Διάμετρος και μήκος βίδας.

Αφού πατήσουμε OK, μπορούμε να την τοποθετήσουμε στον χώρο και να την συναρμολογήσουμε στο υπόλοιπο Assembly. Στην εικόνα 3.30 παρουσιάζεται η βίδα που λάβαμε από αυτή τη διαδικασία.



Εικόνα 3.30: εξαγόμενη βίδα.

Οι κοχλιοσυνδέσεις χρησιμοποιούνται για τη διασύνδεση δύο ή περισσότερων τεμαχίων. Ένα κίτρινο και ένα κόκκινο τεμάχιο με οπές παρουσιάζονται στο σχήμα 3.31. Στο assembly που χρησιμοποιήθηκε τοποθετήθηκε και ο κοχλίας καθώς και το περικόχλιο (βίδα και παξιμάδι).



Εικόνα 3.31: αντικείμενα προς σύνδεση.

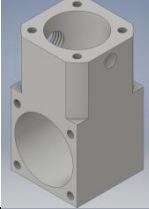
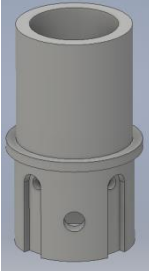

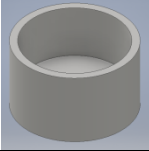
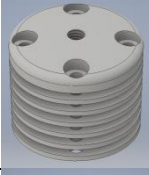
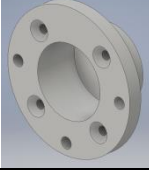
Στην εικόνα βλέπουμε τα στάδια σύνδεσης ενός κοχλία με ένα περικόχλιο και ενδιάμεσα δύο αντικείμενα. Επιλέγουμε από το “Content Center” τον κοχλία που εφαρμόζει στις οπές βάση των προδιαγραφών ISO και των διαστάσεων μήκους και διαμέτρου του συναρμολογήματος. Χρησιμοποιώντας την εντολή constraint συνδέονται τα αντικείμενα, και ο κοχλίας όπως περιγράφηκε στην παράγραφο 3.5.



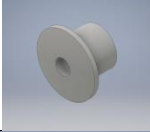



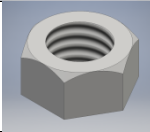

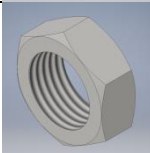
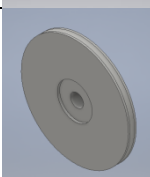
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

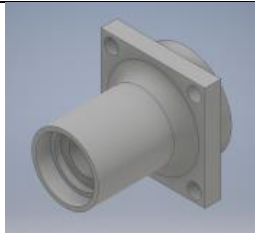

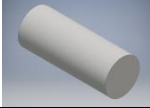
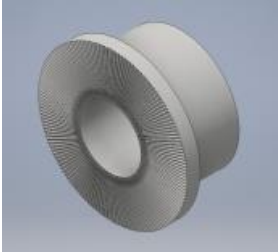

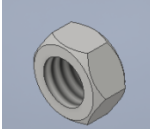



Συναρμολόγημα ΜΕΚ και έλεγχος λειτουργίας

Στο στάδιο αυτό έχουν κατασκευαστεί σε 3 Διαστάσεις όλα τα parts της μηχανής. Παρουσιάζονται αναλυτικά στον πίνακα 4.1. Με τη χρήση αυτών σε ένα νέο assembly θα δημιουργήσουμε όλο το συναρμολόγημα της μηχανής.

Ο πίνακας 4.1 περιέχει τα εξαρτήματα του τελικού μας συναρμολογήματος.

A/A	Εξάρτημα	Προεπισκόπηση	Αριθμός κομματιών
1.	Στροφαλοθάλαμος (Crankcase)		1
2.	Κύλινδρος (Cylinder)		1
3.	Έμβολο (Piston)		1
4.	Contra piston		1
5.	κυλινδροκεφαλή (Cylinder head)		1
6.	Backplate		1

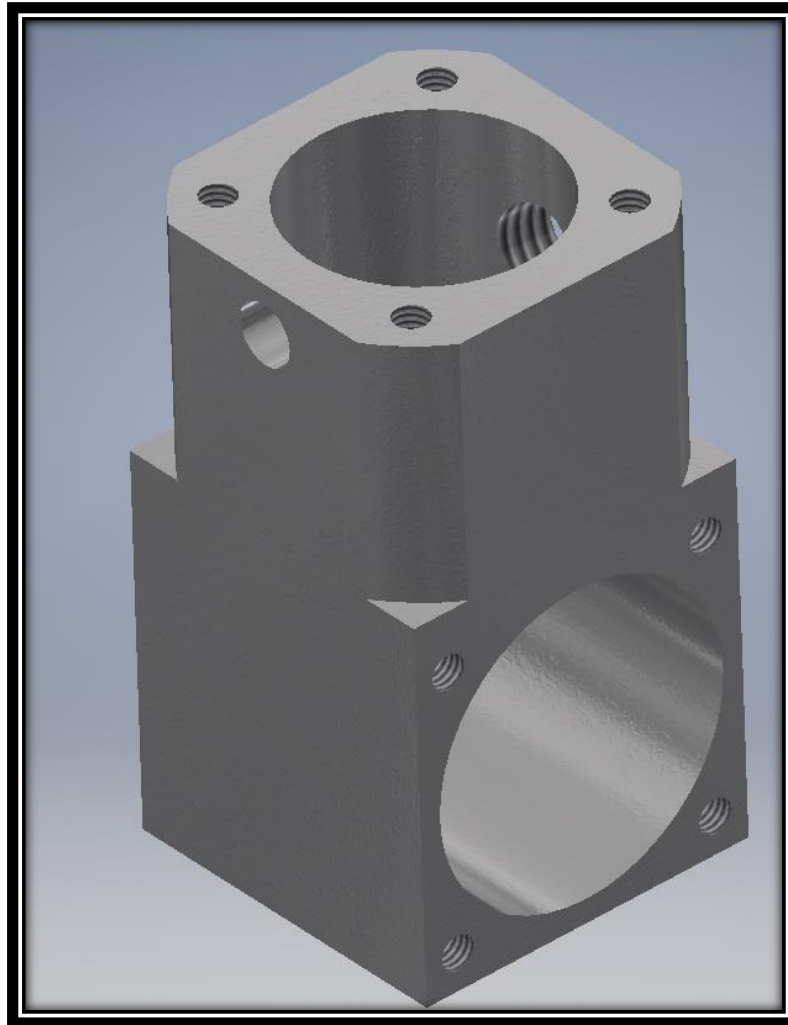
7.	Διωστήρας (μπιέλα)		1
8.	Πύρος εμβόλου (Gudgeon pin)		1
9.	Τάπα πύρου (Gudgeon pin pad)		2
10.	Venturie		1
11.	Σώμα βελονοειδούς βαλβίδας (Needle valve body)		1
12.	Βελόνη βελονοειδούς βαλβίδας (Needle valve needle)		1
13.	Περικόχλιο M3 (M3 Nut)		1
14.	Δακτύλιος στερέωσης βελονοειδούς βαλβίδας (Needle valve thimble)		1
15.	Περικόχλιο ασφαλείας βεντούρι (Venturie lock Nut)		1
16.	Μικρή κορυφή δεξαμενής (Tank Top (small))		1

17.	Κύριο περίβλημα εδράνου (Main bearing Housing)		1
18.	Στροφαλοφόρος άξονας (Crankshaft)		1
19.	Στρόφαλος (Crank Pin)		1
20.	Prop Driver		1
21.	Prop Stud		1
22.	Prop Nut		1
23.	Prop Driver Collet		1
24.	Κοχλίας ρύθμισης συμπίεσης (Compression Screw shaft)		1
25.	Μανέλα για τον κοχλία ρύθμισης συμπίεσης (Compression screw bar)		1

26.	Ρουλεμάν Ø16 x Ø8 x 4 BALLRACE		1
27.	Ρουλεμάν Ø14 x Ø7 x 3.5 BALLRACE		1
28.	Βίδα Allen κυλινδρικής κεφαλής M2.5 x 8 (SKT CAP SCREW)		8
29.	Βίδα Allen M3 x 30 (skt cap hd)		4

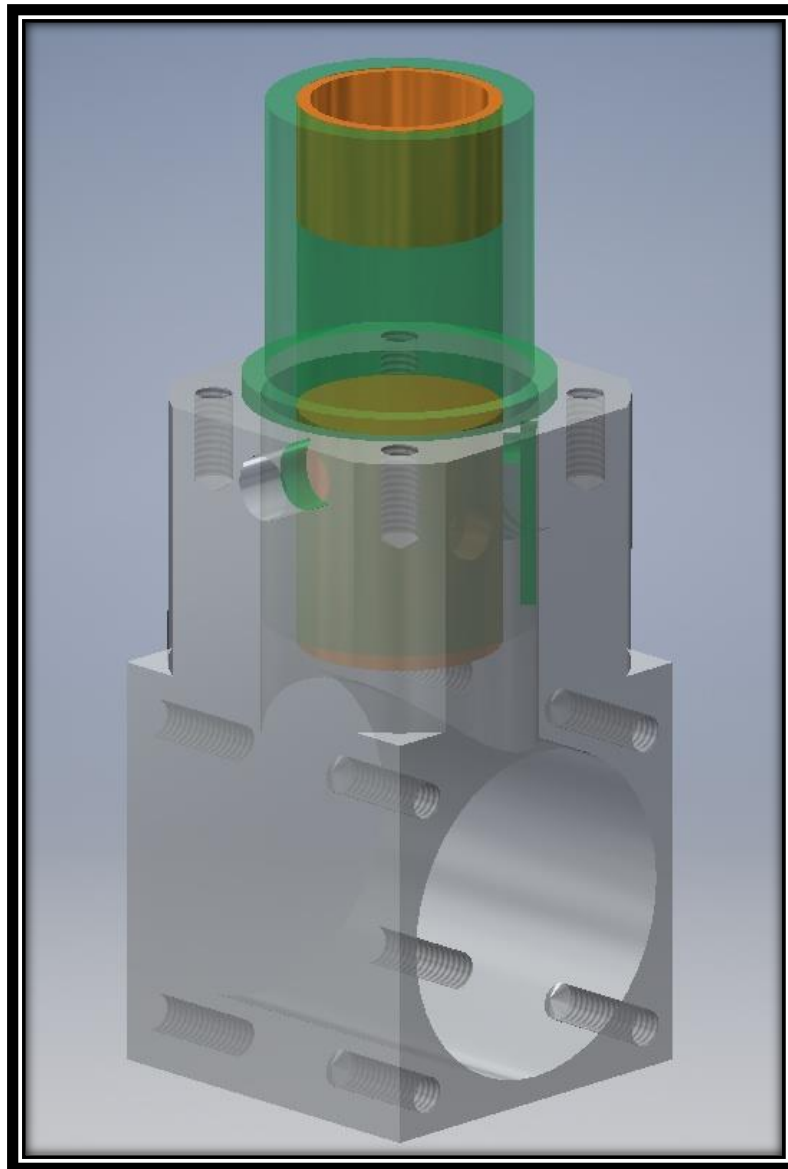
Πίνακας 4.1: Στοιχεία συναρμολογήματος.

Σταδιακά θα παρουσιαστεί η τοποθέτηση των βασικότερων τεμαχίων ως την τελική μηχανολογική κατασκευή όλης της μηχανής (Για να φαίνεται εσωτερικά, τροποποιούνται οι ιδιότητες των υλικών από τις λίστες τροποποίησης ιδιοτήτων και εμφάνισης υλικού που εξηγήσαμε στο 3.3). Πρώτα βάζω το σώμα της μηχανής (A/A 1), τον στροφαλοθάλαμο. Κάνω δεξί κλικ και επιλέγω “Grounded”, για να δεθούν τα υπόλοιπα εξαρτήματα πάνω του.



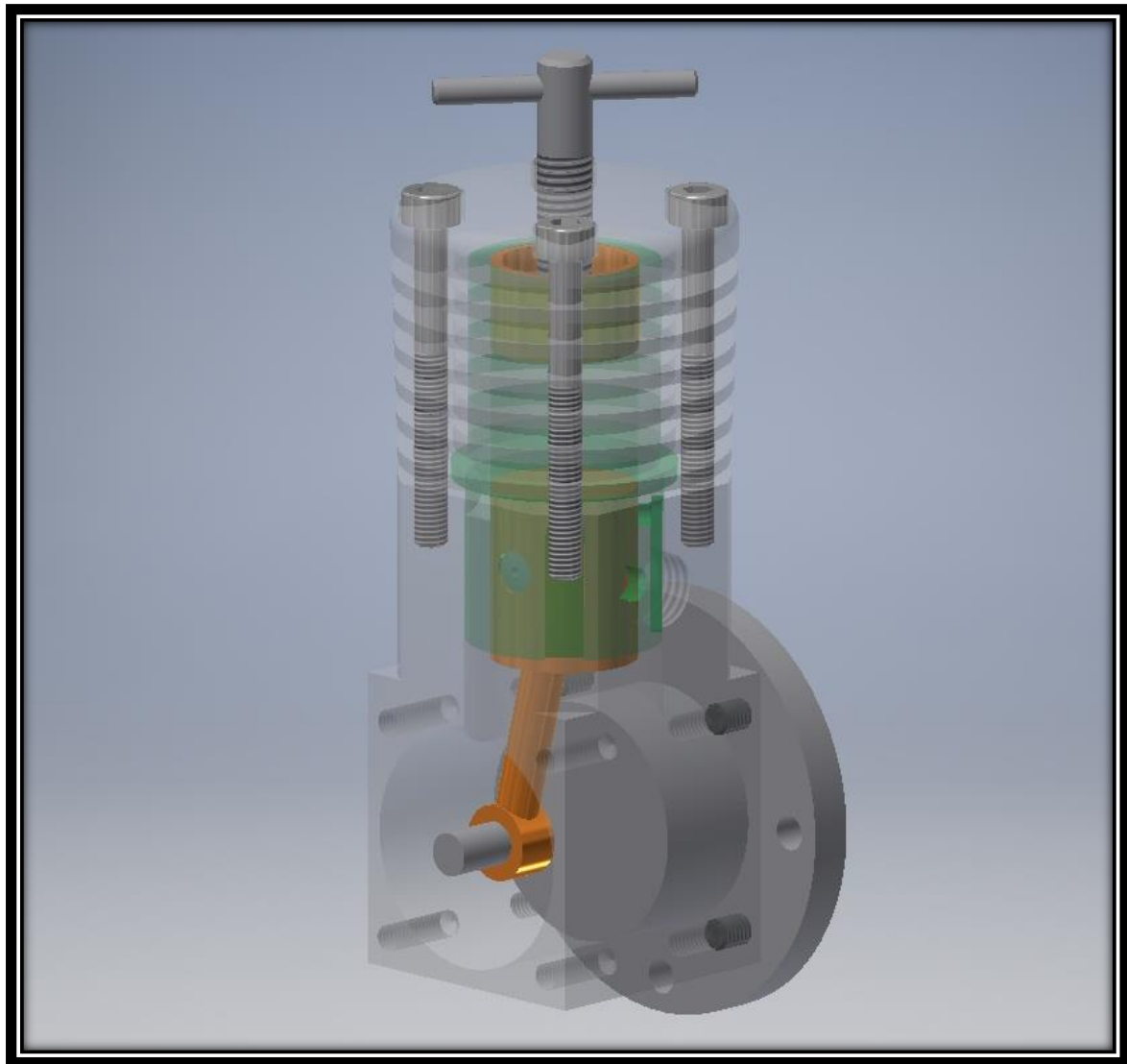
Εικόνα 4.1: Grounded part Σώμα μηχανής (A/A 1).

Μετά, με τη βοήθεια των constraints, τοποθετούνται σταδιακά στο assembly τα υπόλοιπα τεμάχια. Συναρμολογούμε τον κύλινδρο, το έμβολο, το πιστόνι και το contra piston (εικόνα 4.2).



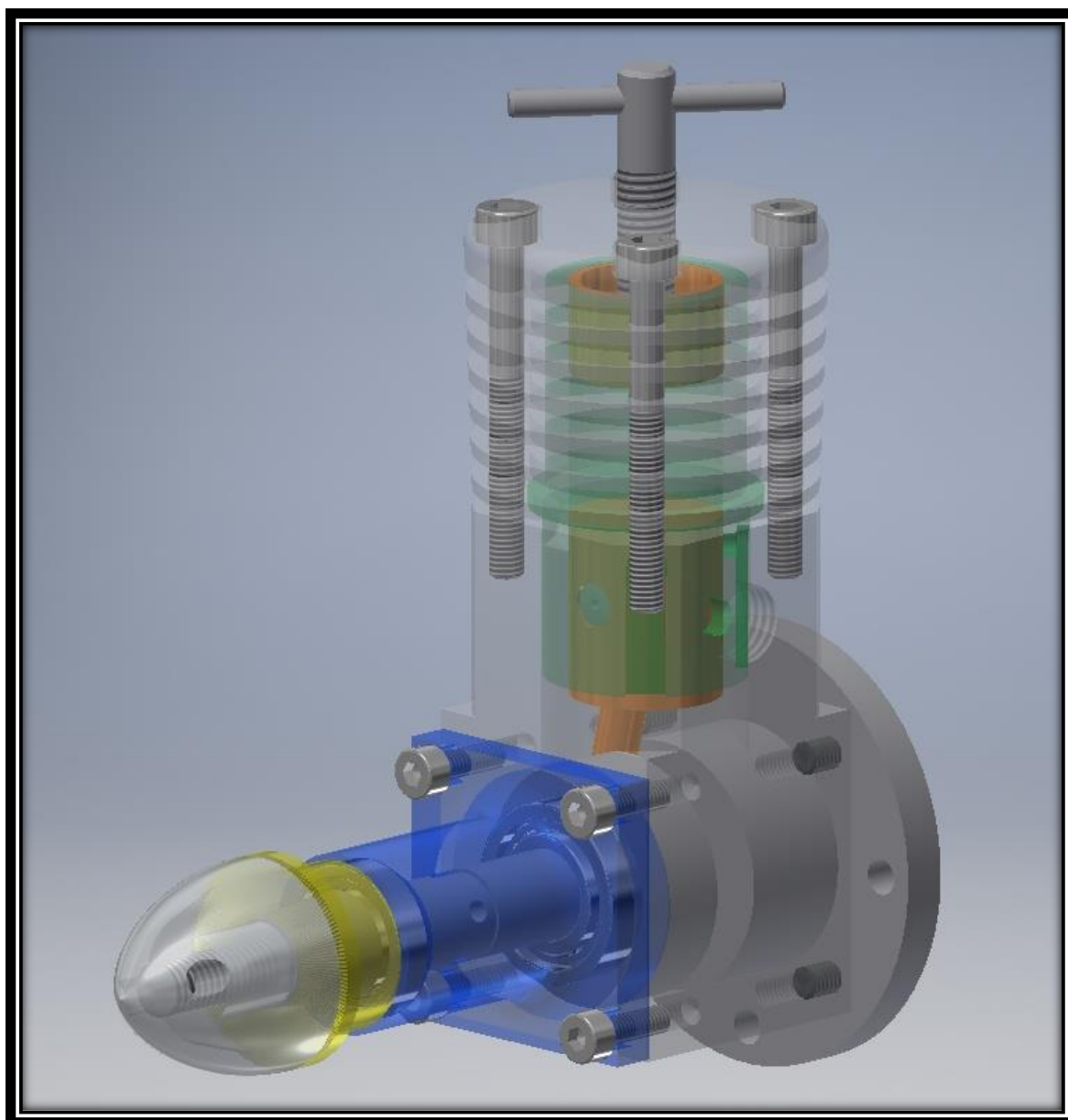
Εικόνα 4.2: Grounded part Σώμα μηχανής και πιστόνια (A/A 1-4).

Σιγά σιγά προσθέτουμε κομβίο στροφάλου, βασική πλάκα, μπιέλα με τον πύρο σύνδεσής της με το πιστόνι και τη κυλινδροκεφαλή με τον κοχλία ρύθμισης συμπίεσης (εικόνα 4.3).

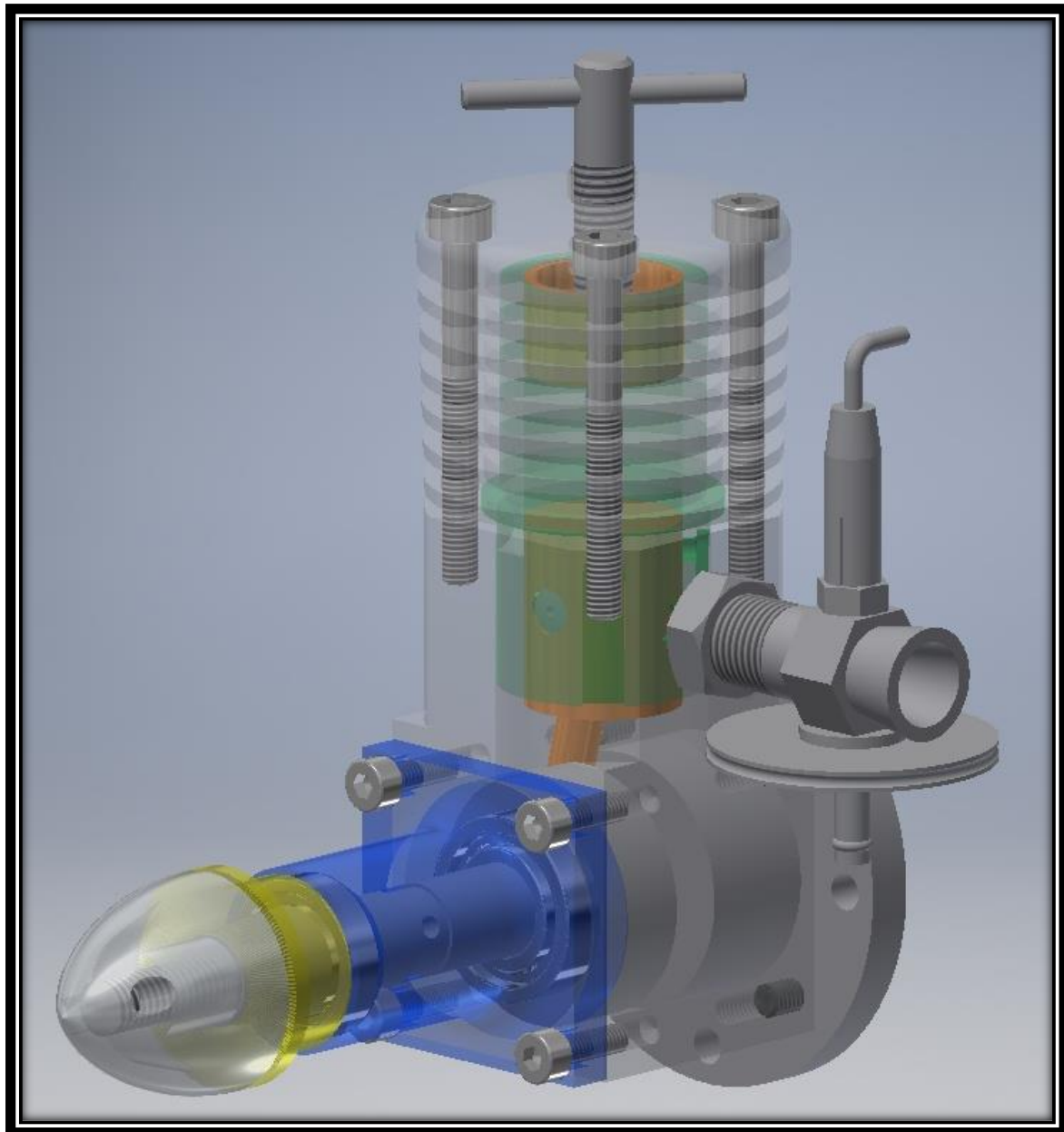


Εικόνα 4.3:Κυλινδροκεφαλή, Backplate, μπιέλα (Α/Α 1-9, 19, 24-25, 28-29)

Έπειτα από αυτό, συνεχίζουμε συμπληρώνοντας με τον στροφαλοφόρο άξονα, τα ρουλεμάν με τη βάση τους και τα συναφή παρελκόμενα (εικόνα 4.4).

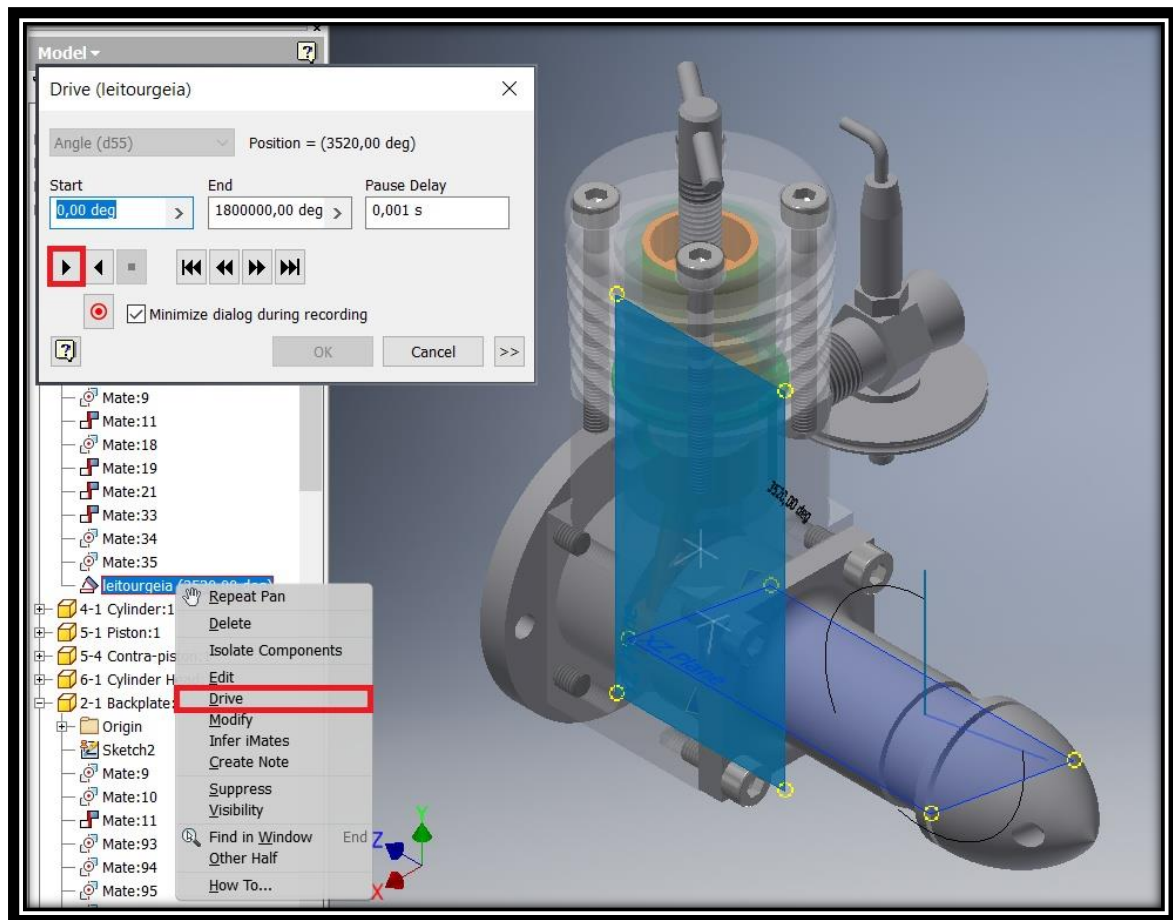


Εικόνα 4.4: Στροφαλοφόρος (Α/Α 1-9, 17-29)



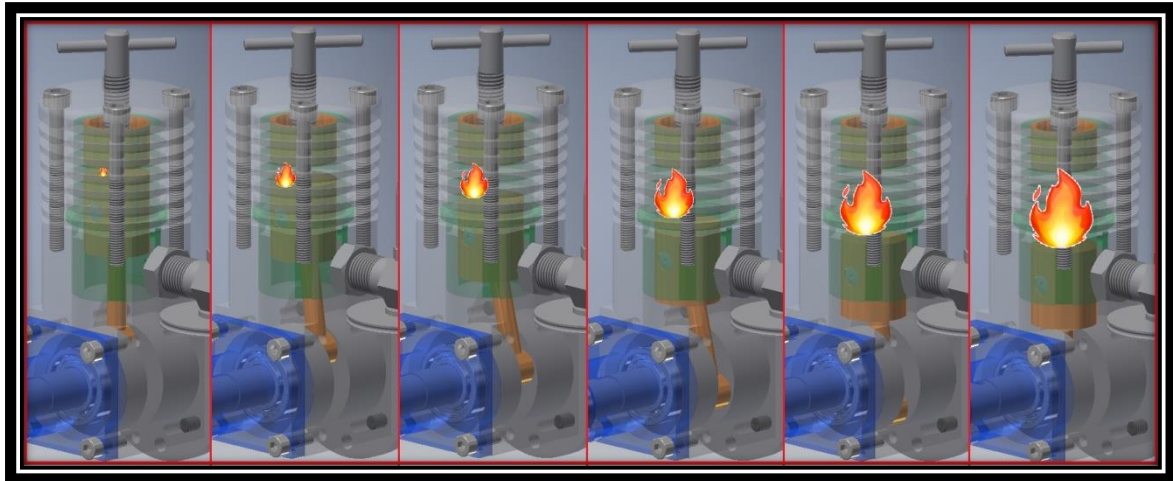
Εικόνα 4.5: Σύστημα τροφοδοσίας (A/A 1-29). Ολοκληρωμένο Assembly.

Αφού ολοκληρωθεί το συναρμολόγημα, μπορούμε να μελετήσουμε πως συμπεριφέρεται η όλη μηχανολογική διάταξη. Δηλαδή να ελέγξουμε πως συμπεριφέρεται κατά τη λειτουργία της. Για να προσομοιώσουμε την παλινδρομική κίνηση του εμβόλου σε σχέση με τον άξονα της μηχανής θα χρησιμοποιήσουμε τη σχέση λειτουργίας από τα “Relationships”. Κάνουμε δεξί κλικ, και “Drive” στο constraint που συνδέει την παραλληλία του σώματος της μηχανής με το XZ επίπεδο του άξονα σε αυτό, για να αποκτήσει γωνιακή ταχύτητα το σύστημά μας και να αρχίσει να παλινδρομεί εντός των προκαθορισμένων ορίων λόγω της περιστροφής. Για να το παρατηρήσουμε καλύτερα, μπορούμε να ορίσουμε πολλά πολλαπλάσια των 360°.



Εικόνα 4.6: Επιλογή λειτουργίας "Drive".

Στην εικόνα 4.6 επισημαίνεται κάτω αριστερά σε κόκκινο πλαίσιο πού βρίσκεται η εντολή "Drive", Πάνω αριστερά βρίσκεται το μενού και επισημαίνεται σε κόκκινο πλαίσιο το κουμπί που βάζει σε λειτουργία την κίνηση. Από αυτή τη διαδικασία ελέγχουμε όλη τη λειτουργία της μηχανής καθώς κινείται ο άξονας σε σχέση με το έμβολο και μπορούμε να παρατηρήσουμε όλη τη σχέση μετάδοσης στροφάλου-διωστήρα αλλά και τους χρόνους του κύκλου λειτουργίας της μηχανής. Με βάση αυτή την κίνηση στιγμιότυπα απεικονίζονται στη εικόνα 3.26.



Εικόνα 4.7: Πρώτος χρόνος λειτουργίας

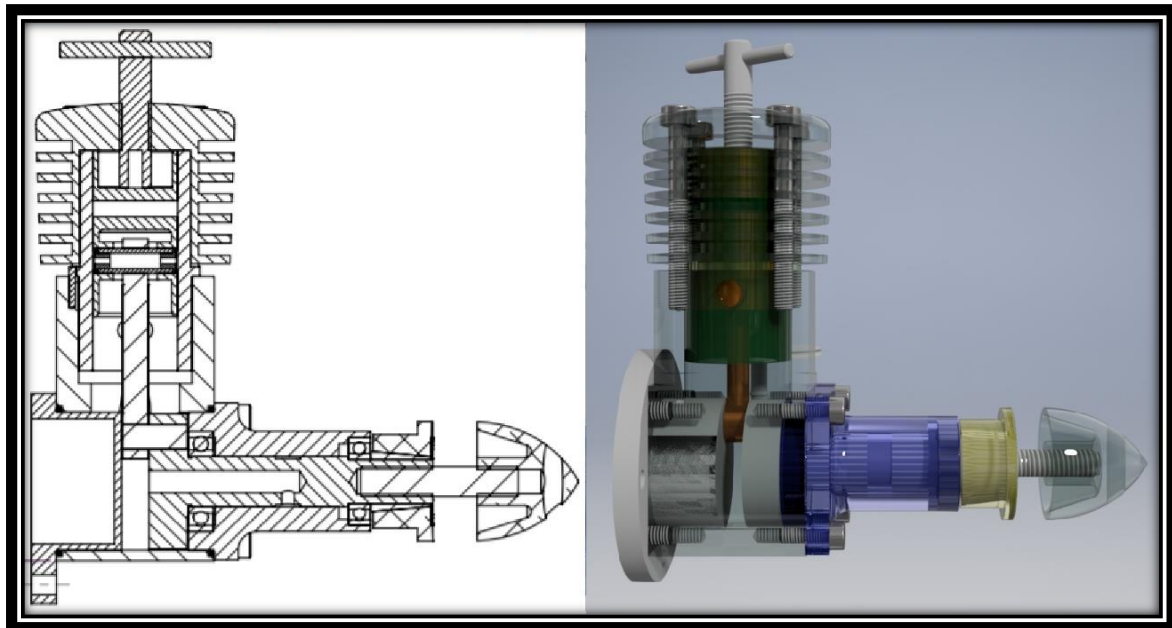
Στην εικόνα 4.7 παρακολουθούμε σε 6 φάσεις τον πρώτο χρόνο της δίχρονης ΜΕΚ, όπως εξηγήσαμε στη παράγραφο 1.2. Ο θάλαμος καύσης βρίσκεται στο σημείο που δείχνει η φλόγα. Για να φαίνονται τα εσωτερικά μέρη της ΜΕΚ, έχει μεταβληθεί η εμφάνιση των υλικών από τη λίστα “Appearance” που γράφτηκε στη παράγραφο 3.3.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συμπεράσματα

Χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Autodesk Inventor για τη σχεδιομελέτη για την κατασκευή μονοκύλινδρου μοντέλου Μηχανής Εσωτερικής Καύσης - Μ.Ε.Κ. υπό κλίμακα (~1/10) σε τρεις διαστάσεις. Βάση πρότυπων σχεδίων κατασκευής δύο διαστάσεων, επιλέχθηκαν, αναλύθηκαν και σχεδιάστηκαν, τα τμήματα της μηχανής. Αναλύθηκε η λειτουργία των ΜΕΚ δίνοντας έμφαση στις κύριες εμβολοφόρες. Παρουσιάστηκαν οι ιδιότητες των μηχανολογικών προγραμμάτων τρισδιάστατης σχεδίασης και μοντελοποίησης και δόθηκε έμφαση στο πρόγραμμα Autodesk Inventor το οποίο και χρησιμοποιήθηκε για την υλοποίηση της ΜΕΚ. Ο σχεδιασμός των τεμαχίων παρουσιάστηκε αναλυτικά για κάθε βασική γεωμετρία. Η συναρμολόγηση όλων των τεμαχίων σε ένα καθολικό assembly αναλύθηκε και ακολούθησε ο έλεγχος της λειτουργικότητας μέσω της προσομοίωσης κινηματικής.

Συμπεραίνουμε, ότι με την χρήση ισχυρών λογισμικών τρισδιάστατου σχεδιασμού, υλοποιούμε από την μελέτη σε χαρτί και τον απλό σχεδιασμό δυσδιάστατων και τρισδιάστατων αντικειμένων, μεταβαίνουμε σε μεγάλης ακρίβειας μοντελοποίηση αληθοφανών κατασκευών χωρίς τον κίνδυνο σπατάλης χρημάτων και χρόνου στην κατασκευή πειραματικών αντικειμένων. Επιπρόσθετα, ελέγξαμε και συμπεράναμε πως στην κινηματική προσομοίωση τα τεμάχια κινούνται εντός των επιτρεπτών ορίων και δεν παρεκκλίνουν από την κανονική λειτουργία. Το τελικό προϊόν έχει τις ίδιες διαστάσεις με τα αντίστοιχα προϊόντα της αγοράς. Αυτό σημαίνει πως όταν προχωρήσει στην παραγωγή, θα μπορούν να βρεθούν ανταλλακτικά βάση των προδιαγραφών. Επιπλέον με τη δυνατότητα της προσομοίωσης μπορούν να βρεθούν τυχόν αστοχίες υλικού και να διορθωθούν.



Εικόνα 5.1: Σύγκριση πρότυπου σχεδίου με την κατασκευή.

Στην εικόνα 5.1 βλέπουμε ότι η τρισδιάστατη κατασκευή που φτιάξαμε συμφωνεί με τα πρότυπα μηχανολογικά σχέδια.

Αφού η 3D κατασκευή είναι σύμφωνη με τα πρότυπα σχέδια, τότε είναι σίγουρο πως όταν κατασκευαστεί, θα είναι λειτουργική. Εάν κάποια στιγμή χαλάσει, μπορεί να επισκευαστεί, είτε αντικαθιστώντας το φθαρμένο κομμάτι με καινούργιο που θα ξαναφτιάξουμε, είτε αν βρεθεί φθηνότερο στην αγορά που θα ελεγχθεί στο 3D εάν είναι συμβατό.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Βιβλιογραφία

- [1] <http://www.biostruction.com/el/faqs/162-ti-einai-mek> (ενεργή στις 1/11/19)
- [2] www.caroto.gr/2014/06/10/τετράχρονο-κινητήρα/ (ενεργή στις 17/10/19)
- [3] www.caroto.gr/2012/01/08/2-stroke-engines/ (ενεργή στις 21/10/19)
- [4] <http://www.scalemodelling.gr/el/2017/07/22/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CE%BF-%CE%BC%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%B5%CE%BB%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82/> (ενεργή στις 2/11/19)
- [5] Τίρκος Νεκτάριος, Σχεδιομελέτη και μηχανολογική κατασκευή δεξαμενής καθίζησης, Χανιά 2015
- [6] Β. Δημητρίου, Σημειώσεις Μαθήματος Κατασκευαστικές Τεχνολογίες, ΤΕΙ Κρήτης, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Χανιά 2010
- [7] <https://www.manufacturingterms.com/Greek/CAD.html>(ενεργή στις 1/11/19)
- [8] <http://www.machineconcepts.co.uk/engines/nelson/nelson.htm> (ενεργή στις 21/10/19)